

**República de Colombia**

**Central Hidroeléctrica de Betania S.A. E.S.P.**

**MANUAL DE OPERACIÓN  
DEL EMBALSE  
DE BETANIA**

REVISIÓN 3

OCTUBRE, 2003

---

**INGETEC S.A.  
INGENIEROS CONSULTORES**

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice Revisión	Capítulo Modificado	Fecha de Modificación	Observaciones	Autorización Modificaciones	
				Nombre	Firma
0		1997/12/18	Versión Original		
1		1998/05/06	Ajustes de Hidrógrafas y Volúmenes de Espera para 50 años.		
2		1998/07/14	Ajuste de Tránsitos de Creciente, Volúmenes de Espera para 25 años y Revisión de Programas.		
3	Anexo 05. Programa para el Balance Hídrico del Embalse Manual del Usuario	2003/10/07	Los resultados del programa de Balance Hidráulico actualmente se efectúan manualmente debido a que no se ha incluido dentro de dicho programa la nueva batimetría del embalse realizada a finales del año 2002. Está pendiente para el año 2004 la inclusión de la nueva batimetría en dicho programa.	<b>Elaboró:</b> William Gil	
	Capítulo 5 Criterios de Operación del Embalse Sección 5.2 Niveles máximos y mínimos		Se adicionó un criterio para prevenir que el nivel del embalse llegue al valor mínimo normal (544 m.s.n.m).	<b>Revisó:</b> Fredy Anaya Rincón	
				<b>Aprobó:</b> Miguel Quiroga Matamoros	

**ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN**

Actividad No.:							
Título Documento:		Manual de Operación del Embalse de Betania					
Documento No.:							
<b>A P R O B A C I Ó N</b>	<b>Número de Revisión</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
	Vo. Bo. Jefe del Lote de Trabajo		Nombre	B. Díaz	B. Díaz	B. Díaz	
			Firma			<i>B. Díaz</i>	
			Fecha	97 - 12 - 18	98 - 05 - 06	98 - 07 - 14	
	Vo. Bo. División		Nombre	J. J. Mariño	J. J. Mariño	J. J. Mariño	
			Firma			<i>J. J. Mariño</i>	
			Fecha	97 - 12 - 18	98 - 05 - 06	98 - 07 - 14	
	Vo. Bo. Coordinador del Proyecto		Nombre	J. Martínez	J. Martínez	J. Martínez	
			Firma			<i>J. Martínez</i>	
			Fecha	97 - 12 - 18	98 - 05 - 06	98 - 07 - 14	
	Vo. Bo. Director del Proyecto		Nombre	J. J. Mariño	J. J. Mariño	J. J. Mariño	
			Firma			<i>J. J. Mariño</i>	
Fecha			97 - 12 - 18	98 - 05 - 06	98 - 07 - 14		

**TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>1. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>9</b>
<b>3. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS .....</b>	<b>10</b>
3.1 EMBALSE.....	10
3.2 CENTRAL.....	10
3.3 VERTEDERO LIBRE .....	10
3.4 VERTEDERO DE COMPUERTAS.....	11
3.5 COMPUERTAS DE FONDO.....	12
<b>4. HIDROLOGÍA .....</b>	<b>13</b>
4.1 HOYA HIDROGRÁFICA .....	13
4.2 RÉGIMEN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES .....	13
4.3 RÉGIMEN DE CRECIENTES .....	13
<b>5. CRITERIOS DE OPERACIÓN DEL EMBALSE.....</b>	<b>15</b>
5.1 CRITERIOS GENERALES.....	15
5.2 NIVELES MÁXIMOS Y MÍNIMOS.....	16
5.3 POLÍTICA DE MANEJO DE CRECIENTES .....	16
5.3.1 Amortiguación de Crecientes .....	16
5.3.2 Alerta a Afectados Potenciales por Crecientes.....	19
5.4 ESPACIOS VACÍOS PARA OPTIMIZAR LA GENERACIÓN .....	19
5.5 TRÁNSITO DE CRECIENTES.....	20
<b>6. RED DE INFORMACIÓN HÍDRICA .....</b>	<b>21</b>
<b>7. PREDICCIÓN DE AFLUENCIAS.....</b>	<b>23</b>
7.1 CAUDALES MENSUALES .....	23
7.2 CAUDALES DIARIOS .....	23
7.3 CRECIENTES .....	24
7.4 PRONÓSTICOS DE CRECIENTES .....	25
7.4.1 Procedimiento para Establecer Alertas de Crecientes Afluentes al Embalse de Betania.....	25
7.4.2 Modelo de Predicción de Afluencias.....	28
<b>8. OPERACIÓN DE LAS OBRAS DE DESCARGA.....</b>	<b>29</b>
8.1 DESCARGAS MÍNIMAS DEL EMBALSE. ....	29

8.2 DESCARGAS POR LA CENTRAL.....	29
8.3 DESCARGA POR EL VERTEDERO DE COMPUERTAS Y EL VERTEDERO LIBRE.....	30
8.4 DESCARGAS POR LAS COMPUERTAS DE FONDO .....	32
<b>9. BALANCE HÍDRICO.....</b>	<b>33</b>
9.1 AYUDA PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE SALIDA.....	34
<b>10. CONTROLES .....</b>	<b>35</b>
10.1 COMPORTAMIENTO DE LAS OBRAS .....	35
10.2 SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE.....	35
10.3 CONTROLES AGUAS ABAJO DEL EMBALSE.....	36

**CUADROS**

**FIGURAS**

**ANEXOS**

**LISTA DE CUADROS**

CUADRO 3.1	Curva de Capacidad del Embalse.
CUADRO 3.2	Eficiencia de la Turbina. Según Documento Hydroart 9 RS 32101 L.
CUADRO 3.3	Curva de Descarga a través del Vertedero Libre.
CUADRO 3.4	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 0,25 m.
CUADRO 3.5	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 0,50 m.
CUADRO 3.6	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 1,00 m.
CUADRO 3.7	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 1,50 m.
CUADRO 3.8	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 1,60 m.
CUADRO 3.9	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 1,90 m.
CUADRO 3.10	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 2,00 m.
CUADRO 3.11	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 2,20 m.
CUADRO 3.12	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 2,50 m.
CUADRO 3.13	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 2,90 m.
CUADRO 3.14	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 3,00 m.
CUADRO 3.15	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 3,30 m.
CUADRO 3.16	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 3,50 m.
CUADRO 3.17	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 3,70 m.
CUADRO 3.18	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 4,00 m.
CUADRO 3.19	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 4,20 m.
CUADRO 3.20	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 4,50 m.
CUADRO 3.21	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 4,80 m.
CUADRO 3.22	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 5,00 m.
CUADRO 3.23	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 5,40 m.
CUADRO 3.24	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 5,50 m.
CUADRO 3.25	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 6,00 m.
CUADRO 3.26	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 6,10 m.
CUADRO 3.27	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 6,50 m.
CUADRO 3.28	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 7,00 m.
CUADRO 3.29	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 7,50 m.
CUADRO 3.30	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 8,00 m.
CUADRO 3.31	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 8,50 m.
CUADRO 3.32	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 9,00 m.
CUADRO 3.33	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 9,20 m.
CUADRO 3.34	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 9,50 m.
CUADRO 3.35	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 10,00 m.
CUADRO 3.36	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 10,50 m.
CUADRO 3.37	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 11,00 m.
CUADRO 3.38	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 11,50 m.

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

CUADRO 3.39	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 12,00 m.
CUADRO 3.40	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 12,50 m.
CUADRO 3.41	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 13,00 m.
CUADRO 3.42	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 13,50 m.
CUADRO 3.43	Descarga de una Compuerta Radial Apertura 14,00 m.
CUADRO 4.1	Caudales Medios Mensuales en el Sitio de Presa de Betania.
CUADRO 4.2	Resumen de Crecientes Máximas (m <sup>3</sup> /s) y Volúmenes Máximos (hm <sup>3</sup> ) en Betania para 10, 50 y 100 Años de Período de Retorno. Período 1959-1995. Escorrentía Total.
CUADRO 5.1	Tránsito de Creciente para 10 años de Período de Retorno.
CUADRO 5.2	Tránsito de Creciente para 25 años de Período de Retorno.
CUADRO 5.3	Tránsito de Creciente para 50 años de Período de Retorno.
CUADRO 5.4	Tránsito de Creciente para 100 años de Período de Retorno.
CUADRO 5.5	Tránsito de Creciente para 1000 años de Período de Retorno.
CUADRO 5.6	Tránsito de Creciente Máxima Probable. Rebosadero Libre.

**LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 3.1 Curva de Calibración de la Descarga de la Casa de Máquinas.  
FIGURA 3.2 Pérdidas Normales en la Conducción.  
FIGURA 3.3 Curva de Descarga para el Vertedero Libre.  
FIGURA 3.4 Curvas de Descarga para una Compuerta Radial para Diferentes Grados de Apertura.
- FIGURA 4.1 Cuenca Hidrográfica hasta el Sitio de Presa y Localización de Estaciones Hidrometeorológicas.  
FIGURA 4.2 Caudal Medio, Máximo y Mínimo Mensual - Sitio de Presa de Betania.  
FIGURA 4.3 Hidrogramas Adimensional Promedio Adoptado en el Sitio de Presa del Embalse de Betania.  
FIGURA 4.4 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Enero de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.  
FIGURA 4.5 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Febrero de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.  
FIGURA 4.6 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Marzo de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.  
FIGURA 4.7 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Abril de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.  
FIGURA 4.8 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Mayo de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.  
FIGURA 4.9 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Junio de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.  
FIGURA 4.10 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Julio de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.  
FIGURA 4.11 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Agosto de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.

- FIGURA 4.12 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Septiembre de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.
- FIGURA 4.13 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Octubre de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.
- FIGURA 4.14 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Noviembre de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.
- FIGURA 4.15 Hidrógrafas de Crecientes del Mes de Diciembre de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.
- FIGURA 4.16 Hidrógrafas de Crecientes Multianuales de 1 en 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años. Betania - Sitio de Presa. Período 1959-1995. Escorrentía Total.
- FIGURA 5.1 Tránsito de Creciente para 10 años de Período de Retorno.
- FIGURA 5.2 Tránsito de Creciente para 25 años de Período de Retorno.
- FIGURA 5.3 Tránsito de Creciente para 50 años de Período de Retorno.
- FIGURA 5.4 Tránsito de Creciente para 100 años de Período de Retorno.
- FIGURA 5.5 Tránsito de Creciente para 1000 años de Período de Retorno.
- FIGURA 5.6 Tránsito de Creciente Máxima Probable. Rebosadero de Servicio.
- FIGURA 6.1 Localización de Estaciones Hidrometeorológicas.

**LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO No. 1 PROGRAMA DE PREDICCIÓN DE AFLUENCIAS (HFAM) -  
MANUAL DE USUARIO
- ANEXO No.2 PROGRAMA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE ESPERA -  
MANUAL DE PROGRAMADOR Y USUARIO
- ANEXO No. 3 PROGRAMA PARA OPERACIÓN DEL VERTEDERO DE  
COMPUERTAS - MANUAL DE PROGRAMADOR Y USUARIO
- ANEXO No. 4 PROGRAMA PARA DECISIÓN SOBRE DESCARGAS PARA  
MANEJO DE CRECIENTES - MANUAL DE PROGRAMADOR Y  
USUARIO
- ANEXO No. 5 PROGRAMA PARA EL BALANCE HÍDRICO DEL EMBALSE -  
MANUAL DE USUARIO
- ANEXO No. 6 PROGRAMA DE PREDICCIÓN DE AFLUENCIAS - MANUAL DE  
PROGRAMADOR Y USUARIO
- ANEXO No. 7 INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN DE PROGRAMAS

## **1. OBJETIVOS**

1. Establecer los criterios y procedimientos generales que se deben aplicar para la operación del embalse del proyecto hidroeléctrico de Betania.
2. Presentar instrumentos básicos para la toma de las decisiones de operación del proyecto.

## **2. ANTECEDENTES**

La Central Hidroeléctrica de Betania, ubicada 35 km al sur de la ciudad de Neiva, sobre el río Magdalena, entró a operar el primero de junio de 1987, con una potencia nominal de 510 MW.

La central hasta la fecha ha contado con un manual de operación elaborado por la firma SEDIC LTDA, el cual es necesario actualizar. La CHB contrató en 1994 con la firma DURÁN y CIA, los estudios para la evaluación de la operación de la Central Hidroeléctrica de Betania, donde se concluyó que había la necesidad de optimizar la captura, procesamiento y almacenamiento de información hidrológica, así como de actualizar, modernizar y mejorar las políticas operativas de generación, regulación y manejo de crecientes.

De acuerdo con lo anterior, la CHB contrató con el Ingeniero Mario Díaz-Granados Ortiz un primer estudio en abril de 1996, denominado “Actualización Hidrológica del Manual de Operación de la Central”. Posteriormente mediante la orden de servicios CHB-002-97, contrató con la firma INGETEC S.A. los presentes estudios para la actualización del manual de operación de la central. No se incluye dentro de este alcance la revisión de la parte correspondiente a los controles de las obras de los cuáles, sin embargo, se hace una descripción en el Capítulo 10 de este informe

### **3. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS**

La central consta de un embalse, una casa de maquinas, un vertedero de borde libre, un vertedero controlado por compuertas y una descarga de fondo.

#### **3.1 EMBALSE**

Según la batimetría del embalse elaborada en enero de 1996 por la firma GEOINGENIERÍA LTDA (véase Cuadro 3.1), el embalse tiene una capacidad de 1627 hm<sup>3</sup> a la cota 561,20 (nivel máximo normal de operación, sin vertimientos) y de 718 hm<sup>3</sup> a la cota 544,00 (nivel mínimo de operación), es decir un volumen útil de 909 hm<sup>3</sup>.

#### **3.2 CENTRAL**

La central consta de tres unidades generadoras de 180 MW cada una, constituidas por una turbina Francis de eje vertical, acopladas directamente a un generador de corriente alterna del tipo convencional. Cada unidad es alimentada independientemente por un túnel de conducción de 570 m que tiene una captación sumergida provista con rejillas de coladera, una almenara y un pozo de compuertas constituido por una compuerta principal de ruedas y una compuerta deslizante auxiliar para cierre del conducto.

Cada grupo turbogenerador tiene, según las curvas características de las turbinas (véase Cuadro 3.2): para una altura neta de 72 m y un caudal de 260 m<sup>3</sup>/s una potencia de 170 MW, para una altura neta de 55 m y un caudal de 230 m<sup>3</sup>/s una potencia de 114 MW. A la cota 561,00 con un caudal de 280 m<sup>3</sup>/s se tiene una potencia de 180 MW. Con una apertura máxima de alabes el caudal máximo descarga es de 325 m<sup>3</sup>/s por turbina.

Las eficiencias de las turbinas para diferentes alturas netas y caudales se presentan en las curvas características de las turbinas que se encuentran en el Manual de Operación realizado por la firma Sedec Ltda. y en el Cuadro 3.2 que fué obtenido a partir de estas curvas. Otras características relacionadas con la central, son el nivel del río en la descarga y las pérdidas en la conducción, las cuáles se utilizan para hallar el nivel del embalse correspondiente a una altura neta dada (véase Figuras 3.1 y 3.2).

#### **3.3 VERTEDERO LIBRE**

El vertedero de borde libre está ubicado a la derecha del vertedero de compuertas y tiene un ancho de cresta de 80 m el cual se reduce gradualmente mediante paredes laterales hasta alcanzar 50 m. en la parte final.

La cresta está a la cota 561,20 msnm, con un azud con tres pilas que sirven de apoyo al puente que forma parte del acceso por carretera a los diques de la margen derecha.

La rápida tiene una longitud de 610 m, y termina con un deflector de chorro que lanza el agua a un pozo de impacto ubicado sobre la cota 480 msnm. En el Cuadro 3.3 y la Figura 3.3 se presenta la curva de capacidad del vertedero libre.

Para el vertedero libre se ha asumido una curva de descarga del tipo  $Q = C L H^{3/2}$  en donde:

$C$  = Coeficiente de descarga igual a 2,1.

$L$  = Longitud efectiva de la cresta;  $L = 80 - n H e$ .

$n$  = Coeficiente de escorrentía por pilas y estribos, igual a 0,26.

$H$  = Altura de agua por encima de la cresta en m.

Lo anterior fué necesario ya que las gráficas presentadas en el manual de Sedic Ltda. para la combinación del vertedero libre y de compuertas, arrojaron valores de descarga incoherentes al separar de ellas el vertedero de cresta libre.

### **3.4 VERTEDERO DE COMPUERTAS**

El vertedero de compuertas esta conformado por cuatro compuertas radiales cada una de 10,5 m de ancho, 15,9 m de alto y 16,0 m de radio; la cresta del vertedero se encuentra a la cota 548,00 msnm y el borde superior de las compuertas a 563,90 msnm, cuando están cerradas. Los Cuadros 3.4 a 3.32 y la Figura 3.4, presentan el caudal descargado para cada abertura de compuerta y diferentes niveles del embalse.

La cresta del vertedero tiene 52,5 m de ancho total y 45 m de longitud. Sobre éste existen tres pilas de 3,5 m de ancho cada una, que sirven de anclaje y apoyo para las compuertas y adicionalmente de apoyo para el puente que esta ubicado sobre el.

La rápida tiene una longitud de 230 m, y al final empalma con un deflector de chorro que lanza el agua a un pozo de impacto ubicado a la cota 470 msnm.

El sistema de alce de la compuertas es mecánico provisto de cadena, rueda dentada, engranajes, caja reductora y motor eléctrico. El sistema normal de operación es automático y a control remoto desde la sala de control de la casa de máquinas.

El suministro normal de corriente alterna para la operación de las compuertas, se hace por medio de un transformador de 112,5 kVA, 13800 / 480 V, el cual alimenta el tablero de distribución CKIB03 localizado en la caseta del generador en el vertedero.

En la caseta, una planta diesel de 85 kW es capaz de alimentar automáticamente el tablero de distribución, a partir del momento en que falte la alimentación normal externa de 13,8 kV.

En caso de no disponerse de las dos fuentes de energía antes mencionadas, se cuenta con un mando auxiliar a través de un motor de gasolina portátil que sustituye el motor eléctrico mediante operación manual.

### **3.5 COMPUERTAS DE FONDO**

Uno de los túneles de desviación utilizados durante la etapa de construcción de la presa, el número uno, fue habilitado para descarga de fondo. Este túnel tiene una cámara que alberga cuatro compuertas de alta caída, dos de guarda y dos de control. Las descargas para diferentes grados de apertura y niveles de embalse se presentan en el informe realizado por la firma Sedic Ltda.

En la cámara de compuertas el túnel se halla dividido en dos ramales, cada uno de los cuales tiene dos compuertas deslizantes de alta caída de 2,45 m de ancho por 3,6 m de alto. A la entrada de cada ramal se halla una compuerta de guarda, después de la cámara se halla la compuerta de control la cual es reguladora de flujo y puede operarse con aberturas parciales.

Este sistema de compuertas de descarga de fondo no se utilizará para el manejo de crecientes.

## **4. HIDROLOGÍA**

### **4.1 HOYA HIDROGRÁFICA**

La cuenca afluyente a la central hidroeléctrica de Betania tiene una extensión de 13540 km<sup>2</sup>. Su cauce principal, el río Magdalena, tiene una longitud aproximada de 200 km. Su afluyente principal es el río Páez el cual drena un área de 4880 km<sup>2</sup>. Otros afluentes son los ríos Naranjos, Guarapas, Bordonos, Suaza y Yaguará. Véase Figura 4.1.

### **4.2 RÉGIMEN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

El caudal medio en el sitio de presa es de 435 m<sup>3</sup>/s (véase Cuadro 4.1 y Figura 4.2) con un período de caudales altos de abril a agosto; un período seco corto de septiembre a octubre, el mes de noviembre un poco superior al promedio, y finalmente, un período seco prolongado de diciembre a marzo.

El mes con mayores caudales es julio, con promedio de 654 m<sup>3</sup>/s, y el mes más seco es enero con 287 m<sup>3</sup>/s.

### **4.3 RÉGIMEN DE CRECIENTES**

Para el análisis de crecientes, se adoptó la serie histórica de caudales máximos mensuales multianuales y máximos anuales multianuales para el período 1959-1995.

Para el período enero de 1959 a julio de 1988 se utilizaron los registros de caudales máximos de la estación Puente Santander, trasladados al sitio de presa mediante un factor de relación de áreas de drenaje.

Para el período agosto de 1988 a octubre de 1995 se utilizó la información obtenida por Mario Díaz-Granados Ortíz y presentada en el informe “Estudio para la Actualización Hidrológica del Manual de Operación de la CHB”, 1996.

A partir de la información mencionada anteriormente y de las curvas de calibración en la estación Puente Santander, se generó el hidrograma adimensional que posteriormente fue utilizado para obtener los hidrogramas de escorrentía total para 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años de período de retorno. Véase Figura 4.3.

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

Los caudales base se calcularon para cada período de recurrencia a partir de los caudales medios multianuales a nivel mensual y anual, mediante el ajuste de los caudales medios a la distribución de frecuencia Log-normal.

Con base en el hidrograma adimensional, los caudales pico de excedencia multianuales, los valores de tiempo al pico a nivel mensual multianual determinados en el informe de Mario Díaz-Granados Ortíz y el caudal base, se calcularon los hidrogramas de escorrentía total para 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 años de período de retorno a nivel mensual multianual y anual multianual. Véanse Figuras 4.4 a 4.16 y Cuadro 4.2.

Adicionalmente se calcularon los volúmenes totales de las crecientes, los cuales se consignan en el Cuadro 4.2.

## **5. CRITERIOS DE OPERACIÓN DEL EMBALSE.**

### **5.1 CRITERIOS GENERALES.**

La operación del Embalse de Betania se realizará de acuerdo con los siguientes criterios generales:

- **Caudal Mínimo:** El caudal mínimo descargado por el Embalse, será de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- **Caudal Máximo Normal en Períodos de Verano:** El caudal máximo normal descargado por el Embalse durante períodos de afluencias medias y bajas, será de  $975 \text{ m}^3/\text{s}$ , siempre y cuando no se presenten crecientes con caudales pico mayores que este valor.
- **Caudal Máximo Normal en Períodos de Invierno:** Durante períodos de afluencias altas, el caudal máximo normal descargado será de  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ , siempre y cuando no se presenten crecientes con caudales pico mayores que este valor.
- **Caudales Máximos en Creciente:** Los caudales pico descargados podrán superar el límite de  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ , cuando se presenten crecientes cuyo pico supere este valor. Sin embargo, en este caso los caudales pico descargados no superarán los caudales pico afluentes al Embalse.
- **Aumento de Descargas del Embalse:** Siempre y cuando los incrementos de las afluencias que ingresan al Embalse lo permitan, los aumentos en las descargas se realizan de acuerdo con los siguientes criterios:
  1. Caudales entre  $0$  y  $975 \text{ m}^3/\text{s}$  : No hay restricciones para aumentos de las descargas del Embalse, cuando el caudal final no supera el valor de  $975 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  2. Caudales entre  $975$  y  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$  : Los aumentos del caudal descargado dentro de este rango, se harán por pasos de máximo  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  cada 15 minutos o más.
  3. Caudales mayores de  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$  : Los aumentos del caudal descargado por encima de  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ , se harán por incrementos de máximo el 15 % cada 15 minutos o más.

## **5.2 NIVELES MÁXIMOS Y MÍNIMOS**

- **Nivel Mínimo Normal** **544,00 msnm**

La Gerencia de Producción en coordinación con la Gerencia Comercial deberán establecer políticas para el manejo del embalse para prevenir que durante las épocas de extremo verano el embalse llegue al nivel mínimo normal (544,00 m.s.n.m), prestando especial atención al despacho de generación cuando el nivel del embalse esté por debajo de la cota 547,00 m.s.n.m.

- **Nivel Máximo sin Vertimientos** **561,20 msnm**
- **Nivel Máximo con CMP** **568,16 msnm**
- **Nivel de la Cresta de la Presa** **571,00 msnm**

## **5.3 POLÍTICA DE MANEJO DE CRECIENTES**

### **5.3.1 Amortiguación de Crecientes**

Se adopta la siguiente política para manejo y amortiguación de crecientes, en beneficio de los ribereños de aguas abajo del Embalse y en detrimento de la generación de la Central Hidroeléctrica de Betania:

- **Crecientes con Período de Retorno de hasta 10 años:** El Embalse se operará buscando amortiguar las crecientes con período de retorno inferior o igual a 10 años, de tal forma que las descargas máximas correspondientes a su tránsito no superen el valor de 1600 m<sup>3</sup>/s.
- **Crecientes con Período de Retorno de hasta 25 años:** El Embalse se operará buscando amortiguar las crecientes con período de retorno superior a 10 años e inferior o igual a 25 años, de tal forma que las descargas máximas correspondientes a su tránsito no superen el valor de 2200 m<sup>3</sup>/s.
- **Crecientes con Período de Retorno superior de hasta 1000 años:** El Embalse se operará con el fin de que el máximo nivel alcanzado no sobrepase el nivel de inundación de la población de Yaguará (562,00 msnm).

La política anterior se implementa mediante la adopción de los siguientes volúmenes o espacios vacíos de espera, correspondientes a una posibilidad normal de anticipación de las crecientes, de 4 horas. Este tiempo de cuatro horas se ha estimado que es el tiempo promedio de viaje de un caudal deficiente promedio desde las estaciones de Puente Balseadero en el Río Magdalena y Paicol en el Río Páez aguas arriba del proyecto:

<b>Mes</b>	<b>Excedente sobre 1600 m<sup>3</sup>/s de la creciente de los 10 años Hm<sup>3</sup></b>	<b>Volumen de espera (espacio vacío) para la creciente de 25 años Hm<sup>3</sup></b>	<b>Nivel de espera del Embalse msnm</b>
Enero	1,743	0,00	561,20
Febrero	0,074	0,00	561,20
Marzo	13,020	7,76	561,10
Abril	25,451	22,15	560,91
Mayo	18,519	13,76	561,02
Junio	46,163	45,93	560,59
Julio	80,348	85,26	560,05
Agosto	51,098	51,54	560,51
Septiembre	7,513	1,42	561,18
Octubre	1,573	0,00	561,20
Noviembre	2,334	0,00	561,20
Diciembre	5,058	0,00	561,20

Los niveles de espera presentados en la tabla anterior son representativos para los días intermedios del mes correspondiente, entre los ocho días finales de un mes dado y los ocho iniciales del siguiente, el nivel de espera oscila entre los niveles correspondientes a cada mes.

La aplicación de los anteriores volúmenes y niveles de espera, es la siguiente:

- Para afluencias menores o iguales a 1600 m<sup>3</sup>/s, el nivel del embalse debe permanecer por debajo o máximo en el nivel de espera especificado.
- Cuando se anticipa una creciente con caudales mayores de 1600 m<sup>3</sup>/s, se realizan descargas hasta de 1600 m<sup>3</sup>/s, buscando aumentar, antes de que llegue la creciente, el espacio vacío del embalse en la cantidad necesaria para almacenar el excedente sobre 1600 m<sup>3</sup>/s anticipado.
- Cuando se presenta una creciente con excedente superior al excedente estimado para la creciente de los 10 años, se inician aumentos paulatinos de la descarga, de 1600 a 1800, 2000 y 2200 m<sup>3</sup>/s (un aumento cada 30 minutos), buscando aumentar el espacio vacío del embalse en la cantidad necesaria para almacenar el excedente adicional sobre 2200 m<sup>3</sup>/s de la creciente en proceso.
- Cuando la creciente llegue al embalse e ingresen a éste caudales superiores al caudal meta de descarga (1600 o 2200 m<sup>3</sup>/s, según se trate de una creciente menor o mayor que

## CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.

la de 25 años), se dejará que el nivel del embalse aumente aún por encima del nivel de espera.

- Si el embalse sobrepasa la cota 561,20 msnm, se deberá aplicar la siguiente secuencia de operación de las compuertas del Vertedero, de acuerdo con los niveles que se alcancen, a esta operación se le denomina Operación de Emergencia.

Posición de compuertas	Nivel de operación de apertura	Nivel de operación de cierre	Operación de Compuertas			
			(apertura según que el nivel del embalse esté subiendo)			
número	msnm	msnm	Compuerta # 1	Compuerta # 2	Compuerta # 3	Compuerta # 4
0	561,18		0,0	0,0	0,0	0,0
1	561,20	561,18	0,5	0,0	0,0	0,5
2	561,22	561,20	0,5	0,5	0,5	0,5
3	561,24	561,22	1,0	0,5	0,5	1,0
4	561,26	561,24	1,0	1,0	1,0	1,0
5	561,28	561,26	1,6	1,0	1,0	1,6
6	561,30	561,28	1,6	1,6	1,6	1,6
7	561,32	561,30	1,9	1,9	1,9	1,9
8	561,34	561,32	2,2	2,2	2,2	2,2
9	561,36	561,34	2,5	2,5	2,5	2,5
10	561,38	561,36	2,9	2,9	2,9	2,9
11	561,40	561,38	3,3	3,3	3,3	3,3
12	561,45	561,40	3,7	3,7	3,7	3,7
13	561,50	561,45	4,2	4,2	4,2	4,2
14	561,55	561,50	4,8	4,8	4,8	4,8
15	561,60	561,55	5,4	5,4	5,4	5,4
16	561,65	561,60	6,1	6,1	6,1	6,1
17	561,70	561,65	7,0	7,0	7,0	7,0
18	561,75	561,70	8,0	8,0	8,0	8,0
19	561,80	561,75	9,2	9,2	9,2	9,2
20	561,85	561,80	11,0	11,0	11,0	11,0
21	561,90	561,85	18,0	18,0	18,0	18,0

- La operación de cierre de compuertas desde la posición  $P_i$  en apertura hasta la posición  $P_{i-1}$  de cierre debe iniciarse cuando el nivel del embalse se encuentra en el correspondiente a la posición anterior.
- Durante la construcción de volúmenes de espera se utilizarán las posiciones de compuertas especificadas en el cuadro anterior, la utilización de estas posiciones se realizará en forma independiente de los niveles de embalse que se discriminan en dicho cuadro ya que éstos se aplican solo para la Operación de Emergencia. La construcción de

los volúmenes de espera y por tanto, la operación de las compuertas dependerá de las necesidades de caudal de descarga.

### **5.3.2 Alerta a Afectados Potenciales por Crecientes**

La CHB mantendrá en operación una red hidrometeorológica que mida e informe en tiempo real las lluvias y caudales registrados en varios puntos de la cuenca afluente al Embalse, la cual normalmente le permitirá recibir con alguna anticipación, información sobre la magnitud de las crecientes que van a ingresar al Embalse.

La CHB utilizará esta información y los registros de niveles de embalse, para alertar sobre la ocurrencia de crecientes a las autoridades de los asentamientos potencialmente afectados, e informar sobre las operaciones requeridas del Vertedero.

### **5.4 ESPACIOS VACÍOS PARA OPTIMIZAR LA GENERACIÓN**

Si se desea maximizar la generación media del proyecto, se pueden adoptar los siguientes espacios vacíos adicionales a los volúmenes de espera necesarios para la amortiguación de crecientes, al inicio de cada mes:

<b>Día</b>	<b>Espacio vacío adicional para maximizar la generación hm<sup>3</sup></b>	<b>Espacio vacío total para maximizar la generación hm<sup>3</sup></b>	<b>Nivel guía para maximizar la generación msnm</b>
Enero 1	20	20	560,93
Febrero 1	20	20	560,93
Marzo 1	75	78	560,14
Abril 1	150	160	558,97
Mayo 1	150	160	558,97
Junio 1	150	193	558,46
Julio 1	150	221	558,02
Agosto 1	60	131	559,39
Septiembre 1	3	38	560,68
Octubre 1	20	20	560,93
Noviembre 1	20	20	560,93
Diciembre 1	0	0	561,20

Para maximizar la generación, se debe tratar de mantener los niveles-guía indicados del embalse, mediante la operación de las turbinas (abriéndolas o cerrándolas según el nivel tienda a subir o bajar).

## 5.5 TRÁNSITO DE CRECIENTES

Con el objeto de establecer el comportamiento del embalse de Betania durante la afluencia de las crecientes de 10, 25, 50, 100, 1000 años incluida la Creciente Máxima Probable (CMP), bajo las reglas de operación expuestas en el presente manual, se desarrollaron los tránsitos de cada una de estas crecientes siguiendo dichas reglas.

Con el objeto de estudiar las condiciones más críticas, las crecientes tránsitadas corresponden a las crecientes mensuales multianuales del mes de julio, el cual es el mes más húmedo del año en la cuenca del embalse. El nivel de embalse para el cual se inician los tránsitos es el nivel del volumen de espera (560,05 msnm) correspondiente a la creciente de los 25 años del mes de julio.

En el cuadro que se presenta a continuación se resumen los resultados de los tránsitos de creciente desarrollados a través del embalse:

<b>Periodo de Retorno</b>	<b>Nivel Máximo (msnm)</b>	<b>Descarga Máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Entrada Máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>
10 años	560,96	1 600,00	3 123,88
25 años	561,06	2 200,00	3 586,51
50 años	561,33	2 200,00	3 929,06
100 años	561,51	2 634,02	4 269,39
1000 años	561,84	4 546,38	5 393,87
CMP	568,16	11 530,16	25 120,00

En los cuadros 5.1 a 5.6 y en las figuras 5.1 a 5.6 se muestran los tránsitos de las crecientes y los correspondientes hidrogramas de cada uno.

Como se puede observar en el cuadro de resumen, en el evento de que se presenten dichas crecientes en el embalse de Betania, siguiendo la regla de operación aquí propuesta se alcanzan los objetivos planteados en cuanto a la operación del embalse, es decir,

- Durante crecientes menores o iguales a 10 años, no se realizan descargas superiores a 1600 m<sup>3</sup>/s.
- Durante crecientes entre 10 y 25 años, no se realizan descargas superiores a 2200 m<sup>3</sup>/s.
- Crecientes mayores de 25 años permiten descargas superiores sin amplificar la creciente natural.
- Durante la creciente de 1000 años, el nivel máximo durante el tránsito no inunda la población de Yaguará.
- Durante la creciente máxima probable no se excede la cota de la cresta de la presa.

## 6. RED DE INFORMACIÓN HÍDRICA

1. La red hidrometeorológica de la CHB posee 19 estaciones hidrometeorológicas (Véase Figura 6.1) y una estación receptora la cual registra y transmite en tiempos reales los caudales instantáneos aguas arriba del embalse en los afluentes principales: Magdalena, Páez, La Plata, Yaguará, Suaza, Guarapas y Naranjos. Estas estaciones se relacionan a continuación:

Estación	Localización	Corriente	Tipo	Tiempo de Viaje, h
Los Guácharos	Palestina (Huila)	Río Suaza	Limnimétrica	
Puente Garcés	Guadalupe	Río Suaza	Automática	10
Naranjos	San Agustín	Río Naranjos	Automática	17
Alto Mazamorras	Isnos		Pluviométrica	
Guarapas	Pitalito	Río Guarapas	Automática	16
La Magdalena	San Agustín	Río Magdalena	Automática	19
Salado	Salado Blanco	Río Magdalena	Automática	12
Puente Balseadero	Garzón	Río Magdalena	Automática	6
Trebol	Puente Trebol	Río Bedón	Limnimétrica	
Vega El Salado	La Plata	Río Páez	Automática	10
Paicol	Paicol	Río Páez	Automática	6
Yerbabuena	Iquira	Río Iquira	Automática	
La Esperanza	Betania	Río Magdalena	Limnigráfica	
Hidrobetania	Vertedero casa maquinas		Meteorológica	
Hacienda Venecia	Yaguará	Río Yaguará	Automática	2
Puente Ricaurte	Inza	Río Páez	Limnigráfica	
Río Chiquito	Páez	Río Negro	Limnigráfica	
Toez	Páez	Río Páez	Limnigráfica	
Paso El Colegio	Tesalia	Río Magdalena	Limnimétrica	

- Los tiempos de viaje de la creciente corresponden al tiempo estimado promedio, para las crecientes afluentes a Betania según la experiencias de la central.
2. Adicionalmente, la CHB dispone de una red de información que incluye las siguientes funciones:
    - Registro y transmisión de los niveles instantáneos del embalse
    - Registros de las potencias de la unidades generadoras con el fin de hallar el caudal turbinado.

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

- Determinación de los caudales y volúmenes de agua descargados por el vertedero.
- Registros de evaporación a partir de la estación climatológica Hidrobetania.
- Registro de los caudales y volúmenes de agua consumidos para refrigeración, servicios, etc., y estimación de pérdidas de álabes móviles en unidades paradas.

## **7. PREDICCIÓN DE AFLUENCIAS**

La CHB cuenta con la red mencionada en el Capítulo 6, cuya información es la base para establecer pronósticos de afluencias y reglas de operación del embalse, generando estimativos de caudales promedios mensuales, semanales, diarios y horarios con el fin de prever con anticipación la operación de la central tanto para control de crecientes como para producción energética.

### **7.1 CAUDALES MENSUALES**

El procedimiento para pronosticar los caudales mensuales se fundamenta en estadísticas hidrológicas históricas, con las cuales la CHB ha venido desarrollando información básica actualizada de afluencia promedio mensual, y con los parámetros máximos, mínimos y coeficientes de correlación, se elaboran comparaciones de las condiciones existentes, con años históricos recientes, secos y húmedos, para establecer, de acuerdo con las tendencias registradas las posibles afluencias mensuales.

### **7.2 CAUDALES DIARIOS**

Actualmente la CHB utiliza la información diaria histórica para elaborar pronósticos, graficando las tendencias de los caudales diarios para el mes bajo análisis, destacando el promedio diario multianual, los valores máximos y mínimos registrados y los valores diarios del mes corriente, con lo cual se realiza el pronóstico para el siguiente mes. En este procedimiento, la CHB utiliza las tendencias anteriores y la información que se registra en la red de alertas de precipitación y niveles.

Un procedimiento alternativo que se propone para la estimación de caudales diarios, fundamentado en el Ciclo Hidrológico, es utilizar el modelo de simulación HFAM (Hydrocomp Forecast and Analysis Modeling System), el cual con información histórica diaria y datos obtenidos en tiempo real está en capacidad de hacer pronóstico tanto para períodos horarios como diarios. La aplicación de este modelo requiere de información completa sobre lluvias, caudales y otros datos hidrológicos y climatológicos.

En el Anexo 1, se incluye una descripción del modelo mencionado, cuyo programa de computador se entrega con este informe.

Durante la ejecución de este estudio se adelantaron ensayos para la calibración del modelo con base en la información disponible de precipitación y caudales de la red de alertas de la CHB y otra información climatológica del IDEAM; empero, la aún escasa cobertura de la

red pluviométrica, así como la discontinuidad en los registros de algunas estaciones, no permiten actualmente, obtener una adecuada calibración del modelo.

### **7.3 CRECIENTES**

La CHB ha hecho grandes esfuerzos para aprovechar la información de la red de alertas en el pronóstico de crecientes, con el fin de estimar los tiempos de viaje y los caudales de entrada al embalse, de forma que permitan anticipar las características de su manejo.

Un elemento importante fue el desarrollo del modelo Trans-cata por la División de Hidrología del HIMAT, con el cual básicamente se predicen los niveles y caudales que se presentan en la parte superior del embalse de Betania, como función de los niveles registrados en las estaciones hidrométricas de aguas arriba del embalse; este modelo sin embargo debido a su poca amigabilidad no ha sido utilizado operativamente por la CHB.

Un elemento alternativo de manejo es la caracterización de crecientes de entrada al embalse, determinadas por Díaz-Granados en abril de 1996.

El modelo matemático HFAM, como se indicó anteriormente, está en capacidad de utilizar la información de la red de alerta, en tiempo real, con el fin de hacer pronósticos de caudales de entrada, aún de crecientes, para períodos de algunos días. El inconveniente de este modelo, como ya se indicó, es la imposibilidad actual de su calibración, debido a la deficiencia en el cubrimiento superficial de estaciones de lluvia en la cuenca, así como la falta de un número considerable de datos pluviográficos.

Sin embargo este modelo es una herramienta muy útil, en la medida en que se mejore significativamente el número de estaciones y la transmisión, recepción y almacenamiento de su información.

El diagnóstico de la actual red es el siguiente: los datos suministrados por la CHB provienen de 15 estaciones, de las cuales 9 tienen registro desde junio de 1994; éstas estaciones son: La Magdalena, Naranjos, Mazamorras, Guarapas, Salado Blanco, Garcés, Yaguará, Balseadero y Vega El Salado. Estas estaciones poseen registros intermitentes de lluvia horaria, cuya complementación, debido a la aleatoriedad del fenómeno y la escasa correlación entre los registros de las estaciones, hace que la simulación del proceso lluvia-escorrentía no sea confiable.

Las estaciones Paicol, Paso El Colegio y Ricaurte, poseen muy pocos datos hidrológicos (solo año 1997). Las estaciones Río Chiquito, Trébol, y Vichecito no poseen registros.

Lo anterior complementado con el hecho de que solo la estación Vega El Salado, que está ubicada en la cuenca del río Páez, cuenta con un registro histórico desde junio de 1994, hace que la simulación de esta cuenca utilizando el programa HFAM para pronóstico de

caudales aún no sea posible. Para utilizar el modelo HFAM sería necesario densificar la red de alertas en toda la cuenca aferente al embalse especialmente con estaciones pluviográficas ubicadas como mínimo una por cada subcuenca importante de la cuenca mencionada.

Por sus características, una primera etapa de la utilización del modelo, podrá consistir en realizar los tránsitos de los caudales registrados en una estación aguas arriba del embalse por ejemplo Balseadero y Paicol, hasta el sitio de presa de Betania.

## **7.4 PRONÓSTICOS DE CRECIENTES**

### **7.4.1 Procedimiento para Establecer Alertas de Crecientes Afluentes al Embalse de Betania**

Este procedimiento tiene por objeto establecer cualitativamente el riesgo de ocurrencia de crecientes significativas afluentes al embalse de Betania, con base en los registros de las estaciones pluviográficas localizadas en la cuenca aferente.

A continuación, se presenta una caracterización de la cuenca aferente del río Magdalena en el sitio de presa, indicando su división por subcuencas, la extensión de cada subcuenca en proporción a la cuenca total, las estaciones pluviográficas representativas de cada subcuenca y el tiempo de respuesta del caudal del río Magdalena en el embalse de Betania, a la precipitación en cada subcuenca.

<b>Subcuenca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cobertura, C % de Cuenca Total</b>	<b>Estaciones Pluviométricas Representativas</b>	<b>Tiempo de Respuesta, T (horas)</b>
1	Hoya del río Magdalena	50	Magdalena Salado Blanco Alto Mazamorra Guarapas Pte. Balseadero	24
2	Hoya del río Suaza	10	Pte Garcés	12
3	Hoya del río Páez	40	Vega El Salado Paicol	12

Se analizaron los hidrogramas de crecientes afluentes al embalse de Betania y las precipitaciones registradas en diversas estaciones pluviográficas, para los eventos que se muestran en la siguiente tabla, en la cual se resume dicha información, incluyendo el caudal máximo de la creciente y los promedios de la precipitación ocurrida en las 24 horas precedentes al inicio de la creciente, en las estaciones de la subcuenca 1 y en las 12 horas precedentes al inicio de la creciente, en las estaciones de las subcuencas 2 y 3.

## CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.

Fecha de la Creciente	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Precipitaciones Registradas en Estaciones Pluviométricas							
		T = 24 horas					T = 12 horas		
		M/lena.	Alto Mazam.	Guarapas	Salado Blanco	Pte. Balsead.	Paicol	Vega - El Salado	Pte. Garcés
3-jun-94	2900	25	-	50	-	-	-	19	-
10-jun-94	2600	25	110	10	-	-	-	11	4
12-ago-94	2600	25	63	2	-	-	-	7	-
19-jun-95	1800	-	80	30		7	-	13	45
22-jun-95	2100	-	40	20	20	18	-	25	20
23-jun-96	1600	45	60	40	40	-	-	-	-
21-jul-96	2500	20	-	6	17	-	-	7	-
14-mar-97	1500	25	40	-	40	14	6	16	18
13-abr-97	1250	7	40	-	10	2	4	8	8
2-jul-97	3700	8	80	-	45	25	25	23	25

Se consideraron los siguientes rangos de caudal asociados con diversos tipos de alerta, si el nivel del embalse se encuentra por debajo del nivel normal de operación (561.2):

Rango de Caudal Máximo de la Creciente (m <sup>3</sup> /s)	Tipo de Alerta
< 800	Blanca (B)
800-1600	Amarilla (A)
>1600	Naranja (N)

Si el nivel del embalse se encuentra por encima del nivel normal de operación los tipos de alerta se clasifican como sigue:

Rango de Caudal Máximo de la Creciente (m <sup>3</sup> /s)	Tipo de Alerta
< 2200	Naranja (N)
≥ 2200	Roja (R)

De acuerdo con análisis gráficos realizados con la información de crecientes y precipitaciones mostrados anteriormente, se estiman los siguientes rangos de promedios de precipitación en cada cuenca, asociados a la calificación o tipo de alerta establecida:

Tipo Alerta	Rangos de Promedio de Precipitación		
	Subcuenca 1, P <sub>1</sub> (mm en últimas 24 h)	Subcuenca 2, P <sub>2</sub> (mm en últimas 12 h)	Subcuenca 3, P <sub>3</sub> (mm en últimas 12 h)
B	<15	<10	<5
A	15-25	10-20	15-10
N	25-35	20-25	10-15
R	>35	>25	>15

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

Teniendo en cuenta las coberturas de cada cuenca (C, tabla de caracterización de la cuenca) como factores de ponderación, se establecen los siguientes rangos de promedio ponderado de la precipitación en la cuenca, asociados con diversos tipos de alarma:

Tipo de Alarma	Rango de Promedio Ponderado de Precipitación (R) en la Cuenca (mm)
B	0-10
N	10-20
A	20-25
R	>25

El promedio ponderado R se calcula con base en la siguiente relación:

$$R = P_1C_1 + P_2C_2 + P_3C_3$$

en donde:

$P_1$  es el promedio de la precipitación en las últimas 24 horas en las estaciones que registran lluvias en la Subcuenca 1.

$P_2$  y  $P_3$  son el promedio de la precipitación en las últimas 12 horas en las estaciones que registran lluvias en las Subcuencas 2 y 3, respectivamente.

$C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  son los factores de ponderación para cada subcuenca indicados en la tabla de caracterización de la cuenca del Magdalena.

De acuerdo con el rango al cual pertenece el valor calculado de R, se selecciona el tipo de alarma correspondiente, el cual se interpreta así:

- B: Se podría presentar una creciente manejable con caudales turbinados máximos.
- A: Se podría presentar una creciente para cuyo manejo se requerirían descargas por el vertedero, adicionales a los caudales turbinados máximos, que no tendrían efectos negativos aguas abajo de la presa.
- N: Se podría presentar una creciente cuyo manejo requeriría de descargas por el vertedero, adicionales a los caudales máximos turbinados, que tendrían algunos efectos negativos aguas abajo de la presa.
- R: Se podría presentar una creciente para cuyo manejo se requerirían descargas por

el vertedero, adicionales a los caudales turbinados máximos, que podrían causar inundaciones considerables aguas abajo de la presa.

### 7.4.2 Modelo de Predicción de Afluencias

Las operaciones de generación eléctrica y creación de volúmenes de espera para la amortiguación de crecientes en el Embalse de Betania está sujeta a la predicción de las crecientes que llegan al mismo. Para ello la CHB cuenta con la red mencionada en el Capítulo 6, cuya información es la base para establecer los pronósticos de afluencias.

Con el objeto de establecer la magnitud de los caudales de afluencia al embalse se diseñó una rutina de computador denominada *Programa Para Predicción de Afluencias* el cual toma información de caudal en tiempo real e instantánea en las estaciones de Puente Balseadero sobre el río Magdalena y Paicol sobre el río Páez, estos caudales son transportados a través de los ríos Magdalena y Páez por medio de un modelo de tránsito de crecientes en ríos hasta la cola del embalse. La información calculada por el *Programa Para Predicción de Afluencias* es el caudal de entrada en la cola del embalse como función de los caudales leídos en las estaciones de Puente Balseadero y Paicol, así como el tiempo de arribo de este caudal hasta la cola del embalse.

Simulaciones de caudales a través de las estaciones de Puente Balseadero y Paicol han permitido establecer que el tiempo promedio de predicción de afluencias para el embalse está dominado por la estación de Paicol sobre el río Páez y es de **cuatro** (4) horas en promedio, este tiempo de predicción esta de acuerdo con los tiempos registrados en diversos enventos históricos por la CHB.

La información básica utilizada por el *Programa Para Predicción de Afluencias* consta de las características geométricas de las secciones transversales de los ríos Magdalena y Páez así como de las pendientes longitudinales y los coeficientes de rugosidad desde las estaciones de Puente Balseadero y Paicol hasta la cola del Embalse de Betania. Estas características se seleccionan para tramos en los cuales se puede utilizar una sección típica.

Debido a la información utilizada para la ejecución del *Programa Para Predicción de Afluencias* se hace necesario un programa de calibración de las variables utilizadas por el programa, transitando crecientes registradas por la CHB desde las estaciones de Puente Balseadero y Paicol hasta la cola del embalse, con el objeto de afinar los valores estimados para estas variables (ver *anexo Programa Para Predicción de Afluencias* y sus facilidades de calibración).

## **8. OPERACIÓN DE LAS OBRAS DE DESCARGA**

### **8.1 DESCARGAS MÍNIMAS DEL EMBALSE.**

El criterio de manejo de las descargas del embalse depende de los siguientes factores :

- Caudal afluente al embalse,
- Nivel del embalse,
- Caudal predicho que llegará al embalse, se obtiene mediante los procedimientos descritos en el Capítulo 7.

De acuerdo con los valores de caudal afluente, caudal predicho y nivel de embalse, se obtiene el caudal de descarga mínimo para mantener el volumen de espera requerido. En todos los casos, este caudal de descarga es menor o igual que el caudal máximo de descarga. Solo en caso de que el nivel del embalse sobrepase el nivel 561,20 msnm, la descarga se incrementará hasta la cota 561,90 msnm, cota de inundación de Yaguará.

Las reglas de operación de la descarga se presentan en el Anexo 4 - PROGRAMA PARA DECISIÓN SOBRE DESCARGAS MÍNIMAS PARA MANEJO DE CRECIENTES.

### **8.2 DESCARGAS POR LA CENTRAL**

Las descargas por la central se programan para generar en cada turbina la potencia requerida con la altura neta del embalse. La descarga que se requiere evacuar del embalse se debe, en lo posible, desocupar por el vertedero libre y por la central tratando de desperdiciar la menor cantidad de agua utilizándola para generación. Si la descarga conjunta del vertedero libre y la central con la máxima generación posible no es suficiente se utiliza el vertedero de compuertas.

Para obtener el caudal requerido para determinada generación se utilizan las eficiencias de las turbinas obtenidas de la Figura 3.3 o del Cuadro 3.2.

La curva de descarga del vertedero controlado se obtiene de los Cuadros 3.4 a 3.32 del numeral 3.4.

### **8.3 DESCARGA POR EL VERTEDERO DE COMPUERTAS Y EL VERTEDERO LIBRE**

Los vertederos sólo operarán en condiciones extremas cuando las turbinas no puedan evacuar el caudal necesario para construir un volumen de espera o en el caso del manejo de grandes crecientes. En caso de que los caudales de excedencia superen la capacidad de vertimiento de las turbinas y el vertedero libre, entrará en operación el vertedero de compuertas.

Los caudales de excesos a ser evacuados a través del vertedero de compuertas son calculados por el *Programa Para Decisión Sobre Descargas Mínimas Para Manejo de Crecientes*, el cual para un nivel dado de embalse, determina los caudales a ser vertidos por cada una de las salidas del embalse incluyendo el vertedero de compuertas.

Para el cálculo de las aperturas o cierres de las compuertas, se diseñó un rutina de computador que se denomina *Programa Para Operación del Vertedero de Compuertas* el cual utiliza como datos de entrada los caudales de vertimiento a través de las compuertas, las aperturas iniciales de las compuertas y el nivel de agua en el embalse.

- Operación de las compuertas

Para el manejo de las compuertas se han establecido un total de 21 posiciones de apertura las cuales se muestran en el cuadro siguiente:

Posición	Apertura Compuertas Laterales (m)	Apertura Compuertas Centrales (m)
P0	0,0	0,0
P1	0,5	0,0
P2	0,5	0,5
P3	1,0	0,5
P4	1,0	1,0
P5	1,6	1,0
P6	1,6	1,6
P7	1,9	1,9
P8	2,2	2,2
P9	2,5	2,5
P10	2,9	2,9
P11	3,3	3,3
P12	3,7	3,7
P13	4,2	4,2
P14	4,8	4,8
P15	5,4	5,4
P16	6,1	6,1
P17	7,0	7,0
P18	8,0	8,0
P19	9,2	9,2
P20	11,0	11,0
P21	18,0	18,0

- Dependiendo de los requerimientos de descarga a través del vertedero de compuertas recomendado por el *Programa Para Decisión Sobre Descargas Mínimas Para Manejo de Crecientes*, el *Programa Para Operación del Vertedero de Compuertas* identifica la posición de apertura necesaria dentro de las posiciones P0 a P21.
- Si el nivel del embalse iguala o sobrepasa la cota 561,20 msnm y con el fin de proteger a la población de Yaguará, las compuertas deberán operarse de acuerdo a la secuencia de las 21 posiciones que se describen en el cuadro siguiente, ya sea que la operación a ejecutar sea de apertura o cierre.
- La operación de cierre de compuertas debe iniciarse cuando el nivel del embalse desciende al nivel inmediatamente inferior correspondiente al nivel de apertura.

En la tabla siguiente se resumen los niveles, caudales de vertimiento, aperturas y posiciones para la operación de las compuertas, en la cual se considera que la central trabaja a potencia máxima.

Nivel Embalse	Caudal por Vertedero Libre	Caudal por Vertedero de Compuertas	Posiciones de Compuertas	Apertura Compuerta # 1	Apertura Compuerta # 2	Apertura Compuerta # 3	Apertura Compuerta # 4
msnm	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	-	m	m	m	m
561,18	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
561,20	0,0	122,0	1	0,5	0,0	0,0	0,5
561,22	0,5	245,0	2	0,5	0,5	0,5	0,5
561,24	1,0	361,0	3	1,0	0,5	0,5	1,0
561,26	2,0	478,0	4	1,0	1,0	1,0	1,0
561,28	4,0	612,0	5	1,6	1,0	1,0	1,6
561,30	5,0	746,0	6	1,6	1,6	1,6	1,6
561,32	7,0	877,0	7	1,9	1,9	1,9	1,9
561,34	9,0	1006,0	8	2,2	2,2	2,2	2,2
561,36	11,0	1133,0	9	2,5	2,5	2,5	2,5
561,38	13,0	1298,0	10	2,9	2,9	2,9	2,9
561,40	15,0	1459,0	11	3,3	3,3	3,3	3,3
561,45	21,0	1618,0	12	3,7	3,7	3,7	3,7
561,50	28,0	1810,0	13	4,2	4,2	4,2	4,2
561,55	35,0	2030,0	14	4,8	4,8	4,8	4,8
561,60	43,0	2241,0	15	5,4	5,4	5,4	5,4
561,65	51,0	2475,0	16	6,1	6,1	6,1	6,1
561,70	59,0	2754,0	17	7,0	7,0	7,0	7,0
561,75	68,0	3035,0	18	8,0	8,0	8,0	8,0
561,80	78,0	3331,0	19	9,2	9,2	9,2	9,2
561,85	88,0	3684,0	20	11,0	11,0	11,0	11,0
561,90	98,0	4008,0	21	18,0	18,0	18,0	18,0

En los Cuadros 3,4 a 3,32 y en la Figura 3,4 se presentan las descargas de una compuerta radial para diferentes grados de apertura de la misma desde la cota 548,00 msnm hasta la cota 562,00 msnm.

#### **8.4 DESCARGAS POR LAS COMPUERTAS DE FONDO**

La descarga de fondo actualmente no opera. De las dos compuertas, una no opera por daño en los sellos; además, la avalancha del río Páez de junio de 1994 taponó el túnel con sedimentos. La descarga de fondo no se considerará para el manejo del embalse.

## **9. BALANCE HÍDRICO**

El balance hídrico se calcula considerando que el volumen de agua que ingresa al embalse es igual a la sumatoria de los siguientes usos: agua turbinada, agua rebosada, agua evaporada, agua infiltrada, agua consumida en refrigeración y otros gastos y agua embalsada.

Su expresión está dada por la siguiente ecuación aplicable en un intervalo de tiempo  $\Delta t$  :

$$V_A = V_T + V_R + V_E + V_I + V_{RF} \pm V_{EMB}$$

donde:

$V_A$  = Volumen de agua aportado por la cuenca aguas arriba del embalse.

$V_T$  = Volumen de agua que pasa por turbinas.

$V_R$  = Volumen de agua que pasa por los rebosaderos.

$V_E$  = Volumen de agua pérdida debido a la evaporación atmosférica, se calcula a partir de la pérdida de nivel que se presenta en el mes y se estima en milímetros.

$V_I$  = Volumen de agua infiltrada.

$V_{RF}$  = Volumen de agua utilizado en refrigeración y otros gastos estimados.

$V_{EMB}$  = Volumen de agua en aumento o disminución del embalse.

Conociendo los volúmenes de salida y la variación del volumen embalsado, se puede determinar el caudal promedio aportado al embalse en cualquier período de tiempo considerado. Este procedimiento se lleva a cabo con la ayuda del programa **Balance Hídrico** (Véase Anexo 5), el programa utiliza la ecuación anterior y la aplica en un intervalo de tiempo, estimado en horas, para calcular los caudales promedio de entrada y salida del embalse.

### **9.1 AYUDA PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE SALIDA**

- El caudal turbinado se calcula con la generación por turbinas del período de cálculo, la cual se requiere como dato de entrada del programa de Balance Hídrico.
- El caudal evacuado por los rebosaderos se calcula con las curvas de calibración.
- La evaporación atmosférica, dada en milímetros por mes, se puede calcular a partir de las mediciones efectuadas en la estación climatológica Hidrobetania, ubicada sobre la presa del embalse.
- El caudal infiltrado se estima según datos establecidos o por mediciones efectuadas por la Central Hidroeléctrica de Betania.
- El caudal refrigerado se calcula conociendo las especificaciones de las turbinas utilizadas en la generación. Los otros gastos son caudales consumidos en servicios de la Central y otros previamente estimados.
- El volumen embalsado o desembalsado se calcula conociendo la diferencia de niveles producidos en el embalse al inicio y al final del período de tiempo simulado y la ayuda de la curva de capacidad del embalse.

## **10. CONTROLES**

### **10.1 COMPORTAMIENTO DE LAS OBRAS**

Las obras hidráulicas tales como la presa, los diques y sus fundaciones y las estructuras componentes de los vertederos, deben ser controlados mediante los equipos e instrumentos instalados: piezómetros, inclinómetros, extensómetros, acelerógrafos, mojones de asentamiento y medidores de nivel freático, los cuales a su vez son controlados de acuerdo con las instrucciones para su operación y mantenimiento en el manual correspondiente.

Se debe llevar un control estadístico y un seguimiento de los caudales en las galerías de drenaje tanto de la presa como del vertedero de compuertas, de acuerdo con las instrucciones consignadas en el referido Manual de Instrumentación.

La presa, los diques y los rellenos laterales de los vertederos están dotados de un sistema de drenaje, en el cual se recogen las aguas que cruzan bien el cuerpo mismo del terraplén o su fundación, y tienen su salida a través de colectores especiales en los cuales al final se encuentran dispuestas estructuras para la medición de los caudales filtrados.

### **10.2 SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE**

Los sedimentos depositados en el embalse, por los ríos Magdalena y Yaguará, son la causa de la disminución del volumen útil del embalse. La batimetría del embalse de enero de 1996, mostró que el volumen de agua a la cota 561 msnm era de 1612 hm<sup>3</sup> inferior en 362 hm<sup>3</sup> al calculado al inicio de operación del proyecto, (1974 hm<sup>3</sup>). Así mismo, el volumen de agua medido a la cota 544 msnm, mínimo nivel de operación, fue de 718 hm<sup>3</sup> inferior en 236 hm<sup>3</sup> al volumen calculado por el diseñador al inicio de operación del proyecto (954 hm<sup>3</sup>).

Con base en la batimetría de enero de 1996, se encontró que el volumen de sedimentos hasta la cota 544 msnm era de 236 hm<sup>3</sup> y entre las cotas 544 msnm y la cota 561 msnm era de 126 hm<sup>3</sup>. Estos volúmenes de sedimentos representan la reducción del volumen del embalse. Es conveniente realizar nuevas batimetrías del embalse cada cinco años con el fin de conocer la variación de los volúmenes del embalse en el tiempo.

