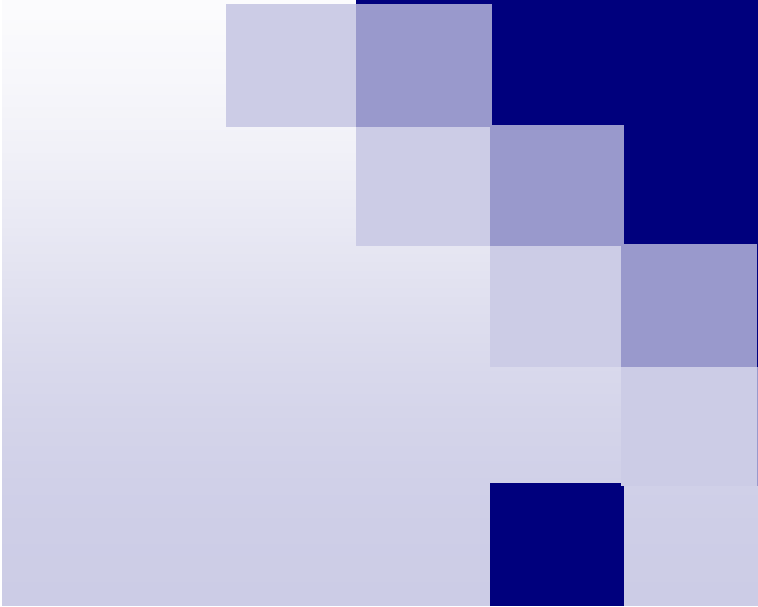




CLASE AUXILIAR CONTROL 2 CI41C

Prof. Aux: Ricardo González V.



CONTENIDOS CONTROL # 2.

HIDROLOGÍA

- **1. EL CICLO HIDROLÓGICO Y EC. GENERAL DE BALANCE HIDROLÓGICO**
 - El Ciclo Hidrológico
 - Balance Hidrológico (Ec. General, suelo, región, embalse)

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = Q_e - Q_s$$

- **2. ELEMENTOS DE METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA**
 - Circulación general de la atmósfera.
 - Presión atmosférica
 - Radiación Solar
 - Temperatura del aire
 - Humedad Atmosférica (presión de vapor, humedad relativa, humedad específica, temperatura punto de rocío, etc.)
 - Climatología; Clasificación Climatológica de Chile.

■ 3. PRECIPITACIONES

- Objetivos del Estudio de Precipitaciones.
- Mecanismos de Formación, Tipos y Formas de Precipitación.
- Medición. Procesamiento de Datos;
- Presentación de la Información.

- Curvas Doble Acumuladas; Interpolaciones.
- Precipitación Media sobre una Cuenca.

} Disponibilidad de
Aguas

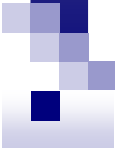
- Intensidad de Lluvia;
- Hietograma.

- Concepto Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)
- Curvas Precipitación. Duración - Área (PDA)

} Eventos Extremos
(Estudios de
crecidas)

■ 4. EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION

- Definiciones Generales. Poder Evaporante de la Atmósfera.
- Evaporación desde Superficies de Agua.
- Evapotranspiración Potencial y Real; Definiciones.
- Métodos de Estimación de Evapotranspiración.
- Tasas de Riego. Precipitación útil. Intercepción.

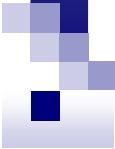


■ 5. FLUJO EN MEDIOS POROSOS NO SATURADOS E INFILTRACION

- Introducción; Definiciones.
- Flujo en Medios Porosos no Saturados.
- Factores que afectan la Infiltración.
- Métodos para determinar Capacidades de Infiltración.
- Curvas de Capacidad de Infiltración. Expresiones Teóricas.
- Métodos Aproximados: índice ϕ ; índice w ; Curva Número (CN). Método de Horton

■ 6. ESCORRENTIA SUPERFICIAL

- Hidrogramas.
- Instrumentos y Métodos para medición de Caudales.
- Curvas de Descarga; Determinación y Uso. Procesamiento,
- Corrección y Presentación de Estadísticas Fluviométricas.
- Estimación de la Escorrentía Superficial; Correlaciones;
- Relaciones Precipitación-Escorrentía;
- Rendimientos Específicos de Cuencas.

