



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO HIDROLOGICO BASICO
DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS
XAYA Y PIXCAYA**

**Fernando José Marroquín Búcaro
J. Federico Guillermo Ortega Martínez**

08T(210)C
MFN: 1261

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO HIDROLOGICO BASICO

DE LAS CUENCAS DE LOS

RIOS XAYA Y PIXCAYA

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad de San Carlos de Guatemala por

FEDERICO GUILLERMO ORTEGA MARTINEZ Y

FERNANDO JOSE MARROQUIN BUCARO

Al conferírseles el Título de

INGENIEROS CIVILES

Ciudad de Guatemala

Marzo de 1971

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

05 BL
T(210)C
(117)

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO	Ing. Mauricio Castillo C.
VOCAL PRIMERO	Ing. Marco Antonio Cuevas
VOCAL SEGUNDO	Ing. Rodolfo González M.
VOCAL TERCERO	Ing. Adolfo Behrens
VOCAL CUARTO	Br. Gustavo Adolfo Sierra
VOCAL QUINTO	Br. Guido Cosenza
SECRETARIO	Ing. Héctor Centeno B.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO
A FERNANDO MARROQUIN

Decano:	Ing. Mauricio Castillo C.
Examinador:	Ing. Joaquín Lottmann
Examinador:	Ing. Adrián Juárez
Examinador:	Ing. Enrique Azmitia
Secretario:	Ing. Héctor Centeno

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO
A FEDERICO GUILLERMO ORTEGA M.

Decano:	Ing. Mauricio Castillo C.
Vocal Segundo:	Ing. Rodolfo González
Examinador:	Ing. Joaquín Lottmann
Examinador:	Ing. Rafael Pérez R.
Secretario:	Ing. Héctor Centeno

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por las leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sometemos a vuestra consideración el presente trabajo de Tesis titulado:

ESTUDIO HIDROLOGICO BASICO
DE LAS CUENCAS DE LOS
RIOS XAYA Y PIXCAYA

tema que nos fuera asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

Dedico este acto

a Dios

a mis padres

Héctor Marroquín M.
Josefina de Marroquín

a mi esposa

Marinés M. de Marroquín

a mis hermanos

Héctor Marroquín
Sylvia E. de Marroquín

a mis familiares y amigos

Dedico este acto

a Dios

a mis padres

Guillermo Ortega y A.
Blanca S. M. de Ortega

a mis hermanos

Gustavo A. Ortega Martínez
H. Rafael Ortega Martínez
Gladys E. Ortega Martínez

a mis familiares y amigos

RECONOCIMIENTO

Deseamos dejar constancia de nuestro agradecimiento a la Unidad Ejecutora del Acueducto Nacional Xayá-Pixcayá por habernos facilitado, el personal, los datos y el equipo necesario, y en especial al personal de las secciones de Estudios y Construcción que en forma espontánea colaboró para el desarrollo del presente trabajo.

Agradecemos al Ingeniero Enrique Godoy Samayoa, quien nos permitió iniciar nuestro estudio.

Al Ingeniero Héctor Quezada Rodríguez, actual Director del Proyecto quien nos facilitó los elementos indispensables para poder concluirlo.

Va también nuestro agradecimiento, principalmente, al Ingeniero Roberto Mayorga Rouge, quien desinteresadamente asesoró éste trabajo.

TESIS DE REFERENCIA

NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

INDICE GENERAL

I	INTRODUCCION	2
II	TEORIA GENERAL	7
III	APLICACION AL RIO XAYA	24
IV	APLICACION AL RIO PIXCAYA	62
V	APLICACION DEL METODO PARA LA OBTENCION DE CAUDALES CON INFORMACION LIMITADA	98
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
	BIBLIOGRAFIA	111

TEMA I

INTRODUCCION

La población de Guatemala como en tantos otros países en la época actual crece a un ritmo acelerado. Según los datos obtenidos en los dos últimos censos de población (1950, 1964), la población del país crece geométricamente según una tasa media anual del 3.1%; la población del departamento de Guatemala también crece en forma geométrica con una tasa media anual de 4.2%, mientras que la Ciudad de Guatemala lo hace con una de 5.1% (15).

Esto trae consigo una serie de problemas en cuanto a la adecuación de servicios, ya que se hace necesario contar con gran disponibilidad de recursos económicos y una buena planificación regional. Uno de los más graves problemas que actualmente afronta la Ciudad de Guatemala es el del agua. La ejecución del proyecto de introducción de agua denominado Acueducto Nacional "Xayá-Pixcayá" ayudará a solucionarlo.

La primera parte de este proyecto se diseñó con información hidrometeorológica obtenida durante los años 1960 a 1966; desde esa fecha hasta noviembre de 1970 las estaciones estuvieron a cargo del Instituto Nacional de Electrificación. En el año 1969 se creó la oficina denominada Unidad Ejecutora del Acueducto Nacional "Xayá-Pixcayá" cuyo fin es dirigir la construcción de la primera etapa y estudiar futuras fuentes de abastecimiento para la ejecución de etapas posteriores, siendo para ello necesario contar con la información recopilada durante los años anteriores.

Nuestro estudio consistió en recopilar la información de los últimos cuatro años y analizarla aplicando los métodos hidrológicos denominados: Hidrograma Unitario,

Curvas de Caudales Acumulados o Curvas de Duración de Caudales y Generación de Caudales con Información Limitada, habiéndolo desarrollado en la forma siguiente: Inicialmente se estudian las curvas de calibración y su extrapolación. Luego, con estas curvas y la información limnigráfica se pasa a calcular los caudales medios diarios, medios mensuales y medios anuales.

Con los caudales medios mensuales se procedió a calcular las curvas de variación de caudales para hacer un estudio de los caudales de verano (caudales bajos).

Con los caudales medios diarios se buscaron las grandes crecidas para la aplicación del Hidrograma Unitario.

En el capítulo quinto, por medio de los caudales medios mensuales de dos años, se generan caudales para cien años, utilizando un programa para la computadora del Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, en Sacramento, California.

Las estaciones hidrometeorológicas usadas para obtener la información necesaria en el presente trabajo, fueron:

Río Xayá:

Estación Limnigráfica La Sierra
Estaciones Pluviográficas La Giralda y La Sierra.

Río Pixcayá:

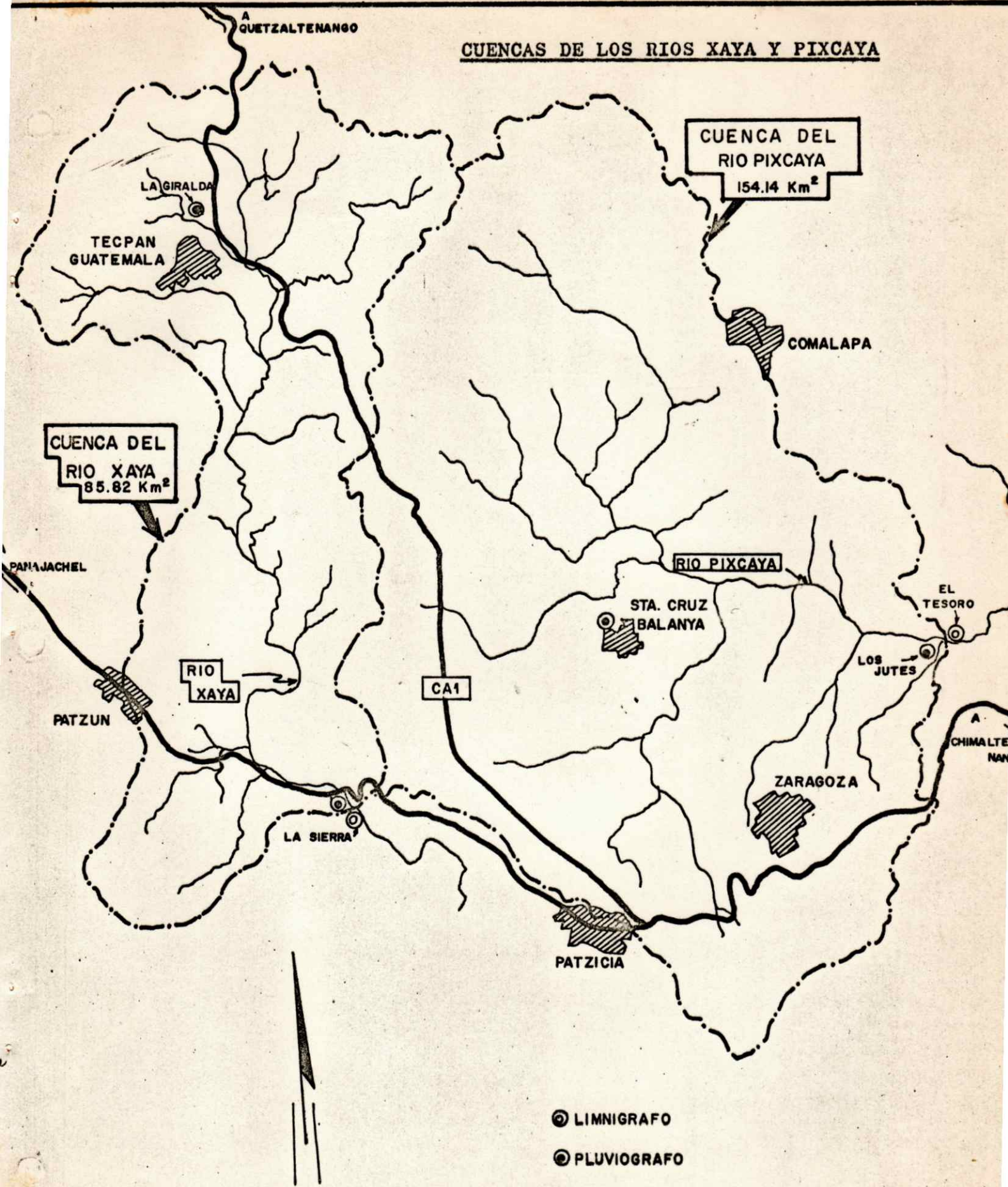
Estación Limnigráfica El Tesoro
Estaciones Pluviográficas Los Jutes y
Santa Cruz Balanyá.

La localización de estas estaciones aparece en la gráfica número uno, donde se señalan también las cuencas de los ríos en estudio, la cual es una reproducción de la original existente en los archivos de la Unidad Ejecutora. (15)

La teoría referente a los distintos puntos tratados en esta tesis se encuentra en los libros de Hidrología y en trabajos anteriores de tesis de graduación (6, 7, 12, 14, 17), por lo que nosotros la omitiremos limitándonos a exponer nuestras experiencias al respecto.

Queremos por último, hacer un público agradecimiento a la Sección de Hidrología del Instituto Nacional de Electrificación y del Observatorio Nacional por su valiosa cooperación. También queremos agradecer a la Sección de Hidrología del Instituto Geográfico Nacional, y en especial a su Jefe, Ingeniero Rafael Santiago, quien hizo todos los arreglos para que los datos fueran procesados en el Centro de Ingeniería Hidrológica, con sede en Sacramento California, E.E.U.U.

CUENCAS DE LOS RIOS XAYA Y PIXCAYA



GRAFICA No. 1

TEMA II

TEORIA GENERAL

- 2.1 Precipitación sobre las Cuencas
- 2.2 Curvas de Calibración
- 2.3 Caudales Medios
- 2.4 Curvas de Duración de Caudales
- 2.5 Hidrograma Unitario

2.1 PRECIPITACION SOBRE LAS CUENCAS

Existen ciertas características que afectan las condiciones de escorrentía de una cuenca determinada, de las cuales la que ejerce mayor influencia y por lo tanto la que trataremos con mayor detalle es la precipitación, en sus diferentes aspectos a saber:

- a. Tipo de Precipitación
- b. Precipitación Media Anual
- c. Intensidad y Duración de la Lluvia
- d. Distribución de la Lluvia en la Cuenca.

Vamos ahora a desarrollar estos conceptos.

a. Tipo de Precipitación:

En la región nor-occidental de la República de Guatemala se presentan generalmente dos tipos de lluvias siendo éstas:

a.1. Lluvias por Convección, que son causadas por la elevación del aire más ligero y cálido, rodeado de zonas de aire más denso y frío. Se manifiestan por lluvias esporádicas de intensidad variable.

a.2. Lluvias Orográficas, que se originan por la elevación del aire cuando éste se ve obligado a pasar por una barrera de montañas. Su característica principal es que las lluvias se presentan con una larga duración y baja precipitación.

Los dos tipos de lluvias fueron registradas por los pluviógrafos de la región.

b. Precipitación Media Anual:

Representa la cantidad de lluvia promedio durante un año sobre el área en estudio, tomándose para ello períodos anuales, ya que con éste intervalo se obtienen valores más representativos. Existen cuatro métodos importantes para su determinación:

- b.1 Media Aritmética
- b.2 Promedio Ponderado
- b.3 Polígono de Thiessen
- b.4 Método de las Isoyetas.

A continuación se describen éstos métodos y se analiza los resultados que se pueden obtener de cada uno de ellos.

b.1) Media Aritmética o Método Aritmético: Da buenos resultados en terrenos llanos si los pluviógrafos están uniformemente distribuidos y las cantidades recogidas individualmente no difieren mucho de la media; sin embargo, éstas limitaciones no son críticas si para la colocación de los pluviógrafos se han tenido en cuenta las características del terreno, la topografía, la vegetación, la ubicación dentro de la cuenca, etc.

Este método consiste en obtener el promedio de precipitación en períodos anuales en relación a un número determinado de pluviógrafos y/o pluviómetros.

Su fórmula:
$$\bar{P} = \frac{\sum P}{N}$$

Donde: \bar{P} = Precipitación Media Anual
 ΣP = Suma de las precipitaciones registradas
 N = Número de pluviógrafos y/o pluviómetros

b.2) Promedio Ponderado: Se emplea debido a la influencia que ejerce la altitud en la precipitación, su obtención se hace mediante el uso de las Curvas Hipsométricas (Altitud-Superficie) y Precipitación-Altura.

Su fórmula: $\bar{P} = \frac{\text{Vol}}{A}$

Donde: \bar{P} = Precipitación Media
 Vol = Producto del área de la franja entre elevaciones de dos curvas de nivel consecutivas y la precipitación anual de ésta área.
 A = Area total de la cuenca.

Como puede observarse, es necesario conocer la precipitación en toda la cuenca.

b.3) Polígono de Thiessen: Consiste en la obtención del área de influencia de los pluviómetros o pluviógrafos de la cuenca a partir de condiciones geométricas. Se traza de la siguiente manera: se forman triángulos cuyos vértices son pluviómetros, luego se trazan perpendiculares en las partes medias de los lados, obteniendo así el área de influencia de cada pluviómetro.

Este método carece de flexibilidad, ya que se necesitarían nuevos polígonos cada vez que se produzcan cam-

bios en la situación de la red pluviométrica.

Su fórmula:
$$\bar{P} = \frac{\sum Pa}{A}$$

Donde: \bar{P} = Precipitación Media

P = Precipitación registrada en cada estación

a = Areas parciales correspondientes a cada
cuenca

A = Area total de la cuenca en estudio.

b.4) Método de las Isoyetas: Es el método más preciso de todos, ya que su interpretación es semejante a la de curvas de nivel, no importando la posición de la red pluviométrica.

Consiste éste método en obtener la precipitación media de cada estación e interpolar los valores de las diferentes estaciones pluviométricas o pluviográficas.

c. Intensidad y duración de la lluvia:

Para un análisis de precipitación se debe partir de los registros de pluviógrafos y pluviómetros, tanto dentro de la cuenca como cercanos a ella; éstos registros deben ser confiables y de preferencia que abarquen un período largo de tiempo, ya que de ésta manera se obtendrán resultados más confiables. Los aparatos que se emplean para éstos registros son los pluviómetros y los pluviógrafos. Los primeros nos determinan la cantidad de lluvia caída con relación al tiempo, para así poder determinar la intensidad en un momento dado, la cual viene representada por la pendiente de la recta que se obtiene

al hacer un gráfico, colocando las alturas de lluvia contra el tiempo de duración de la misma. Los segundos únicamente determinan la cantidad total de lluvia caída, sin importar su distribución en el tiempo.

d. Distribución de la lluvia en la cuenca:

Es importante conocer la distribución de la lluvia en la cuenca para determinar el grado de uniformidad existente. Esta forma de distribución es de suma importancia, principalmente para la derivación del Hidrograma Unitario, que se emplea en la predeterminación de crecidas (Ver sección 2.5).

2.2 CURVAS DE CALIBRACION

2.2.1 Concepto:

Para medir el caudal de un río existen varios métodos, entre los cuales los más usados son, el vertedero y el molinete (2). Sin embargo, en los aforos diarios de un río con éstos métodos se pierde mucho tiempo y dinero. Además se ha observado que existe una relación entre el gasto y la altura de la capa de agua sobre el fondo; en otras palabras, el gasto es función de la altura del agua del río. Las curvas que relacionan la altura con el gasto son llamadas "CURVAS DE CALIBRACION".

2.2.2 Elaboración:

Para poder elaborar estas curvas se necesita tener una buena cantidad de aforos, que abarquen verano e invierno. Lo usual es colocar la estación limnigráfica y ponerla a funcionar. Durante el primer año se deben realizar aforos quincenales, para así plotear la curva correspondiente al año de funcionamiento y hasta entonces trabajar la información obtenida. O sea que en el primer año sólo se tienen los datos recabados por el limnógrafo pero no se puede realizar con ellos ningún cálculo.

Los puntos así obtenidos se plotean en un papel milimetrado colocando las alturas como ordenadas y los gastos como abscisas. Se traza entonces la curva a ojo, de modo que sea un promedio de los puntos obtenidos; algunos autores recomiendan hacer este ploteo en papel semi-logarítmico. Sin embargo, creemos que es preferible el trazo en papel aritmético porque puede visualizarse mejor la tendencia de la curva.

Es aconsejable numerar los aforos y colocarle sus respectivos números a los puntos ploteados, ya que así al encontrar uno que esté muy lejos de la curva asumida puede estudiarse fácilmente el aforo y determinar si es o no bueno, y qué modificaciones producirá a la curva.

Cuando se tienen datos de varios años es útil además de numerar, usar distintos símbolos para cada año, con el objeto de visualizar mejor. Ocurre a veces que al poseer datos de varios años y colocarlos en el mismo papel se puede físicamente dibujar, dos, tres o más curvas, abarcando cada una de ellas un cierto período de

tiempo. Esto sin embargo no es lógico, ya que indicaría que la sección de aforo está cambiando con el tiempo; y esto a su vez significa que la sección de aforo está mal escogida y que debe cambiarse. Es admisible que la curva cambie cada tres o cuatro años ya que las condiciones de la cuenca sí cambian ya sea por el tipo de cultivo, por erosión, etc., pero no se puede admitir que cambie año con año, salvo que se estén modificando bruscamente algunas características de la cuenca.

2.2.3 Determinación de la Ecuación:

Una vez que la curva esté ploteada, deberá encontrarse su ecuación. Existen varios métodos como el de Manning, Stevens, Area Velocidad, Extensión Logarítmica, etc. Nosotros empleamos éste último por considerarlo bastante práctico para el tipo de información que tenemos. La ecuación general de la curva será: (5)

$$Q = K (H - H_0)^n$$

Donde: Q= Gasto en metros cúbicos por segundo

H= Altura de la escala en metros

H_0 = Altura de la escala correspondiente a un gasto del río igual a cero

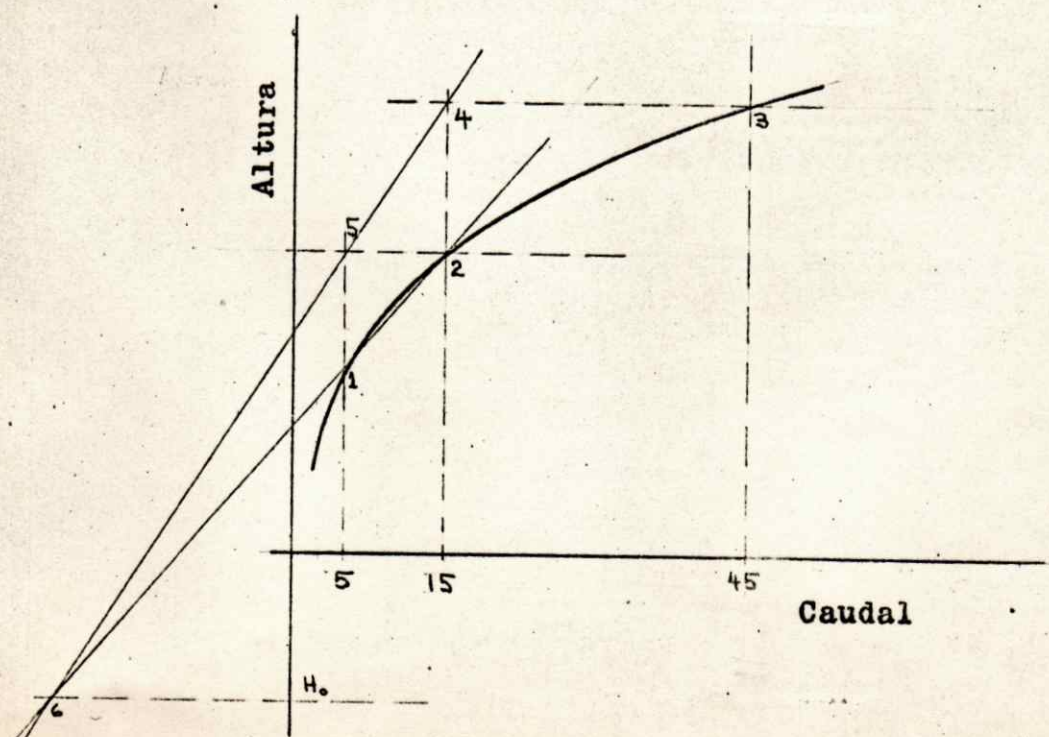
K y n= Constantes para cada estación.

Esta ecuación puede resolverse gráficamente, trazándola en papel logarítmico.

El valor de " H_0 " generalmente no coincide con la lectura cero de la escala, y a veces puede corresponder a valores negativos, como el caso de la gráfica.

Para calcular este " H_0 ", existen tres métodos de fácil solución gráfica. Nosotros utilizamos el método de Running, cuyo procedimiento es el siguiente (5):

- a) Se seleccionan tres puntos sobre la curva dibujada en papel aritmético (milimetrado común) en tal forma que sigan una progresión geométrica como 5, 15, 45, y tratando de que abarquen la parte baja, la media y la alta de la curva.
- b) Por 1 y 2 se levantan verticales y por 2 y 3 horizontales que cortan a las verticales en los puntos 4 y 5.
- c) Se trazan las rectas 1-2, y 4-5, que se intersectan en el punto 6.
- d) La ordenada de éste punto 6, corresponde al valor de " H_0 ", que puede ser positivo o negativo.



Con el valor H_0 conocido y ploteando nuestra curva en un papel logarítmico, si no es compuesta o de tipo polinomial, se transformará en una recta cuya ecuación será:

$$Y = AX + B$$

que equivale a:

$$\text{Log. } Q = n \text{ Log. } (H - H_0) + \text{Log. } K$$

por lo tanto:

$$Q = K (H - H_0)^n$$

2.2.4 Extrapolación:

Con la ecuación de la curva se puede extrapolar, pero teniendo en cuenta que los valores así obtenidos son confiables hasta que se tengan aforos que comprueben la curva; se allí en adelante son sólo aproximaciones.

2.2.5 Tabla de Conversión de Alturas a Caudales:

Una vez obtenidas las curvas de calibración, pueden usarse directamente para conversión de alturas a caudales. Sin embargo resulta muy molesto y se pierde mucho tiempo así. Es por eso que lo más aconsejable es elaborar un baremo (tabla altura-caudal) de traducción. Este consiste en una tabla en la cual se indica el caudal correspondiente a una altura determinada, la cual puede variarse de cm en cm según convenga. Esta tabla, aunque es muy laboriosa su construcción, ahorra tiempo en aplicarla.

2.3 CAUDALES MEDIOS

2.3.1 Conversión de Limnigramas a Hidrogramas:

Anteriormente el procedimiento consistía en obtener alturas promedio diarias, ya fuera por medio de compensación de áreas o mediante un promedio aritmético de todas las alturas registradas durante el día; o bien por medio del planímetro, cuyo procedimiento consiste en obtener el área bajo la curva dentro de las 24 horas del día y dividir éste valor entre la base (en horas), para obtener la altura media en centímetros. Después de calcular estas alturas medias diarias por cualquiera de los métodos anteriores se pasaba a los baremos de traducción para obtener los caudales medios diarios.

Se pudo observar que los resultados eran confiables cuando se trataba de los meses de estío, o sea cuando el gráfico era más o menos constante o uniforme; pero durante los meses lluviosos estos métodos daban errores del 50% y en casos críticos, es decir en grandes crecidas y por consiguiente de gráfico irregular, los errores alcanzaban valores hasta del 200%.

El método seguido en nuestro caso es el que da los resultados más exactos y consiste en convertir las alturas de las hojas del limnógrafo en caudales, en la siguiente forma: cuando la gráfica no es muy irregular o bien es más o menos constante, se divide el día en intervalos de dos horas como máximo y de cada intervalo se obtiene el caudal medio correspondiente. En los casos de gráficos donde se presentan crecidas instantaneas o varias crecidas en un mismo día estos intervalos son de

una hora cada uno,

Ahora bien, cuando la curva es uniforme o bastante regular, se procede a obtener una altura promedio, ya que para éstos casos los valores que se obtienen no involucran ningún error.

2.3.2 Caudales Medios Diarios:

Se emplean cuando se necesita conocer el gasto máximo diario, lo cual es fundamental en obras de distribución de agua.

Se obtienen haciendo un promedio aritmético de los caudales parciales de cada día, cuando la curva es irregular o presenta picos; cuando es uniforme, de la altura promedio obtenida se deduce el correspondiente caudal promedio diario.

2.3.3 Caudales Medios Mensuales:

Cuando se trata de obras donde se tendrá embalse regulador, estos valores son de gran utilidad. (12)

Se calculan mediante un promedio aritmético mensual de los caudales medios diarios, cuidando que los días de registro estén completos para obtener valores más reales y exactos.

2.4 CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

En proyectos de agua potable el uso y estudio de

las curvas de duración de caudales es de suma importancia, ya que permite obtener volúmenes mínimos y máximos escurridos durante un período establecido, para poder así diseñar obras de aprovechamiento hidráulico, canales de irrigación, embalses, etc.

Como el estudio de la hidrología depende de muchos factores que afectan considerablemente los regímenes de los ríos, por ejemplo la evaporación, la infiltración, el tipo de suelo (permeable, impermeable), etc., los cuales no pueden ser determinados con gran exactitud, es recomendable la elaboración de este tipo de curvas con varios años de registro (20 a 30 años), para así poder obtener resultados que se acerquen más o que reflejen de una manera más exacta el comportamiento medio de los ríos en estudio (5).

En nuestro caso al no contarse con muchos años de registro, se procedió al cálculo de las curvas de duración de caudales con sólo 4 años, observándose que los resultados que se obtuvieron de este estudio fueron semejantes a los obtenidos en estudios que fueron realizados con anterioridad. (Ver 2.6)

2.4.1 Concepto:

Las curvas de Duración de Caudales pueden tener distintas unidades de tiempo, para nuestro caso como el período más recomendable es el mes, se podría interpretar una de estas curvas como la cantidad de agua que escurre en una región o lugar determinado durante cierto número de meses, y que al compararla, es igual o mayor

que un valor dado de caudal.