### **10.3 CONTROLES AGUAS ABAJO DEL EMBALSE**

Se deben verificar las zonas vulnerables a inundación y aquellas con riesgo de deslizamientos que puedan incidir en la operación de la central; para tal fin se recomienda el siguiente aspecto:

1. En el canal de descarga de la casa de máquinas y en el tramo de río inmediatamente aguas abajo, se debe llevar un control periódico de la agradación o degradación del lecho a través de sondeos y dibujando los perfiles que muestren el estado del mismo en el tiempo.
2. Verificar el estado de la zona de aguas abajo en cuanto a deslizamientos y erosión, en especial la zona de descarga de los vertederos y de casa de máquinas.

# **CUADROS**

CUADRO 3.1 CURVA DE CAPACIDAD DEL EMBALSE			
Batimetría de enero de 1996			
COTA [msnm]	VOLUMEN [hm <sup>3</sup> ]	VOLUMEN UTIL [hm <sup>3</sup> ]	CARACTERISTICA
503.54	0.08	0	
504.54	0.51	0	
505.54	1.59	0	
506.54	3.61	0	
507.54	6.42	0	
508.54	10.05	0	
509.54	14.63	0	
510.54	20.16	0	
511.54	26.85	0	
512.54	34.44	0	
513.54	42.91	0	
514.54	52.18	0	
515.54	62.28	0	
516.54	73.14	0	
517.54	84.74	0	
518.54	97.15	0	
519.54	110.37	0	
520.54	124.53	0	
521.54	139.65	0	
522.54	155.69	0	
523.54	172.73	0	
524.54	190.85	0	
525.54	209.98	0	
526.54	230.18	0	
527.54	251.48	0	
528.54	273.97	0	
529.54	297.55	0	
530.54	322.24	0	
531.54	348.01	0	
532.54	374.82	0	
533.54	402.68	0	
534.54	431.56	0	
535.54	461.42	0	
536.54	492.34	0	
537.54	524.40	0	
538.54	557.52	0	
539.54	591.75	0	
540.54	627.02	0	
541.54	663.39	0	
542.54	700.86	0	
544.00	718.47	0	Nivel Mínimo Normal
544.10	722.33	3.86	
544.20	726.20	7.73	
544.30	730.08	11.61	
544.40	733.97	15.50	Nivel para el cual ya se produce vorticidad
544.50	737.88	19.41	
544.60	741.80	23.33	
544.70	745.73	27.26	
544.80	749.67	31.20	
544.90	753.63	35.16	
545.00	757.60	39.13	
545.10	761.58	43.11	
545.20	765.58	47.11	
545.30	769.59	51.12	
545.40	773.61	55.14	
545.50	777.64	59.17	
545.60	781.69	63.22	
545.70	785.74	67.27	
545.80	789.82	71.34	
545.90	793.90	75.43	
546.00	798.00	79.52	
546.10	802.11	83.64	
546.20	806.23	87.76	
546.30	810.37	91.89	
546.40	814.51	96.04	
546.50	818.68	100.20	
546.60	822.85	104.38	
546.70	827.04	108.57	
546.80	831.25	112.77	

CUADRO 3.1 CURVA DE CAPACIDAD DEL EMBALSE			
Batimetría de enero de 1996			
COTA [msnm]	VOLUMEN [hm <sup>3</sup> ]	VOLUMEN UTIL [hm <sup>3</sup> ]	CARACTERISTICA
546.90	835.47	116.99	
547.00	839.70	121.23	
547.10	843.95	125.48	
547.20	848.22	129.74	
547.30	852.50	134.02	
547.40	856.79	138.32	
547.50	861.10	142.63	
547.60	865.42	146.95	
547.70	869.76	151.29	
547.80	874.12	155.64	
547.90	878.49	160.02	
548.00	882.88	164.41	Cresta del vertedero de compuertas
548.10	887.29	168.82	
548.20	891.72	173.25	
548.30	896.16	177.69	
548.40	900.63	182.15	
548.50	905.10	186.63	
548.60	909.59	191.12	
548.70	914.10	195.63	
548.80	918.63	200.16	
548.90	923.17	204.69	
549.00	927.72	209.25	
549.10	932.29	213.82	
549.20	936.87	218.40	
549.30	941.47	223.00	
549.40	946.09	227.61	
549.50	950.72	232.25	
549.60	955.37	236.90	
549.70	960.04	241.56	
549.80	964.72	246.25	
549.90	969.42	250.94	
550.00	974.13	255.66	
550.10	978.86	260.39	
550.20	983.60	265.13	
550.30	988.36	269.89	
550.40	993.13	274.66	
550.50	997.92	279.45	
550.60	1002.73	284.25	
550.70	1007.55	289.08	
550.80	1012.38	293.91	
550.90	1017.24	298.77	
551.00	1022.11	303.63	
551.10	1026.99	308.52	
551.20	1031.90	313.42	
551.30	1036.82	318.34	
551.40	1041.75	323.28	
551.50	1046.70	328.23	
551.60	1051.66	333.19	
551.70	1056.64	338.17	
551.80	1061.64	343.17	
551.90	1066.65	348.18	
552.00	1071.68	353.20	
552.10	1076.72	358.25	
552.20	1081.78	363.30	
552.30	1086.85	368.38	
552.40	1091.94	373.46	
552.50	1097.04	378.56	
552.60	1102.15	383.68	
552.70	1107.29	388.81	
552.80	1112.43	393.96	
552.90	1117.60	399.12	
553.00	1122.78	404.30	
553.10	1127.97	409.50	
553.20	1133.18	414.70	
553.30	1138.40	419.93	

CUADRO 3.1 CURVA DE CAPACIDAD DEL EMBALSE			
Batimetría de enero de 1996			
COTA [msnm]	VOLUMEN [hm <sup>3</sup> ]	VOLUMEN UTIL [hm <sup>3</sup> ]	CARACTERISTICA
553.40	1143.63	425.16	
553.50	1148.89	430.41	
553.60	1154.15	435.68	
553.70	1159.43	440.96	
553.80	1164.73	446.26	
553.90	1170.04	451.57	
554.00	1175.36	456.89	
554.10	1180.70	462.23	
554.20	1186.06	467.59	
554.30	1191.43	472.96	
554.40	1196.81	478.34	
554.50	1202.21	483.74	
554.60	1207.63	489.16	
554.70	1213.06	494.59	
554.80	1218.51	500.04	
554.90	1223.98	505.51	
555.00	1229.46	510.99	
555.10	1234.96	516.49	
555.20	1240.48	522.01	
555.30	1246.01	527.54	
555.40	1251.57	533.09	
555.50	1257.14	538.67	
555.60	1262.73	544.26	
555.70	1268.34	549.87	
555.80	1273.97	555.50	
555.90	1279.63	561.15	
556.00	1285.30	566.83	
556.10	1291.00	572.53	
556.20	1296.72	578.25	
556.30	1302.47	583.99	
556.40	1308.23	589.76	
556.50	1314.02	595.55	
556.60	1319.84	601.37	
556.70	1325.69	607.21	
556.80	1331.56	613.08	
556.90	1337.45	618.98	
557.00	1343.38	624.90	
557.10	1349.33	630.85	
557.20	1355.31	636.84	
557.30	1361.32	642.85	
557.40	1367.37	648.90	
557.50	1373.45	654.98	
557.60	1379.56	661.09	
557.70	1385.70	667.23	
557.80	1391.88	673.40	
557.90	1398.09	679.62	
558.00	1404.34	685.86	
558.10	1410.62	692.15	
558.20	1416.92	697.84	
558.30	1423.22	704.84	
558.40	1429.53	711.25	
558.50	1436.18	717.71	
558.60	1442.69	724.22	
558.70	1449.23	730.76	
558.80	1455.82	737.34	
558.90	1462.44	743.97	
559.00	1469.12	750.64	
559.10	1475.83	757.36	
559.20	1482.60	764.13	
559.30	1489.42	770.95	
559.40	1496.29	777.81	
559.50	1503.20	784.72	
559.60	1510.17	791.69	
559.70	1517.19	798.72	
559.80	1524.26	805.79	
559.90	1531.36	812.88	

<b>CUADRO 3.1 CURVA DE CAPACIDAD DEL EMBALSE</b>			
<b>Batimetría de enero de 1996</b>			
<b>COTA</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>VOLUMEN UTIL</b>	<b>CARACTERISTICA</b>
<b>[msnm]</b>	<b>[hm<sup>3</sup>]</b>	<b>[hm<sup>3</sup>]</b>	
560.00	1538.51	820.04	
560.10	1545.69	827.22	
560.20	1552.90	834.43	
560.30	1560.16	841.69	
560.40	1567.46	848.99	
560.50	1574.80	856.33	
560.60	1582.18	863.71	
560.70	1589.61	871.13	
560.80	1597.07	878.60	
560.90	1604.59	886.11	
561.00	1612.17	893.69	
561.10	1619.65	901.17	
561.20	1627.14	908.66	Nivel Máximo sin Vertimientos
561.30	1634.64	916.16	
561.40	1642.14	923.66	
561.50	1649.66	931.18	
561.60	1657.19	938.71	
561.70	1664.72	946.24	
561.80	1672.27	953.79	Nivel Máximo Creciente 1000 años
561.90	1679.83	961.35	
562.00	1687.40	968.92	Nivel de inundación - Yaguara
562.10	1694.99	976.51	
562.20	1702.58	984.10	
562.30	1710.20	991.72	
562.40	1717.82	999.34	
562.50	1725.46	1006.98	
562.60	1733.11	1014.63	
562.70	1740.78	1022.30	
562.80	1748.46	1029.98	
562.90	1756.16	1037.68	
563.00	1763.87	1045.39	
563.10	1771.60	1053.12	
563.20	1779.35	1060.87	
563.30	1787.12	1068.64	
563.40	1794.90	1076.42	
563.50	1802.70	1084.22	
563.60	1810.51	1092.03	
563.70	1818.35	1099.87	
563.80	1826.20	1107.72	
563.90	1834.07	1115.59	Llabio superior de las compuertas
564.00	1841.96	1123.48	
564.10	1849.87	1131.39	
564.20	1857.80	1139.32	
564.30	1865.75	1147.27	
564.40	1873.72	1155.24	
564.50	1881.71	1163.23	
564.60	1889.72	1171.24	
564.70	1897.75	1179.27	
564.80	1905.80	1187.32	
564.90	1913.88	1195.40	
565.00	1921.97	1203.49	
565.10	1930.09	1211.61	
565.20	1938.22	1219.74	
565.30	1946.38	1227.90	
565.40	1954.56	1236.08	
565.50	1962.77	1244.29	
565.60	1970.99	1252.51	
565.70	1979.24	1260.76	
565.80	1987.51	1269.03	
565.90	1995.80	1277.32	
566.00	2004.12	1285.64	
566.10	2012.46	1293.98	
566.20	2020.82	1302.34	
566.30	2029.20	1310.72	
566.40	2037.61	1319.13	

<b>CUADRO 3.1 CURVA DE CAPACIDAD DEL EMBALSE</b>			
<b>Batimetría de enero de 1996</b>			
<b>COTA</b> [msnm]	<b>VOLUMEN</b> [hm <sup>3</sup> ]	<b>VOLUMEN UTIL</b> [hm <sup>3</sup> ]	<b>CARACTERISTICA</b>
566.50	2046.04	1327.56	
566.60	2054.50	1336.02	
566.70	2062.97	1344.49	
566.80	2071.48	1353.00	
566.90	2080.00	1361.52	
567.00	2088.55	1370.07	
567.10	2097.12	1378.64	
567.20	2105.72	1387.24	
567.30	2114.34	1395.86	
567.40	2122.98	1404.50	
567.50	2131.65	1413.17	
567.60	2140.34	1421.86	
567.70	2149.05	1430.57	
567.80	2157.79	1439.31	
567.90	2166.55	1448.07	
568.00	2175.33	1456.85	
568.10	2184.14	1465.66	
568.20	2192.97	1474.49	
568.30	2201.83	1483.35	
568.40	2210.71	1492.23	
568.50	2219.61	1501.13	
568.60	2228.53	1510.05	
568.70	2237.48	1519.00	
568.80	2246.45	1527.97	
568.90	2255.44	1536.96	
569.00	2264.46	1545.98	
569.10	2273.50	1555.02	
569.20	2282.56	1564.08	
569.30	2291.65	1573.17	
569.40	2300.75	1582.27	
569.50	2309.88	1591.40	
569.60	2319.03	1600.55	
569.70	2328.20	1609.72	
569.80	2337.40	1618.92	
569.90	2346.61	1628.13	Nivel Máximo Creciente Máxima Probable
570.00	2355.85	1637.37	
570.10	2365.10	1646.62	
570.20	2374.38	1655.90	
570.30	2383.68	1665.20	
570.40	2393.00	1674.52	
570.50	2402.34	1683.86	
570.60	2411.70	1693.22	
570.70	2421.07	1702.59	
570.80	2430.47	1711.99	
570.90	2439.89	1721.41	Nivel de la cresta de la presa
571.00	2449.32	1730.84	

**CUADRO 3.2 EFICIENCIA DE LA TURBINA - SEGUN DOCUMENTO HYDROART 9 RS 32101 L**

Alt Neta Caudal	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78
100	0.660	0.662	0.676	0.671	0.676	0.666	0.701	0.708	0.721	0.721	0.726	0.729	0.730
110	0.716	0.737	0.720	0.723	0.726	0.732	0.739	0.742	0.750	0.750	0.753	0.754	0.755
120	0.757	0.760	0.761	0.766	0.767	0.769	0.772	0.773	0.773	0.774	0.776	0.777	0.777
130	0.793	0.800	0.801	0.803	0.803	0.803	0.802	0.801	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
140	0.818	0.827	0.830	0.830	0.830	0.827	0.825	0.824	0.822	0.820	0.819	0.816	0.814
150	0.834	0.838	0.843	0.843	0.844	0.844	0.844	0.843	0.841	0.839	0.837	0.833	0.829
160	0.843	0.848	0.854	0.857	0.859	0.860	0.860	0.860	0.858	0.857	0.855	0.851	0.847
170	0.862	0.866	0.870	0.872	0.874	0.875	0.876	0.877	0.878	0.876	0.873	0.870	0.866
180	0.873	0.878	0.882	0.887	0.890	0.892	0.893	0.894	0.893	0.892	0.890	0.887	0.884
190	0.890	0.893	0.899	0.902	0.905	0.909	0.911	0.911	0.911	0.910	0.907	0.904	0.900
200	0.902	0.906	0.910	0.912	0.915	0.917	0.919	0.921	0.922	0.922	0.921	0.919	0.915
210	0.910	0.913	0.916	0.919	0.921	0.923	0.925	0.927	0.928	0.930	0.929	0.929	0.926
220	0.920	0.923	0.926	0.928	0.929	0.931	0.932	0.934	0.936	0.937	0.937	0.937	0.937
230	0.934	0.936	0.938	0.940	0.941	0.942	0.943	0.944	0.944	0.946	0.946	0.946	0.945
240	0.927	0.930	0.933	0.936	0.938	0.940	0.941	0.941	0.942	0.943	0.943	0.945	0.946
250	0.915	0.920	0.922	0.926	0.929	0.931	0.933	0.934	0.936	0.938	0.938	0.940	0.940
260	0.900	0.905	0.910	0.914	0.917	0.920	0.923	0.925	0.927	0.930	0.931	0.932	0.934
270	0.870	0.882	0.881	0.901	0.906	0.900	0.913	0.916	0.910	0.912	0.914	0.916	0.918
280	0.829	0.854	0.857	0.883	0.889	0.889	0.892	0.895	0.895	0.895	0.895	0.900	0.909
290	0.778	0.826	0.830	0.863	0.871	0.871	0.871	0.871	0.871	0.871	0.871	0.871	0.909
300	0.709	0.803	0.822	0.841	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.900

Los valores sombreados son calculados por extrapolación de los datos.

CUADRO 3.3 CURVA DE DESCARGA A TRAVES DEL  
VERTEDERO LIBRE

Nivel	Caudal
msnm	m3/s
561.20	0.0
561.22	0.5
561.24	1.3
561.26	2.5
561.28	3.8
561.30	5.3
561.32	7.0
561.34	8.8
561.36	11
561.38	13
561.40	15
561.45	21
561.50	28
561.55	35
561.60	42
561.65	51
561.70	59
561.75	68
561.80	78
561.85	88
561.90	98
561.95	109
562.00	120
562.05	131
562.10	143
562.15	155
562.20	167
562.25	180
562.30	193
562.35	206
562.40	220
562.45	234
562.50	248
562.55	262
562.60	277
562.65	292
562.70	307
562.75	323
562.80	338
562.85	354
562.90	370
562.95	387

CUADRO 3.3 CURVA DE DESCARGA A TRAVES DEL  
VERTEDERO LIBRE

Nivel	Caudal
msnm	m3/s
563.00	403
563.05	420
563.10	437
563.15	455
563.20	472
563.25	490
563.30	508
563.35	526
563.40	544
563.45	563
563.50	582
563.55	601
563.60	620
563.65	639
563.70	659
563.75	678
563.80	698
563.85	718
563.90	739
563.95	759
564.00	780
564.05	801
564.10	822
564.15	843
564.20	864
564.25	886
564.30	908
564.35	930
564.40	952
564.45	974
564.50	996
564.55	1019
564.60	1042
564.65	1064
564.70	1088
564.75	1111
564.80	1134
564.85	1158
564.90	1181
564.95	1205
565.00	1229
565.05	1253
565.10	1278

CUADRO 3.3 CURVA DE DESCARGA A TRAVES DEL  
VERTEDERO LIBRE

Nivel	Caudal
msnm	m <sup>3</sup> /s
565.15	1302
565.20	1327
565.25	1351
565.30	1376
565.35	1401
565.40	1426
565.45	1452
565.50	1477
565.55	1503
565.60	1528
565.65	1554
565.70	1580
565.75	1606
565.80	1633
565.85	1659
565.90	1686
565.95	1712
566.00	1739
566.05	1766
566.10	1793
566.15	1820
566.20	1848
566.25	1875
566.30	1903
566.35	1931
566.40	1958
566.45	1986
566.50	2015
566.55	2043
566.60	2071
566.65	2100
566.70	2128
566.75	2157
566.80	2186
566.85	2215
566.90	2244
566.95	2273
567.00	2302
567.05	2332
567.10	2361
567.15	2391
567.20	2421
567.25	2451

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.3 CURVA DE DESCARGA A TRAVES DEL  
VERTEDERO LIBRE**

Nivel	Caudal
msnm	m3/s
567.30	2481
567.35	2511
567.40	2541
567.45	2572
567.50	2602
567.55	2633
567.60	2663
567.65	2694
567.70	2725
567.75	2756
567.80	2787
567.85	2819
567.90	2850
567.95	2882
568.00	2913
568.05	2945
568.10	2977
568.15	3009
568.20	3041
568.25	3073
568.30	3105
568.35	3137
568.40	3170
568.45	3202
568.50	3235
568.55	3268
568.60	3301
568.65	3333
568.70	3367
568.75	3400
568.80	3433
568.85	3466
568.90	3500
568.95	3533
569.00	3567
569.05	3601
569.10	3635
569.15	3669
569.20	3703
569.25	3737
569.30	3771
569.35	3805
569.40	3840

CUADRO 3.3 CURVA DE DESCARGA A TRAVES DEL  
VERTEDERO LIBRE

Nivel	Caudal
msnm	m <sup>3</sup> /s
569.45	3874
569.50	3909
569.55	3944
569.60	3978
569.65	4013
569.70	4048
569.75	4083
569.80	4119
569.85	4154
569.90	4189
569.95	4225
570.00	4260

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.4 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 0.25 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4	0.4	0.15	-0.625	0.653	3.95
548.6	0.6	0.35	0.417	0.675	5.40
548.8	0.8	0.55	0.312	0.687	6.55
549.0	1.0	0.75	0.250	0.694	7.54
549.2	1.2	0.95	0.208	0.698	8.41
549.4	1.4	1.15	0.179	0.701	9.20
549.6	1.6	1.35	0.156	0.704	9.93
549.8	1.8	1.55	0.139	0.706	10.62
550.0	2.0	1.75	0.125	0.708	11.27
550.2	2.2	1.95	0.114	0.710	11.89
550.4	2.4	2.15	0.104	0.712	12.49
550.6	2.6	2.35	0.096	0.714	13.06
550.8	2.8	2.55	0.089	0.716	13.61
551.0	3.0	2.75	0.083	0.717	14.14
551.2	3.2	2.95	0.078	0.719	14.65
551.4	3.4	3.15	0.074	0.720	15.15
551.6	3.6	3.35	0.069	0.721	15.63
551.8	3.8	3.55	0.066	0.723	16.10
552.0	4.0	3.75	0.062	0.724	16.56
552.2	4.2	3.95	0.060	0.725	17.01
552.4	4.4	4.15	0.057	0.726	17.45
552.6	4.6	4.35	0.054	0.727	17.88
552.8	4.8	4.55	0.052	0.728	18.29
553.0	5.0	4.75	0.050	0.730	18.74
553.2	5.2	4.95	0.048	0.730	19.12
553.4	5.4	5.15	0.046	0.730	19.49
553.6	5.6	5.35	0.045	0.730	19.86
553.8	5.8	5.55	0.043	0.730	20.22
554.0	6.0	5.75	0.042	0.730	20.57
554.2	6.2	5.95	0.040	0.730	20.92
554.4	6.4	6.15	0.039	0.730	21.26
554.6	6.6	6.35	0.038	0.730	21.60
554.8	6.8	6.55	0.037	0.730	21.93
555.0	7.0	6.75	0.036	0.730	22.26
555.2	7.2	6.95	0.035	0.730	22.58
555.4	7.4	7.15	0.034	0.730	22.89
555.6	7.6	7.35	0.033	0.730	23.21
555.8	7.8	7.55	0.032	0.730	23.51
556.0	8.0	7.75	0.031	0.730	23.82
556.2	8.2	7.95	0.030	0.730	24.12

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.4 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 0.25 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.4	8.4	8.15	0.030	0.730	24.42
556.6	8.6	8.35	0.029	0.730	24.71
556.8	8.8	8.55	0.028	0.730	25.00
557.0	9.0	8.75	0.028	0.730	25.29
557.2	9.2	8.95	0.027	0.730	25.57
557.4	9.4	9.15	0.027	0.730	25.85
557.6	9.6	9.35	0.026	0.730	26.13
557.8	9.8	9.55	0.026	0.730	26.40
558.0	10.0	9.75	0.025	0.730	26.67
558.2	10.2	9.95	0.025	0.730	26.94
558.4	10.4	10.15	0.024	0.730	27.21
558.6	10.6	10.35	0.024	0.730	27.47
558.8	10.8	10.55	0.023	0.730	27.73
559.0	11.0	10.75	0.023	0.730	27.99
559.2	11.2	10.95	0.022	0.730	28.25
559.4	11.4	11.15	0.022	0.730	28.50
559.6	11.6	11.35	0.022	0.730	28.75
559.8	11.8	11.55	0.021	0.730	29.00
560.0	12.0	11.75	0.021	0.730	29.25
560.2	12.2	11.95	0.020	0.730	29.49
560.4	12.4	12.15	0.020	0.730	29.74
560.6	12.6	12.35	0.020	0.730	29.98
560.8	12.8	12.55	0.020	0.730	30.22
561.0	13.0	12.75	0.019	0.730	30.46
561.2	13.2	12.95	0.019	0.730	30.69
561.4	13.4	13.15	0.019	0.730	30.93
561.6	13.6	13.35	0.018	0.730	31.16
561.8	13.8	13.55	0.018	0.730	31.39
562.0	14.0	13.75	0.018	0.730	31.62

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.5 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 0.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6	0.6	0.10	0.833	0.631	8.48
548.8	0.8	0.30	0.625	0.653	11.16
549.0	1.0	0.50	0.500	0.667	13.36
549.2	1.2	0.70	0.417	0.675	15.26
549.4	1.4	0.90	0.357	0.682	16.97
549.6	1.6	1.10	0.312	0.687	18.53
549.8	1.8	1.30	0.278	0.691	19.97
550.0	2.0	1.50	0.250	0.694	21.32
550.2	2.2	1.70	0.227	0.696	22.58
550.4	2.4	1.90	0.208	0.698	23.78
550.6	2.6	2.10	0.192	0.700	24.93
550.8	2.8	2.30	0.179	0.701	26.02
551.0	3.0	2.50	0.167	0.702	27.08
551.2	3.2	2.70	0.156	0.704	28.10
551.4	3.4	2.90	0.147	0.705	29.09
551.6	3.6	3.10	0.139	0.706	30.05
551.8	3.8	3.30	0.132	0.707	30.98
552.0	4.0	3.50	0.125	0.708	31.89
552.2	4.2	3.70	0.119	0.709	32.78
552.4	4.4	3.90	0.114	0.710	33.64
552.6	4.6	4.10	0.109	0.711	34.49
552.8	4.8	4.30	0.104	0.712	35.32
553.0	5.0	4.50	0.100	0.713	36.13
553.2	5.2	4.70	0.096	0.714	36.93
553.4	5.4	4.90	0.093	0.715	37.72
553.6	5.6	5.10	0.089	0.716	38.49
553.8	5.8	5.30	0.086	0.716	39.24
554.0	6.0	5.50	0.083	0.717	39.99
554.2	6.2	5.70	0.081	0.718	40.72
554.4	6.4	5.90	0.078	0.719	41.44
554.6	6.6	6.10	0.076	0.719	42.15
554.8	6.8	6.30	0.074	0.720	42.85
555.0	7.0	6.50	0.071	0.721	43.54
555.2	7.2	6.70	0.069	0.721	44.22
555.4	7.4	6.90	0.068	0.722	44.89
555.6	7.6	7.10	0.066	0.723	45.55
555.8	7.8	7.30	0.064	0.723	46.20
556.0	8.0	7.50	0.062	0.724	46.85
556.2	8.2	7.70	0.061	0.724	47.48
556.4	8.4	7.90	0.060	0.725	48.11

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.5 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 0.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	8.10	0.058	0.725	48.74
556.8	8.8	8.30	0.057	0.726	49.35
557.0	9.0	8.50	0.056	0.726	49.96
557.2	9.2	8.70	0.054	0.727	50.56
557.4	9.4	8.90	0.053	0.727	51.15
557.6	9.6	9.10	0.052	0.728	51.74
557.8	9.8	9.30	0.051	0.728	52.33
558.0	10.0	9.50	0.050	0.730	53.01
558.2	10.2	9.70	0.049	0.730	53.55
558.4	10.4	9.90	0.048	0.730	54.08
558.6	10.6	10.10	0.047	0.730	54.61
558.8	10.8	10.30	0.046	0.730	55.14
559.0	11.0	10.50	0.045	0.730	55.66
559.2	11.2	10.70	0.045	0.730	56.17
559.4	11.4	10.90	0.044	0.730	56.68
559.6	11.6	11.10	0.043	0.730	57.19
559.8	11.8	11.30	0.042	0.730	57.69
560.0	12.0	11.50	0.042	0.730	58.19
560.2	12.2	11.70	0.041	0.730	58.68
560.4	12.4	11.90	0.040	0.730	59.17
560.6	12.6	12.10	0.040	0.730	59.66
560.8	12.8	12.30	0.039	0.730	60.14
561.0	13.0	12.50	0.038	0.730	60.61
561.2	13.2	12.70	0.038	0.730	61.09
561.4	13.4	12.90	0.037	0.730	61.56
561.6	13.6	13.10	0.037	0.730	62.02
561.8	13.8	13.30	0.036	0.730	62.49
562.0	14.0	13.50	0.036	0.730	62.95

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.6 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2	1.2	0.20	0.833	0.631	23.98
549.4	1.4	0.40	0.714	0.644	28.03
549.6	1.6	0.60	0.625	0.653	31.57
549.8	1.8	0.80	0.556	0.661	34.82
550.0	2.0	1.00	0.500	0.667	37.79
550.2	2.2	1.20	0.455	0.671	40.56
550.4	2.4	1.40	0.417	0.675	43.17
550.6	2.6	1.60	0.385	0.679	45.64
550.8	2.8	1.80	0.357	0.682	48.00
551.0	3.0	2.00	0.333	0.684	50.25
551.2	3.2	2.20	0.312	0.687	52.41
551.4	3.4	2.40	0.294	0.689	54.49
551.6	3.6	2.60	0.278	0.691	56.49
551.8	3.8	2.80	0.263	0.692	58.43
552.0	4.0	3.00	0.250	0.694	60.30
552.2	4.2	3.20	0.238	0.695	62.11
552.4	4.4	3.40	0.227	0.696	63.88
552.6	4.6	3.60	0.217	0.697	65.60
552.8	4.8	3.80	0.208	0.698	67.27
553.0	5.0	4.00	0.200	0.699	68.91
553.2	5.2	4.20	0.192	0.700	70.51
553.4	5.4	4.40	0.185	0.700	72.07
553.6	5.6	4.60	0.179	0.701	73.61
553.8	5.8	4.80	0.172	0.702	75.12
554.0	6.0	5.00	0.167	0.702	76.60
554.2	6.2	5.20	0.161	0.703	78.05
554.4	6.4	5.40	0.156	0.704	79.48
554.6	6.6	5.60	0.152	0.704	80.89
554.8	6.8	5.80	0.147	0.705	82.27
555.0	7.0	6.00	0.143	0.706	83.64
555.2	7.2	6.20	0.139	0.706	84.99
555.4	7.4	6.40	0.135	0.707	86.31
555.6	7.6	6.60	0.132	0.707	87.62
555.8	7.8	6.80	0.128	0.708	88.92
556.0	8.0	7.00	0.125	0.708	90.19
556.2	8.2	7.20	0.122	0.709	91.46
556.4	8.4	7.40	0.119	0.709	92.70

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.6 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	7.60	0.116	0.710	93.94
556.8	8.8	7.80	0.114	0.710	95.16
557.0	9.0	8.00	0.111	0.711	96.36
557.2	9.2	8.20	0.109	0.711	97.55
557.4	9.4	8.40	0.106	0.712	98.73
557.6	9.6	8.60	0.104	0.712	99.90
557.8	9.8	8.80	0.102	0.713	101.06
558.0	10.0	9.00	0.100	0.713	102.20
558.2	10.2	9.20	0.098	0.713	103.34
558.4	10.4	9.40	0.096	0.714	104.46
558.6	10.6	9.60	0.094	0.714	105.57
558.8	10.8	9.80	0.093	0.715	106.68
559.0	11.0	10.00	0.091	0.715	107.77
559.2	11.2	10.20	0.089	0.716	108.86
559.4	11.4	10.40	0.088	0.716	109.93
559.6	11.6	10.60	0.086	0.716	110.99
559.8	11.8	10.80	0.085	0.717	112.05
560.0	12.0	11.00	0.083	0.717	113.10
560.2	12.2	11.20	0.082	0.718	114.14
560.4	12.4	11.40	0.081	0.718	115.17
560.6	12.6	11.60	0.079	0.718	116.19
560.8	12.8	11.80	0.078	0.719	117.21
561.0	13.0	12.00	0.077	0.719	118.22
561.2	13.2	12.20	0.076	0.719	119.22
561.4	13.4	12.40	0.075	0.720	120.21
561.6	13.6	12.60	0.074	0.720	121.19
561.8	13.8	12.80	0.072	0.720	122.17
562.0	14.0	13.00	0.071	0.721	123.14

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.7 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8	1.8	0.30	0.833	0.631	44.06
550.0	2.0	0.50	0.750	0.640	49.14
550.2	2.2	0.70	0.682	0.647	53.74
550.4	2.4	0.90	0.625	0.653	58.00
550.6	2.6	1.10	0.577	0.658	62.04
550.8	2.8	1.30	0.536	0.663	65.83
551.0	3.0	1.50	0.500	0.667	69.43
551.2	3.2	1.70	0.469	0.670	72.85
551.4	3.4	1.90	0.441	0.673	76.14
551.6	3.6	2.10	0.417	0.675	79.30
551.8	3.8	2.30	0.395	0.678	82.36
552.0	4.0	2.50	0.375	0.680	85.31
552.2	4.2	2.70	0.357	0.682	88.18
552.4	4.4	2.90	0.341	0.684	90.96
552.6	4.6	3.10	0.326	0.685	93.66
552.8	4.8	3.30	0.312	0.687	96.29
553.0	5.0	3.50	0.300	0.688	98.85
553.2	5.2	3.70	0.288	0.689	101.35
553.4	5.4	3.90	0.278	0.691	103.78
553.6	5.6	4.10	0.268	0.692	106.16
553.8	5.8	4.30	0.259	0.693	108.49
554.0	6.0	4.50	0.250	0.694	110.77
554.2	6.2	4.70	0.242	0.694	113.01
554.4	6.4	4.90	0.234	0.695	115.20
554.6	6.6	5.10	0.227	0.696	117.35
554.8	6.8	5.30	0.221	0.697	119.46
555.0	7.0	5.50	0.214	0.697	121.54
555.2	7.2	5.70	0.208	0.698	123.58
555.4	7.4	5.90	0.203	0.698	125.60
555.6	7.6	6.10	0.197	0.699	127.58
555.8	7.8	6.30	0.192	0.700	129.53
556.0	8.0	6.50	0.187	0.700	131.46
556.2	8.2	6.70	0.183	0.701	133.35
556.4	8.4	6.90	0.179	0.701	135.23

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.7 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	7.10	0.174	0.702	137.08
556.8	8.8	7.30	0.170	0.702	138.91
557.0	9.0	7.50	0.167	0.702	140.71
557.2	9.2	7.70	0.163	0.703	142.50
557.4	9.4	7.90	0.160	0.703	144.27
557.6	9.6	8.10	0.156	0.704	146.01
557.8	9.8	8.30	0.153	0.704	147.74
558.0	10.0	8.50	0.150	0.705	149.45
558.2	10.2	8.70	0.147	0.705	151.15
558.4	10.4	8.90	0.144	0.705	152.82
558.6	10.6	9.10	0.142	0.706	154.48
558.8	10.8	9.30	0.139	0.706	156.13
559.0	11.0	9.50	0.136	0.706	157.76
559.2	11.2	9.70	0.134	0.707	159.37
559.4	11.4	9.90	0.132	0.707	160.97
559.6	11.6	10.10	0.129	0.708	162.56
559.8	11.8	10.30	0.127	0.708	164.14
560.0	12.0	10.50	0.125	0.708	165.70
560.2	12.2	10.70	0.123	0.709	167.25
560.4	12.4	10.90	0.121	0.709	168.78
560.6	12.6	11.10	0.119	0.709	170.31
560.8	12.8	11.30	0.117	0.710	171.82
561.0	13.0	11.50	0.115	0.710	173.32
561.2	13.2	11.70	0.114	0.710	174.81
561.4	13.4	11.90	0.112	0.711	176.29
561.6	13.6	12.10	0.110	0.711	177.76
561.8	13.8	12.30	0.109	0.711	179.22
562.0	14.0	12.50	0.107	0.712	180.67

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.8 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1.6 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0	2.0	0.40	0.800	0.635	50.71
550.2	2.2	0.60	0.727	0.643	55.78
550.4	2.4	0.80	0.667	0.649	60.39
550.6	2.6	1.00	0.615	0.654	64.75
550.8	2.8	1.20	0.571	0.659	68.88
551.0	3.0	1.40	0.533	0.663	72.78
551.2	3.2	1.60	0.500	0.667	76.48
551.4	3.4	1.80	0.471	0.670	80.03
551.6	3.6	2.00	0.444	0.672	83.43
551.8	3.8	2.20	0.421	0.675	86.72
552.0	4.0	2.40	0.400	0.677	89.90
552.2	4.2	2.60	0.381	0.679	92.98
552.4	4.4	2.80	0.364	0.681	95.97
552.6	4.6	3.00	0.348	0.683	98.87
552.8	4.8	3.20	0.333	0.684	101.70
553.0	5.0	3.40	0.320	0.686	104.46
553.2	5.2	3.60	0.308	0.687	107.14
553.4	5.4	3.80	0.296	0.689	109.76
553.6	5.6	4.00	0.286	0.690	112.32
553.8	5.8	4.20	0.276	0.691	114.83
554.0	6.0	4.40	0.267	0.692	117.28
554.2	6.2	4.60	0.258	0.693	119.68
554.4	6.4	4.80	0.250	0.694	122.03
554.6	6.6	5.00	0.242	0.694	124.34
554.8	6.8	5.20	0.235	0.695	126.61
555.0	7.0	5.40	0.229	0.696	128.84
555.2	7.2	5.60	0.222	0.696	131.03
555.4	7.4	5.80	0.216	0.697	133.18
555.6	7.6	6.00	0.211	0.698	135.31
555.8	7.8	6.20	0.205	0.698	137.40
556.0	8.0	6.40	0.200	0.699	139.46
556.2	8.2	6.60	0.195	0.699	141.49
556.4	8.4	6.80	0.190	0.700	143.50

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.8 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1.6 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	7.00	0.186	0.700	145.47
556.8	8.8	7.20	0.182	0.701	147.43
557.0	9.0	7.40	0.178	0.701	149.36
557.2	9.2	7.60	0.174	0.702	151.27
557.4	9.4	7.80	0.170	0.702	153.15
557.6	9.6	8.00	0.167	0.702	155.02
557.8	9.8	8.20	0.163	0.703	156.86
558.0	10.0	8.40	0.160	0.703	158.69
558.2	10.2	8.60	0.157	0.704	160.50
558.4	10.4	8.80	0.154	0.704	162.29
558.6	10.6	9.00	0.151	0.704	164.06
558.8	10.8	9.20	0.148	0.705	165.81
559.0	11.0	9.40	0.145	0.705	167.55
559.2	11.2	9.60	0.143	0.706	169.27
559.4	11.4	9.80	0.140	0.706	170.98
559.6	11.6	10.00	0.138	0.706	172.67
559.8	11.8	10.20	0.136	0.707	174.35
560.0	12.0	10.40	0.133	0.707	176.02
560.2	12.2	10.60	0.131	0.707	177.67
560.4	12.4	10.80	0.129	0.708	179.30
560.6	12.6	11.00	0.127	0.708	180.93
560.8	12.8	11.20	0.125	0.708	182.54
561.0	13.0	11.40	0.123	0.709	184.14
561.2	13.2	11.60	0.121	0.709	185.73
561.4	13.4	11.80	0.119	0.709	187.30
561.6	13.6	12.00	0.118	0.710	188.87
561.8	13.8	12.20	0.116	0.710	190.42
562.0	14.0	12.40	0.114	0.710	191.97

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.9 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1.9 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2	2.2	0.30	0.864	0.628	60.35
550.4	2.4	0.50	0.792	0.636	66.34
550.6	2.6	0.70	0.731	0.642	71.84
550.8	2.8	0.90	0.679	0.648	76.94
551.0	3.0	1.10	0.633	0.652	81.74
551.2	3.2	1.30	0.594	0.657	86.36
551.4	3.4	1.50	0.559	0.660	90.76
551.6	3.6	1.70	0.528	0.664	94.95
551.8	3.8	1.90	0.500	0.667	98.97
552.0	4.0	2.10	0.475	0.669	102.85
552.2	4.2	2.30	0.452	0.672	106.59
552.4	4.4	2.50	0.432	0.674	110.22
552.6	4.6	2.70	0.413	0.676	113.75
552.8	4.8	2.90	0.396	0.678	117.18
553.0	5.0	3.10	0.380	0.679	120.52
553.2	5.2	3.30	0.365	0.681	123.78
553.4	5.4	3.50	0.352	0.682	126.97
553.6	5.6	3.70	0.339	0.684	130.08
553.8	5.8	3.90	0.328	0.685	133.12
554.0	6.0	4.10	0.317	0.686	136.10
554.2	6.2	4.30	0.306	0.687	139.01
554.4	6.4	4.50	0.297	0.689	141.86
554.6	6.6	4.70	0.288	0.690	144.66
554.8	6.8	4.90	0.279	0.690	147.41
555.0	7.0	5.10	0.271	0.691	150.10
555.2	7.2	5.30	0.264	0.692	152.75
555.4	7.4	5.50	0.257	0.693	155.36
555.6	7.6	5.70	0.250	0.694	157.92
555.8	7.8	5.90	0.244	0.694	160.44
556.0	8.0	6.10	0.237	0.695	162.92
556.2	8.2	6.30	0.232	0.695	165.36
556.4	8.4	6.50	0.226	0.696	167.77

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.9 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 1.9 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	6.70	0.221	0.697	170.15
556.8	8.8	6.90	0.216	0.697	172.49
557.0	9.0	7.10	0.211	0.698	174.81
557.2	9.2	7.30	0.207	0.698	177.09
557.4	9.4	7.50	0.202	0.699	179.35
557.6	9.6	7.70	0.198	0.699	181.58
557.8	9.8	7.90	0.194	0.699	183.78
558.0	10.0	8.10	0.190	0.700	185.96
558.2	10.2	8.30	0.186	0.700	188.12
558.4	10.4	8.50	0.183	0.701	190.25
558.6	10.6	8.70	0.179	0.701	192.36
558.8	10.8	8.90	0.176	0.701	194.45
559.0	11.0	9.10	0.173	0.702	196.52
559.2	11.2	9.30	0.170	0.702	198.57
559.4	11.4	9.50	0.167	0.702	200.60
559.6	11.6	9.70	0.164	0.703	202.61
559.8	11.8	9.90	0.161	0.703	204.61
560.0	12.0	10.10	0.158	0.703	206.58
560.2	12.2	10.30	0.156	0.704	208.55
560.4	12.4	10.50	0.153	0.704	210.49
560.6	12.6	10.70	0.151	0.704	212.42
560.8	12.8	10.90	0.148	0.705	214.33
561.0	13.0	11.10	0.146	0.705	216.23
561.2	13.2	11.30	0.144	0.705	218.11
561.4	13.4	11.50	0.142	0.706	219.98
561.6	13.6	11.70	0.140	0.706	221.84
561.8	13.8	11.90	0.138	0.706	223.68
562.0	14.0	12.10	0.136	0.707	225.51

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.10 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4	2.4	0.40	0.833	0.631	67.84
550.6	2.6	0.60	0.769	0.638	73.77
550.8	2.8	0.80	0.714	0.644	79.29
551.0	3.0	1.00	0.667	0.649	84.40
551.2	3.2	1.20	0.625	0.653	89.30
551.4	3.4	1.40	0.588	0.657	94.00
551.6	3.6	1.60	0.556	0.661	98.48
551.8	3.8	1.80	0.526	0.664	102.77
552.0	4.0	2.00	0.500	0.667	106.89
552.2	4.2	2.20	0.476	0.669	110.87
552.4	4.4	2.40	0.455	0.671	114.72
552.6	4.6	2.60	0.435	0.673	118.46
552.8	4.8	2.80	0.417	0.675	122.09
553.0	5.0	3.00	0.400	0.677	125.63
553.2	5.2	3.20	0.385	0.679	129.09
553.4	5.4	3.40	0.370	0.680	132.46
553.6	5.6	3.60	0.357	0.682	135.76
553.8	5.8	3.80	0.345	0.683	138.98
554.0	6.0	4.00	0.333	0.684	142.13
554.2	6.2	4.20	0.323	0.686	145.22
554.4	6.4	4.40	0.312	0.687	148.25
554.6	6.6	4.60	0.303	0.688	151.21
554.8	6.8	4.80	0.294	0.689	154.12
555.0	7.0	5.00	0.286	0.690	156.98
555.2	7.2	5.20	0.278	0.691	159.78
555.4	7.4	5.40	0.270	0.691	162.54
555.6	7.6	5.60	0.263	0.692	165.25
555.8	7.8	5.80	0.256	0.693	167.92
556.0	8.0	6.00	0.250	0.694	170.55
556.2	8.2	6.20	0.244	0.694	173.13
556.4	8.4	6.40	0.238	0.695	175.68

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.10 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msmm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	6.60	0.233	0.695	178.19
556.8	8.8	6.80	0.227	0.696	180.67
557.0	9.0	7.00	0.222	0.696	183.12
557.2	9.2	7.20	0.217	0.697	185.53
557.4	9.4	7.40	0.213	0.697	187.92
557.6	9.6	7.60	0.208	0.698	190.27
557.8	9.8	7.80	0.204	0.698	192.60
558.0	10.0	8.00	0.200	0.699	194.90
558.2	10.2	8.20	0.196	0.699	197.17
558.4	10.4	8.40	0.192	0.700	199.42
558.6	10.6	8.60	0.189	0.700	201.65
558.8	10.8	8.80	0.185	0.700	203.86
559.0	11.0	9.00	0.182	0.701	206.04
559.2	11.2	9.20	0.179	0.701	208.20
559.4	11.4	9.40	0.175	0.701	210.34
559.6	11.6	9.60	0.172	0.702	212.46
559.8	11.8	9.80	0.169	0.702	214.56
560.0	12.0	10.00	0.167	0.702	216.64
560.2	12.2	10.20	0.164	0.703	218.71
560.4	12.4	10.40	0.161	0.703	220.76
560.6	12.6	10.60	0.159	0.703	222.79
560.8	12.8	10.80	0.156	0.704	224.80
561.0	13.0	11.00	0.154	0.704	226.80
561.2	13.2	11.20	0.152	0.704	228.78
561.4	13.4	11.40	0.149	0.705	230.75
561.6	13.6	11.60	0.147	0.705	232.70
561.8	13.8	11.80	0.145	0.705	234.64
562.0	14.0	12.00	0.143	0.706	236.57

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.11 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2.2 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6	2.6	0.40	0.846	0.630	76.96
550.8	2.8	0.60	0.786	0.637	83.30
551.0	3.0	0.80	0.733	0.642	89.21
551.2	3.2	1.00	0.687	0.647	94.76
551.4	3.4	1.20	0.647	0.651	99.96
551.6	3.6	1.40	0.611	0.655	105.02
551.8	3.8	1.60	0.579	0.658	109.88
552.0	4.0	1.80	0.550	0.661	114.53
552.2	4.2	2.00	0.524	0.664	119.00
552.4	4.4	2.20	0.500	0.667	123.32
552.6	4.6	2.40	0.478	0.669	127.50
552.8	4.8	2.60	0.458	0.671	131.55
553.0	5.0	2.80	0.440	0.673	135.50
553.2	5.2	3.00	0.423	0.675	139.34
553.4	5.4	3.20	0.407	0.676	143.10
553.6	5.6	3.40	0.393	0.678	146.77
553.8	5.8	3.60	0.379	0.679	150.35
554.0	6.0	3.80	0.367	0.681	153.87
554.2	6.2	4.00	0.355	0.682	157.30
554.4	6.4	4.20	0.344	0.683	160.67
554.6	6.6	4.40	0.333	0.684	163.98
554.8	6.8	4.60	0.324	0.686	167.22
555.0	7.0	4.80	0.314	0.687	170.40
555.2	7.2	5.00	0.306	0.688	173.53
555.4	7.4	5.20	0.297	0.688	176.60
555.6	7.6	5.40	0.289	0.689	179.61
555.8	7.8	5.60	0.282	0.690	182.58
556.0	8.0	5.80	0.275	0.691	185.50
556.2	8.2	6.00	0.268	0.692	188.38
556.4	8.4	6.20	0.262	0.692	191.21

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.11 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2.2 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	6.40	0.256	0.693	194.01
556.8	8.8	6.60	0.250	0.694	196.76
557.0	9.0	6.80	0.244	0.694	199.47
557.2	9.2	7.00	0.239	0.695	202.15
557.4	9.4	7.20	0.234	0.695	204.79
557.6	9.6	7.40	0.229	0.696	207.41
557.8	9.8	7.60	0.224	0.696	209.98
558.0	10.0	7.80	0.220	0.697	212.53
558.2	10.2	8.00	0.216	0.697	215.05
558.4	10.4	8.20	0.212	0.698	217.54
558.6	10.6	8.40	0.208	0.698	220.00
558.8	10.8	8.60	0.204	0.698	222.44
559.0	11.0	8.80	0.200	0.699	224.85
559.2	11.2	9.00	0.196	0.699	227.24
559.4	11.4	9.20	0.193	0.700	229.60
559.6	11.6	9.40	0.190	0.700	231.95
559.8	11.8	9.60	0.186	0.700	234.26
560.0	12.0	9.80	0.183	0.701	236.56
560.2	12.2	10.00	0.180	0.701	238.84
560.4	12.4	10.20	0.177	0.701	241.10
560.6	12.6	10.40	0.175	0.702	243.34
560.8	12.8	10.60	0.172	0.702	245.56
561.0	13.0	10.80	0.169	0.702	247.76
561.2	13.2	11.00	0.167	0.702	249.94
561.4	13.4	11.20	0.164	0.703	252.11
561.6	13.6	11.40	0.162	0.703	254.26
561.8	13.8	11.60	0.159	0.703	256.39
562.0	14.0	11.80	0.157	0.704	258.51

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.12 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0	3.0	0.50	0.833	0.631	94.81
551.2	3.2	0.70	0.781	0.637	101.50
551.4	3.4	0.90	0.735	0.642	107.79
551.6	3.6	1.10	0.694	0.646	113.77
551.8	3.8	1.30	0.658	0.650	119.34
552.0	4.0	1.50	0.625	0.653	124.80
552.2	4.2	1.70	0.595	0.656	130.07
552.4	4.4	1.90	0.568	0.659	135.16
552.6	4.6	2.10	0.543	0.662	140.06
552.8	4.8	2.30	0.521	0.664	144.79
553.0	5.0	2.50	0.500	0.667	149.38
553.2	5.2	2.70	0.481	0.669	153.84
553.4	5.4	2.90	0.463	0.670	158.19
553.6	5.6	3.10	0.446	0.672	162.43
553.8	5.8	3.30	0.431	0.674	166.57
554.0	6.0	3.50	0.417	0.675	170.63
554.2	6.2	3.70	0.403	0.677	174.60
554.4	6.4	3.90	0.391	0.678	178.49
554.6	6.6	4.10	0.379	0.679	182.31
554.8	6.8	4.30	0.368	0.681	186.05
555.0	7.0	4.50	0.357	0.682	189.73
555.2	7.2	4.70	0.347	0.683	193.34
555.4	7.4	4.90	0.338	0.684	196.89
555.6	7.6	5.10	0.329	0.685	200.37
555.8	7.8	5.30	0.321	0.686	203.80
556.0	8.0	5.50	0.312	0.687	207.18
556.2	8.2	5.70	0.305	0.688	210.50
556.4	8.4	5.90	0.298	0.688	213.77

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.12 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	6.10	0.291	0.689	217.00
556.8	8.8	6.30	0.284	0.690	220.17
557.0	9.0	6.50	0.278	0.691	223.30
557.2	9.2	6.70	0.272	0.691	226.39
557.4	9.4	6.90	0.266	0.692	229.44
557.6	9.6	7.10	0.260	0.692	232.45
557.8	9.8	7.30	0.255	0.693	235.41
558.0	10.0	7.50	0.250	0.694	238.35
558.2	10.2	7.70	0.245	0.694	241.24
558.4	10.4	7.90	0.240	0.695	244.10
558.6	10.6	8.10	0.236	0.695	246.93
558.8	10.8	8.30	0.231	0.696	249.73
559.0	11.0	8.50	0.227	0.696	252.50
559.2	11.2	8.70	0.223	0.696	255.24
559.4	11.4	8.90	0.219	0.697	257.94
559.6	11.6	9.10	0.216	0.697	260.63
559.8	11.8	9.30	0.212	0.698	263.28
560.0	12.0	9.50	0.208	0.698	265.91
560.2	12.2	9.70	0.205	0.698	268.52
560.4	12.4	9.90	0.202	0.699	271.10
560.6	12.6	10.10	0.198	0.699	273.66
560.8	12.8	10.30	0.195	0.699	276.19
561.0	13.0	10.50	0.192	0.700	278.70
561.2	13.2	10.70	0.189	0.700	281.20
561.4	13.4	10.90	0.187	0.700	283.67
561.6	13.6	11.10	0.184	0.701	286.12
561.8	13.8	11.30	0.181	0.701	288.55
562.0	14.0	11.50	0.179	0.701	290.97

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.13 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2.9 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4	3.4	0.50	0.853	0.629	115.43
551.6	3.6	0.70	0.806	0.634	122.84
551.8	3.8	0.90	0.763	0.639	129.84
552.0	4.0	1.10	0.725	0.643	136.51
552.2	4.2	1.30	0.690	0.647	142.86
552.4	4.4	1.50	0.659	0.649	148.86
552.6	4.6	1.70	0.630	0.652	154.76
552.8	4.8	1.90	0.604	0.655	160.49
553.0	5.0	2.10	0.580	0.658	166.04
553.2	5.2	2.30	0.558	0.661	171.42
553.4	5.4	2.50	0.537	0.663	176.63
553.6	5.6	2.70	0.518	0.665	181.70
553.8	5.8	2.90	0.500	0.667	186.63
554.0	6.0	3.10	0.483	0.668	191.45
554.2	6.2	3.30	0.468	0.670	196.15
554.4	6.4	3.50	0.453	0.671	200.76
554.6	6.6	3.70	0.439	0.673	205.27
554.8	6.8	3.90	0.426	0.674	209.70
555.0	7.0	4.10	0.414	0.676	214.04
555.2	7.2	4.30	0.403	0.677	218.31
555.4	7.4	4.50	0.392	0.678	222.50
555.6	7.6	4.70	0.382	0.679	226.62
555.8	7.8	4.90	0.372	0.680	230.68
556.0	8.0	5.10	0.362	0.681	234.67
556.2	8.2	5.30	0.354	0.682	238.60
556.4	8.4	5.50	0.345	0.683	242.47

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.13 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 2.9 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	5.70	0.337	0.684	246.28
556.8	8.8	5.90	0.330	0.685	250.04
557.0	9.0	6.10	0.322	0.686	253.74
557.2	9.2	6.30	0.315	0.687	257.40
557.4	9.4	6.50	0.309	0.687	261.00
557.6	9.6	6.70	0.302	0.688	264.55
557.8	9.8	6.90	0.296	0.689	268.06
558.0	10.0	7.10	0.290	0.689	271.52
558.2	10.2	7.30	0.284	0.690	274.94
558.4	10.4	7.50	0.279	0.691	278.32
558.6	10.6	7.70	0.274	0.691	281.65
558.8	10.8	7.90	0.269	0.692	284.95
559.0	11.0	8.10	0.264	0.692	288.21
559.2	11.2	8.30	0.259	0.693	291.44
559.4	11.4	8.50	0.254	0.693	294.62
559.6	11.6	8.70	0.250	0.694	297.78
559.8	11.8	8.90	0.246	0.694	300.90
560.0	12.0	9.10	0.242	0.694	303.99
560.2	12.2	9.30	0.238	0.695	307.05
560.4	12.4	9.50	0.234	0.695	310.08
560.6	12.6	9.70	0.230	0.696	313.08
560.8	12.8	9.90	0.227	0.696	316.05
561.0	13.0	10.10	0.223	0.696	319.00
561.2	13.2	10.30	0.220	0.697	321.92
561.4	13.4	10.50	0.216	0.697	324.81
561.6	13.6	10.70	0.213	0.697	327.68
561.8	13.8	10.90	0.210	0.698	330.52
562.0	14.0	11.10	0.207	0.698	333.34

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.14 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4	3.4	0.40	0.882	0.626	116.80
551.6	3.6	0.60	0.833	0.631	124.63
551.8	3.8	0.80	0.789	0.636	131.99
552.0	4.0	1.00	0.750	0.640	138.99
552.2	4.2	1.20	0.714	0.644	145.67
552.4	4.4	1.40	0.682	0.647	152.00
552.6	4.6	1.60	0.652	0.650	158.09
552.8	4.8	1.80	0.625	0.653	164.05
553.0	5.0	2.00	0.600	0.656	169.85
553.2	5.2	2.20	0.577	0.658	175.47
553.4	5.4	2.40	0.556	0.661	180.92
553.6	5.6	2.60	0.536	0.663	186.21
553.8	5.8	2.80	0.517	0.665	191.35
554.0	6.0	3.00	0.500	0.667	196.37
554.2	6.2	3.20	0.484	0.668	201.27
554.4	6.4	3.40	0.469	0.670	206.06
554.6	6.6	3.60	0.455	0.671	210.75
554.8	6.8	3.80	0.441	0.673	215.35
555.0	7.0	4.00	0.429	0.674	219.86
555.2	7.2	4.20	0.417	0.675	224.30
555.4	7.4	4.40	0.405	0.677	228.65
555.6	7.6	4.60	0.395	0.678	232.94
555.8	7.8	4.80	0.385	0.679	237.15
556.0	8.0	5.00	0.375	0.680	241.30
556.2	8.2	5.20	0.366	0.681	245.38
556.4	8.4	5.40	0.357	0.682	249.40

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.14 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	5.60	0.349	0.683	253.36
556.8	8.8	5.80	0.341	0.684	257.27
557.0	9.0	6.00	0.333	0.684	261.12
557.2	9.2	6.20	0.326	0.685	264.91
557.4	9.4	6.40	0.319	0.686	268.65
557.6	9.6	6.60	0.312	0.687	272.35
557.8	9.8	6.80	0.306	0.688	275.99
558.0	10.0	7.00	0.300	0.688	279.59
558.2	10.2	7.20	0.294	0.689	283.14
558.4	10.4	7.40	0.288	0.689	286.65
558.6	10.6	7.60	0.283	0.690	290.12
558.8	10.8	7.80	0.278	0.691	293.54
559.0	11.0	8.00	0.273	0.691	296.93
559.2	11.2	8.20	0.268	0.692	300.28
559.4	11.4	8.40	0.263	0.692	303.59
559.6	11.6	8.60	0.259	0.693	306.86
559.8	11.8	8.80	0.254	0.693	310.11
560.0	12.0	9.00	0.250	0.694	313.31
560.2	12.2	9.20	0.246	0.694	316.49
560.4	12.4	9.40	0.242	0.694	319.63
560.6	12.6	9.60	0.238	0.695	322.75
560.8	12.8	9.80	0.234	0.695	325.83
561.0	13.0	10.00	0.231	0.696	328.89
561.2	13.2	10.20	0.227	0.696	331.92
561.4	13.4	10.40	0.224	0.696	334.92
561.6	13.6	10.60	0.221	0.697	337.89
561.8	13.8	10.80	0.217	0.697	340.84
562.0	14.0	11.00	0.214	0.697	343.77

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.15 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3.3 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8	3.8	0.50	0.868	0.628	137.28
552.0	4.0	0.70	0.825	0.632	145.36
552.2	4.2	0.90	0.786	0.637	153.03
552.4	4.4	1.10	0.750	0.640	160.35
552.6	4.6	1.30	0.717	0.644	167.37
552.8	4.8	1.50	0.687	0.647	174.08
553.0	5.0	1.70	0.660	0.649	180.48
553.2	5.2	1.90	0.635	0.652	186.78
553.4	5.4	2.10	0.611	0.655	192.94
553.6	5.6	2.30	0.589	0.657	198.93
553.8	5.8	2.50	0.569	0.659	204.74
554.0	6.0	2.70	0.550	0.661	210.40
554.2	6.2	2.90	0.532	0.663	215.92
554.4	6.4	3.10	0.516	0.665	221.29
554.6	6.6	3.30	0.500	0.667	226.55
554.8	6.8	3.50	0.485	0.668	231.69
555.0	7.0	3.70	0.471	0.670	236.73
555.2	7.2	3.90	0.458	0.671	241.68
555.4	7.4	4.10	0.446	0.672	246.53
555.6	7.6	4.30	0.434	0.673	251.30
555.8	7.8	4.50	0.423	0.675	255.99
556.0	8.0	4.70	0.412	0.676	260.61
556.2	8.2	4.90	0.402	0.677	265.15
556.4	8.4	5.10	0.393	0.678	269.63

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.15 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3.3 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	5.30	0.384	0.679	274.04
556.8	8.8	5.50	0.375	0.680	278.38
557.0	9.0	5.70	0.367	0.681	282.67
557.2	9.2	5.90	0.359	0.682	286.89
557.4	9.4	6.10	0.351	0.683	291.06
557.6	9.6	6.30	0.344	0.683	295.18
557.8	9.8	6.50	0.337	0.684	299.24
558.0	10.0	6.70	0.330	0.685	303.24
558.2	10.2	6.90	0.324	0.686	307.20
558.4	10.4	7.10	0.317	0.686	311.11
558.6	10.6	7.30	0.311	0.687	314.97
558.8	10.8	7.50	0.306	0.688	318.79
559.0	11.0	7.70	0.300	0.688	322.56
559.2	11.2	7.90	0.295	0.689	326.29
559.4	11.4	8.10	0.289	0.689	329.97
559.6	11.6	8.30	0.284	0.690	333.62
559.8	11.8	8.50	0.280	0.690	337.22
560.0	12.0	8.70	0.275	0.691	340.79
560.2	12.2	8.90	0.270	0.691	344.32
560.4	12.4	9.10	0.266	0.692	347.82
560.6	12.6	9.30	0.262	0.692	351.28
560.8	12.8	9.50	0.258	0.693	354.71
561.0	13.0	9.70	0.254	0.693	358.10
561.2	13.2	9.90	0.250	0.694	361.47
561.4	13.4	10.10	0.246	0.694	364.80
561.6	13.6	10.30	0.243	0.694	368.10
561.8	13.8	10.50	0.239	0.695	371.37
562.0	14.0	10.70	0.236	0.695	374.62