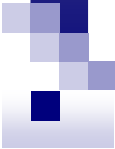


■ 7. HIDROLOGIA ESTADISTICA Y PROBABILÍSTICA

- Funciones de Densidad de Probabilidad y Estadística;
 - Modelos Probabilísticos Discretos; Bernoulli; Binomial; Geométrico; Proceso de Poisson; Proceso de Markov.
 - Probabilidades de Excedencia; Períodos de Retorno; Riesgo Hidrológico
 - Modelos Probabilísticos Continuos: Normal; Logarítmico-Normal; Gama; Pearson; Log-Pearson; Gumbel.
- Análisis de Frecuencias,. Métodos Gráficos y Analíticos.

□ 8. ESTUDIO Y CALCULO DE CRECIDAS

- Componentes de los Hidrogramas. Análisis y Separación de Hidrogramas.
- Lluvias de Diseño y Crecidas de Diseño;
- **Métodos de Estimación:**
- Fórmulas Empíricas, Fórmula Racional;
- Análisis de Frecuencia;
- Hidrograma Unitario;
- Métodos Hidrometeorológicos para la Determinación de Crecidas Máximas Probables.
- **Propagación de Crecidas:**
- Ecuaciones Básicas de Ecurrimientos Impermanentes
- Gradualmente Variados; Esbozo de Soluciones en caso de Cauces Naturales.
- Métodos Hidrológicos: Muskingum. Propagación en Cauces Naturales.
- Rastreo en Embalses.



PREGUNTA N° 1 (PRECIPITACIÓN E INFILTRACIÓN)

La cuenca que se esquematiza en la Figura N° 1 no posee control de tipo fluviométrico, sin embargo, cuenta con información pluviográfica (A) y pluviométrica (B, C y D). Para una tormenta, en la estación A se registró el hietograma que se muestra en la Figura N °2, en tanto que, en la Tabla N °1 se muestra el monto total de precipitación registrado en los puntos B, C y D.

Antecedentes e Indicaciones.

- Suponga que durante la tormenta la línea de nieves se encuentra sobre los 2600 msnm.
- Área de Cuenca : 180 [Km²]
- En una tormenta de similar magnitud se ajustó la ecuación de Horton y los parámetros encontrados fueron: $f_0 = 3 \text{ mm/hr}$, $f_c = 1 \text{ mm/hr}$ y $K = 0,3 \text{ [hr]}$.
- En un estudio geológico – geotécnico realizado con anterioridad se determinó que la cuenca mayoritariamente corresponde a suelos limo –arcillosos.
- La cuenca en estudio corresponde mayoritariamente a una cuenca agrícola dedicada al cultivo de hortalizas, la cual es sometida periódicamente a tratamientos para mantener su calidad productiva.

Tomando en cuenta los antecedentes disponibles, se le solicita determinar:

- A) El Caudal Máximo asociado a la tormenta.
- B) El volumen de escorrentía superficial generado por la tormenta.