Se hizo una distribución con intervalos variables, ya que de esta manera se evitó tener frecuencias muy altas en unos casos y nulas en otros, lo cual dió por resultado una mayor uniformidad en las curvas. (6)

2.4.2 Parámetros:

De una curva de duración de caudales pueden obtenerse varios parámetros que tienen la utilidad en obras de a provechamiento hidráulico, como el volumen escurrido, el caudal promedio y la mediana, así como los caudales característicos.

2.4.2.1 Volumen Escurrido:

Es necesario para el diseño de embalses. Este volumen está representado por el área bajo la curva ya que sería el producto de gasto por porcentaje de ocurrencia ($m^3/seg. \times seg.$). (6).

2.4.2.2 Caudal Promedio:

Es el valor promedio de caudal en el período de observación y al cual le corresponde cierta frecuencia de ocurrimiento igual o mayor.

2.4.2.3 Mediana:

Es la representada por el 50% de los casos durante el cual el caudal observado fué igualado o excedido.

2.4.2.4 Caudales Característicos:

Como se tomó por unidad de tiempo el mes, podemos definirlos así:

Caudal Característico Mínimo: Indica el valor del caudal que fué igual o mayor durante los 12 meses (365 días o 100%).

Caudal Característico Máximo: Representa el valor del caudal que fué igualado o excedido durante 1/3 del mes (10 días por año o 2.74%).

De igual manera se pueden obtener los caudales característicos para un mes, dos meses, etc.

2.5 HIDROGRAMA UNITARIO

Para la predeterminación de crecidas en diseños de embalses, es necesario conocer datos acerca de crecidas máximas ocurridas en un lapso relativamente grande de tiempo (10, 25, 50, 100 años) según la magnitud del proyecto. Sin embargo, en países como el nuestro nos encontramos con el problema de que no hay datos de crecidas que abarquen muchos años. Por lo tanto se hace necesario el uso de algún método que pueda proporcionarnos estos valores que nos son necesarios y que no tenemos. Un buen método para suplir esta información es el del Hidrograma Unitario, el cual para ser aplicado exige únicamente información limnigráfica de unos 4 ó 5 años, e información pluviométrica o pluviográfica de unos 20 ó 30

años, y ésta sí es relativamente fácil de encontrar.

2.5.1 Concepto:

El Hidrograma Unitario es la representación gráfica de la escorrentía superficial que resulta de un aguacero corto y relativamente intenso, llamado Aguacero Unitario. Este se define como el aguacero que produce un volumen de escorrentía de un corto período de duración, que no es apreciablemente menor que cualquier otro aguacero de menor duración. (14)

El área comprendida bajo el Hidrograma Unitario representa el volumen de agua escurrido durante el período de tiempo que abarca el hidrograma, valor que puede obtenerse en forma suficientemente exacta por medio de un planímetro.

La cantidad de agua superficial se obtiene por eliminación del agua hipodérmica y del agua subterránea, para lo cual existen varios métodos, siendo uno de los más usados el semilogarítmico, que consiste en dibujar la parte final del hidrograma en papel semilogarítmico, ya que allí son fáciles de observar ambos regímenes por el cambio de pendiente en la curva obtenida. (5, 7).

Para poder comparar Hidrogramas Unitarios de una misma cuenca o hacer estudios de cuencas vecinas en base a una cuenca determinada es conveniente hacer una reducción del hidrograma de escorrentía superficial a un hidrograma equivalente que represente una altura de lluvia unitaria y distribuida en toda la cuenca. Esta altura unitaria puede ser cm., plg., u otra. (14)

2.5.2 Coeficiente de Infiltración:

Para poder aplicar el método del Hidrograma Unitario es necesario conocer el coeficiente de infiltración del terreno, que representa su capacidad de absorción. Este varía con el contenido de humedad del suelo, y por consiguiente con las épocas del año, siendo menor en invierno y aumentando en verano. También varía, por la misma razón, con el tiempo de duración de la lluvia, ya que al inicio la humedad del suelo es menor que al final del aguacero (14). Es necesario tener pues, un gráfico de coeficiente de infiltración contra meses del año. De lo contrario habrá que estimarlo, para lo cual hay varios métodos (7, 14). Este problema se nos presentó en ambas cuencas.

TEMA III

APLICACION AL RIO XAYA

CURVAS DE CALIBRACION

Ecuación de la Curva de Calibración

Curva 1: $H_0 = 0.189$ mts. (Ver Gráfica No. 3)

Q (m ³ /seg)	H (m)	H-H ₀ (m)
0.10	0.28	0.091
0.19	0.30	0.111
0.29	0.32	0.131
0.41	0.34	0.151
0.55	0.36	0.171
0.71	0.38	0.191
0.905	0.40	0.211
1.155	0.42	0.231

Curva 2: $H_0 = - 0.048$ mts. (Ver Gráfica No. 3)

Q (m ³ /seg)	H (m)	H-H ₀ (m)
0.115	0.18	0.228
0.16	0.20	0.248
0.21	0.22	0.268
0.27	0.24	0.288
0.335	0.26	0.308
0.41	0.28	0.328
0.49	0.30	0.348
0.58	0.32	0.368
0.69	0.34	0.388
0.81	0.36	0.408
0.96	0.38	0.428
1.12	0.40	0.448
1.33	0.42	0.468

Ecuación de la Curva 1

$$H_0 = 0.189$$

$$m = \frac{72.5}{30} = 2.417 \quad (\text{Con escala}).$$

$$m = \frac{\text{Log } Q_x - \text{log } Q_0}{\text{Log } (H_x - H_0) - \text{Log } (H - H_0)}$$

Cuando $Q_0 = 0.575$; $H - H_0 = 0.175$ (De la gráfica 2)

$$\text{De donde: } 2.417 = \frac{\text{Log } Q - \text{log } 0.575}{\text{Log } (H - 0.189) - \text{log } 0.175}$$

$$\text{De donde: } 2.417 (\text{Log } (H - 0.189) - \text{log } 0.175) = \text{log } Q - \text{log } 0.575$$

$$2.417 \text{ log } \frac{(H - 0.189)}{(0.175)} = \text{log } \frac{(Q)}{(0.575)}$$

$$\text{De donde: } Q = 0.575 \times \frac{(H - 0.189)^{2.417}}{(0.175)}$$

Chequeo: Cuando $Q_0 = 1.35$; $H - H_0 = 0.25$, de donde $H = 0.439$
(Tomado de la gráfica 2)

$$Q_x = \frac{(0.25)^{2.417}}{(0.175)} \times 0.575 = (1.429)^{2.417} \times 0.575 = 2.374 \times 0.575$$

$$Q_x = 1.365 > 1.35$$

Ecuación de la Curva 2

$$H = - 0.048$$

$$m = \frac{125.5}{40} = 3.138 \quad (\text{Con escala})$$

Cuando $Q_0 = 1.10$; $H - H_0 = 0.45$ (Tomado de la gráfica 2)

$$\text{De donde: } 3.138 = \frac{\text{Log } Q_x - \text{log } 1.10}{\text{Log } (H + 0.048) - \text{log } 0.45}$$

$$3.138 (\text{log } (H + 0.048) - \text{log } 0.45) = \text{Log } Q_x - \text{log } 1.10$$

$$3.138 \text{ log } \frac{(H + 0.048)}{(0.45)} = \text{log } \frac{(Q_x)}{(1.10)}$$

$$\text{De donde: } Q_x = 1.10 \times \frac{(H + 0.048)^{3.138}}{(0.45)}$$

Chequeo: Cuando $Q_0 = 0.303$; $H - H_0 = 0.30$, De donde $H = 0.252$

(De la gráfica 2)

$$Q_x = 1.10 \times \frac{(0.252 + 0.048)^{3.138}}{(0.45)} = 1.10 \times (0.667)^{3.138}$$

$$Q_x = 1.10 \times 0.276 = 0.304$$

De donde: $Q_x = 0.304$ (Coincide con la gráfica 2)

Gráfico para la obtención de la fórmula de la curva
de Calibración ESTACION "LA SIERRA"

RÍO XAYA

- ① Válida hasta Nov. 1966
- ② Válida desde Nov. 1966

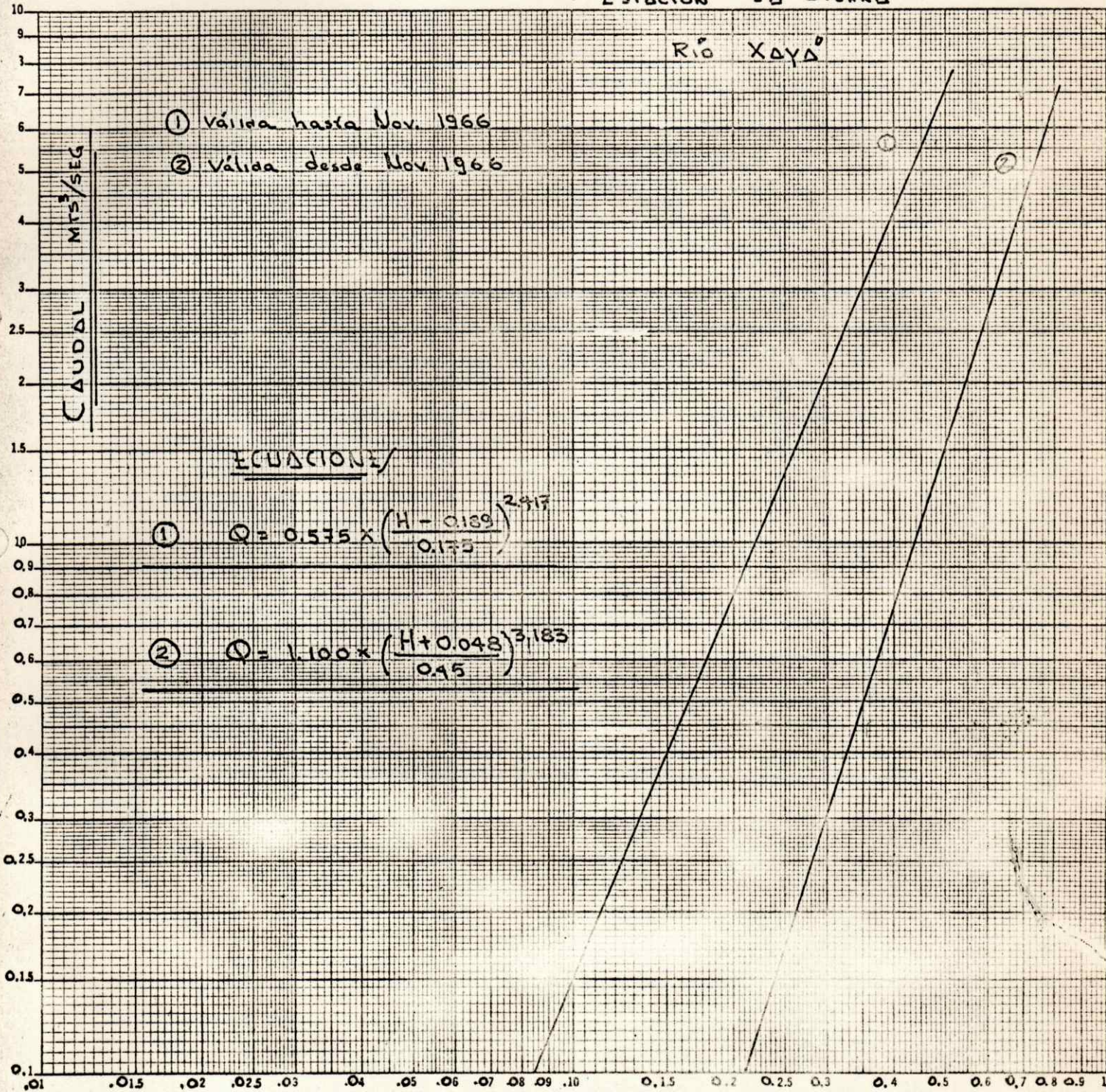
CAUDAL
M³/SEG

ECUACIONES

① $Q = 0.575 \times \left(\frac{H - 0.139}{0.175} \right)^{2.917}$

② $Q = 1.100 \times \left(\frac{H + 0.048}{0.95} \right)^{3.183}$

LOGARITMICO
2 X 2 C. LOS



(H-H₀) MTS

Tabla para el Trazo de las Curvas en Papel Milimetrado

$$H_{o1} = 0.189$$

$$H_{o2} = - 0.048$$

a- Gráficamente

Curva 1			Curva 2	
Q	H - H _o	H ₁	H - H _o	H ₂
0.15	0.100	0.289	0.240	0.192
0.20	0.113	0.302	0.264	0.216
0.25	0.124	0.313	0.281	0.233
0.30	0.134	0.323	0.300	0.252
0.35	0.142	0.331	0.312	0.264
0.40	0.150	0.339	0.329	0.281
0.45	0.158	0.347	0.340	0.292
0.50	0.165	0.354	0.350	0.302
0.55	0.172	0.361	0.361	0.313
0.60	0.178	0.367	0.370	0.322
0.65	0.184	0.373	0.381	0.333
0.70	0.190	0.379	0.390	0.342
0.80	0.200	0.389	0.409	0.361
0.90	0.211	0.400	0.422	0.374
1.00	0.220	0.409	0.439	0.391
1.20	0.238	0.427	0.462	0.414
1.40	0.254	0.443	0.489	0.441
1.60	0.268	0.457	0.509	0.461
1.80	0.281	0.470	0.528	0.480
2.00	0.295	0.484	0.545	0.497
2.50	0.322	0.511	0.585	0.537
3.00	0.350	0.539	0.620	0.572
3.50	0.370	0.559	0.660	0.612
4.00	0.391	0.580	0.680	0.632
4.50	0.412	0.601	0.702	0.654
5.00	0.430	0.619	0.730	0.682
0.10	0.085	0.274	0.21	0.162

b- Por Ecuación de las Curvas:

H	Curva 1	Q	Curva 2	Q
	$A = \frac{(H-0.189)^{2.417}}{(0.175)}$	$0.575 A^{2.417}$	$B = \frac{(H+0.048)^{3.183}}{(0.45)}$	$1.1 B^{3.183}$
0.65	10.350	5.951	4.030	4.433
0.70	13.450	7.734	5.020	5.522
0.75	16.900	9.718	6.180	6.798
0.80	20.700	11.903	7.480	8.228
0.85	24.800	14.260	8.980	9.878
0.90	29.100	16.733	10.650	11.715
1.00	40.800	23.460	14.600	16.060

Trazo de la Parte Baja de las CurvasCurva # 1

$$Q = 0.575 \times \frac{(H - 0.189)^{2.417}}{(0.175)}$$

Para H = 0.23

$$Q = 0.575 \times \frac{(0.23 - 0.189)^{2.417}}{(0.175)} = 0.575 \times (0.234)^{2.417}$$

$$Q = 0.575 \times 0.034 = 0.02$$

$$Q = \underline{0.02 \text{ M}^3/\text{Seg.}}$$

Para H = 0.26

$$Q = 0.575 \times \frac{(0.26 - 0.189)^{2.417}}{(0.175)} = 0.575 \times (0.406)^{2.417}$$

$$Q = 0.575 \times (0.114) = 0.066$$

$$Q = \underline{0.066 \text{ M}^3/\text{Seg.}}$$

Curva # 2

$$Q = 1.100 \times \frac{(H + 0.048)^{3.183}}{(0.45)}$$

Para H = 0.10

$$Q = 1.100 \times \frac{(0.10 + 0.048)^{3.183}}{(0.45)} = 1.100 \times (0.329)^{3.183}$$

$$Q = 1.100 \times 0.0288 = 0.032$$

$$Q = \underline{0.032 \text{ M}^3/\text{Seg.}}$$

Para H = 0.13

$$Q = 1.1 \times \frac{(0.13 + 0.048)^{3.183}}{(0.45)} = 1.1 \times (0.396)^{3.183} = 1.1 \times 0.0528$$

$$Q = \underline{0.058 \text{ M}^3/\text{Seg.}}$$

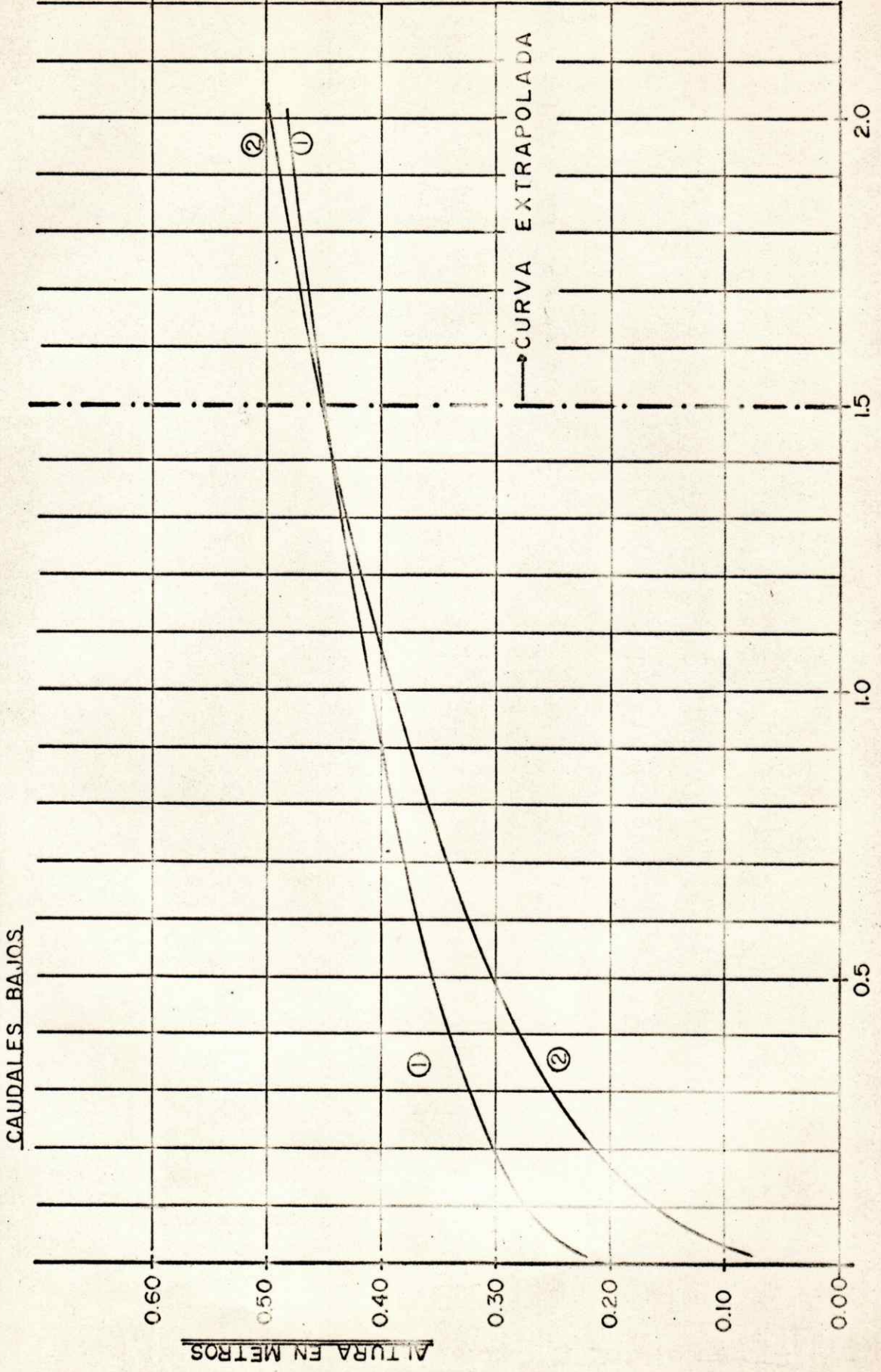
Para H = 0.05

$$Q = 1.1 \times \frac{(0.05 + 0.048)^{3.183}}{(0.45)} = 1.1 \times (0.218)^{3.183} = 1.1 \times 0.008$$

$$Q = \underline{0.009 \text{ M}^3/\text{Seg.}}$$

CURVAS DE CALIBRACION

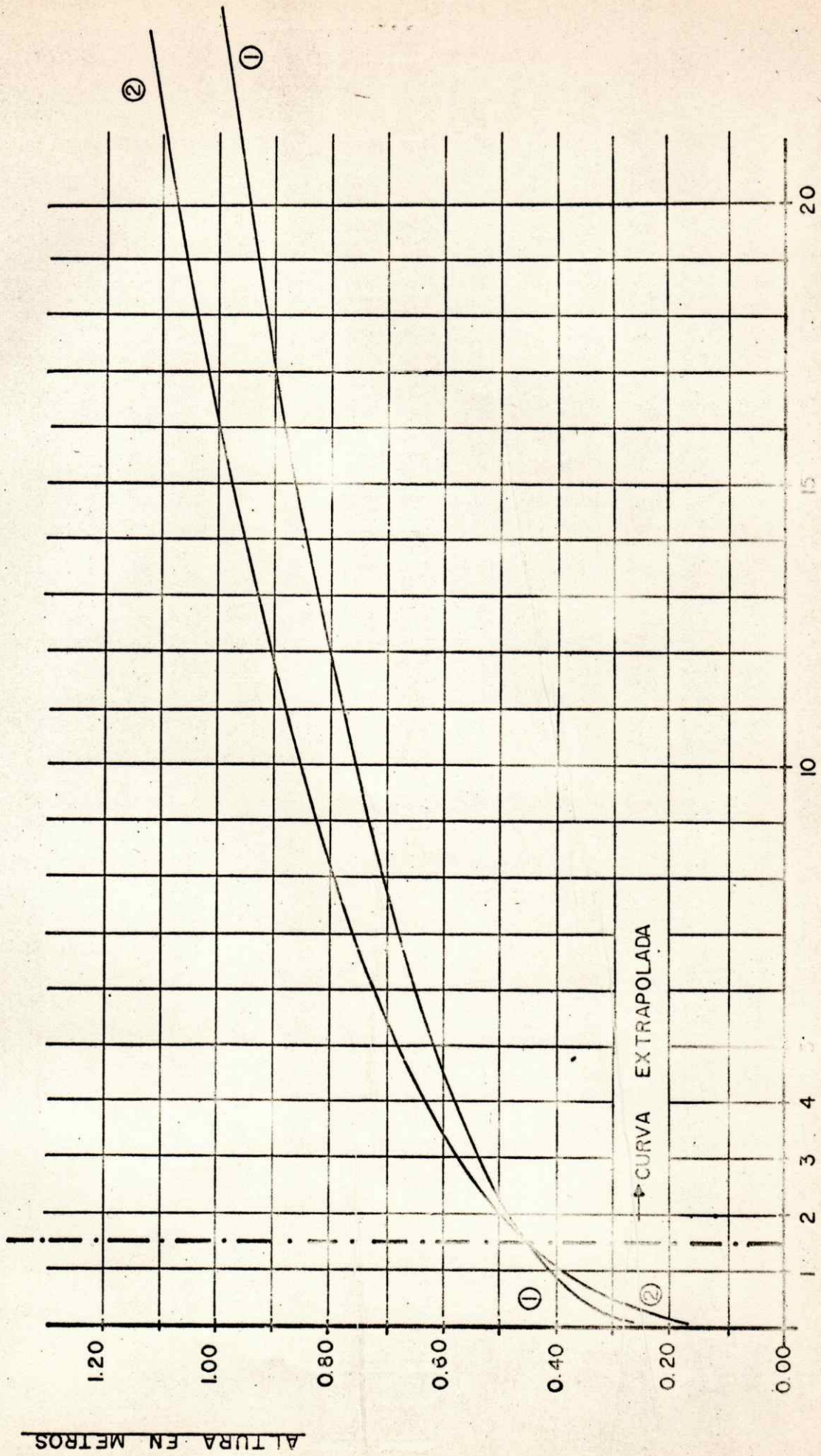
ESTACION LA SIERRA
RIO XAYA



CAUDAL EN M³/SEG.

CURVAS DE CALIBRACION

ESTACION LA SIERRA
RIO XAYA



CAUDAL EN MTS³/SEG.

Tabla de Conversión: Alturas - Caudales

H (Mts.)	Q (Mts ³ /Seg)		H (Mts)	Q (Mts ³ /Seg)		H (Mts)	Q (Mts ³ /Seg)	
	1	2		1	2		1	2
.20		0.170	.53	2.85	2.40	.86	14.72	10.30
.21		0.192	.54	3.05	2.52	.87	15.25	10.68
.22		0.215	.55	3.27	2.68	.88	15.80	11.00
.23	0.021	0.241	.56	3.50	2.80	.89	16.38	11.43
.24	0.033	0.269	.57	3.70	2.95	.90	17.00	11.75
.25	0.050	0.298	.58	3.96	3.12	.91	17.60	12.18
.26	0.069	0.330	.59	4.21	3.24	.92	18.28	12.60
.27	0.090	0.365	.60	4.50	3.42	.93	19.00	13.00
.28	0.115	0.402	.61	4.80	3.60	.94	19.60	13.45
.29	0.150	0.442	.62	5.10	3.78	.95	20.35	14.85
.30	0.191	0.488	.63	5.38	3.95	.96	21.00	14.30
.31	0.240	0.538	.64	5.70	4.12	.97	21.60	14.70
.32	0.290	0.590	.65	6.00	4.35	.98	22.20	15.20
.33	0.338	0.641	.66	6.32	4.55	.99		15.65
.34	0.400	0.695	.67	6.63	4.73			
.35	0.464	0.754	.68	7.00	4.95			
.36	0.535	0.812	.69	7.35	5.20			
.37	0.615	0.874	.70	7.68	5.41			
.38	0.702	0.940	.71	8.05	5.67			
.39	0.800	1.002	.72	8.43	5.90			
.40	0.900	1.070	.73	8.83	6.15			
.41	1.016	1.145	.74	9.28	6.45			
.42	1.128	1.220	.75	9.72	6.70			
.43	1.245	1.298	.76	10.12	7.00			
.44	1.365	1.390	.77	10.60	7.30			
.45	1.500	1.485	.78	11.00	7.60			
.46	1.645	1.585	.79	11.47	7.90			
.47	1.805	1.700	.80	11.90	8.25			
.48	1.984	1.813	.81	12.40	8.50			
.49	2.100	1.900	.82	12.80	8.90			
.50	2.30	2.02	.83	13.25	9.20			
.51	2.48	2.12	.84	13.80	9.55			
.52	2.65	2.28	.85	14.25	9.95			

CAUDALES MEDIOS

ACUEDUCTO NACIONAL "KAYA PIXCAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1966-67CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG.)ESTACION: LA SIERRA RIO: XAYA CUENCA: COYOLATE.