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.16 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0	4.0	0.50	0.875	0.627	148.64
552.2	4.2	0.70	0.833	0.631	157.05
552.4	4.4	0.90	0.795	0.635	165.04
552.6	4.6	1.10	0.761	0.639	172.67
552.8	4.8	1.30	0.729	0.643	180.00
553.0	5.0	1.50	0.700	0.646	187.15
553.2	5.2	1.70	0.673	0.648	193.74
553.4	5.4	1.90	0.648	0.651	200.30
553.6	5.6	2.10	0.625	0.653	206.73
553.8	5.8	2.30	0.603	0.656	213.00
554.0	6.0	2.50	0.583	0.658	219.12
554.2	6.2	2.70	0.565	0.660	225.07
554.4	6.4	2.90	0.547	0.662	230.86
554.6	6.6	3.10	0.530	0.663	236.52
554.8	6.8	3.30	0.515	0.665	242.05
555.0	7.0	3.50	0.500	0.667	247.45
555.2	7.2	3.70	0.486	0.668	252.75
555.4	7.4	3.90	0.473	0.669	257.95
555.6	7.6	4.10	0.461	0.671	263.06
555.8	7.8	4.30	0.449	0.672	268.07
556.0	8.0	4.50	0.437	0.673	273.01
556.2	8.2	4.70	0.427	0.674	277.87
556.4	8.4	4.90	0.417	0.675	282.65

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.16 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	5.10	0.407	0.676	287.36
556.8	8.8	5.30	0.398	0.677	292.00
557.0	9.0	5.50	0.389	0.678	296.58
557.2	9.2	5.70	0.380	0.679	301.10
557.4	9.4	5.90	0.372	0.680	305.55
557.6	9.6	6.10	0.365	0.681	309.94
557.8	9.8	6.30	0.357	0.682	314.28
558.0	10.0	6.50	0.350	0.683	318.57
558.2	10.2	6.70	0.343	0.683	322.80
558.4	10.4	6.90	0.337	0.684	326.97
558.6	10.6	7.10	0.330	0.685	331.10
558.8	10.8	7.30	0.324	0.686	335.18
559.0	11.0	7.50	0.318	0.686	339.21
559.2	11.2	7.70	0.312	0.687	343.19
559.4	11.4	7.90	0.307	0.687	347.13
559.6	11.6	8.10	0.302	0.688	351.03
559.8	11.8	8.30	0.297	0.689	354.89
560.0	12.0	8.50	0.292	0.689	358.70
560.2	12.2	8.70	0.287	0.690	362.47
560.4	12.4	8.90	0.282	0.690	366.21
560.6	12.6	9.10	0.278	0.691	369.90
560.8	12.8	9.30	0.273	0.691	373.57
561.0	13.0	9.50	0.269	0.692	377.19
561.2	13.2	9.70	0.265	0.692	380.78
561.4	13.4	9.90	0.261	0.692	384.34
561.6	13.6	10.10	0.257	0.693	387.86
561.8	13.8	10.30	0.254	0.693	391.36
562.0	14.0	10.50	0.250	0.694	394.82

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.17 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3.7 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2	4.2	0.50	0.881	0.626	160.28
552.4	4.4	0.70	0.841	0.631	169.01
552.6	4.6	0.90	0.804	0.635	177.31
552.8	4.8	1.10	0.771	0.638	185.25
553.0	5.0	1.30	0.740	0.641	192.88
553.2	5.2	1.50	0.712	0.645	200.25
553.4	5.4	1.70	0.685	0.647	207.29
553.6	5.6	1.90	0.661	0.649	214.06
553.8	5.8	2.10	0.638	0.652	220.75
554.0	6.0	2.30	0.617	0.654	227.30
554.2	6.2	2.50	0.597	0.656	233.69
554.4	6.4	2.70	0.578	0.658	239.93
554.6	6.6	2.90	0.561	0.660	246.01
554.8	6.8	3.10	0.544	0.662	251.94
555.0	7.0	3.30	0.529	0.664	257.73
555.2	7.2	3.50	0.514	0.665	263.41
555.4	7.4	3.70	0.500	0.667	268.96
555.6	7.6	3.90	0.487	0.668	274.42
555.8	7.8	4.10	0.474	0.669	279.77
556.0	8.0	4.30	0.462	0.670	285.03
556.2	8.2	4.50	0.451	0.672	290.21
556.4	8.4	4.70	0.440	0.673	295.30

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.17 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 3.7 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	4.90	0.430	0.674	300.32
556.8	8.8	5.10	0.420	0.675	305.26
557.0	9.0	5.30	0.411	0.676	310.13
557.2	9.2	5.50	0.402	0.677	314.94
557.4	9.4	5.70	0.394	0.678	319.68
557.6	9.6	5.90	0.385	0.679	324.36
557.8	9.8	6.10	0.378	0.680	328.98
558.0	10.0	6.30	0.370	0.680	333.54
558.2	10.2	6.50	0.363	0.681	338.04
558.4	10.4	6.70	0.356	0.682	342.49
558.6	10.6	6.90	0.349	0.683	346.88
558.8	10.8	7.10	0.343	0.683	351.23
559.0	11.0	7.30	0.336	0.684	355.52
559.2	11.2	7.50	0.330	0.685	359.76
559.4	11.4	7.70	0.325	0.685	363.96
559.6	11.6	7.90	0.319	0.686	368.11
559.8	11.8	8.10	0.314	0.687	372.21
560.0	12.0	8.30	0.308	0.687	376.27
560.2	12.2	8.50	0.303	0.688	380.29
560.4	12.4	8.70	0.298	0.688	384.27
560.6	12.6	8.90	0.294	0.689	388.20
560.8	12.8	9.10	0.289	0.689	392.10
561.0	13.0	9.30	0.285	0.690	395.96
561.2	13.2	9.50	0.280	0.690	399.78
561.4	13.4	9.70	0.276	0.691	403.57
561.6	13.6	9.90	0.272	0.691	407.32
561.8	13.8	10.10	0.268	0.692	411.04
562.0	14.0	10.30	0.264	0.692	414.72

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.18 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6	4.6	0.60	0.870	0.628	182.92
552.8	4.8	0.80	0.833	0.631	191.88
553.0	5.0	1.00	0.800	0.635	200.44
553.2	5.2	1.20	0.769	0.638	208.67
553.4	5.4	1.40	0.741	0.641	216.60
553.6	5.6	1.60	0.714	0.644	224.28
553.8	5.8	1.80	0.690	0.647	231.67
554.0	6.0	2.00	0.667	0.649	238.72
554.2	6.2	2.20	0.645	0.651	245.71
554.4	6.4	2.40	0.625	0.653	252.57
554.6	6.6	2.60	0.606	0.655	259.29
554.8	6.8	2.80	0.588	0.657	265.86
555.0	7.0	3.00	0.571	0.659	272.27
555.2	7.2	3.20	0.556	0.661	278.54
555.4	7.4	3.40	0.541	0.662	284.67
555.6	7.6	3.60	0.526	0.664	290.67
555.8	7.8	3.80	0.513	0.665	296.56
556.0	8.0	4.00	0.500	0.667	302.33
556.2	8.2	4.20	0.488	0.668	308.00
556.4	8.4	4.40	0.476	0.669	313.58

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.18 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	4.60	0.465	0.670	319.07
556.8	8.8	4.80	0.455	0.671	324.47
557.0	9.0	5.00	0.444	0.672	329.80
557.2	9.2	5.20	0.435	0.673	335.04
557.4	9.4	5.40	0.426	0.674	340.22
557.6	9.6	5.60	0.417	0.675	345.33
557.8	9.8	5.80	0.408	0.676	350.37
558.0	10.0	6.00	0.400	0.677	355.35
558.2	10.2	6.20	0.392	0.678	360.26
558.4	10.4	6.40	0.385	0.679	365.12
558.6	10.6	6.60	0.377	0.680	369.92
558.8	10.8	6.80	0.370	0.680	374.66
559.0	11.0	7.00	0.364	0.681	379.35
559.2	11.2	7.20	0.357	0.682	383.98
559.4	11.4	7.40	0.351	0.683	388.56
559.6	11.6	7.60	0.345	0.683	393.09
559.8	11.8	7.80	0.339	0.684	397.58
560.0	12.0	8.00	0.333	0.684	402.01
560.2	12.2	8.20	0.328	0.685	406.40
560.4	12.4	8.40	0.323	0.686	410.75
560.6	12.6	8.60	0.317	0.686	415.05
560.8	12.8	8.80	0.312	0.687	419.30
561.0	13.0	9.00	0.308	0.687	423.52
561.2	13.2	9.20	0.303	0.688	427.69
561.4	13.4	9.40	0.299	0.688	431.83
561.6	13.6	9.60	0.294	0.689	435.92
561.8	13.8	9.80	0.290	0.689	439.98
562.0	14.0	10.00	0.286	0.690	444.00

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.19 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4.2 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8	4.8	0.60	0.875	0.627	195.39
553.0	5.0	0.80	0.840	0.631	204.65
553.2	5.2	1.00	0.808	0.634	213.50
553.4	5.4	1.20	0.778	0.637	222.02
553.6	5.6	1.40	0.750	0.640	230.24
553.8	5.8	1.60	0.724	0.643	238.19
554.0	6.0	1.80	0.700	0.646	246.02
554.2	6.2	2.00	0.677	0.648	253.24
554.4	6.4	2.20	0.656	0.650	260.44
554.6	6.6	2.40	0.636	0.652	267.55
554.8	6.8	2.60	0.618	0.654	274.52
555.0	7.0	2.80	0.600	0.656	281.36
555.2	7.2	3.00	0.583	0.658	288.03
555.4	7.4	3.20	0.568	0.659	294.57
555.6	7.6	3.40	0.553	0.661	300.96
555.8	7.8	3.60	0.538	0.663	307.22
556.0	8.0	3.80	0.525	0.664	313.35
556.2	8.2	4.00	0.512	0.665	319.37
556.4	8.4	4.20	0.500	0.667	325.29

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.19 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4.2 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	4.40	0.488	0.668	331.10
556.8	8.8	4.60	0.477	0.669	336.82
557.0	9.0	4.80	0.467	0.670	342.46
557.2	9.2	5.00	0.457	0.671	348.01
557.4	9.4	5.20	0.447	0.672	353.48
557.6	9.6	5.40	0.437	0.673	358.88
557.8	9.8	5.60	0.429	0.674	364.21
558.0	10.0	5.80	0.420	0.675	369.46
558.2	10.2	6.00	0.412	0.676	374.66
558.4	10.4	6.20	0.404	0.677	379.79
558.6	10.6	6.40	0.396	0.678	384.86
558.8	10.8	6.60	0.389	0.678	389.87
559.0	11.0	6.80	0.382	0.679	394.82
559.2	11.2	7.00	0.375	0.680	399.71
559.4	11.4	7.20	0.368	0.681	404.55
559.6	11.6	7.40	0.362	0.681	409.34
559.8	11.8	7.60	0.356	0.682	414.08
560.0	12.0	7.80	0.350	0.683	418.77
560.2	12.2	8.00	0.344	0.683	423.40
560.4	12.4	8.20	0.339	0.684	427.99
560.6	12.6	8.40	0.333	0.684	432.54
560.8	12.8	8.60	0.328	0.685	437.04
561.0	13.0	8.80	0.323	0.686	441.49
561.2	13.2	9.00	0.318	0.686	445.90
561.4	13.4	9.20	0.313	0.687	450.27
561.6	13.6	9.40	0.309	0.687	454.60
561.8	13.8	9.60	0.304	0.688	458.89
562.0	14.0	9.80	0.300	0.688	463.14

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.20 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2	5.2	0.70	0.865	0.628	219.48
553.4	5.4	0.90	0.833	0.631	228.96
553.6	5.6	1.10	0.804	0.635	238.06
553.8	5.8	1.30	0.776	0.638	246.84
554.0	6.0	1.50	0.750	0.640	255.34
554.2	6.2	1.70	0.726	0.643	263.58
554.4	6.4	1.90	0.703	0.645	271.60
554.6	6.6	2.10	0.682	0.647	279.24
554.8	6.8	2.30	0.662	0.649	286.71
555.0	7.0	2.50	0.643	0.651	294.11
555.2	7.2	2.70	0.625	0.653	301.38
555.4	7.4	2.90	0.608	0.655	308.52
555.6	7.6	3.10	0.592	0.657	315.51
555.8	7.8	3.30	0.577	0.658	322.36
556.0	8.0	3.50	0.562	0.660	329.06
556.2	8.2	3.70	0.549	0.661	335.64
556.4	8.4	3.90	0.536	0.663	342.09

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.20 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	4.10	0.523	0.664	348.42
556.8	8.8	4.30	0.511	0.665	354.64
557.0	9.0	4.50	0.500	0.667	360.75
557.2	9.2	4.70	0.489	0.668	366.78
557.4	9.4	4.90	0.479	0.669	372.71
557.6	9.6	5.10	0.469	0.670	378.55
557.8	9.8	5.30	0.459	0.671	384.32
558.0	10.0	5.50	0.450	0.672	390.01
558.2	10.2	5.70	0.441	0.673	395.62
558.4	10.4	5.90	0.433	0.674	401.17
558.6	10.6	6.10	0.425	0.674	406.65
558.8	10.8	6.30	0.417	0.675	412.06
559.0	11.0	6.50	0.409	0.676	417.41
559.2	11.2	6.70	0.402	0.677	422.70
559.4	11.4	6.90	0.395	0.678	427.93
559.6	11.6	7.10	0.388	0.678	433.11
559.8	11.8	7.30	0.381	0.679	438.23
560.0	12.0	7.50	0.375	0.680	443.29
560.2	12.2	7.70	0.369	0.681	448.31
560.4	12.4	7.90	0.363	0.681	453.27
560.6	12.6	8.10	0.357	0.682	458.18
560.8	12.8	8.30	0.352	0.682	463.04
561.0	13.0	8.50	0.346	0.683	467.86
561.2	13.2	8.70	0.341	0.684	472.63
561.4	13.4	8.90	0.336	0.684	477.35
561.6	13.6	9.10	0.331	0.685	482.03
561.8	13.8	9.30	0.326	0.685	486.67
562.0	14.0	9.50	0.321	0.686	491.26

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.21 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4.8 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6	5.6	0.80	0.857	0.629	244.44
553.8	5.8	1.00	0.828	0.632	254.14
554.0	6.0	1.20	0.800	0.635	263.48
554.2	6.2	1.40	0.774	0.638	272.53
554.4	6.4	1.60	0.750	0.640	281.29
554.6	6.6	1.80	0.727	0.643	289.82
554.8	6.8	2.00	0.706	0.645	298.11
555.0	7.0	2.20	0.686	0.647	306.08
555.2	7.2	2.40	0.667	0.649	313.80
555.4	7.4	2.60	0.649	0.651	321.47
555.6	7.6	2.80	0.632	0.652	329.03
555.8	7.8	3.00	0.615	0.654	336.46
556.0	8.0	3.20	0.600	0.656	343.75
556.2	8.2	3.40	0.585	0.658	350.90
556.4	8.4	3.60	0.571	0.659	357.91

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.21 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 4.8 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	3.80	0.558	0.660	364.79
556.8	8.8	4.00	0.545	0.662	371.54
557.0	9.0	4.20	0.533	0.663	378.17
557.2	9.2	4.40	0.522	0.664	384.69
557.4	9.4	4.60	0.511	0.666	391.11
557.6	9.6	4.80	0.500	0.667	397.42
557.8	9.8	5.00	0.490	0.668	403.65
558.0	10.0	5.20	0.480	0.669	409.78
558.2	10.2	5.40	0.471	0.670	415.83
558.4	10.4	5.60	0.462	0.671	421.80
558.6	10.6	5.80	0.453	0.671	427.70
558.8	10.8	6.00	0.444	0.672	433.53
559.0	11.0	6.20	0.436	0.673	439.28
559.2	11.2	6.40	0.429	0.674	444.97
559.4	11.4	6.60	0.421	0.675	450.60
559.6	11.6	6.80	0.414	0.676	456.17
559.8	11.8	7.00	0.407	0.676	461.67
560.0	12.0	7.20	0.400	0.677	467.12
560.2	12.2	7.40	0.393	0.678	472.51
560.4	12.4	7.60	0.387	0.679	477.84
560.6	12.6	7.80	0.381	0.679	483.12
560.8	12.8	8.00	0.375	0.680	488.35
561.0	13.0	8.20	0.369	0.680	493.53
561.2	13.2	8.40	0.364	0.681	498.66
561.4	13.4	8.60	0.358	0.682	503.74
561.6	13.6	8.80	0.353	0.682	508.78
561.8	13.8	9.00	0.348	0.683	513.77
562.0	14.0	9.20	0.343	0.683	518.71

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.22 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8	5.8	0.80	0.862	0.628	258.19
554.0	6.0	1.00	0.833	0.631	268.16
554.2	6.2	1.20	0.806	0.634	277.77
554.4	6.4	1.40	0.781	0.637	287.07
554.6	6.6	1.60	0.758	0.640	296.10
554.8	6.8	1.80	0.735	0.642	304.88
555.0	7.0	2.00	0.714	0.644	313.44
555.2	7.2	2.20	0.694	0.646	321.80
555.4	7.4	2.40	0.676	0.648	329.68
555.6	7.6	2.60	0.658	0.650	337.54
555.8	7.8	2.80	0.641	0.651	345.32
556.0	8.0	3.00	0.625	0.653	352.98
556.2	8.2	3.20	0.610	0.655	360.51
556.4	8.4	3.40	0.595	0.656	367.91

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.22 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msmm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	3.60	0.581	0.658	375.16
556.8	8.8	3.80	0.568	0.659	382.28
557.0	9.0	4.00	0.556	0.661	389.27
557.2	9.2	4.20	0.543	0.662	396.14
557.4	9.4	4.40	0.532	0.663	402.89
557.6	9.6	4.60	0.521	0.664	409.54
557.8	9.8	4.80	0.510	0.666	416.08
558.0	10.0	5.00	0.500	0.667	422.52
558.2	10.2	5.20	0.490	0.668	428.87
558.4	10.4	5.40	0.481	0.669	435.14
558.6	10.6	5.60	0.472	0.670	441.32
558.8	10.8	5.80	0.463	0.670	447.43
559.0	11.0	6.00	0.455	0.671	453.46
559.2	11.2	6.20	0.446	0.672	459.42
559.4	11.4	6.40	0.439	0.673	465.32
559.6	11.6	6.60	0.431	0.674	471.14
559.8	11.8	6.80	0.424	0.675	476.91
560.0	12.0	7.00	0.417	0.675	482.61
560.2	12.2	7.20	0.410	0.676	488.26
560.4	12.4	7.40	0.403	0.677	493.84
560.6	12.6	7.60	0.397	0.677	499.37
560.8	12.8	7.80	0.391	0.678	504.85
561.0	13.0	8.00	0.385	0.679	510.27
561.2	13.2	8.20	0.379	0.679	515.64
561.4	13.4	8.40	0.373	0.680	520.96
561.6	13.6	8.60	0.368	0.681	526.23
561.8	13.8	8.80	0.362	0.681	531.45
562.0	14.0	9.00	0.357	0.682	536.63

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.23 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 5.4 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2	6.2	0.80	0.871	0.627	286.38
554.4	6.4	1.00	0.844	0.630	296.88
554.6	6.6	1.20	0.818	0.633	307.01
554.8	6.8	1.40	0.794	0.636	316.83
555.0	7.0	1.60	0.771	0.638	326.37
555.2	7.2	1.80	0.750	0.640	335.65
555.4	7.4	2.00	0.730	0.643	344.70
555.6	7.6	2.20	0.711	0.645	353.54
555.8	7.8	2.40	0.692	0.647	362.16
556.0	8.0	2.60	0.675	0.648	370.35
556.2	8.2	2.80	0.659	0.650	378.52
556.4	8.4	3.00	0.643	0.651	386.61

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.23 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 5.4 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	3.20	0.628	0.653	394.59
556.8	8.8	3.40	0.614	0.654	402.45
557.0	9.0	3.60	0.600	0.656	410.18
557.2	9.2	3.80	0.587	0.657	417.77
557.4	9.4	4.00	0.574	0.659	425.23
557.6	9.6	4.20	0.562	0.660	432.57
557.8	9.8	4.40	0.551	0.661	439.78
558.0	10.0	4.60	0.540	0.662	446.87
558.2	10.2	4.80	0.529	0.664	453.86
558.4	10.4	5.00	0.519	0.665	460.75
558.6	10.6	5.20	0.509	0.666	467.53
558.8	10.8	5.40	0.500	0.667	474.22
559.0	11.0	5.60	0.491	0.668	480.83
559.2	11.2	5.80	0.482	0.668	487.35
559.4	11.4	6.00	0.474	0.669	493.79
559.6	11.6	6.20	0.466	0.670	500.16
559.8	11.8	6.40	0.458	0.671	506.45
560.0	12.0	6.60	0.450	0.672	512.68
560.2	12.2	6.80	0.443	0.673	518.84
560.4	12.4	7.00	0.435	0.673	524.93
560.6	12.6	7.20	0.429	0.674	530.96
560.8	12.8	7.40	0.422	0.675	536.93
561.0	13.0	7.60	0.415	0.675	542.85
561.2	13.2	7.80	0.409	0.676	548.70
561.4	13.4	8.00	0.403	0.677	554.50
561.6	13.6	8.20	0.397	0.677	560.25
561.8	13.8	8.40	0.391	0.678	565.94
562.0	14.0	8.60	0.386	0.679	571.59

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.24 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 5.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4	6.4	0.90	0.859	0.629	298.93
554.6	6.6	1.10	0.833	0.631	309.37
554.8	6.8	1.30	0.809	0.634	319.47
555.0	7.0	1.50	0.786	0.637	329.27
555.2	7.2	1.70	0.764	0.639	338.80
555.4	7.4	1.90	0.743	0.641	348.09
555.6	7.6	2.10	0.724	0.643	357.16
555.8	7.8	2.30	0.705	0.645	366.02
556.0	8.0	2.50	0.687	0.647	374.56
556.2	8.2	2.70	0.671	0.648	382.83
556.4	8.4	2.90	0.655	0.650	391.06

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.24 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 5.5 m  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	3.10	0.640	0.651	399.20
556.8	8.8	3.30	0.625	0.653	407.23
557.0	9.0	3.50	0.611	0.655	415.14
557.2	9.2	3.70	0.598	0.656	422.91
557.4	9.4	3.90	0.585	0.658	430.55
557.6	9.6	4.10	0.573	0.659	438.06
557.8	9.8	4.30	0.561	0.660	445.45
558.0	10.0	4.50	0.550	0.661	452.72
558.2	10.2	4.70	0.539	0.663	459.87
558.4	10.4	4.90	0.529	0.664	466.92
558.6	10.6	5.10	0.519	0.665	473.86
558.8	10.8	5.30	0.509	0.666	480.70
559.0	11.0	5.50	0.500	0.667	487.46
559.2	11.2	5.70	0.491	0.668	494.12
559.4	11.4	5.90	0.482	0.668	500.71
559.6	11.6	6.10	0.474	0.669	507.21
559.8	11.8	6.30	0.466	0.670	513.64
560.0	12.0	6.50	0.458	0.671	520.00
560.2	12.2	6.70	0.451	0.672	526.29
560.4	12.4	6.90	0.444	0.672	532.51
560.6	12.6	7.10	0.437	0.673	538.67
560.8	12.8	7.30	0.430	0.674	544.77
561.0	13.0	7.50	0.423	0.675	550.81
561.2	13.2	7.70	0.417	0.675	556.78
561.4	13.4	7.90	0.410	0.676	562.71
561.6	13.6	8.10	0.404	0.677	568.57
561.8	13.8	8.30	0.399	0.677	574.39
562.0	14.0	8.50	0.393	0.678	580.15

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.25 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 6  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8	6.8	0.80	0.882	0.626	330.37
555.0	7.0	1.00	0.857	0.629	341.62
555.2	7.2	1.20	0.833	0.631	352.50
555.4	7.4	1.40	0.811	0.634	363.06
555.6	7.6	1.60	0.789	0.636	373.33
555.8	7.8	1.80	0.769	0.638	383.35
556.0	8.0	2.00	0.750	0.640	393.12
556.2	8.2	2.20	0.732	0.642	402.67
556.4	8.4	2.40	0.714	0.644	412.02

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.25 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 6  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	2.60	0.698	0.646	421.29
556.8	8.8	2.80	0.682	0.647	429.92
557.0	9.0	3.00	0.667	0.649	438.56
557.2	9.2	3.20	0.652	0.650	447.13
557.4	9.4	3.40	0.638	0.652	455.62
557.6	9.6	3.60	0.625	0.653	464.01
557.8	9.8	3.80	0.612	0.655	472.27
558.0	10.0	4.00	0.600	0.656	480.41
558.2	10.2	4.20	0.588	0.657	488.42
558.4	10.4	4.40	0.577	0.658	496.30
558.6	10.6	4.60	0.566	0.660	504.07
558.8	10.8	4.80	0.556	0.661	511.71
559.0	11.0	5.00	0.545	0.662	519.25
559.2	11.2	5.20	0.536	0.663	526.67
559.4	11.4	5.40	0.526	0.664	534.00
559.6	11.6	5.60	0.517	0.665	541.23
559.8	11.8	5.80	0.508	0.666	548.37
560.0	12.0	6.00	0.500	0.667	555.42
560.2	12.2	6.20	0.492	0.667	562.38
560.4	12.4	6.40	0.484	0.668	569.27
560.6	12.6	6.60	0.476	0.669	576.08
560.8	12.8	6.80	0.469	0.670	582.82
561.0	13.0	7.00	0.462	0.671	589.49
561.2	13.2	7.20	0.455	0.671	596.09
561.4	13.4	7.40	0.448	0.672	602.63
561.6	13.6	7.60	0.441	0.673	609.10
561.8	13.8	7.80	0.435	0.673	615.52
561.9	13.9	7.90	0.432	0.674	618.70
562.0	14.0	8.00	0.429	0.674	621.87

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.26 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 6.1  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0	7.0	0.90	0.871	0.627	343.63
555.2	7.2	1.10	0.847	0.630	354.81
555.4	7.4	1.30	0.824	0.632	365.65
555.6	7.6	1.50	0.803	0.635	376.18
555.8	7.8	1.70	0.782	0.637	386.44
556.0	8.0	1.90	0.762	0.639	396.45
556.2	8.2	2.10	0.744	0.641	406.22
556.4	8.4	2.30	0.726	0.643	415.79

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.26 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 6.1  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	2.50	0.709	0.645	425.16
556.8	8.8	2.70	0.693	0.646	434.33
557.0	9.0	2.90	0.678	0.648	443.04
557.2	9.2	3.10	0.663	0.649	451.73
557.4	9.4	3.30	0.649	0.650	460.36
557.6	9.6	3.50	0.635	0.652	468.90
557.8	9.8	3.70	0.622	0.653	477.33
558.0	10.0	3.90	0.610	0.655	485.64
558.2	10.2	4.10	0.598	0.656	493.82
558.4	10.4	4.30	0.587	0.657	501.88
558.6	10.6	4.50	0.575	0.659	509.81
558.8	10.8	4.70	0.565	0.660	517.62
559.0	11.0	4.90	0.555	0.661	525.32
559.2	11.2	5.10	0.545	0.662	532.91
559.4	11.4	5.30	0.535	0.663	540.39
559.6	11.6	5.50	0.526	0.664	547.77
559.8	11.8	5.70	0.517	0.665	555.06
560.0	12.0	5.90	0.508	0.666	562.25
560.2	12.2	6.10	0.500	0.667	569.36
560.4	12.4	6.30	0.492	0.667	576.39
560.6	12.6	6.50	0.484	0.668	583.33
560.8	12.8	6.70	0.477	0.669	590.20
561.0	13.0	6.90	0.469	0.670	597.00
561.2	13.2	7.10	0.462	0.671	603.73
561.4	13.4	7.30	0.455	0.671	610.39
561.6	13.6	7.50	0.449	0.672	616.99
561.8	13.8	7.70	0.442	0.673	623.53
561.9	13.9	7.80	0.439	0.673	626.77
562.0	14.0	7.90	0.436	0.673	630.00

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.27 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 6.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4	7.4	0.90	0.878	0.627	374.49
555.6	7.6	1.10	0.855	0.629	386.16
555.8	7.8	1.30	0.833	0.631	397.47
556.0	8.0	1.50	0.812	0.634	408.47
556.2	8.2	1.70	0.793	0.636	419.20
556.4	8.4	1.90	0.774	0.638	429.67

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.27 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 6.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	2.10	0.756	0.640	439.91
556.8	8.8	2.30	0.739	0.642	449.93
557.0	9.0	2.50	0.722	0.643	459.75
557.2	9.2	2.70	0.707	0.645	469.38
557.4	9.4	2.90	0.691	0.647	478.78
557.6	9.6	3.10	0.677	0.648	487.77
557.8	9.8	3.30	0.663	0.649	496.74
558.0	10.0	3.50	0.650	0.650	505.65
558.2	10.2	3.70	0.637	0.652	514.48
558.4	10.4	3.90	0.625	0.653	523.20
558.6	10.6	4.10	0.613	0.654	531.80
558.8	10.8	4.30	0.602	0.656	540.29
559.0	11.0	4.50	0.591	0.657	548.65
559.2	11.2	4.70	0.580	0.658	556.89
559.4	11.4	4.90	0.570	0.659	565.02
559.6	11.6	5.10	0.560	0.660	573.03
559.8	11.8	5.30	0.551	0.661	580.93
560.0	12.0	5.50	0.542	0.662	588.72
560.2	12.2	5.70	0.533	0.663	596.42
560.4	12.4	5.90	0.524	0.664	604.01
560.6	12.6	6.10	0.516	0.665	611.52
560.8	12.8	6.30	0.508	0.666	618.94
561.0	13.0	6.50	0.500	0.667	626.27
561.2	13.2	6.70	0.492	0.667	633.53
561.4	13.4	6.90	0.485	0.668	640.70
561.6	13.6	7.10	0.478	0.669	647.81
561.8	13.8	7.30	0.471	0.670	654.84
561.9	13.9	7.40	0.468	0.670	658.33
562.0	14.0	7.50	0.464	0.670	661.81

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.28 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 7  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0	8.0	1.00	0.875	0.627	420.41
556.2	8.2	1.20	0.854	0.629	432.47
556.4	8.4	1.40	0.833	0.631	444.20

**CUADRO 3.28 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 7  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	1.60	0.814	0.634	455.63
556.8	8.8	1.80	0.795	0.635	466.79
557.0	9.0	2.00	0.778	0.637	477.70
557.2	9.2	2.20	0.761	0.639	488.38
557.4	9.4	2.40	0.745	0.641	498.85
557.6	9.6	2.60	0.729	0.643	509.13
557.8	9.8	2.80	0.714	0.644	519.21
558.0	10.0	3.00	0.700	0.646	529.34
558.2	10.2	3.20	0.686	0.647	538.66
558.4	10.4	3.40	0.673	0.648	547.99
558.6	10.6	3.60	0.660	0.649	557.29
558.8	10.8	3.80	0.648	0.651	566.52
559.0	11.0	4.00	0.636	0.652	575.67
559.2	11.2	4.20	0.625	0.653	584.71
559.4	11.4	4.40	0.614	0.654	593.65
559.6	11.6	4.60	0.603	0.656	602.47
559.8	11.8	4.80	0.593	0.657	611.17
560.0	12.0	5.00	0.583	0.658	619.75
560.2	12.2	5.20	0.574	0.659	628.22
560.4	12.4	5.40	0.565	0.660	636.58
560.6	12.6	5.60	0.556	0.661	644.83
560.8	12.8	5.80	0.547	0.662	652.98
561.0	13.0	6.00	0.538	0.663	661.02
561.2	13.2	6.20	0.530	0.663	668.98
561.4	13.4	6.40	0.522	0.664	676.84
561.6	13.6	6.60	0.515	0.665	684.61
561.8	13.8	6.80	0.507	0.666	692.30
561.9	13.9	6.90	0.504	0.666	696.11
562.0	14.0	7.00	0.500	0.667	699.91

CONTINUACIÓN

**CUADRO 3.29 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 7.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.29 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 7.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6	8.6	1.10	0.872	0.627	468.06
556.8	8.8	1.30	0.852	0.629	480.51
557.0	9.0	1.50	0.833	0.631	492.63
557.2	9.2	1.70	0.815	0.633	504.47
557.4	9.4	1.90	0.798	0.635	516.05
557.6	9.6	2.10	0.781	0.637	527.39
557.8	9.8	2.30	0.765	0.639	538.50
558.0	10.0	2.50	0.750	0.640	549.40
558.2	10.2	2.70	0.735	0.642	560.11
558.4	10.4	2.90	0.721	0.643	570.63
558.6	10.6	3.10	0.708	0.645	580.97
558.8	10.8	3.30	0.694	0.646	591.18
559.0	11.0	3.50	0.682	0.647	600.84
559.2	11.2	3.70	0.670	0.648	610.49
559.4	11.4	3.90	0.658	0.650	620.11
559.6	11.6	4.10	0.647	0.651	629.65
559.8	11.8	4.30	0.636	0.652	639.11
560.0	12.0	4.50	0.625	0.653	648.47
560.2	12.2	4.70	0.615	0.654	657.72
560.4	12.4	4.90	0.605	0.655	666.86
560.6	12.6	5.10	0.595	0.656	675.89
560.8	12.8	5.30	0.586	0.657	684.80
561.0	13.0	5.50	0.577	0.658	693.60
561.2	13.2	5.70	0.568	0.659	702.30
561.4	13.4	5.90	0.560	0.660	710.88
561.6	13.6	6.10	0.551	0.661	719.37
561.8	13.8	6.30	0.543	0.662	727.76
561.9	13.9	6.40	0.540	0.662	731.92
562.0	14.0	6.50	0.536	0.663	736.05

CONTINUACIÓN

**CUADRO 3.30 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 8  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.30 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 8  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2	9.2	1.20	0.870	0.628	517.37
557.4	9.4	1.40	0.851	0.630	530.19
557.6	9.6	1.60	0.833	0.631	542.71
557.8	9.8	1.80	0.816	0.633	554.95
558.0	10.0	2.00	0.800	0.635	566.93
558.2	10.2	2.20	0.784	0.637	578.67
558.4	10.4	2.40	0.769	0.638	590.20
558.6	10.6	2.60	0.755	0.640	601.52
558.8	10.8	2.80	0.741	0.641	612.64
559.0	11.0	3.00	0.727	0.643	623.59
559.2	11.2	3.20	0.714	0.644	634.35
559.4	11.4	3.40	0.702	0.646	644.96
559.6	11.6	3.60	0.690	0.647	655.26
559.8	11.8	3.80	0.678	0.648	665.24
560.0	12.0	4.00	0.667	0.649	675.20
560.2	12.2	4.20	0.656	0.650	685.12
560.4	12.4	4.40	0.645	0.651	694.96
560.6	12.6	4.60	0.635	0.652	704.72
560.8	12.8	4.80	0.625	0.653	714.38
561.0	13.0	5.00	0.615	0.654	723.94
561.2	13.2	5.20	0.606	0.655	733.39
561.4	13.4	5.40	0.597	0.656	742.73
561.6	13.6	5.60	0.588	0.657	751.97
561.8	13.8	5.80	0.580	0.658	761.09
561.9	13.9	5.90	0.576	0.659	765.61
562.0	14.0	6.00	0.571	0.659	770.11

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.31 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 8.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.31 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 8.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6	9.6	1.10	0.885	0.626	554.78
557.8	9.8	1.30	0.867	0.628	568.30
558.0	10.0	1.50	0.850	0.630	581.48
558.2	10.2	1.70	0.833	0.631	594.37
558.4	10.4	1.90	0.817	0.633	607.00
558.6	10.6	2.10	0.802	0.635	619.37
558.8	10.8	2.30	0.787	0.636	631.51
559.0	11.0	2.50	0.773	0.638	643.44
559.2	11.2	2.70	0.759	0.639	655.16
559.4	11.4	2.90	0.746	0.641	666.69
559.6	11.6	3.10	0.733	0.642	678.04
559.8	11.8	3.30	0.720	0.644	689.22
560.0	12.0	3.50	0.708	0.645	700.23
560.2	12.2	3.70	0.697	0.646	711.23
560.4	12.4	3.90	0.685	0.647	721.50
560.6	12.6	4.10	0.675	0.648	731.78
560.8	12.8	4.30	0.664	0.649	742.04
561.0	13.0	4.50	0.654	0.650	752.25
561.2	13.2	4.70	0.644	0.651	762.38
561.4	13.4	4.90	0.634	0.652	772.44
561.6	13.6	5.10	0.625	0.653	782.39
561.8	13.8	5.30	0.616	0.654	792.25
561.9	13.9	5.40	0.612	0.655	797.14
562.0	14.0	5.50	0.607	0.655	802.00

CONTINUACIÓN

**CUADRO 3.32 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 9  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.32 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 9  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2	10.2	1.20	0.882	0.626	606.93
558.4	10.4	1.40	0.865	0.628	620.78
558.6	10.6	1.60	0.849	0.630	634.33
558.8	10.8	1.80	0.833	0.631	647.58
559.0	11.0	2.00	0.818	0.633	660.58
559.2	11.2	2.20	0.804	0.635	673.33
559.4	11.4	2.40	0.789	0.636	685.86
559.6	11.6	2.60	0.776	0.638	698.17
559.8	11.8	2.80	0.763	0.639	710.28
560.0	12.0	3.00	0.750	0.640	722.21
560.2	12.2	3.20	0.738	0.642	733.95
560.4	12.4	3.40	0.726	0.643	745.53
560.6	12.6	3.60	0.714	0.644	756.94
560.8	12.8	3.80	0.703	0.645	768.19
561.0	13.0	4.00	0.692	0.647	779.24
561.2	13.2	4.20	0.682	0.647	789.82
561.4	13.4	4.40	0.672	0.648	800.40
561.6	13.6	4.60	0.662	0.649	810.95
561.8	13.8	4.80	0.652	0.650	821.44
561.9	13.9	4.90	0.647	0.651	826.66
562.0	14.0	5.00	0.643	0.651	831.86

CONTINUACION

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.33 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 9.2  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.33 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 9.2  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					596.17
558.2	10.2	1.00	0.902	0.624	610.97
558.4	10.4	1.20	0.885	0.626	625.38
558.6	10.6	1.40	0.868	0.628	639.43
558.8	10.8	1.60	0.852	0.629	653.17
559.0	11.0	1.80	0.836	0.631	666.63
559.2	11.2	2.00	0.821	0.633	679.82
559.4	11.4	2.20	0.807	0.634	692.77
559.6	11.6	2.40	0.793	0.636	705.49
559.8	11.8	2.60	0.780	0.637	718.00
560.0	12.0	2.80	0.767	0.639	730.30
560.2	12.2	3.00	0.754	0.640	742.42
560.4	12.4	3.20	0.742	0.641	754.35
560.6	12.6	3.40	0.730	0.643	766.11
560.8	12.8	3.60	0.719	0.644	777.71
561.0	13.0	3.80	0.708	0.645	789.16
561.2	13.2	4.00	0.697	0.646	800.62
561.4	13.4	4.20	0.687	0.647	811.30
561.6	13.6	4.40	0.676	0.648	822.00
561.8	13.8	4.60	0.667	0.649	832.68
561.9	13.9	4.70	0.662	0.649	838.01
562.0	14.0	4.80	0.657	0.650	843.32

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.34 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 9.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.34 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 9.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4	10.4	0.90	0.913	0.623	631.17
558.6	10.6	1.10	0.896	0.625	646.07
558.8	10.8	1.30	0.880	0.626	660.60
559.0	11.0	1.50	0.864	0.628	674.79
559.2	11.2	1.70	0.848	0.630	688.68
559.4	11.4	1.90	0.833	0.631	702.29
559.6	11.6	2.10	0.819	0.633	715.65
559.8	11.8	2.30	0.805	0.634	728.77
560.0	12.0	2.50	0.792	0.636	741.67
560.2	12.2	2.70	0.779	0.637	754.36
560.4	12.4	2.90	0.766	0.639	766.85
560.6	12.6	3.10	0.754	0.640	779.16
560.8	12.8	3.30	0.742	0.641	791.29
561.0	13.0	3.50	0.731	0.642	803.25
561.2	13.2	3.70	0.720	0.644	815.04
561.4	13.4	3.90	0.709	0.645	826.69
561.6	13.6	4.10	0.699	0.646	838.45
561.8	13.8	4.30	0.688	0.647	849.30
561.9	13.9	4.40	0.683	0.647	854.73
562.0	14.0	4.50	0.679	0.648	860.17

CONTINUACIÓN

**CUADRO 3.35 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 10  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.35 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 10  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4					639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0	11.0	1.00	0.909	0.623	685.72
559.2	11.2	1.20	0.893	0.625	700.91
559.4	11.4	1.40	0.877	0.627	715.75
559.6	11.6	1.60	0.862	0.628	730.27
559.8	11.8	1.80	0.847	0.630	744.50
560.0	12.0	2.00	0.833	0.631	758.46
560.2	12.2	2.20	0.820	0.633	772.17
560.4	12.4	2.40	0.806	0.634	785.65
560.6	12.6	2.60	0.794	0.636	798.91
560.8	12.8	2.80	0.781	0.637	811.97
561.0	13.0	3.00	0.769	0.638	824.83
561.2	13.2	3.20	0.758	0.640	837.51
561.4	13.4	3.40	0.746	0.641	850.01
561.6	13.6	3.60	0.735	0.642	862.34
561.8	13.8	3.80	0.725	0.643	874.52
561.9	13.9	3.90	0.719	0.644	880.54
562.0	14.0	4.00	0.714	0.644	886.54

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.36 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 10.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.36 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 10.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4					639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4	11.4	0.90	0.921	0.622	725.85
559.6	11.6	1.10	0.905	0.624	741.71
559.8	11.8	1.30	0.890	0.625	757.20
560.0	12.0	1.50	0.875	0.627	772.35
560.2	12.2	1.70	0.861	0.628	787.19
560.4	12.4	1.90	0.847	0.630	801.75
560.6	12.6	2.10	0.833	0.631	816.05
560.8	12.8	2.30	0.820	0.633	830.10
561.0	13.0	2.50	0.808	0.634	843.93
561.2	13.2	2.70	0.795	0.635	857.55
561.4	13.4	2.90	0.784	0.637	870.96
561.6	13.6	3.10	0.772	0.638	884.18
561.8	13.8	3.30	0.761	0.639	897.22
561.9	13.9	3.40	0.755	0.640	903.67
562.0	14.0	3.50	0.750	0.640	910.09

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.37 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 11  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.37 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 11  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4				0.000	639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4					735.02
559.6					754.86
559.8					774.95
560.0	12.0	1.00	0.917	0.622	782.99
560.2	12.2	1.20	0.902	0.624	799.13
560.4	12.4	1.40	0.887	0.626	814.90
560.6	12.6	1.60	0.873	0.627	830.36
560.8	12.8	1.80	0.859	0.629	845.51
561.0	13.0	2.00	0.846	0.630	860.40
561.2	13.2	2.20	0.833	0.631	875.03
561.4	13.4	2.40	0.821	0.633	889.42
561.6	13.6	2.60	0.809	0.634	903.59
561.8	13.8	2.80	0.797	0.635	917.55
561.9	13.9	2.90	0.791	0.636	924.45
562.0	14.0	3.00	0.786	0.637	931.31

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.38 DESCARGA DE UNA CÔMPUERTA RADIAL**

Apertura 11.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.38 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 11.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4				0.000	639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4					735.02
559.6					754.86
559.8					774.95
560.0					795.28
560.2					815.85
560.4					836.69
560.6	12.6	1.10	0.913	0.623	841.51
560.8	12.8	1.30	0.898	0.624	857.92
561.0	13.0	1.50	0.885	0.626	873.99
561.2	13.2	1.70	0.871	0.627	889.74
561.4	13.4	1.90	0.858	0.629	905.21
561.6	13.6	2.10	0.846	0.630	920.41
561.8	13.8	2.30	0.833	0.631	935.36
561.9	13.9	2.40	0.827	0.632	942.75
562.0	14.0	2.50	0.821	0.633	950.08

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.39 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 12  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.39 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 12  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4					639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4					735.02
559.6					754.86
559.8					774.95
560.0					795.28
560.2					815.85
560.4					836.69
560.6					857.79
560.8					879.16
561.0					900.81
561.2	13.2	1.20	0.909	0.623	901.40
561.4	13.4	1.40	0.896	0.625	918.08
561.6	13.6	1.60	0.882	0.626	934.42
561.8	13.8	1.80	0.870	0.628	950.47
561.9	13.9	1.90	0.863	0.628	958.39
562.0	14.0	2.00	0.857	0.629	966.24

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.40 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 12.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.40 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 12.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4				0.000	639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4					735.02
559.6					754.86
559.8					774.95
560.0					795.28
560.2					815.85
560.4					836.69
560.6					857.79
560.8					879.16
561.0					900.81
561.2					922.74
561.4					944.97
561.6	13.6	1.10	0.919	0.622	945.31
561.8	13.8	1.30	0.906	0.624	962.61
561.9	13.9	1.40	0.899	0.624	971.12
562.0	14.0	1.50	0.893	0.625	979.55

CONTINUACION

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.41 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 13  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.41 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 13  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4				0.000	639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4					735.02
559.6					754.86
559.8					774.95
560.0					795.28
560.2					815.85
560.4					836.69
560.6					857.79
560.8					879.16
561.0					900.81
561.2					922.74
561.4					944.97
561.6					967.51
561.8					990.36
561.9					1001.91
562.0	14.0	1.00	0.929	0.000	1013.54

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.42 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 13.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.42 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 13.5  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4				0.000	639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4					735.02
559.6					754.86
559.8					774.95
560.0					795.28
560.2					815.85
560.4					836.69
560.6					857.79
560.8					879.16
561.0					900.81
561.2					922.74
561.4					944.97
561.6					967.51
561.8					990.36
561.9					1001.91
562.0					1013.54

CONTINUACIÓN

**CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA S.A**  
**MANUAL DE OPERACION DEL EMBALSE**

**CUADRO 3.43 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 14  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msmm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
548.0					0.00
548.2					3.15
548.4					6.09
548.6					9.43
548.8					13.64
549.0					18.88
549.2					25.00
549.4					31.63
549.6					38.51
549.8					45.87
550.0					57.13
550.2					64.86
550.4					73.01
550.6					81.58
550.8					90.54
551.0					99.88
551.2					109.60
551.4					119.68
551.6					130.11
551.8					140.88
552.0					151.97
552.2					163.39
552.4					175.11
552.6					187.14
552.8					199.45
553.0					212.05
553.2					224.92
553.4					238.05
553.6					251.45
553.8					265.10
554.0					278.99
554.2					293.13
554.4					307.50
554.6					322.09
554.8					336.92
555.0					351.96
555.2					367.22
555.4					382.70
555.6					398.38
555.8					414.27
556.0					430.36
556.2					446.66
556.4					463.16

**CUADRO 3.43 DESCARGA DE UNA COMPUERTA RADIAL**

Apertura 14  
 Nivel Cresta Rebosadero 548 msnm  
 Ancho Compuerta 10.5 m

Nivel Embalse	H1	H2	(H1-H2)/H1	C	Descarga
msnm	m	m	-	-	m <sup>3</sup> /s
556.6					479.86
556.8					496.76
557.0					513.86
557.2					531.15
557.4					548.65
557.6					566.35
557.8					584.25
558.0					602.35
558.2					620.66
558.4					639.18
558.6					657.91
558.8					676.85
559.0					696.02
559.2					715.40
559.4					735.02
559.6					754.86
559.8					774.95
560.0					795.28
560.2					815.85
560.4					836.69
560.6					857.79
560.8					879.16
561.0					900.81
561.2					922.74
561.4					944.97
561.6					967.51
561.8					990.36
561.9					1001.91
562.0					1013.54

CONTINUACIÓN

CUADRO 4.1 CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN EL SITIO DE PRESA DE BETANIA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIO
1961	254.1	256.2	373.6	571.5	460.7	599.1	656.0	417.5	242.6	360.2	565.9	298.0	420.3
1962	209.3	243.2	280.0	329.3	623.2	846.5	782.3	642.6	317.2	492.0	427.5	329.1	460.2
1963	293.0	422.1	282.3	479.4	512.7	457.4	489.3	444.9	255.7	184.1	483.1	334.5	384.9
1964	155.4	127.0	109.7	400.3	378.8	683.2	579.7	508.4	401.7	285.7	335.9	300.7	352.2
1965	208.8	109.3	183.4	486.7	577.0	516.7	539.3	446.8	283.6	354.5	502.9	407.1	385.5
1966	198.1	134.9	287.4	280.3	263.0	245.4	509.5	428.2	262.4	288.0	387.4	635.0	327.4
1967	255.7	303.3	334.7	331.7	416.7	817.6	608.3	516.2	232.2	270.0	434.5	347.0	405.7
1968	343.1	326.1	493.0	329.6	511.7	730.0	1,390.4	633.3	369.0	424.5	393.1	374.1	526.5
1969	242.7	233.7	178.0	598.9	483.6	604.7	531.7	586.7	238.7	547.5	504.9	546.1	439.8
1970	351.8	356.5	379.2	373.6	577.2	659.9	484.3	517.3	500.8	480.9	800.4	383.4	470.4
1971	538.2	481.8	489.6	807.1	578.4	484.1	742.1	442.0	343.7	492.2	536.9	394.4	509.2
1972	465.0	344.3	392.6	504.2	589.7	524.8	752.5	351.9	394.0	243.1	483.9	327.7	448.6
1973	160.6	171.5	188.8	247.1	361.1	374.6	508.4	519.5	509.1	392.3	494.4	581.9	374.9
1974	381.1	682.4	580.3	530.4	502.8	495.4	689.7	512.9	423.3	474.6	637.4	398.8	522.4
1975	263.6	349.7	483.4	351.3	555.5	703.7	546.6	576.9	477.4	490.5	882.5	642.7	507.0
1976	343.1	416.2	598.4	713.0	793.8	752.4	998.2	662.2	521.7	476.0	476.0	376.2	593.8
1977	182.6	217.4	239.6	410.3	495.0	542.9	527.0	415.2	536.0	528.3	556.0	275.2	410.3
1978	210.9	199.5	254.6	579.8	408.8	516.8	478.3	465.4	334.1	347.5	265.8	324.3	365.3
1979	178.0	160.3	412.1	538.8	485.1	659.0	519.2	368.8	366.5	344.5	559.3	349.2	412.7
1980	283.6	337.3	324.4	529.2	484.5	662.8	530.0	384.7	330.2	482.1	291.6	300.8	410.1
1981	215.7	298.4	322.0	451.7	726.7	514.4	587.2	347.9	345.3	346.1	545.6	346.0	420.6
1982	602.5	474.4	500.3	597.1	624.4	485.4	727.2	562.2	473.4	457.7	383.2	484.5	529.3
1983	325.0	288.4	389.0	846.9	585.2	381.3	424.8	572.1	309.6	373.9	330.3	420.0	422.0
1984	524.1	466.4	297.9	466.5	510.0	565.1	810.3	486.8	400.0	586.5	635.8	508.6	502.5
1985	308.9	209.7	207.2	314.4	447.8	730.7	686.4	600.1	377.0	382.5	374.4	287.9	408.1
1986	287.1	410.4	572.8	484.5	405.8	748.9	1,018.9	448.5	417.7	803.4	555.5	276.3	535.8
1987	206.6	223.9	226.2	467.0	517.8	456.8	525.8	811.5	321.8	448.9	317.5	280.4	384.5
1988	152.9	213.0	171.7	283.1	355.0	630.1	782.8	363.7	309.8	348.1	635.8	472.3	394.0
1989	362.7	346.0	571.0	359.6	616.3	620.4	679.8	405.3	346.9	447.5	446.9	283.4	455.5
1990	274.4	314.9	347.9	420.0	669.7	688.4	647.1	525.7	332.8	340.0	334.3	361.5	438.1
1991	187.2	189.0	284.1	342.8	389.7	453.8	775.4	708.0	530.0	307.8	411.1	347.8	412.2
1992	224.6	204.3	186.5	329.0	249.8	377.2	648.1	524.8	253.5	217.2	282.5	300.7	316.5
1993	198.4	237.6	434.1	455.4	502.5	651.7	573.0	452.2	328.5	291.8	558.0	473.1	429.7
1994	333.4	336.1	483.8	714.0	749.9	854.1	701.6	622.0	446.6	408.1	435.1	364.8	537.5
1995	184.8	148.6	283.0	476.8	441.7	440.3	481.8	266.3	245.7	321.9	356.1	253.4	325.8
1996	265.7	453.8	528.8	404.7	482.2	503.1	723.3	403.3	302.3	478.0	300.9	350.2	433.1
1997	442.5	348.9	288.7	328.7	636.8	375.4	840.9	451.6	211.1				436.2
MEDIO	287.4	297.4	350.3	452.8	513.2	576.6	654.5	491.2	359.2	401.1	458.7	380.1	435.4
MAXIMO	602.5	662.4	566.4	714.0	793.8	854.1	1,390.4	708.0	536.0	803.4	662.5	642.7	593.8
MINIMO	152.9	109.3	109.7	247.1	249.8	245.4	424.8	265.3	211.1	184.1	265.8	253.4	316.5

CUADRO 4.2 CRECIENTES MÁXIMAS A NIVEL MENSUAL Y ANUAL (m<sup>3</sup>/s) EN BETANIA  
 PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO  
 (CON BASE EN INFORMACIÓN DEL PERÍODO 1959-1995)

ANOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	CRECIENTE MAX-ANUAL
5	1548	1440	1841	2197	2053	2492	2778	2526	1699	1535	1550	1749	2504
10	1753	1631	2085	2488	2325	2822	3147	2861	1924	1738	1756	1981	2836
25	2013	1873	2384	2856	2689	3240	3613	3285	2209	1995	2015	2275	3256
50	2205	2052	2623	3129	2924	3550	3958	3599	2420	2186	2208	2492	3567
100	2396	2230	2850	3400	3177	3858	4301	3911	2630	2375	2399	2709	3876
1000	3027	2817	3601	4296	4014	4874	5434	4941	3322	3001	3031	3421	4897

VOLUMENES MÁXIMOS A NIVEL MENSUAL Y ANUAL (mm<sup>3</sup>) EN BETANIA  
 PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO  
 (CON BASE EN INFORMACIÓN DEL PERÍODO 1959-1995)

ANOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	CRECIENTE MAX-ANUAL
5	202.05	196.90	293.13	276.73	266.00	361.25	489.39	376.91	298.08	227.08	285.88	162.28	483.33
10	231.94	227.84	337.95	314.50	298.36	406.64	555.63	418.77	335.50	267.32	321.25	182.92	526.11
25	269.63	267.42	393.81	361.74	338.35	463.23	637.62	470.92	381.54	284.82	364.43	208.75	603.73
50	297.40	296.54	435.79	396.21	367.44	504.32	698.10	508.99	415.43	322.25	395.92	227.38	660.98
100	325.31	326.03	477.35	430.33	395.78	544.29	757.48	546.06	448.26	349.35	427.02	245.79	717.15
1000	417.79	425.02	616.60	542.99	489.35	678.11	952.84	666.74	556.39	437.73	527.37	308.08	901.67

Cuadro 5.1 Transito de Creciente de 10 años

Nivel Maximo 560.96 msnm  
 Caudal Max 1600.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
0.00	560.05	1485.425	871.00	871.00	1485.425	560.05
1.01	560.05	1485.425	878.60	878.60	1485.425	560.05
2.02	560.05	1485.425	889.15	889.15	1485.425	560.05
3.02	560.05	1485.425	903.14	903.14	1485.425	560.05
4.03	560.05	1485.425	931.73	931.73	1485.425	560.05
5.04	560.05	1485.425	993.10	993.10	1485.425	560.05
6.05	560.05	1485.425	1035.81	1035.81	1485.425	560.05
7.06	560.05	1485.425	1061.12	1061.12	1485.425	560.05
8.06	560.05	1485.425	1103.73	1103.73	1485.425	560.05
9.07	560.05	1485.425	1149.81	1149.81	1485.425	560.05
10.08	560.05	1485.350	1252.95	1355.13	1485.323	560.05
11.09	560.04	1484.842	1341.11	1522.36	1484.778	560.04
12.10	560.03	1484.090	1437.91	1600.00	1484.040	560.03
13.10	560.03	1483.666	1559.74	1600.00	1483.652	560.03
14.11	560.03	1483.730	1699.56	1600.00	1483.758	560.03
15.12	560.04	1484.275	1824.76	1600.00	1484.341	560.04
16.13	560.05	1485.324	1984.99	1600.00	1485.438	560.05
17.14	560.07	1486.977	2151.64	1600.00	1487.142	560.07
18.14	560.09	1489.175	2280.99	1600.00	1489.379	560.10
19.15	560.12	1491.834	2396.05	1600.00	1492.073	560.13
20.16	560.16	1494.884	2499.07	1600.00	1495.155	560.16
21.17	560.20	1498.338	2619.16	1600.00	1498.645	560.20
22.18	560.24	1502.210	2731.49	1600.00	1502.551	560.25
23.18	560.29	1506.489	2853.18	1600.00	1506.867	560.30
24.19	560.35	1511.193	2958.06	1600.00	1511.602	560.35
25.20	560.40	1516.214	3020.93	1600.00	1516.643	560.41
26.21	560.47	1521.452	3069.38	1600.00	1521.896	560.47
27.22	560.53	1526.834	3103.37	1600.00	1527.288	560.53
28.64	560.62	1534.620	3106.20	1600.00	1535.076	560.62
29.65	560.68	1539.943	2993.56	1600.00	1540.366	560.68
30.66	560.73	1544.795	2826.10	1600.00	1545.168	560.74
31.67	560.78	1548.915	2629.80	1600.00	1549.229	560.79
32.68	560.82	1552.379	2449.73	1600.00	1552.639	560.82
33.68	560.85	1555.165	2273.79	1600.00	1555.371	560.86
34.69	560.88	1557.427	2161.40	1600.00	1557.598	560.88
35.70	560.90	1559.334	2071.57	1600.00	1559.478	560.90
36.71	560.92	1560.870	1956.91	1600.00	1560.979	560.92
37.72	560.93	1561.998	1860.92	1600.00	1562.078	560.93
38.72	560.94	1562.835	1790.04	1600.00	1562.893	560.94
39.73	560.95	1563.428	1726.82	1600.00	1563.467	560.95
40.74	560.95	1563.799	1668.41	1600.00	1563.820	560.95
41.75	560.95	1563.958	1613.44	1600.00	1563.963	560.96
42.76	560.95	1563.942	1576.14	1600.00	1563.935	560.95
43.76	560.95	1563.804	1539.35	1600.00	1563.786	560.95
44.77	560.95	1563.518	1498.10	1600.00	1563.488	560.95