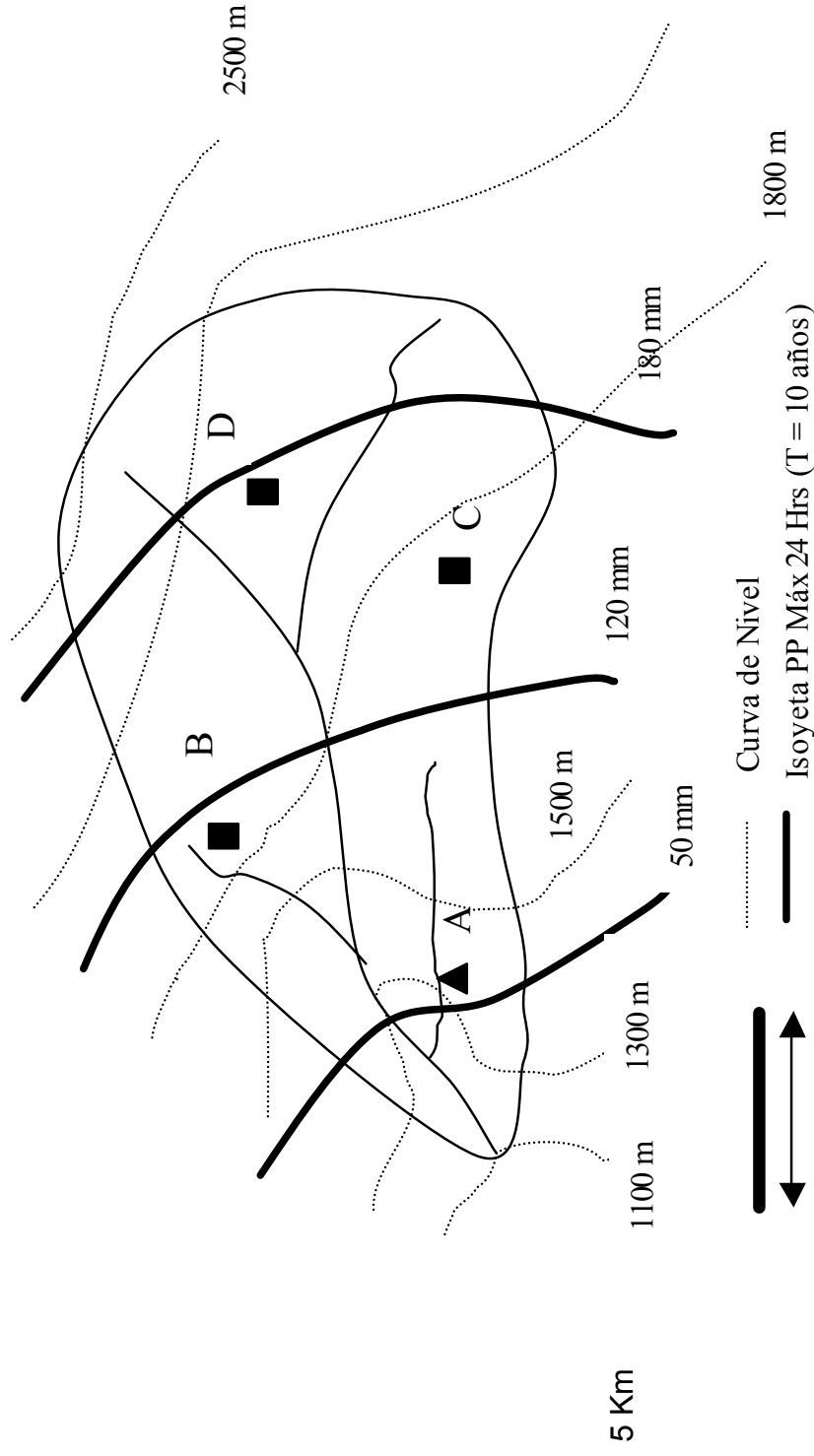
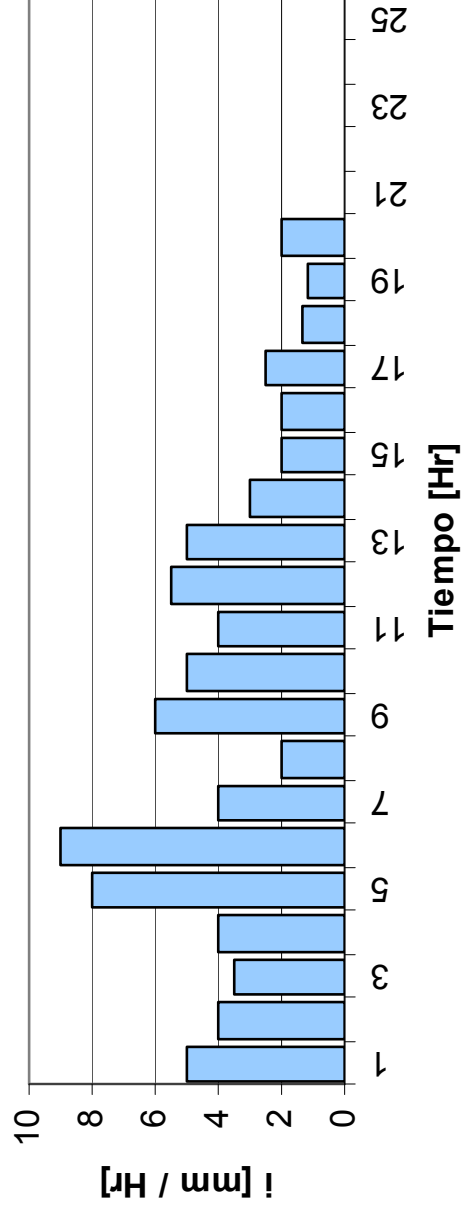