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	.23	.59	3.53	.90	1.36	1.41	1.35	.69	.49	.53	.49	.43
2	.44	.33	3.13	.83	1.19	1.39	1.15	.63	.58	.49	.49	.49
3	.50	.24	2.36	.98	1.17	1.19	1.05	.63	.53	.49	.49	.49
4	.52	.24	1.90	1.89	1.07	1.14	.95	.63	.53	.49	.49	.49
5	1.01	.44	1.50	2.78	1.57	2.30	.95	.69	.53	.45	.49	.49
6	1.08	1.80	1.24	1.42	2.80	2.55	.95	.69	.53	.49	.49	.54
7	1.19	.33	1.17	2.30	3.16	1.65	.95	.69	.53	.53	.51	.53
8	.85	.60	2.95	2.30	1.29	1.91	.87	.69	.45	.49	.49	.53
9	.82	.71	1.21	2.59	1.34	1.48	.87	.69	.53	.49	.47	1.05
10	.79	.38	1.18	1.94	1.46	1.33	.87	.63	.53	.49	.49	1.13
11	.51	.35	2.56	3.11	1.09	1.25	.80	.58	.58	.45	.49	.58
12	.40	.30	1.90	2.13	1.04	1.09	.80	.63	.53	.45	.45	.53
13	.41	.27	4.70	2.73	1.44	1.05	.75	.63	.49	.48	.73	.49
14	.43	.27	3.39	3.60	2.44	.99	.80	.63	.49	.49	.47	.58
15	.39	.32	3.75	4.26	1.49	1.00	.80	.60	.49	.49	.44	.75
16	.44	1.16	3.67	2.97	1.22	1.53	.87	.58	.53	.45	.49	.65
17	.39	.98	2.70	2.54	1.58	2.05	.87	.58	.53	.49	.49	1.20
18	.46	.85	2.30	1.98	2.55	3.30	.87	.53	.53	.45	.52	.63
19	.60	1.05	1.65	2.38	1.14	4.20	.75	.63	.53	.45	.45	.58
20	.49	2.00	3.60	2.08	1.76	3.48	.70	.63	.53	.53	.49	.71
21	.36	5.80	4.05	1.35	1.68	2.85	.75	.63	.53	.59	.53	.58
22	.40	5.50	2.27	1.50	1.99	2.39	.70	.58	.49	.59	.41	.58
23	.38	5.00	1.56	1.35	1.76	2.05	.70	.58	.49	.53	.45	.49
24	.50	2.70	1.40	1.04	1.54	1.68	.64	.53	.49	.45	.45	.53
25	.34	4.70	1.27	1.16	1.33	1.50	.70	.53	.49	.49	.45	.49
26	.35	5.50	1.00	1.34	1.24	1.50	.75	.58	.53	.45	.49	.53
27	.34	4.70	.98	2.55	1.15	1.33	.57	.58	.49	.45	.48	.49
28	.34	5.00	.94	3.39	1.76	.69	.70	.58	.53	.49	.51	.45
29	.36	6.50	1.70	1.87	1.96	.70	.75	.58	.49		.49	.47
30	.42	4.26	3.28	1.60	1.64	.94	.64	.53	.53		.49	.49
31	1.90		1.25	1.46		.94		.45	.53		.50	

ACUEDUCTO NACIONAL "XAYA PIXCAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1967-68

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG.)ESTACION: LA SIERRA RIO: XAYA CUENCA: COYOLATE.

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	.45	.53	.68	.67	.89	.95	.49	.53	.49	.47	.45	.41
2	.45	.49	.49	.63	.60	1.14	.82	.53	.54	.48	.44	.42
3	.45	.45	.58	.58	.97	1.07	.82	.49	.52	.54	.41	.44
4	.49	.41	.63	.58	1.61	.85	.75	.58	.50	.58	.41	.45
5	.49	.49	.59	.54	.75	.96	.75	.53	.50	.53	.46	.44
6	.49	.75	.53	.57	.75	2.33	.75	.53	.49	.50	.45	.41
7	.41	.68	.58	.56	.67	1.78	.71	.53	.42	.45	.45	.36
8	.51	.62	.63	.69	.58	1.86	.70	.53	.48	.56	.47	.36
9	.46	.68	.58	.64	.49	1.93	.65	.53	.50	.56	.50	.41
10	.45	.55	.58	1.32	.97	2.58	.55	.45	.49	.54	.43	.46
11	.44	.45	.62	.63	.69	1.62	.41	.58	.49	.54	.45	.50
12	.48	.72	.68	1.09	.69	4.03	.45	.53	.45	.58	.47	.50
13	.52	.69	.58	1.08	1.13	2.43	.67	.53	.45	.50	.45	.50
14	.49	.63	.58	2.15	1.05	2.12	.63	.58	.42	.49	.43	.51
15	.47	.55	.53	.69	1.49	1.81	.58	.54	.49	.50	.46	.50
16	.40	.69	.53	.69	1.26	1.71	.63	.53	.48	.48	.44	.51
17	.42	1.16	.97	.69	1.05	1.58	.55	.49	.43	.41	.43	.52
18	.42	.92	1.79	.60	.97	1.45	.58	.49	.48	.42	.42	.46
19	.49	.69	.97	.45	.97	1.48	.58	.49	.45	.41	.48	.50
20	.45	.78	1.88	.45	.82	1.41	.58	.56	.44	.42	.50	.51
21	.45	.86	1.05	1.99	.82	1.14	.58	.49	.42	.41	.47	.42
22	.41	.41	.89	1.17	1.16	1.05	.53	.61	.42	.42	.45	.46
23	.46	.75	.82	2.02	1.45	1.14	.58	.49	.49	.41	.48	.44
24	.44	.63	1.84	1.47	1.45	1.01	.49	.49	.44	.41	.44	.49
25	.47	.63	0.85	1.17	1.45	.97	.58	.49	.46	.42	.46	.50
26	.44	.71	0.85	1.17	1.23	.97	.49	.48	.45	.42	.46	.50
27	.41	.56	0.90	1.79	1.21	.89	.58	.58	.48	.41	.45	.52
28	.41	.63	0.90	2.97	1.43	.82	.63	.53	.42	.43	.45	.49
29	.49	.72	0.77	1.58	1.61	.82	.28	.49	.44	.43	.44	.51
30	.47	.89	0.77	1.35	1.21	.82	.53	.45	.43		.45	.49
31	.48		0.77	1.23		.82		.49	.46		.42	

ACUEDUCTO NACIONAL "XAYA PIXGAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1968-69CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG.)ESTACION: LA SIERRA RIO: XAYA CUENCA: COYOLATE.

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	.86	1.09	.94	.54	.64	1.22	1.49	.59	.44	.36	.40	.33
2	.91	1.04	.81	.44	.64	1.07	1.49	.87	.44	.36	.36	.36
3	.77	1.03	.75	.54	1.35	1.00	1.39	.49	.40	.36	.36	.36
4	.81	1.03	.94	.40	.81	1.07	1.39	.49	.40	.36	.33	.36
5	.83	1.19	2.12	.81	.70	1.22	2.23	.49	.40	.40	.36	.36
6	.81	.81	1.75	.70	.87	1.30	1.59	.49	.40	.40	.33	.36
7	.63	.59	1.07	.54	.75	1.15	1.49	.94	.40	.36	.33	.44
8	.53	.44	.94	.54	1.07	1.15	1.07	.49	.40	.33	.36	.40
9	.68	.44	1.00	.54	1.15	1.00	.94	.49	.40	.33	.33	.40
10	.48	.54	0.94	.54	1.15	1.00	1.15	.49	.40	.36	.33	.40
11	.56	.59	.94	.37	1.00	0.81	1.15	.49	.37	.36	.36	.36
12	.46	.61	.90	.49	1.00	.81	1.07	.49	.40	.36	.36	.36
13	.48	.49	.70	.59	.81	1.24	1.00	.49	.40	.36	.36	.36
14	.71	.60	1.12	.54	.94	1.59	1.00	.81	.40	.36	.36	.36
15	.64	1.07	.70	.54	1.16	1.84	1.00	.49	.40	.36	.36	.36
16	.46	.70	.59	.54	1.23	1.39	1.07	.49	.40	.36	.36	.33
17	.53	.75	.59	.49	.81	1.61	1.15	.49	.40	.40	.36	.33
18	.46	.75	.40	.40	1.22	1.70	1.15	.49	.40	.40	.33	.33
19	.43	.64	.33	.95	.94	1.90	1.07	.49	.40	.40	.33	.33
20	.53	1.06	.49	.59	1.07	2.40	1.00	.49	.40	.40	.33	.33
21	.81	.87	.94	.75	1.63	2.68	1.00	.49	.40	.40	.33	.33
22	.76	.75	.40	.49	1.39	2.40	1.00	.49	.40	.40	.33	.33
23	.70	.75	.37	.44	2.02	2.80	1.00	.49	.40	.36	.36	.33
24	.73	.75	.37	.44	2.73	2.80	.59	.49	.40	.36	.36	.36
25	.56	.70	.24	.30	2.28	3.12	.59	.49	.38	.36	.36	.36
26	.60	1.32	.24	.30	2.12	2.40	.59	.49	.38	.36	.36	.36
27	.70	.75	.33	.37	2.51	2.12	.59	.49	.39	.36	.36	.36
28	.71	1.10	.33	.40	1.70	2.68	.70	.49	.36	.36	.36	.36
29	.74	1.29	.54	.54	1.49	1.81	.75	.44	.36		.36	.33
30	.64	1.14	.59	.54	1.30	1.70	.94	.44	.36		.33	.33
31	.80		.54	.54		1.59		.44	.36		.33	

ACUEDUCTO NACIONAL "KAYA PIXCAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1969-70

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG.)ESTACION: LA SIERRARIO: XAYACUENCA: COYOLATE

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	.33	.49	1.70	.37	1.90	2.78	1.00	0.64	.33	.33	.33	.37
2	.33	.44	2.12	.70	2.19	2.59	.94	.75	.54	.40	.40	.33
3	.33	.40	3.12	1.40	3.29	2.28	.81	.54	.54	.44	.49	.37
4	.33	.40	3.08	1.01	9.82	2.02	.85	.64	.53	.40	.40	.30
5	.33	.44	2.80	1.15	12.30	2.12	.87	.75	.53	.33	.40	.30
6	.33	.73	2.80	1.07	8.75	2.02	.87	.54	.49	.37	.37	.33
7	.33	.75	2.80	1.07	7.60	1.90	.81	.54	.49	.70	.40	.37
8	.33	.75	3.95	.87	6.15	1.81	.87	.70	.44	.33	.33	.33
9	.33	.64	4.35	2.01	5.41	1.59	.59	.70	.40	.33	.33	.33
10	.33	.74	3.21	2.28	4.55	1.49	.77	.59	.40	.40	.40	.33
11	.33	1.07	1.00	2.02	3.95	1.30	.75	.59	.33	.44	.37	.30
12	.33	1.15	.94	2.80	2.77	1.45	.70	.59	.44	.37	.37	.24
13	.33	1.22	1.00	1.81	3.04	1.34	.64	.70	.54	.40	.37	.65
14	.33	1.30	.87	1.90	2.68	1.39	.59	.59	.40	.37	.44	.46
15	.33	1.15	.75	1.78	2.28	1.38	.64	.44	.40	.37	.33	.37
16	.33	1.70	.64	1.67	2.02	1.22	.64	.54	.44	.40	.37	.30
17	.40	2.02	.59	1.49	1.90	1.15	.70	.64	.40	.59	.40	.27
18	.54	3.12	.59	1.47	1.90	1.09	.64	.44	.33	.49	.37	.24
19	.44	2.57	.59	1.70	1.81	1.45	.64	.54	.44	.44	.37	.19
20	.44	1.90	.58	2.40	1.58	1.79	.49	.59	.49	.44	.40	.27
21	.40	1.81	.57	2.40	1.48	2.30	.70	.36	.44	.44	.37	.24
22	.36	1.81	.51	2.12	2.23	1.81	.79	.54	.40	.37	.33	.24
23	.36	1.59	.54	2.28	2.42	1.59	.64	.54	.44	.40	.33	.22
24	.36	1.39	.49	2.02	2.52	1.30	.59	.49	.49	.49	.44	.22
25	.44	2.02	.46	3.14	3.12	1.22	.44	.40	.33	.44	.37	.27
26	.64	1.70	.48	2.68	2.95	1.15	.59	.64	.49	.40	.30	.27
27	.49	1.49	.44	2.40	2.80	1.48	.59	.64	.54	.44	.30	.33
28	.40	1.59	.44	2.28	2.52	1.15	.64	.33	.40	.37	.30	.33
29	.40	1.59	.42	2.40	2.80	1.15	.59	.49	.44		.33	.33
30	.36	1.59	.41	2.12	2.28	1.30	.54	.64	.44		.40	.33
31	.44		.41	1.81		1.37		.40	.40		.40	

ESTACION "LA SIERRA"RIO XAYACaudales en M³/Seg.

Mes	AÑO			
	66 - 67	67 - 68	68 - 69	69 - 70
Mayo	0.57	0.46	0.65	0.38
Junio	2.09	0.66	0.82	1.32
Julio	2.28	0.82	0.72	1.38
Agosto	2.08	1.07	0.52	1.83
Setiembre	1.64	1.05	1.28	3.70
Octubre	1.70	1.46	1.65	1.61
Noviembre	0.83	0.60	1.09	0.70
Diciembre	0.61	0.52	0.53	0.57
Enero	0.52	0.47	0.39	0.44
Febrero	0.48	0.47	0.37	0.42
Marzo	0.49	0.45	0.35	0.37
Abril	0.61	0.47	0.33	0.31

CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

RIO XAYA

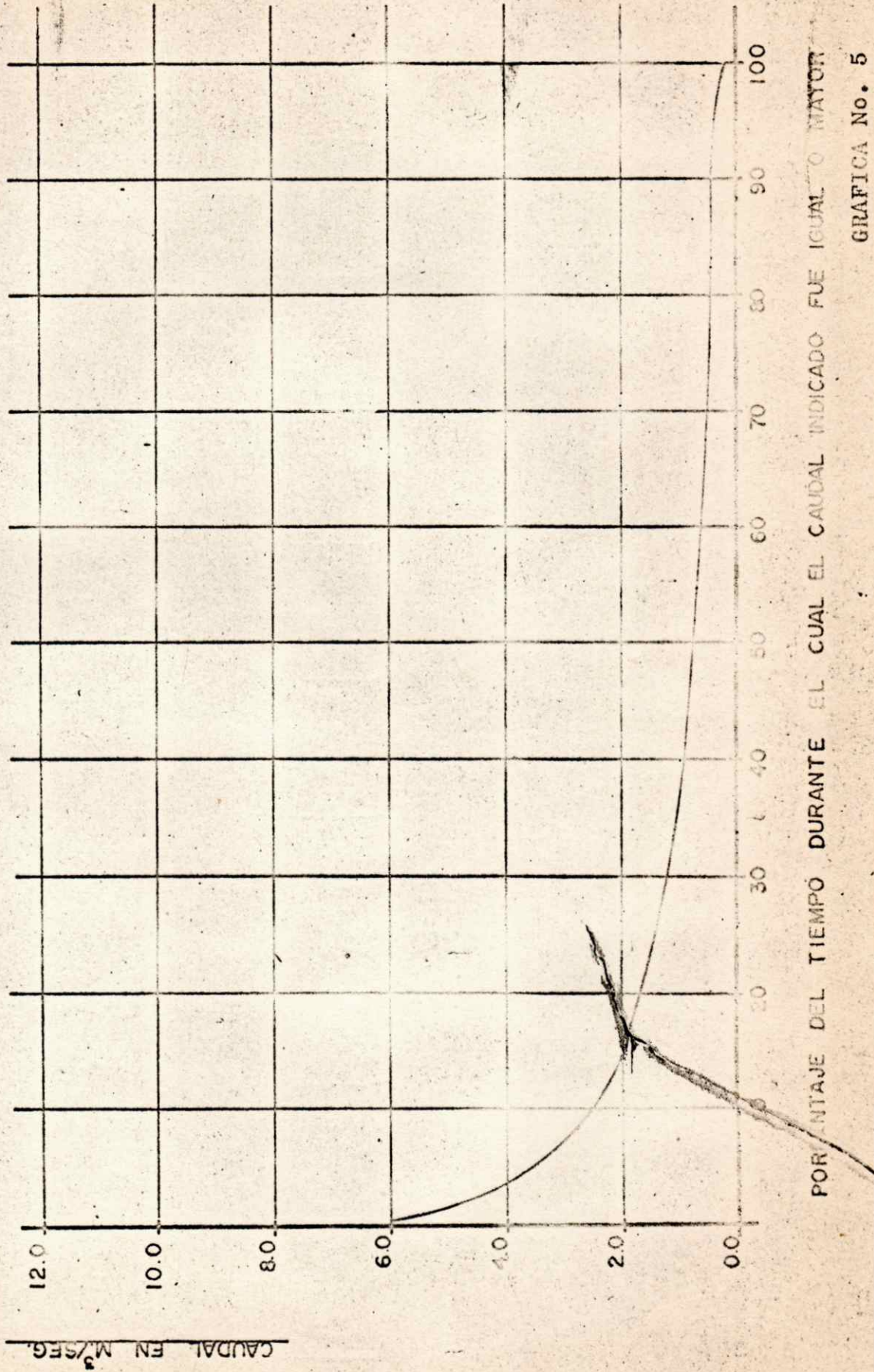
ESTACION LA SIERRA

AÑO 1,966-67.-

LIMITES	i	f	F	%F
0.23-0.25	.03	3	365	100.00
0.26-0.28	.03	2	362	99.18
0.29-0.33	.05	4	360	98.63
0.34-0.38	.05	9	356	97.53
0.39-0.43	.05	9	347	95.07
0.44-0.49	.06	74	338	92.60
0.50-0.55	.06	41	264	72.33
0.56-0.61	.06	23	223	61.10
0.62-0.67	.06	14	200	54.79
0.68-0.75	.08	22	186	50.96
0.76-0.90	.15	17	164	44.93
0.91-1.10	.20	22	147	40.27
1.11-1.40	.30	32	125	34.25
1.41-1.70	.30	23	93	25.48
1.71-2.00	.30	17	70	19.18
2.01-2.50	.50	12	53	14.52
2.51-3.00	.50	16	41	11.23
3.01-3.50	.50	8	25	6.85
3.51-4.00	.50	4	17	4.66
4.01-4.50	.50	4	13	3.56
4.51-5.00	.50	4	9	2.47
5.01-6.00	1.00	4	5	1.37
6.01-8.00	2.00	1	1	0.27

— AÑO 1966 — 1967 —

ESTACION LA SIERRA
RIO XAYA



POR CIENTO DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 5

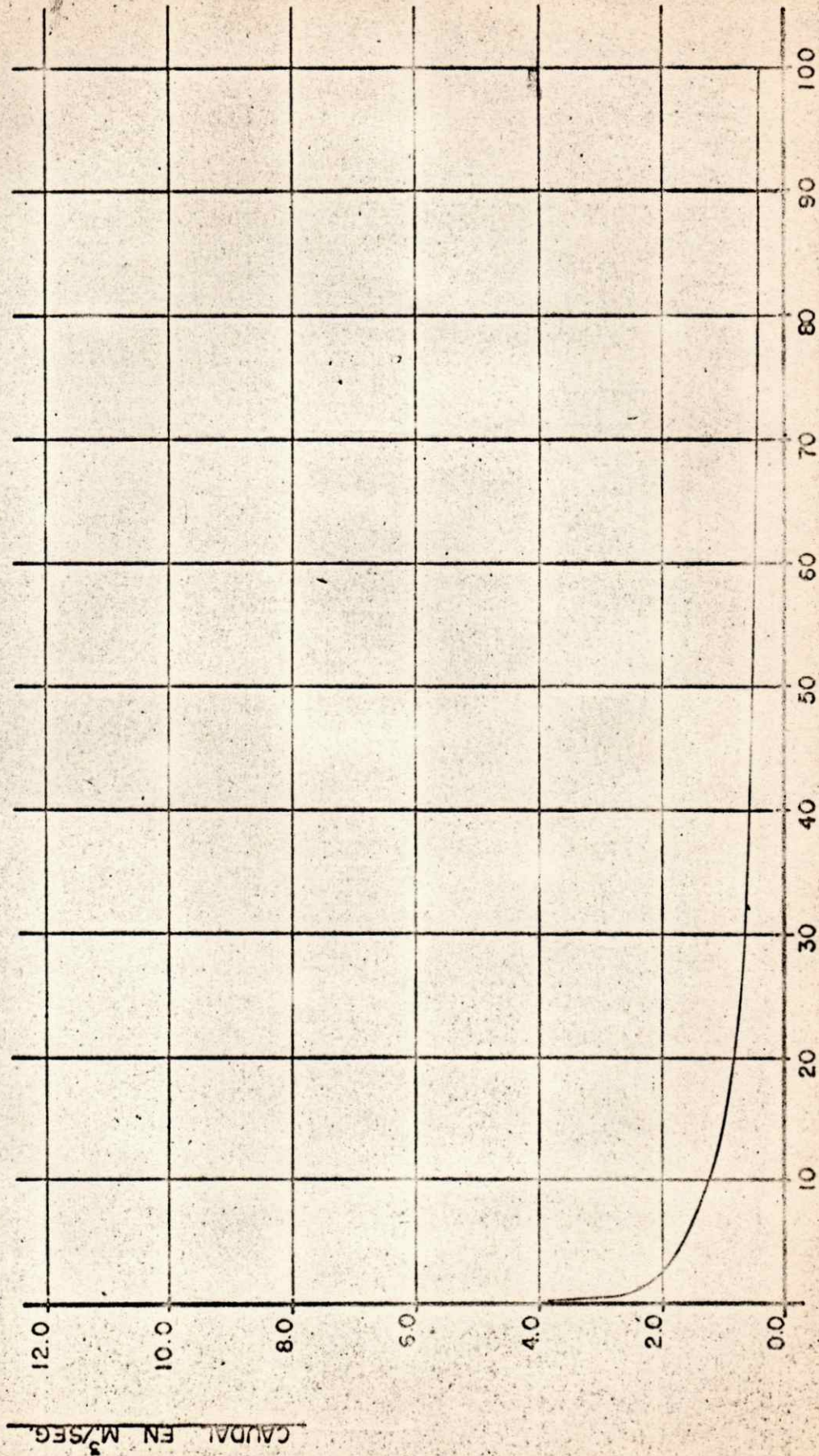
TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALESRIO XAYAESTACION LA SIERRA

AÑO 1,967-68.-

LIMITES	i	f	F	%F
0.26-0.28	.02	1	366	100.00
0.29-0.33	.02	0	365	99.73
0.34-0.38	.03	2	365	99.73
0.39-0.43	.03	41	363	99.18
0.44-0.49	.05	99	322	87.98
0.50-0.55	.05	52	223	60.93
0.56-0.61	.05	32	171	46.72
0.62-0.67	.06	19	139	37.98
0.68-0.75	.06	25	120	32.79
0.76-0.90	.06	23	95	25.96
0.91-1.10	.06	23	72	19.67
1.11-1.40	.15	17	49	13.39
1.41-1.70	.20	14	32	8.74
1.71-2.00	.30	10	18	4.92
2.01-2.50	.30	5	8	2.19
2.51-3.00	.30	2	3	0.82
3.01-3.50	.50	0	1	0.27
3.51-4.00	.50	0	1	0.27
4.01-4.50	.50	1	1	0.27

AÑO 1967 - 1968

ESTACION LA SIERRA
RIO XAYA



PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR

GRAFICA No. 6

TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

RIO XAYA

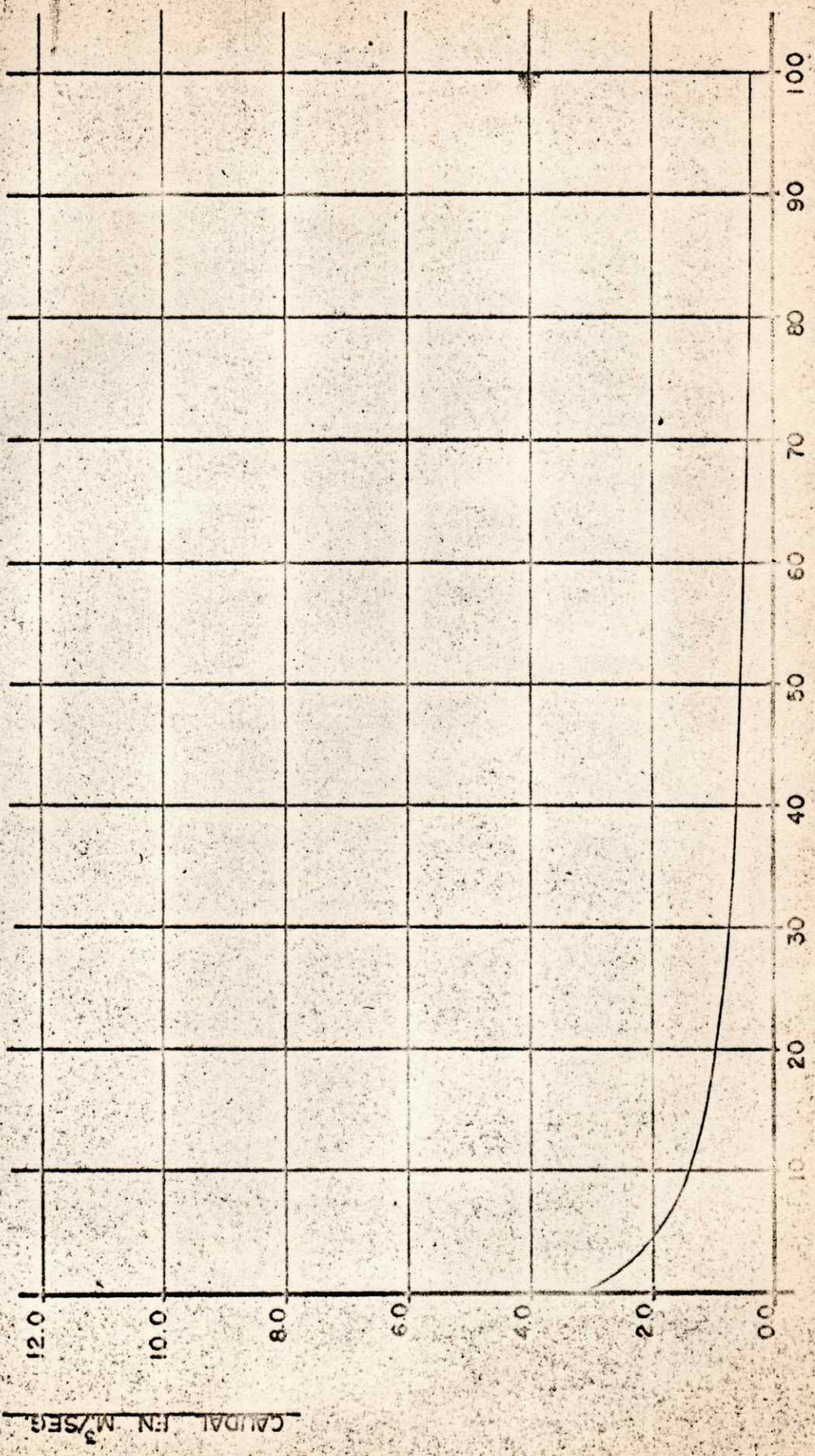
ESTACION LA SIERRA

AÑO 1,968-69.-

LIMITES	i	f	F	%F
0.23-0.25	.03	2	365	100.00
0.26-0.28	.03	0	363	99.45
0.29-0.33	.05	31	363	99.45
0.34-0.38	.05	62	332	90.96
0.39-0.43	.05	40	270	73.97
0.44-0.49	.06	44	230	63.01
0.50-0.55	.06	17	186	50.96
0.56-0.61	.06	16	169	46.30
0.62-0.67	.06	7	153	41.92
0.68-0.75	.08	25	146	40.00
0.76-0.90	.15	21	121	33.15
0.91-1.10	.20	42	100	27.40
1.11-1.40	.30	26	58	15.89
1.41-1.70	.30	12	32	8.77
1.71-2.00	.30	4	20	5.48
2.01-2.50	.50	9	16	4.38
2.51-3.00	.50	6	7	1.92
3.01-3.50	.50	1	1	0.27