Cuadro 5.1 Transito de Creciente de 10 años

Nivel Maximo 560.96 msnm  
 Caudal Max 1600.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
45.78	560.94	1563.089	1459.39	1600.00	1563.047	560.94
46.79	560.94	1562.538	1430.97	1600.00	1562.488	560.94
47.80	560.93	1561.882	1406.60	1600.00	1561.823	560.93
48.80	560.92	1561.145	1385.20	1600.00	1561.081	560.92
49.81	560.91	1560.335	1366.26	1600.00	1560.265	560.91
50.82	560.90	1559.461	1350.00	1600.00	1559.386	560.90
51.83	560.89	1558.534	1340.75	1600.00	1558.456	560.89
52.84	560.88	1557.581	1331.28	1600.00	1557.500	560.88
53.84	560.87	1556.590	1319.83	1600.00	1556.506	560.87
54.85	560.86	1555.552	1303.21	1600.00	1555.463	560.86
55.86	560.85	1554.440	1281.47	1600.00	1554.344	560.84
56.87	560.83	1553.259	1263.22	1600.00	1553.157	560.83
57.88	560.82	1552.009	1244.43	1600.00	1551.901	560.82
58.88	560.80	1550.690	1225.27	1600.00	1550.577	560.80
59.89	560.79	1549.302	1209.12	1600.00	1549.184	560.78
60.90	560.77	1547.856	1191.87	1600.00	1547.733	560.77
61.91	560.75	1546.347	1174.89	1600.00	1546.218	560.75
62.92	560.73	1544.779	1157.45	1600.00	1544.645	560.73
63.92	560.72	1543.147	1141.20	1600.00	1543.009	560.71
64.93	560.70	1541.463	1127.45	1600.00	1541.320	560.69
65.94	560.68	1539.731	1113.32	1600.00	1539.584	560.67
66.95	560.66	1537.946	1098.68	1600.00	1537.795	560.65
67.96	560.63	1536.103	1091.31	1600.00	1535.949	560.63
68.96	560.61	1534.260	1082.05	1600.00	1534.103	560.61
69.97	560.59	1532.348	1063.02	1600.00	1532.185	560.59
70.98	560.57	1530.367	1044.24	1600.00	1530.199	560.57
71.99	560.54	1528.333	1030.45	1600.00	1528.161	560.54
73.00	560.52	1526.235	1018.28	1600.00	1526.059	560.52
74.00	560.50	1524.106	1006.21	1600.00	1523.927	560.49
75.01	560.47	1521.945	996.05	1600.00	1521.762	560.47
76.02	560.45	1519.731	989.14	1600.00	1519.546	560.44
77.03	560.42	1517.506	981.63	1600.00	1517.319	560.42
78.04	560.39	1515.250	973.85	1600.00	1515.061	560.39
79.04	560.37	1512.962	966.24	1600.00	1512.770	560.37
80.05	560.34	1510.658	958.54	1600.00	1510.464	560.34
81.06	560.31	1508.306	950.87	1600.00	1508.110	560.31
82.07	560.29	1505.954	943.25	1600.00	1505.756	560.28
83.08	560.26	1503.544	937.73	1600.00	1503.344	560.26
84.08	560.23	1501.129	934.34	1600.00	1500.928	560.23
85.09	560.20	1498.714	930.95	1600.00	1498.512	560.20
86.10	560.18	1496.299	927.82	1600.00	1496.095	560.17
87.11	560.15	1493.883	925.07	1600.00	1493.679	560.15
88.12	560.12	1491.405	921.99	1600.00	1491.200	560.12
89.12	560.10	1489.858	918.22	918.22	1489.858	560.10
90.13	560.10	1489.858	912.53	912.53	1489.858	560.10

Cuadro 5.1 Transito de Creciente de 10 años

Nivel Maximo 560.96 msnm  
 Caudal Max 1600.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
91.14	560.10	1489.858	906.46	906.46	1489.858	560.10
92.15	560.10	1489.858	900.60	900.60	1489.858	560.10
93.16	560.10	1489.858	894.76	894.76	1489.858	560.10
94.16	560.10	1489.858	891.27	891.27	1489.858	560.10
95.17	560.10	1489.858	889.04	889.04	1489.858	560.10
96.18	560.10	1489.858	886.84	886.84	1489.858	560.10
97.19	560.10	1489.858	886.01	886.01	1489.858	560.10
98.20	560.10	1489.858	883.93	883.93	1489.858	560.10
99.20	560.10	1489.858	881.86	881.86	1489.858	560.10
100.21	560.10	1489.858	879.79	879.79	1489.858	560.10
101.22	560.10	1489.858	878.37	878.37	1489.858	560.10
102.23	560.10	1489.858	881.28	881.28	1489.858	560.10
103.24	560.10	1489.858	880.51	880.51	1489.858	560.10
104.24	560.10	1489.858	879.74	879.74	1489.858	560.10
105.25	560.10	1489.858	877.88	877.88	1489.858	560.10
106.26	560.10	1489.858	875.57	875.57	1489.858	560.10
107.27	560.10	1489.858	873.27	873.27	1489.858	560.10
108.28	560.10	1489.858	871.00	871.00	1489.858	560.10

Cuadro 5.2 Transito de Creciente de 25 años

Nivel Maximo 561.06 msnm  
 Caudal Max 2200.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
0.00	560.05	1485.425	999.00	999.00	1485.425	560.05
1.01	560.05	1485.425	1007.73	1007.73	1485.425	560.05
2.02	560.05	1485.425	1019.85	1019.85	1485.425	560.05
3.02	560.05	1485.425	1035.92	1035.92	1485.425	560.05
4.03	560.05	1485.425	1068.75	1068.75	1485.425	560.05
5.04	560.05	1485.425	1139.24	1139.24	1485.425	560.05
6.05	560.05	1485.425	1188.29	1188.29	1485.425	560.05
7.06	560.05	1485.425	1217.36	1217.36	1485.425	560.05
8.06	560.05	1485.403	1266.30	1281.38	1485.394	560.05
9.07	560.05	1485.070	1319.22	1485.67	1485.020	560.05
10.08	560.04	1484.339	1437.68	1600.00	1484.288	560.04
11.09	560.03	1483.899	1538.94	1600.00	1483.879	560.03
12.10	560.03	1483.857	1650.12	1600.00	1483.871	560.03
13.10	560.04	1484.238	1790.04	1600.00	1484.294	560.04
14.11	560.05	1485.165	1950.62	1600.00	1485.269	560.05
15.12	560.06	1486.648	2094.42	1600.00	1486.796	560.07
16.13	560.09	1488.714	2278.46	1600.00	1488.917	560.09
17.14	560.12	1491.468	2469.86	1600.00	1491.729	560.12
18.14	560.16	1494.853	2618.42	1600.00	1495.159	560.16
19.15	560.20	1498.762	2750.57	1600.00	1499.108	560.21
20.16	560.25	1503.115	2868.89	1600.00	1503.498	560.26
21.17	560.31	1507.935	3006.82	1600.00	1508.359	560.31
22.18	560.37	1513.243	3135.83	1600.00	1513.705	560.38
23.18	560.44	1519.021	3275.60	1600.00	1519.526	560.44
24.19	560.51	1525.292	3396.06	1600.00	1525.834	560.52
25.20	560.59	1531.913	3468.26	1600.00	1532.477	560.59
26.21	560.66	1538.767	3523.91	1667.20	1539.331	560.67
27.22	560.74	1545.255	3562.94	1868.80	1545.770	560.75
28.64	560.83	1553.460	3566.19	2154.40	1553.890	560.84
29.65	560.89	1558.280	3436.82	2200.00	1558.656	560.89
30.66	560.94	1562.528	3244.50	2200.00	1562.847	560.94
31.67	560.98	1565.944	3019.04	2200.00	1566.194	560.98
32.68	561.01	1568.582	2812.22	2200.00	1568.769	561.01
33.68	561.03	1570.462	2610.14	2200.00	1570.588	561.03
34.69	561.04	1571.733	2481.07	2200.00	1571.820	561.05
35.70	561.05	1572.597	2377.89	2200.00	1572.652	561.06
36.71	561.06	1573.042	2246.21	2200.00	1573.057	561.06
37.72	561.06	1573.020	2135.95	2200.00	1573.002	561.06
38.72	561.06	1572.666	2054.54	2200.00	1572.623	561.05
39.73	561.05	1572.025	1981.93	2200.00	1571.960	561.05
40.74	561.04	1571.130	1914.85	2200.00	1571.044	561.04
41.75	561.02	1570.001	1851.72	2200.00	1569.897	561.02
42.76	561.01	1568.661	1808.88	2200.00	1568.543	561.01
43.76	560.99	1567.183	1766.62	2200.00	1567.053	560.99
44.77	560.97	1565.536	1719.24	2200.00	1565.391	560.97

Cuadro 5.2 Transito de Creciente de 25 años

Nivel Maximo 561.06 msnm  
 Caudal Max 2200.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
45.78	560.96	1564.721	1674.79	1600.00	1564.744	560.96
46.79	560.97	1564.943	1642.14	1600.00	1564.956	560.97
47.80	560.97	1565.049	1614.16	1600.00	1565.054	560.97
48.80	560.97	1565.065	1589.58	1600.00	1565.062	560.97
49.81	560.97	1564.991	1567.82	1600.00	1564.981	560.97
50.82	560.97	1564.842	1549.15	1600.00	1564.827	560.96
51.83	560.96	1564.652	1538.52	1600.00	1564.633	560.96
52.84	560.96	1564.403	1527.65	1600.00	1564.381	560.96
53.84	560.96	1564.133	1514.50	1600.00	1564.107	560.96
54.85	560.95	1563.794	1495.41	1600.00	1563.762	560.95
55.86	560.95	1563.380	1470.44	1600.00	1563.342	560.95
56.87	560.94	1562.883	1449.48	1600.00	1562.837	560.94
57.88	560.94	1562.300	1427.90	1600.00	1562.248	560.94
58.88	560.93	1561.638	1405.89	1600.00	1561.579	560.93
59.89	560.92	1560.902	1387.34	1600.00	1560.838	560.92
60.90	560.91	1560.102	1367.53	1600.00	1560.032	560.91
61.91	560.90	1559.228	1348.03	1600.00	1559.152	560.90
62.92	560.89	1558.285	1328.00	1600.00	1558.203	560.89
63.92	560.88	1557.273	1309.33	1600.00	1557.186	560.88
64.93	560.87	1556.193	1293.54	1600.00	1556.100	560.86
65.94	560.85	1555.054	1277.31	1600.00	1554.957	560.85
66.95	560.84	1553.857	1260.50	1600.00	1553.755	560.84
67.96	560.82	1552.602	1252.04	1600.00	1552.497	560.82
68.96	560.81	1551.331	1241.40	1600.00	1551.223	560.81
69.97	560.79	1549.996	1219.55	1600.00	1549.881	560.79
70.98	560.78	1548.582	1197.97	1600.00	1548.460	560.78
71.99	560.76	1547.099	1182.13	1600.00	1546.972	560.76
73.00	560.74	1545.568	1168.16	1600.00	1545.437	560.74
74.00	560.72	1543.979	1154.29	1600.00	1543.844	560.72
75.01	560.71	1542.337	1142.62	1600.00	1542.199	560.70
76.02	560.69	1540.679	1134.69	1600.00	1540.538	560.69
77.03	560.67	1538.963	1126.06	1600.00	1538.820	560.67
78.04	560.65	1537.242	1117.13	1600.00	1537.096	560.65
79.04	560.63	1535.462	1108.39	1600.00	1535.313	560.62
80.05	560.61	1533.677	1099.54	1600.00	1533.526	560.60
81.06	560.58	1531.834	1090.74	1600.00	1531.680	560.58
82.07	560.56	1529.985	1081.98	1600.00	1529.829	560.56
83.08	560.54	1528.078	1075.65	1600.00	1527.920	560.54
84.08	560.52	1526.172	1071.75	1600.00	1526.012	560.52
85.09	560.50	1524.265	1067.86	1600.00	1524.104	560.50
86.10	560.48	1522.337	1064.26	1600.00	1522.175	560.47
87.11	560.45	1520.367	1061.10	1600.00	1520.204	560.45
88.12	560.43	1518.396	1057.56	1600.00	1518.232	560.43
89.12	560.41	1516.426	1053.24	1600.00	1516.261	560.41
90.13	560.38	1514.450	1046.70	1600.00	1514.283	560.38

Cuadro 5.2 Transito de Creciente de 25 años

Nivel Maximo 561.06 msnm  
 Caudal Max 2200.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
91.14	560.36	1512.416	1039.73	1600.00	1512.247	560.36
92.15	560.34	1510.382	1032.99	1600.00	1510.211	560.34
93.16	560.31	1508.311	1026.29	1600.00	1508.138	560.31
94.16	560.29	1506.214	1022.28	1600.00	1506.039	560.29
95.17	560.27	1504.116	1019.72	1600.00	1503.941	560.26
96.18	560.24	1502.019	1017.19	1600.00	1501.843	560.24
97.19	560.22	1499.922	1016.24	1600.00	1499.745	560.22
98.20	560.19	1497.824	1013.85	1600.00	1497.647	560.19
99.20	560.17	1495.684	1011.47	1600.00	1495.506	560.17
100.21	560.14	1493.523	1009.10	1600.00	1493.345	560.14
101.22	560.12	1491.362	1007.46	1600.00	1491.183	560.12
102.23	560.09	1489.291	1010.81	1010.81	1489.291	560.09
103.24	560.09	1489.291	1009.92	1009.92	1489.291	560.09
104.24	560.09	1489.291	1009.04	1009.04	1489.291	560.09
105.25	560.09	1489.291	1006.90	1006.90	1489.291	560.09
106.26	560.09	1489.291	1004.25	1004.25	1489.291	560.09
107.27	560.09	1489.291	1001.61	1001.61	1489.291	560.09
108.28	560.09	1489.291	999.00	999.00	1489.291	560.09

Cuadro 5.3 Transito de Creciente de 50 años

Nivel Maximo 561.33 msnm  
Caudal Max 2200.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
0.00	560.05	1485.425	1093.00	1093.00	1485.425	560.05
1.01	560.05	1485.425	1102.57	1102.57	1485.425	560.05
2.02	560.05	1485.425	1115.85	1115.85	1485.425	560.05
3.02	560.05	1485.425	1133.46	1133.46	1485.425	560.05
4.03	560.05	1485.425	1169.45	1169.45	1485.425	560.05
5.04	560.05	1485.425	1246.71	1246.71	1485.425	560.05
6.05	560.05	1485.425	1300.47	1300.47	1485.425	560.05
7.06	560.05	1485.361	1332.33	1437.83	1485.341	560.05
8.06	560.04	1484.895	1385.97	1600.00	1484.839	560.04
9.07	560.04	1484.206	1443.98	1600.00	1484.158	560.04
10.08	560.03	1483.830	1573.82	1600.00	1483.821	560.03
11.09	560.03	1483.894	1684.80	1600.00	1483.918	560.03
12.10	560.04	1484.392	1806.66	1600.00	1484.453	560.04
13.10	560.05	1485.356	1960.02	1600.00	1485.463	560.05
14.11	560.07	1486.929	2136.04	1600.00	1487.089	560.07
15.12	560.09	1489.106	2293.64	1600.00	1489.313	560.09
16.13	560.13	1491.934	2495.36	1600.00	1492.202	560.13
17.14	560.17	1495.525	2705.15	1600.00	1495.857	560.17
18.14	560.22	1499.784	2867.98	1600.00	1500.165	560.22
19.15	560.27	1504.614	3012.82	1600.00	1505.040	560.28
20.16	560.33	1509.938	3142.51	1600.00	1510.402	560.34
21.17	560.40	1515.774	3293.69	1600.00	1516.285	560.41
22.18	560.47	1522.136	3435.10	1600.00	1522.689	560.48
23.18	560.55	1529.016	3588.28	1600.00	1529.615	560.56
24.19	560.64	1536.378	3720.32	1700.80	1536.990	560.64
25.20	560.72	1543.523	3799.46	1902.40	1544.099	560.73
26.21	560.80	1550.203	3860.45	2104.00	1550.736	560.80
27.22	560.87	1556.405	3903.23	2200.00	1556.919	560.87
28.64	560.97	1565.234	3906.80	2200.00	1565.751	560.98
29.65	561.04	1571.235	3765.00	2200.00	1571.710	561.04
30.66	561.10	1576.649	3554.20	2200.00	1577.062	561.11
31.67	561.15	1581.161	3307.08	2200.00	1581.499	561.16
32.68	561.20	1584.832	3080.40	2200.00	1585.101	561.20
33.68	561.23	1587.671	2858.91	2200.00	1587.872	561.23
34.69	561.25	1589.821	2717.43	2200.00	1589.979	561.25
35.70	561.27	1591.537	2604.35	2200.00	1591.661	561.27
36.71	561.29	1592.787	2460.01	2200.00	1592.868	561.29
37.72	561.30	1593.524	2339.17	2200.00	1593.567	561.30
38.72	561.30	1593.889	2249.94	2200.00	1593.905	561.30
39.73	561.30	1593.947	2170.35	2200.00	1593.939	561.30
40.74	561.30	1593.725	2096.82	2200.00	1593.695	561.30
41.75	561.29	1593.243	2027.63	2200.00	1593.192	561.29
42.76	561.28	1592.538	1980.67	2200.00	1592.473	561.28
43.76	561.27	1591.675	1934.36	2200.00	1591.595	561.27
44.77	561.28	1591.876	1882.43	1281.23	1592.059	561.28
45.78	561.30	1593.794	1833.70	1416.59	1593.921	561.30

Cuadro 5.3 Transito de Creciente de 50 años

Nivel Maximo 561.33 msnm  
Caudal Max 2200.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
46.79	561.31	1595.113	1797.92	1551.67	1595.188	561.31
47.80	561.32	1595.955	1767.25	1552.65	1596.020	561.32
48.80	561.33	1596.585	1740.31	1683.70	1596.603	561.33
49.81	561.33	1596.749	1716.46	1683.91	1596.759	561.33
50.82	561.33	1596.839	1696.00	1684.03	1596.843	561.33
51.83	561.33	1596.860	1684.34	1684.05	1596.861	561.33
52.84	561.33	1596.850	1672.43	1684.05	1596.847	561.33
53.84	561.33	1596.786	1658.02	1684.05	1596.779	561.33
54.85	561.33	1596.665	1637.09	1684.05	1596.651	561.33
55.86	561.33	1596.447	1609.72	1684.05	1596.425	561.33
56.87	561.33	1596.146	1586.75	1684.05	1596.116	561.33
57.88	561.32	1595.754	1563.10	1684.05	1595.717	561.32
58.88	561.32	1595.277	1538.98	1684.05	1595.233	561.32
59.89	561.31	1594.721	1518.64	1684.05	1594.671	561.31
60.90	561.30	1594.085	1496.93	1684.05	1594.029	561.30
61.91	561.29	1593.370	1475.55	1684.05	1593.307	561.29
62.92	561.28	1592.581	1453.60	1684.05	1592.511	561.28
63.92	561.27	1591.712	1433.14	1684.05	1591.637	561.27
64.93	561.26	1590.775	1415.84	1684.05	1590.694	561.26
65.94	561.25	1589.774	1398.05	1684.05	1589.687	561.25
66.95	561.25	1589.896	1379.62	1163.07	1589.961	561.25
67.96	561.26	1590.658	1370.34	1163.62	1590.721	561.26
68.96	561.27	1591.389	1358.68	1280.81	1591.413	561.27
69.97	561.27	1591.627	1334.73	1281.02	1591.644	561.27
70.98	561.28	1591.786	1311.08	1281.15	1591.796	561.28
71.99	561.28	1591.866	1293.73	1281.22	1591.870	561.28
73.00	561.28	1591.887	1278.40	1281.24	1591.886	561.28
74.00	561.28	1591.855	1263.21	1281.24	1591.850	561.28
75.01	561.28	1591.771	1250.42	1281.24	1591.761	561.28
76.02	561.27	1591.643	1241.73	1281.24	1591.631	561.27
77.03	561.27	1591.484	1232.27	1281.24	1591.470	561.27
78.04	561.27	1591.294	1222.48	1281.24	1591.276	561.27
79.04	561.27	1591.066	1212.90	1281.24	1591.045	561.27
80.05	561.26	1590.812	1203.20	1281.24	1590.788	561.26
81.06	561.26	1590.505	1193.55	1281.24	1590.478	561.26
82.07	561.26	1590.187	1183.95	1281.24	1590.157	561.26
83.08	561.25	1589.805	1177.01	1281.24	1589.774	561.25
84.08	561.25	1589.424	1172.74	1281.24	1589.391	561.25
85.09	561.24	1589.043	1168.47	1281.24	1589.009	561.24
86.10	561.24	1588.619	1164.53	1281.24	1588.584	561.24
87.11	561.23	1588.174	1161.07	1281.24	1588.138	561.23
88.12	561.23	1587.729	1157.19	1281.24	1587.692	561.23
89.12	561.22	1587.284	1152.45	1281.24	1587.245	561.22
90.13	561.22	1586.807	1145.28	1281.24	1586.766	561.22
91.14	561.21	1586.299	1137.64	1281.24	1586.256	561.21
92.15	561.21	1585.780	1130.26	1281.24	1585.734	561.21

Cuadro 5.3 Transito de: Creciente de 50 años

Nivel Maximo 561.33 msnm  
 Caudal Max 2200.00 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
93.16	561.20	1585.208	1122.91	1600.00	1585.112	561.20
94.16	561.18	1583.539	1118.52	1600.00	1583.394	561.18
95.17	561.16	1581.770	1115.71	1600.00	1581.624	561.16
96.18	561.14	1579.991	1112.94	1600.00	1579.843	561.14
97.19	561.12	1578.211	1111.90	1600.00	1578.063	561.12
98.20	561.10	1576.431	1109.28	1600.00	1576.283	561.10
99.20	561.10	1576.209	1106.67	1106.67	1576.209	561.10
100.21	561.10	1576.209	1104.07	1104.07	1576.209	561.10
101.22	561.10	1576.209	1102.28	1102.28	1576.209	561.10
102.23	561.10	1576.209	1105.95	1105.95	1576.209	561.10
103.24	561.10	1576.209	1104.97	1104.97	1576.209	561.10
104.24	561.10	1576.209	1104.00	1104.00	1576.209	561.10
105.25	561.10	1576.209	1101.66	1101.66	1576.209	561.10
106.26	561.10	1576.209	1098.75	1098.75	1576.209	561.10
107.27	561.10	1576.209	1095.86	1095.86	1576.209	561.10
108.28	561.10	1576.209	1093.00	1093.00	1576.209	561.10

Cuadro 5.4 Transito de Creciente de 100 años

Nivel Maximo 561.51 msnm  
Caudal Max 2634.02 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
0.00	560.05	1485.425	1184.00	1184.00	1485.425	560.05
1.01	560.05	1485.425	1194.41	1194.41	1485.425	560.05
2.02	560.05	1485.425	1208.86	1208.86	1485.425	560.05
3.02	560.05	1485.425	1228.02	1228.02	1485.425	560.05
4.03	560.05	1485.425	1267.17	1267.17	1485.425	560.05
5.04	560.05	1485.425	1351.22	1351.22	1485.425	560.05
6.05	560.05	1485.340	1409.71	1471.08	1485.315	560.05
7.06	560.04	1484.837	1444.38	1600.00	1484.789	560.04
8.06	560.04	1484.371	1502.73	1600.00	1484.341	560.04
9.07	560.03	1484.100	1565.83	1600.00	1484.089	560.03
10.08	560.04	1484.185	1707.09	1600.00	1484.216	560.04
11.09	560.04	1484.752	1827.83	1600.00	1484.819	560.04
12.10	560.05	1485.795	1960.40	1600.00	1485.903	560.06
13.10	560.07	1487.326	2127.25	1600.00	1487.483	560.07
14.11	560.10	1489.530	2318.73	1600.00	1489.744	560.10
15.12	560.13	1492.390	2490.20	1600.00	1492.657	560.13
16.13	560.17	1495.938	2709.65	1600.00	1496.271	560.17
17.14	560.22	1500.313	2937.88	1600.00	1500.716	560.23
18.14	560.28	1505.441	3115.02	1600.00	1505.897	560.29
19.15	560.35	1511.188	3272.60	1600.00	1511.691	560.35
20.16	560.42	1517.475	3413.69	1600.00	1518.021	560.43
21.17	560.50	1524.318	3578.16	1600.00	1524.914	560.51
22.18	560.58	1531.733	3732.00	1633.60	1532.368	560.59
23.18	560.67	1539.286	3898.65	1835.20	1539.910	560.68
24.19	560.76	1546.696	4042.29	2036.80	1547.304	560.76
25.20	560.84	1553.799	4128.39	2200.00	1554.381	560.84
26.21	560.92	1560.912	4194.74	2200.00	1561.515	560.93
27.22	561.00	1568.216	4241.29	2200.00	1568.833	561.01
28.64	561.13	1578.788	4245.17	2200.00	1579.408	561.13
29.65	561.21	1586.013	4090.90	2200.00	1586.587	561.22
30.66	561.28	1592.581	3861.57	2200.00	1593.087	561.29
31.67	561.35	1598.163	3592.73	2200.00	1598.587	561.35
32.68	561.40	1602.840	3346.12	2200.00	1603.190	561.41
33.68	561.44	1606.389	3105.16	2278.33	1606.642	561.45
34.69	561.47	1608.868	2951.24	2438.91	1609.025	561.47
35.70	561.49	1610.542	2828.21	2442.44	1610.660	561.49
36.71	561.51	1611.702	2671.19	2444.93	1611.772	561.51
37.72	561.51	1612.099	2539.72	2634.02	1612.072	561.51
38.72	561.50	1611.612	2442.65	2634.02	1611.555	561.50
39.73	561.49	1610.785	2356.07	2634.02	1610.702	561.49
40.74	561.48	1609.668	2276.07	2628.34	1609.562	561.48
41.75	561.47	1608.280	2200.79	2625.25	1608.153	561.46
42.76	561.45	1607.083	2149.71	2436.39	1606.997	561.45
43.76	561.44	1605.981	2099.32	2432.99	1605.881	561.44
44.77	561.42	1604.689	2042.83	2430.41	1604.572	561.42

Cuadro 5.4 Transito de Creciente de 100 años

Nivel Maximo 561.51 msnm  
 Caudal Max 2634.02 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
45.78	561.41	1603.232	1989.82	2272.41	1603.148	561.41
46.79	561.40	1602.152	1950.89	2270.46	1602.056	561.39
47.80	561.38	1601.262	1917.52	2109.72	1601.204	561.38
48.80	561.38	1600.521	1888.22	2109.72	1600.454	561.38
49.81	561.37	1599.673	1862.27	2109.72	1599.598	561.37
50.82	561.36	1598.746	1840.01	2109.72	1598.665	561.35
51.83	561.34	1597.740	1827.33	2109.72	1597.654	561.34
52.84	561.34	1597.014	1814.37	1812.44	1597.015	561.34
53.84	561.34	1597.004	1798.69	1812.44	1597.000	561.34
54.85	561.33	1596.919	1775.92	1812.44	1596.908	561.33
55.86	561.33	1596.744	1746.15	1812.44	1596.724	561.33
56.87	561.33	1596.463	1721.16	1812.44	1596.436	561.33
57.88	561.33	1596.098	1695.43	1812.44	1596.063	561.32
58.88	561.32	1595.626	1669.18	1812.44	1595.583	561.32
59.89	561.31	1595.076	1647.06	1812.44	1595.026	561.31
60.90	561.31	1594.440	1623.44	1812.44	1594.383	561.31
61.91	561.30	1593.714	1600.18	1812.44	1593.650	561.30
62.92	561.29	1592.915	1576.30	1812.44	1592.843	561.29
63.92	561.28	1592.019	1554.04	1812.44	1591.942	561.28
64.93	561.27	1591.050	1535.22	1812.44	1590.967	561.27
65.94	561.26	1590.266	1515.87	1279.84	1590.338	561.26
66.95	561.27	1591.093	1495.82	1279.84	1591.158	561.27
67.96	561.28	1591.855	1485.73	1281.21	1591.917	561.28
68.96	561.28	1592.591	1473.04	1281.87	1592.650	561.29
69.97	561.29	1593.100	1446.98	1415.89	1593.110	561.29
70.98	561.29	1593.174	1421.25	1415.96	1593.176	561.29
71.99	561.29	1593.158	1402.37	1415.96	1593.154	561.29
73.00	561.29	1593.084	1385.70	1415.96	1593.075	561.29
74.00	561.29	1592.952	1369.17	1415.96	1592.938	561.29
75.01	561.29	1592.761	1355.26	1415.96	1592.743	561.29
76.02	561.28	1592.517	1345.80	1415.96	1592.496	561.28
77.03	561.28	1592.258	1335.51	1415.96	1592.233	561.28
78.04	561.28	1591.940	1324.86	1415.96	1591.913	561.28
79.04	561.27	1591.596	1314.44	1415.96	1591.565	561.27
80.05	561.27	1591.214	1303.88	1415.96	1591.181	561.27
81.06	561.26	1590.785	1293.39	1415.96	1590.748	561.26
82.07	561.26	1590.335	1282.95	1415.96	1590.295	561.26
83.08	561.25	1589.827	1275.39	1415.96	1589.784	561.25
84.08	561.25	1589.318	1270.75	1415.96	1589.274	561.25
85.09	561.24	1588.804	1266.11	1415.96	1588.759	561.24
86.10	561.23	1588.232	1261.81	1415.96	1588.186	561.23
87.11	561.23	1587.660	1258.05	1415.96	1587.613	561.23
88.12	561.22	1587.088	1253.83	1415.96	1587.039	561.22
89.12	561.21	1586.516	1248.67	1415.96	1586.466	561.21
90.13	561.21	1585.881	1240.88	1415.96	1585.828	561.21

Cuadro 5.4 Transito de Creciente de 100 años

Nivel Maximo 561.51 msnm  
 Caudal Max 2634.02 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
91.14	561.20	1585.245	1232.57	1415.96	1585.190	561.20
92.15	561.19	1583.995	1224.53	1600.00	1583.882	561.18
93.16	561.17	1582.613	1216.54	1600.00	1582.497	561.17
94.16	561.15	1581.214	1211.76	1600.00	1581.097	561.15
95.17	561.14	1579.816	1208.71	1600.00	1579.698	561.14
96.18	561.12	1578.418	1205.69	1600.00	1578.298	561.12
97.19	561.10	1576.956	1204.56	1600.00	1576.836	561.10
98.20	561.09	1575.494	1201.71	1600.00	1575.373	561.09
99.20	561.07	1574.032	1198.87	1600.00	1573.911	561.07
100.21	561.05	1572.570	1196.04	1600.00	1572.448	561.05
101.22	561.04	1571.108	1194.09	1600.00	1570.986	561.04
102.23	561.02	1569.646	1198.08	1600.00	1569.525	561.02
103.24	561.00	1568.185	1197.03	1600.00	1568.063	561.00
104.24	560.99	1566.723	1195.97	1600.00	1566.600	560.99
105.25	560.97	1565.261	1193.42	1600.00	1565.138	560.97
106.26	560.95	1563.799	1190.26	1600.00	1563.675	560.95
107.27	560.94	1562.316	1187.11	1600.00	1562.191	560.93
108.28	560.92	1560.790	1184.00	1600.00	1722.899	562.79

Cuadro 5.5 Transito de Creciente de 1000 años

Nivel Maximo 561.84 msnm  
Caudal Max 4546.38 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
0.00	560.05	1485.425	1481.00	1481.00	1485.425	560.05
1.01	560.05	1485.324	1494.20	1599.67	1485.300	560.05
2.02	560.04	1484.985	1512.53	1600.00	1484.958	560.04
3.02	560.04	1484.704	1536.83	1600.00	1484.685	560.04
4.03	560.04	1484.514	1586.47	1600.00	1484.508	560.04
5.04	560.04	1484.635	1693.07	1600.00	1484.662	560.04
6.05	560.05	1485.107	1767.24	1600.00	1485.157	560.05
7.06	560.05	1485.774	1811.21	1600.00	1485.837	560.05
8.06	560.06	1486.664	1885.21	1600.00	1486.749	560.07
9.07	560.08	1487.798	1965.24	1600.00	1487.906	560.08
10.08	560.10	1489.381	2144.38	1600.00	1489.543	560.10
11.09	560.12	1491.585	2297.50	1600.00	1491.793	560.12
12.10	560.15	1494.381	2465.63	1600.00	1494.641	560.16
13.10	560.19	1497.819	2677.22	1600.00	1498.142	560.20
14.11	560.24	1502.099	2920.06	1600.00	1502.494	560.25
15.12	560.30	1507.215	3137.51	1600.00	1507.677	560.31
16.13	560.37	1513.200	3415.81	1600.00	1513.746	560.38
17.14	560.45	1520.229	3705.26	1600.00	1520.862	560.46
18.14	560.54	1528.206	3929.90	1633.60	1528.900	560.55
19.15	560.64	1536.532	4129.74	1835.20	1537.226	560.65
20.16	560.73	1544.826	4308.67	2036.80	1545.514	560.74
21.17	560.83	1553.094	4517.25	2200.00	1553.793	560.84
22.18	560.93	1561.813	4712.35	2200.00	1562.570	560.94
23.18	561.04	1571.251	4923.70	2200.00	1572.072	561.05
24.19	561.16	1581.421	5105.86	2200.00	1582.297	561.17
25.20	561.28	1592.125	5215.05	2200.00	1593.036	561.29
26.21	561.41	1603.206	5299.20	2200.00	1604.142	561.42
27.22	561.53	1613.879	5358.23	2638.00	1614.701	561.54
28.64	561.68	1626.617	5363.14	3322.76	1627.235	561.68
29.65	561.75	1633.195	5167.51	3617.86	1633.667	561.76
30.66	561.80	1637.634	4876.67	3909.01	1637.932	561.81
31.67	561.83	1639.737	4535.72	4204.62	1639.841	561.83
32.68	561.84	1640.468	4222.98	4207.80	1640.476	561.84
33.68	561.83	1640.012	3917.39	4207.85	1639.927	561.83
34.69	561.81	1637.819	3722.20	4196.31	1637.678	561.80
35.70	561.78	1635.886	3566.18	4188.01	1635.700	561.78
36.71	561.76	1633.471	3367.04	3892.75	1633.314	561.75
37.72	561.73	1631.294	3200.31	3884.37	1631.089	561.73
38.72	561.70	1628.847	3077.20	3602.67	1628.689	561.70
39.73	561.68	1626.781	2967.40	3595.58	1626.592	561.68
40.74	561.65	1624.562	2865.95	3316.34	1624.427	561.65
41.75	561.63	1622.793	2770.49	3310.88	1622.630	561.63
42.76	561.61	1620.732	2705.71	3077.49	1620.586	561.61
43.76	561.59	1619.260	2641.81	3073.35	1619.130	561.59
44.77	561.57	1617.597	2570.16	3068.73	1617.447	561.57

Cuadro 5.5 Transito de Creciente de 1000 años

Nivel Maximo 561.84 msnm  
Caudal Max 4546.38 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
45.78	561.55	1615.907	2502.93	2858.87	1615.800	561.55
46.79	561.54	1614.546	2453.56	2855.42	1614.425	561.54
47.80	561.52	1613.026	2411.25	2851.60	1612.893	561.52
48.80	561.50	1611.670	2374.08	2633.57	1611.592	561.50
49.81	561.49	1610.679	2341.18	2633.57	1610.591	561.49
50.82	561.48	1609.583	2312.95	2628.15	1609.488	561.48
51.83	561.47	1608.418	2296.87	2625.55	1608.318	561.47
52.84	561.46	1607.448	2280.43	2436.51	1607.402	561.46
53.84	561.45	1606.861	2260.55	2436.51	1606.808	561.45
54.85	561.44	1606.183	2231.67	2436.51	1606.121	561.44
55.86	561.43	1605.378	2193.91	2436.51	1605.305	561.43
56.87	561.42	1604.451	2162.22	2436.51	1604.368	561.42
57.88	561.41	1603.412	2129.59	2272.74	1603.346	561.41
58.88	561.40	1602.814	2096.31	2272.74	1602.761	561.40
59.89	561.39	1602.136	2068.25	2272.74	1602.075	561.39
60.90	561.39	1601.347	2038.29	2272.74	1601.276	561.39
61.91	561.38	1600.452	2008.80	2272.74	1600.372	561.37
62.92	561.36	1599.451	1978.52	1941.82	1599.412	561.36
63.92	561.36	1599.493	1950.28	1941.82	1599.496	561.36
64.93	561.36	1599.488	1926.41	1941.82	1599.483	561.36
65.94	561.36	1599.398	1901.87	1941.82	1599.386	561.36
66.95	561.36	1599.218	1876.45	1941.82	1599.198	561.36
67.96	561.36	1598.963	1863.65	1941.82	1598.940	561.36
68.96	561.35	1598.656	1847.56	1941.82	1598.628	561.35
69.97	561.35	1598.264	1814.51	1941.82	1598.226	561.35
70.98	561.34	1597.750	1781.88	1941.82	1597.702	561.34
71.99	561.34	1597.131	1757.94	1941.82	1597.075	561.34
73.00	561.33	1596.432	1736.80	1941.82	1596.370	561.33
74.00	561.32	1595.653	1715.84	1941.82	1595.585	561.32
75.01	561.31	1594.800	1698.19	1941.82	1594.727	561.31
76.02	561.30	1593.910	1686.20	1941.82	1593.833	561.30
77.03	561.29	1592.957	1673.14	1941.82	1592.876	561.29
78.04	561.28	1591.956	1659.64	1941.82	1591.871	561.28
79.04	561.27	1591.617	1646.42	1281.01	1591.728	561.27
80.05	561.29	1592.920	1633.04	1282.17	1593.026	561.29
81.06	561.30	1593.788	1619.73	1416.59	1593.850	561.30
82.07	561.31	1594.504	1606.48	1417.33	1594.561	561.31
83.08	561.31	1594.927	1596.91	1551.46	1594.941	561.31
84.08	561.31	1595.076	1591.01	1551.63	1595.088	561.31
85.09	561.32	1595.203	1585.13	1551.78	1595.213	561.32
86.10	561.32	1595.330	1579.68	1551.92	1595.338	561.32
87.11	561.32	1595.425	1574.91	1552.03	1595.432	561.32
88.12	561.32	1595.489	1569.56	1552.11	1595.494	561.32
89.12	561.32	1595.552	1563.02	1552.18	1595.556	561.32
90.13	561.32	1595.573	1553.14	1552.21	1595.574	561.32

Cuadro 5.5 Transito de Creciente de 1000 años

Nivel Maximo 561.84 msnm  
 Caudal Max 4546.38 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
91.14	561.32	1595.573	1542.59	1552.21	1595.571	561.32
92.15	561.32	1595.510	1532.41	1552.21	1595.504	561.32
93.16	561.32	1595.430	1522.26	1552.21	1595.421	561.32
94.16	561.32	1595.303	1516.21	1552.21	1595.293	561.32
95.17	561.31	1595.176	1512.34	1552.21	1595.164	561.31
96.18	561.31	1595.049	1508.51	1552.21	1595.036	561.31
97.19	561.31	1594.864	1507.07	1552.21	1594.850	561.31
98.20	561.31	1594.673	1503.46	1552.21	1594.658	561.31
99.20	561.31	1594.482	1499.86	1552.21	1594.467	561.31
100.21	561.30	1594.292	1496.27	1552.21	1594.275	561.30
101.22	561.30	1594.101	1493.80	1552.21	1594.083	561.30
102.23	561.30	1593.910	1498.86	1552.21	1593.894	561.30
103.24	561.30	1593.720	1497.52	1552.21	1593.703	561.30
104.24	561.30	1593.529	1496.18	1552.21	1593.512	561.30
105.25	561.29	1593.338	1492.94	1552.21	1593.320	561.29
106.26	561.29	1593.126	1488.94	1552.21	1593.107	561.29
107.27	561.29	1592.872	1484.95	1552.21	1592.852	561.29
108.28	561.29	1592.618	1481.00	1552.21	1620.316	561.60

Cuadro 5.6 Transito de Creciente Máxima Probable

Nivel Maximo 568.16 msnm  
 Caudal Max 11530.16 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
1.00	560.05	1485.425	2350.00	1600.00	1488.125	560.08
2.00	560.08	1488.126	2450.00	1600.00	1491.006	560.11
3.00	560.11	1491.007	2750.00	1600.00	1494.607	560.16
4.00	560.16	1494.609	3200.00	1600.00	1499.559	560.21
5.00	560.21	1499.561	5000.00	1800.00	1508.201	560.31
6.00	560.31	1508.200	8200.00	2000.00	1525.120	560.51
7.00	560.51	1525.118	11000.00	2200.00	1552.118	560.82
8.00	560.82	1552.120	15000.00	2200.00	1591.000	561.27
9.00	561.27	1591.002	18000.00	2200.00	1642.482	561.86
10.00	561.86	1642.480	21500.00	4216.61	1702.031	562.55
11.00	562.55	1702.031	24000.00	5331.73	1766.743	563.29
12.00	563.29	1766.745	25070.00	5917.47	1834.822	564.08
13.00	564.08	1834.822	25120.00	6612.46	1902.611	564.86
14.00	564.86	1902.609	24500.00	7382.95	1966.733	565.60
15.00	565.60	1966.735	23000.00	8184.14	2024.214	566.26
16.00	566.26	2024.214	21000.00	8963.00	2072.549	566.82
17.00	566.82	2072.551	19200.00	9663.39	2111.384	567.26
18.00	567.26	2111.386	17500.00	10256.81	2141.590	567.61
19.00	567.61	2141.587	16000.00	10737.61	2164.097	567.87
20.00	567.87	2164.098	14200.00	11107.15	2179.138	568.04
21.00	568.04	2179.135	12851.00	11357.68	2187.390	568.14
22.00	568.14	2187.388	11200.00	11494.22	2189.546	568.16
23.00	568.16	2189.547	10000.00	11530.16	2186.263	568.12
24.00	568.12	2186.261	8600.00	11475.52	2178.331	568.03
25.00	568.03	2178.330	7850.00	11344.42	2166.864	567.90
26.00	567.90	2166.863	6900.00	11153.20	2152.917	567.74
27.00	567.74	2152.917	6050.00	10922.40	2136.491	567.55
28.00	567.55	2136.492	5500.00	10655.30	2118.442	567.34
29.00	567.34	2118.441	4950.00	10367.60	2099.410	567.13
30.00	567.13	2099.410	4400.00	10070.86	2079.451	566.90
31.00	566.90	2079.453	3950.00	9766.83	2058.775	566.66
32.00	566.66	2058.775	3450.00	9459.49	2037.487	566.41
33.00	566.41	2037.487	3000.00	9151.16	2015.598	566.16
34.00	566.16	2015.596	2700.00	8842.52	1993.468	565.90
35.00	565.90	1993.467	2400.00	8539.15	1971.360	565.65
36.00	565.65	1971.359	2080.00	8244.66	1949.212	565.39
37.00	565.39	1949.214	1975.00	7958.19	1927.348	565.14
38.00	565.14	1927.349	1750.00	7683.68	1905.899	564.90
39.00	564.90	1905.898	1650.00	7422.32	1884.827	564.65
40.00	564.65	1884.828	1480.00	7173.27	1864.190	564.41
41.00	564.41	1864.192	1360.00	6936.69	1843.906	564.18
42.00	564.18	1843.906	1180.00	6711.17	1823.912	563.95
43.00	563.95	1823.911	1060.00	6495.74	1804.171	563.72
44.00	563.72	1804.171	1030.00	6289.72	1784.919	563.50
45.00	563.50	1784.917	1000.00	6095.21	1766.279	563.29

Cuadro 5.6 Transito de Creciente Máxima Probable

Nivel Maximo 568.16 msnm  
Caudal Max 11530.16 m3/s

Tiempo (horas)	Nivel inicial (msnm)	Volumen inicial (Hm3)	Caudal Entrada (m3/s)	Caudal Salida (m3/s)	Volumen final (Hm3)	Nivel Final (msnm)
46.00	563.29	1766.279	980.00	5912.99	1748.228	563.08
47.00	563.08	1748.228	950.00	5742.27	1730.722	562.88
48.00	562.88	1730.722	900.00	5582.19	1713.668	562.68
49.00	562.68	1713.667	860.00	5431.50	1697.010	562.49
50.00	562.49	1697.009	820.00	5289.46	1680.736	562.30
51.00	562.30	1680.738	780.00	5155.75	2492.728	571.46

# **FIGURAS**

FIGURA 3.1 CURVA DE CALIBRACION DE LA DESCARGA DE CASA DE MAQUINAS  
Tomada del Manual de Sedic Ltda. 1988. Caso con Degradación Potencial del Lecho del Río

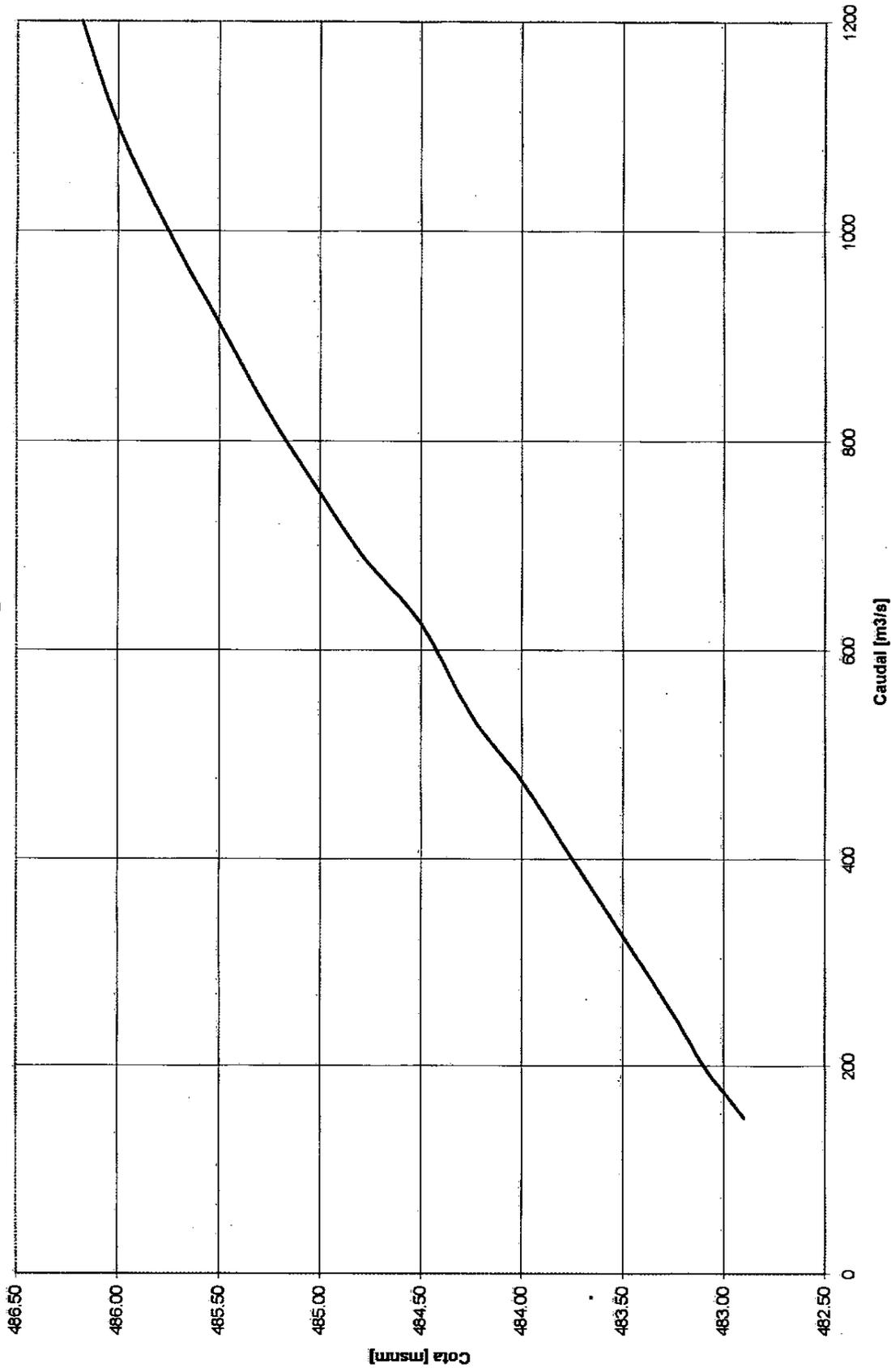
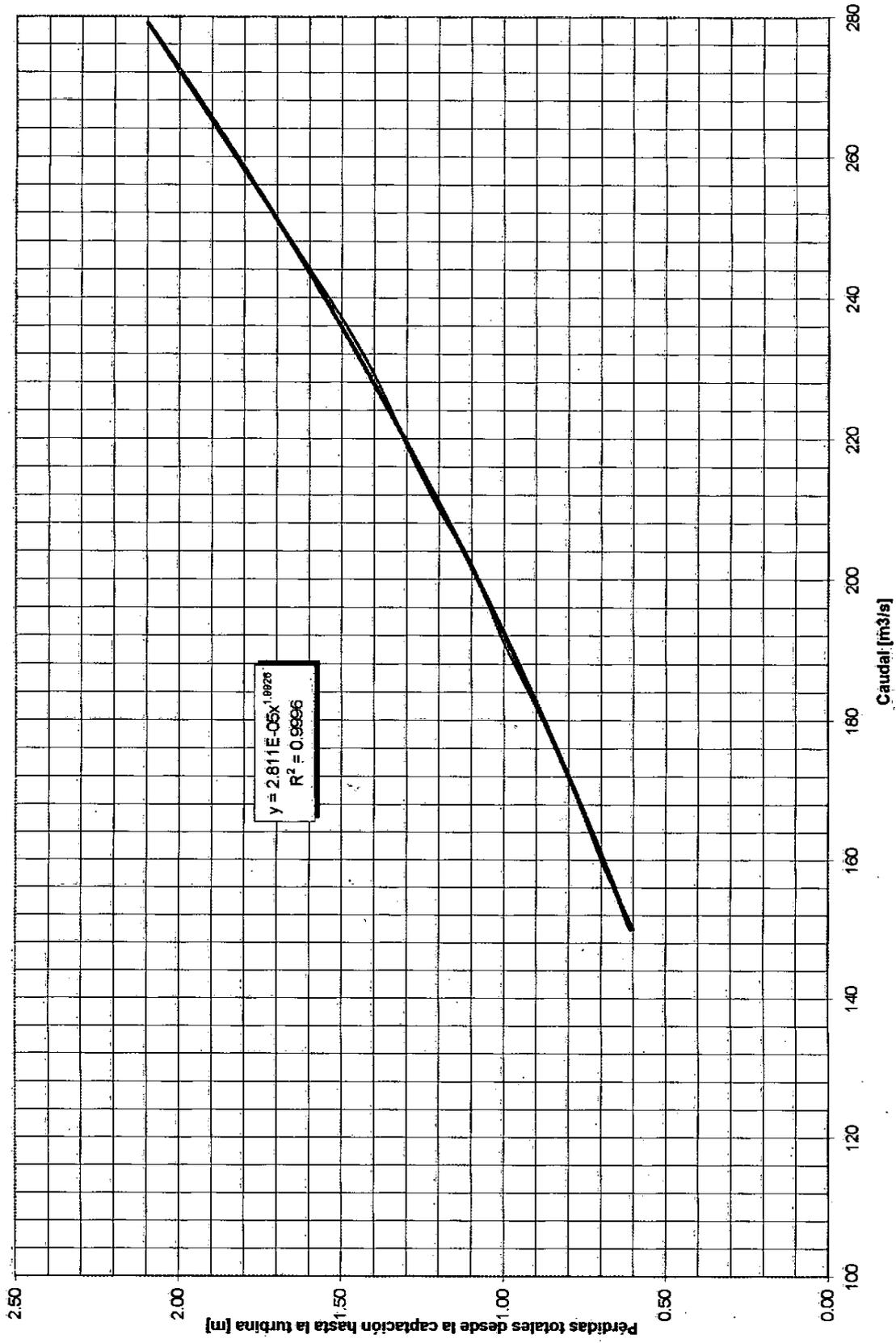
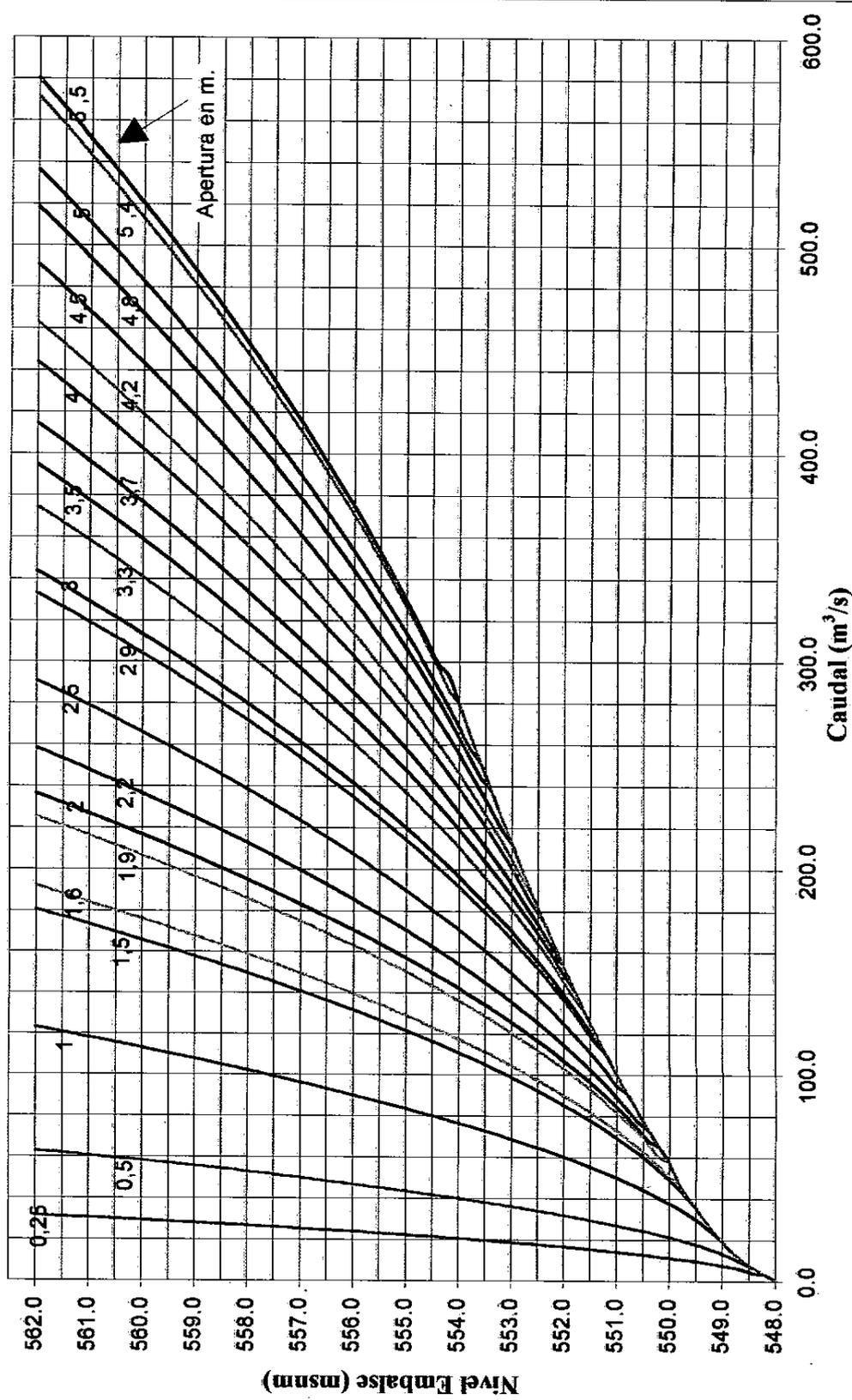


FIGURA 3.2 PÉRDIDAS NORMALES EN LA CONDUCCIÓN



**FIGURA 3.4 CURVAS DE DESCARGA PARA UNA COMPUERTA  
RADIAL PARA DIFERENTES GRADOS DE APERTURA (m.)**



**FIGURA 3.3 CURVA DE DESCARGA PARA EL VERTEDERO LIBRE**

**COTA CRESTA 561,20 msnm**

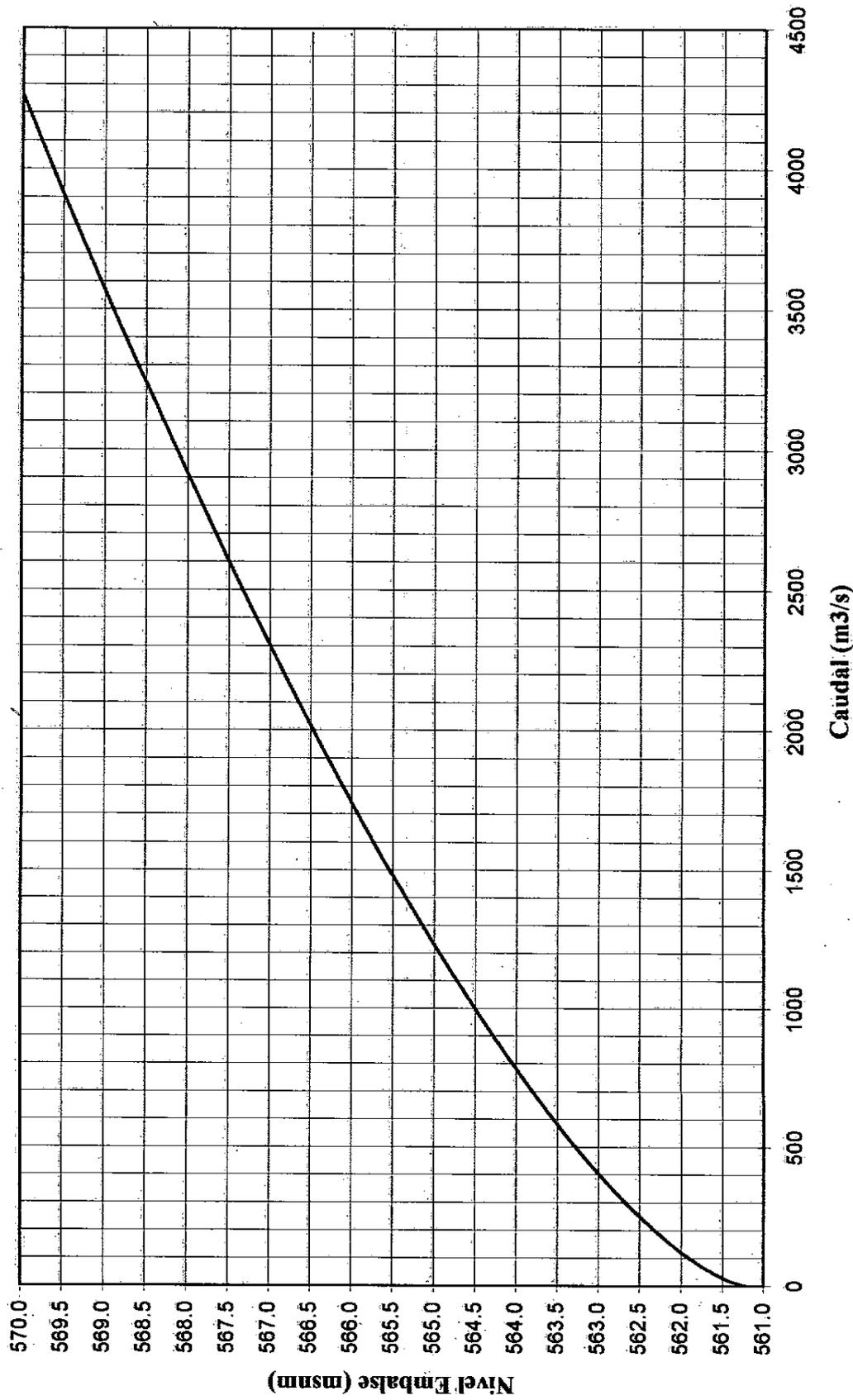
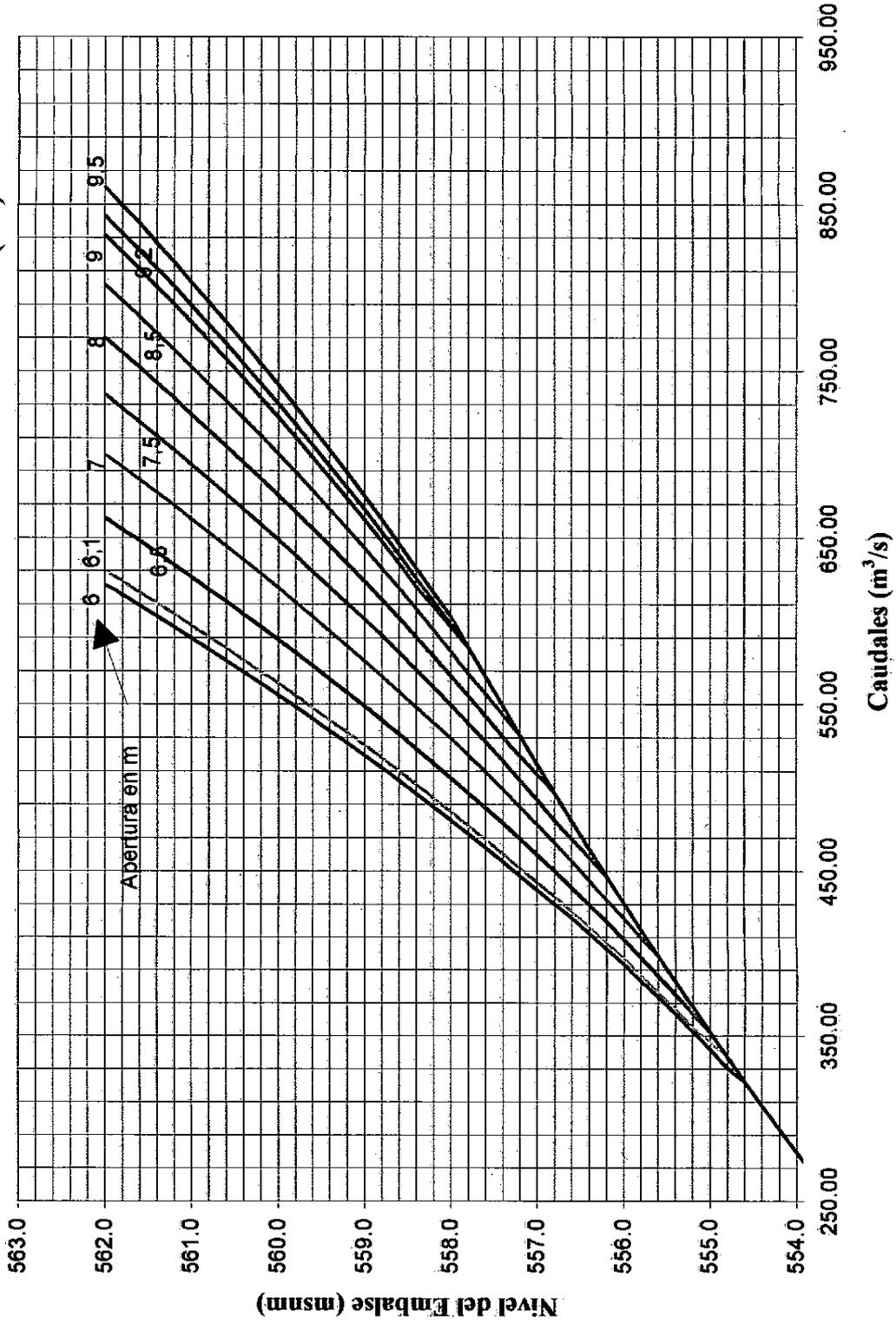


FIGURA 3.4 CURVAS DE DESCARGA PARA UNA COMPUERTA  
RADIAL PARA DIFERENTES GRADOS DE APERTURA (m.)