Figura N° 1: Esquema Cuenca en Estudio.

Figura N°2 : Pluviograma Estación A



Punto	Pp [mm]
B	90
C	105
D	140

Tabla N° 1: Precipitación caída durante la tormenta.

A) El Caudal Máximo asociado a la tormenta.

$$Q_{\text{Máx}} = C \cdot i_{\text{tc}}^{\text{máx}} \cdot A$$

$$t_c = 0.95 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

$$L = 22 \text{ km}, H = 1.400 \text{ m}$$

$$t_c = 2,07 \text{ hr} = 2 \text{ hr}$$

Se necesita estimar $i_{\text{tc}}^{\text{máx}}$ y C que sean representativos de la cuenca.

Sólo conozco i en A, luego, necesito estimar un valor de i representativo para la cuenca

Del pluviograma, $P_A = 79 \text{ mm}$

A través del método de los polígonos de Thiessen, y P_B , P_C y P_D se determina P_{media} ($P_{\text{máx}}$)

$$P_{\text{máx}} = 0.2 \cdot P_A + 0.2 \cdot P_B + 0.25 \cdot P_C + 0.35 \cdot P_D$$

$$P_{\text{máx}} = 109,5 \text{ mm}$$

Asumiendo que la distribución temporal de la precipitación registrada en A es representativa de la cuenca, determino i_{tc}

⇒ La mayor intensidad en 2 horas (tc) se produce entre la hora 5 y 6, la cual corresponde al 21,5% de la precipitación.

$$\text{Luego, } Pp^{\text{Max}}_{tc} = 0.215 \cdot 109,2 = 23,46 \text{ mm}$$

$$I^{\text{máx}}_{tc} = 11,73 \text{ mm/hr}$$

Una forma de estimar c es P_{ef}/P_{tot}

Utilizando la metodología de la Curva Número

CN = f(suelo agrícola sometido a tratamiento, tipo C, condición antecedentes tipo II

$$CN=78$$

$$S = 25400/CN - 254 = 71,6 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} = 53,9 \text{ mm}$$

$$C = 53,9 / 109,5 = 0,5$$

$$Q_{\text{Máx}} = (0.5 \cdot 11,73 \cdot 180) / 3.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Máx}} = 290 \text{ m}^3/\text{s}$$

B) El volumen de escorrentía superficial generado por la tormenta.

El volumen de escorrentía superficial, corresponde al asociado a la precipitación efectiva.