AÑO 1968 - 1969

ESTACION LA SIERRA
RIO XAYA



PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR

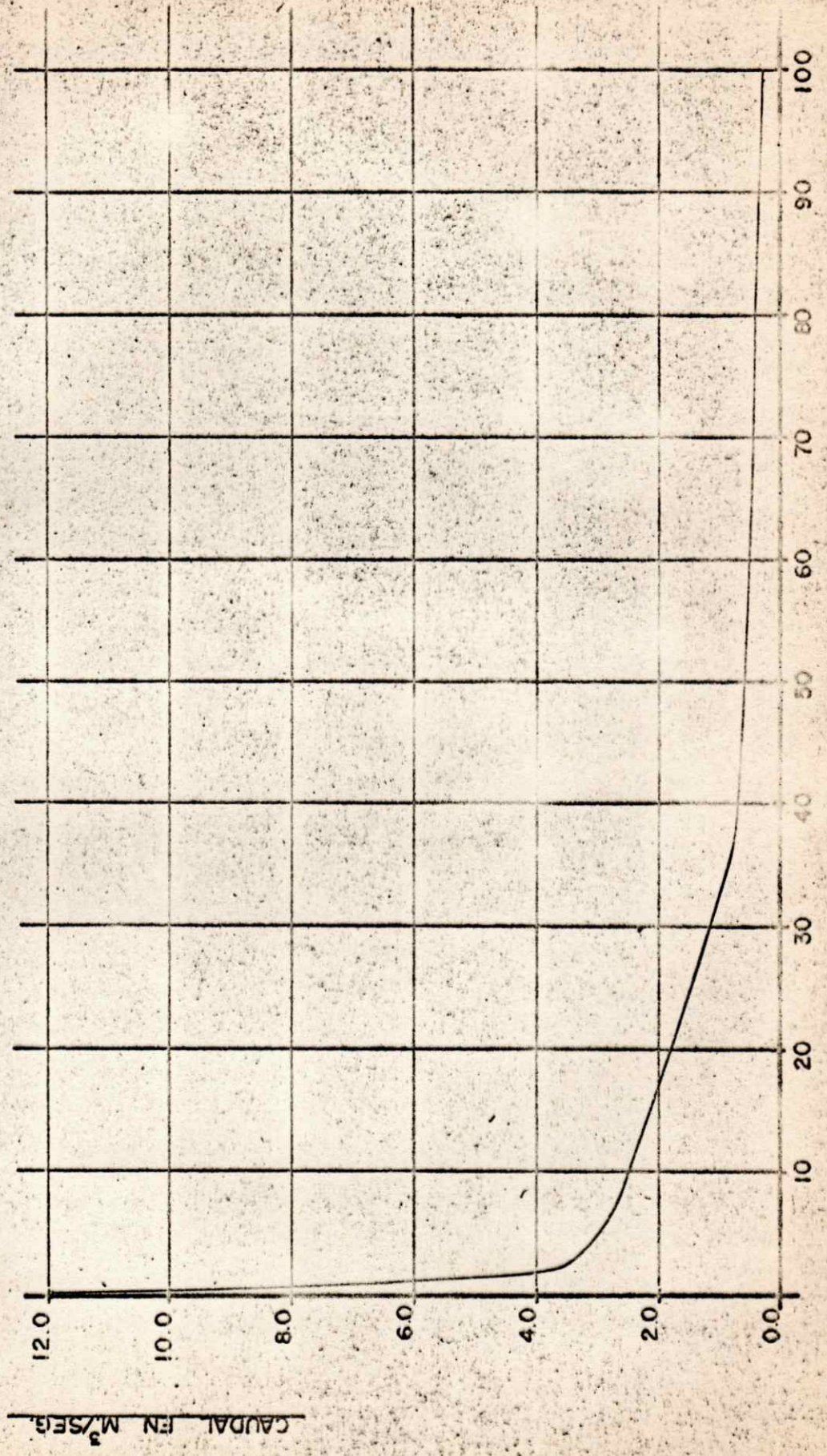
GRAFICA No. 7

TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

<u>RIC XAYA</u>	<u>AÑO 1,969-70.-</u>		<u>ESTACION LA SIERRA</u>	
LIMITES	i	f	F	%F
0.19 - 0.20	.02	1	365	100.00
0.21 - 0.22	.02	2	364	99.73
0.23 - 0.25	.03	4	362	99.18
0.26 - 0.28	.03	4	358	98.08
0.29 - 0.33	.05	31	354	96.99
0.34 - 0.38	.05	40	323	88.49
0.39 - 0.43	.05	34	283	77.53
0.44 - 0.49	.06	47	249	68.22
0.50 - 0.55	.06	17	202	55.34
0.56 - 0.61	.06	18	185	50.68
0.62 - 0.67	.06	17	167	45.75
0.68 - 0.75	.08	16	150	41.10
0.76 - 0.90	.15	10	134	36.71
0.91 - 1.10	.20	10	124	33.97
1.11 - 1.40	.30	21	114	31.23
1.41 - 1.70	.30	19	93	25.48
1.71 - 2.00	.30	15	74	20.27
2.01 - 2.50	.50	26	59	16.16
2.51 - 3.00	.50	15	33	9.04
3.01 - 3.50	.50	9	18	4.93
3.51 - 4.00	.50	1	9	2.47
4.01 - 4.50	.50	1	8	2.19
4.51 - 5.00	.50	1	7	1.92
5.01 - 6.00	1.00	1	6	1.64
6.01 - 8.00	2.00	2	5	1.37
8.01 -10.00	2.00	2	3	0.82
10.01 -12.00	2.00	0	1	0.27
12.01 -14.00	2.00	1	1	0.27

ANO 1969 - 1970

ESTACION LA SIERRA
RIO XAYA



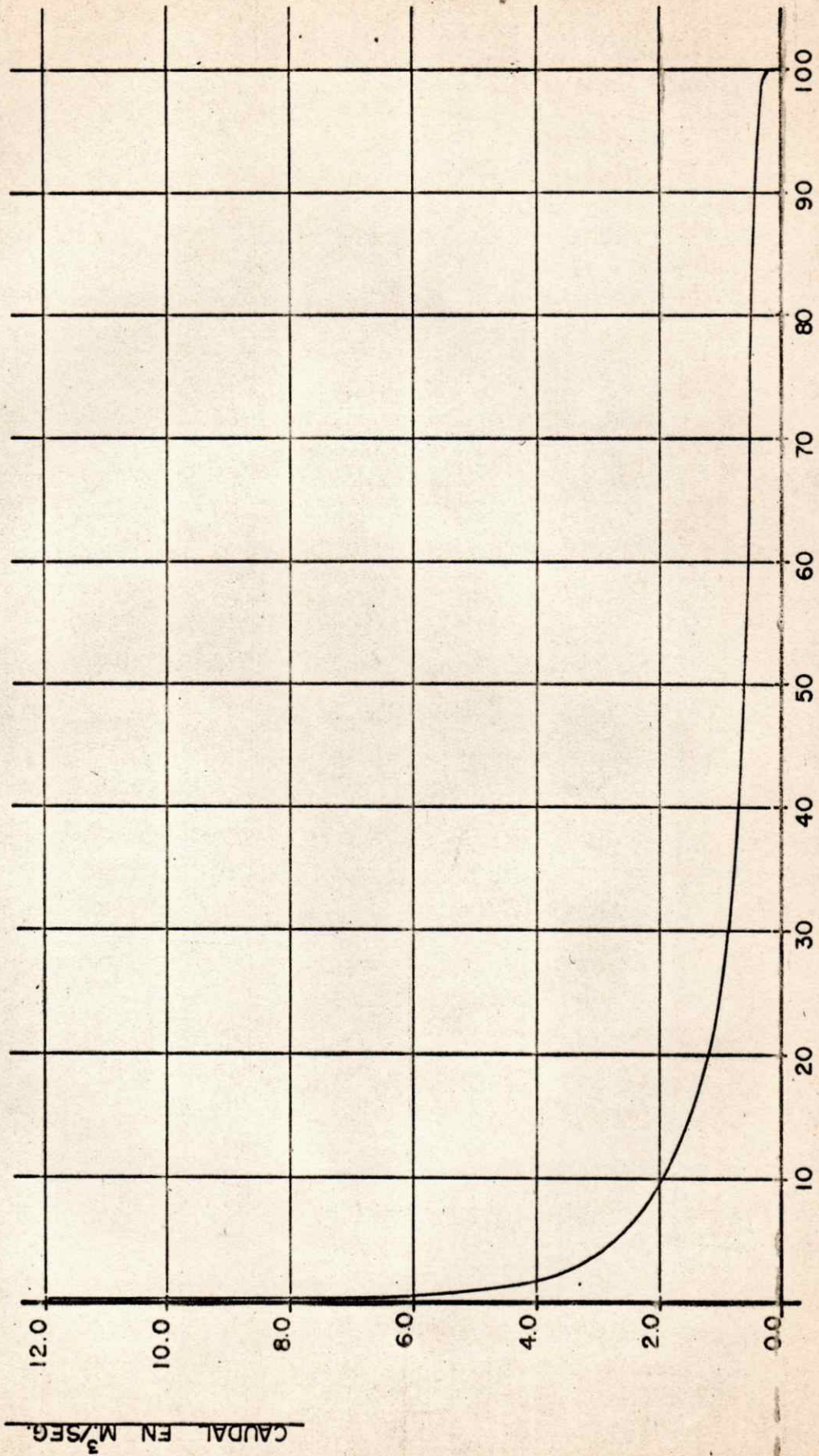
PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 8

PROMEDIO DE CUATRO AÑOS DE REGISTRO

LIMITES	i	f	F	%F
0.19 - 0.20	.02	1	1461	100.00
0.21 - 0.22	.02	2	1460	99.93
0.23 - 0.25	.03	9	1458	99.79
0.26 - 0.28	.03	7	1449	99.18
0.29 - 0.33	.05	66	1442	98.70
0.34 - 0.38	.05	113	1376	94.18
0.39 - 0.43	.05	124	1263	86.45
0.44 - 0.49	.06	264	1139	77.96
0.50 - 0.55	.06	127	875	59.89
0.56 - 0.61	.06	89	748	51.20
0.62 - 0.67	.06	57	659	45.11
0.68 - 0.75	.08	88	602	41.20
0.76 - 0.90	.15	71	514	35.18
0.91 - 1.10	.20	97	443	30.32
1.11 - 1.40	.30	96	346	23.68
1.41 - 1.70	.30	68	250	17.11
1.71 - 2.00	.30	46	182	12.46
2.01 - 2.50	.50	52	136	9.31
2.51 - 3.00	.50	39	84	5.75
3.01 - 3.50	.50	18	45	3.08
3.51 - 4.00	.50	5	27	1.85
4.01 - 4.50	.50	6	22	1.51
4.51 - 5.00	.50	5	16	1.10
5.01 - 6.00	1.00	5	11	0.75
6.01 - 8.00	2.00	3	6	0.41
8.01 -10.00	2.00	2	3	0.21
10.01 -12.00	2.00	0	1	0.07
12.01 -14.00	2.00	1	1	0.07

PROMEDIO AÑO HIDROLOGICO 1966-1970

ESTACION LA SIERRA
RIO XAYA



PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 9

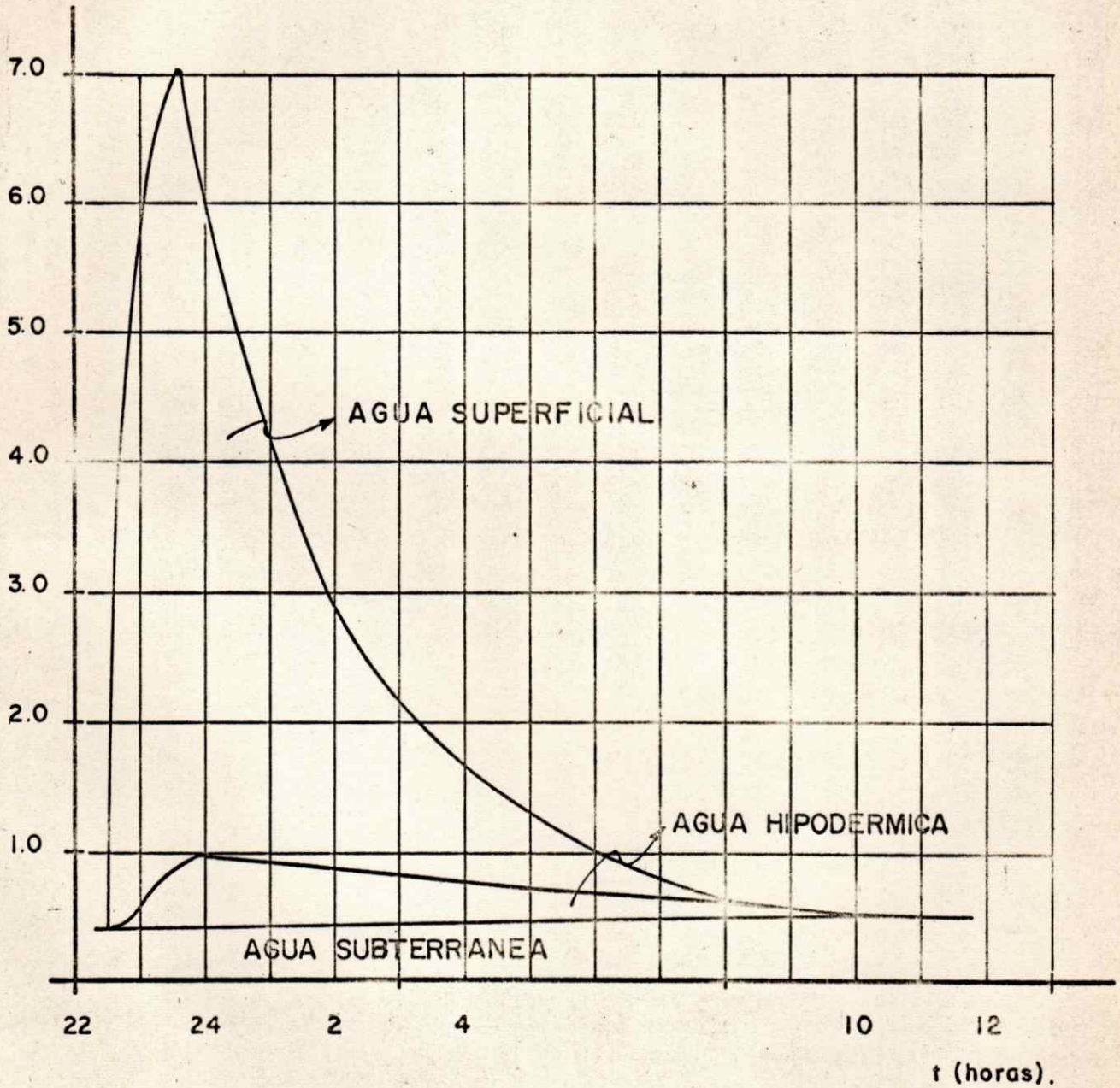
HIDROGRAMA UNITARIO

HIDROGRAMA REGISTRADO

RIO XAYA

5 Junio de 1966

Q
(M³/seg)

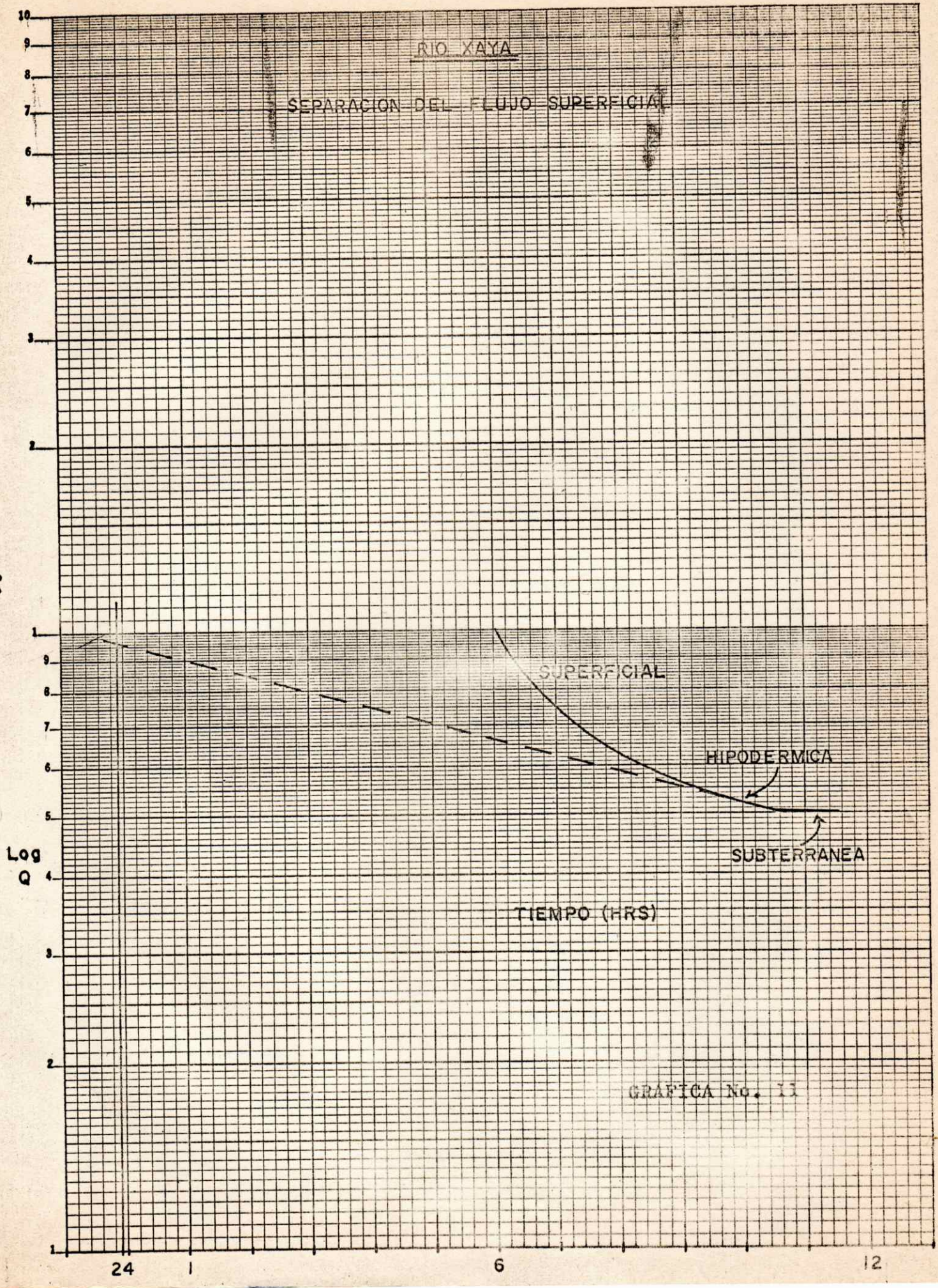


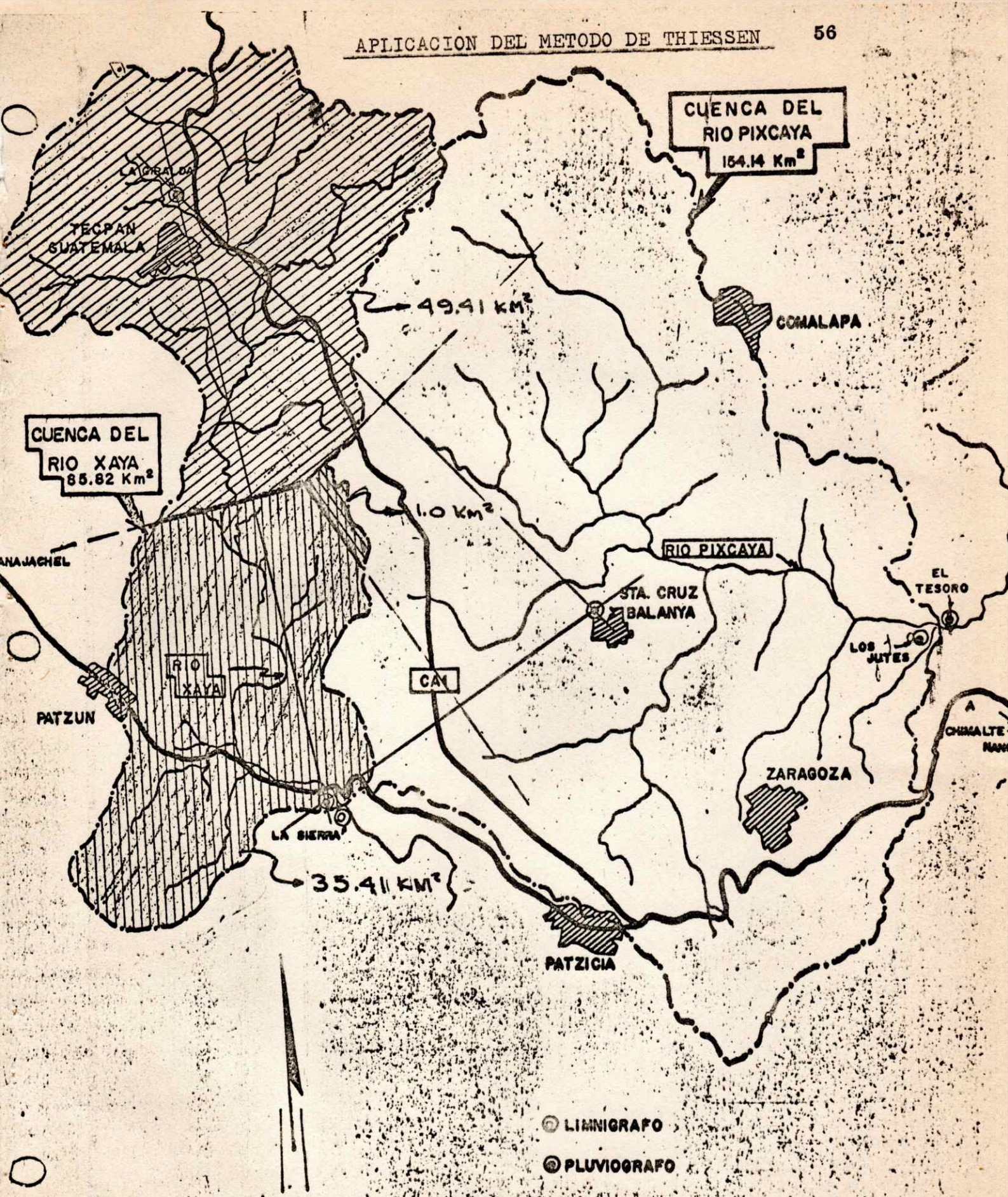
GRAFICA No. 10

55

RIO XAYA

SEPARACION DEL FLUJO SUPERFICIAL





GRAFICA No. 12

Cálculo de las Intensidades de la Lluvia Promedio

t (h)	P (mm.)	I (mm/h)	\bar{I} (mm/h)
0.10	7.64	4.30	5.07
0.07		4.43	5.23
0.33		1.06	1.25
0.10		1.60	1.89
0.20		0.20	0.24
0.40		8.10	9.56
0.12		9.17	10.82
0.44		0.70	0.83
<u>0.44</u>		3.86	4.55
2.20			

$$\bar{I} = I \frac{\bar{P}}{P}$$

\bar{P} = Lluvia promedio sobre la cuenca, según polígono de Thiessen

$$\bar{P} = \frac{\sum aP}{A} \quad \bar{P} = \frac{35.41 \times 0.3 + 49.41 \times 15.4 + 1.0 \times 5.2}{35.41 + 49.41 + 1.00} = 9.05 \text{ mm.}$$

P = Lluvia patrón (diagrama de masas) = 7.64

I = Intensidad de la lluvia patrón.