**FIGURA 3.4 CURVAS DE DESCARGA PARA UNA COMPUERTA  
RADIAL PARA DIFERENTES GRADOS DE APERTURA (m.)**

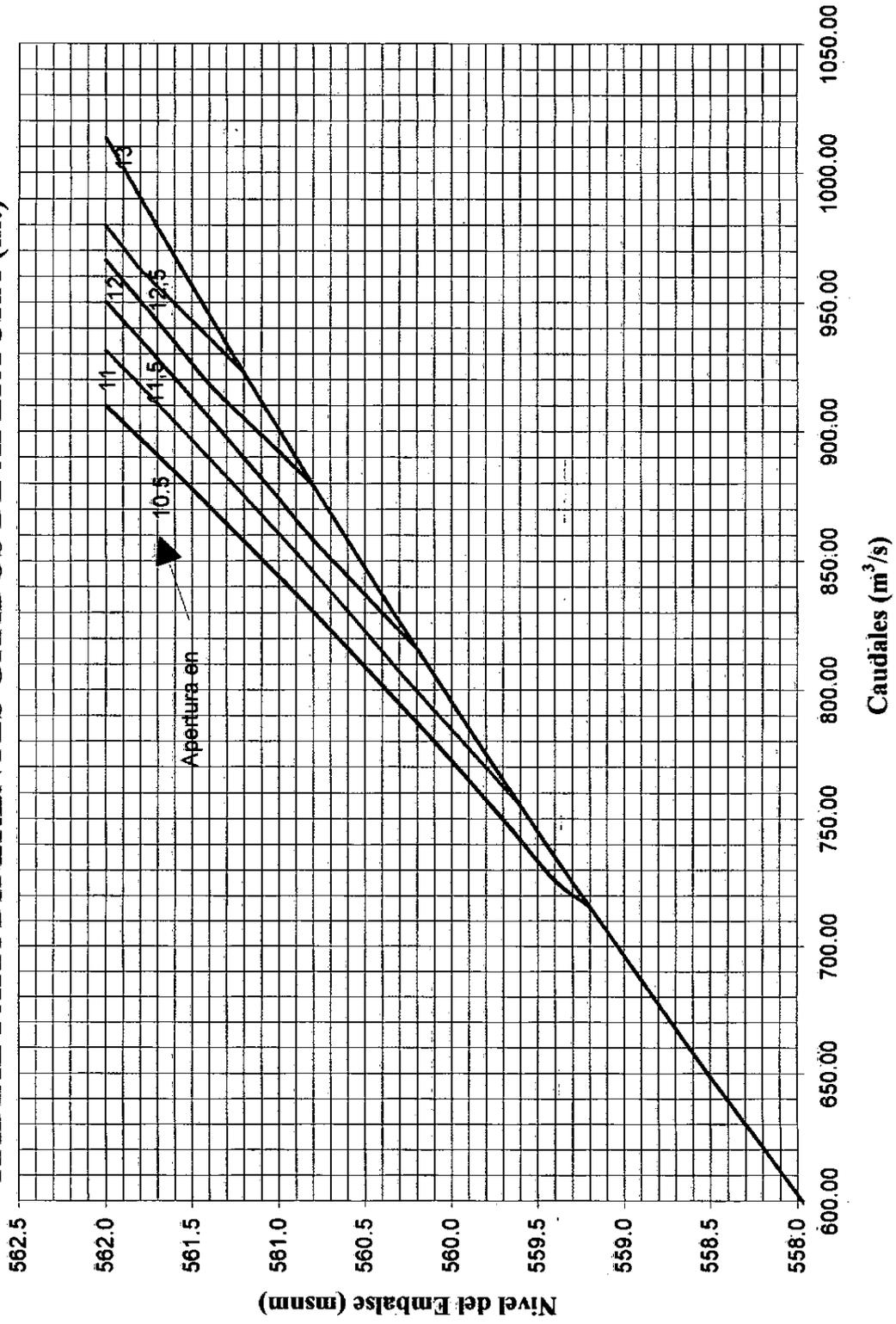


FIGURA 4.2 CAUDAL MEDIO, MÁXIMO Y MÍNIMO MENSUAL  
SITIO DE PRESA DE BETANIA

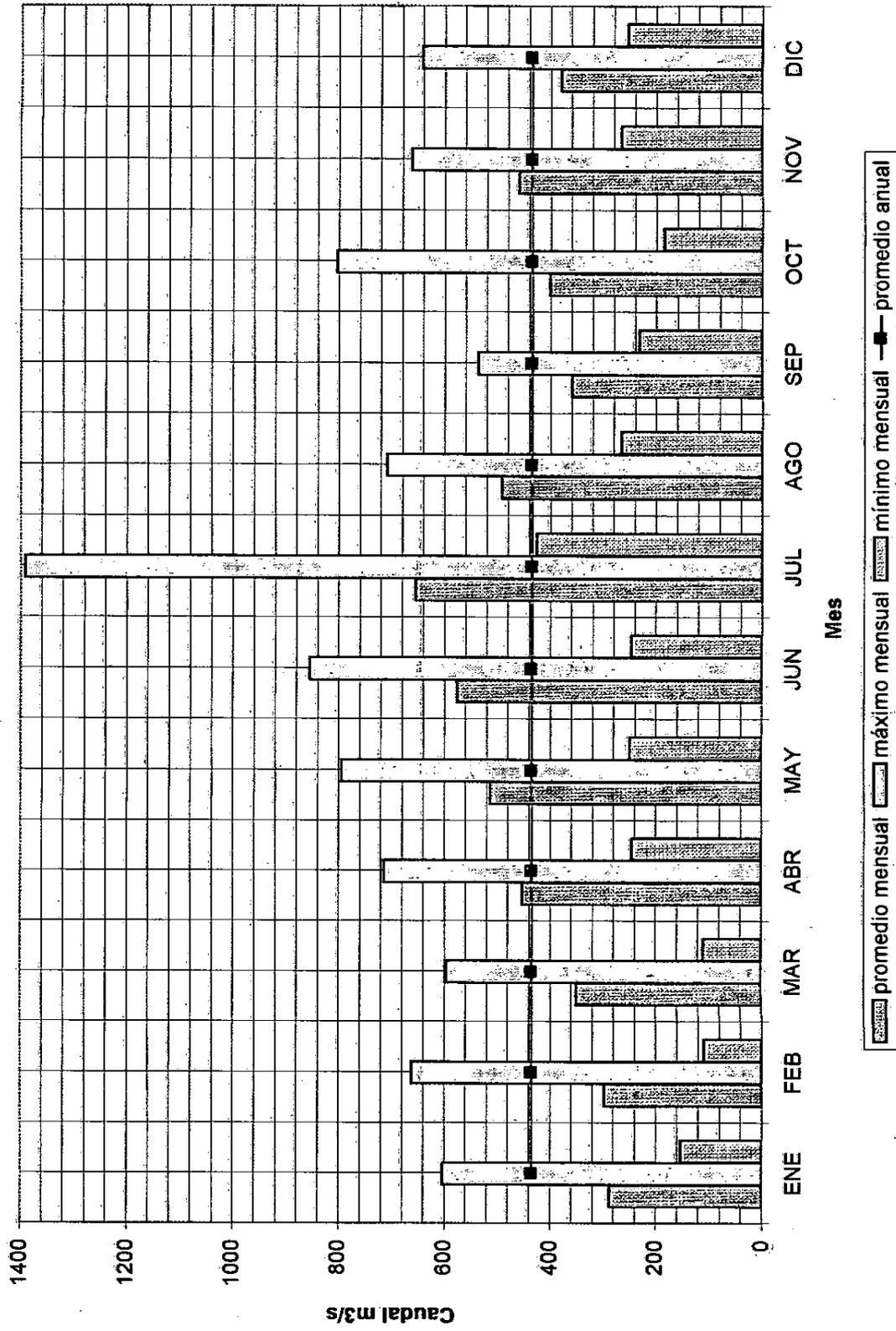


FIGURA 4.3 HIDROGRAMA ADIMENSIONAL PROMEDIO ADOPTADO EN EL SITIO DE PRESA DEL EMBALSE

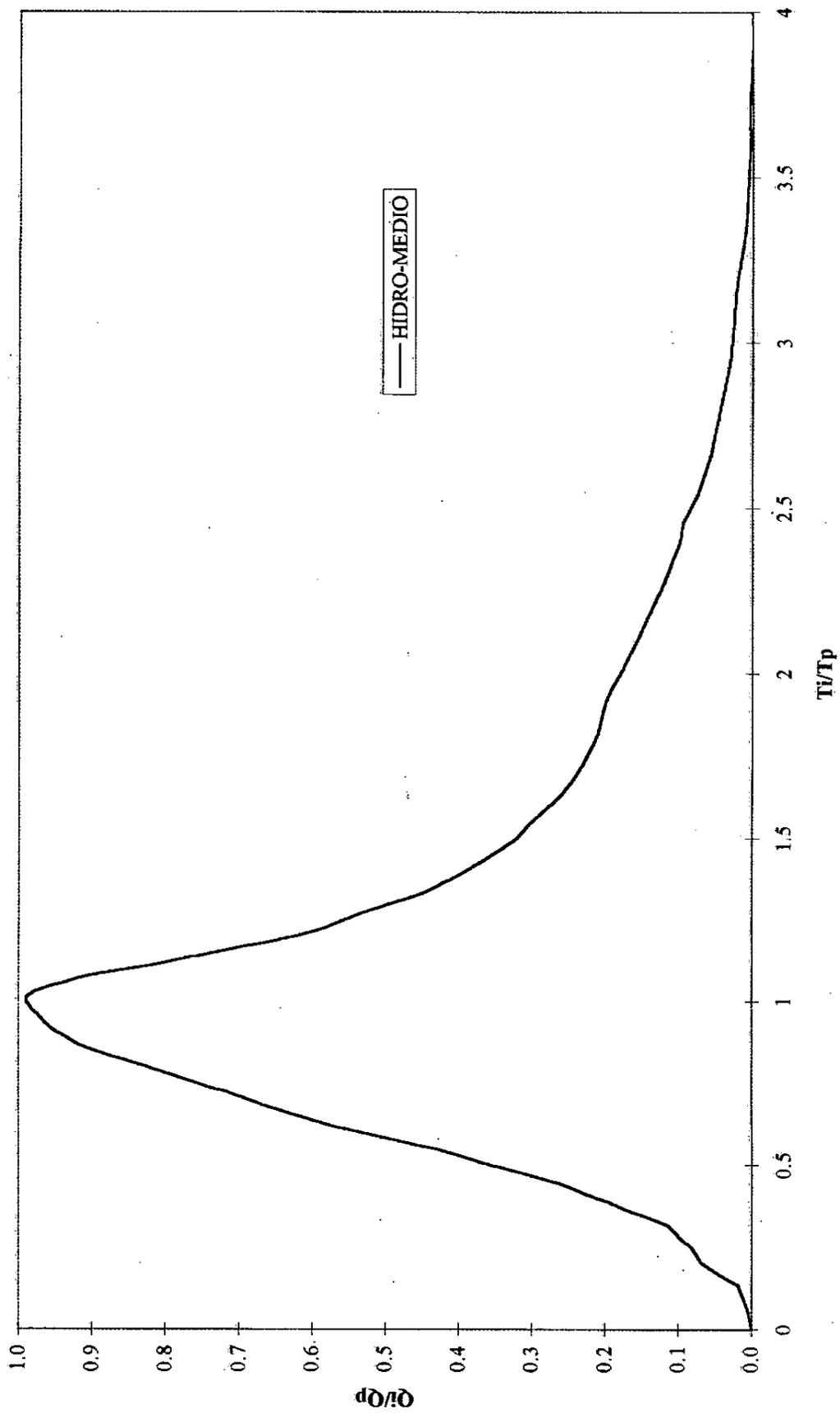


FIGURA 4.4 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE ENERO DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS. BETANÍA - SITIO DE PÉRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL.

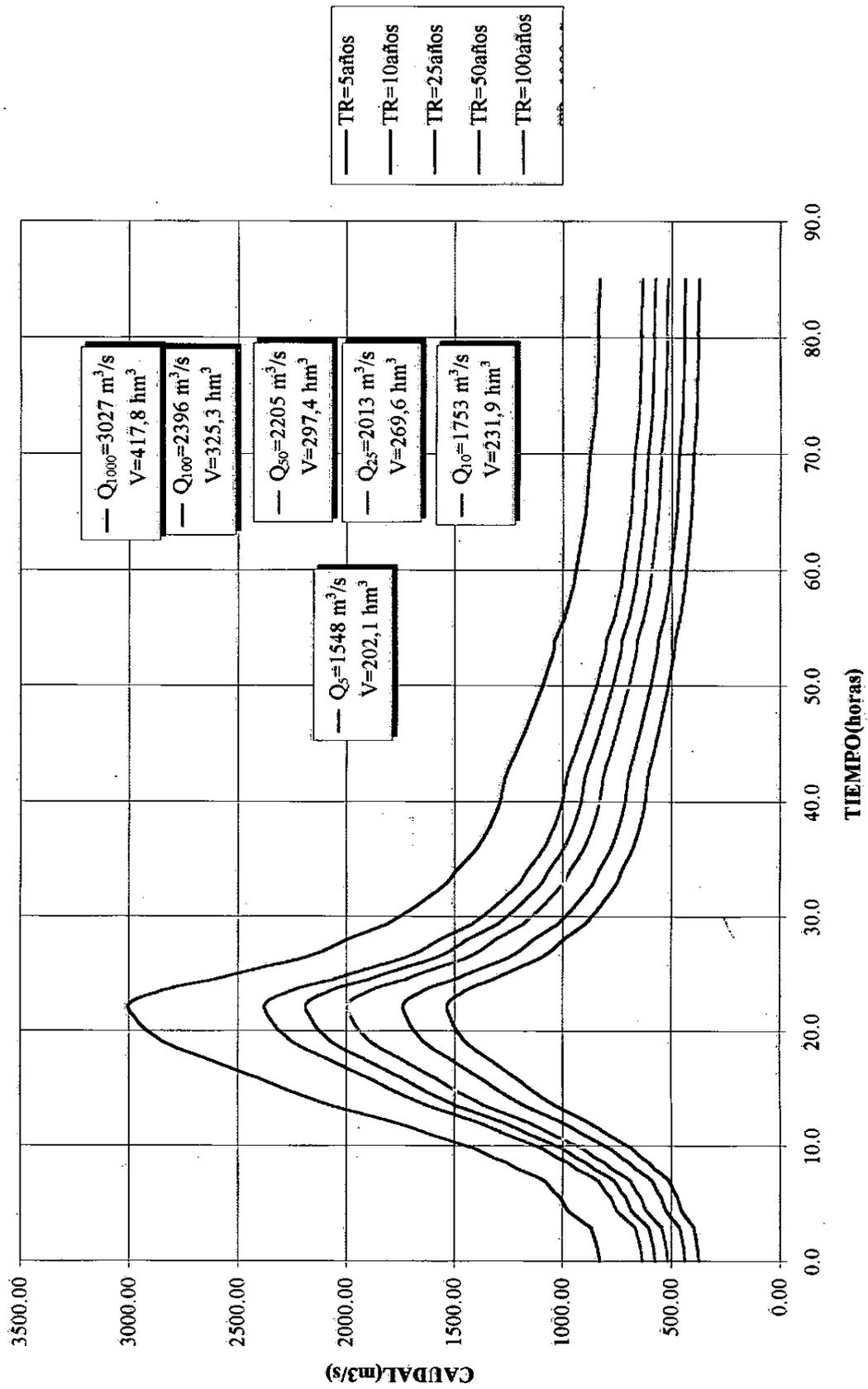


FIGURA 4.5 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE FEBRERO DE 1 EN 5, 10, 25, 50, 100 y 1000 AÑOS.  
BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

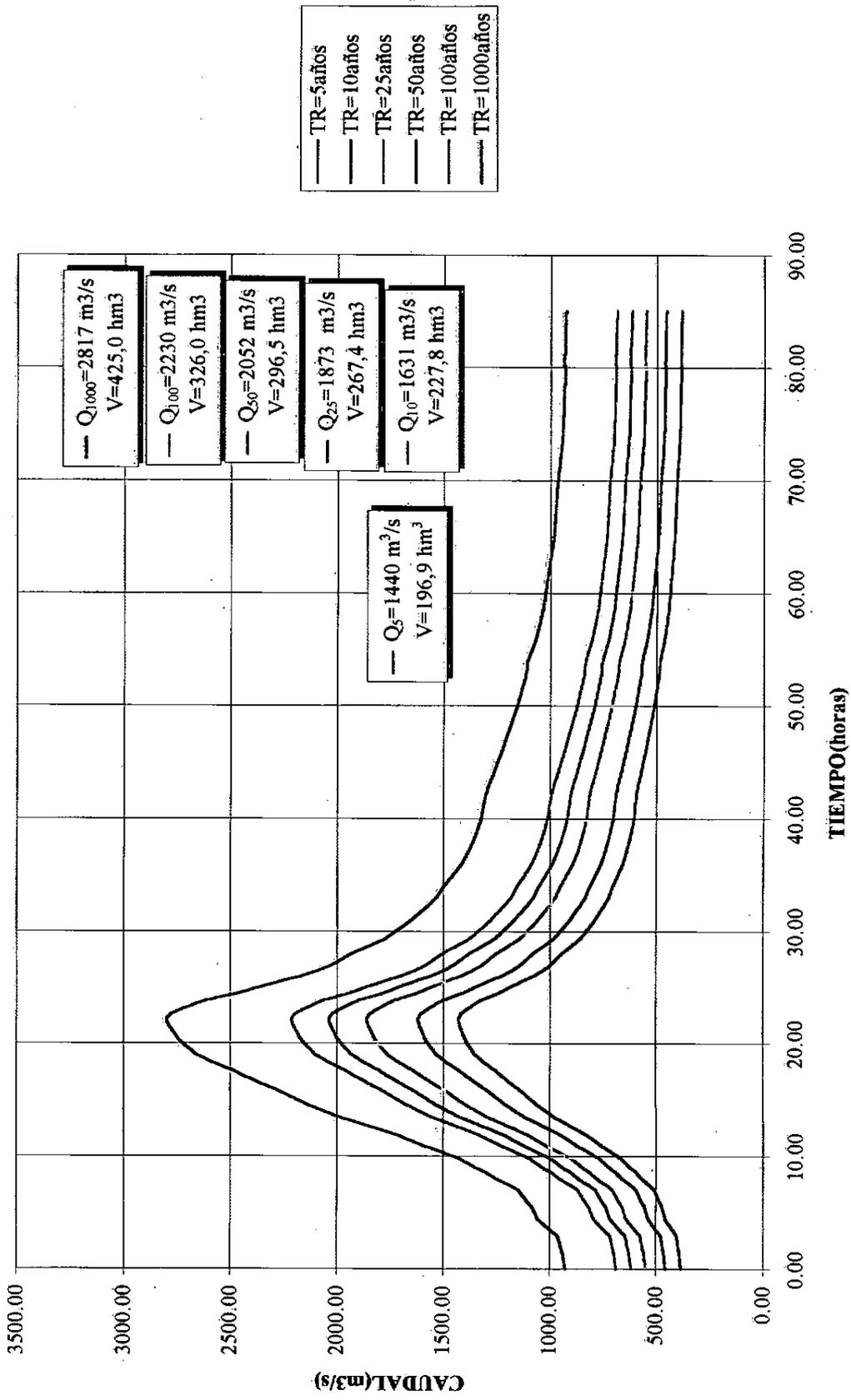


FIGURA 4.6 HIDROGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE MARZO DE 1 EN 5,10,25,50,100 y 1000 AÑOS.  
 BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

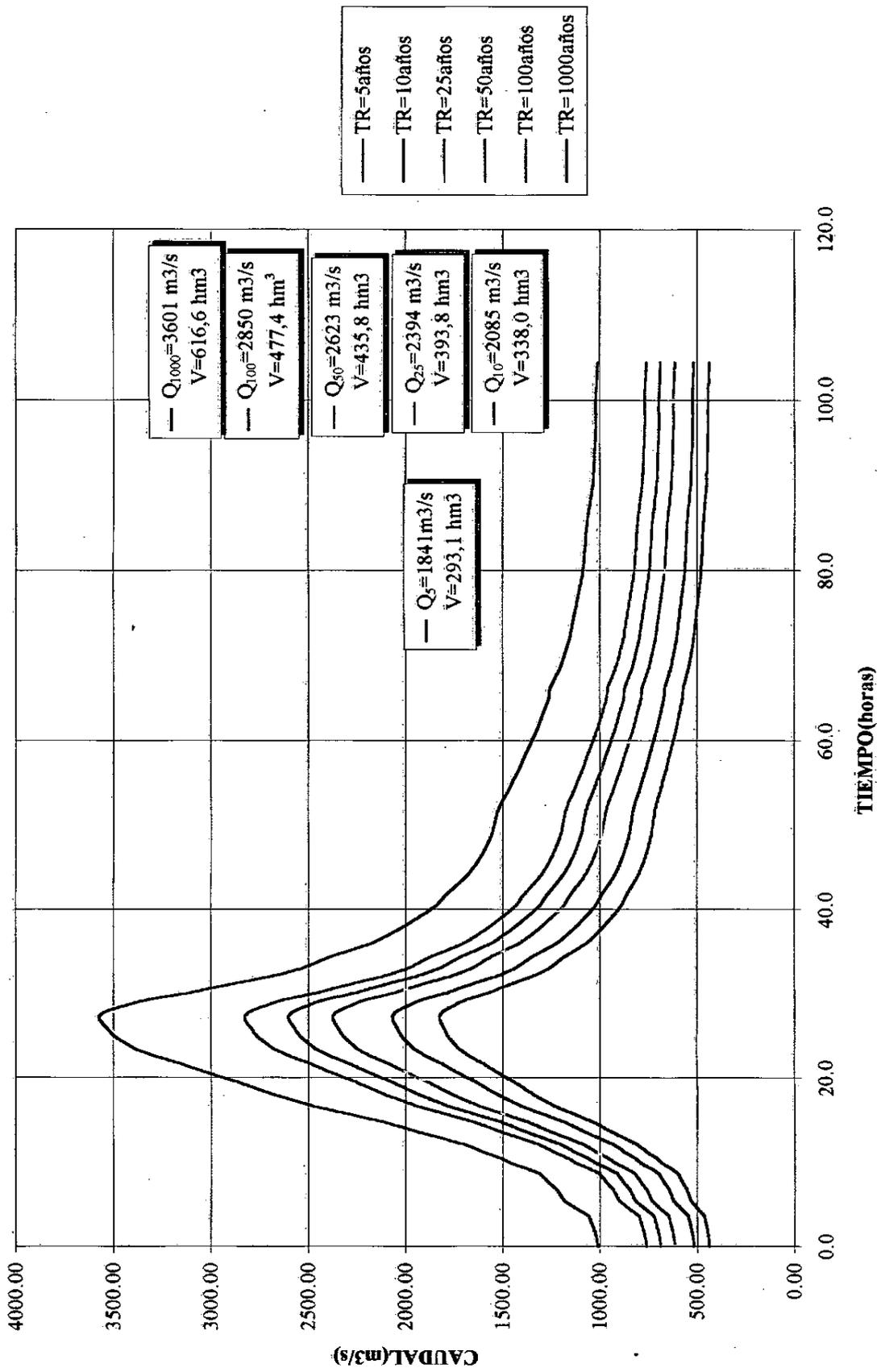


FIGURA 4.7 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE ABRIL DE 1 EN 5,10,25,50,100 y 1000 AÑOS. BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995 ESCORRENTÍA TOTAL

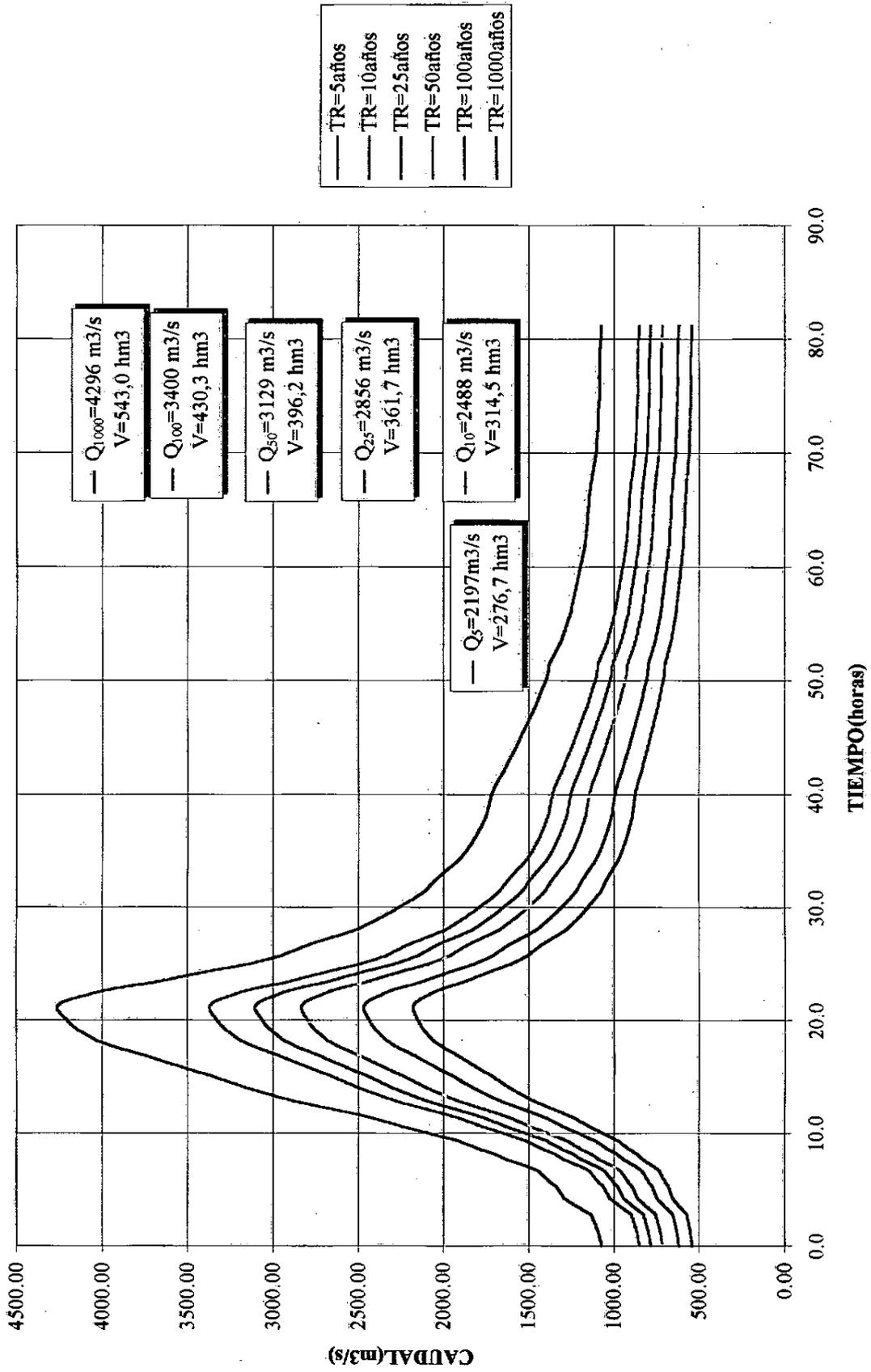


FIGURA 4.8 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE MAYO DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS. BETANÍA. SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

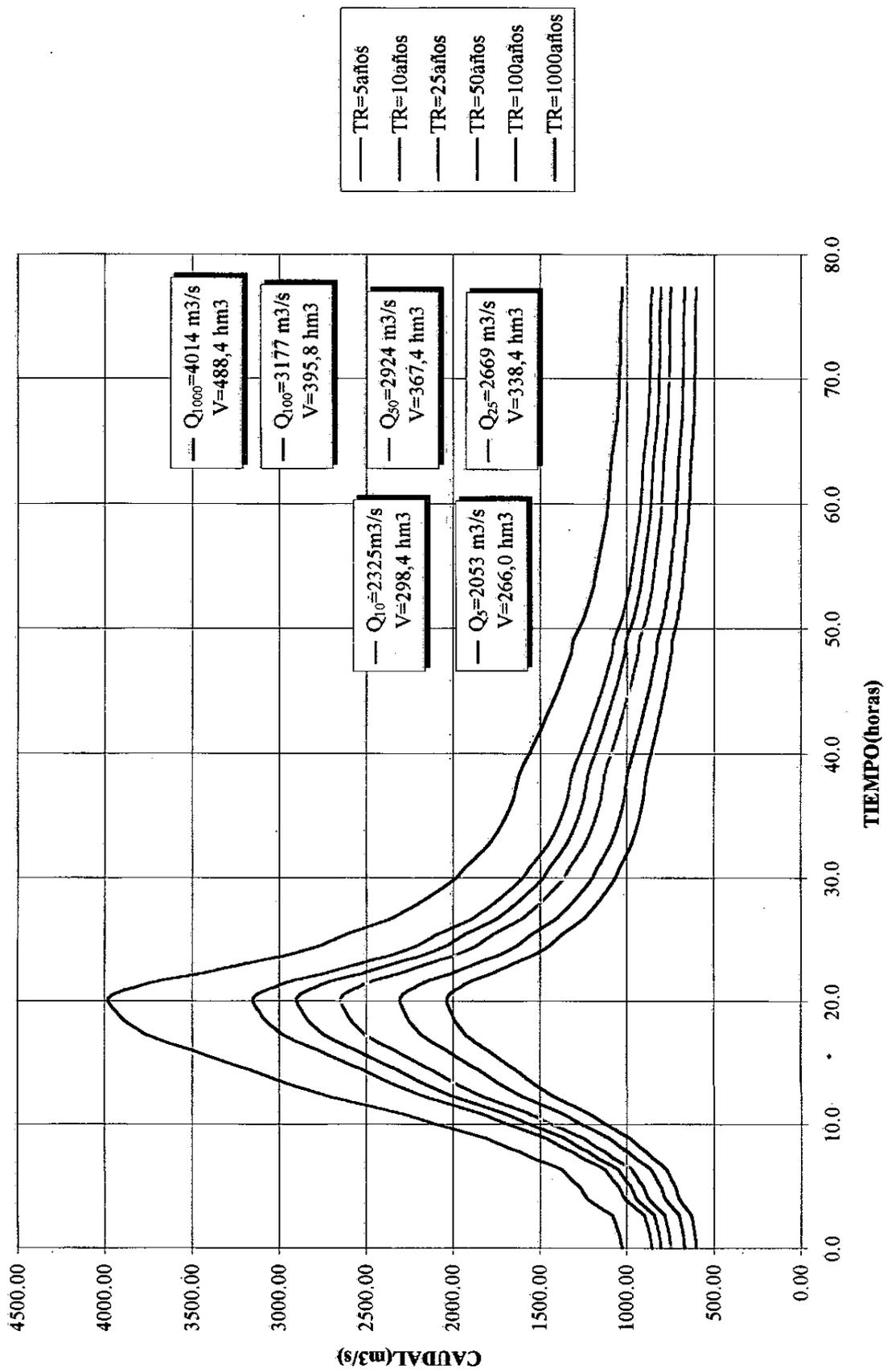


FIGURA 4.9 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE JUNIO DE 1 EN 5, 10, 25, 50, 100 Y 1000 AÑOS BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

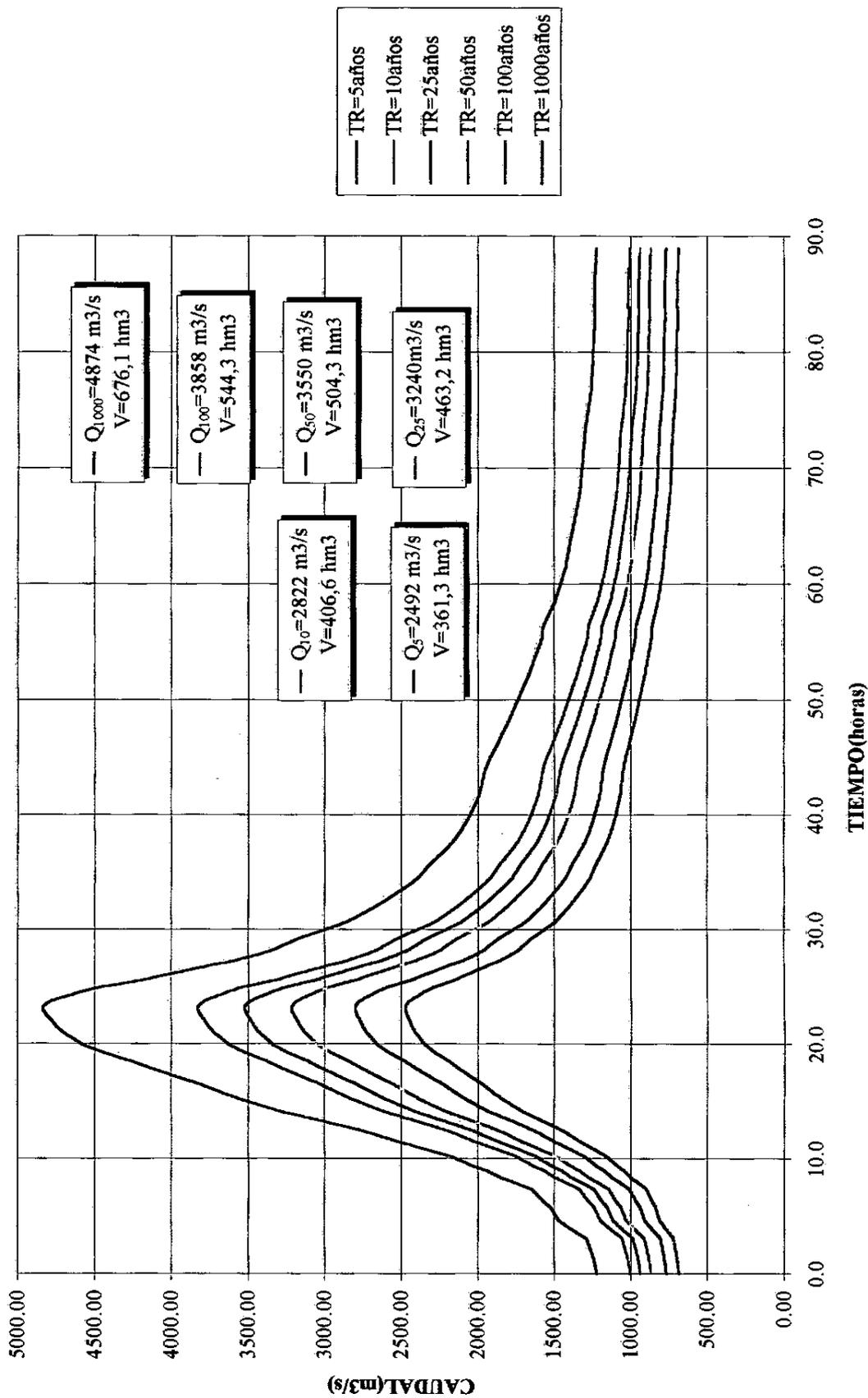


FIGURA 4.10 HIDRÓGRAFAS DE CRÉCIENTES DEL MES DE JULIO DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

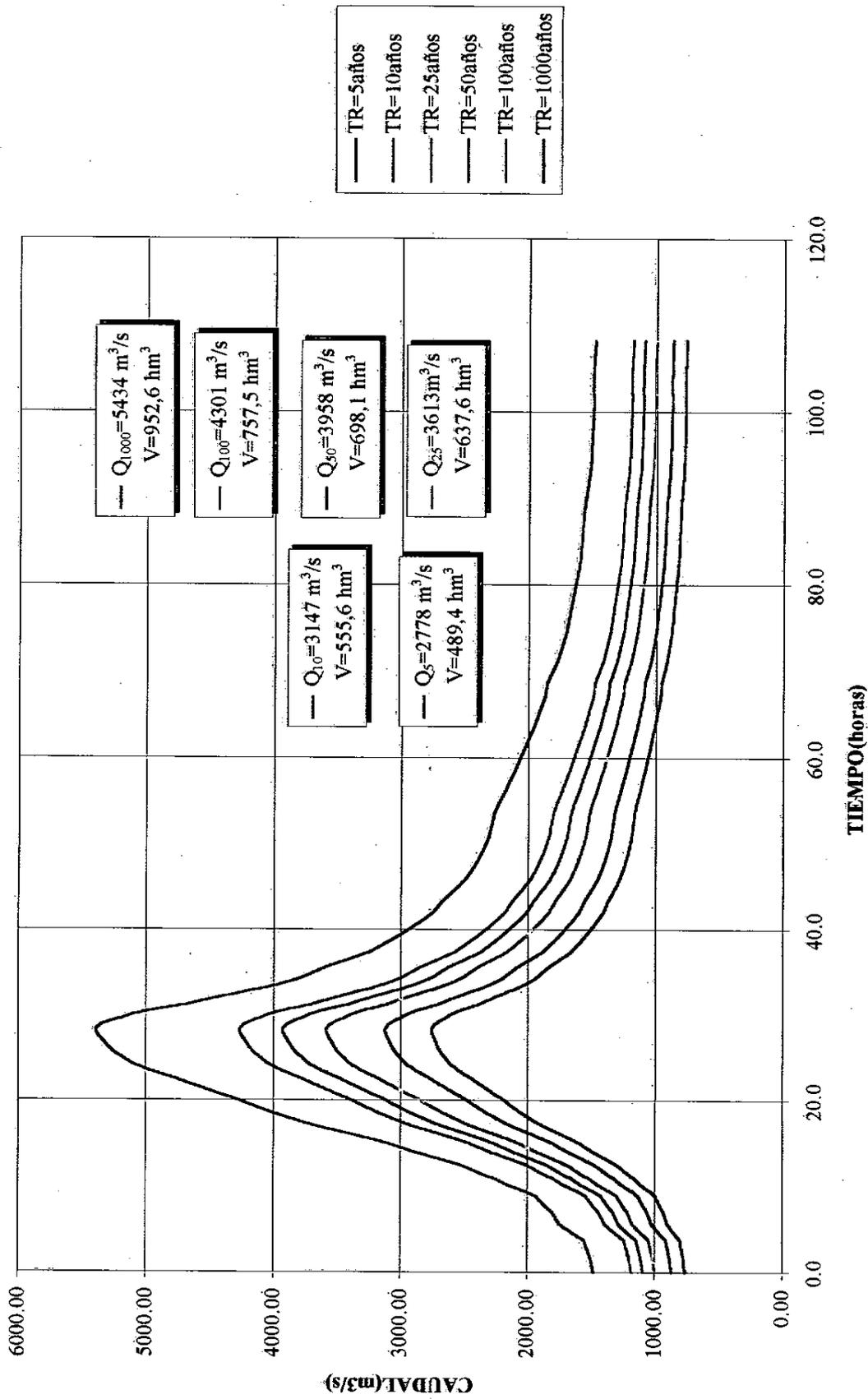
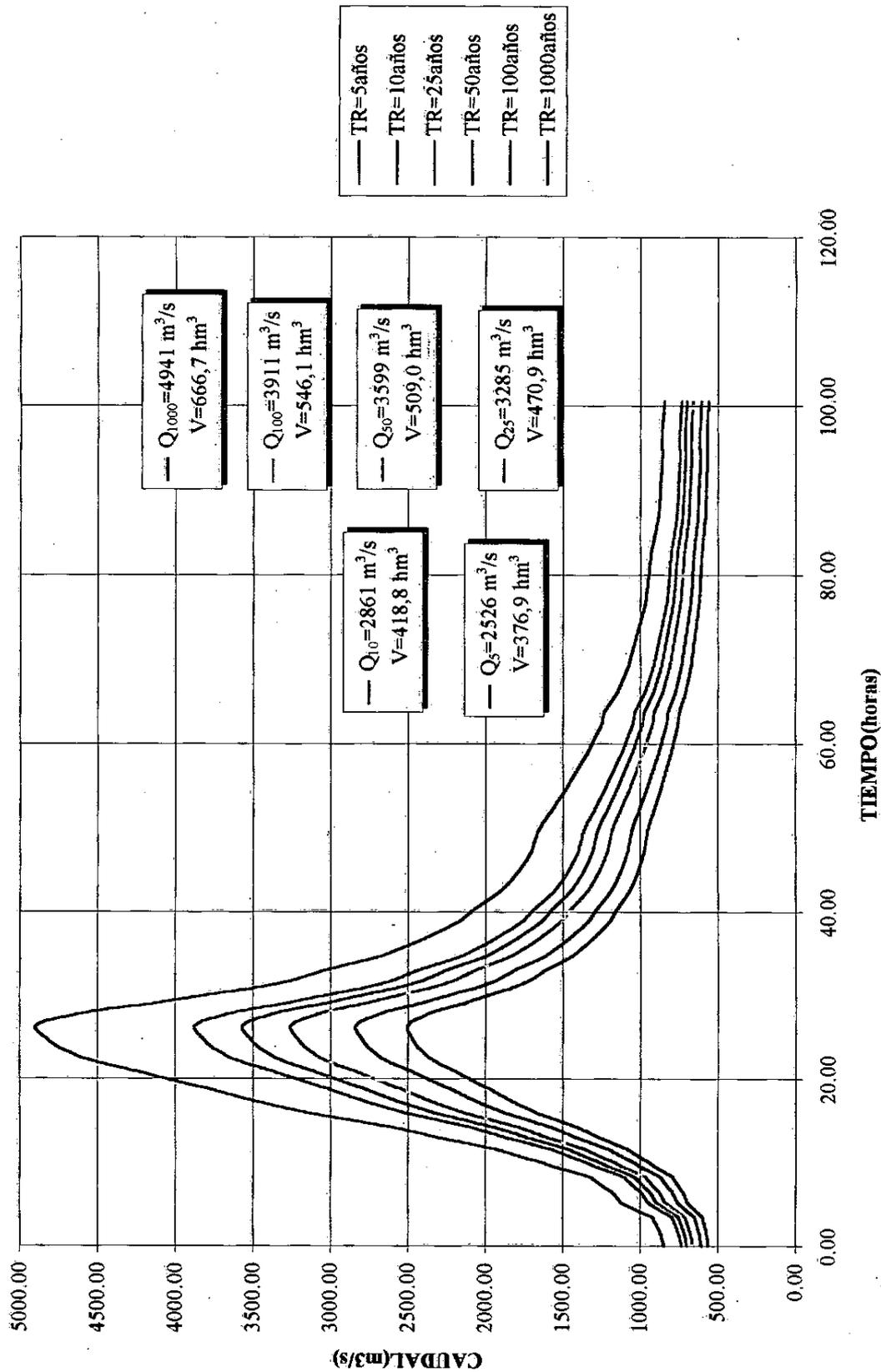


FIGURA 4.11 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE AGOSTO DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS BÉTANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL



— TR=5años  
 — TR=10años  
 — TR=25años  
 — TR=50años  
 — TR=100años  
 — TR=1000años

FIGURA 4.12 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE SEPTIEMBRE DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS. BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

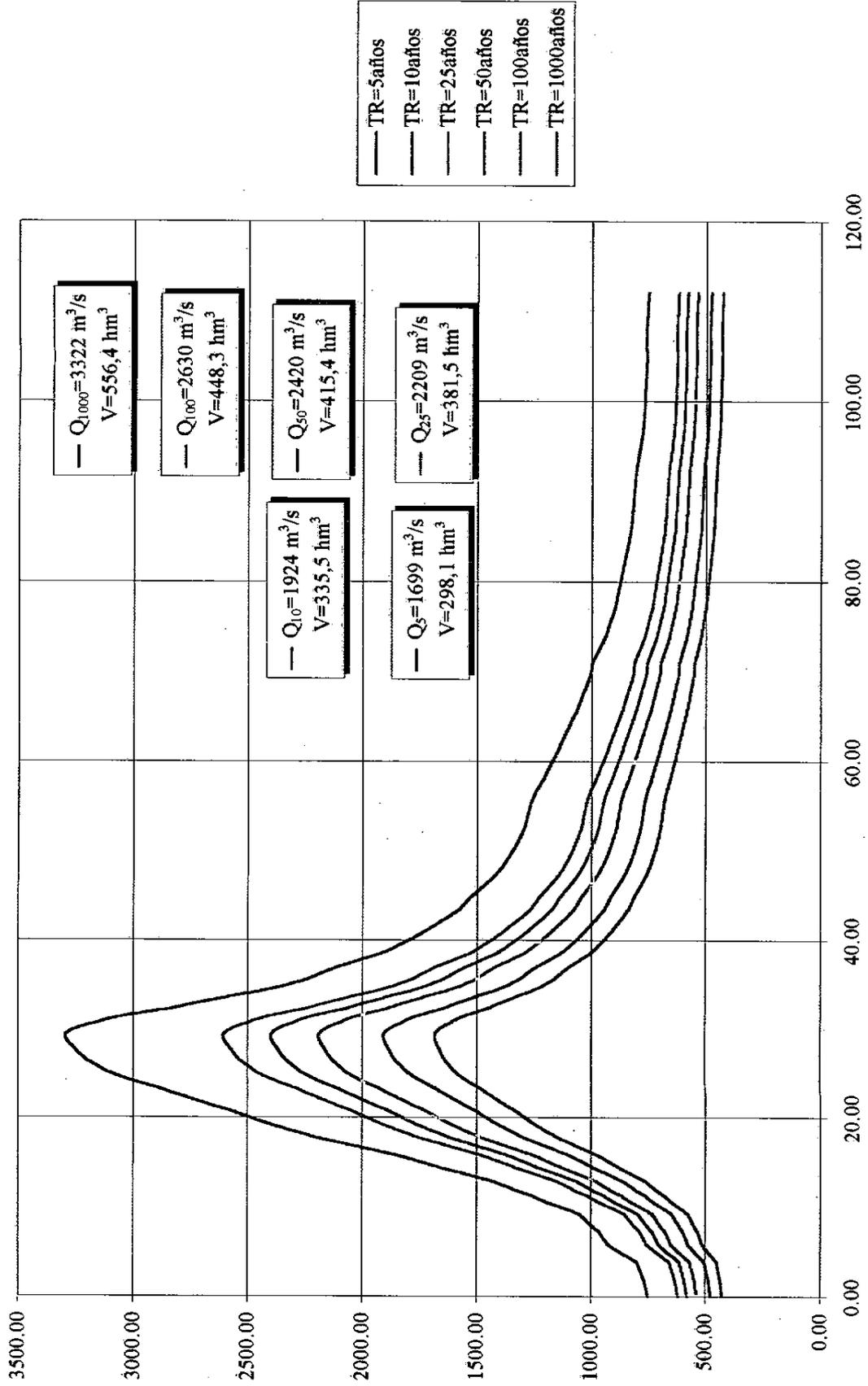


FIGURA 4.13 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE OCTUBRE DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

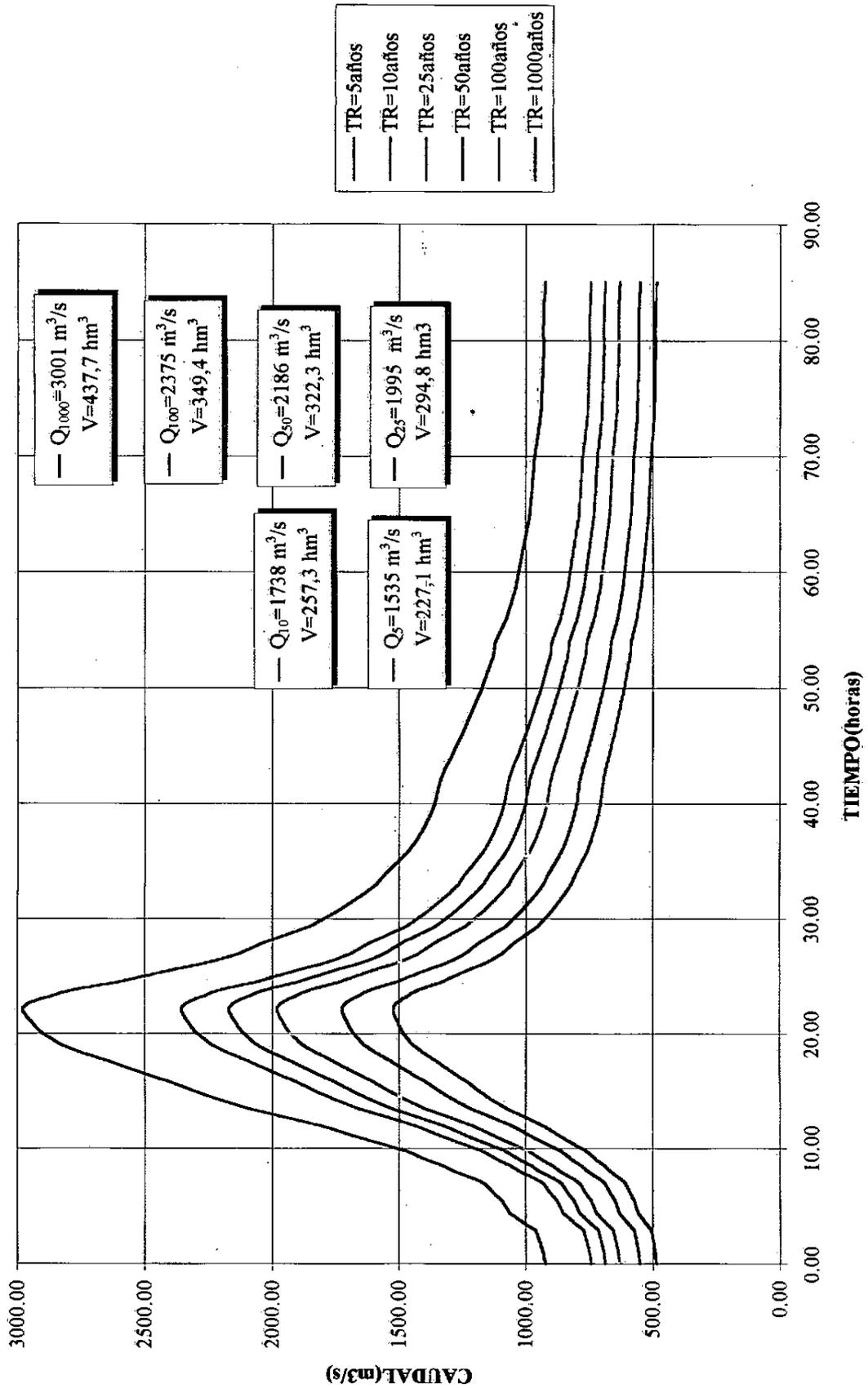


FIGURA 4.14 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE NOVIEMBRE DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS. BETANÍA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

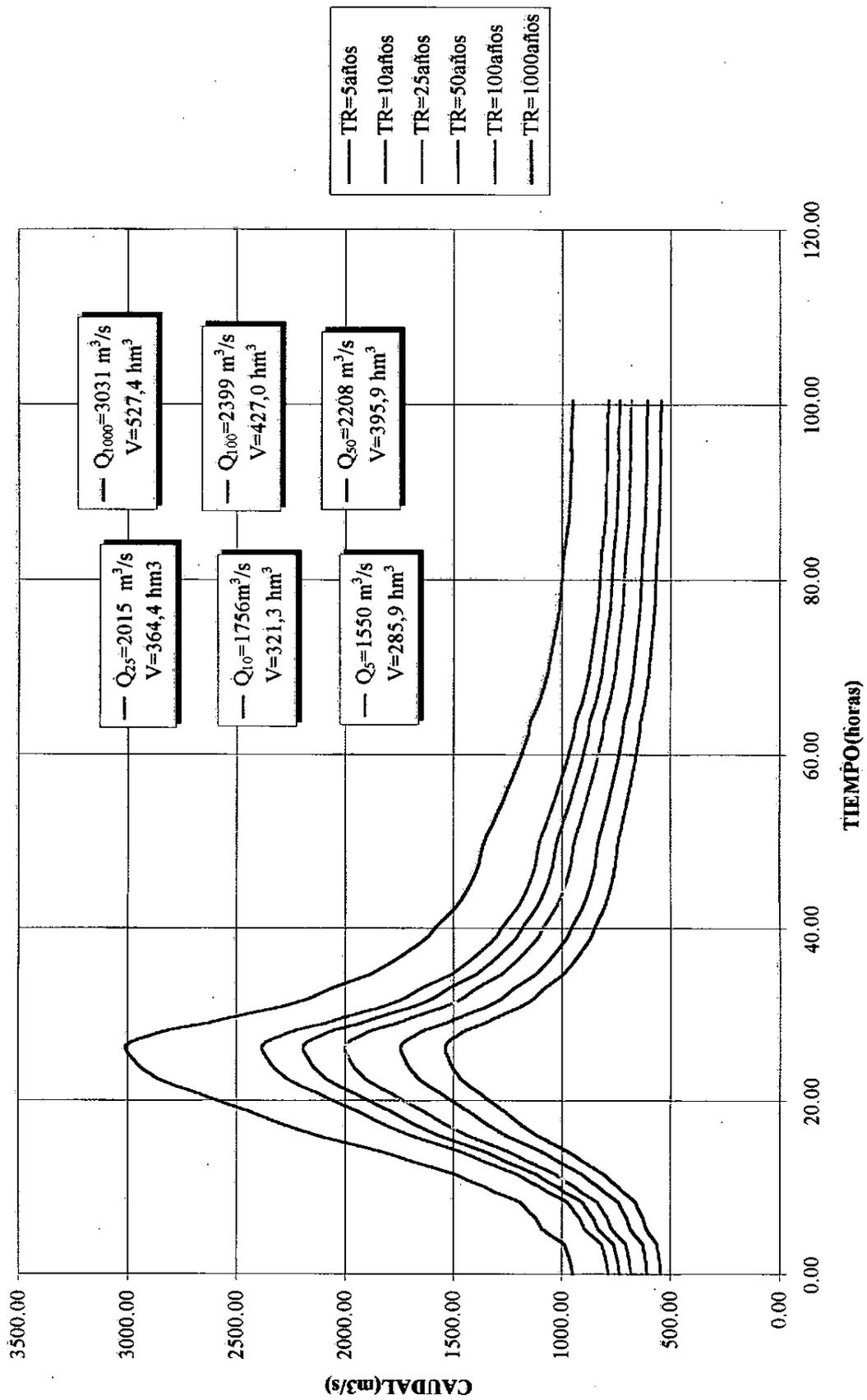
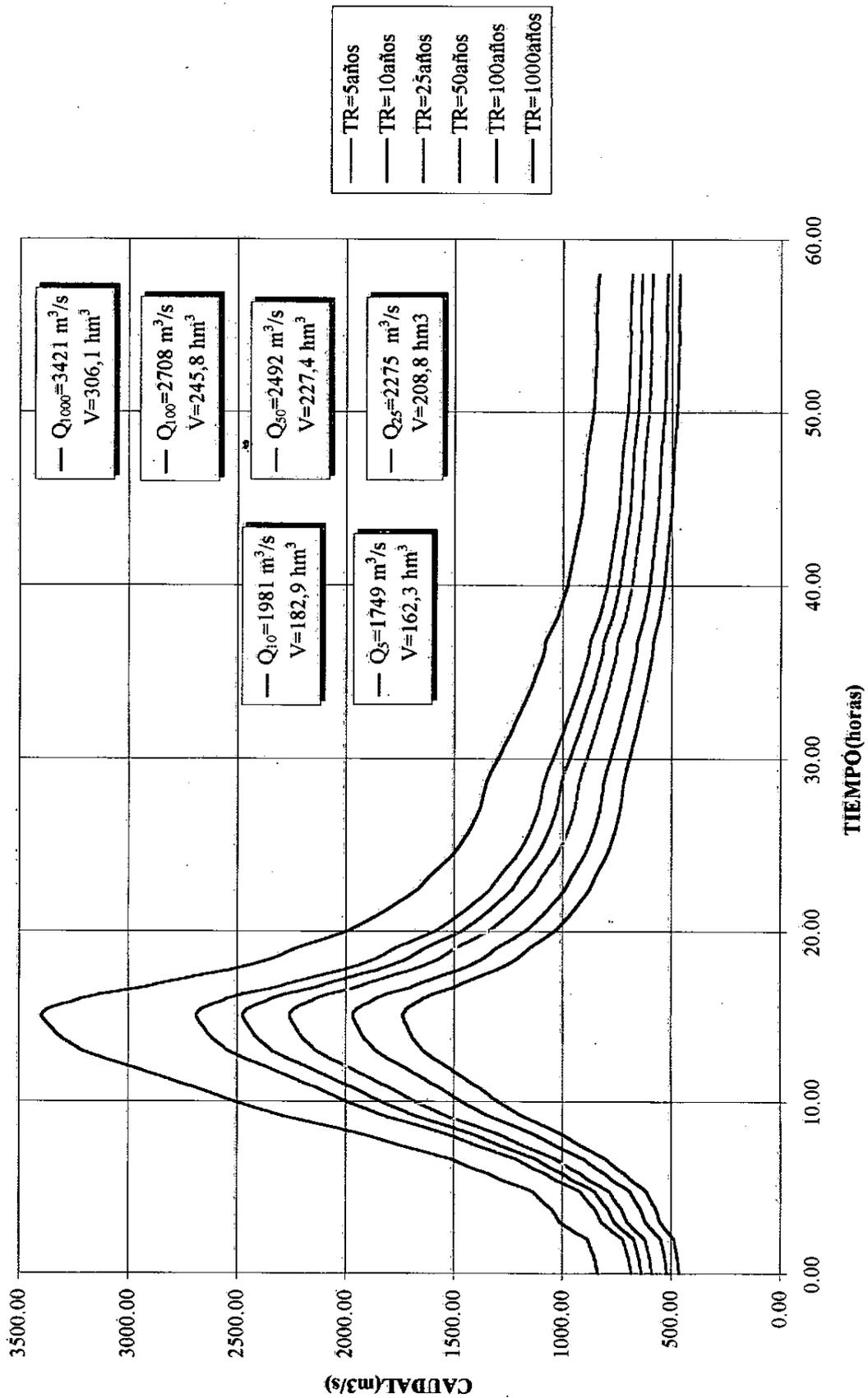
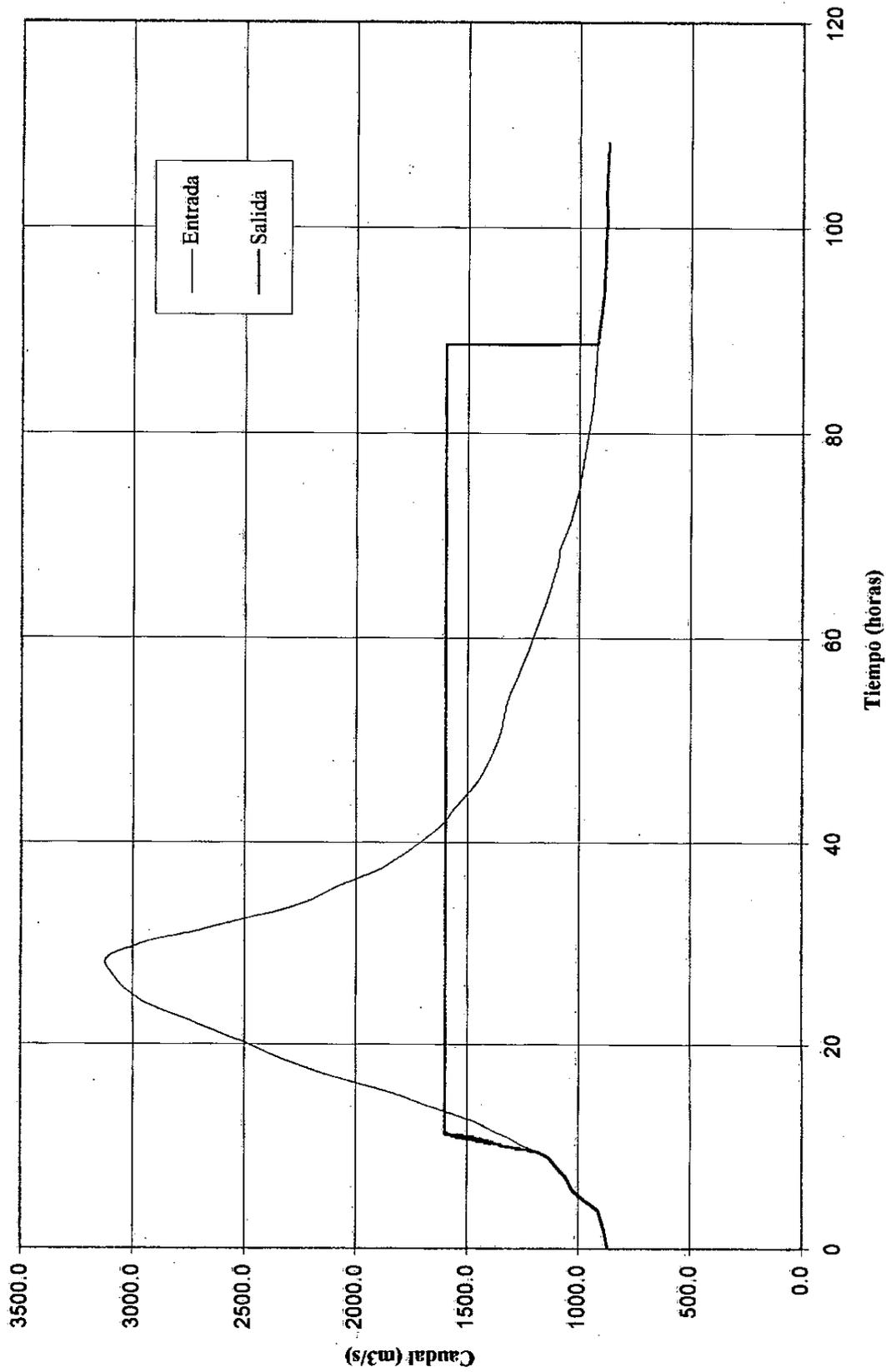