Despreciando el efecto del flujo base, se tiene:

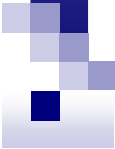
$$V_{ED} = P_{ef} * A$$

$$V_{ED} = 53,9 \text{ mm} \cdot 180 \text{ km}^2$$

$$V_{ED} = 9.707.694 \text{ m}^3$$

Propuestos:

1. Realicé el calculo de la Pef utilizando del método de Horton. Comente las diferencias obtenidas.
2. Analice el efecto sobre el volumen de escorrentía si la línea de nieves se ubicará a la cota 2000 msnm.



PREGUNTA N° 2

El Departamento de Conservación y Preservación de Recursos Hídricos (en el cual Ud. realiza la práctica de Vacaciones) dependiente de la Dirección de Aguas (DGA) ha recibido una solicitud de derechos de aguas para uso consuntivo en el punto C (ver figura 1), a usted se le encarga realizar el estudio correspondiente, en su análisis debe considerar que cuenta con los siguientes antecedentes:

Aguas abajo del punto en que se solicitan los derechos, el caudal mínimo, debe ser igual al caudal ecológico. De manera simplificada, éste último puede estimarse como el 10% del caudal medio anual o como el caudal que se excede el 90% del tiempo.

Aguas abajo del punto B existen derechos otorgados de tipo consuntivos, permanentes y continuos y equivalentes a 2,5 m³/s

La información fluviométrica disponible es la siguiente:

Estación A

- Caudales medios diarios para el periodo 1991-2000 (Ver Curvas de Duración en figuras 3 y 4).
- Caudales instantáneos para el periodo 1996-2000.
- Precipitaciones Diarias en el periodo 1991-2000

Estación B:

- Caudales medios diarios en el periodo 1999-2000.
- Precipitaciones Diarias en el periodo 1991-2000

La empresa que solicita los derechos de aguas ha realizado estudios hidrológicos en el punto B (ver Figura 2), a base de los cuales su petición es por 1,5 m³/s con un 80 % de seguridad.

En particular a usted se le pide:

- Mencionar que antecedentes recopilaría para efectuar el análisis y como los utilizaría.
- Determinar el caudal (derecho de agua) que otorgaría a la empresa.
- Explique como forma cambiaría el análisis propuesto en la parte a) si se sabe que existen extracciones aguas arriba del punto B.

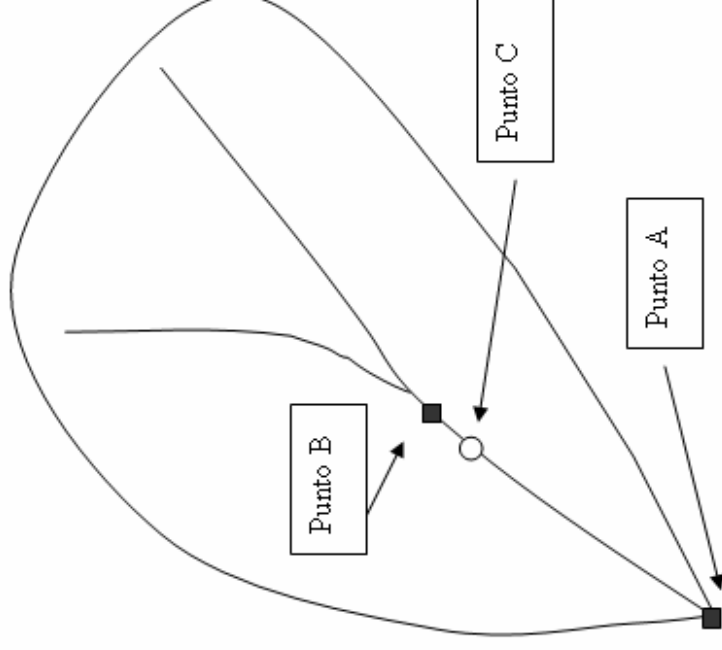


Figura N° 1: Esquema de la cuenca en estudio.