CUENCA DEL RIO XAYA
DIAGRAMA DE MASAS

GIRALDA

Δt	p	p.acu.
0.17	1.36	1.36
0.63	1.21	2.57
0.40	6.50	9.07
0.12	2.20	11.27
0.44	0.50	11.77
0.44	3.50	15.27

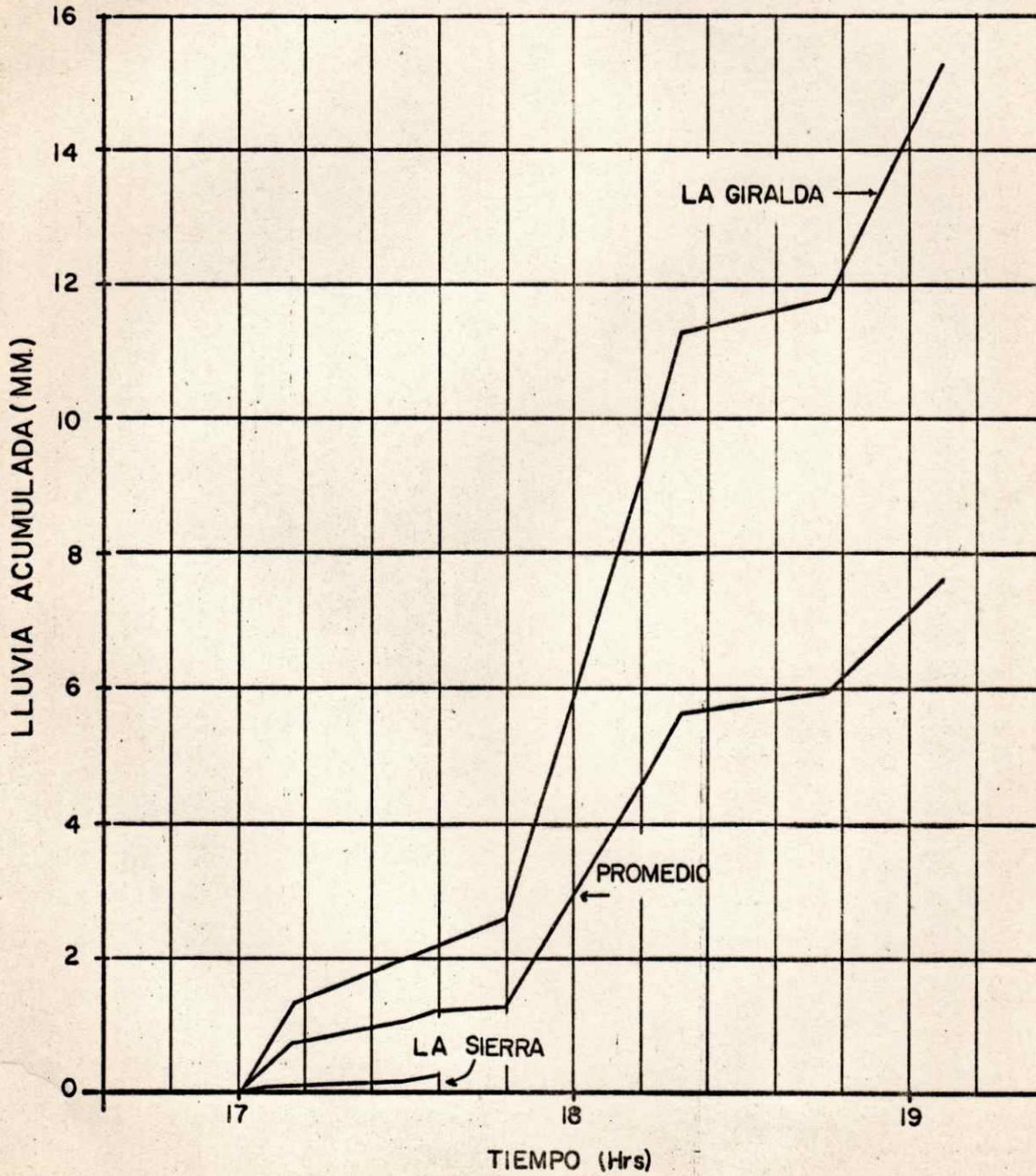
SIERRA

Δt	p	p.acu.
0.10	0.10	0.10
0.40	0.08	2.00
0.10	0.12	0.30

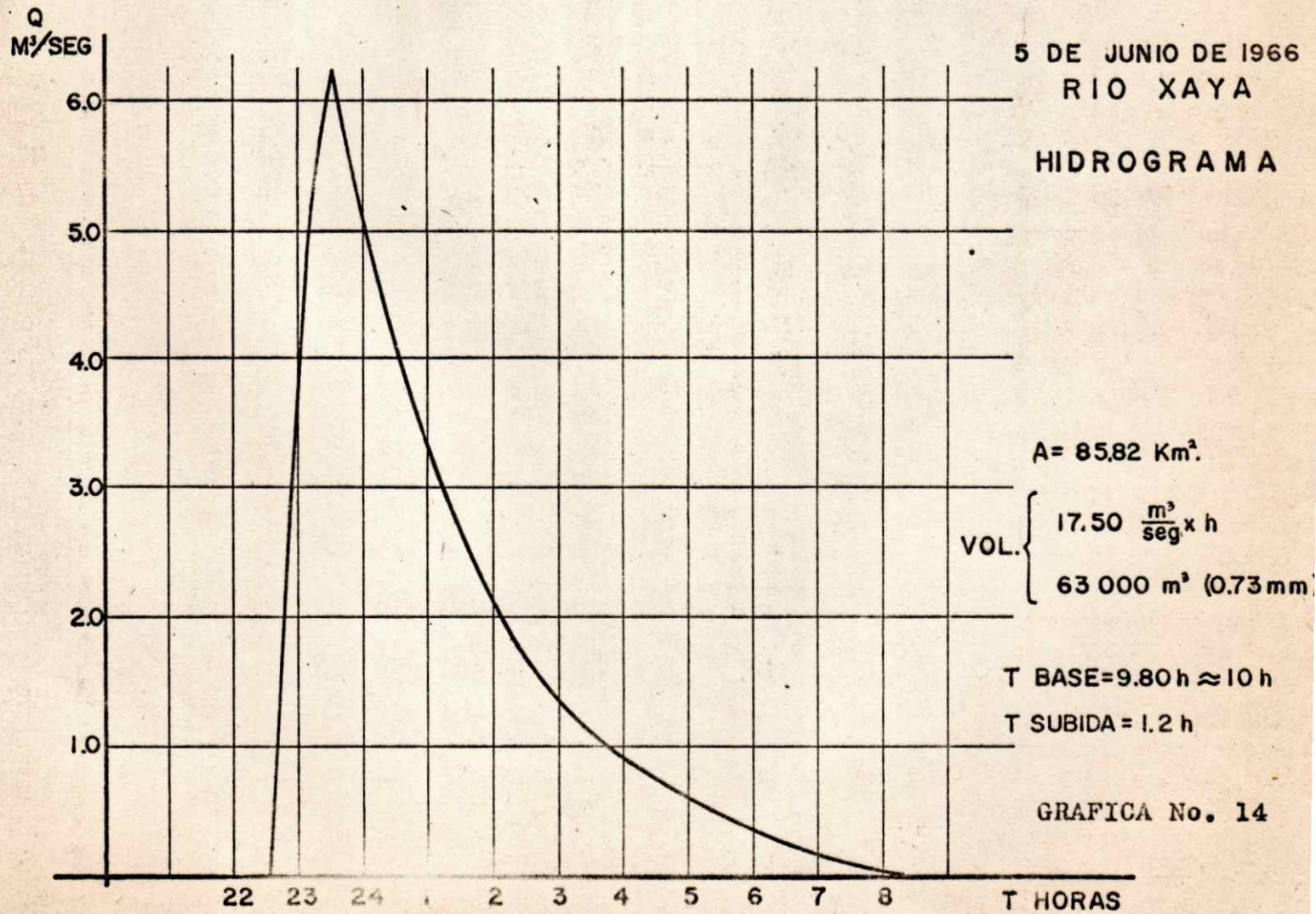
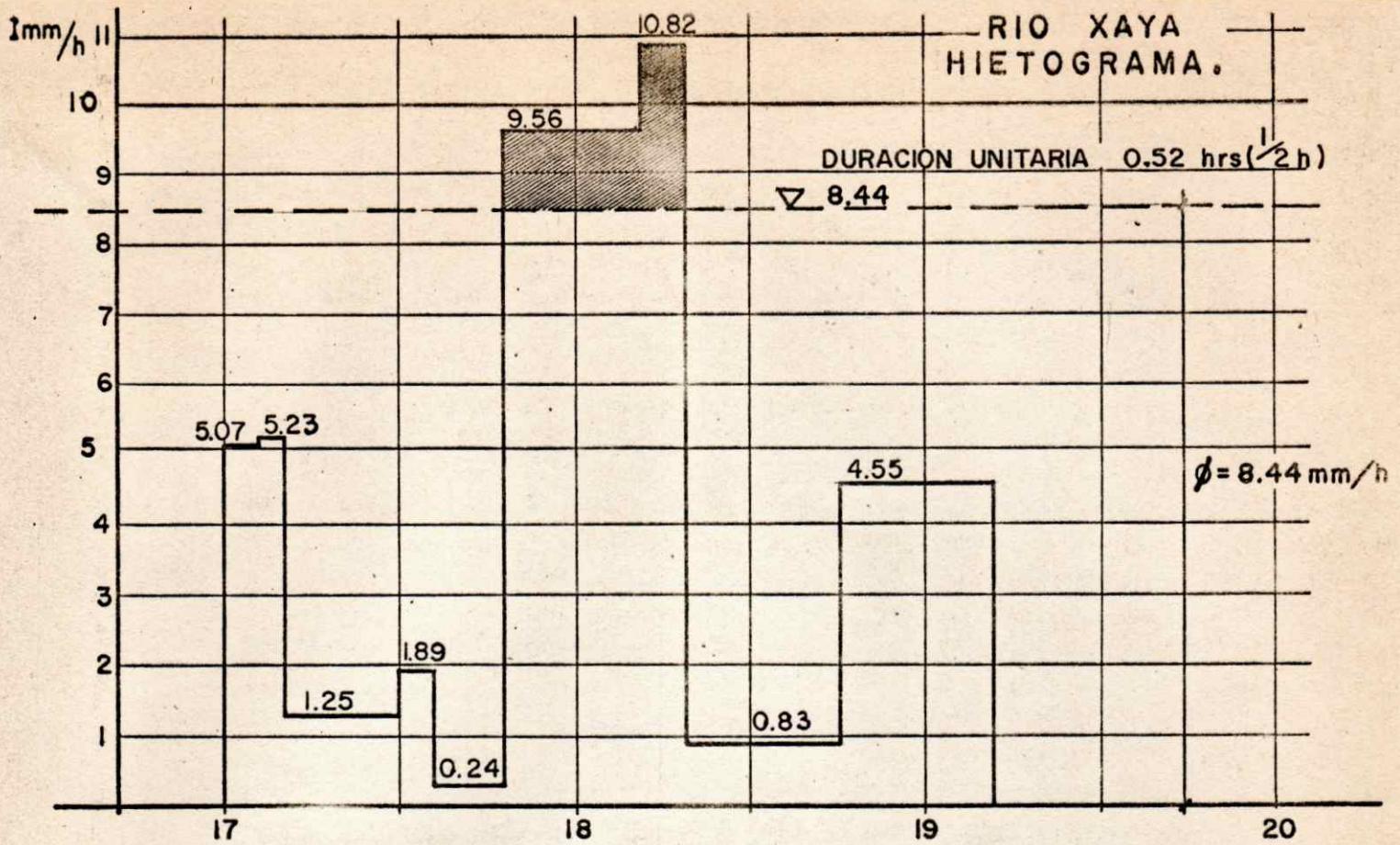
PROMEDIO

Δt	p	p.acu.
0.10	0.43	0.43
0.07	0.31	0.74
0.33	0.35	1.09
0.10	0.16	1.25
0.20	0.04	1.29
0.40	3.24	4.53
0.12	1.10	5.63
0.44	0.31	5.94
0.44	1.70	7.64

(Ver ref. 12)



GRAFICA No. 13



Obtención de Hidrograma Unitario (10 mm.)

Fecha: 5 de junio de 1966.

Calculado en base a un valor de 10 mm. de escorrentía y de acuerdo al postulado II (7, 14)

$$\frac{V_5}{V_u} = \frac{Q_5}{Q_u}$$

Q_u = Ordenada H. Unitario.
 Q_5 = Ordenada H. Superficial.
 V_u = 10 mm.
 V_5 = 0.73 mm.

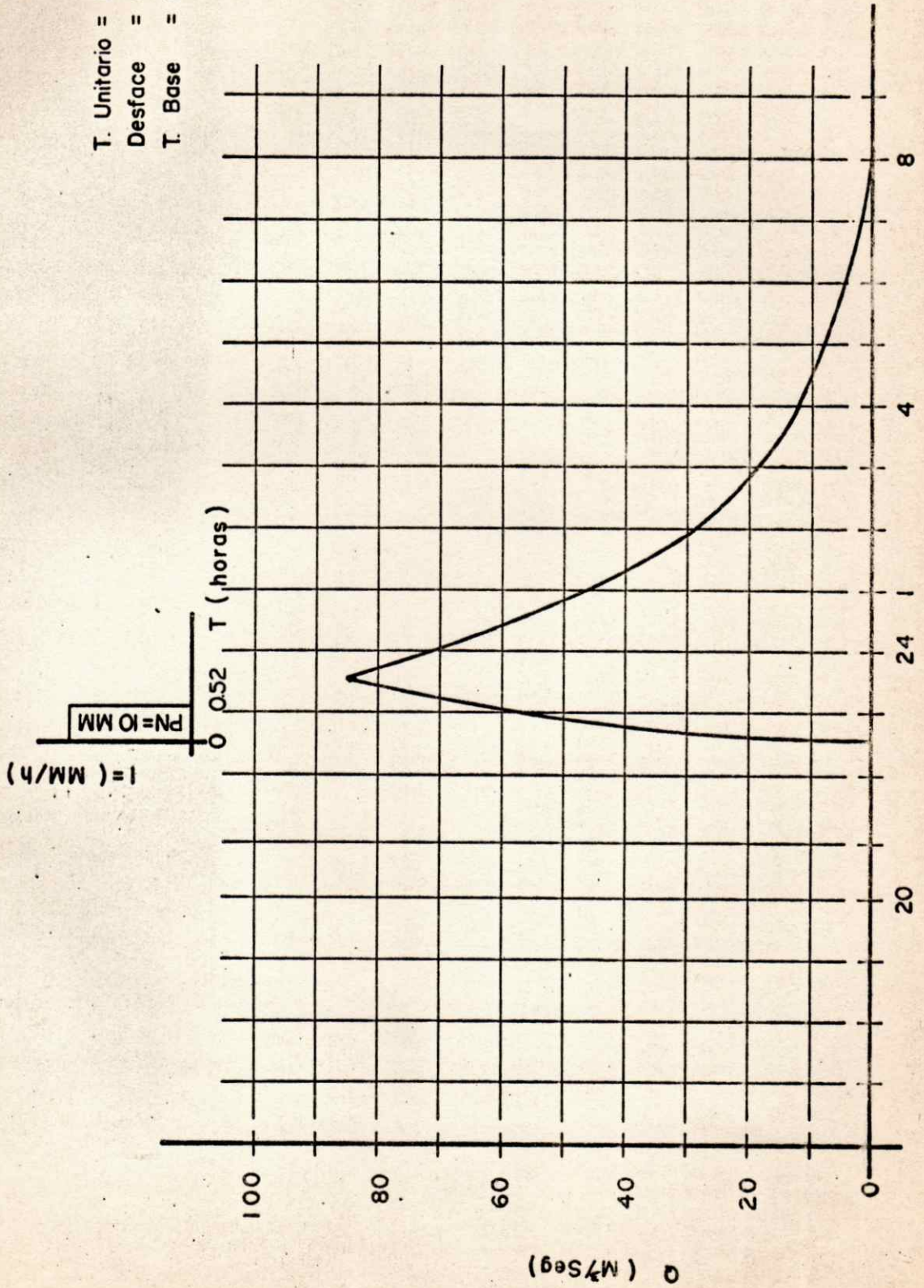
De donde: $Q_u = Q_5 \frac{V_u}{V_5}$

$$Q_u = 13.70 \times Q_5$$

Tiempo (Hrs.)	Q_5 (M ³ /Seg)	Q_u (M ³ /Seg).
22.55	0	0
23.00	4.06	55.62
23.50	6.06	83.02
23.55	6.14	84.12
23.60	6.12	83.84
23.90	5.45	74.67
24.00	5.18	70.97
1.00	3.31	45.35
2.00	2.07	28.36
3.00	1.36	18.63
4.00	0.89	12.19
5.00	0.65	8.91
6.00	0.35	4.80
7.00	0.15	2.06
8.00	0.03	0.41
8.40	0	0

HIDROGRAMA UNITARIO

T. Unitario = 0.52 h.
Desfase = 6.44 h.
T. Base = 9.80 h.



TEMA IV

APLICACION AL RIO PIXCAYA

CURVAS DE CALIBRACION

Ecuación de la Curva de Calibración:

Curva 1

$H_0 = -0.096$

(Ver gráfica No. 17)

Q (M ³ /seg.)	H (Mts.)	H-H ₀ (Mts.)
0.30	0.218	0.314
0.40	0.240	0.336
0.50	0.264	0.360
1.00	0.340	0.436
1.30	0.366	0.462
1.50	0.385	0.481

Curva 2

$H_0 = 0.292$

(Ver gráfica No. 17)

Q (M ³ /seg.)	H (Mts)	H-H ₀ (Mts)
0.60	0.395	0.103
0.90	0.440	0.148
1.00	0.455	0.163
1.35	0.500	0.208
1.50	0.520	0.228
1.72	0.550	0.258

Obtención de la ecuación de las curvas:

Curva 1

$$m = 3.77 \text{ (de la gráfica)} \quad m = \frac{Y_x - Y_0}{X_x - X_0} \quad H_0 = -0.096$$

De la curva

$$m = \frac{\log Q_x - \log Q_0}{\log (H_x - H_0) - \log (H - H_0)}$$

Si $Q_0 = 0.30$

$H - H_0 = 0.314$

$$3.77 = \frac{\text{Log } Qx - \text{Log } 0.30}{\text{Log } (Hx + 0.096) - \text{log } 0.314}$$

$$3.77 (\text{Log } (Hx + 0.096) - \text{Log } 0.314) = \text{Log } Qx - \text{log } 0.30$$

$$3.77 \text{ Log } \frac{(Hx + 0.096)}{0.314} = \text{Log } \frac{Qx}{0.30}$$

$$\text{De donde: } \frac{(Hx + 0.096)^{3.77}}{0.314} = \frac{Qx}{0.30}$$

$$Qx = 0.30 \times \frac{(Hx + 0.096)^{3.77}}{0.314}$$

Curva 2

$$m = 1.13 \quad H_0 = 0.292$$

$$\text{Si } Q_0 = 0.58 \quad H - H_0 = 0.10$$

$$1.13 = \frac{\text{Log } Qx - \text{log } 0.58}{\text{Log } (Hx - 0.292) - \text{log } 0.10}$$

$$1.13 (\text{Log } (Hx - 0.292) - \text{log } 0.10) = \text{Log } Qx - \text{log } 0.58$$

$$1.13 \text{ Log } \frac{(Hx - 0.292)}{0.10} = \text{Log } \frac{Qx}{0.58}$$

$$\text{De donde } \frac{(Hx - 0.292)^{1.13}}{0.10} = \frac{Qx}{0.58}$$

$$Qx = \frac{(Hx - 0.292)^{1.13}}{0.10} \times 0.58$$

Chequeo Curva 1

Valores de $(Hx - h_0)$ tomados de la gráfica. 16

$$\text{Si } Hx - H_0 = 0.45 \text{ y } H_0 = 0.096 \quad Hx = 0.354$$

$$Qx = \frac{(0.354 + 0.096)^{3.77}}{0.314} \times 0.3 = 1.15 \quad 1.16 \text{ (de la gráfica 16)}$$

$$\text{Si } H_x - h_0 = 0.25$$

66

$$Q_x = \frac{(0.25)^{3.77}}{(0.314)} \times 0.3 = 0.13 \quad (\text{coincide con la gráfica 16})$$

$$\text{Si } H_x - h_0 = 0.40$$

$$Q_x = \frac{(0.40)^{3.77}}{(0.314)} \times 0.30 = 0.74$$

Chequeo Curva 2

$$\text{Si } H_x - h_0 = 0.34$$

$$\text{y } h_0 = 0.292$$

$$H_x = 0.632$$

$$Q_x = \frac{(0.632 - 0.292)^{1.13}}{(0.10)} \times 0.58 = \frac{(0.34)^{1.13}}{(0.10)} \times 0.58$$

$$= (3.4)^{1.13} \times 0.58 = 0.231 \quad (\text{coincide con la gráfica 16})$$

Grafico para la obtención de la fórmula de la Curva de Calibración

ESTACION "El Tesoro"

Río Pucará

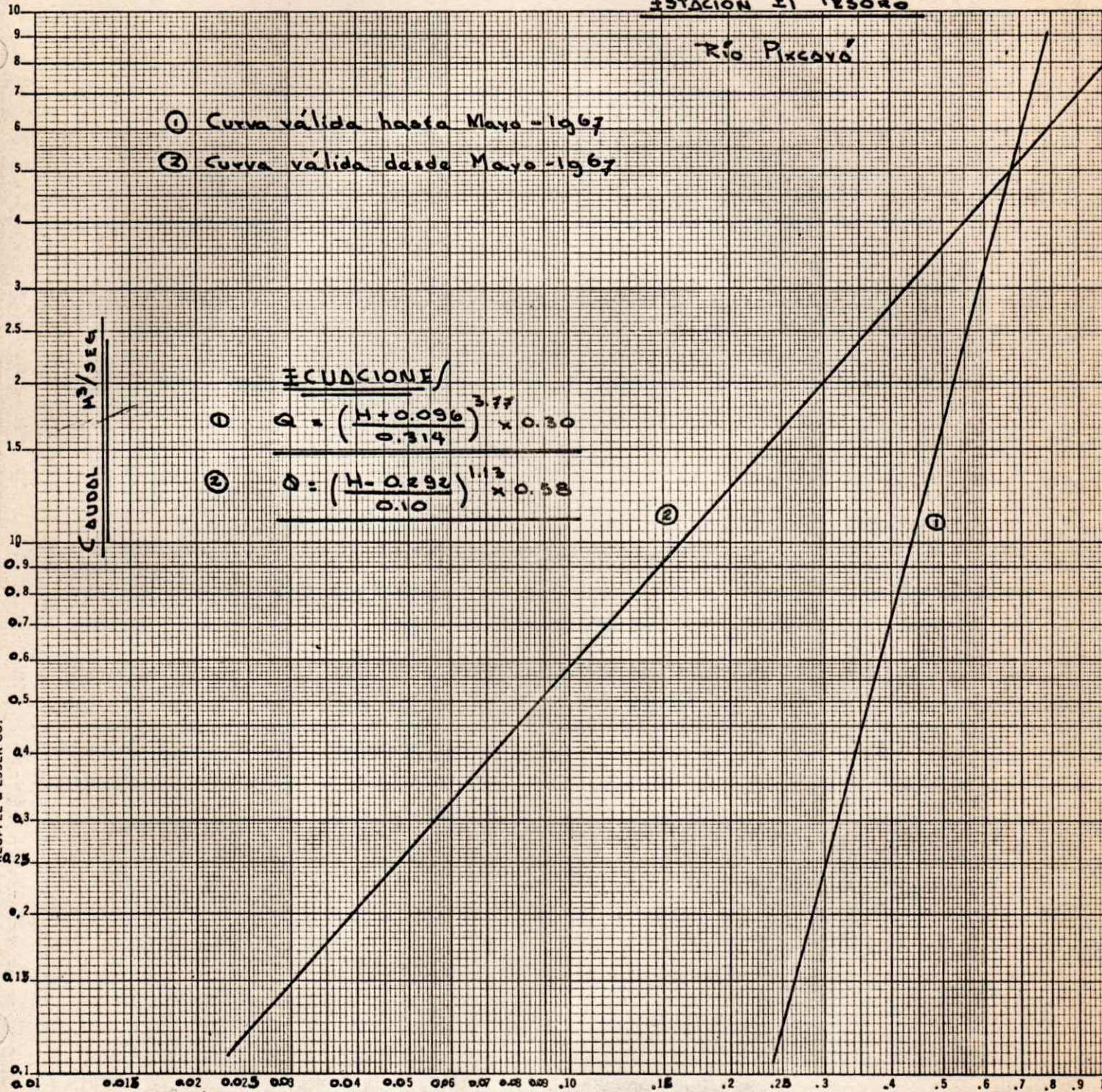
- ① Curva válida hasta Mayo - 1967
- ② Curva válida desde Mayo - 1967

CAUDAL M³/SEG

Ecuaciones

① $Q = \left(\frac{H + 0.096}{0.314} \right)^{3.77} \times 0.30$

② $Q = \left(\frac{H - 0.292}{0.10} \right)^{1.12} \times 0.58$



(H-H₀) MTS

GRAFICA No. 16

Tabla para el trazo de Curvas en papel milimetrado:

a) De la gráfica $H_{0-1} = - 0.096$ $H_{0-2} = 0.292$

Curva 1			Curva 2	
Q	$h - h_0$	H	$h - h_0$	H
0.10	0.237	0.141	0.0214	0.313
0.15	0.265	0.169	0.0305	0.322
0.20	0.286	0.190	0.0390	0.331
0.25	0.301	0.205	0.0430	0.340
0.30	0.318	0.222	0.0560	0.348
0.35	0.330	0.234	0.0641	0.356
0.40	0.342	0.246	0.0720	0.364
0.45	0.351	0.255	0.0800	0.372
0.50	0.360	0.264	0.0880	0.380
0.55	0.371	0.275	0.0955	0.387
0.60	0.380	0.284	0.1040	0.396
0.65	0.388	0.292	0.1110	0.403
0.70	0.395	0.299	0.1180	0.410
0.80	0.410	0.314	0.1340	0.426
0.90	0.422	0.326	0.1480	0.440
1.00	0.436	0.340	0.1620	0.454
1.20	0.455	0.359	0.1900	0.482
1.40	0.475	0.379	0.2180	0.510
1.60	0.490	0.394	0.2450	0.537
1.80	0.508	0.412	0.2700	0.562
2.00	0.520	0.424	0.3000	0.592
2.50	0.550	0.454	0.3620	0.654
3.00	0.580	0.484	0.4280	0.720
3.50	0.605	0.509	0.4900	0.782
4.00	0.628	0.532	0.5500	0.842
4.50	0.648	0.552	0.6080	0.900
5.00	0.660	0.564	0.6650	0.957

b) Por las Ecuaciones de las Curvas:

H	$C = \frac{(Hx + 0.096)}{(0.314)}$	$C^{3.77} \times 0.30$	H	$D = \frac{(H - 0.292)}{(0.10)}$	$D^{1.13} \times 0.58$
0.58	2.153	5.37	0.98	6.90	5.13
0.60	2.217	6.00	1.00	7.10	5.32
0.65	2.375	7.80	1.20	9.10	7.02
0.70	2.535	10.14	1.40	11.10	8.82
0.75	2.694	12.42	1.50	12.10	9.72
0.80	2.854	15.90			