FIGURA 4.15 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES DEL MES DE DICIEMBRE DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS. BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL

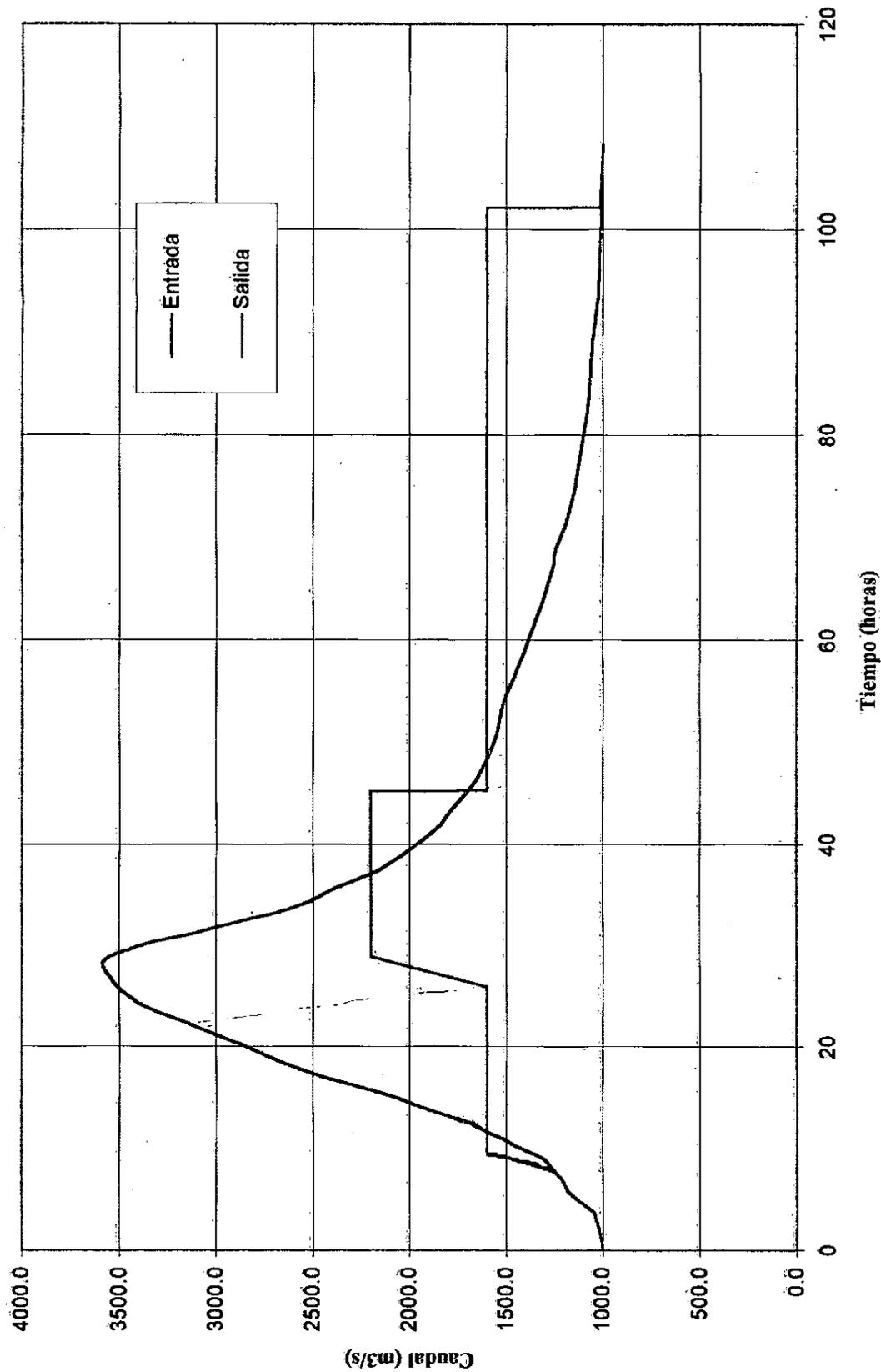


**Embalse de Betania. Rebosadero de Servicio**  
Figura 5.1. Transito de Creciente de 10 años

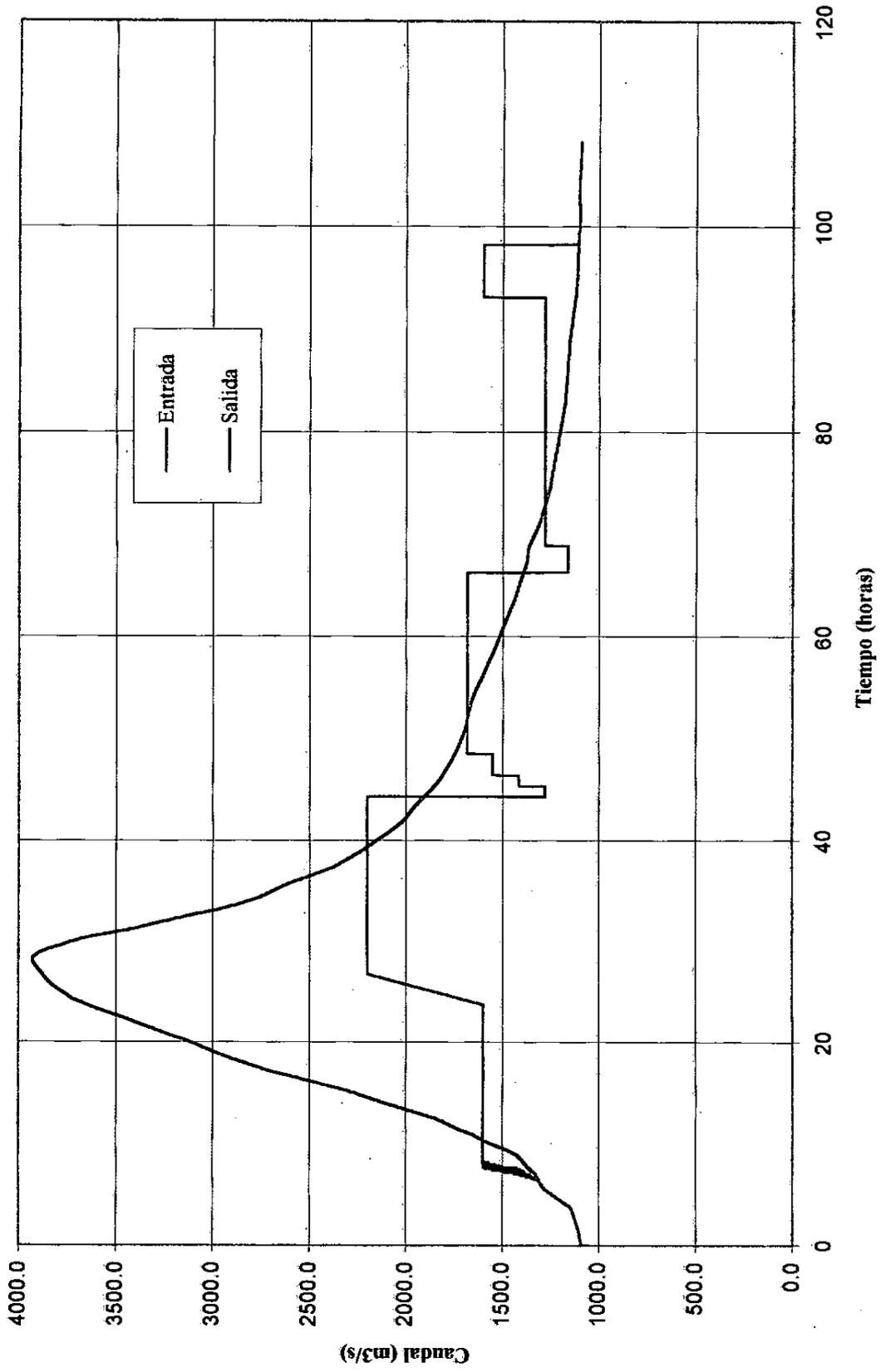


**Embalse de Betania. Rebosadero de Servicio**

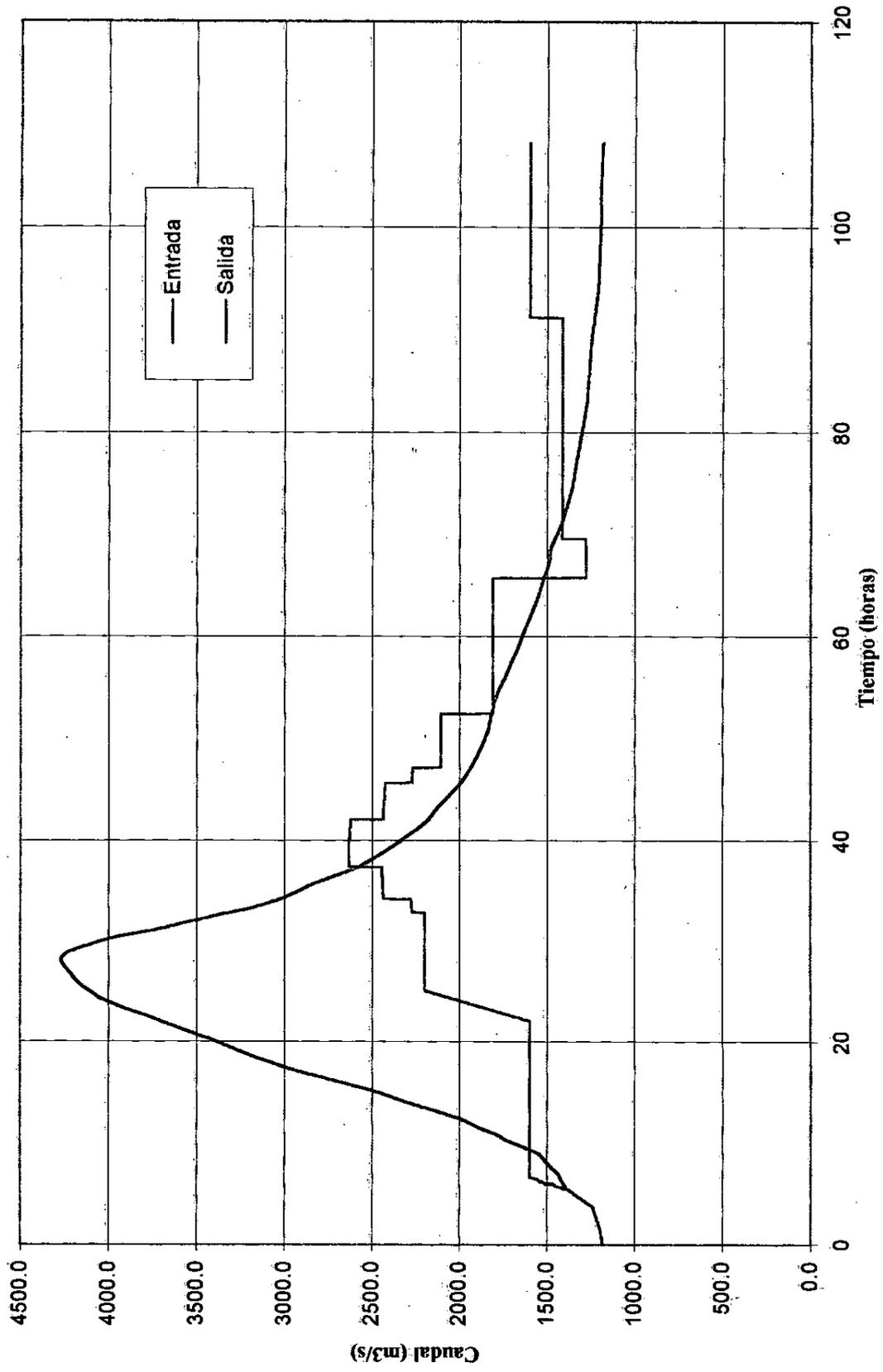
Figura 5.2. Transito de Creciente 25 años



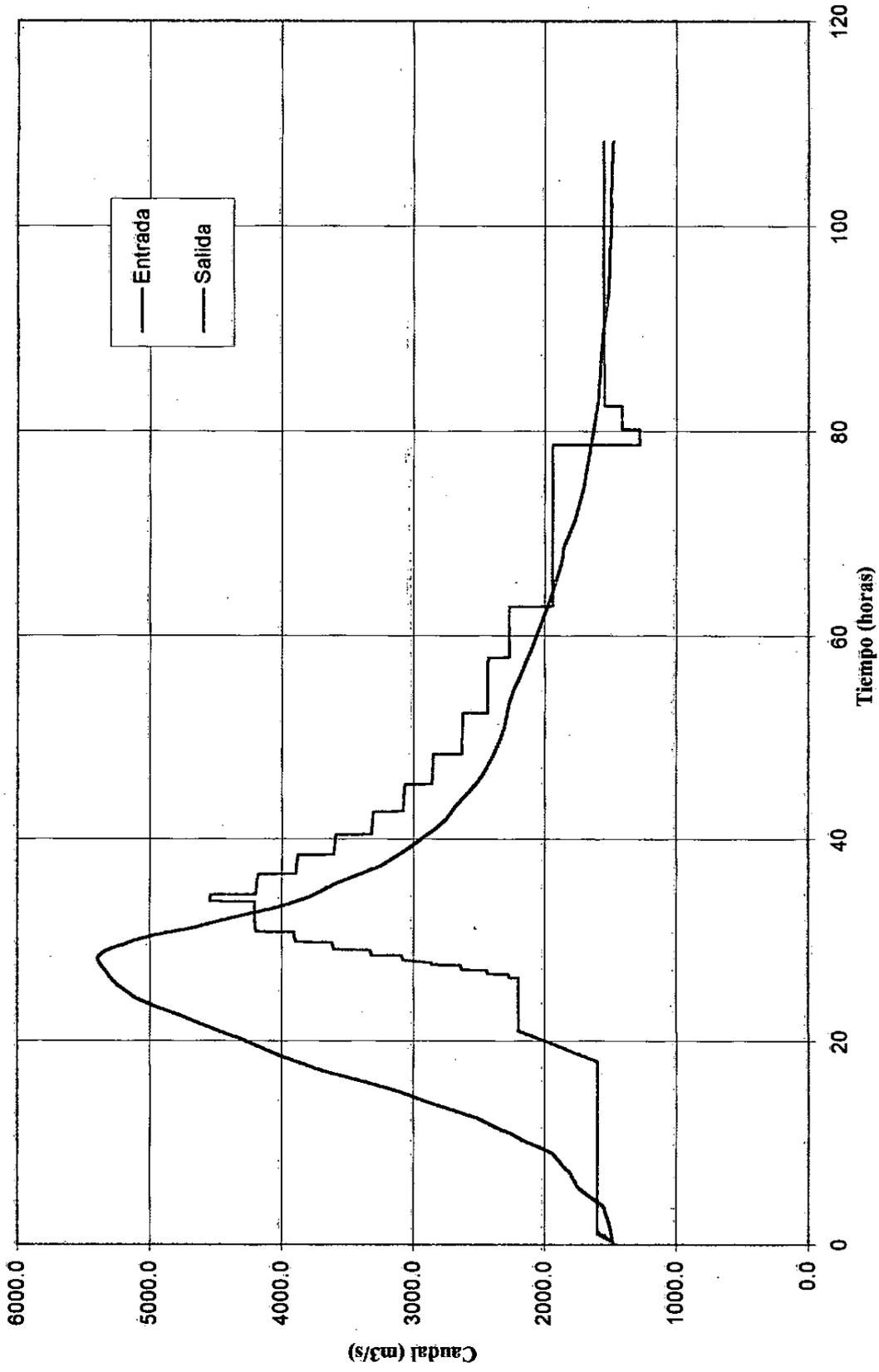
**Embalse de Betania. Rebosadero de Servicio**  
Figura 5.3. Transito de Creciente de 50 años



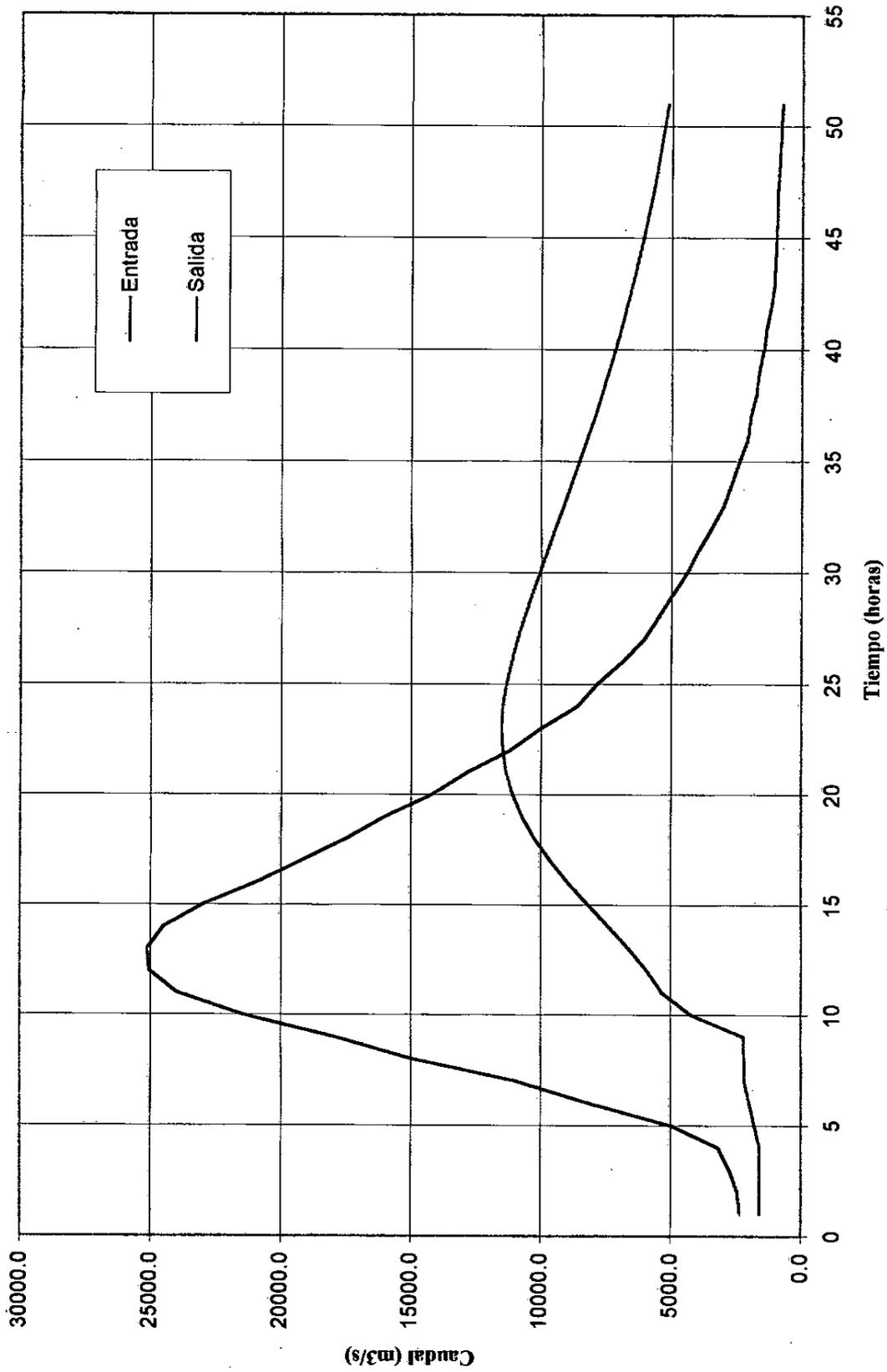
**Embalse de Betania. Rebosadero de Servicio**  
Figura 5.4. Transito de Creciente de 100 años

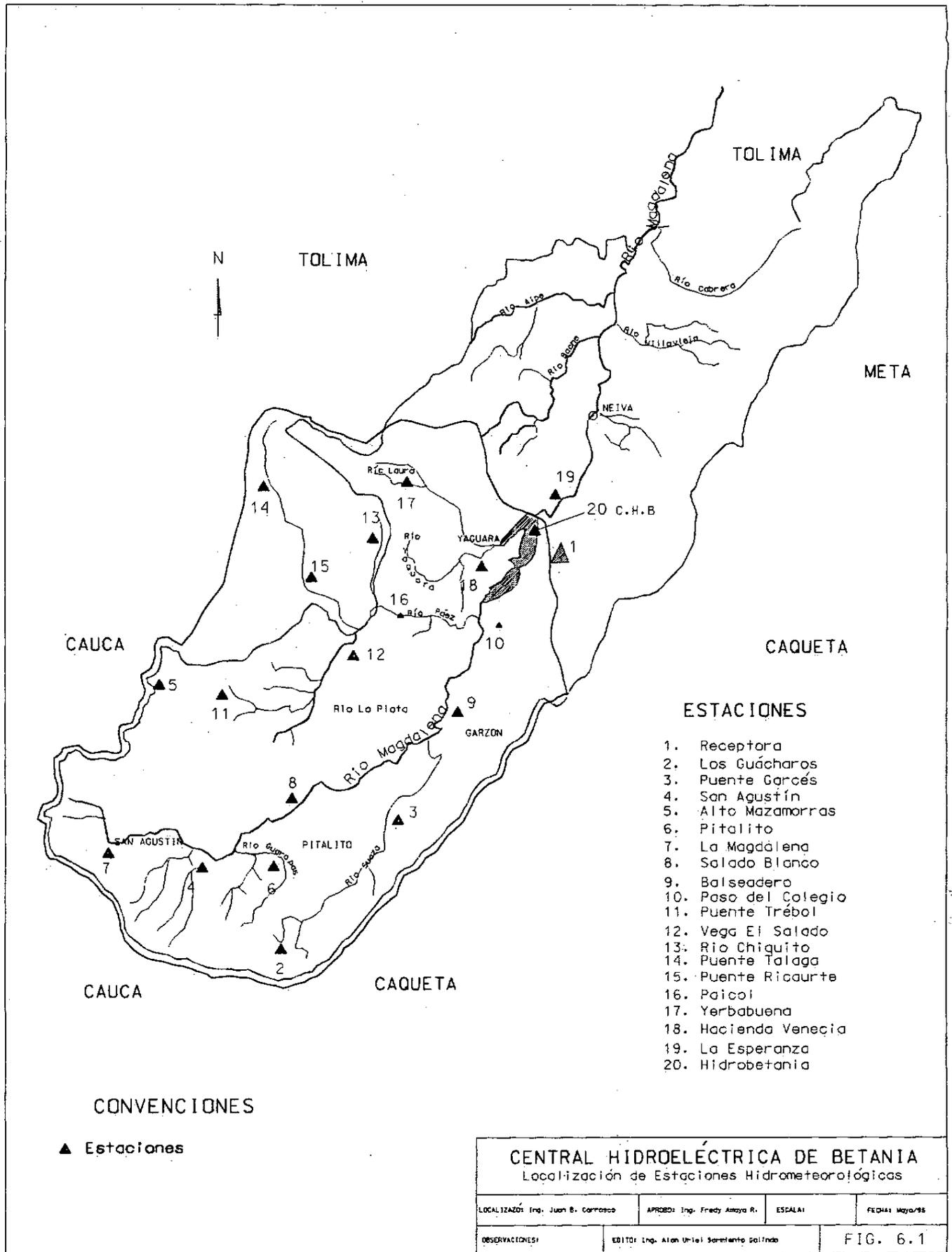


**Embalse de Betania. Rebosadero de Servicio**  
Figura 5.5. Transito de Creciente de 1000 años



**Embalse de Betania. Rebosadero de Servicio**  
Figura 5.6. Transito de Creciente Maxima Probable





**ESTACIONES**

1. Receptora
2. Los Guácharos
3. Puente Garcés
4. San Agustín
5. Alto Mazamorra
6. Pitalito
7. La Magdalena
8. Salado Blanco
9. Balsedera
10. Paso del Colegio
11. Puente Trébol
12. Vega El Salado
13. Rio Chiquito
14. Puente Talaga
15. Puente Ricaurte
16. Paicol
17. Yerbabuena
18. Hacienda Venecia
19. La Esperanza
20. Hidrobetania

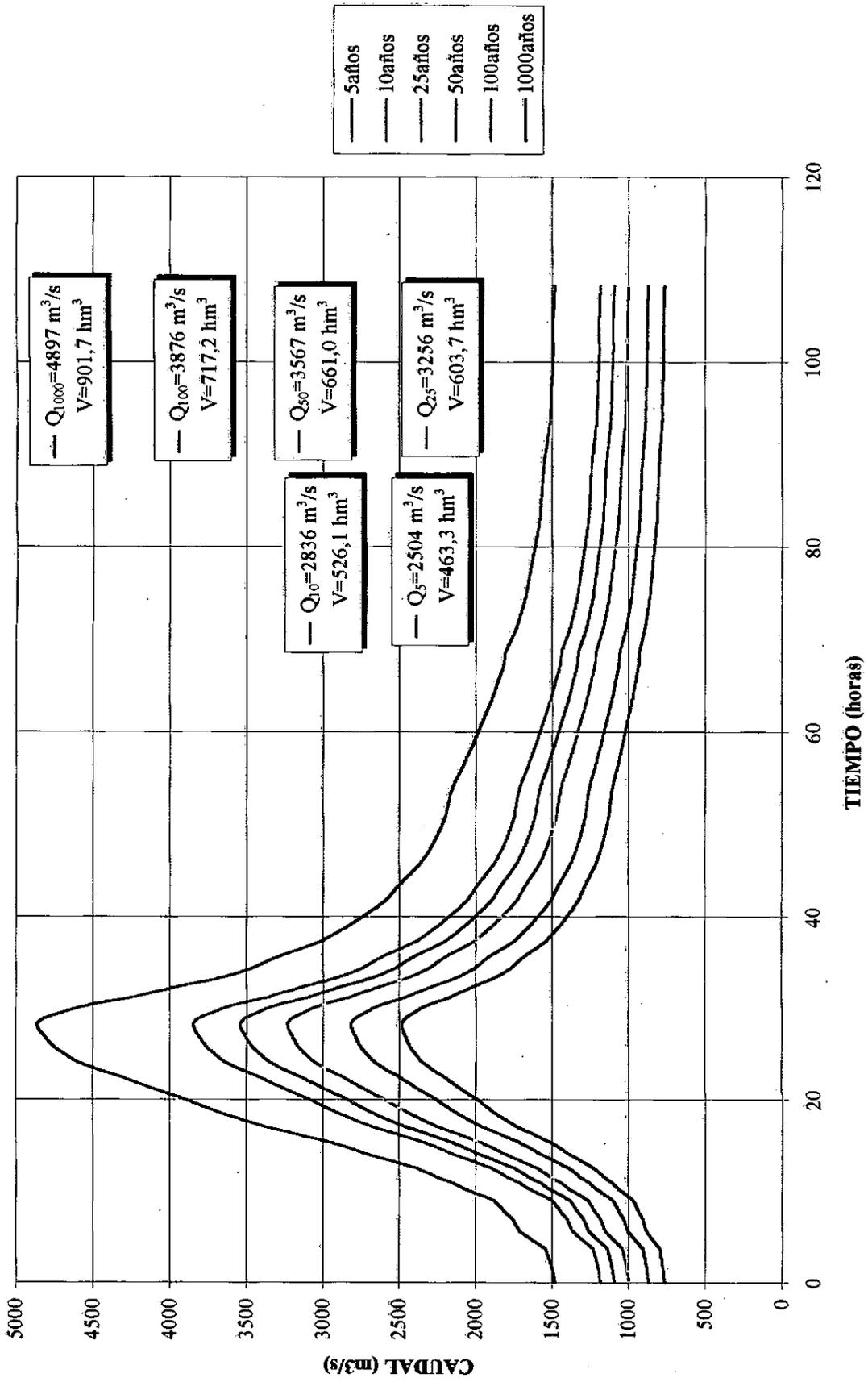
**CONVENCIONES**

▲ Estaciones

**CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA**  
Localización de Estaciones Hidrometeorológicas

LOCALIZADOR: Ing. Juan B. Carrasco	APROBÓ: Ing. Freddy Amaya R.	ESCALA:	FECHA: Mayo/88
OBSERVACIONES:		EDITÓ: Ing. Alan Uriel Sarmiento Salgado	FIG. 6.1

FIGURA 4.16 HIDRÓGRAFAS DE CRECIENTES MULTIANUALES DE 1 EN 5,10,25,50,100 Y 1000 AÑOS BETANIA - SITIO DE PRESA. PERÍODO 1959-1995. ESCORRENTÍA TOTAL



# **ANEXOS**

**ANEXO 1**

**MANUAL DEL MODELO HYDROCOMP FORECAST AND ANALISIS  
MODELING - HFAM v. 1.1.**

**TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	3
1.2 TIPOS DE SIMULACIÓN.....	4
1.2.1 Predicción determinística de corto plazo - Forecast .....	4
1.2.2 Predicción probabilística.....	6
1.2.3 Corridas de Análisis.....	7
<b>2. COMPONENTES DEL MODELO.....</b>	<b>9</b>
2.1 SEGMENTOS DE TIERRA .....	9
2.2 TRAMOS DE CANAL .....	9
2.3 EMBALSES .....	9
2.4 ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	9
<b>3. PROCESOS HIDROLÓGICOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 PROCESOS SUPERFICIALES - HUMEDAD Y ESCORRENTIA.....	11
3.1.1 Almacenamiento por intercepción .....	12
3.1.2 Infiltración.....	12
3.1.3 Escorrentía superficial .....	12
3.1.4 Flujo subsuperficial.....	13
3.1.5 Flujo del agua de la tierra o Flujo base .....	13
3.1.6 Evapotranspiración .....	13
3.2 PROCESOS EN CANALES .....	13
3.3 SIMULACIÓN DE EMBALSES .....	14
<b>4. SERIES DE TIEMPO .....</b>	<b>15</b>
4.1 DATOS METEOROLÓGICOS .....	15
4.2 CAUDALES OBSERVADOS .....	16
4.3 DEMANDAS DE EMBALSE.....	16
4.4 CAUDALES EXTERNOS.....	16

<b>5. SECUENCIA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>17</b>
5.1 PREPARACIÓN PARA MODELAR .....	17
5.2 ORGANIZACIÓN DEL MODELO .....	17
5.2.1 Proyectar sistema (Project Setup) .....	18
5.2.2 Especificar Sistema (System Specification) .....	18
5.2.3 Manipular las series de tiempo (Time Series Manager) .....	19
5.3 CALIBRACIÓN.....	19
5.4 MODELACIÓN .....	19
<b>6. APLICACIÓN HFAM.....</b>	<b>21</b>
6.1 PREPARACIÓN PRELIMINAR .....	21
6.1.1 Definición de objetivos del estudio.....	21
6.1.2 Recolección de la información.....	21
6.1.3 Preparación de datos meteorológicos y de caudales .....	21
6.2 DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MODELO .....	22
6.2.1 Definición de los segmentos de tierra .....	22
6.2.2 Definición de los tramos de canal.....	23
6.2.3 Definición del embalse .....	23
6.3 ORGANIZACIÓN DEL MODELO .....	23
6.3.1 File .....	24
6.3.2 Settings.....	24
6.3.3 System Specification.....	26
6.3.4 Time Series .....	34
6.3.5 Modeling .....	35
6.3.6 Data Status .....	36

## **1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

### **Requerimientos del sistema**

Computador personal con Windows 95

Marco de visualización: resolución 1024 X 768, Large fonts

10 Mb en el disco duro para la instalación

Es recomendable tener un Procesador pentium y 32 Mb en RAM.

Password: Hfam1.1\_97

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El modelo HFAM (Hydrocomp Forecast and Analysis Modeling System) es un modelo interactivo y gráfico, para la predicción de caudales, planeamiento de la operación de embalses y análisis hidrológicos con fines de investigación y diseño. El sistema consiste en una serie de modelos matemáticos, conceptuales, continuos, que utilizan datos meteorológicos como entrada y calculan escorrentía, caudales, almacenamiento en los embalses y generación hidroeléctrica. Los modelos simulan todos los procesos hidrológicos e hidráulicos que ocurren en las cuencas afluentes, en el sistema de ríos y tributarios y en los embalses utilizando el intervalo de tiempo horario.

HFAM combina los últimos avances en interfaces gráficas y computación, con mas de treinta años de investigación en modelación continua de procesos hidrológicos. Esta investigación se inicio en la universidad de Stanford con el desarrollo del Stanford Watershed Model, por parte del Doctor Norman Crawford, y continuo en Hydrocomp con el desarrollo de múltiples modelos para la simulación de la cantidad y calidad de agua, incluyendo el HSPF (Hydrologic Simulation Program FORTRAN), desarrollado por Hydrocomp para la EPA ( Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos); el cual ha sido utilizado extensamente en todo el mundo.

El modelo fue desarrollado para computador personal con sistema operacional Windows 95. cuenta con mas de 50,000 líneas de código escritas en Object Pascal. A pesar de su tamaño y complejidad técnica el modelo es sencillo de utilizar, pues incorpora una poderosa interfaz gráfica. El sistema es totalmente interactivo e incluye mecanismos de chequeo de datos de entrada. Tanto los datos de entrada, como los resultados se presentan gráficamente, lo que permite una mayor comprensión del comportamiento hidrológico de las cuencas y del efecto de las decisiones de operación. Dada la velocidad de los procesadores actuales, una predicción de corto plazo toma unos pocos segundos. En corto tiempo el usuario puede

hacer varias corridas para observar el efecto en la operación de los embalses y/o variaciones en la predicción meteorológica utilizada.

### 1.2 TIPOS DE SIMULACIÓN

HFAM ofrece tres tipos de simulaciones o corridas

<b>Forecast</b>	Predicción determinística de corto plazo (herramienta de decisión para operación a corto plazo)
<b>Probabilística</b>	Predicción probabilística para mediano-largo plazo (herramienta de decisión para operación a mediano y largo plazo)
<b>Analysis</b>	Simulación de análisis/calibración ( para investigación y para diseño y planeamiento de proyectos de ingeniería)

#### 1.2.1 Predicción determinística de corto plazo - Forecast

Típicamente este tipo de corrida es el utilizado como una herramienta de decisión en la operación diaria de embalses. El objetivo de este tipo de corrida es obtener pronóstico de caudales en diversos puntos del río y de flujos de entrada a los embalses para los próximos días o semanas, utilizando predicciones meteorológicas. Dadas unas demandas para los embalses, el modelo también producirá pronósticos de volumen y nivel en los embalses , generación hidroeléctrica, derivaciones para irrigación y/o suministro de agua, y rebose.

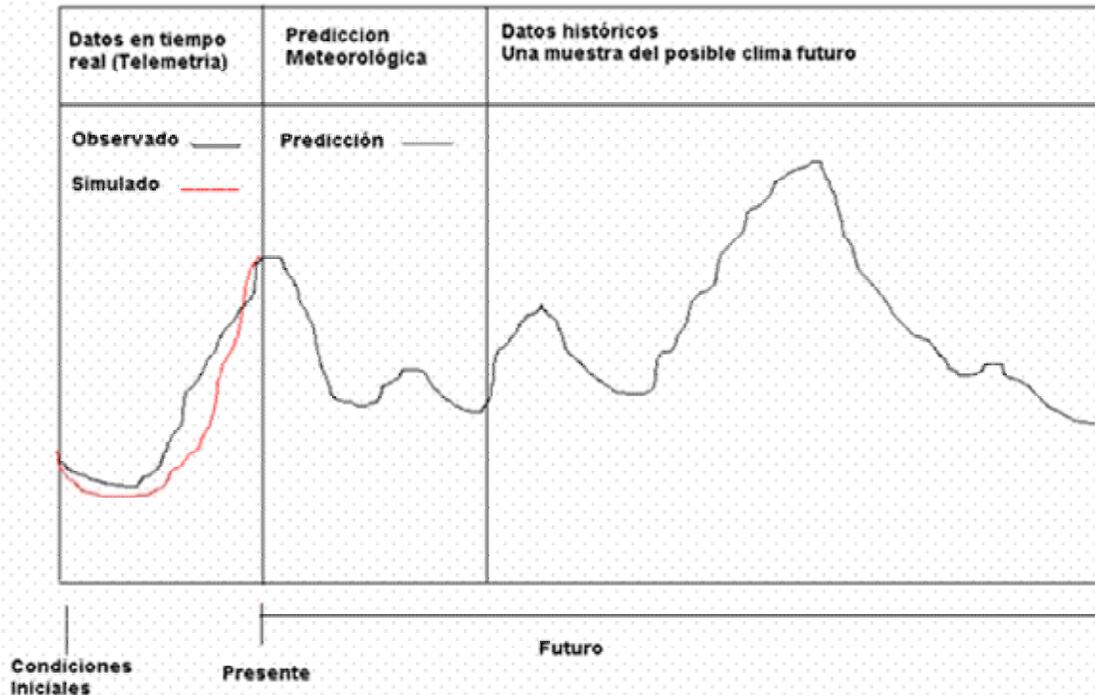
Durante la operación normal, el modelo tiene información a cerca de las condiciones que existían en la cuenca (humedad acumulada del suelo y almacenamiento en los embalses) en algún tiempo en el pasado, generalmente el último día en que se corrió el modelo. La simulación comienza ese día y se extiende hasta el final del periodo de predicción especificado por el usuario. Utilizando datos meteorológicos como entrada, el modelo simula todos los procesos hidrológicos e hidráulicos durante el periodo simulación. Los datos utilizados por el modelo son precipitación evaporación. Si se necesita simular procesos de nieve en la cuenca, se requieren adicionalmente temperatura, radiación solar y viento. Los datos meteorológicos pueden venir de tres fuente diferentes:

**Real Time:** Datos en “tiempo real”, provenientes del sistema de telemetría

**Forecast:** Predicciones meteorológicas cuantitativas

**Historic:** Datos meteorológicos históricos recolectados en la cuenca

Típicamente una corrida de predicción de corto plazo utiliza datos meteorológicos de las distintas fuente de datos, como se ilustra en la Figura 1



**Figura 1. Predicción determinística de corto plazo**

Los datos en tiempo real son datos de precipitación y evaporación (y si es necesario datos de temperatura, radiación solar y velocidad del viento) que se han recolectado en la cuenca desde la última vez que se corrió el modelo. Estos datos se utilizan para actualizar las condiciones iniciales desde la fecha de iniciación de la simulación hasta el presente, como se describe al final de esta sección.

Para los días futuros se utilizan las predicciones meteorológicas cuantitativas que se tengan disponibles. En general, solo es posible obtener pronósticos meteorológicos para unos pocos días. Si el usuario desea obtener una predicción de caudales para un periodo más largo, el modelo le permite seleccionar un año específico de la base de datos meteorológica histórica, como muestra del clima futuro que puede ocurrir en el futuro próximo. El usuario puede escoger un año promedio, o un año particularmente húmedo o seco, dependiendo del patrón del clima en que se encuentre. Aun cuando la única limitante a la longitud del periodo de predicción está dada por la capacidad del computador, para periodos de más de dos o tres semanas es recomendable utilizar la predicción probabilística.

Durante una sesión de modelación el usuario puede ensayar diversos patrones de demanda para el embalse y comparar los efectos sobre elevación y volumen en el embalse, derivaciones y generación hidroeléctrica.

En predicciones de corto plazo el modelo guarda resultados horarios que incluyen: afluencias totales a los embalses, elevación y volumen en el embalse, vertimientos, flujo a través de la planta de generación y generación hidroeléctrica. Así mismo, el usuario puede mirar resultados como humedad acumulada en el suelo en diversas zonas de la cuenca, y caudales en diferentes puntos del río y tributarios. Para puntos en los cuales se disponga de caudales observados, el modelo permite comparar caudales observados contra caudales simulados, para la porción del periodo de simulación que utiliza datos de telemetría. Todos los archivos se pueden imprimir a archivos de texto para uso posterior.

### **1.2.1.1 Avanzando el modelo**

Las condiciones iniciales de la cuenca tienen un gran efecto sobre las afluencia futuras a un embalse. Una tormenta que ocurre sobre una cuenca saturada produce una escorrentía mucho mayor que una tormenta de igual magnitud que ocurre cuando la cuenca esta seca. La condición inicial mas importante es la humedad acumulada del suelo en distintas zonas de la cuenca. Esta información no puede ser medida directamente. Una gran ventaja de los modelos de simulación continua es que mantienen una contabilidad continua de la humedad acumulada en el suelo. HFAM calcula cada hora durante la simulación, la cantidad de agua acumulada en el suelo en cada porción de la cuenca.

Con el fin de mantener las condiciones iniciales del modelo actualizadas, el usuario debe avanzar el modelo cada vez que hace predicción de corto plazo utilizando datos de tiempo real o Telemetría. El usuario avanza el modelo especificando un día, dentro del periodo de simulación, el modelo hace una copia de todas las variables de estado (humedad almacenada en el suelo en distintas partes de la cuenca, volumen en el embalse), y las guarda como condiciones iniciales nuevas, así mismo avanza la fecha de inicio para la próxima simulación. Durante la operación regular del modelo el usuario debe escoger el ultimo día para el que existen datos de telemetría ('presente' en la Figura 1), como el día en el que se deben guardar nuevas condiciones iniciales.

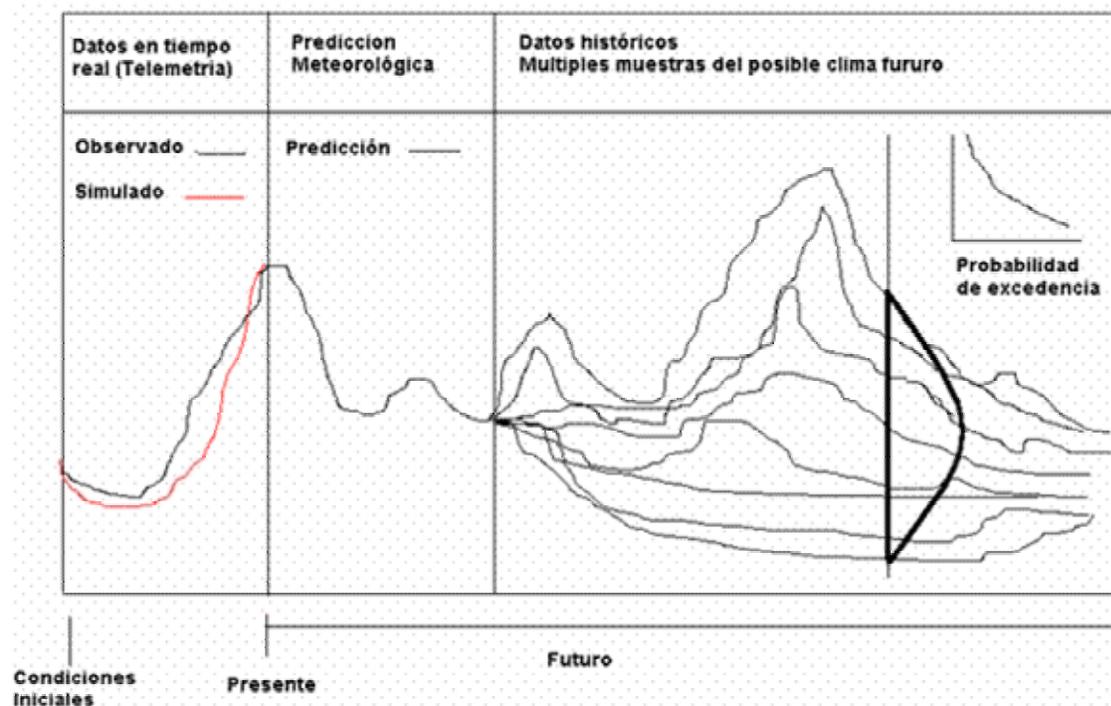
### **1.2.2 Predicción probabilística**

En la actualidad es imposible obtener pronósticos meteorológicos cuantitativos para mas de una semana. Sin embargo, muchas de las decisiones relativas a la operación de embalses requieren estimativos de afluencia para horizontes de varios meses. La predicción probabilística provee un manera de manejar la incertidumbre asociada con el clima futuro. El modelo supone que los años de datos meteorológicos observados, disponibles en la base de datos histórica proveen una muestra representativa del clima que puede presentarse en el futuro ( normalmente se deben tener al menos 20 años de datos históricos, e idealmente 50). En vez de utilizar los datos meteorológicos de un año específico como en la predicción determinística, el modelo utiliza todas la series meteorológicas históricas secuencialmente. Al simular el comportamiento hidrológico de la cuenca para cada una de esas posibles

trazas meteorológicas, el modelo determina el rango de respuesta hidrológicas que se pueden esperar en el futuro, dadas las condiciones actuales de la cuenca.

Para cada día del periodo de simulación el modelo determina valores máximos y mínimos obtenidos en la secuencia de simulaciones, para todas las variables de interés, incluyendo afluencias al embalse, volúmenes y elevaciones en el embalse, vertimientos y generación. Así mismo, produce la distribución de probabilidades de dichos valores dentro del rango.

La Figura 2 muestra un esquema de predicción probabilística. Datos de telemetría y pronósticos meteorológicos disponibles pueden utilizarse para la parte inicial del periodo de predicción. Los resultados para esa parte de la simulación serán del tipo determinístico.



**Figura 2. Predicción probabilística de mediano largo plazo**

### 1.2.3 Corridas de Análisis

Corridas de análisis permiten simular el periodo en el pasado utilizando datos meteorológicos históricos. Este tipo de simulación es utilizado durante el proceso de calibración del modelo. El proceso de calibración consiste en ajustar los parámetros del modelo hasta tener una buena reproducción de los caudales observados en la cuenca. En lo posible la calibración debe hacerse con base en cinco o mas años de caudales observados continuos. Para sitios donde se tienen registros históricos de caudales, el modelo ofrece diversas formas de comparar caudales observados y simulados. *El modelo debe ser*

*calibrado, antes de poder ser utilizado para hacer predicciones determinísticas y/o probabilísticas, y antes de hacer corridas de análisis para estudios de diseño de ingeniería.*

La corrida de análisis también provee una herramienta para investigación muy poderosa. Es posible estudiar el efecto que el cambio en las políticas de operación de los embalses puede tener sobre generación hidroeléctrica y suministro de agua. También se puede analizar el efecto de cambios en las características físicas de los embalses y/o plantas de generación.

Las posibles aplicaciones de las simulaciones de análisis para planeamiento y diseño en ingeniería incluyen:

- Estudios de rendimiento y confiabilidad de embalses
- Análisis de políticas de operación de embalses para generación y para uso múltiple
- Frecuencia de crecientes para estructuras hidráulicas
- Estimativos de crecientes de diseño para rebosaderos
- Efectos del manejo integral de cuencas
- Efectos de estructuras hidráulicas sobre el régimen hidrológico de la cuenca

Dependiendo de la longitud del período de simulación, la corrida de análisis puede ser de corto o largo plazo. Si el período incluye dos o más años completos, la corrida es de largo plazo. Corridas de análisis de corto plazo producen resultados horarios. Corrida de análisis de largo plazo producen resultados agregados a nivel diario para todo el período de simulación. Adicionalmente producen resultados de tipo probabilística, similares a los producidos en una predicción probabilística. Son embargo estos resultados no están condicionados por las condiciones actuales de la cuenca, sino que presentan el comportamiento histórico de la misma.

## **2. COMPONENTES DEL MODELO**

### **2.1 SEGMENTOS DE TIERRA**

Es una subdivisión de la cuenca consistente en un área o áreas con características hidrológicas homogéneas, tal como la precipitación media anual en el sector y la cobertura vegetal. Los segmentos de tierra son representados por una serie de parámetros conocidos de la cuenca, y otros que son determinados por calibración.

Cada segmento de tierra es simulado independientemente usando información local. Los datos meteorológicos requeridos son: precipitación, temperatura, radiación solar y vientos. Para cada segmento HFAM modela el proceso hidrológico que ocurre por unidad de área usando un intervalo de tiempo horario.

### **2.2 TRAMOS DE CANAL**

La simulación del flujo en el río es realizado por tramos, cada tramo es representado por un elemento situado entre dos nodos, la sección transversal, pendiente y rugosidad son constantes para el tramo. Los parámetros del canal representan las características físicas de cada tramo.

El flujo es asumido como unidimensional, cada tramo puede recibir flujos de diferentes segmentos de tierra y de tramos ubicados aguas arriba; así como de embalses. Todas las entradas al tramo son adicionadas y entradas al modelo sin distinguir la localización de la entrada del flujo.

### **2.3 EMBALSES**

El elemento embalse incluye embalse natural y embalse controlado. Los elementos básicos para representarlo son: curva de capacidad del embalse, cota de descarga de fondo y cota de nivel de rebose del vertedero. Los embalses controlados incluyen la operación conociendo las demandas especificadas por el usuario.

### **2.4 ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

Las estaciones meteorológicas son clasificadas de acuerdo al tipo de datos que ellas proveen, como:

Estaciones de Precipitación

Estaciones de temperatura

Estaciones de Evaporatranspiración potencial

Estaciones de Radiación Solar

Estaciones de Vientos

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

Se considera cada tipo de estación meteorológica como un elemento diferente, es decir; una estación que provee: precipitación, temperatura y viento será representada como tres estaciones de diferente tipo, el número índice puede ser el mismo.

Para cada estación la información requerida es

Nombre de la estación y numero índice

Elevación

Localización ( latitud y longitud)

### **3. PROCESOS HIDROLÓGICOS**

Los procesos hidrológicos simulados por HFAM son:

- Procesos superficiales
- Procesos en canales
- Simulación de embalses
- Simulación de acuíferos

HFAM separa los procesos superficiales tales como infiltración, flujo subsuperficial y flujo superficial de los procesos de almacenamiento y tránsito en el sistema de canales.

#### **3.1 PROCESOS SUPERFICIALES - HUMEDAD Y ESCORRENTIA**

Estos procesos ocurren en la superficie de la tierra y en una zona activa donde el contenido de humedad del suelo varía debido a los cambios de precipitación, y evapotranspiración.

La lluvia está sujeta a los siguientes procesos:

- Almacenamiento por intercepción
- Infiltración
- Escorrentía superficial
- Flujo subsuperficial
- Flujo del agua de la tierra o Flujo base
- Evapotranspiración

El movimiento del agua en el segmento de tierra es modelado a lo largo de tres caminos: Escorrentía superficial, Flujo subsuperficial y flujo base. Cada uno de estos tres caminos experimenta diferencias en el tiempo, una característica importante del modelo es que la infiltración, el flujo subsuperficial y la evapotranspiración, varían sobre el segmento de tierra en cualquier tiempo.

La Figura 3 muestra los diferentes procesos.

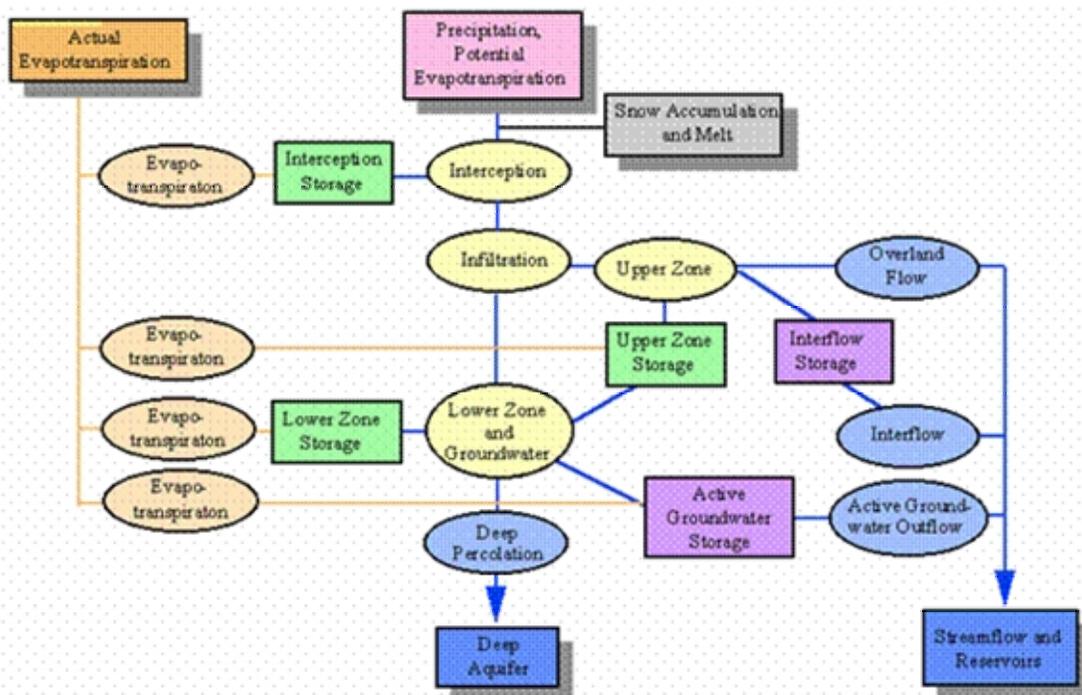


Figura 3. Procesos hidrológicos

### 3.1.1 Almacenamiento por intercepción

El almacenamiento por intercepción es función de la densidad de vegetación, almacena agua durante los chaparrones hasta que su capacidad de almacenamiento es excedida y luego se pierde por evaporación.

### 3.1.2 Infiltración

Parte del agua lluvia se infiltra inmediatamente en el perfil de suelo. Las tasas de infiltración son fuertemente dependientes de la humedad del suelo. La infiltración del suelo ocurre a tasas bajas cuando la humedad del suelo es alta.

### 3.1.3 Escorrentía superficial

La interacción entre la escorrentía superficial y la infiltración son incluidas en HFAM ya que ambos procesos ocurren simultáneamente. Las variaciones en las tasas de infiltración de punto a punto sobre la superficie permiten flujo superficial en áreas con baja infiltración mientras que impiden la escorrentía en otras áreas

### **3.1.4 Flujo subsuperficial**

Una parte del agua de infiltración se mueve lateralmente en el suelo, a través de caminos preferenciales (macroporos, huecos de antiguas raíces o lentes de arena y grava), el algoritmo de escorrentía superficial calcula el agua adicionada a los caminos de flujo subsuperficial, el tránsito de ese flujo en el suelo y la tasa de salida a los canales principales.

### **3.1.5 Flujo del agua de la tierra o Flujo base**

Una porción del agua que se infiltra en la superficie de un segmento de tierra se posa en los acuíferos que descargan a los canales principales. Esta agua suple el canal en las épocas de sequía.

HFAM calcula el cambio del agua de almacenamiento como función de la humedad actual y las tasas de infiltración. Las salidas del agua a los canales son también calculadas.

En HFAM las hidrógrafas de escorrentía superficial son adicionadas al flujo subsuperficial y al flujo base para formar la hidrógrafa de entrada al canal. Las entradas al canal son función de la superficie y las características de la lluvia.

### **3.1.6 Evapotranspiración**

El volumen de agua que sale de la cuenca como evaporación y transpiración excede el volumen total de flujo en la corriente en la mayoría de los regímenes hidrológicos. Estimativos continuos de la evapotranspiración real deben ser encontrados. Hay dos tipos de evapotranspiración, La Evapotranspiración potencial, una función de las condiciones atmosféricas, y la evapotranspiración real, calculada como una función de las condiciones de humedad y la evapotranspiración potencial,

La evapotranspiración potencial es igual a la estimada por el U.S. Weather Bureau, tanque de evaporación clase A, La evaporación del suelo es dependiente de la humedad del suelo.

## **3.2 PROCESOS EN CANALES**

La red de canales en una cuenca recibe entradas de segmentos de tierra geográficamente distribuidos. Cada entrada de un segmento de tierra es representada como una serie de tiempo única.

Un canal atenúa fuertemente la creciente si el canal desborda en una amplia planicie de inundación, En áreas montañosas si el canal es confinado en cañones estrechos la atenuación es mínima.

HFAM calcula la profundidad y velocidad en los tramos de canal usando el método de onda cinemática. La profundidad y velocidad del flujo en cada tramo de canal y en cada paso de tiempo son relacionadas con las características del canal usando la fórmula de Manning.

Los parámetros del tramo de canal describen la pendiente, rugosidad y sección transversal tanto del canal como la superficie de inundación.

La precipitación y evaporación de la superficie del canal es considerada

### **3.3 SIMULACIÓN DE EMBALSES**

La elevación y el volumen en el embalse es determinada usando el Tránsito de Piscina Nivelada. Todas las entradas al embalse son adicionadas sin distinción del sitio de entrada. La precipitación y evaporación en el embalse es considerada.

Un embalse estándar puede tener una descarga de fondo, una salida hacia la casa de máquinas, una derivación para irrigación o suministro de agua, y un rebosadero. El usuario especifica las demandas para la descarga de fondo, la casa de máquinas y la derivación.

El modelo calcula las entradas y salidas del embalse, para embalses que tienen una demanda por medio de una serie de tiempo, también se determina: energía generada, reboses, flujo a través de cada salida y déficit.

HFAM puede personalizarse para representar embalses mas complejos. Cada salida y vertedero se puede representar en detalle, incluyendo capacidades hidráulicas y características físicas de compuertas. Adicionalmente el modelo puede ser personalizado para automáticamente operar el embalse tomando en cuenta reglas para propósitos de control, mínimos requerimientos de flujo aguas abajo y otras restricciones.

## **4. SERIES DE TIEMPO**

Una serie de tiempo es definida como una serie de valores ordenados cronologicamente, representando la variación en el tiempo de un dato , tal como la precipitación.

HFAM utiliza diferentes tipos de series de tiempo:

- Datos meteorológicos
- Flujos observados
- Demandas de embalse
- Entradas externas

Los flujos (caudales) observados son usados durante el proceso de calibración , pero no son una entrada para simulación.

### **4.1 DATOS METEOROLÓGICOS**

HFAM utiliza 5 tipos de datos meteorológicos como entrada a los procesos de simulación en la cuenca:

<b>Tipo</b>	<b>Intervalo de tiempo</b>	<b>Unidades</b>
Precipitación	Horario	mm
Temperatura	Diario min-max	° C
Evaporación	diario	mm
Radiación solar	diario	Langleys
Viento	diario	Km/día

En cuencas en que no hay nieve únicamente la precipitación y evaporación son necesarias.

Existen tres fuentes de datos: de tiempo real, de predicción y datos históricos.