Fig 2 Curva de Duración
Estación B - Período 1999-2000

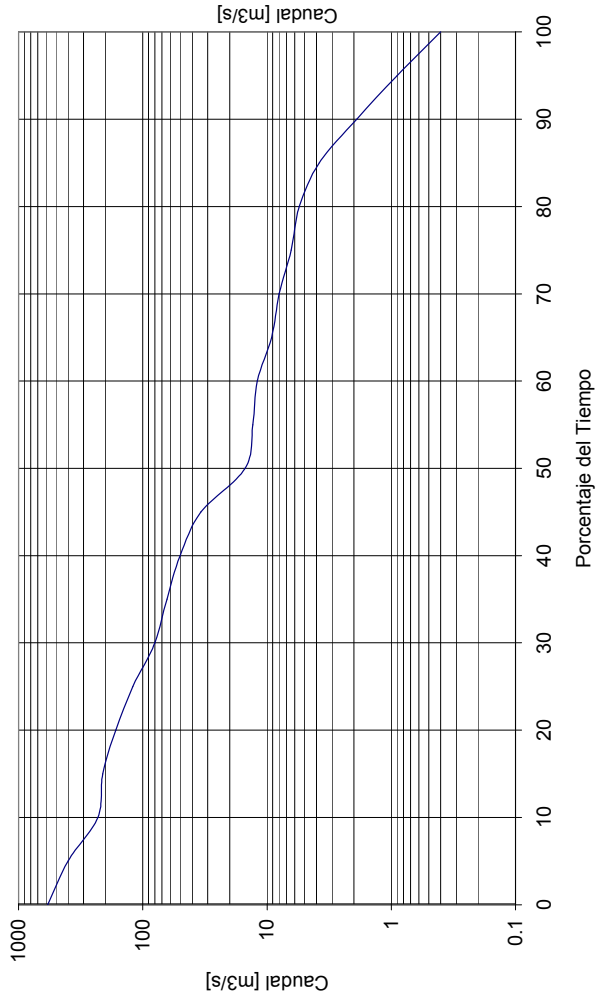


Fig 3 Curva de Duración
Estación A - Período 1991-2000

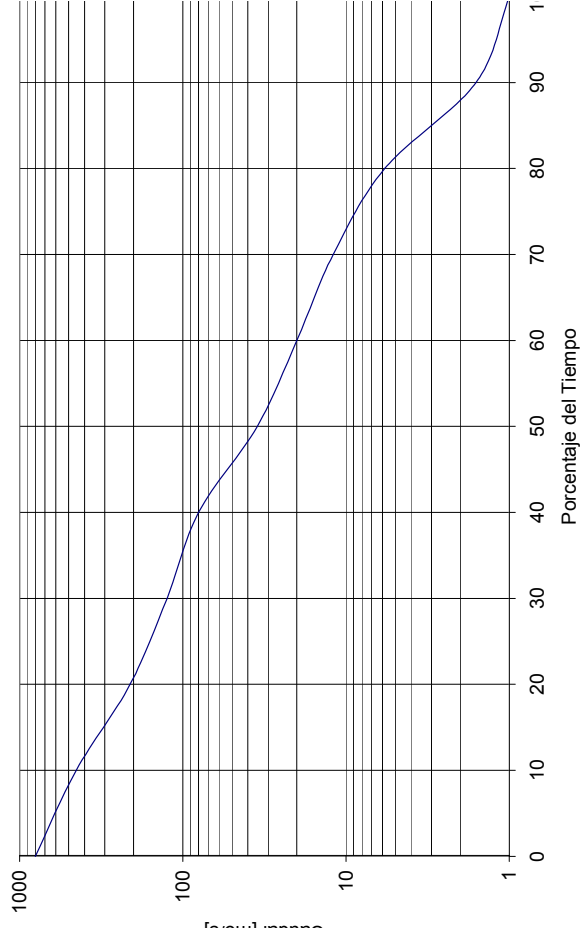
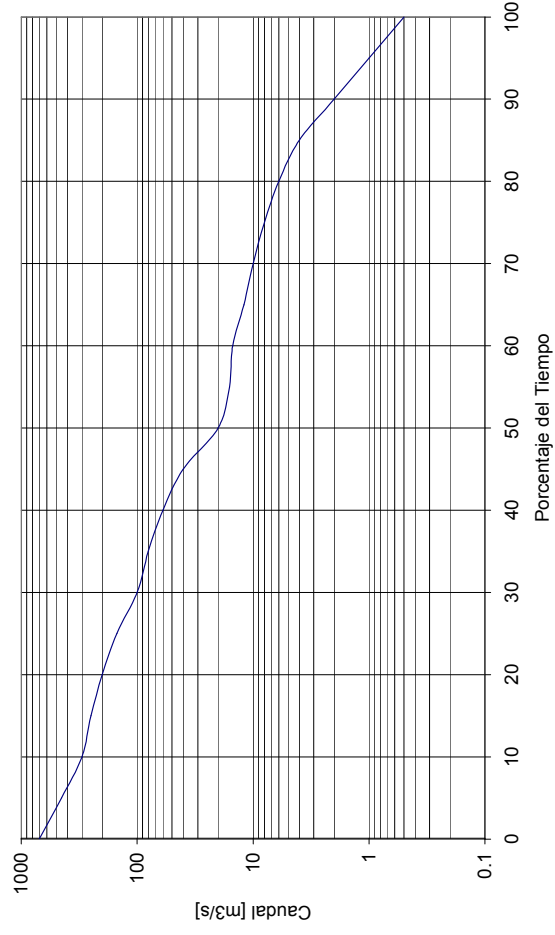