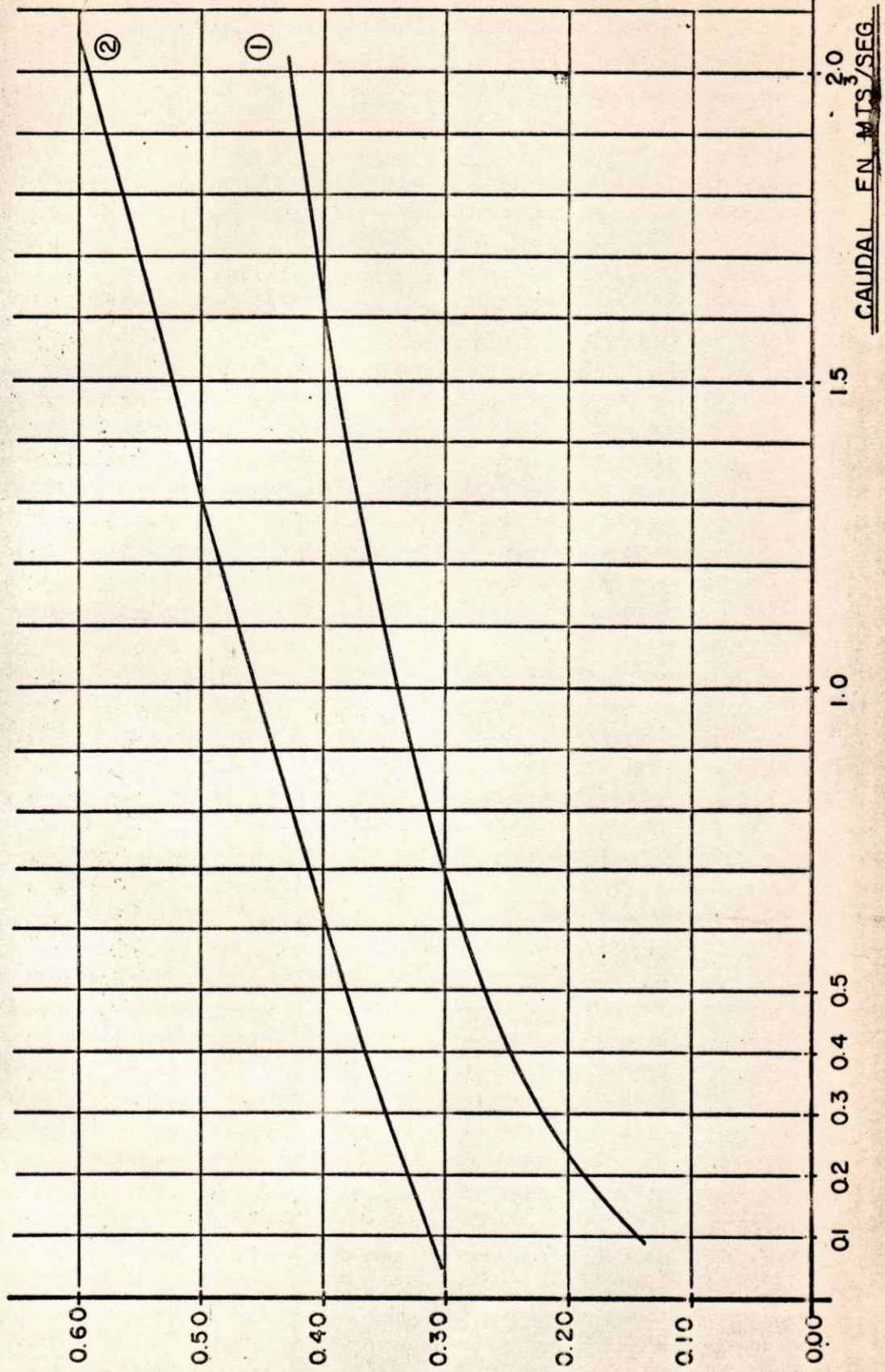
CURVAS DE CALIBRACION

ESTACION EL TESORO

RIO PIXCAYA

CAUDALES BAJOS

ALTURA EN METROS



CURVAS DE CALIBRACION

ESTACION EL TESORO
RIO PIXCAYA

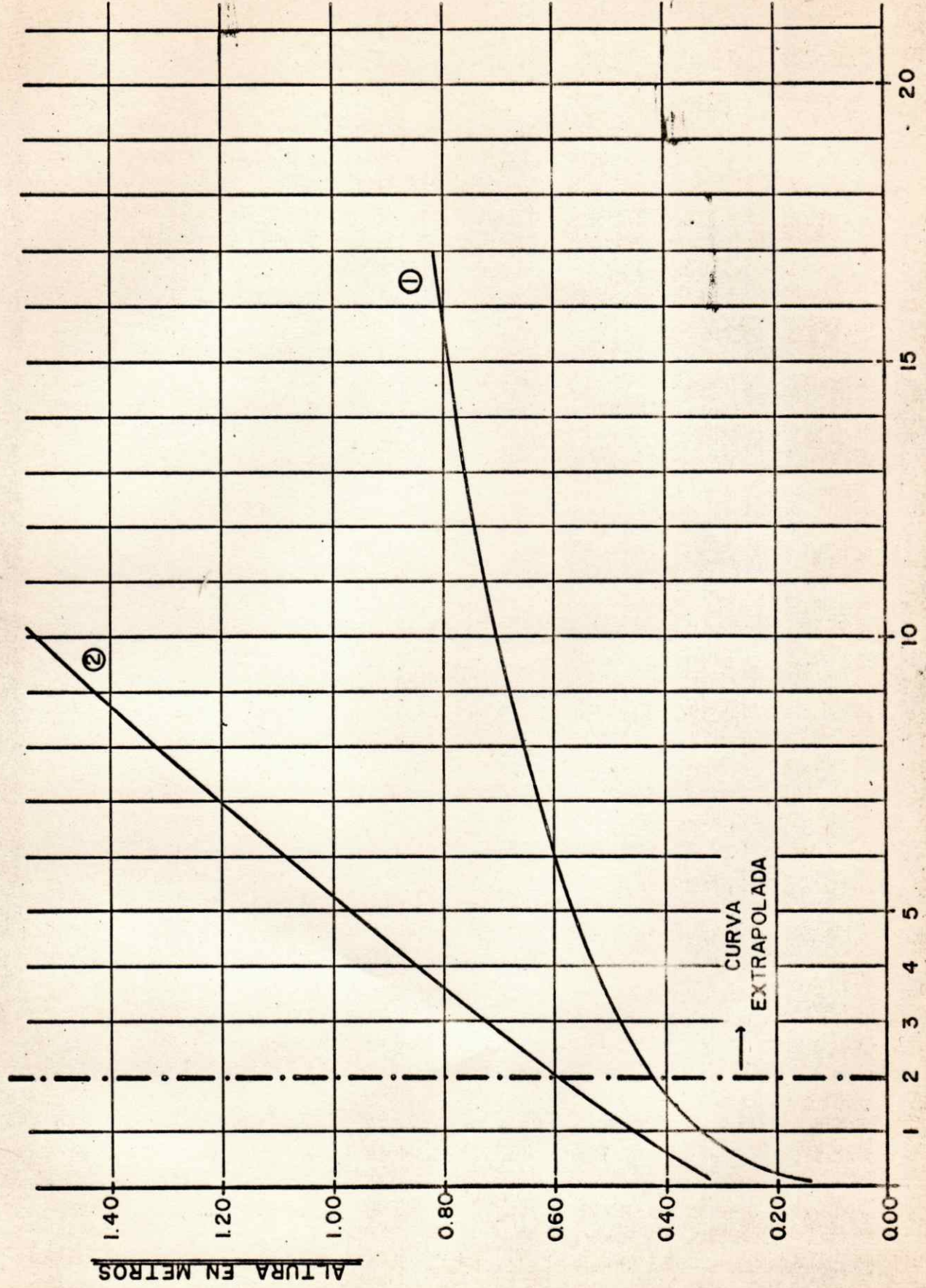


Tabla de Conversión: Alturas - Caudales

H (Mts)	Q(M ³ /Seg)		H (Mts)	Q(M ³ /Seg)		H (Mts)	Q(M ³ /Seg)	
	1	2		1	2		1	2
0.14	0.10		0.49	3.15	1.25	0.84		3.92
0.15	0.118		0.50	3.34	1.32	0.85		4.00
0.16	0.140		0.51	3.55	1.40	0.86		4.10
0.17	0.160		0.52	3.80	1.475	0.87		4.20
0.18	0.180		0.53	4.00	1.55	0.88		4.29
0.19	0.207		0.54	4.28	1.625	0.89		4.37
0.20	0.239		0.55	4.50	1.70	0.90		4.44
0.21	0.262		0.56	4.80	1.78	0.91		4.51
0.22	0.298		0.57	5.10	1.85	0.92		4.60
0.23	0.335		0.58	5.40	1.90	0.93		4.70
0.24	0.375		0.59	5.70	2.00	0.94		4.80
0.25	0.420		0.60	6.00	2.05	0.95		4.87
0.26	0.460		0.61	6.35	2.12	0.96		4.95
0.27	0.515		0.62	6.70	2.20	0.97		5.03
0.28	0.57		0.63	7.10	2.28	0.98		5.14
0.29	0.63		0.64	7.45	2.38	0.99		5.20
0.30	0.70		0.65	7.80	2.44	1.00		5.30
0.31	0.78	0.087	0.66	8.20	2.51			
0.32	0.85	0.14	0.67	8.60	2.60			
0.33	0.93	0.20	0.68	9.00	2.68			
0.34	1.01	0.25	0.69	9.45	2.75			
0.35	1.10	0.31	0.70	9.85	2.82			
0.36	1.20	0.37	0.71	10.30	2.90			
0.37	1.30	0.435	0.72	10.80	3.00			
0.38	1.40	0.50	0.73	11.30	3.08			
0.39	1.51	0.56	0.74	11.90	3.14			
0.40	1.64	0.63	0.75	12.40	3.22			
0.41	1.77	0.70	0.76	13.00	3.30			
0.42	1.92	0.76	0.77	13.70	3.39			
0.43	2.10	0.83	0.78	14.40	3.44			
0.44	2.21	0.90	0.79	15.10	3.53			
0.45	2.40	0.97	0.80	15.80	3.62			
0.46	2.58	1.03	0.81		3.70			
0.47	2.73	1.11	0.82		3.80			
0.48	2.95	1.18	0.83		3.87			

CAUDALES MEDIOS

ACUEDUCTO NACIONAL "XAYA PIXCAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1966-67

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG)ESTACION: EL TESORO RIO: PIXCAYA CUENCA: MOTAGUA.

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	1.09	0.82	2.80	1.92	2.65	1.78	1.62	1.12	1.50	1.18	1.02	1.02
2	1.40	0.71	2.57	1.83	2.28	1.78	1.62	1.12	1.35	1.09	1.02	1.02
3	1.53	0.71	2.85	2.57	2.10	1.78	1.50	1.12	1.35	1.12	1.02	1.02
4	1.35	0.86	1.85	2.79	1.92	1.62	1.50	1.12	1.50	1.29	0.93	1.02
5	1.68	1.23	1.78	4.58	2.10	1.55	1.22	1.12	1.50	1.42	0.93	1.02
6	1.66	1.17	1.62	2.90	2.52	1.70	1.35	1.12	1.50	1.56	0.93	1.02
7	1.38	0.71	1.50	3.82	2.65	1.50	1.35	1.12	1.50	1.56	1.02	1.12
8	1.45	0.76	2.12	3.55	2.46	1.50	1.35	1.22	1.62	1.42	1.02	1.02
9	1.25	0.91	1.86	2.86	2.46	1.50	1.22	1.12	1.50	1.29	1.02	1.27
10	0.95	1.18	2.37	2.28	2.28	1.50	1.22	1.02	1.35	1.18	1.02	1.59
11	0.74	0.92	1.87	2.65	2.28	1.35	1.22	1.02	1.29	1.28	0.93	1.35
12	0.71	0.85	2.63	2.46	2.28	1.35	1.22	1.02	1.42	1.11	0.93	1.35
13	0.71	0.93	6.51	2.28	2.36	1.35	1.22	1.02	1.35	1.02	0.93	1.22
14	0.78	1.02	4.50	2.46	2.53	1.35	1.22	1.02	1.22	1.18	0.93	1.35
15	0.78	1.08	5.10	2.46	2.46	1.35	1.35	1.02	1.22	1.18	0.93	1.35
16	0.78	1.85	4.10	2.28	2.28	1.74	1.22	1.02	1.35	1.18	0.93	1.53
17	0.85	2.16	2.85	2.10	2.10	1.84	1.22	1.02	1.42	1.18	0.93	1.78
18	0.93	1.54	2.34	2.10	2.21	2.34	1.22	1.12	1.50	1.18	0.93	1.22
19	0.94	1.50	2.28	1.92	2.10	2.37	1.12	1.12	1.62	1.18	0.92	1.02
20	0.80	2.47	2.10	2.28	2.10	2.10	1.12	1.12	1.62	1.22	0.93	1.12
21	0.79	7.20	2.10	2.10	1.92	2.10	1.12	1.02	1.56	1.15	0.93	1.23
22	0.90	2.65	1.92	1.92	2.10	1.92	1.12	1.12	1.56	1.18	1.02	1.12
23	0.93	4.80	1.78	1.92	1.92	2.10	1.12	1.12	1.42	1.18	1.02	1.02
24	0.93	4.62	1.78	1.78	1.92	2.10	1.12	1.12	1.29	1.18	1.02	1.02
25	1.02	3.19	1.62	1.78	1.78	2.10	1.12	1.12	1.35	1.22	1.02	0.93
26	0.93	3.95	1.62	1.78	1.78	2.10	1.12	1.22	1.41	1.12	1.02	0.93
27	1.02	3.74	1.62	3.82	1.62	1.92	1.12	1.35	1.56	0.98	1.02	1.01
28	0.78	4.18	1.62	3.82	1.62	1.92	1.12	1.50	1.56	0.96	1.02	0.93
29	0.84	4.09	2.36	3.30	1.78	1.78	1.12	1.50	1.42		1.02	0.93
30	0.89	3.86	2.64	2.85	1.78	1.62	1.12	1.35	1.29		1.02	0.93
31	1.08		1.35	2.65		1.62		1.35	1.18		1.02	

ACUEDUCTO NACIONAL "KAYA PIXCAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1967-68CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG)ESTACION: EL TESORORIO: PIXCAYACUENCA: MOTAGUA.

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	1.03	1.20	1.42	1.42	1.49	1.73	1.49	1.34	1.27	1.27	1.34	1.42
2	1.03	1.49	1.34	1.34	1.49	1.65	1.49	1.34	1.27	1.27	1.34	1.42
3	1.03	1.42	1.34	1.34	1.49	1.81	1.49	1.34	1.27	1.27	1.34	1.42
4	1.03	1.42	1.34	1.27	1.56	1.73	1.49	1.27	1.27	1.27	1.34	1.42
5	1.13	1.34	1.27	1.27	1.65	1.81	1.49	1.27	1.27	1.27	1.34	1.42
6	1.13	1.56	1.34	1.31	1.57	1.87	1.42	1.27	1.27	1.27	1.34	1.42
7	1.03	1.76	1.34	1.43	1.49	2.04	1.42	1.27	1.27	1.27	1.34	1.42
8	1.03	1.65	1.42	1.49	1.49	1.88	1.42	1.27	1.27	1.27	1.34	1.81
9	1.03	1.74	1.42	1.34	1.71	1.94	1.42	1.27	1.27	1.32	1.34	1.42
10	1.03	1.49	1.27	1.34	1.36	2.12	1.42	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
11	1.03	1.42	1.42	1.34	1.65	1.90	1.42	1.27	1.27	1.48	1.34	1.34
12	1.03	1.27	1.49	1.84	1.65	2.44	1.42	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
13	1.13	1.34	1.34	1.83	1.65	2.38	1.34	1.34	1.27	1.48	1.34	1.34
14	1.03	1.27	1.34	1.57	1.68	2.12	1.34	1.42	1.27	1.40	1.34	1.34
15	1.03	1.27	1.34	1.49	1.95	1.96	1.34	1.34	1.27	1.48	1.34	1.34
16	1.03	1.34	1.34	1.42	1.73	1.88	1.42	1.34	1.27	1.40	1.34	1.34
17	1.03	1.53	1.47	1.42	1.65	1.88	1.42	1.34	1.27	1.48	1.34	1.34
18	1.03	1.42	1.67	1.42	1.49	1.88	1.34	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
19	1.03	1.34	1.69	1.49	1.42	1.81	1.34	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
20	1.03	1.34	2.12	1.49	1.42	1.81	1.34	1.27	1.20	1.48	1.34	1.34
21	1.13	1.42	1.81	1.59	1.42	1.73	1.34	1.27	1.27	1.48	1.34	1.34
22	1.03	1.49	1.65	1.66	1.42	1.65	1.34	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
23	1.03	1.42	1.49	1.84	1.42	1.57	1.34	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
24	1.03	1.34	1.42	1.65	1.42	1.57	1.34	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
25	1.13	1.34	1.34	1.57	1.42	1.57	1.34	1.27	1.27	1.32	1.34	1.34
26	1.13	1.27	1.42	1.57	1.42	1.57	1.34	1.27	1.20	1.32	1.34	1.34
27	0.49	1.27	1.34	1.64	1.49	1.49	1.27	1.27	1.27	1.32	1.34	1.34
28	0.70	1.27	1.42	1.65	1.65	1.49	1.34	1.27	1.27	1.40	1.34	1.34
29	0.77	1.63	1.34	1.49	1.73	1.42	1.34	1.27	1.27	1.32	1.34	1.34
30	0.84	1.52	1.42	1.49	1.88	1.42	1.34	1.27	1.27		1.34	1.34
31	0.91		1.34	1.57		1.42		1.27	1.27		1.34	

ACUEDUCTO NACIONAL "KAYA PIXCAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1968-69

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG).ESTACION: EL TESORORIO: PIXCAYACUENCA: MOTAGUA.

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	1.49	1.96	1.78	1.32	1.48	1.80	1.65	0.91	1.05	0.94	0.91	0.56
2	1.65	2.51	1.78	1.32	1.40	1.65	1.49	0.91	1.05	0.98	0.91	0.62
3	1.65	1.72	1.90	1.32	2.00	1.65	1.49	0.91	0.98	0.94	0.98	0.62
4	1.65	2.28	1.85	1.40	1.48	1.96	1.45	0.91	0.98	0.98	0.91	1.17
5	1.65	2.20	2.12	1.62	1.85	1.96	1.74	0.91	0.98	0.91	0.84	0.58
6	1.65	1.65	2.00	1.62	1.78	2.60	1.50	0.91	0.98	0.91	0.84	0.56
7	1.65	1.49	1.90	1.70	2.00	2.12	1.28	0.91	0.98	0.94	0.76	0.56
8	1.65	1.65	2.00	1.55	2.44	1.96	1.26	0.91	0.98	0.91	0.76	0.51
9	1.65	1.65	1.78	1.48	2.05	1.96	1.26	0.91	0.98	0.91	0.76	0.71
10	1.65	1.72	1.70	1.48	2.05	1.80	1.26	0.91	0.98	0.91	0.70	0.62
11	1.65	1.65	1.70	1.40	1.78	1.96	1.26	0.91	0.91	0.94	0.62	0.70
12	1.65	1.65	1.78	1.32	1.85	2.12	1.22	0.98	0.91	0.94	0.62	0.76
13	1.65	1.80	1.90	1.40	1.70	2.12	1.22	1.01	0.91	0.98	0.62	0.84
14	1.68	1.80	1.78	1.32	1.70	2.44	1.26	1.05	0.91	0.98	0.62	0.84
15	1.49	2.28	1.55	1.40	1.62	1.96	1.26	1.05	0.91	0.91	0.60	0.84
16	1.49	2.38	1.48	1.32	1.70	1.80	1.26	1.08	0.91	0.94	0.70	0.84
17	1.49	1.96	1.48	1.32	1.70	1.80	1.20	1.12	0.91	0.98	0.62	0.84
18	1.49	1.80	1.48	1.32	2.60	1.96	1.20	1.12	0.91	0.91	0.62	0.91
19	1.49	2.12	1.48	1.55	2.82	2.28	1.20	1.12	0.91	0.91	0.62	0.91
20	1.96	2.38	1.48	1.70	3.08	2.12	1.20	1.08	0.91	0.94	0.62	0.84
21	1.65	2.28	1.63	1.78	3.47	2.05	1.12	1.08	0.91	0.96	0.62	0.84
22	1.65	3.08	1.55	1.78	2.90	2.12	1.12	1.05	0.91	0.94	0.62	0.84
23	1.49	1.96	1.48	1.55	3.22	3.14	1.05	1.05	0.84	0.96	0.62	0.91
24	1.34	1.56	1.40	1.48	2.28	3.87	1.05	1.05	0.91	0.94	0.62	0.91
25	2.12	1.49	1.40	1.40	2.05	2.82	1.05	1.05	0.91	0.91	0.56	0.91
26	2.38	1.56	1.32	1.40	2.12	2.60	1.05	1.08	0.91	0.94	0.56	0.91
27	1.72	1.65	1.32	1.40	2.12	2.12	1.05	1.08	0.95	0.91	0.49	0.91
28	1.65	1.80	1.32	1.32	2.05	2.68	0.98	1.08	0.98	0.94	0.56	0.91
29	1.49	1.96	1.32	1.32	1.85	1.80	0.98	1.12	0.98		0.56	0.84
30	1.49	2.38	1.32	1.32	1.78	1.65	0.98	1.08	0.91		0.56	0.86
31	1.49		1.32	1.48		1.65		1.05	0.91		0.56	

ACUEDUCTO NACIONAL "XAYA PIXCAYA"

AÑO HIDROLOGICO: 1969-70CAUDALES MEDIOS DIARIOS (M³/SEG).ESTACION: EL TESORO RIO: PIXCAYA CUENCA: MOTAGUA.

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	0.83	0.97	1.11	1.11	1.48	1.85	1.11	0.70	1.78	1.03	1.11	0.90
2	0.83	0.90	1.11	1.18	1.48	1.90	1.11	0.70	1.78	1.18	1.03	0.90
3	0.83	0.90	1.25	1.62	1.70	1.63	1.18	0.70	1.78	1.18	0.97	0.90
4	0.90	0.90	1.56	1.85	2.44	1.74	1.18	0.76	1.78	1.18	0.90	0.90
5	0.97	0.97	1.11	1.90	5.58	1.85	1.11	0.76	1.85	1.18	0.83	0.90
6	0.83	1.32	1.11	1.90	3.47	2.03	1.11	0.76	1.78	1.11	0.83	0.90
7	0.90	1.13	1.03	1.85	2.97	1.90	1.11	0.76	1.49	1.03	0.76	0.90
8	0.90	1.18	1.55	1.85	2.68	1.90	1.11	0.70	1.11	1.03	0.76	0.90
9	0.90	0.97	1.70	2.09	2.75	1.85	1.11	0.83	1.03	1.18	0.97	0.90
10	0.97	0.97	1.55	2.20	2.60	1.78	0.97	1.25	1.03	1.18	0.97	0.90
11	0.97	0.97	1.70	2.12	2.71	1.70	0.90	1.62	0.97	1.18	0.90	0.83
12	0.90	1.03	1.70	2.16	2.44	1.63	0.90	1.62	0.97	1.18	0.90	0.83
13	0.97	1.03	1.62	2.00	2.55	1.75	0.97	1.62	1.03	1.18	0.90	1.08
14	0.97	1.25	1.48	1.88	2.12	1.32	0.97	1.62	1.03	1.11	0.90	0.75
15	0.97	1.25	1.48	1.78	1.85	1.32	0.90	1.62	1.03	1.11	0.90	0.83
16	0.90	1.25	1.40	1.71	1.90	1.86	0.90	1.70	1.03	1.11	0.97	0.63
17	0.98	1.25	1.48	1.90	1.78	1.75	0.83	1.70	1.03	1.11	0.97	0.50
18	1.11	1.18	1.48	1.78	1.85	1.48	0.76	1.70	1.03	1.11	0.97	0.37
19	0.90	1.18	1.55	1.78	2.08	1.40	0.76	1.70	0.97	1.11	0.90	0.37
20	0.90	1.18	1.55	1.78	1.90	1.90	0.83	1.70	0.97	1.11	0.90	1.03
21	0.90	1.18	1.55	1.78	1.82	2.32	0.76	1.78	0.97	1.18	0.90	1.03
22	0.83	1.18	1.55	1.78	2.12	1.85	0.76	1.78	0.97	1.18	0.90	1.03
23	0.83	1.18	1.48	1.78	2.56	1.78	0.76	1.78	1.03	1.03	0.90	1.03
24	0.83	1.11	1.48	1.78	2.44	1.63	0.70	1.78	1.03	1.03	0.90	1.11
25	0.83	1.11	1.48	1.68	2.60	1.55	0.70	1.78	1.03	1.03	0.83	1.11
26	0.97	1.11	1.48	1.70	2.51	1.40	0.70	1.78	0.97	1.03	0.83	1.11
27	1.03	1.11	1.48	1.70	2.38	1.40	0.70	1.78	0.97	1.11	0.76	0.97
28	0.97	1.11	0.97	1.62	2.38	1.32	0.70	1.78	0.97	1.11	0.76	1.03
29	0.90	1.11	1.03	1.62	2.00	1.32	0.70	1.78	0.97		0.70	1.03
30	0.95	1.11	1.03	1.48	2.00	1.47	0.70	1.78	0.97		0.90	1.03
31	1.22		1.11	1.48		1.25		1.78	1.03		0.90	

ESTACION "EL TESORO"

RIO PIXCAYA

CAUDALES EN M³/SEG.

Mes	AÑO			
	66-67	67-68	68-69	69-70
MAYO	1.03	1.00	1.64	0.93
JUNIO	2.19	1.42	1.95	1.10
JULIO	2.48	1.44	1.62	1.39
AGOSTO	2.58	1.50	1.45	1.73
SETIEMBRE	2.14	1.58	2.10	2.37
OCTUBRE	1.76	1.79	2.15	1.67
NOVIEMBRE	1.25	1.39	1.24	0.90
DICIEMBRE	1.15	1.29	1.01	1.42
ENERO	1.43	1.26	0.94	1.17
FEBRERO	1.21	1.37	0.94	1.12
MARZO	0.98	1.34	0.68	0.89
ABRIL	1.15	1.38	0.79	0.89

CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

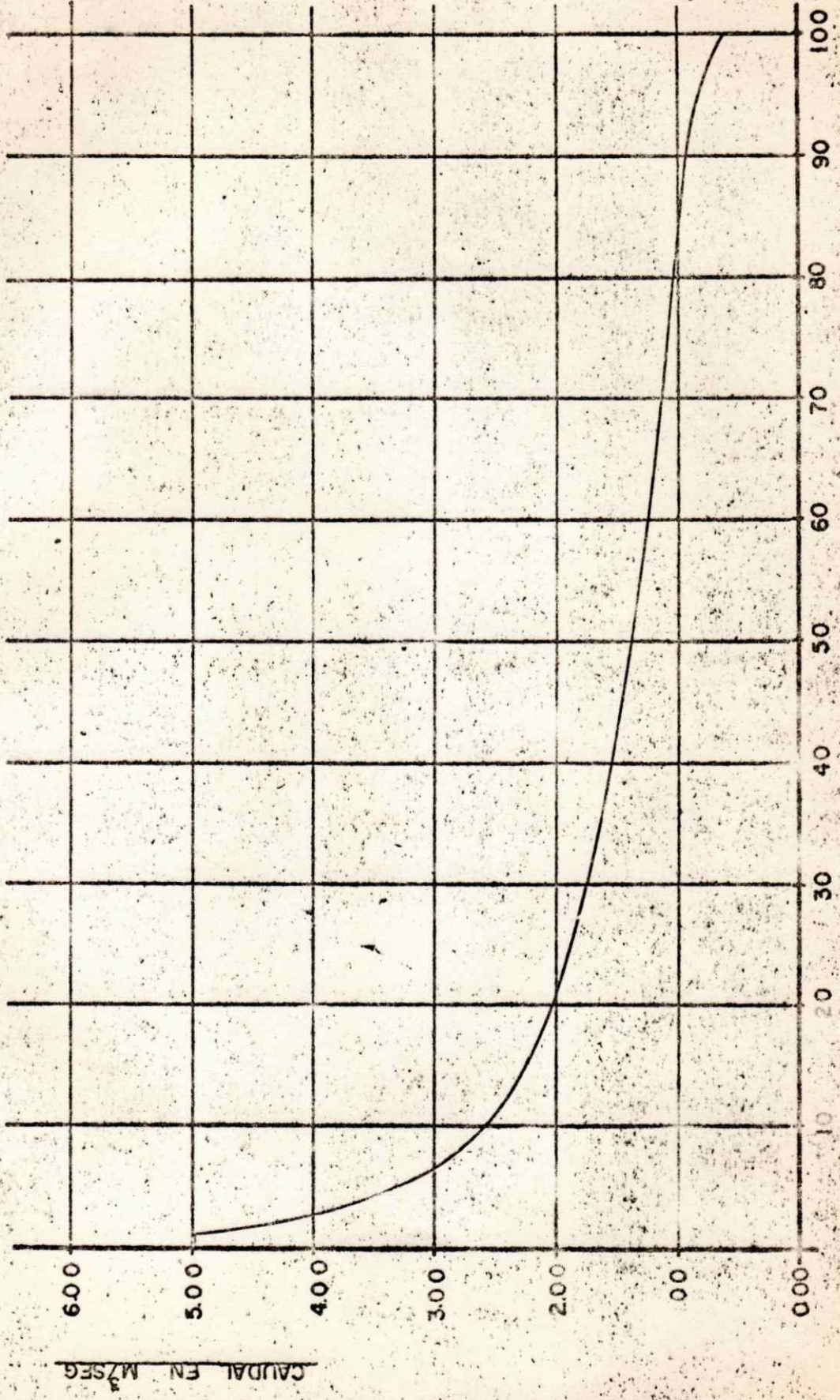
TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALESRIO: PIXCAYAESTACION: EL TESORO