Los datos de tiempo real (Real Time), son datos de un sistema de telemetría que reporta datos de estaciones en la que hay medición.

Los datos de predicción (Forecast Data), son datos obtenidos mediante corridas de predicción.

La base histórica de datos (Historic Data), contiene los datos meteorológicos usados en la cuenca.

En una corrida de predicción únicamente los datos en tiempo real y los datos de predicción son usados. Los datos Históricos son usados en una corrida de predicción probabilística o en una corrida de análisis.

HFAM usa el mismo juego de estaciones meteorológicas para los tres tipos de corrida, y los datos deben estar disponibles para todas las estaciones; por tanto los datos faltantes en alguna(s) estación (es) que tengan déficit deben ser estimados.

### **4.2 CAUDALES OBSERVADOS**

Los caudales observados son usados durante el proceso de calibración para comparación con los simulados. Pero ellos no son una entrada para simulación.

### **4.3 DEMANDAS DE EMBALSE**

Las demandas del embalse para la descarga de fondo, la casa de maquinas y las desviaciones para suministro se pueden especificar por medio de una serie de tiempo de demanda.

### **4.4 CAUDALES EXTERNOS**

Es una serie de tiempo usada para representar una transferencia entre cuencas o salidas de una porción de la cuenca que no este representada en el modelo.

Las entradas externas deben ser asignadas a tramos o embalses. Durante la simulación la serie externa es adicionada a la serie simulada en el tramo o embalse.

## **5. SECUENCIA DE ACTIVIDADES**

### **5.1 PREPARACIÓN PARA MODELAR**

Se deben realizar algunas tareas antes de empezar a usar el HFAM:

1. Definir las metas del estudio
2. Recolectar información
  - Seleccionar los caudales extremos para calibración
  - Seleccionar las estaciones meteorológicas
  - Adquirir la información de otros componentes del modelo
3. Preparar los datos de entrada
  - Preparar los datos meteorológicos
  - Preparar las series de caudales
4. Definir los componentes del modelo
  - Definir los segmentos de tierra
  - Definir los tramos y embalses
  - Asignar números índice a los componentes
  - Medir las áreas de drenaje

Cuando esta información esta lista se puede organizar y establecer HFAM para simular la cuenca.

### **5.2 ORGANIZACIÓN DEL MODELO**

Se deben desarrollar las siguientes actividades:

Proyectar sistema (Project Setup): Crear la estructura de subdirectorios en el computador y el sistema de unidades

Especificar Sistema (System Specification): Crear todos los elementos de la modelación que representan la cuenca, entrar todos los parámetros y definir conexiones entre ellos

Manipular las series de tiempo (Manager Time Series): Crear/cargar todas la series de tiempo necesarias para la simulación

Archivo de estado de datos (Data Status File): Se especifica el comienzo y el fin de los datos disponibles para simulación

### 5.2.1 Projectar sistema (Project Setup)

Toda la información que el usuario entra o carga en el modelo es almacenada en HFAM como archivos binarios. Cuando HFAM empieza a ejecutar este lee los caminos a los siguientes directorios:

<b>Directorio</b>	<b>Contenido</b>
<REALTIEMDATA>	Archivos binario con datos meteorológicos
<FORECASTDATA>	Archivos binario con datos de predicción
<HISTORICDATA>	Archivos binario con datos meteorológicos, caudales externos, caudales observados y series de tiempo de demanda para los embalses
<PARAMETERS>	Archivos binarios con parámetros, organización de la cuenca y archivos de dibujo
<PROYECTDIR>	Archivos de salida

Las rutas y directorios deben ser escritos en el archivo de configuración config.inp, este es el único archivo que se debe guardar junto con el ejecutable. Es conveniente tener copias separadas para cada proyecto, se sugiere la siguiente estructura:

ProjectDir

Datos

RealTime

Forecast

Historic

Params

### 5.2.2 Especificar Sistema (System Specification)

Es utilizado para definir el sistema físico, los elementos que representan la cuenca (estaciones meteorológicas, segmentos de tierra, tramos embalses y elementos de acuífero) y los enlaces entre estos componentes. Los parámetros tales como la capacidad de infiltración de los segmentos de tierra, sección transversal de tramos, curvas de capacidad de embalses, así como las condiciones iniciales (humedad, volúmenes de embalse etc.). El run setup es usado para especificar la lista de los componentes que representan la cuenca y el orden en que los componentes son considerados por el modelo.

Cada componente del modelo es identificado por un número índice, para procesar el componente y para definir los lazos entre los componentes el correspondiente número índice debe ser especificado.

Toda la información entrada a través de System Specification es almacenada en el directorio <PARAMETERS> como archivos binarios. El usuario puede **Editar** los componentes del modelo, **Imprimir** la información de archivos binarios a archivos de texto y **Cargar** la información de un archivo de texto.

### 5.2.3 Manipular las series de tiempo (Time Series Manager)

Time Series Manager provee acceso a todas las series de tiempo que son utilizadas por el modelo. Se pueden editar, borrar e imprimir todas las series de tiempo y cargar series de tiempo de archivos de texto a archivos binarios.

Las series de tiempo son asociadas a los componentes del modelo por el número índice.

La vía por la cual el modelo manipula las series de tiempo y las opciones son ofrecidas a el usuario dependen de si el intervalo es diario u horario.

Todas las series de tiempo a excepción de la precipitación pueden ser entradas y modificadas utilizando un intervalo de tiempo diario. El programa desagrega los valores diarios sobre las 24 horas. Cuando la serie de tiempo horaria se sobrescribe utilizando un intervalo de tiempo diario, cualquier patrón horario que haya sido entrado antes en una porción de la serie de tiempo se perderá.

## 5.3 CALIBRACIÓN

La calibración es el proceso de ajuste de los parámetros que representan la cuenca, por comparación de caudales observados vs simulados. Después de seleccionar un juego de parámetros, se debe hacer una corrida y comparar lo simulado vs lo observado luego se deben modificar los caudales para lograr una mejor correspondencia. Primero se corrigen los parámetros hasta que haya correspondencia en el volumen medio anual y luego se ajustan las formas de las hidrógrafas.

## 5.4 MODELACIÓN

HFAM tiene tres tipos de simulación:

**Analysis.** Es usada para la calibración. Solo se debe hacer corridas probabilísticas o a corto plazo si el modelo previamente ha sido calibrado.

**Short Term Forecast:** Se utiliza para predecir algunos días o semanas cuando datos de tiempo real y predicción meteorológica están disponibles. Este tipo de corrida debe ser usado para avanzar el modelo, es decir las condiciones iniciales del modelo cuando se dispone de datos telemétricos.

**Probabilistic forecast:** Las corridas de predicción son usadas para hacer predicciones a mediano o largo plazo, para dar con el desconocido tiempo futuro.

## **6. APLICACIÓN HFAM**

### **6.1 PREPARACIÓN PRELIMINAR**

#### **6.1.1 Definición de objetivos del estudio**

El caso específico de Betania es el de utilizar la red de alerta existente para obtener pronósticos de crecientes en diferentes intervalos de tiempo.

#### **6.1.2 Recolección de la información**

La información a nivel horario fue suministrada por la CHB. La información cartográfica fue la obtenida del IGAC.

#### **6.1.3 Preparación de datos meteorológicos y de caudales**

Esta actividad consiste en dejar cada serie de precipitación (horaria) y de evaporación (diaria) en archivos de texto de forma tal que el programa pueda cargar estos archivos y almacenarlos en el directorio de datos.

Una primera actividad es la definición de Números Índice, para estaciones meteorológicas, segmentos de tierra y tramos de canal y embalse. Se adoptó los siguientes rangos

Segmentos de tierra	10-99
Estaciones meteorológicas	1000-4999
Tramos	5000-9000
Embalse	9999

El primer paso es la complementación de los datos faltantes. Para esto se puede utilizar una estación cercana que mediante una correlación lineal de valores anuales sirva para estimar los datos faltantes. Este paso se puede realizar mediante la ayuda de una hoja de cálculo.

Si existe un día en que no haya lluvia se puede suprimir de la serie, pero un día en el que al menos un dato horario se tiene, debe ser llenado en su totalidad. La ausencia de datos se asume como precipitación nula.

Una vez se tengan complementados los datos en la hoja de cálculo, se deben gravar con formato de texto que tenga la siguiente estructura:

```
statname1996 01 15 1 0.000 0.000 0.000...(12 valores)
statname1996 01 15 2 0.000 0.000 0.100...(12 valores)
statname1996 01 16 1 0.800 0.600 0.400...(12 valores)
statname1996 01 16 2 0.000 0.000...(12 valores)
```

Se introducen dos líneas por cada día, cada línea tiene el formato siguiente

Nombre de la estación:	8 caracteres
Año:	4 dígitos seguidos por un espacio
mes:	2 dígitos seguidos por un espacio
día:	2 dígitos seguidos por un espacio
Numero de línea:	1 dígito
Datos diarios:	12 valores de 7 espacios de ancho

Después de un punto decimal debe haber al menos un valor.

Por cada serie de datos debe haber un archivo de texto con el formato indicado. Dicho archivo se puede ubicar en cualquier directorio. Se sugiere utilizar la siguiente estructura:

C:\CHB\INFORMACION\DATOS\LLUVIAS\guar1007

Para el nombre del archivo es conveniente que los cuatro primeros caracteres fueran indicativo del nombre de la estación p.ej. Guarapas y los cuatro últimos el número índice de la estación.

Las series de caudales también deben estar en intervalo de tiempo horario, se sugiere utilizar la siguiente estructura.

C:\CHB\INFORMACION\DATOS\CAUDALES\guar1007

En los archivos de caudales no se asume como cero las ausencias de datos, pero es conveniente complementarlos para que el proceso de calibración sea mas completo.

## **6.2 DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MODELO**

### **6.2.1 Definición de los segmentos de tierra**

Se optó por dividir la cuenca en 50 segmentos de tierra con áreas no inferiores a 100 km<sup>2</sup>. Ya que a pesar de la baja densidad de estaciones meteorológicas se tiene mas flexibilidad al asignar la “única” estación al segmento de tierra.

A cada segmento de tierra se le asigna una estación meteorológica para cada parámetro (lluvia, evaporación) por medio del numero índice, así mismo al segmento se le midió el área, la cota, la diferencia de altura con la estación de temperatura asignada (en nuestro caso no es relevante por que no se utiliza la estación de temperatura) y la latitud aproximada.

### **6.2.2 Definición de los tramos de canal**

Se identificaron 50 tramos de canal a los cuales se les asignó un número índice, se les midió la longitud, las cotas superior e inferior, la pendiente; también se tubo en cuenta la secuencia de simulación (de arriba a abajo).

Con base en las estaciones fluviométricas del sector se le asignó a cada tramo una sección trapezoidal. Se asignó el factor n de Manning tanto de las bancas como del fondo. También se debe tener en cuenta los tramos y segmentos que contribuyen con escorrentía a cada tramo de canal.

### **6.2.3 Definición del embalse**

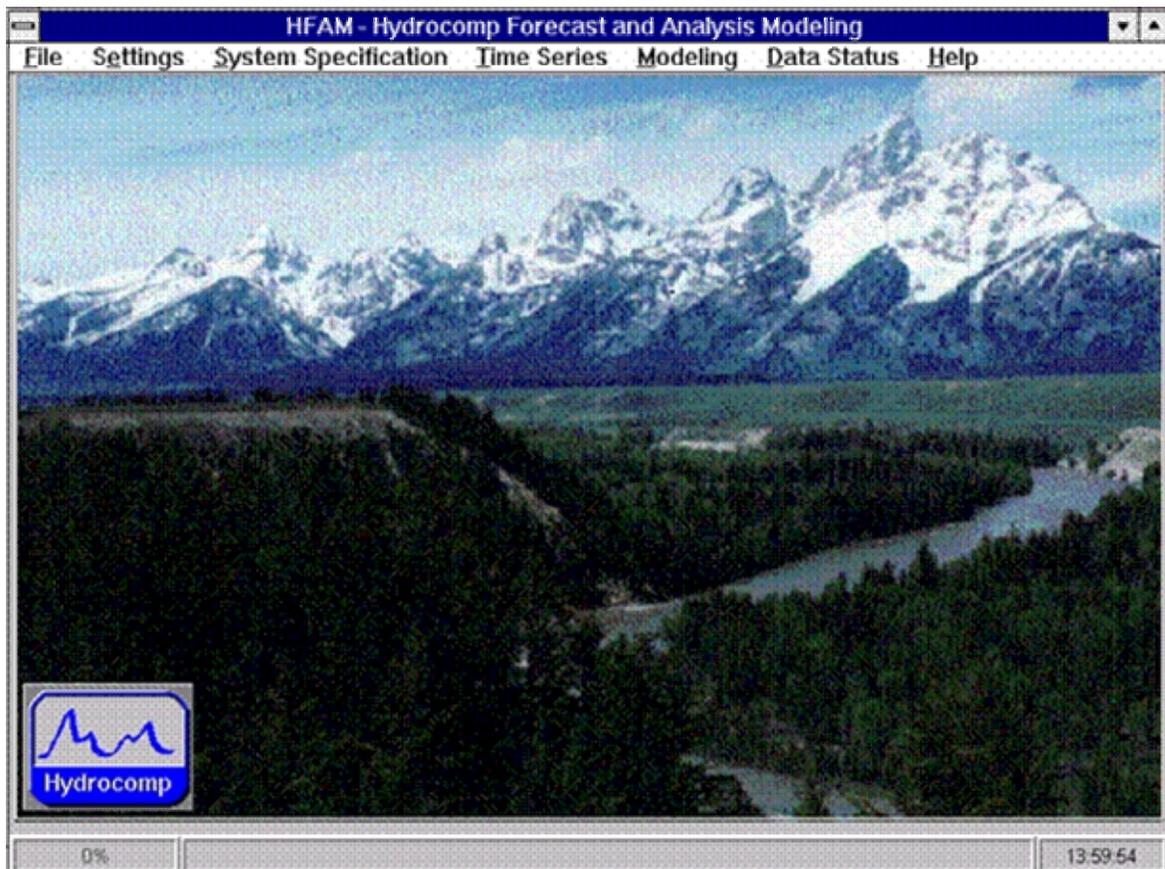
Básicamente es la disponibilidad de la curva de capacidad, el área media del embalse, las cotas de los vertederos y la asignación de estaciones mediante números índice.

Una vez se desarrollan las actividades anteriores se procede con la simulación

## **6.3 ORGANIZACIÓN DEL MODELO**

Una vez se entra al modelo este presenta el siguiente menú:

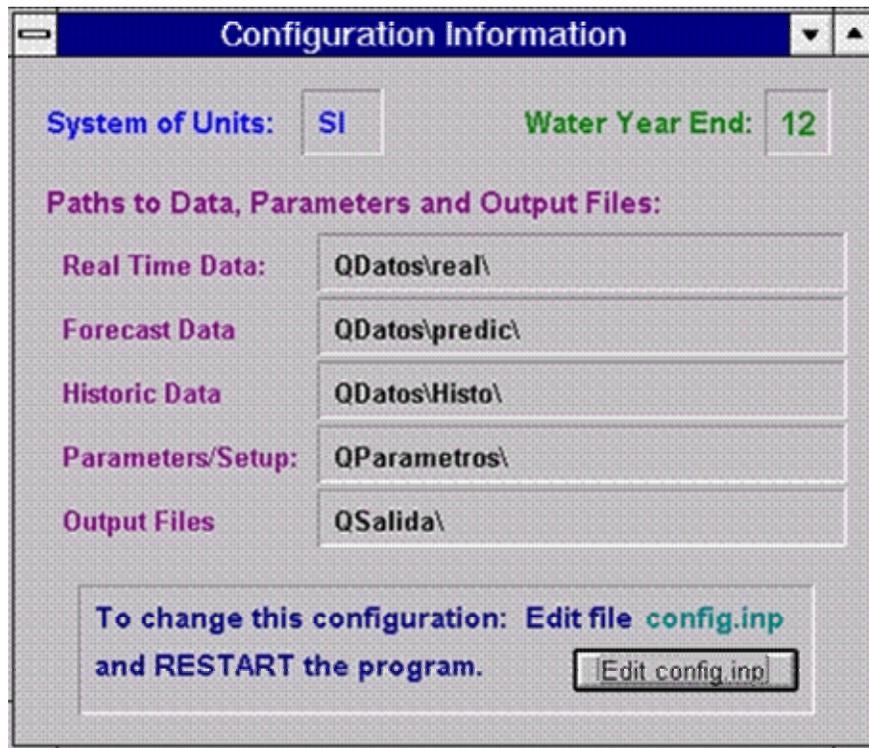
1. File
2. Settings
3. System Specification
4. Time Series
5. Modeling
6. Data Status
7. Help



### **6.3.1 File**

Aparecen las opciones Text Editor y Exit, en las cuales su nombre indica el uso.

### **6.3.2 Settings**



Aparecen dos opciones Water Year End y Display Configuration. En la primera se indica el número del mes en el que finaliza el año de agua para la modelación, p.ej. si se le da 4 empezará en mayo y terminará en abril. En la segunda opción se muestra y se da la opción de editar el archivo Config.inp el cual contiene la especificación del sistema de unidades y el direccionamiento a los directorios del programa, tal como sigue:

{SI}	Sistema de unidades
{12}	Final del año de agua
{ sidData\realtime\ }	Ruta a los datos de tiempo real
{ sidData\forecast\ }	Ruta a los datos de predicción
{ sidData\Historic\ }	Ruta a los datos históricos
{Siparams}	Ruta a los parámetros y archivos del Setup
{Slooutput}	Ruta a los archivos de salida

### 6.3.3 System Specification

Aparece una ventana con las siguientes opciones

1. Run setup
2. Meteorologic Stations
3. Land Segmentes
4. Reaches
5. Reservoirs

**1. Run Setup** presenta una ventana con las opciones Edit, Load, Print Basin Setup, y Edit, Load, Print Prob. Setup

Edit Basin Setup muestra la asignacion de números índice a las estaciones meteorológicas, segmentos de tierra, tramos y embalses. En este se puede modificar el numero de elementos (Número de filas) y la asignacion de números índice, empleando las abreviaturas que se muestran en la parte derecha y que son:

prec	Estación meteorológica
temp	Estación de temperatura
pet	Estación de evaporación
wind	Estación de viento
srad	Estación de temperatura
segm	Segmento de tierra
reach	Tramo de canal
res	Embalse

Una vez se modifique se debe salir del programa y luego volver a entrar para que se lean los cambios.

Las opciones Load y Print Basin Setup son un recurso para Cargar “**Load**” un archivo Basin Setup existente en el directorio <PARAMETERS> y convertirlo a archivo binario para que sea utilizado por el modelo, o imprimir “**Print**” el archivo binario Basin Setup a un archivo de texto, de forma tal que pueda ser modificado por el usuario.

La opción Prob. Setup se utiliza cuando en una corrida de predicción probabilística se quiere reducir el número de componentes que intervienen en la simulación.

Los archivos a ser cargados deben estar en el directorio <PARAMETERS> y sus nombres están definidos como sigue

Run Setup	Archivo de texto de entrada	Archivo binario
-----------	-----------------------------	-----------------

Basin Setup  
Probabilistic Setup

Basisnin.txt  
probin.txt

basinindb  
probdb

**2. Meteorologic Station:** aquí aparecen las opciones de Precipitación, Temperatura, Evaporación, Radiación solar y vientos. Para cada una de estas aparecen las opciones Editar estación, cargar archivo e imprimir archivo.

The screenshot shows a software window titled "Precipitation Station 1001". Inside, there is a "General Information" tab. The form contains the following fields:

- Name: P Magdalena
- Index Number: 1001
- Mean Elevation: 2150
- Latitude: 1 Deg, 57 Min
- Longitude: 76, 29

A "Delete" button is located at the bottom right of the dialog.

Si se toma como ejemplo la opción Precipitación al seleccionar Editar, pide el numero índice, si se da un numero índice existente se edita la estación, si se da un numero índice nuevo se crea una nueva estación. Al crear una nueva estación se deben dar los datos de: Nombre, Numero índice, Elevación, Latitud y longitud.

Las opciones Load y Print significan cargar el archivo de texto e imprimir el archivo de texto a binario.

**3. Land Segmnets** presentan las opciones Editar, cargar o imprimir archivo de segmentos de tierra y también cargar o imprimir el archivo de condiciones iniciales.

Al editar o crear un nuevo archivo para un segmento de tierra, aparecen cuatro ventanas con los siguientes títulos:

General/linkages  
Pwater Params  
Snow Params  
Initial conditions

## CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.

En **General \ Linkages** se introduce la información del segmento de tierra como sigue: Nombre, elevación media, número índice, diferencia de elevación con la estación de temperatura, latitud y los números índice de las estaciones asociadas al segmento para precipitación, evaporación, radiación solar y viento. Así como los factores multiplicadores que se utilicen para estas estaciones.

Meteorologic Linkages	Station Number	Mult. Factor
Precipitation	1001	1.0000
Temperature	0	0.0000
Evaporation	1020	0.7000
Solar Radiation	0	0.0000
Wind	0	0.0000

En la ventana **Pwater Params** se introducen 17 parámetros que definen el proceso de escorrentía en el segmento. Algunos de los cuales deben ser modificados en el proceso de calibración

CEPSC	1.000	IRC	0.200	AGWETP	0.000
UZSN	1.000	AGWRC	0.990	BASETP	0.000
LZSN	1.000	DEEPFR	0.000	LZETP	0.650
INFILT	2.000	NSUR	0.400	PETMAX	4.44
INFEXP	2.000	LSUR	60.960	PETMIN	1.67
INTFW	4.000	SLSUR	0.150		

La **ventana Snow** Params para tener en cuenta la escorrentía que produce el decrecimiento de la nieve, se anula introduciendo un cero en la ventana Snow Flag.

En la cuarta ventana se presentan o introducen las condiciones iniciales de humedad y retención en el segmento.

**4. Reach**, aparecen tres ventanas, en la primera aparece el nombre, el número índice, las estaciones de precipitación y evaporación. Aquí también se especifica si hay caudales observados en el tramo o si se incorporan caudales de otras cuencas.

The screenshot shows a software window titled "Reach 5006" with three tabs: "General", "Parameters/I.C.", and "Linkages". The "General" tab is active. The window contains the following fields and options:

- Name:** Versalles
- Index Number:** 5006
- Meteorologic Linkages:**

	Station Number	Mult. Factor
Precipitation	1002	0.0000
Evaporation	1020	0.0000
- Observed Flow Flags:**  Historic Flow  Real Time Flow
- External Inflow:**  External Inflow. Below this are radio buttons for "Time Series" and "Yearly Pattern", and a "Default" text box.
- Result Generation:**  Regular  Probabilistic
- Delete** button

La siguiente ventana **Parameters I/C** se dan las características físicas del tramo, longitud, pendiente, área etc.

The screenshot shows a software window titled "Reach 5006" with three tabs: "General", "Parameters/I.C.", and "Linkages". The "Parameters/I.C." tab is active and displays two columns of parameters, each with a corresponding value in a text box. Below the parameters is a field for "Initial Flow Rate" and a "Delete" button. At the bottom, there are checkboxes for "Regular" and "Probabilistic" under the heading "Result Generation".

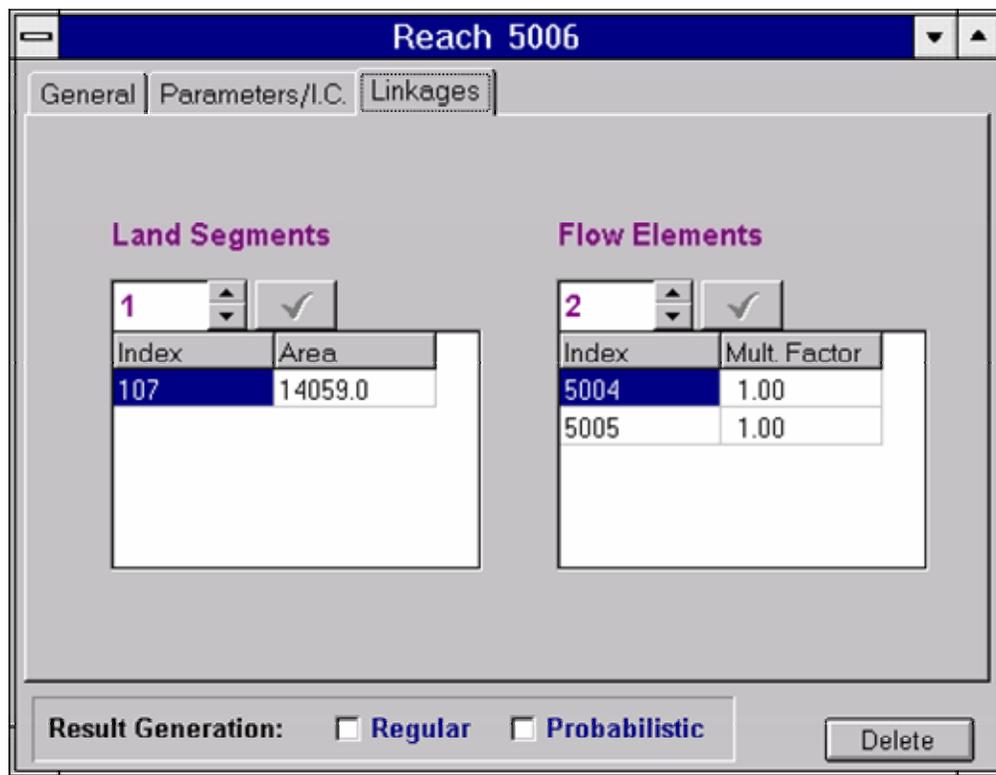
STCOR	1200.00	HEIGHT	3.00
SAREA	40.0	LENGTH	10.000
SEEPF	0.00	NCH	0.0600
KS	0.50	NFP	0.0800
BWIDTH	28.00	SO	0.02000
TWIDTH	40.00	SFP	1.00000

Initial Flow Rate: 62.42

Result Generation:  Regular  Probabilistic

Delete

En la tercera ventana Linkage se introducen los números índice y área de los segmentos de tierra que contribuyen al tramo, así como los tramos que contribuyen al tramo en consideración.



**5. Reservoirs:** esta opción es similar a la opción reach, abre las ventanas: General, Parameters I/C, Linkages, Stage-storage, Demands/Pwh. Lo que la diferencia de los tramos de canal es que se pueden introducir los siguientes datos: El embalse es natural o controlado, la curva de capacidad del embalse, las cotas de los rebosaderos; además se presenta la alternativa de introducir demandas de energía especificando series de tiempo para la casa de máquinas, descarga de fondo y desviaciones, ya sea mediante una serie de tiempo o un patrón anual.

Reservoir 9999

General | Parameters/I.C. | Linkages | Stage-Storage | Demands/Pwh

Name :

Index Number:

Meteorologic Linkages:	Station Number	Mult. Factor
Precipitation	<input type="text" value="1016"/>	<input type="text" value="1.0000"/>
Evaporation	<input type="text" value="1020"/>	<input type="text" value="1.0000"/>

Outlet Type

Natural     Controlled     Associated Demands

External Inflow

Observed Flow Flags:     Historic Flow     Real Time Flow

Result Generation:     Regular     Probabilistic

**Reservoir 9999**

General Parameters/I.C. Linkages Stage-Storage Demands/Pwh

<b>STCOR</b>	500.00	<b>KS</b>	0.50
<b>SAREA</b>	7000.0	<b>TWIDTH</b>	42.00
<b>SEEPF</b>	0.00	<b>Initial Volume:</b>	1200.000

Natural Lakes:

OSTCOR		NCH	
BWIDTH		NFP	
HEIGHT		SO	
LENGTH		SFP	

Controlled Reservoirs:

		Month	Day
<b>Spill Stage 1:</b>	561.0	1	1
<b>Spill Stage 2:</b>	561.0	1	1

Result Generation:  Regular  Probabilistic Delete

The screenshot shows the 'Demands/Pwh' tab of the 'Reservoir 9999' software. It contains the following settings:

- External Inflow:** Radio buttons for 'Time Series' (selected) and 'Yearly Pattern'. A 'Default' value field is empty.
- Low Level Outflow:** Radio buttons for 'Time Series' (selected) and 'Yearly Pattern'. A 'Default' value field contains '0.0'.
- Power House Demand:** Radio buttons for 'Time Series' (selected) and 'Yearly Pattern'. A 'Default' value field contains '200.0'.
- Diversion Demand:** Radio buttons for 'Time Series' (selected) and 'Yearly Pattern'. A 'Default' value field contains '0.0'.

Below these settings is a 'Power House Parameters' table:

<b>QMIN</b>	80.00	<b>TRCO</b>	482.64
<b>HMIN</b>	25.00	<b>TRF</b>	0.00
<b>PLTCAP</b>	840.00	<b>EFF</b>	0.90

At the bottom, the 'Result Generation' section has checked boxes for 'Regular' and 'Probabilistic', and a 'Delete' button.

### 6.3.4 Time Series

El siguiente menú presenta las siguientes opciones:

1. Load multiple files
2. Meteorologic Data
3. Stream flow
4. Reservoir demands
5. External inflows

La primera opción Load Multiple Files, permite cargar todos los archivos de datos meteorológicos, caudales observados y caudales externos mediante un archivo denominado timput.txt

La segunda opción Meteorologic data da la opción de Editar, Ver mensual o diariamente, imprimir tablas diarias, imprimir archivo de entrada, borrar datos, cargar archivos de texto para los tres tipos de datos: Real Time, Forecast y Historic de precipitación, temperatura, evaporación, Radiación solar y vientos.

Si ya se crearon previamente los archivos de texto en formato diario (evaporación) o en formato horario (precipitación), estos pueden ser cargados con la opción Load dando el número índice y la ruta y nombre del archivo de texto.

Los archivos binarios son almacenados en los directorios de datos como sigue

Archivo binario	Serie de Tiempo	Directorio
prechmet	Real Time Precipitation	<REALTIMEDATA>
temphmet	Real Time Temperature	<REALTIMEDATA>
pethmet	Real Time Evaporation	<REALTIMEDATA>
sradhmet	Real Time Solar Radiation	<REALTIMEDATA>
windhmet	Real Time Wind	<REALTIMEDATA>
precfst	Forecast Precipitation	<FORECASTDATA>
tempfct	Forecast Temperature	<FORECASTDATA>
petfct Forecast	Evaporation	<FORECASTDATA>
sradfct	Forecast Solar Radiation	<FORECASTDATA>
windfct	Forecast Wind	<FORECASTDATA>
prec<index>.his	Historic Precipitation	<HISTORICDATA>
temphist	Historic Temperature	<HISTORICDATA>
pethist Historic	Evaporation	<HISTORICDATA>
sradhist	Historic Solar Radiation	<HISTORICDATA>
windhist	Historic Wind	<HISTORICDATA>

La tercera opción Streamflow, permite introducir los caudales observados tanto en tiempo real como histórico. Presenta opciones similares a la segunda opción.

La cuarta opción Reservoir demands, presenta la opción manipular los datos para las demandas, descarga de fondo, casa de maquinas y derivación. Adicional a las opciones de editar cargar e imprimir tanto datos diarios como horarios se adiciona una opción de editar un patrón anual.

La quinta opción External Inflows sirve para manipular los datos que en una cuenca no son simulados.

### 6.3.5 Modeling

Se usa para realizar las corridas respectivas de predicción, probabilidad y análisis, aquí es necesario introducir las fechas inicial y final del periodo de simulación y el nombre del archivo de salida.

### 6.3.6 Data Status

La opción del menú Data Status permite ver o modificar las fechas iniciales y finales de los datos disponibles Real Time, Forecast, Historic. Así como la fecha de condiciones iniciales del programa.

The screenshot shows a dialog box titled "Data Status". It contains the following fields and controls:

- Initial Conditions Available for:** Three input boxes containing "1997", "1", and "1".
- Data Available:** A section with two columns: "From:" and "To:". It contains three rows of data:
  - Real Time:** From: 1997, 1, 1; To: 1997, 1, 1.
  - Forecast:** From: 1997, 1, 1; To: 1997, 1, 1.
  - Historic:** From: 1997, 1, 1; To: 1997, 7, 15.
- Buttons:** "Cancel" (with a red X icon) and "OK" (with a red checkmark icon).

## **ANEXO 2**

### **PROGRAMA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE ESPERA.**

#### **MANUAL DE PROGRAMADOR Y USUARIO**

### **1. OBJETIVO**

Para el manejo del embalse se requiere mantener en el mismo un volumen para contener ciertas crecientes y evitar que el nivel del embalse durante el paso de una creciente dada no exceda el nivel normal de operación, este volumen se denomina volumen de espera. Este volumen de espera depende de diversos factores como la creciente que se desea contener, el tiempo de antelación con el que se conoce la creciente y del máximo caudal que es posible descargar al río.

### **2. MANUAL DEL PROGRAMADOR**

El programa fue desarrollado en Visual Basic 5.0 para Windows 95 por lo que sólo trabaja para plataformas de 32 bits.

#### **2.1 METODOLOGÍA DE CALCULO**

El volumen de excedencia del hidrograma de entrada sobre el caudal máximo deseado de descarga en un intervalo de tiempo  $\Delta t$  se obtiene de la siguiente expresión.

$$V_{e_i} = V_{e_{i-1}} + \left( \frac{Q_{a_i} + Q_{a_{i-1}}}{2} - Q_{\max} \right) \Delta t$$

donde:

$V_e$ , volumen acumulado excedente del hidrograma de entrada ( $m^3$ ),

$Q_a$ , caudal afluente del hidrograma ( $m^3/s$ ),

$Q_{\max}$ , caudal máximo que se debe descargar ( $m^3/s$ ),

$\Delta t$ , intervalo de tiempo entre instantes  $i$  e  $i-1$ .

Este volumen no puede ser negativo y corresponde al volumen que se genera en la creciente al no descargar los excesos de caudal por encima del caudal máximo.

El volumen que se construye en cada período corresponde a la diferencia entre el caudal descargado y el caudal afluente, es decir, si el caudal descargado es mayor que el caudal afluente se hace volumen de espera, en caso contrario, el nivel del embalse sube y se reduce el volumen de espera. La expresión es la siguiente:

$$V_{c_i} = V_{c_{i-1}} + \left( \frac{Q_{d_i} + Q_{d_{i-1}}}{2} - \frac{Q_{a_i} + Q_{a_{i-1}}}{2} \right) \Delta t$$

donde:

$V_c$ , volumen que se construye en el embalse ( $m^3$ ),

$Q_d$ , caudal que se descarga por los vertederos y las turbinas ( $m^3/s$ ),

Considerando la condición de diseño, el volumen construido debe ser igual al volumen en exceso de la creciente, el caudal que se debe descargar en el siguiente período es el siguiente:

$$Q_{d_i} = Q_{a_{i-1}} + Q_{a_i} - Q_{d_{i-1}} - 2 \frac{V_{a_i} - V_{c_{i-1}}}{\Delta t}$$

donde:

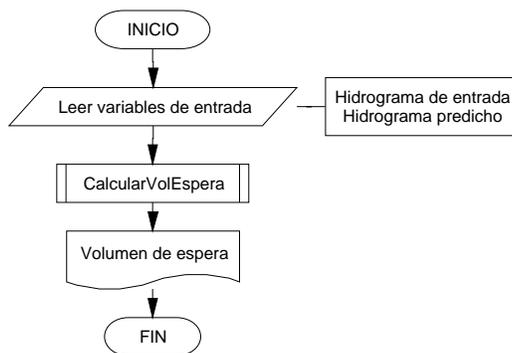
$V_e$ , volumen excedente acumulado del hidrograma de entrada ( $m^3$ ).

El caudal  $Q_{d_i}$  no puede ser menor que  $Q_{a_i}$ , ni mayor que  $Q_{max}$ .

Conocida la descarga y el volumen construido se escribe en un cuadro los valores obtenidos con el propósito de revisión y se traslada al siguiente período de tiempo. El volumen de espera corresponde al menor valor negativo de volumen construido que se obtiene. El diagrama de flujo del programa se muestra en las Figuras A2.1 a la A2.2.

**DIAGRAMA DE FLUJO. PROGRAMA PRINCIPAL  
CALCULO DE VOLUMENES DE ESPERA**

Figura A2.1



## 2.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA.

Para ejecutar el programa desde Visual Basic 5.0 no se necesita ejecutar el procedimiento de instalación descrito en el anexo 7, pero se necesitan determinados archivos de módulos y formularios donde se encuentra el código fuente de este programa. Estos archivos son:

**Espera.vbp:** Archivo de proyecto de Visual Basic. Contiene las referencias a los demás archivos.

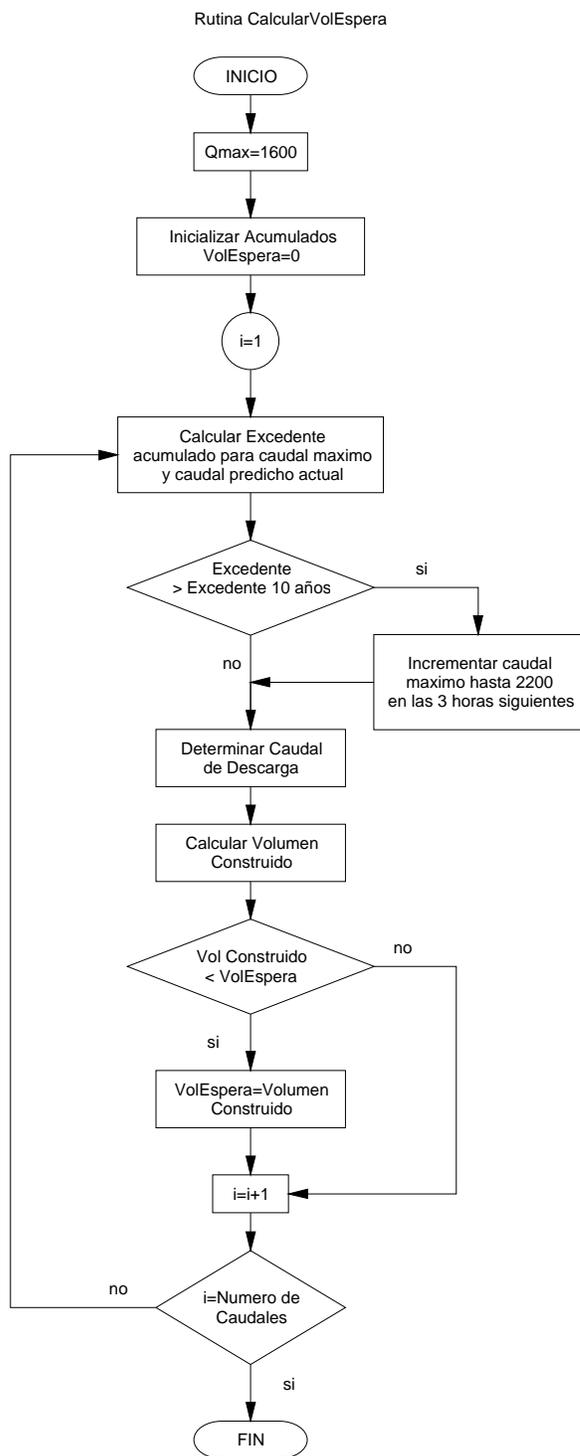
**Espera.frm:** Formulario principal del programa, en éste formulario se introducen los datos de la simulación (Figura A2.3).

**Tabla.frm:** Formulario donde se encuentra la tabla de cálculos del volumen de espera (Figura A2.5).

**General.bas:** Modulo donde se encuentra la función principal del programa y su código fuente y la función principal del programa CalcularVolEspera y la función Exced10 que devuelve el volumen excedente acumulado para la creciente de 1:10 años con un caudal máximo de 1.600 m<sup>3</sup>/s.

DIAGRAMA DE FLUJO. RUTINA CalcVolEspera

Figura A2.2



### 3. MANUAL DE USUARIO

#### 3.1 ENTRADA AL PROGRAMA.

Al ejecutar el programa se presenta el cuadro de diálogo de la Figura A2.3.



Figura A2.3

#### 3.2 OPERACIÓN DEL PROGRAMA

Como se muestra en la Figura A2.3, los datos que el programa requiere son:

- Hidrograma de entrada real al embalse e intervalo de tiempo entre ellos expresado como repeticiones en una hora.
- Hidrograma de entrada predicho, este hidrograma puede generarse de dos formas:

A partir de la serie de caudales reales desplazados en un período de tiempo dado y multiplicados, si se desea, por un factor de ampliación/reducción.

Puede ser leído de un nuevo archivo de texto sabiendo que los intervalos de tiempo entre los caudales debe ser el mismo del hidrograma real.

El caudal máximo que se debe descargar al río se toma como  $1.600 \text{ m}^3/\text{s}$  si la creciente de caudales predichos es menor a la creciente de 1 en 10 años, si la creciente excede éste límite el caudal máximo se incrementa gradualmente hasta  $2.200 \text{ m}^3/\text{s}$  en las tres horas siguientes desde el instante en que se excede el volúmen acumulado de 10 años.

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

Al presionar la tecla <<Calcular>> se inician los cálculos para el escenario definido. Si alguna casilla se encuentra vacía o con un valor errado, como un valor alfanumérico, el programa muestra el mensaje de error apropiado y permite al usuario corregir el error. Una vez se han aceptado todos los valores, el programa inicia los cálculos para el hidrograma.

Antes de iniciar los cálculos se presenta el mensaje que se muestra en la figura A2.4. En este mensaje se pregunta al usuario si desea ver la tabla de resultados del programa. Seleccionar <No> hace que los cálculos se realicen más rápido. Esta opción es útil si sólo desea conocer el valor del volumen de espera y no revisar los cálculos.

Si el usuario selecciona <Si>, al terminar se muestra el cuadro de cálculos resultado de la operación del programa como se muestra en la Figura A2.5.

El cuadro puede ser exportada a una aplicación, por ejemplo, Microsoft Excel presionando el botón <<Copiar>> y luego desde Excel seleccionar la opción Pegar. Los elementos de esta tabla en una fila son los siguiente:

Período de tiempo:	Instante en el que se hacen los cálculos.
Caudal Afluyente:	Caudal que entra al embalse.
Caudal Predicho:	Caudal que se espera llegará al embalse.
Excedente Acumulado:	Volumen del hidrograma de entrada por encima del caudal máximo descargado hasta el instante de cálculo.
Volumen Construido:	Volumen que se genera en el embalse mediante las descargas.
Caudal Evacuado:	Caudal que se descarga del embalse, no puede exceder el caudal máximo de descarga.
Caudal Máximo:	Caudal máximo posible que se debe descargar, para crecientes menores de la de 10 años se toma como 1600 m <sup>3</sup> /s, para crecientes mayores se toma como 2300 m <sup>3</sup> /s.

Se debe tener en cuenta que mientras no se seleccione el archivo que contiene el hidrograma de entrada, las demás opciones del dialogo son inoperantes. Cuando se ha seleccionado un archivo de datos el dialogo de entrada luce como se muestra en la figura A2.6.

Se debe hacer una ultima consideración debe hacerse con respecto al formato del archivo de texto del hidrograma de entrada: la primera línea del archivo debe contener un numero del 1 al 12 que corresponde al mes de la creciente y el numero de intervalos de tiempo entre caudales que se encuentran en una hora, es decir, 30 minutos es 2, 15 minutos es 4, etc., separados por un espacio. Cada una de las siguientes líneas contienen los caudales del hidrograma de entrada.

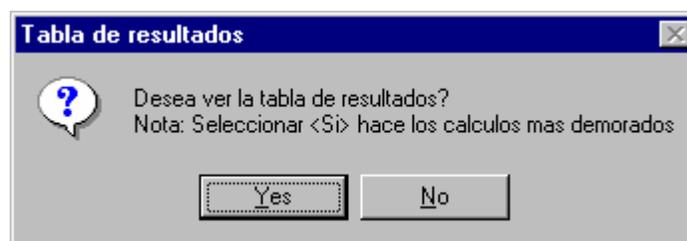


Figura A2.4

Tabla de Valores

Caudal Máximo = 1600 m3/s

Volúmen de Espera = 9.099361 Hm3

Período de Tiempo	Caudal Afluyente (m3/s)	Caudal Predicho (m3/s)	Vol. Exced Acum (Hm3)	Volumen Construido (Hm3)	Caudal Evacuado (m3/s)	Caudal Maximo (m3/s)
1.00	704.64	817.44	0.00	0.00	704.64	1600.00
1.07	705.02	819.45	0.00	0.00	705.02	1600.00
1.14	705.40	821.87	0.00	0.00	705.40	1600.00
1.22	705.79	824.28	0.00	0.00	705.79	1600.00
1.29	706.17	826.70	0.00	0.00	706.17	1600.00
1.36	706.55	829.11	0.00	0.00	706.55	1600.00
1.43	706.93	831.42	0.00	0.00	706.93	1600.00
1.50	707.31	833.70	0.00	0.00	707.31	1600.00
1.58	707.70	835.78	0.00	0.00	707.70	1600.00
1.65	708.08	837.73	0.00	0.00	708.08	1600.00
1.72	708.46	839.59	0.00	0.00	708.46	1600.00
1.79	708.85	841.46	0.00	0.00	708.85	1600.00
1.86	709.23	843.32	0.00	0.00	709.23	1600.00
1.94	709.61	845.18	0.00	0.00	709.61	1600.00
2.01	710.00	847.05	0.00	0.00	710.00	1600.00
2.08	710.38	848.91	0.00	0.00	710.38	1600.00
2.15	710.81	850.79	0.00	0.00	710.81	1600.00
2.22	711.26	852.67	0.00	0.00	711.26	1600.00

Cerrar Copiar

Figura A2.5



Figura A2.6

## **ANEXO 3**

### **PROGRAMA PARA OPERACIÓN DEL VERTEDERO DE COMPUERTAS**

#### **MANUAL DE PROGRAMADOR Y USUARIO**

### **1. OBJETIVO**

El programa de operación del vertedero de compuertas tiene como objeto mostrar al usuario las aperturas de las compuertas así como las secuencias de operación de las mismas dados un nivel de embalse y un caudal necesario de descarga. El usuario del programa tiene la posibilidad de desarrollar todas las combinaciones que desee sobre las variables de entrada obteniendo una gran cantidad de resultados de apertura y caudales de descarga, los cuales le permitirán desarrollar nuevas políticas de operación.

### **2. MANUAL DEL PROGRAMADOR**

Para el manejo del vertedero de compuertas del embalse de Betania se diseñó un programa de computador en Visual Basic 5, el cual dependiendo del caudal requerido a descargar por el mismo, calcula el valor final de las aperturas de las compuertas laterales y centrales, generando la secuencia de posiciones previas para alcanzar dichas aperturas.

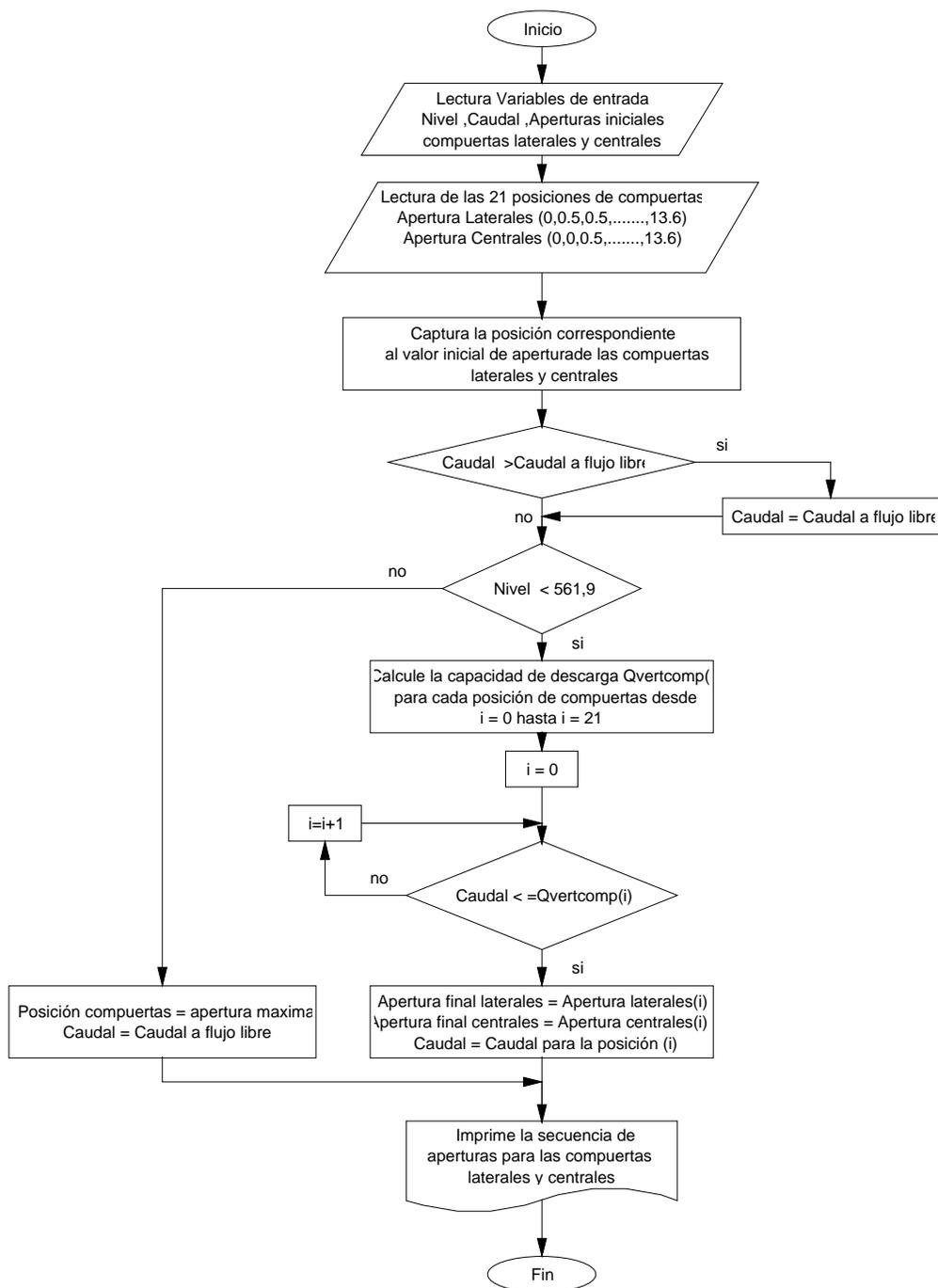
Partiendo de unas aperturas iniciales se alcanzan las aperturas finales abriendo y/o cerrando las compuertas hasta que el caudal vertido sea el caudal requerido a descargar por el vertedero de compuertas.

#### **2.1 METODOLOGÍA DEL PROGRAMA.**

La búsqueda de la apertura simultánea de todas las compuertas se hace de forma secuencial. Partiendo de una condición inicial, se determina si la operación siguiente es de apertura o cierre y luego se determina si las siguientes aperturas descargan un caudal superior al caudal requerido. El diagrama de flujo se muestra en la Figura A3.1.

**DIAGRAMA DE FLUJO. PROGRAMA PRINCIPAL  
MANEJO DE COMPUERTAS**

Figura A3.1



### 2.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA.

En forma similar, este programa puede ser ejecutado desde el entorno de Visual Basic si se cuenta con los siguientes archivos:

- Compuertas.vbp:** Archivo de proyecto de Visual Basic. Contiene las referencias a los demás archivos.
- Main.frm:** Formulario principal del programa. Es este formulario se introducen los datos requeridos para el funcionamiento del programa (Figura A3.2).
- Secuenc.frm:** Formulario que contiene la secuencia de aperturas que se deben realizar para pasar de una apertura a la otra (Figura A3.3).
- Compuertas.bas:** Modulo principal del programa que contiene las funciones de calculo de la capacidad del vertedero de compuertas y el procedimiento de búsqueda de aperturas.

### 2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS

El programa Manejo de Compuertas utiliza cuatro (4) funciones a saber:

Función Qa:

Argumentos: Nivel (nivel del agua en el embalse)

Esta función calcula el caudal de descarga a través del vertedero de compuertas cuando opera a flujo libre. En esta función el caudal de descarga varía sólo con el nivel en el embalse.

Función Qb:

Argumentos: Nivel (nivel del agua en el embalse), Go (apertura de la compuerta)

Esta función calcula el caudal de descarga del vertedero de Compuertas para condiciones de flujo bajo compuertas. En esta función el caudal de descarga depende del nivel del embalse y de la apertura de las compuertas.

Función CoefC:

Argumentos: Nivel (nivel del agua en el embalse), Go (apertura de la compuerta)

Esta función es utilizada por la función Qb para calcular internamente el valor del coeficiente de descarga para condiciones de flujo bajo compuertas.

Función Q:

Argumentos: Nivel (nivel del agua en el embalse), Go (apertura de la compuerta)

Esta función utiliza las funciones Qa, Qb, CoefC para calcular el valor del caudal de descarga del vertedero para cualquier condición de descarga a flujo libre o flujo bajo compuertas.

El Programa para Operación del Vertedero de Compuertas arroja el resultado de las aperturas finales para las compuertas laterales y centrales así como la secuencia de operación de las mismas por medio de dos procedimientos que se encuentran dentro del mismo módulo y que se describen a continuación.

Procedimiento DetApertComp:

Argumentos:

Nivel,	Nivel del agua en el embalse,
Caudal,	Caudal requerido por el vertedero de compuertas,
Apert(4),	Apertura inicial en las cuatro secciones del vertedero,
CaudComp(4),	Caudal que se descarga por cada compuerta,
MaxCap,	Variable que indica cuando no es posible descargar el caudal requerido.

Este procedimiento calcula las condiciones iniciales de descarga a través del rebosadero de compuertas para un nivel del agua en el embalse y las condiciones iniciales de apertura; luego compara la descarga inicialmente calculada con la descarga requerida, estableciendo si la operación es de apertura o de cierre. Una vez identificada el tipo de operación (apertura y/o cierre) se inicia la secuencia respectiva por medio de pasos discretos hasta alcanzar el valor final de las aperturas.

El caudal al final de la operación de cierre o apertura será siempre superior al caudal requerido ya que las operaciones de las compuertas se ejecutan por medio de pasos discretos predefinidos.

### 3. MANUAL DEL USUARIO

#### 3.1 ENTRADA AL PROGRAMA

Al ejecutar el programa se despliega el cuadro de dialogo **Manejo de Compuertas** (ver Figura No A3.2).

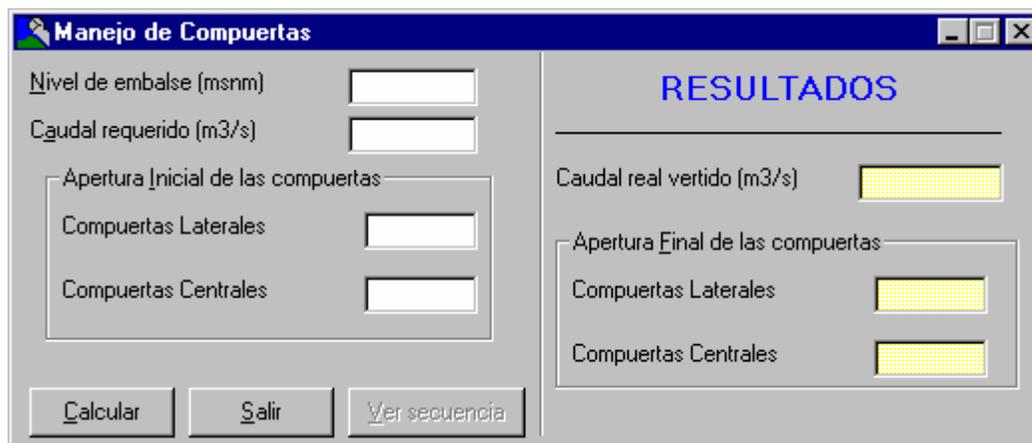


Figura A3.2

#### 3.2 OPERACIÓN DEL PROGRAMA

El programa requiere los siguientes datos de entrada:

- Nivel del embalse (msnm)

Especifica el nivel del agua en el embalse y permite establecer si el tipo de operación a ejecutar con las compuertas es de emergencia o no, así como las capacidad de descarga de cada vertedero.

- Caudal requerido por compuertas (m3/s)

Especifica el caudal necesario a descargar por el vertedero de compuertas, y determina si la operación a ejecutar es de cierre o apertura

- Apertura Inicial (m)

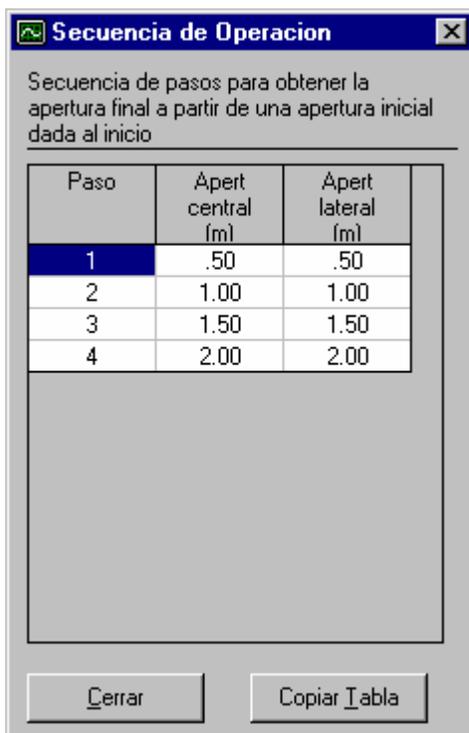
Establece la posición inicial de las compuertas.

Oprimir el botón <<Calcular>> para obtener en el mismo cuadro de diálogo el resultado de las aperturas finales para las compuertas laterales y centrales después de validar los valores escritos.

Oprimir el botón <<Ver secuencia>> para obtener el cuadro de dialogo **Secuencia de Operación** (ver Figura No A3.3), en el cual se muestra la secuencia de apertura y/o cierre para las compuertas laterales y centrales.

### Advertencias:

1. Si para el nivel dado no es posible descargar el caudal solicitado con una apertura de compuerta cualquiera, el programa avisa al usuario que la máxima descarga se obtiene con la compuerta descargando libremente, como se indica en la figura A3.4. Nótese que el caudal descargado es menor que el solicitado.
2. En caso de que el usuario introduzca valores de aperturas iniciales que no correspondan a las posiciones predefinidas, el programa determinará la posición más adecuada para iniciar los pasos siguientes y en adelante continúa en forma normal, hasta llegar a las aperturas finales. El primer paso será entonces operar las compuertas desde las aperturas iniciales hasta la posición predefinida mas adecuada.



Paso	Apert central (m)	Apert lateral (m)
1	.50	.50
2	1.00	1.00
3	1.50	1.50
4	2.00	2.00

Figura A3.3

Manejo de Compuertas	
Nivel de embalse (msnm)	550
Caudal requerido (m3/s)	5000
Apertura Inicial de las compuertas	
Compuertas Laterales	1
Compuertas Centrales	1
RESULTADOS	
Caudal real vertido (m3/s)	220.30
Apertura Final de las compuertas	
Compuertas Laterales	1.9
Compuertas Centrales	1.9
Apertura Maxima	

Figura A3.4

## **ANEXO 4**

### **PROGRAMA PARA DECISIÓN SOBRE DESCARGAS MÍNIMAS PARA MANEJO DE CRECIENTES.**

#### **MANUAL DE PROGRAMADOR Y USUARIO**

### **1. OBJETIVO**

El objetivo de este programa es proporcionar al operador del embalse una herramienta de manejo que de acuerdo con datos de caudal y nivel, proporcione las descargas requeridas y su distribución en las distintas estructuras de evacuación para conservar un volumen adicional de espera suficiente para manejar las crecientes que llegan al embalse.

### **2. MANUAL DEL PROGRAMADOR.**

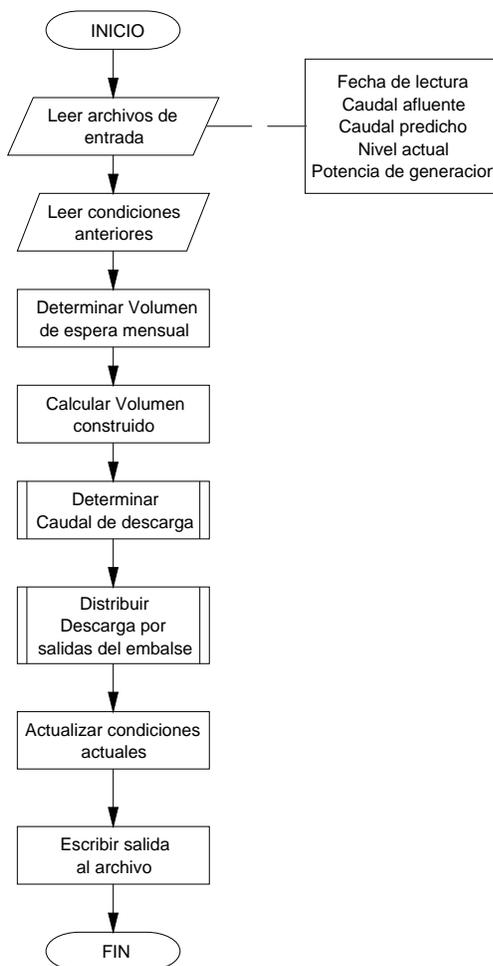
#### **2.1 METODOLOGÍA DEL PROGRAMA**

El funcionamiento del programa es similar al de volúmenes de espera, ya que se intenta igualar el volumen construido mediante descargas al volumen en exceso de los caudales de entrada sobre el caudal máximo, limitando las descargas hacia aguas abajo sobre este mismo caudal máximo.