Fig 4

Curva de Duración
Estación A - Período 1999-2000



a)

- Verificar extracciones no controladas en la cuenca
- Verificar que la estadística disponible es sólo del año 1999-2000
- Recopilar datos disponibles para todas las estaciones fluviométricas de la cuenca (A y B)
- Chequear consistencia de los datos
- Preparar datos de caudales medios diarios (años hidrológicos completos, rellenar, etc.)
- Construir curva de duración en a y B y extender la validez de A al punto B
- Refinar metodología de estimación de Q ecológico
- Determinar el caudal disponibles en B como:

$$Q_{\text{disponible}} = Q_B^{85\%} - Q_{\text{derechos abajo}} - Q_{\text{ecol}}$$

b)

Curva de duración en A (1991-2000)

Curva de duración en A (1999-2000)

Dado que la representatividad de B es poca considerando que la curva de duración se construyó con sólo 1 años

⇒ Es necesario extender la curva de duración en B a partir de la curva de duración en A.

Para lo anterior, es necesario correlacionar los Q_A con Q_B para el periodo en que tienen datos en común

1999-2000

<u>Pbb</u> (%)	Q_A [m ³ /s]	Q_B [m ³ /s]	<u>Pbb</u> (%)	Q_A [m ³ /s]	Q_B [m ³ /s]
10	300	230	60	15	12
20	200	165	70	10	8
30	100	80	80	6	5,5
40	60	64	90	2	1,9
50	20	15	100	0,5	0,4

$Q_B = 0.838 * Q_A - 1.068$. Calculando, se obtiene

$$Q_{A^{80\%}} = 5.8 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow Q_B = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal Ecológico

$$- 10\% Q_B; Q_B = 0.838 * Q_A - 1.068 = 0.838 * 35 - 1.068 = 28,26 \text{ m}^3/\text{s}$$
$$Q_{\text{ecológico}} = 10\% * 28,26 = 2,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$- Q_B^{90\%} = 0.838 * Q_A - 1.068 = 0.27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{ecológico}} = 0.27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{disponible}} = Q_B^{85\%} - Q_{\text{defectos abasto}} - Q_{\text{seco}} = 3,8 - 0,27 - 2,5 = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

⇒ No otorgo 1.5 m³/s, como máximo otorgó 1 m³/s.



c)

Sería necesario cuantificar (cuanto, desde cuando) estas extracciones e intentar analizar como han afectado a las medidas efectuadas en los puntos A y B

Si las extracciones son legales sería necesario adecuar los registros de las estaciones A y B para que sean consistentes.