AÑO 1,966-67.-

LIMITES	i	f	F	%F
.70 - .79	0.10	12	365	100.00
.80 - .89	0.10	7	353	96.72
.90 - .94	0.05	28	346	94.80
.95 - .99	0.05	3	318	87.13
1.00 - 1.04	0.05	41	315	86.31
1.05 - 1.09	0.05	4	274	75.08
1.10 - 1.14	0.05	33	270	73.98
1.15 - 1.19	0.05	15	237	64.94
1.20 - 1.24	0.05	20	222	60.83
1.25 - 1.29	0.05	7	202	55.35
1.30 - 1.34	0.05	0	0	53.43
1.35 - 1.39	0.05	25	195	53.43
1.40 - 1.44	0.05	8	170	46.58
1.45 - 1.49	0.05	1	162	44.39
1.50 - 1.59	0.10	28	161	44.12
1.60 - 1.69	0.10	17	133	31.79
1.70 - 1.79	0.10	17	116	31.79
1.80 - 1.89	0.10	7	99	27.13
1.90 - 1.99	0.10	12	92	25.21
2.00 - 2.09	0.10	0	80	21.92
2.10 - 2.19	0.10	19	80	21.92
2.20 - 2.29	0.10	11	61	16.70
2.30 - 2.39	0.10	6	50	13.70
2.40 - 2.49	0.10	7	44	12.06
2.50 - 2.59	0.10	4	37	10.14
2.60 - 2.79	0.20	8	33	9.04
2.80 - 2.99	0.20	6	25	6.85
3.00 - 3.49	0.50	2	19	5.21
3.50 - 3.99	0.50	7	17	4.66
4.00 - 4.99	1.00	7	10	2.74
5.00 - 10.00	5.00	3	3	0.82

AÑO 1966 — 1967

ESTACION EL TESORO
RIO PIXCAYA



PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 19

TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

RIO: PIXCAYA

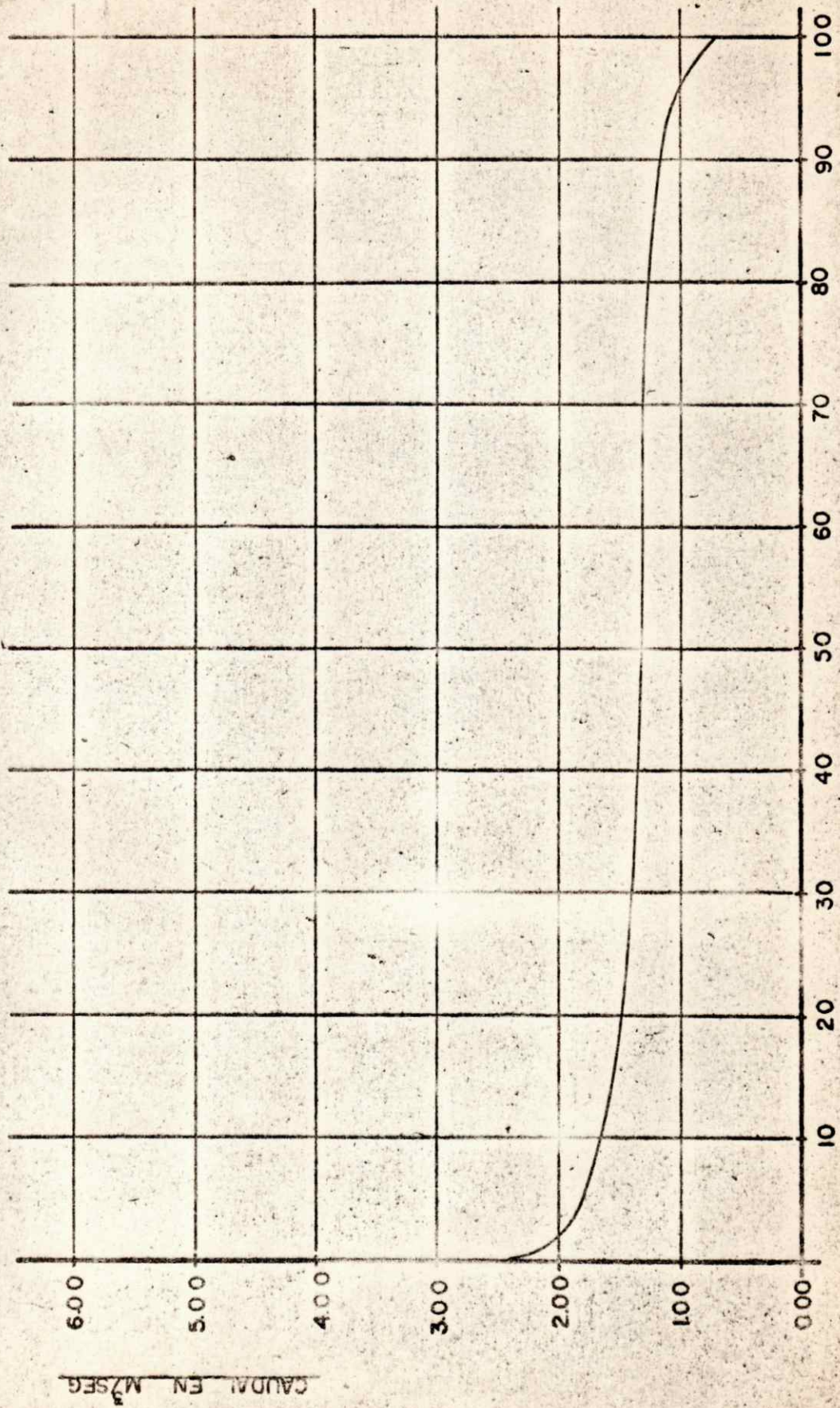
ESTACION: EL TESORO

AÑO 1,967-68

LIMITES	i	f	F	%F
.70 - .79	0.10	2	366	100.00
.80 - .89	0.10	1	364	99.47
.90 - .94	0.05	1	363	99.20
.95 - .99	0.05	0	362	98.93
1.00 - 1.04	0.05	24	362	98.93
1.05 - 1.09	0.05	0	338	92.37
1.10 - 1.14	0.05	2	338	92.37
1.15 - 1.19	0.05	2	336	91.82
1.20 - 1.24	0.05	1	334	91.27
1.25 - 1.29	0.05	71	333	91.00
1.30 - 1.34	0.05	104	262	71.60
1.35 - 1.39	0.05	0	158	43.18
1.40 - 1.44	0.05	58	158	43.18
1.45 - 1.49	0.05	33	100	27.33
1.50 - 1.59	0.10	14	67	18.31
1.60 - 1.69	0.10	19	53	14.48
1.70 - 1.79	0.10	8	34	9.29
1.80 - 1.89	0.10	15	26	7.10
1.90 - 1.99	0.10	5	11	3.00
2.00 - 2.09	0.10	1	6	1.63
2.10 - 2.19	0.10	3	5	1.36
2.20 - 2.29	0.10	0	2	0.54
2.30 - 2.39	0.10	1	2	0.54
2.40 - 2.59	0.10	1	1	0.27

AÑO 1967 — 1968

ESTACION EL TESORO
RIO PIXCAYA



PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 20

TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

RIO: PIXCAYA

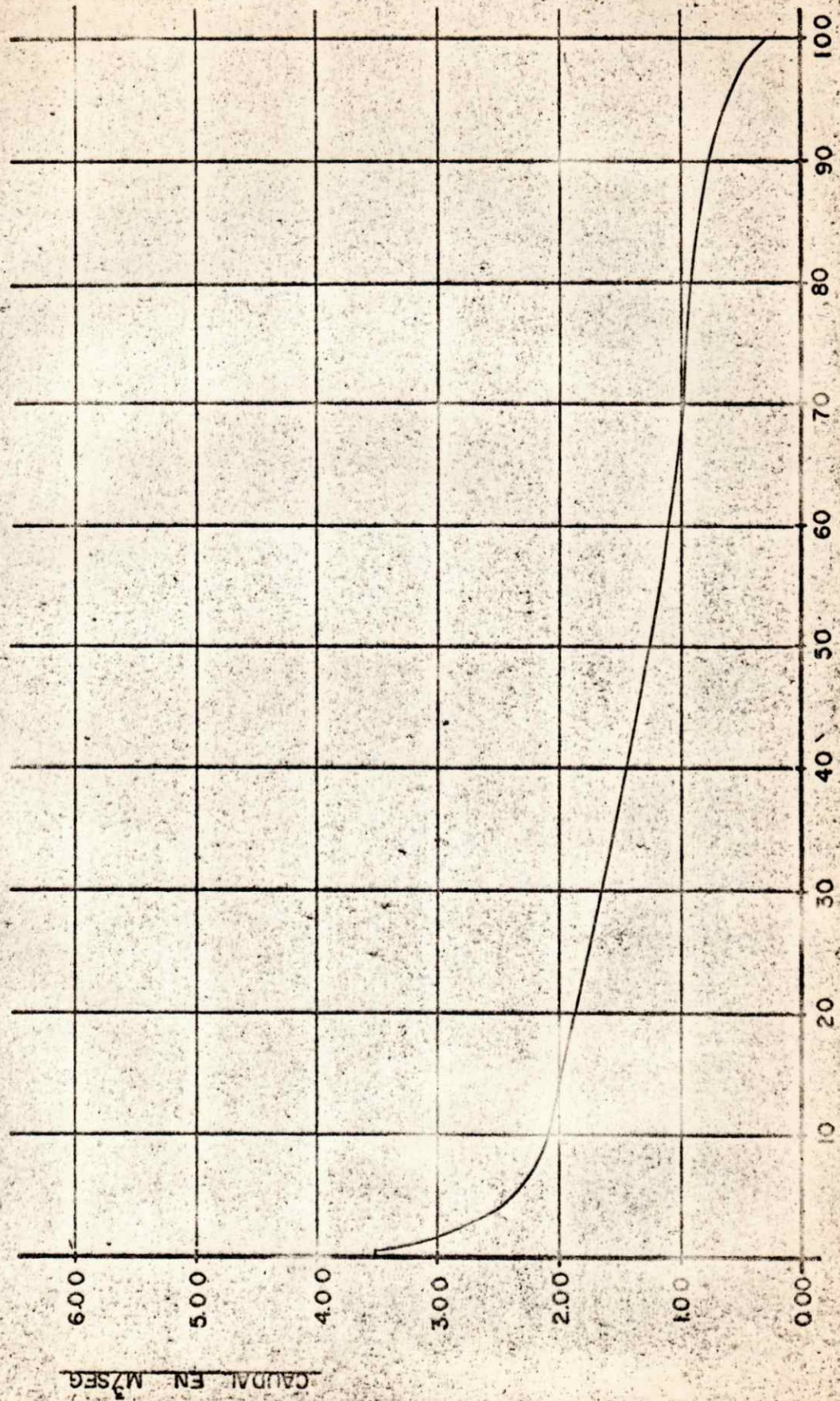
ESTACION: EL TESORO

AÑO 1,968-69

LIMITES	i	f	F	%F
.35 - .49	0.15	1	365	100.00
.50 - .59	0.10	11	364	99.73
.60 - .69	0.10	16	353	96.69
.70 - .79	0.10	8	337	92.31
.80 - .89	0.10	13	329	90.12
.90 - .94	0.05	59	316	86.56
.95 - .99	0.05	23	257	70.40
1.00 - 1.04	0.05	1	234	64.10
1.05 - 1.09	0.05	22	233	63.83
1.10 - 1.14	0.05	6	211	57.80
1.15 - 1.19	0.05	1	205	56.16
1.20 - 1.24	0.05	6	204	55.89
1.25 - 1.29	0.05	8	198	54.25
1.30 - 1.34	0.05	18	190	52.06
1.35 - 1.39	0.05	0	172	47.13
1.40 - 1.44	0.05	10	172	47.13
1.45 - 1.49	0.05	27	162	44.39
1.50 - 1.59	0.10	8	135	36.99
1.60 - 1.69	0.10	31	127	34.80
1.70 - 1.79	0.10	22	96	26.31
1.80 - 1.89	0.10	13	74	20.28
1.90 - 1.99	0.10	15	61	16.72
2.00 - 2.09	0.10	9	46	12.61
2.10 - 2.19	0.10	12	37	10.14
2.20 - 2.29	0.10	5	25	6.85
2.30 - 2.39	0.10	5	20	5.48
2.40 - 2.49	0.10	2	15	4.11
2.50 - 2.59	0.10	0	13	3.56
2.60 - 2.79	0.20	4	13	3.56
2.80 - 2.99	0.20	3	9	2.46
3.00 - 3.49	0.50	5	6	1.64
3.50 - 3.99	0.50	1	1	0.27

AÑO 1968 — 1969

ESTACION EL TESORO
RIO PIXCAYA



PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 21

TABLA PARA LA OBTENCION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

RIO: PIXCAYA

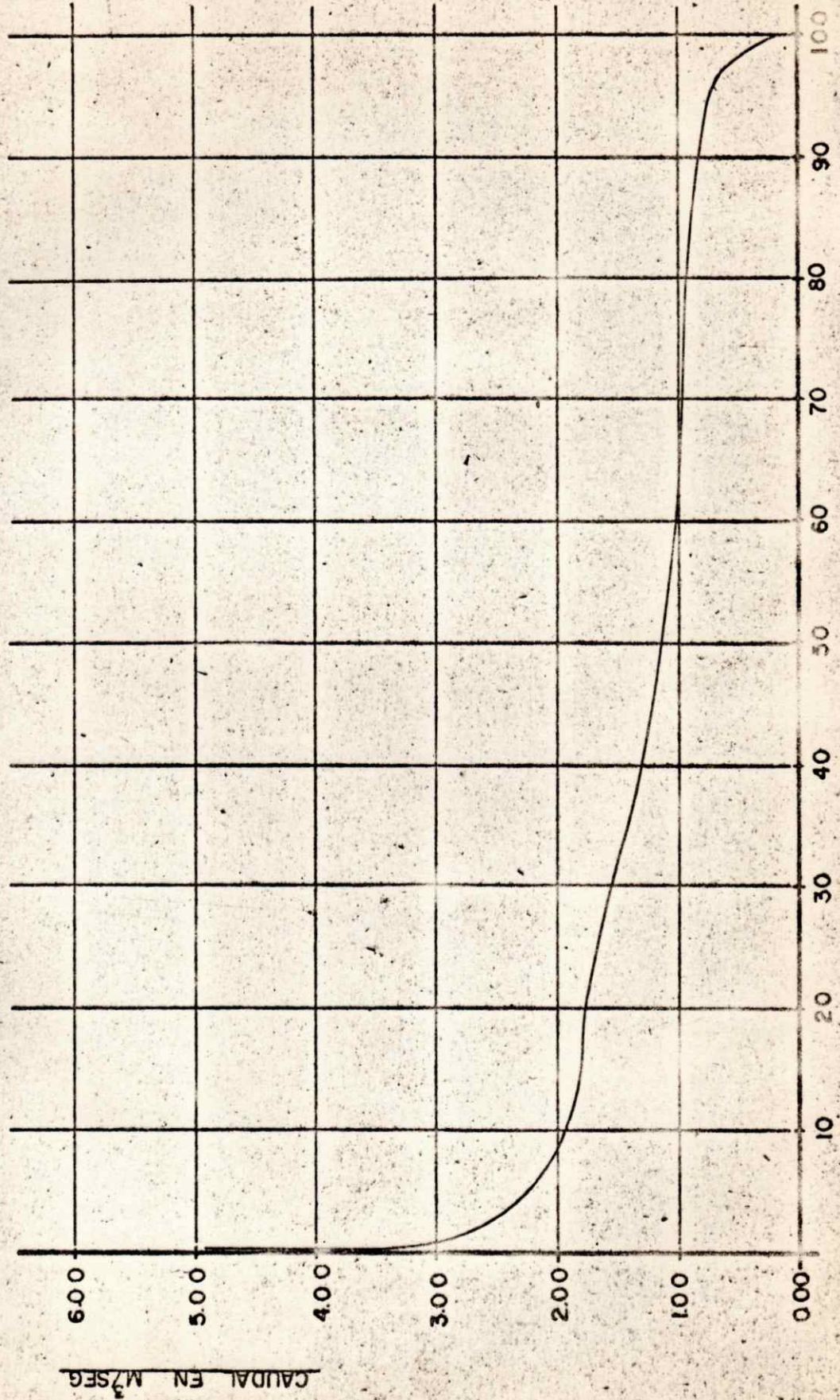
ESTACION: EL TESORO

AÑO 1,969-70

LIMITES	i	f	F	%F
0.35 - 0.49	0.15	2	365	100.00
0.50 - 0.59	0.10	1	363	99.41
0.60 - 0.69	0.10	1	362	99.14
0.70 - 0.79	0.10	26	361	98.87
0.80 - 0.89	0.10	18	335	91.75
0.90 - 0.94	0.05	40	317	86.82
0.95 - 0.99	0.05	37	277	75.86
1.00 - 1.04	0.05	33	240	65.72
1.05 - 1.09	0.05	1	207	56.68
1.10 - 1.14	0.05	37	206	56.41
1.15 - 1.19	0.05	21	169	46.27
1.20 - 1.24	0.05	1	148	40.52
1.25 - 1.29	0.05	7	147	40.25
1.30 - 1.34	0.05	6	140	38.33
1.35 - 1.39	0.05	0	134	36.69
1.40 - 1.44	0.05	4	134	36.69
1.45 - 1.49	0.05	16	130	35.59
1.50 - 1.59	0.10	8	114	31.21
1.60 - 1.69	0.10	13	106	29.02
1.70 - 1.79	0.10	43	93	25.46
1.80 - 1.89	0.10	13	50	13.68
1.90 - 1.99	0.10	9	37	10.12
2.00 - 2.09	0.10	6	28	7.65
2.10 - 2.19	0.10	4	22	6.01
2.20 - 2.29	0.10	1	18	4.91
2.30 - 2.39	0.10	3	17	4.64
2.40 - 2.49	0.10	3	14	3.82
2.50 - 2.59	0.10	3	11	3.00
2.60 - 2.79	0.20	5	8	2.18
2.80 - 2.99	0.20	1	3	0.81
3.00 - 3.49	0.50	1	2	0.54
3.50 - 3.99	0.50	0	1	0.27
4.00 - 4.99	1.00	0	1	0.27
5.00 -10.00	5.00	1	1	0.27

AÑO 1969 — 1970

ESTACION EL TESORO
RIO PIXCAYA



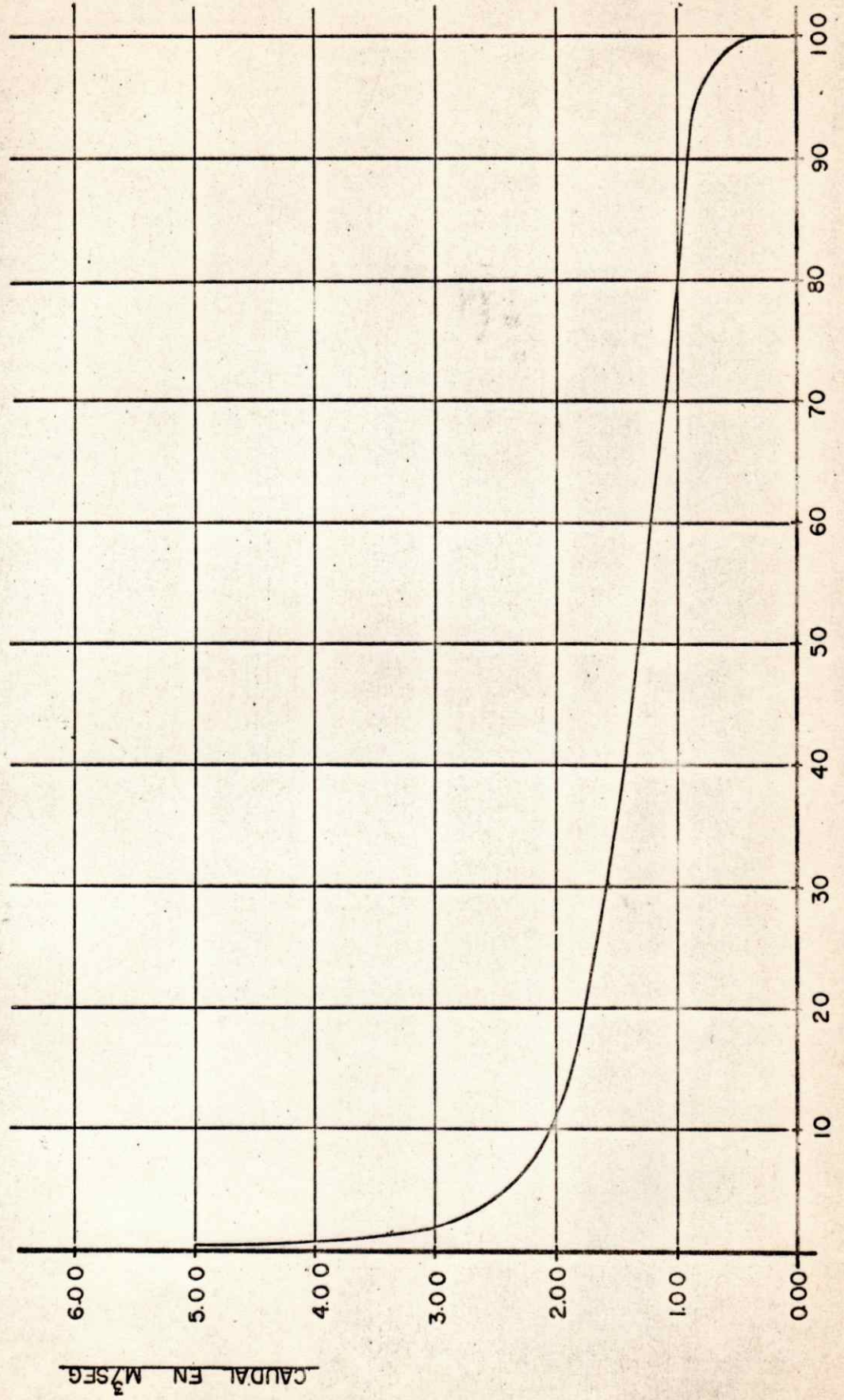
PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 22

PROMEDIO DE CUATRO AÑOS DE REGISTRO

LIMITES	i	f	F	%F
.35 - .49	0.15	3	1461	100.00
.50 - .59	0.10	12	1458	99.80
.60 - .69	0.10	17	1446	99.00
.70 - .79	0.10	48	1429	97.84
.80 - .89	0.10	39	1381	94.55
.90 - .94	0.05	128	1342	91.88
.95 - .99	0.05	63	1214	83.12
1.00 - 1.04	0.05	99	1151	78.81
1.05 - 1.09	0.05	27	1052	72.03
1.10 - 1.14	0.05	78	1025	70.18
1.15 - 1.19	0.05	39	947	64.84
1.20 - 1.24	0.05	28	908	62.17
1.25 - 1.29	0.05	93	880	60.25
1.30 - 1.34	0.05	128	787	53.88
1.35 - 1.39	0.05	25	659	45.12
1.40 - 1.44	0.05	80	634	43.41
1.45 - 1.49	0.05	77	554	37.93
1.50 - 1.59	0.10	58	477	32.66
1.60 - 1.69	0.10	80	419	28.69
1.70 - 1.79	0.10	90	339	23.21
1.80 - 1.89	0.10	48	249	17.05
1.90 - 1.99	0.10	41	201	13.76
2.00 - 2.09	0.10	16	160	10.95
2.10 - 2.19	0.10	38	144	9.85
2.20 - 2.29	0.10	17	106	7.25
2.30 - 2.39	0.10	15	89	6.09
2.40 - 2.49	0.10	13	74	5.06
2.50 - 2.59	0.10	7	61	4.17
2.60 - 2.79	0.20	17	54	3.69
2.80 - 2.99	0.20	10	37	2.53
3.00 - 3.49	0.50	8	27	1.85
3.50 - 3.99	0.50	8	19	1.30
4.00 - 4.99	1.00	7	11	.75
5.00 -10.00	5.00	4	4	.27

PROMEDIO AÑO HIDROLOGICO 1966 - 1970

ESTACION EL TESORO
RIO PIXCAYA



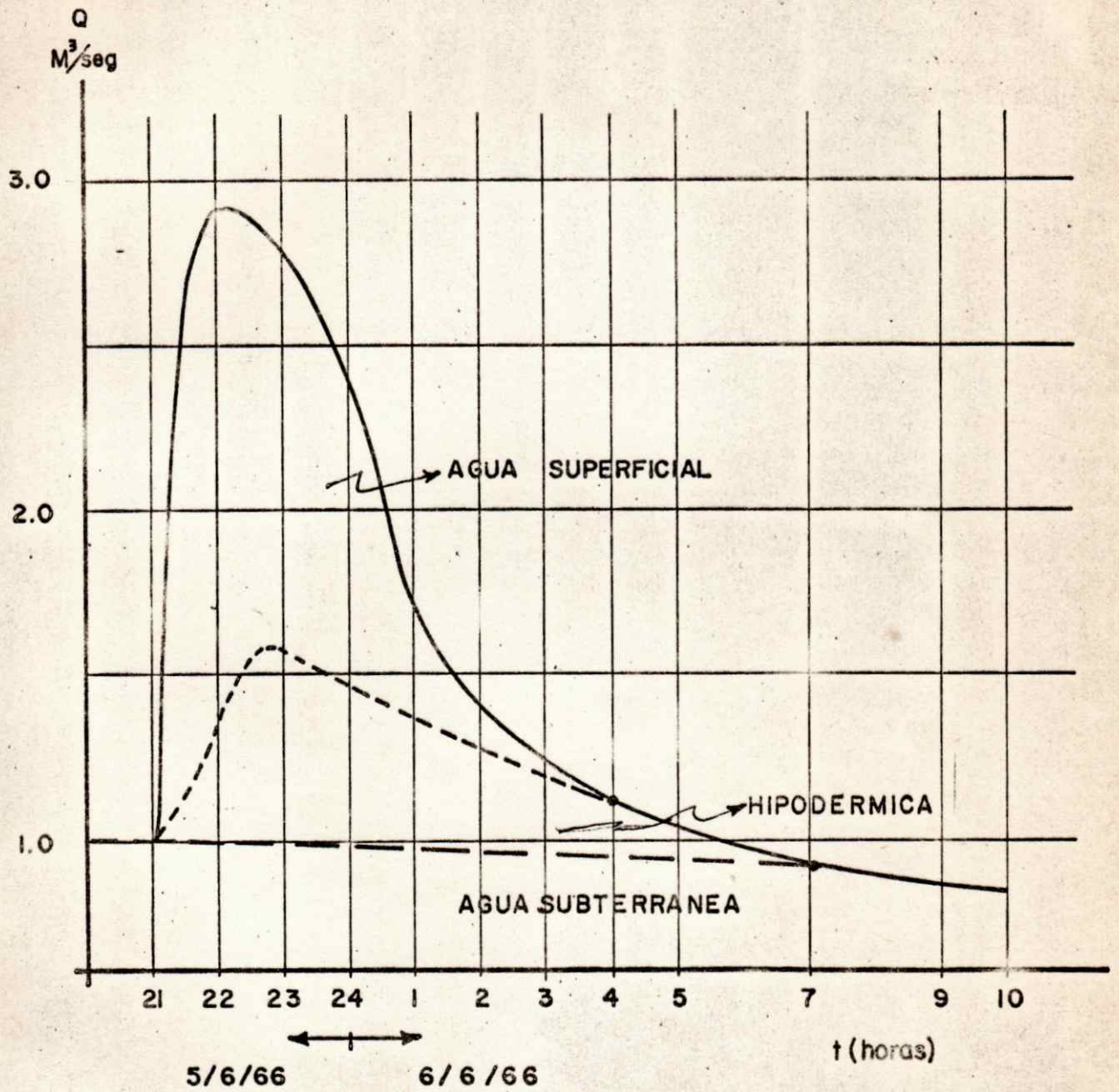
PORCENTAJE DEL TIEMPO DURANTE EL CUAL EL CAUDAL INDICADO FUE IGUAL O MAYOR
GRAFICA No. 23