Solo en caso de emergencia, si el nivel esta por encima del nivel de operación, la secuencia de descargas se hace unicamente dependiente del nivel de acuerdo a la regla de operación de compuertas definida en el manual. El diagrama de flujo se presenta en la figuras A4.1 al A4.3.

**DIAGRAMA DE FLUJO. PROGRAMA PRINCIPAL  
MANEJO DE CRECIENTES**

Figura A4.1



**DIAGRAMA DE FLUJO  
DETERMINAR CAUDAL DE DESCARGA  
Figura A4.2**

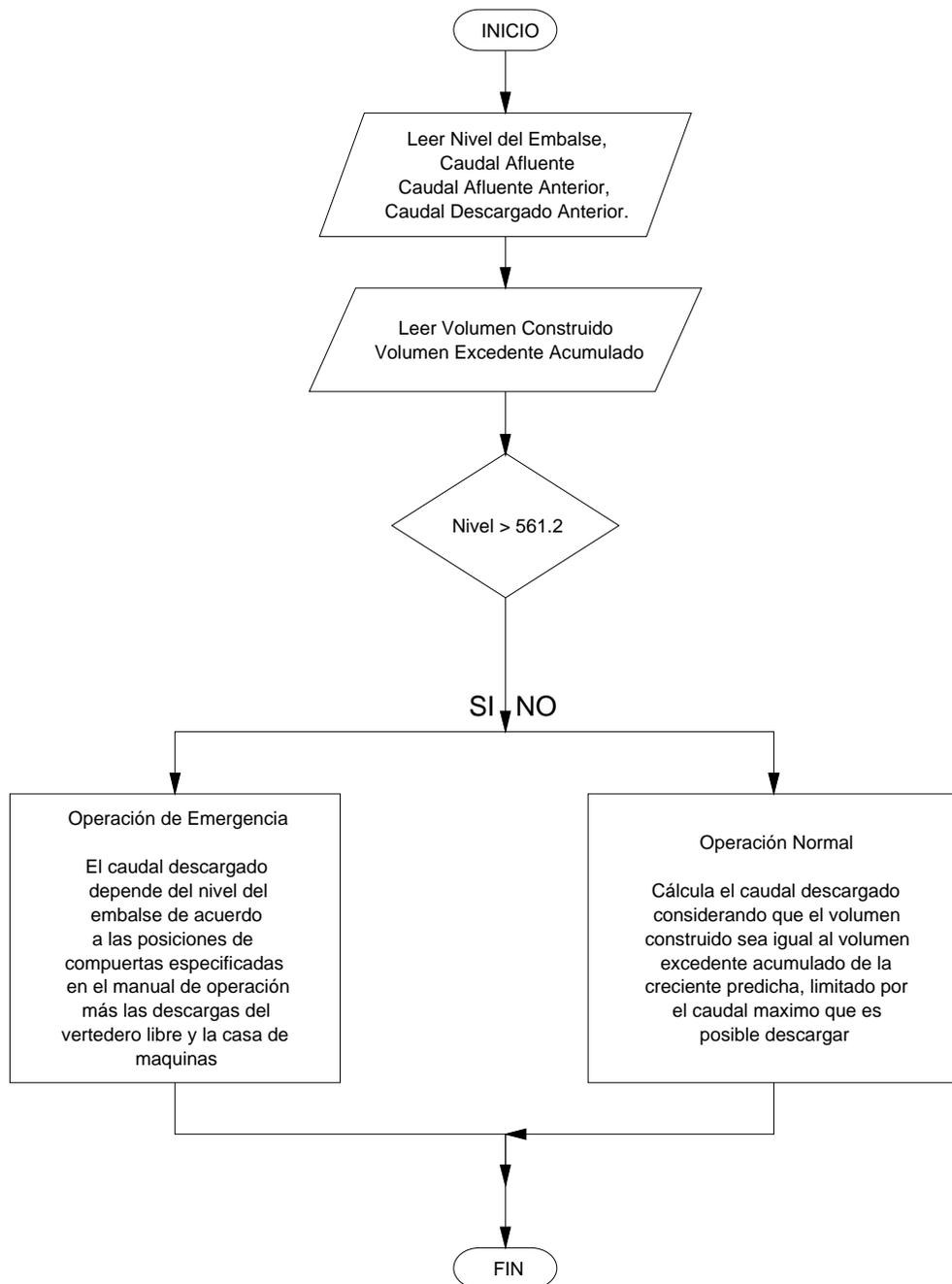
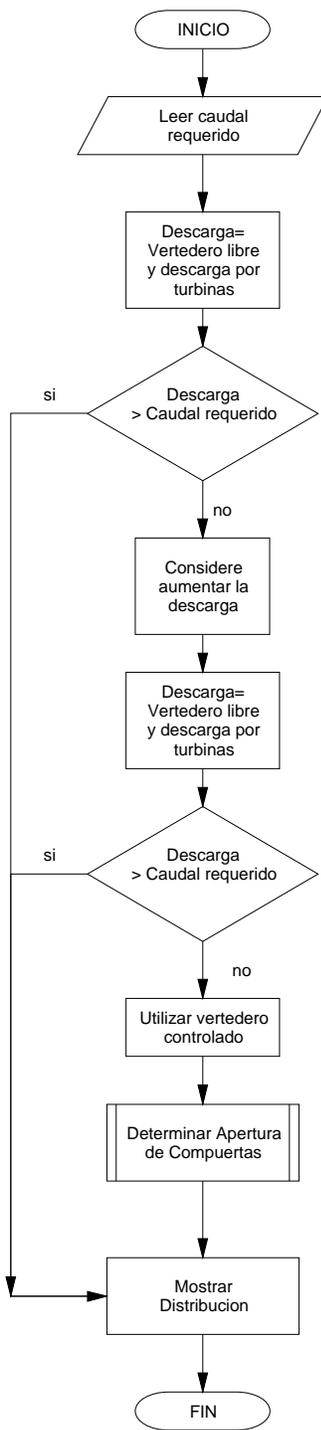


DIAGRAMA DE FLUJO.  
DISTRIBUIR CAUDAL DE DESCARGA

Figura A4.3



### 2.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA.

Para operar el programa desde Visual Basic se requieren los siguientes archivos:

- Manejo.vbp:** Archivo de proyecto de Visual Basic. Contiene las referencias a los demás archivos.
- Main.frm:** Formulario principal del programa. Es este formulario se introducen los datos requeridos para el funcionamiento del programa (Figura A4.4).
- Potencia.frm:** Formulario auxiliar del programa, se presenta solo si la generación propuesta no permite descargar todo el caudal requerido (Figura A4.5).
- Salida.frm:** Formulario donde se presentan la configuración de cada estructura de descarga para evacuar el caudal requerido (Figura A4.6).
- Borrado.frm:** Formulario donde se lee la fecha de borrado de archivos de registro (Figura A4.9).
- General.bas:** Módulo principal del programa, contiene las funciones que definen la operación para determinar la descarga requerida y su distribución.
- Embalse.bas:** Módulo que contiene funciones propias del embalse de Betania (Volumen almacenado, área, eficiencia de turbinas, etc.).
- Secuenc.frm:** Este formulario se explica en el anexo 3 (Figura A4.7).
- Compuertas.bas:** Este modulo se explica en el anexo 3.

### 2.3 ARCHIVOS ADICIONALES

El programa requiere de varios archivos de soporte, los cuales son:

- Capac.dat:** Archivo binario que contiene la curva de capacidad del embalse de Betania desde la cota 544 hasta la cota 575, cada centímetro.
- Eficienc1.dat, Eficienc2.dat, Eficienc3.dat:** Archivo binario que contiene las eficiencias de cada turbina identificada por su número para caudales que varían desde 100 m<sup>3</sup>/s hasta 300 m<sup>3</sup>/s cada 10 m<sup>3</sup>/s y alturas netas que varían de 54 m a 78 m cada 2 m.
- Datos.dat:** Archivo de texto que contiene las condiciones en el período anterior, fecha, nivel de embalse, caudal afluente, caudal predicho, excedente acumulado y caudal máximo. También se muestra la fecha en que el

volúmen excedente supera el volúmen excedente de la creciente de 10 años. Este archivo es de sólo lectura y no debe ser modificado por el usuario. Debe tener en cuenta que el formato de fecha utilizado en este archivo corresponde al formato de fecha general del sistema donde se ejecute el programa, de otro modo se pueden obtener resultados inesperados.

NivEsper.txt: Archivo de texto que contiene los niveles de espera requeridos para cada mes del año. En forma similar, el archivo no debe ser modificado por el usuario.

El programa utiliza un último archivo en el cual escribe la información de salida de los cálculos que realiza. Este archivo se describe mas adelante.

### 2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos que el programa utiliza se describen a continuación:

#### Módulo **General.bas**.

##### Procedimiento DeterminarOperacion.

Es el procedimiento base del programa, recibe como datos las variables publicas y define los valores de caudal máximo ( $Q_{max}=1600$ ) y nivel máximo ( $N_{max}=561.9$ ). Llama a los demás procedimientos para obtener las condiciones de aperturas y descargas por cada estructura de evacuación del embalse. Inicialmente se lee el archivo **Datos.dat** para obtener las condiciones del período anterior y determinar el volumen excedente acumulado actual y el volumen construido actual. Con estos datos se determina la descarga mediante la función **QDescarga** y esta se distribuye por las estructuras de evacuación del embalse dando prioridad al vertedero libre, después a las turbinas y finalmente al vertedero controlado. Finalmente se actualiza el archivo **Datos.dat** y que llama al procedimiento **EscribirSalida** que genera el archivo de texto con los resultados de la simulación.

##### Procedimiento EscribirSalida.

##### Argumentos:

ApertComp(),	Valores de las aperturas de las compuertas requeridas,
Descarga,	Caudal que se requiere descargar del embalse,
QVertLibre,	Caudal que se descarga por el vertedero libre,
Qturb(),	Caudal que se descarga por cada turbina,
QVertComp(),	Caudal que se descarga por cada sección de las compuertas.
MaxCap,	Expresa si el vertedero no es capaz de evacuar el caudal solicitado

## CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.

---

Este procedimiento recibe todas las variables de salida para escribir el archivo de texto resultado de la simulación, este archivo lleva por nombre la fecha de la simulación, por ejemplo, **1997-01-15 13-35.txt** que corresponde a una simulación del 15 de enero del año de 1997 a las 1:35 pm (año-mes-día hora-minuto en formato de 24 horas). La organización del archivo es como sigue:

Regla de Operación  
4/1/98 4:59:00 PM

Nivel Embalse: 562.0 msnm

Caudal Vertedero Libre: 98.07 m<sup>3</sup>/s

Casa de Maquinas

Turbina	Generación (MW)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	170.0	248.99
2	170.0	248.99
3	170.0	248.99

Caudal total Casa de Maquinas: 746.97 m<sup>3</sup>/s

Vertedero Controlado

Compuerta	Apertura (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	18.00	1013.54
2	18.00	1013.54
3	18.00	1013.54
4	18.00	1013.54

Caudal vertedero controlado: 4054.15 m<sup>3</sup>/s

Caudal Descarga: 4899.19 m<sup>3</sup>/s

Si el caudal máximo que es posible descargar con el nivel de embalse propuesto es menor que el caudal requerido, el archivo contiene el siguiente texto después del listado de la descarga de las compuertas.

.....  
. Apertura máxima para el nivel actual .  
. Caudal insuficiente .  
.....

Función QDescarga

Argumentos:

VolConstr,            Volumen construido en un instante de tiempo,  
VolExced,            Volumen de excedencia acumulado del hidrograma de entrada,  
Qmax,                 Caudal máximo que es posible descargar al río.

## CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.

---

Esta función calcula el caudal que debe ser descargado al río para garantizar que el volumen construido sea igual al volumen excedente del hidrograma de entrada, sin exceder el caudal máximo. El valor de la descarga depende en gran medida del caudal afluente y del nivel actual. En el caso en que el nivel se encuentre por encima del nivel normal de operación y el caudal afluente sea mayor que el máximo, se amplifica el caudal máximo en un 10% por cada 0,05 m por encima del nivel normal de operación.

Procedimiento DetCaudTurb

Argumentos:

Qturb(),            Caudal por cada turbina,  
Nivel,                Nivel del embalse en el período actual,  
Qrio,                 Caudal en el río Magdalena.

Este procedimiento calcula los caudales que se descargan por las turbinas para un nivel de embalse dado y proporciona además el caudal total por las tres turbinas. El procedimiento de cálculo es por ensayo y error ya que la altura neta de generación (Nivel de embalse - Nivel del río) depende a su vez del caudal que se obtiene de la función Característica, dado la potencia de generación y la altura bruta.

Procedimiento NiveldeEspera

Argumentos:

Hora,                Fecha en la que se desea conocer el nivel de espera

Este procedimiento calcula el nivel de espera requerido en una fecha dada. Considera que entre el cambio del nivel de espera entre meses se realiza en entre los ocho días finales de cada mes y los ocho días iniciales del siguiente.

Procedimiento ExcMax

Argumentos:

Fecha,                Fecha en la que se desea conocer el volumen excedente

Este procedimiento calcula el volumen excedente de la creciente de 10 años para el mes correspondiente a Fecha.

Módulo **Embalse.bas**.

Este módulo contiene funciones varias del embalse de Betania, entre las cuales están las siguientes:

Función Eficiencia

Argumentos: cnt(número de turbina), hn (altura neta), q (caudal por una turbina)

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

Esta función devuelve la eficiencia de una turbina para una altura neta y un caudal dado. Utiliza el archivo **EficiencN.dat** para interpolar el valor, donde N varía de 1 a 3.

### Función Área

Argumentos: Nivel (nivel del embalse)

Esta función devuelve el área en hectáreas del embalse Betania para un nivel de embalse dado.

### Función NivelRio

Argumentos: Caudal (caudal en el río Magdalena)

Esta función devuelve el nivel del río Magdalena en el sitio de descarga de la casa de máquinas para un caudal dado.

### Función Perdidas

Argumentos: Caudal (caudal en el túnel de carga)

Esta función devuelve las pérdidas en el túnel de carga de una turbina, las cuales se utilizan para obtener la altura neta de generación, conocido el salto bruto.

### Función Vol

Argumentos: Nivel (nivel en el embalse)

Esta función devuelve el volumen almacenado en el embalse de Betania para un nivel de embalse. Utiliza el archivo **Capac.dat**.

### Función VertLibre

Argumentos: Nivel (nivel en el embalse)

Esta función devuelve la descarga del vertedero libre del embalse de Betania.

### Función Característica

Argumentos: cnt(número de turbina), Pot (potencia requerida en una turbina), Alt (altura bruta de generación)

Esta función devuelve el caudal requerido para generar en una turbina la potencia Pot con una altura bruta Alt. Utiliza la función Eficiencia.

## Función PotenciaTurb

Argumentos: cnt(número de turbina), Caudal (caudal en una turbina), Alt (altura neta de generación)

Esta función devuelve la potencia generada en una turbina para un caudal, dado por el parámetro “Caudal” y una altura neta, dada por el parámetro “Alt”. Utiliza la función Eficiencia.

## Módulo Compuertas.bas.

Este módulo contiene las funciones que determinan el caudal vertido por las compuertas dado un nivel de embalse y las aperturas correspondientes. Este módulo se explica en el anexo 3.

## 3. MANUAL DE USUARIO

### 3.1 ENTRADA AL PROGRAMA.

Al ejecutar el programa se presenta el cuadro de dialogo de la Figura A4.4.

**Guía Operativa para Manejo de Crecientes**

**Condiciones Actuales**

Fecha de la lectura

Caudal Afluyente (m3/s)

Nivel en el embalse (msnm)

Caudal Futuro Esperado (m3/s)

Descarga Programada por las Turbinas

Potencia Turbina 1 (MW)

Potencia Turbina 2 (MW)

Potencia Turbina 3 (MW)

**Condiciones en el periodo**

Descarga del Rebosadero Controlado

Apertura compuerta 1 (m)

Apertura compuerta 2 (m)

Apertura compuerta 3 (m)

Apertura compuerta 4 (m)

Mostrar Operación      Salir

Borrar Archivos de Registro      Ver operacion de compuertas

Fecha y hora actual. Escriba la fecha en el siguiente formato: dd-mmm-aaaa hh:mm. p.e. 25-nov-1997 14:35 12:29 AM

Figura A4.4

### 3.2 OPERACIÓN DEL PROGRAMA

Para el correcto funcionamiento de este programa se requieren diversos datos relacionados con la operación del embalse que se muestran en la Figura A4.4 Los cuales se enumeran a continuación:

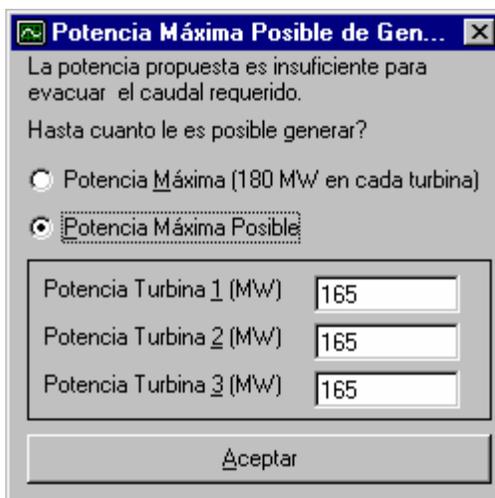
## CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.

---

- Fecha y hora de la lectura,
- Caudal afluente,
- Nivel en el embalse,
- Caudal esperado,
- Generación programada por cada una de las turbinas,
- Apertura actual de cada una de las compuertas.

Cuando se hayan introducido todos los datos válidos, presione el botón <<Mostrar Operación>> con el que se validarán todos los campos introducidos y se mostrará el mensaje de error correspondiente. Se debe tener en cuenta que el nivel del embalse debe estar entre los niveles 544 y 571 msnm, la potencia de las turbinas entre 60 y 180 MW o cero si la turbina se encuentra fuera de servicio y la apertura de las compuertas debe ser menor de 13,6 m. Si se deja el cuadro de fecha en blanco, el programa asigna por defecto la fecha actual.

Una vez aceptados todos los valores, se llama el procedimiento DeterminarOperacion que determina la descarga requerida y asigna las salidas por cada estructura de salida. Si la descarga de las turbinas es insuficiente para garantizar el caudal se pide al usuario cual es la máxima potencia que le es posible generar por las turbinas para, en lo posible, evitar el uso del vertedero controlado. Este cuadro de dialogo se muestra en la Figura A4.5



The dialog box has a title bar with a green icon and the text 'Potencia Máxima Posible de Gen...'. The main text reads: 'La potencia propuesta es insuficiente para evacuar el caudal requerido. Hasta cuanto le es posible generar?'. There are two radio buttons: 'Potencia Máxima (180 MW en cada turbina)' and 'Potencia Máxima Posible', with the latter being selected. Below this are three input fields for 'Potencia Turbina 1 (MW)', 'Potencia Turbina 2 (MW)', and 'Potencia Turbina 3 (MW)', each containing the value '165'. At the bottom is an 'Aceptar' button.

Figura A4.5

Las potencias presentadas en el diálogo corresponden a la potencia que se debería generar en cada turbina para descargar el caudal suficiente sin requerir el vertedero de compuertas, limitadas por la potencia máxima de generación de la turbina. Como antes, si desea inhabilitar una turbina, se coloca cero en la casilla correspondiente.

Esta información va al procedimiento EscribirSalida que genera un archivo de texto que se muestra en el formulario de la Figura A4.6.

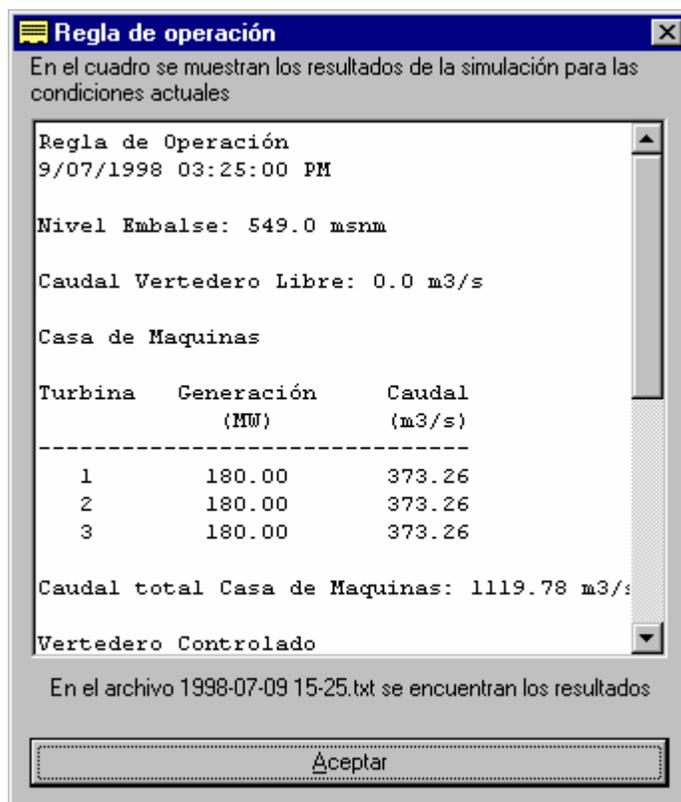


Figura A4.6

Si se desea exportar esta información a algún otro programa, se utiliza el archivo de texto cuyo nombre se indica en el formulario.

Si se desea ver la secuencia de aperturas requeridas para lograr las aperturas necesarias se presiona el botón <<Ver Operación>> con lo que se muestra el cuadro de diálogo de Secuencia de Operación como se muestra en la figura A4.7. En este diálogo el usuario ingresó aperturas iniciales de 0,5 m en todas las compuertas y la descarga sugerida por el programa requiere aperturas de 2,0 m en todas las compuertas.

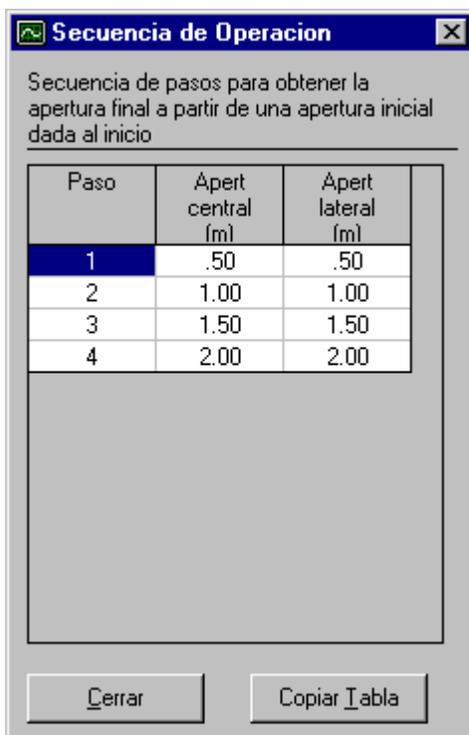


Figura A4.7

Cada vez que se ejecuta el programa se genera el archivo de salida que se describió. Después de cierto tiempo, puede que el usuario desee eliminar algunos de estos archivos. Para esta tarea se utiliza el botón <<Borrar Archivos de Registro>> del dialogo principal. Después de pedir confirmación de la acción que se va a realizar (Figura A4.8) , se presenta el cuadro de dialogo de la figura A4.9.

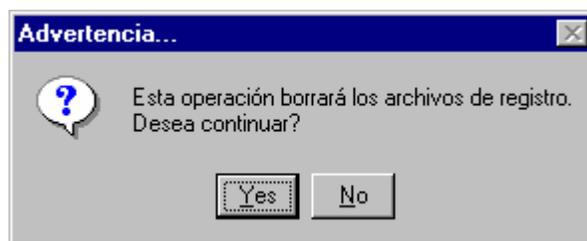


Figura A4.8

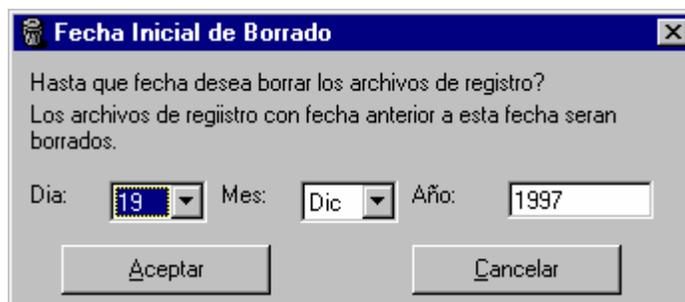


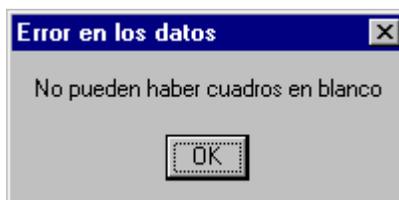
Figura A4.9

Los archivos que serán borrados son los que hayan sido creados antes de la fecha asignada en el cuadro, que por defecto, será la fecha actual. Tenga en cuenta que la fecha de creación de los archivos no es la fecha que asigna el sistema operativo, sino la representada en el nombre del mismo.

Si se deja el cuadro de año en blanco por defecto se asigna el año actual. Si se desea anular esta operación en este punto presione el botón <<Cancelar>> y se retornará al dialogo principal.

### 3.3 MENSAJES DEL PROGRAMA

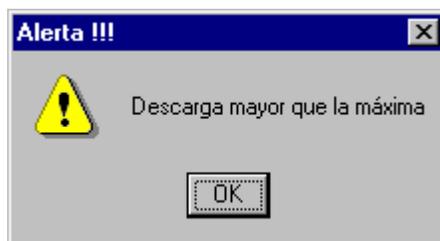
Durante la ejecución del programa se pueden presentar los siguientes mensajes:



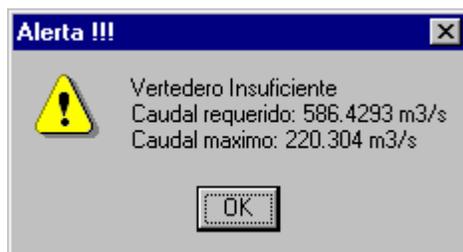
Este mensaje se presenta si se ha dejado algún campo del formulario principal en blanco.



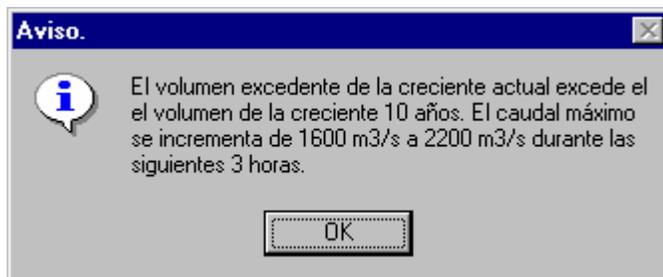
Este mensaje se presenta si algún dato se encuentra fuera de los limites permitidos de variación.



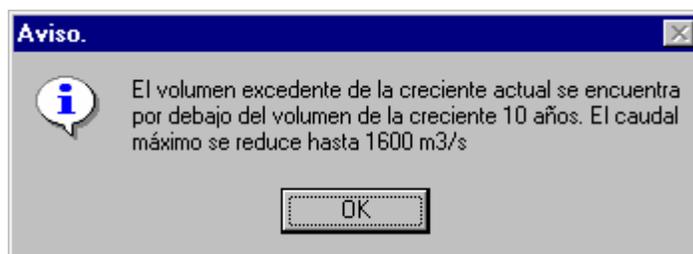
Este mensaje se presenta en el caso de emergencia cuando el embalse se encuentra por encima del nivel de operación y el caudal afluente es mayor que el caudal máximo que se puede descargar.



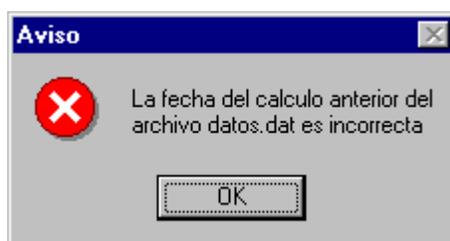
Este mensaje se presenta si el caudal que puede ser evacuado por el vertedero de compuertas es insuficiente para descargar el caudal requerido por exceso de las turbinas y el vertedero libre.



Este mensaje se presenta cuando el volumen excedente acumulado de la creciente predicha excede el valor del excedente acumulado para la creciente de 10 años. El mensaje avisa que el caudal maximo aumenta de 1600 m<sup>3</sup>/s a 2200 m<sup>3</sup>/s.



Este mensaje se presenta cuando el volúmen excedente acumulado de la creciente predicha se reduce hasta el volúmen excedente de la creciente de 10 años. En esta condición el caudal máximo se disminuye de 2200 m<sup>3</sup>/s a 1600 m<sup>3</sup>/s instantaneamente.



Este mensaje se presenta si el archivo de datos del período anterior presenta incorrecta la fecha de cálculo anterior. No es comun que se presente este mensaje a menos que el usuario altere el archivo de datos, lo cual no debe hacerse, o no escriba la fecha inicial (sólo debe hacerse la primera vez que se ejecuta la aplicación) en el formato de fecha general de su equipo.

## **ANEXO 5**

### **PROGRAMA PARA EL BALANCE HÍDRICO DEL EMBALSE**

#### **MANUAL DEL USUARIO**

### **1. OBJETIVO**

El programa de Balance Hídrico tiene por objeto determinar el caudal promedio aportado por la cuenca aguas arriba del embalse Betania teniendo en cuenta que el volumen de agua ingresado al embalse depende de los caudales representativos del volumen de agua turbinada, rebosada, evaporada, infiltrada, consumida en refrigeración y a la embalsada.

Las salidas del programa consisten en los caudales promedio de entrada y de salida del embalse y un archivo de registro donde guarda todos los datos del cálculo realizado.

### **2. MANUAL DEL PROGRAMADOR**

#### **2.1 METODOLOGÍA DE CALCULO**

La determinación del caudal que en un período de tiempo se está aportando al embalse se basa en la siguiente ecuación, aplicable en un intervalo de tiempo  $\Delta T$ :

$$\left[ \frac{(I_1 + I_2)}{2} - \frac{(O_1 + O_2)}{2} \right] \times \Delta T = \pm \Delta E$$

de donde se obtiene:

$$\frac{I_1 + I_2}{2} = \pm \frac{\Delta E}{\Delta T} + \frac{O_1 + O_2}{2}$$

En las cuales se tiene:

$I_1, I_2$ : Caudales que entran al embalse entre las horas  $T_1$  y  $T_2$

$O_1, O_2$ : Caudales de salida (turbinas + vertederos + evaporación + infiltración + refrigeración y otros gastos), entre las horas  $T_1$  y  $T_2$ .

$\Delta T$  : Período de tiempo considerado entre las horas  $T_1$  y  $T_2$ .

$\Delta E$  : Aumento o disminución del embalse durante el período de tiempo considerado.

La exactitud del resultado depende de la veracidad de las variables que recibe el programa (niveles y caudales promedios de salida del embalse).

### **2.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA.**

Este programa no necesita ningún tipo de instalación si se desea ejecutar desde el entorno de Visual Basic 5.0, pero requiere algunos formularios, módulos y archivos que se deben encontrar dentro de un mismo directorio, estos son:

**Balance.Vbp:** Módulo principal de ejecución de los componentes del programa para ejecutar desde Visual Basic 5.

**Form1.frm:** Formulario principal de entrada y salida de datos (ver Figura A5.1).

**Form2.frm:** Formulario de ayuda del programa (ver Figura A5.2).

**Form3.frm:** Formulario de ingreso de la generación del período (ver Figura A5.3).

**Embalse.bas:** Código fuente del programa.

**Capac.dat:** Archivo, en formato binario, en el que se encuentra la curva de capacidad del embalse.

### **2.3 ARCHIVOS ADICIONALES**

Los siguientes archivos son creados después de ejecutar el programa y también aparecerán en el directorio de trabajo seleccionado:

**Registro.txt:** Archivo de registro que se genera desde el programa.

**Datos.txt:** Archivo donde guarda los últimos datos de entrada del programa.

**EficiencN.dat** Archivo binario de definición de eficiencias de cada turbina. N varía de 1 a 3. En el anexo 2 se explica el formato del archivo.

El archivo Balance.exe ejecuta el programa desde Windows 95 y no necesita Visual Basic, sin embargo debe ejecutar el procedimiento de instalación descrito en el anexo 7. Después de esto, en el directorio de trabajo, necesitará solamente los archivos Balance.exe y los archivos listados antes para ejecutar correctamente el programa.

### 3. MANUAL DEL USUARIO

#### 3.1 ENTRADA AL PROGRAMA

La ejecución del programa desplegará la siguiente ventana:

The screenshot shows a software window titled "Balance Hidrico". It features a standard Windows-style title bar with a close button. The main area contains several input fields and buttons. At the top, there is a text box for "Fecha del Calculo". Below it, "No. de horas simuladas" is set to 0 hours and 30 minutes. The "Nivel Inicial (msnm)" is 545.5 and "Nivel Final (msnm)" is 545.25. "Caudal Rebosado (m3/s)" is 1000. There are also input fields for "Infiltración (m3/s)", "Refrigeración y otros (m3/s)", and "Evaporación (mm/mes)", all set to 1000. Two empty fields for "Caudal de Entrada (m3/s)" and "Caudal de Salida (m3/s)" are present. A "Leer Potencias" button is located next to the "Caudal Rebosado" field. At the bottom, there are buttons for "Enviar al Archivo de Registro", "Iniciar Archivo de Registro", "Operar", "Borrar", "Salir", and "Acerca de..."

Figura A5.1

#### 3.2 OPERACIÓN DEL PROGRAMA

El programa requiere los siguientes datos de entrada:

- Nivel Inicial (msnm)

Permite especificar la altura sobre el nivel del mar del embalse al inicio del tiempo, esto con el fin de encontrar, con la ayuda de la de la curva de capacidad de embalse, el volumen de agua almacenado al inicio del intervalo de tiempo. El nivel inicial debe ser mayor o igual a 544 msnm y menor a 571 msnm.

- Nivel Final (msnm)

Permite especificar la altura sobre el nivel del mar del embalse al finalizar el intervalo de tiempo, esto con el fin de encontrar el volumen de agua almacenado al finalizar el

intervalo de tiempo. El nivel final debe ser mayor o igual a 544 msnm y menor a 571 msnm.

- Caudal Rebosado ( $m^3/s$ )

Permite especificar el promedio del caudal que rebosó por los vertederos.

- Infiltración ( $m^3/s$ )

Permite especificar el promedio del caudal que se infiltró.

- Refrigeración y otros ( $m^3/s$ )

Permite especificar el promedio del caudal que se utilizó en refrigeración y otros servicios estimados.

- Evaporación (mm/mes)

Permite especificar el promedio de la evaporación atmosférica en milímetros, calculado para el mes.

- No. de horas simuladas

Permite especificar el intervalo del tiempo simulado en horas y minutos.

Debe indicarse también como datos de entrada la potencia generada por cada turbina durante el período de simulación, esto se hace mediante el botón <Leer Potencias>, lo que muestra el cuadro de diálogo de la figura A5.3 donde se especifica además de la generación, el nivel promedio en el que se obtuvo.

Los datos de salida son:

- Caudal de Entrada ( $m^3/s$ )

Presenta el caudal promedio de entrada al embalse en el intervalo de tiempo simulado.

- Caudal de Salida ( $m^3/s$ )

Presenta el caudal promedio total de salida del embalse.

Los comandos presentados por el programa son:

- Operar

Inicia la simulación del embalse con los datos de entrada anteriormente descritos.

- Borrar

Este comando borra los datos de entrada de niveles de embalse y caudales turbinados y rebosados.

- Salir

Sale del programa.

- Acerca de...

Presenta un cuadro de diálogo con una descripción del programa (ver Figura A5.2).

- Enyiar al Archivo de registro

Envía las variables de entrada y de salida a un archivo de registro llamado Registro.txt. Si el archivo no existe deberá primero oprimir el botón Iniciar Archivo de Registro para ubicar el encabezado de las variables. En este archivo se guardan los siguientes datos: Fecha, hora, altura inicial y final, volumen inicial y final, caudal promedio turbinado, rebosado, infiltrado, de refrigeración y otros, de evaporación y el intervalo del tiempo simulado. Este archivo se puede leer desde una hoja electrónica donde se podrá archivar fácilmente.

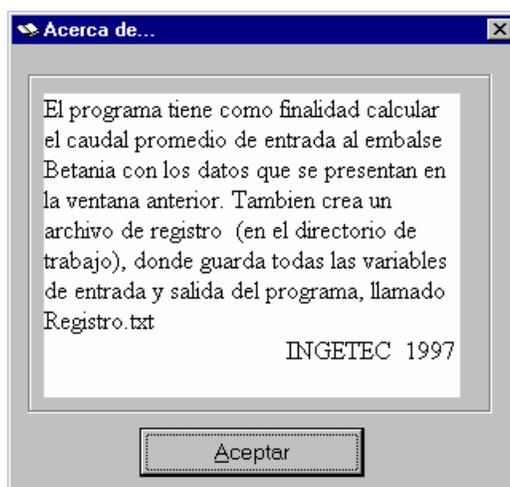


Figura A5.2

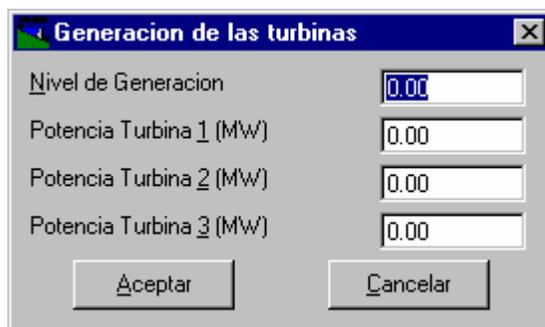


Figura A5.3

- Iniciar Archivo de registro

Borra y/o crea el archivo de registro y ubica el encabezado de las variables. Teniendo en cuenta que este comando borra el archivo de registro existente se presentará la opción descrita por la Figura A5.4 tan pronto oprima este botón.



Figura A5.4

Encabezado del archivo de registro.

Fecha (aaaa-mm-dd)	Hora (H:M)	Nivini (msnm)	Nivfin (msnm)	Volini (hm3)	Volfin (hm3)	Qent (m3/s)
Qsal (m3/s)	Qtur (m3/s)	Qreb (m3/s)	Qinf (m3/s)	Qref (m3/s)	Evap (m3/s)	Periodo (H:M)
Pot 1 (MW)	Qtur1 (m3/s)	Pot 2 (MW)	Qtur2 (m3/s)	Pot 3 (MW)	Qtur3 (m3/s)	Qtur (m3/s)

donde cada columna se explica a continuación:

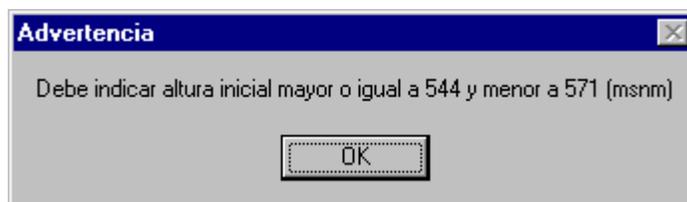
- Fecha: ..... Fecha de inicial del período de cálculo del caudal de entrada.
- Hora: ..... Hora de inicio del período.
- NivIni: ..... Nivel del embalse al inicio del periodo de cálculo.
- NivFin: ..... Nivel del embalse al final del periodo de cálculo.
- VolIni ..... Volúmen del embalse al inicio del periodo de cálculo.
- VolFin: ..... Volúmen del embalse al final del periodo de cálculo.
- Qent: ..... Caudal de entrada al embalse.
- Qsal: ..... Caudal de salida del embalse, incluye evaporación y otras salidas.

Qtur: ..... Caudal turbinado en el período.  
Qreb: ..... Caudal rebosado en el período.  
Qinf: ..... Caudal de infiltración.  
Qref: ..... Caudal de refrigeración.  
Evap: ..... Caudal de evaporación.  
Periodo: ..... Duración del período de cálculo.  
NivGen: ..... Nivel de generación de las turbinas.  
Pot X: ..... Potencia de la turbina X. (X 1, 2, 3)  
QturX: ..... Caudal de la turbina X.  
Qtur: ..... Caudal turbinado de la central.

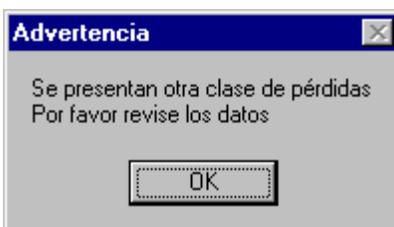
### 3.3 MENSAJES DEL PROGRAMA

El programa puede presentar en algunos casos los siguientes mensajes de error:

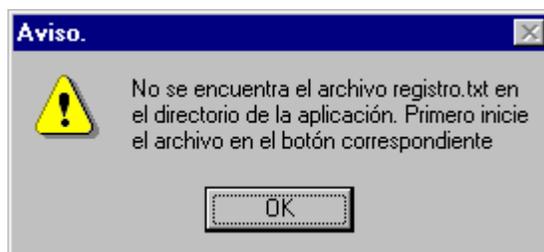
Si el rango de los niveles de embalse no esta entre los descritos, presenta la siguiente mensaje:



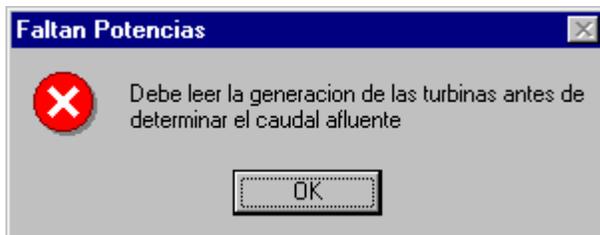
Si se presenta un caudal de entrada negativo con las variables de entrada establecidas, presenta el siguiente mensaje:



Si envia al archivo de registro un cálculo haberlo iniciado o si el archivo de registro no existe se presenta el siguiente mensaje.



El siguiente mensaje se presenta si el usuario presiona el botón <<Operar>> sin haber leído la potencia de cada turbina.



## **ANEXO 6**

### **PROGRAMA DE PREDICCIÓN DE AFLUENCIAS.**

#### **MANUAL DE PROGRAMADOR Y USUARIO**

## **1. OBJETIVO**

El objetivo de este programa es proporcionar una herramienta para estimar el caudal afluente al embalse a partir de las lecturas de caudales simultáneos en las estaciones de Puente Balseadero en el Río Magdalena y Paicol en el Río Páez. Como información adicional el programa también retorna el tiempo estimado en el que dicho caudal llega a la cola del embalse.

## **2. MANUAL DEL PROGRAMADOR**

El programa fue desarrollado en Visual Basic 5.0 para Windows 95 por lo que sólo trabaja para plataformas de 32 bits.

### **2.1 METODOLOGÍA DE CALCULO**

El sistema de ríos considerado en la simulación consiste en tres tramos de ríos, los cuales son:

- Tramo del Río Páez entre la estación Paicol hasta la confluencia con el Magdalena
- Tramo del Río Magdalena entre la estación Puente Balseadero hasta la confluencia con el Páez.
- Tramo del Río Magdalena entre la confluencia de los ríos y la cola del embalse.

Cada tramo se modeló dividiéndolo en subtramos típicos con características de sección transversal, longitud, pendiente y rugosidad.

Para el tránsito de los caudales se utilizó el tránsito de onda cinemática, la cual considera que el caudal se traslada con igual magnitud por el cauce y que el tiempo de viaje corresponde a la longitud del tramo dividida entre la celeridad de la onda. Esta celeridad se calcula como la variación del caudal con respecto al área de la sección.

$$Q_{out} = Q_{in}$$

$$T_{out} = T_{in} + L / (dQ/dA)$$

donde,

$Q_{in}, Q_{out}$  : Caudal en la entrada y salida del tramo analizado,

$T_{in}, T_{out}$  : Tiempos en la entrada y salida del tramo analizado,

$L$  : Longitud del tramo.

Se toma el caudal que menos tiempo tarde en llegar a la confluencia y luego se determina cual es el caudal en el otro río para cuando llegue el primero. Para esto se necesitan los caudales leídos en cada río durante dos lecturas anteriores a iguales intervalos de tiempo.

El tiempo de llegada a la cola del embalse corresponde al tiempo que tome el caudal correspondiente a la suma de los caudales medidos en el instante en que se encuentran los dos flujos, en atravesar el último tramo hasta la cola del embalse.

El caudal que llega a la cola del embalse, es la suma de los caudales que llegan a la confluencia amplificado en un factor del 8,5% para tener en cuenta los aportes de la cuenca.

### 2.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA.

Para ejecutar el programa desde Visual Basic 5.0 no se necesita ejecutar el procedimiento de instalación descrito en el anexo 7, pero se necesitan determinados archivos de módulos y formularios donde se encuentra el código fuente de este programa. Estos archivos son:

- Predicc.vbp:** Archivo de proyecto de Visual Basic. Contiene las referencias a los demás archivos.
- Main.frm:** Formulario principal del programa, en éste formulario se introducen los datos de la simulación (Figura A6.1).
- Medidas.frm:** Formulario donde se definen las lecturas de caudal en dos instantes anteriores al de medida (Figura A6.2).
- Editar.frm:** Formulario donde es posible cambiar las características de los ríos para la simulación (Figura A6.3).
- Trans4.bas:** Modulo donde se encuentra la función principal del programa y su código fuente.
- Canal.txt** Archivo que contiene la definición de cada tramo típico de los ríos.

### 3. MANUAL DE USUARIO

#### 3.1 ENTRADA AL PROGRAMA.

Al iniciar el programa se presenta el siguiente cuadro de dialogo:

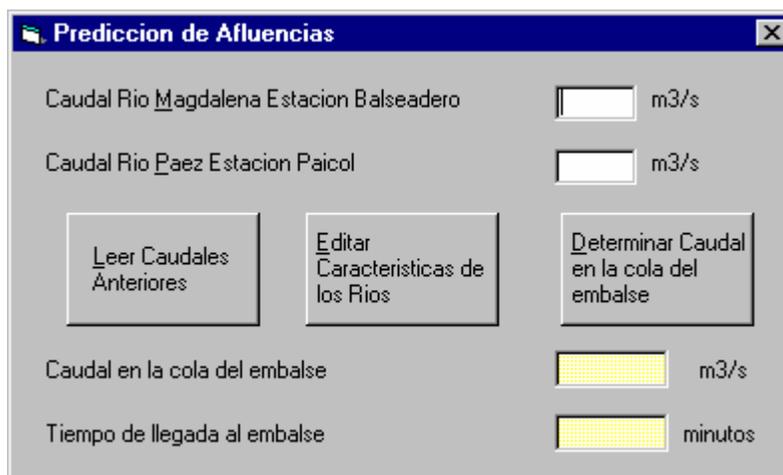


Figura A6.1

#### 3.2 OPERACIÓN DEL PROGRAMA

El programa requiere como datos iniciales los caudales en las estaciones Puente Balseadero y Paicol en un instante dado, posteriormente se deben definir los caudales medidos en dos intervalos anteriores en cada estación, presionando el botón <<Leer Caudales Anteriores>>, donde se muestra el cuadro de dialogo de la figura A6.2.

Intervalo de tiempo entre lecturas  min

Rio Magdalena

1. Caudal Medido en (t - dt)

2. Caudal Medido en (t - 2 \* dt)

Rio Paez

3. Caudal Medido en (t - dt)

4. Caudal Medido en (t - 2 \* dt)

Aceptar Cancelar

Figura A6.2

En este cuadro se define el intervalo de tiempo entre medidas y los caudales medidos en cada estación (en m<sup>3</sup>/s) en los intervalos  $\Delta t$  y  $2\Delta t$ , antes de la medida actual. Si se desea calibrar el modelo con otras características de los ríos, cambiando la sección típica o la longitud de un tramo, por ejemplo, se presiona el segundo botón <<Editar Características de los Ríos>>, donde se muestra el cuadro de la figura A6.3 despues de ingresar la contraseña requerida.

Edicion Características de Rios

Rio

Tramo

Características del Tramo

Base  n de Manning

Talud  Pendiente

Longitud

Actualizar Seccion Cerrar

El valor de la longitud se expresa en metros, asi como el valor de la base.  
El Talud transversal se toma como 1h : Talud v.  
La pendiente se toma en decimal.

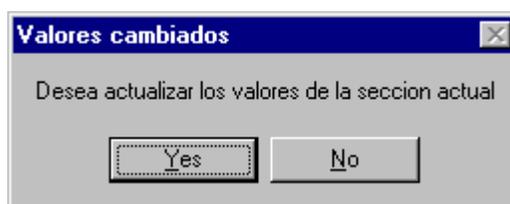
Figura A6.3

Para cambiar cualquier dato se debe primero seleccionar el río que se va a cambiar de la lista superior y luego el tramo en la lista siguiente. Se cambia el valor deseado y se presiona el botón <<Actualizar Sección>> con lo que dichos valores serán los utilizados en la simulación. Este último proceso sólo debe hacerse si se desean cambiar los datos de la simulación. En caso de que se deseen añadir tramos a los ríos se debe manipular directamente el archivo de texto.

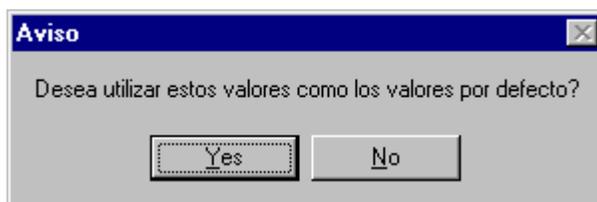
Después de entrar todos los datos se presiona en el botón <<Determinar Caudal en la Cola del Embalse>> con lo que se muestran en los dos cuadros inferiores el caudal esperado y el tiempo estimado que dicho caudal tarda en llegar al embalse.

### 3.3 MENSAJES DEL PROGRAMA

Debe señalarse que cuando se cambie los valores de alguna sección debe inmediatamente actualizarse la sección, antes de cambiar los datos de otra sección. Cuando seleccione este botón se le presenta al usuario el siguiente cuadro:



con el que se confirma que el usuario desea cambiar las condiciones de simulación. Si el usuario selecciona <<Si>>, se le muestra un segundo cuadro como el que sigue:



Este cuadro permite que los valores que se han cambiado se puedan utilizar para futuras simulaciones. Por seguridad, el archivo anterior "canal.txt" se renombra como "canal.bak". El archivo "canal.txt" esta organizado de la siguiente forma:

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BETANIA S.A.**

---

3	2	2		
Secciones Típicas Río Magdalena				
Base	Talud	Longitud	Pendiente	Manning
70	2.5	14000	0.002	0.05
70	2.5	6000	0.001	0.05
70	2.5	25000	0.001	0.05
Secciones Típicas Río Páez				
35	3.57	16000	0.002	0.05
35	3.57	20000	0.001	0.05
Sección Típicas Confluencia-Embalse				
80	1.25	6000	0.0008	0.05
80	1.25	2000	0.0008	0.05

Los tres primeros números corresponden al número de tramos en el Río Magdalena, Páez y desde la confluencia hasta la cola del embalse, respectivamente. Las líneas siguientes son las características de cada tramo en cada río.

## **ANEXO 7**

### **INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN DE PROGRAMAS**

En este anexo se describe el procedimiento que se debe seguir para la instalación de los programas que se relacionan en los anexos 2 al 6. Como ya se ha mencionado anteriormente, estos programas fueron desarrollados en Visual Basic 5.0 para Windows 95, los archivos ejecutables creados por este lenguaje de programación requieren de bibliotecas o DLLs (Dinamic Library Links), así como de archivos de controles personalizados u OCX para su funcionamiento, y si faltan estos archivos, los programas no pueden ser ejecutados.

El lenguaje de programación Visual Basic incluye un asistente de instalación para facilitar la distribución de estos archivos. El resultado de este procedimiento es un conjunto de archivos en formato comprimido y el programa de instalación que los expande a su tamaño real (**setup.exe**). Este archivo junto con los demás comprimidos se distribuye en discos flexibles.

Para ejecutar la instalación del programa se ejecuta el archivo **setup.exe** desde los discos de instalación suministrados y se siguen los pasos que se describen a continuación. Asegúrese de utilizar un equipo con Windows 95 o NT antes de iniciar el procedimiento de instalación. Tenga en cuenta que aunque el procedimiento es general para todos los programas incluidos en el informe, el ejemplo se hará con el programa de cálculos de predicción de afluencias. El procedimiento de instalación puede ser cancelado en cualquier momento mediante el botón <<Salir>> donde se le pide al usuario confirmación de esta acción.

Inicialmente se muestra un cuadro donde se indica que se están copiando los archivos de instalación mediante un mensaje como el siguiente:

```
Copiando archivos de inicialización...  
(Estos archivos se quitaran si se cancela la instalación)
```

Este dialogo se presenta durante unos segundos y se muestra un mensaje de bienvenida en el que se selecciona el botón <<Ok>>. En el siguiente cuadro (Figura A7.1) se le permite al usuario escoger el directorio donde desea instalar el programa ejecutable presionando el botón <<Change Directory>>. Al presionar este botón se presenta un cuadro de dialogo donde se escoge el directorio de instalación. Al escoger el directorio deseado se presiona en el botón con la figura de una computadora para iniciar la instalación.

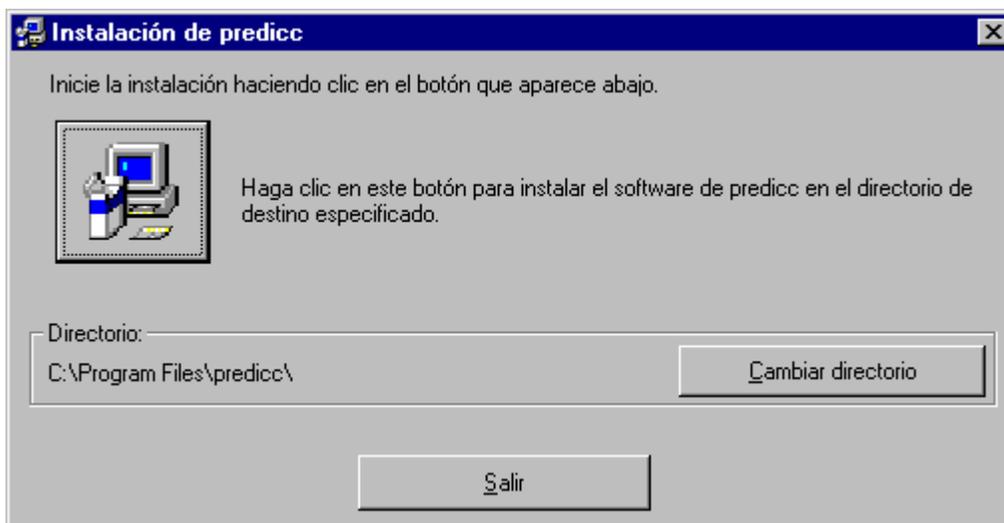


Figura A7.1

Después de unos minutos o segundos, dependiendo de la velocidad del computador donde se instale, el programa de instalación copia los archivos necesarios al disco duro del usuario y al terminar presenta el cuadro de dialogo de la Figura A7.2

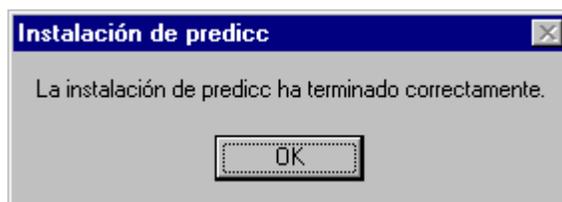


Figura A7-2

al presionar el botón <<Ok>>, se ha terminado la instalación correctamente y se puede encontrar el programa en el directorio que se especificó en el dialogo correspondiente.

Para colocar el programa en el menú Inicio (Start menu) o en el escritorio (Desktop) de Windows Véase la documentación de Windows 95.

Junto con los programas mencionados en los anteriores anexos, se presenta también un integrador desde donde pueden ser ejecutados todos los demás programas. La pantalla de este integrador es como se muestra en la figura A7.3.

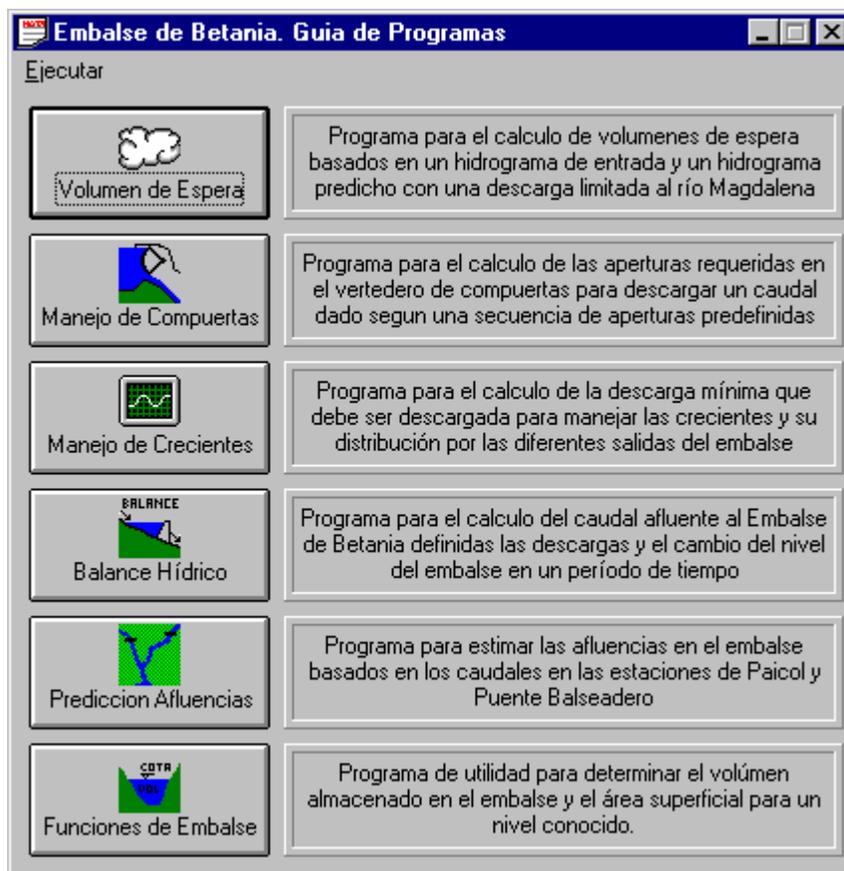


Figura A7.3

El uso de este programa es intuitivo, es decir, al pulsar en cada botón se ejecuta el programa que éste representa. La ubicación de cada programa en el disco duro esta relacionada en el archivo "ubic.txt" que se encuentra en el directorio de la aplicación. En caso de que el programa no se encuentre, el programa presenta los cuadros siguientes:

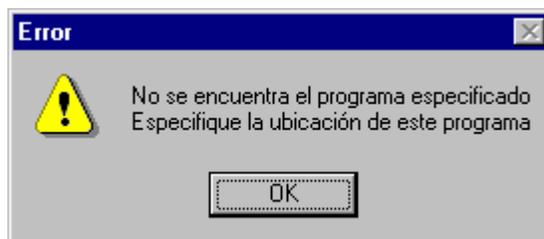


Figura A7-4

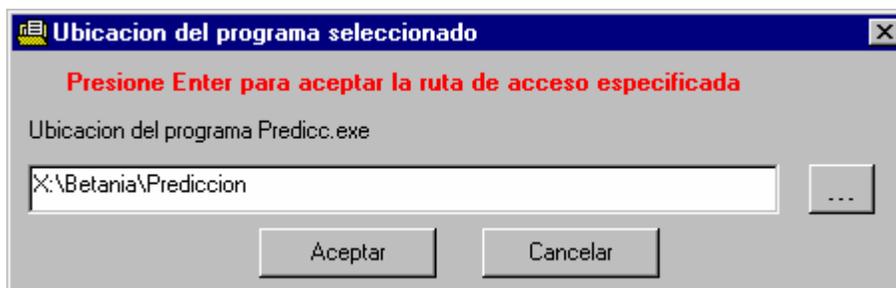


Figura A7.5

En el dialogo de la figura A7.5 se puede escribir la ruta del programa o presionando en el botón “...” donde se muestra un cuadro de dialogo para buscar el archivo requerido. Cuando se haya encontrado, se presiona “Aceptar” para guardar la ubicación real del programa.