El procedimiento de cálculos es similar al indicado en a).

Problema 3

- Un embalse multipropósito (ubicado sobre el río Turbio) cuya obra de seguridad (vertedero) ha sido diseñada para una vida útil de 50 años y un periodo de retorno de $T = 1.000$ años, ha fallado a los 5 años de operación.

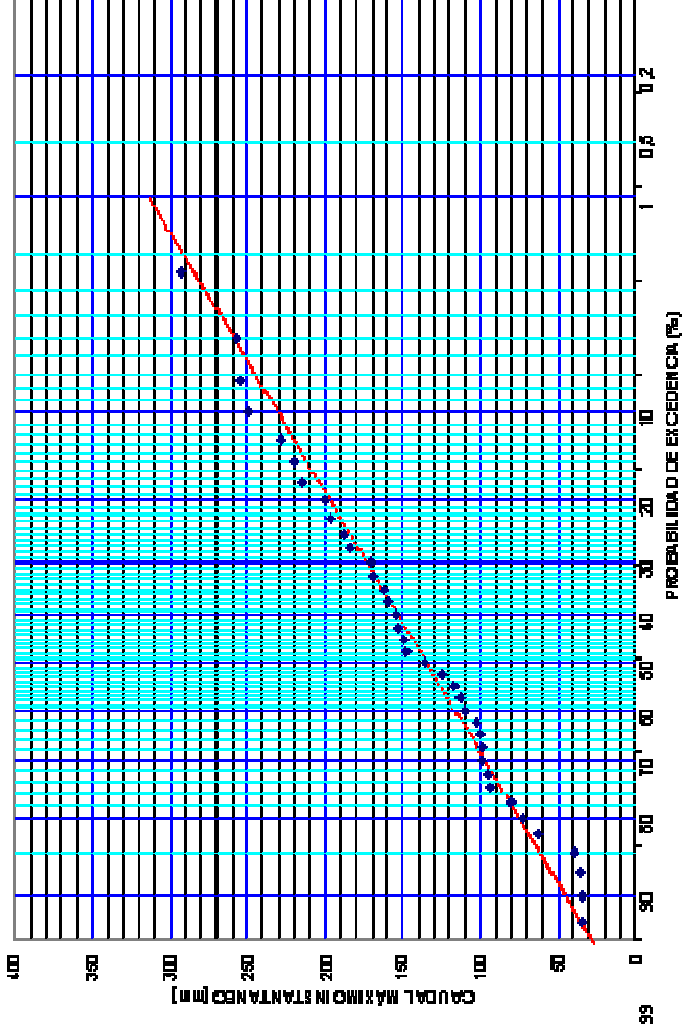
1. **Estimar la probabilidad asociada a dicha falla.**

Como parte de los estudios hidrológicos previos a la construcción del embalse, se efectuó el análisis de frecuencia de los caudales máximos instantáneos. Se presenta la distribución de mejor ajuste y parámetros estadísticos de interés.

2. **Determine el caudal de diseño del vertedero.**

Serie	Promedio [m ³ /s]	Desviación Estándar [m ³ /s]	Coef. Asimetría
Q	136.43	72.32	0.169

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCIÓN PEARSON
CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO - RÍO TURBIO



Solución

1. T=1.000 años;

$$\text{Prob}_{\text{FALLA } 5^{\circ} \text{ Año}} = \left(1 - \frac{1}{1000}\right)^4 \left(\frac{1}{1000}\right) = 0,001 = 0,1\%$$

2. T=1.000 años; Q_T=??

Distribución Pearson III

$$p = 1/T = 1/1000 = 0.001$$

$$Z_{\text{normal}} = 3,09$$

$$K_T^{\text{Pearson}} = 3,334$$

$$X_T = 136,43 + 3,334 * 72,32 = 377,5 \text{ m}^3/\text{s}$$