HIDROGRAMA UNITARIO

RIO PIXCAYA

Estación EL TESORO

5 y 6 de Junio de 1966



GRAFICA No. 24

RIO PIXCAYA

SEPARACION DEL FLUJO SUPERFICIAL

Log Q

SUPERFICIAL

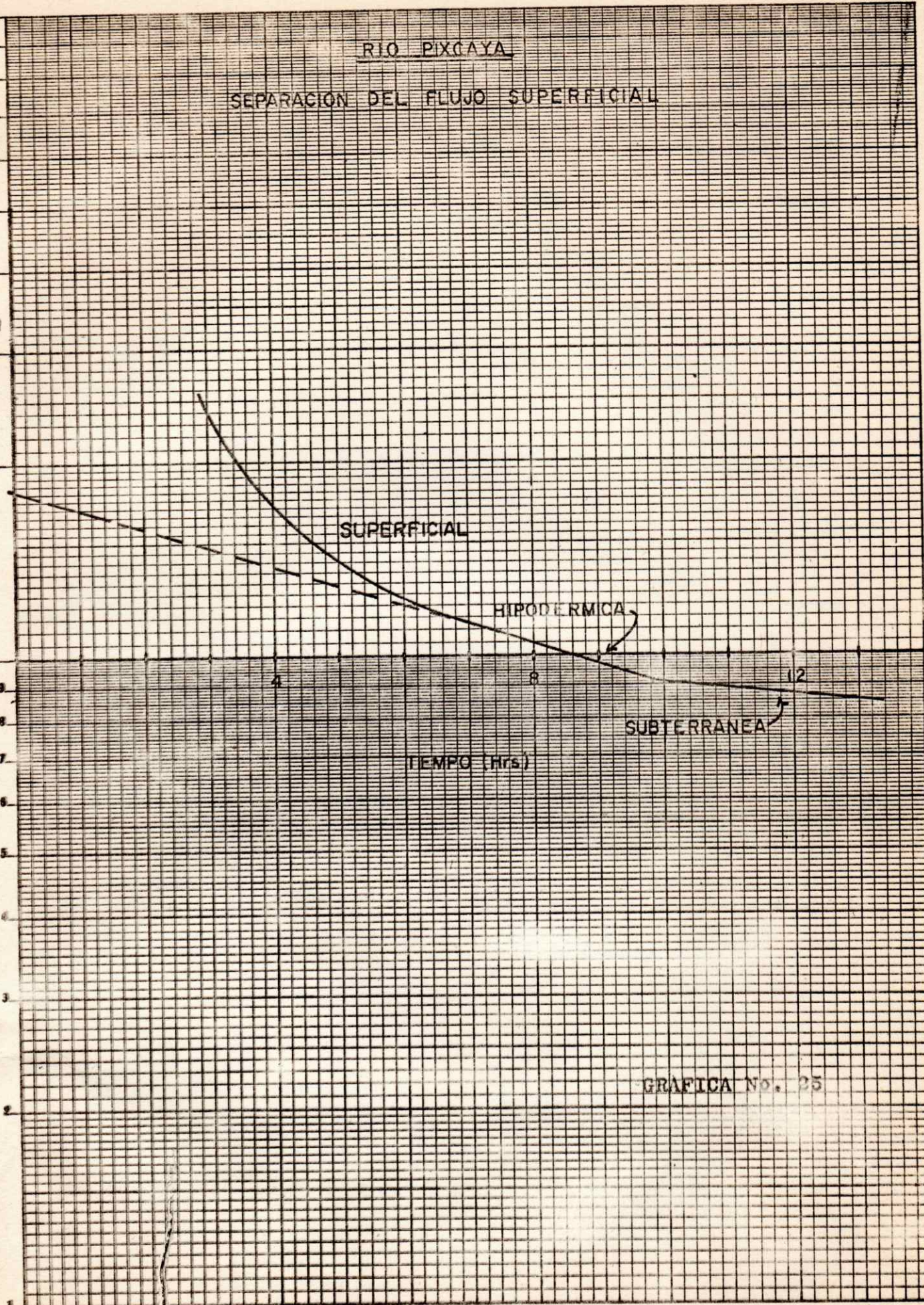
HIPODERMICA

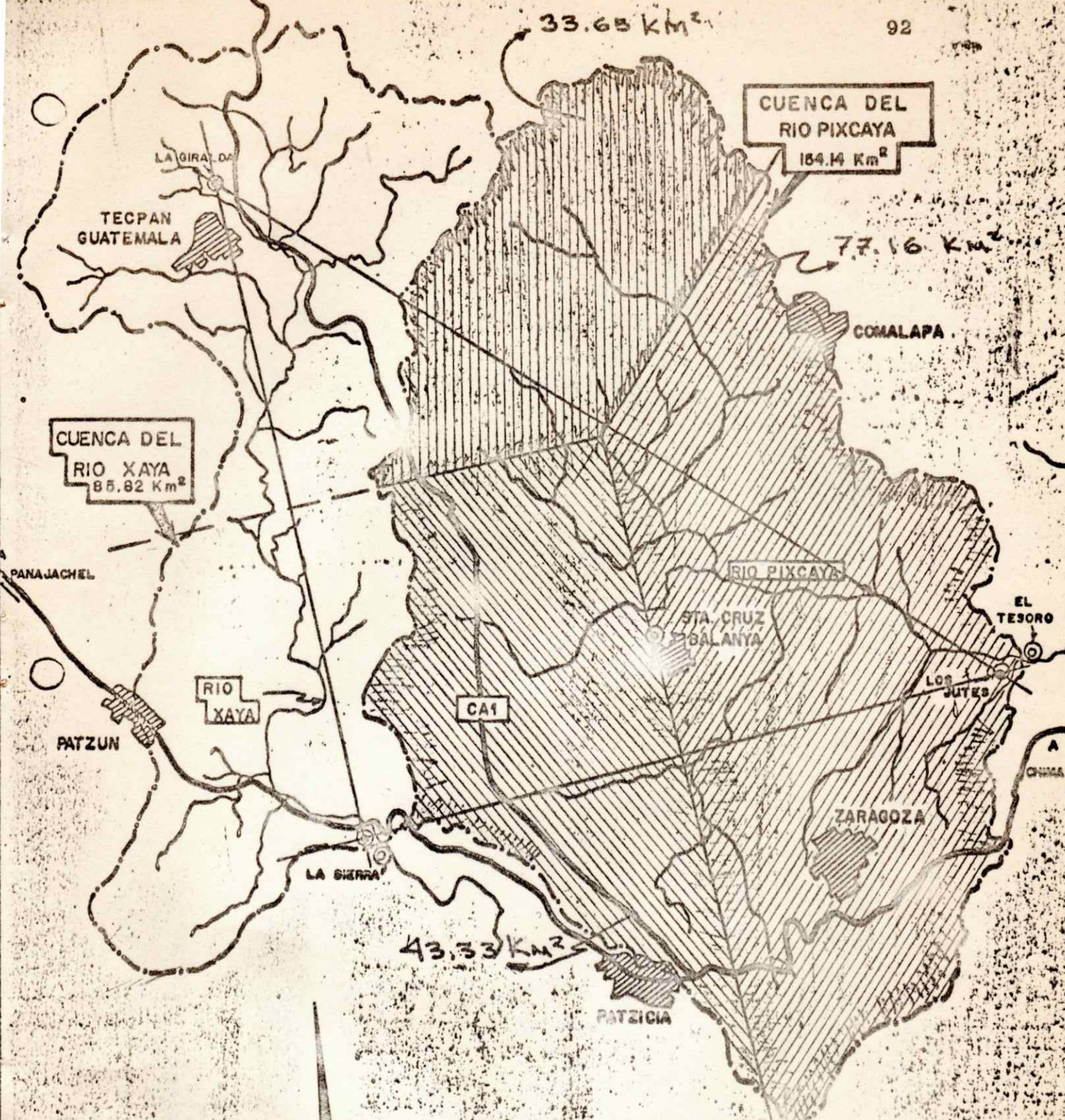
SUBTERRANEA

TIEMPO (Hrs)

GRAFICA No. 25

91
K&E SEMI-LOGARITHMIC 46 4879
5 CYCLES X 70 01" 0NS MADE IN U.S.A.
HEUPPEL & L...R CO.





APLICACION DEL METODO DE THIESSEN

- ⊙ LIMNIGRAFO
- ⊙ PLUVIOGRAFO

Cálculo de las Intensidades de la Lluvia Promedio

t (hrs)	P (mm.)	I (mm/h)	\bar{I} (mm./h)
0.50	5.15	0.60	0.70
0.50		2.20	2.57
0.25		9.60	11.23
0.25		4.00	4.68
0.40		1.00	1.17

$$\bar{I} = I \frac{\bar{P}}{P}$$

\bar{P} = Lluvia promedio sobre la cuenca;
por Método de Thiessen.

$$\bar{P} = \frac{\sum aP}{.A} = \frac{43.33 \times .3 + 33.65 \times 15.4 + 77.16 \times 5.1}{43.33 + 33.69 + 77.16}$$

$$\bar{P} = 6 \text{ mm.}$$

P = Lluvia Patrón (diagrama de Masas) = 5.15

I = Intensidad de la lluvia Patrón.

CUENCA DEL
RIO PIXCAYA

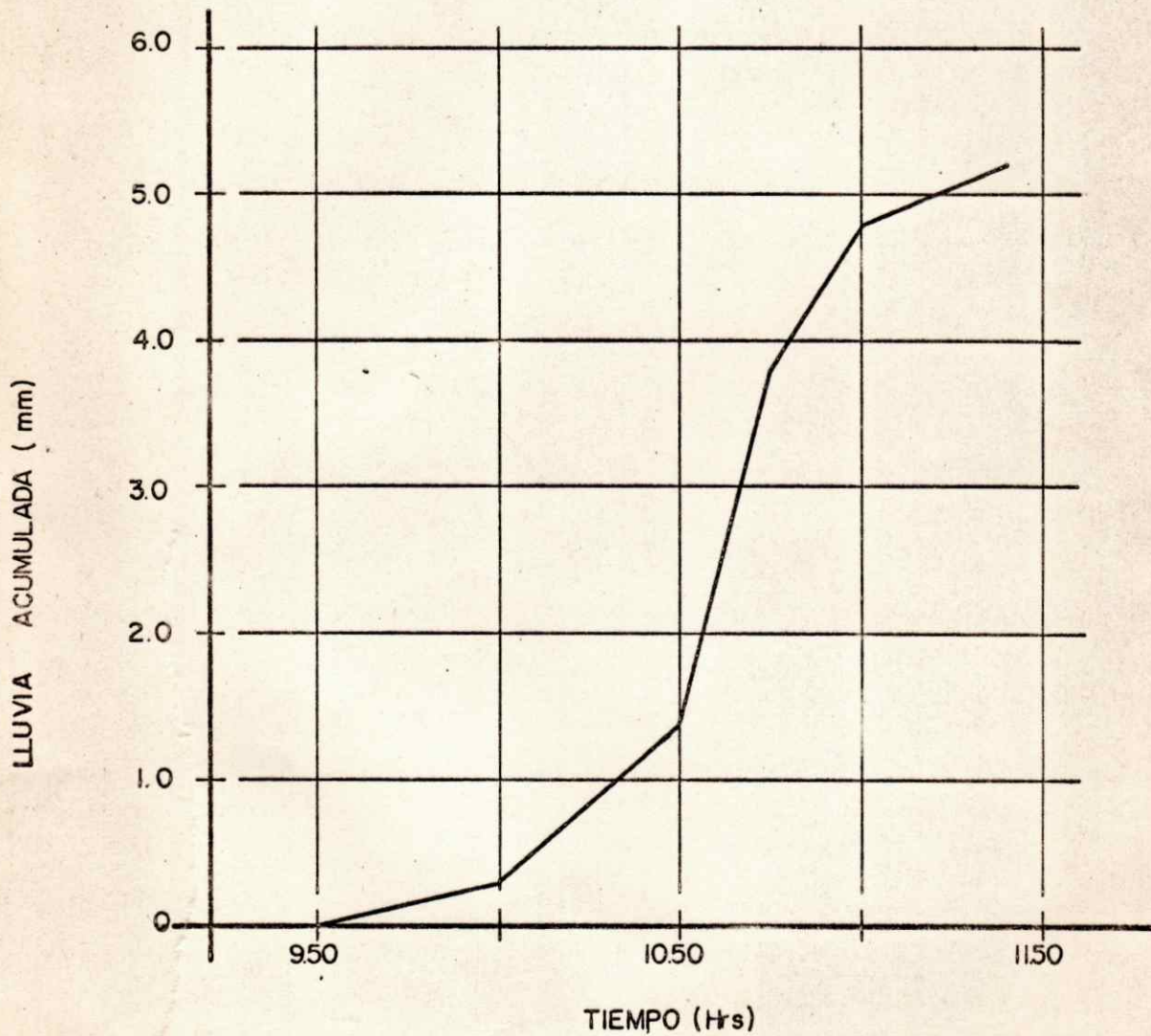
ESTACION SANTA CRUZ BALANYA

DIAGRAMA DE MASAS

(Ver ref. 12)

Δt	P	P oc.	I
0.50	0.3	0.30	0.6
0.50	1.1	1.40	2.2
0.25	2.4	3.80	9.6
0.25	1.0	4.80	4.0
0.40	0.4	5.20	1.0

5 de Junio de 1966

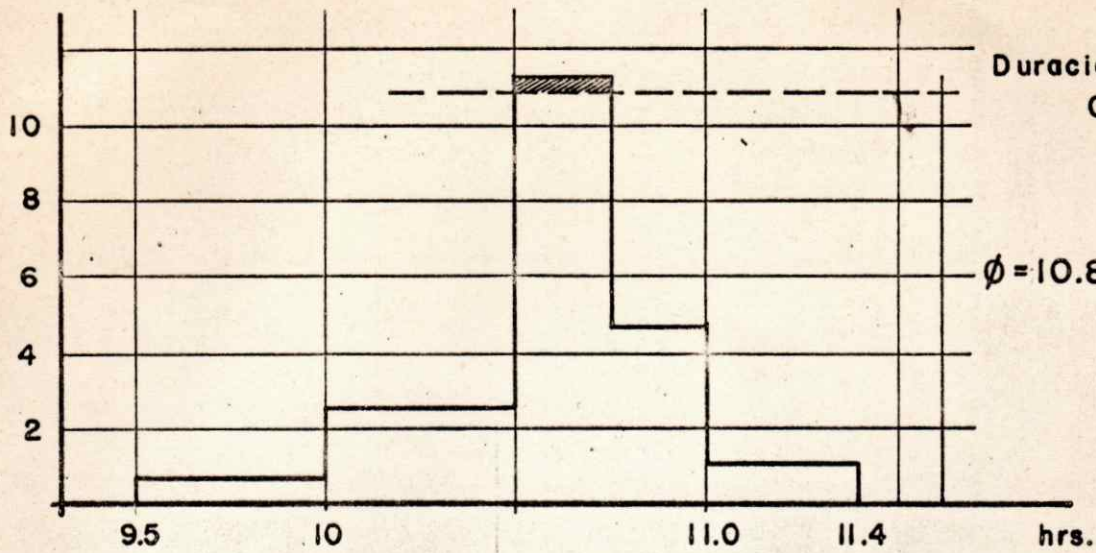


GRAFICA No. 27

HIETOGRAMA
(Ver ref. 12)

RIO PIXCAYA

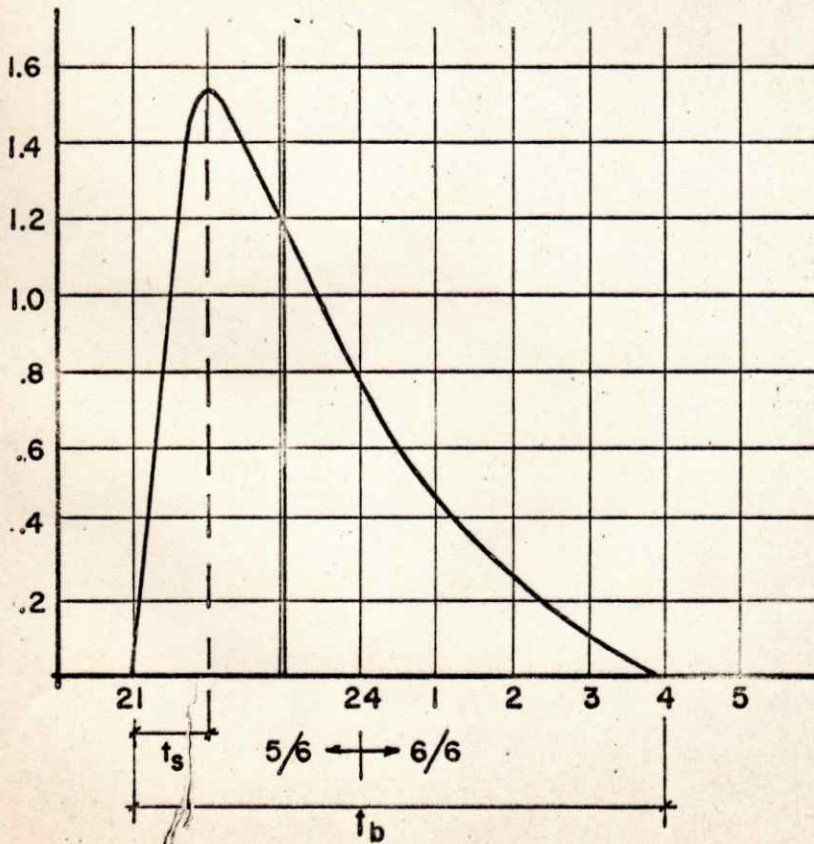
I(mm/h)



5-6 de Junio de 1966

HIDROGRAMA

Q
M³/seg



A = 154.14 Km².

VOL. $\left\{ \begin{array}{l} 4.4 \text{ M}^3/\text{seg} \times \text{h.} \\ 15\ 840 \text{ M}^3 (.103 \text{ MM}) \end{array} \right.$

TBASE = 7 hrs.

T SUBIDA = 1 hr.

GRAFICA No. 28

Obtención de Hidrograma Unitario (10 mm.)

Fecha 5 al 6 de Junio de 1966.

Calculado en base a un valor de 10 mm. de escorrentía
y de acuerdo al Postulado II (7, 14)

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$V_2 = 10 \text{ mm.}$$

$$V_1 = 0.103 \text{ mm.}$$

$$Q_1 = \text{Ordenada H. Superficial}$$

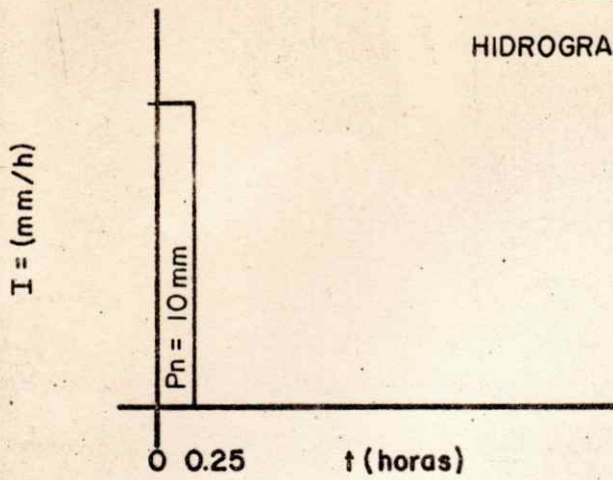
$$Q_2 = \text{Ordenada H. Unitario}$$

$$\text{De donde: } Q_2 = \frac{V_2}{V_1} \times Q_1 = \frac{10}{0.103} \times Q_1 = 97.00 \times Q_1$$

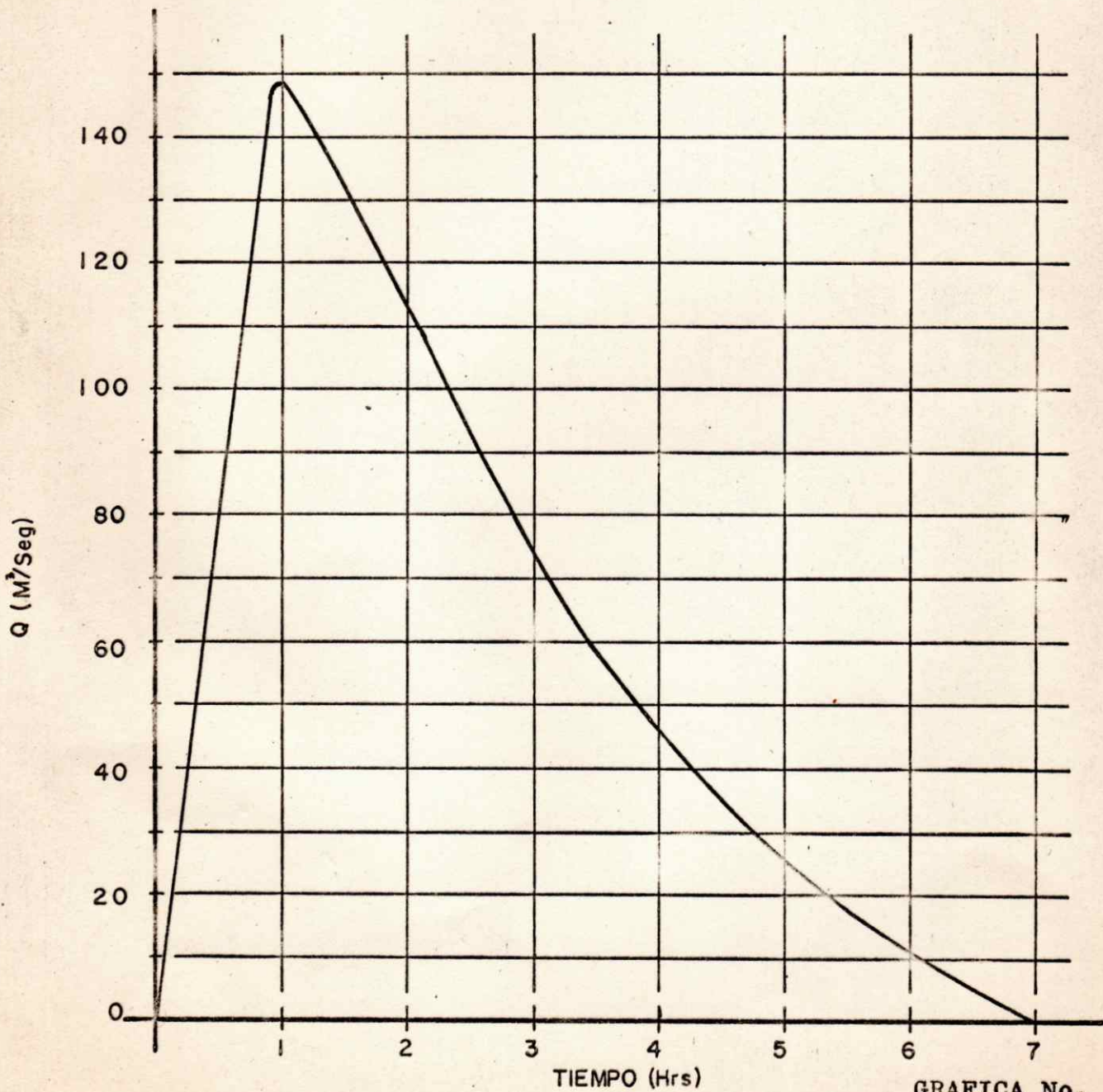
Tiempo (hrs.)	Caudal de Escorrentía (M ³ /Seg.)	Caudal del H. (M ³ /Seg.)
21.00	0.000	00.00
21.50	0.800	77.67
22.00	1.530	148.54
22.50	1.360	132.04
23.00	1.170	113.59
23.50	0.970	94.17
24.00	0.770	74.76
0.50	0.600	58.25
1.00	0.480	46.60
1.50	0.360	34.95
2.00	0.270	26.21
2.50	0.180	17.48
3.00	0.110	10.68
3.50	0.050	4.85
4.00	0.000	0.00

RIO PIXCAYA

HIDROGRAMA UNITARIO



T unitario = 0.250 hrs.
Desfase = 12.50 hrs.
T base = 7.00 hrs.



TEMA V

APLICACION DEL METODO PARA LA OBTENCION

DE CAUDALES CON INFORMACION LIMITADA

"Es un hecho en Guatemala la falta de información hidrológica en las distintas cuencas de la nación. Lamentablemente el record histórico de observaciones omitidas en el pasado no puede improvisarse. Tampoco pueden deducirse conclusiones basadas en informaciones esporádicas e incompletas. Sin embargo, el avance tecnológico ha permitido suplir en parte dichas deficiencias."(17)

En 1966 el Ingeniero Luis García realizó un trabajo sobre "El Modelo Generador de Caudales Mensuales" que constituye un valioso aporte a nuestra hidrología, la que para su correcta evaluación demanda el suplir la falta de información con soluciones razonables. (17).

En su trabajo desarrolló series de 100 años con caudales medios mensuales para 10 cuencas de la República, entre las cuales estaban incluidas las de los ríos Xayá y Pixcayá.

Para su generación utilizó datos de caudales medios mensuales de los años hidrológicos 64-65 y 65-66. Estos fueron procesados en el Centro de Ingeniería Hidrológica (USCE), Sacramento California, EEUU, donde quedó el programa utilizado.

Como hemos mencionado anteriormente (artículo 2.2), las curvas de calibración de esos años para ambos ríos eran deficientes en sus partes altas, correspondientes a los caudales máximos. Por esta razón nosotros quisimos aprovechar dicho programa para generar por medio de él y con base en la información obtenida durante los años hidrológicos 66-67 y 67-68 nuevas series de 100 años con caudales medios mensuales para ambas cuencas, para así

poder comparay los resultados obtenidos en ambos casos.

El programa utilizado por el Ingeniero García fué modificado en estos últimos años por el cuerpo técnico del Centro de Ingeniería Hidrológica, hasta obtener otro en el cual ni los parámetros propios de las cuencas ni sus características geográficas son tomados en cuenta. Esto hace aún más interesante la comparación de los caudales obtenidos por ambos programas. (18).

Los caudales obtenidos por el Ingeniero García pueden consultarse en su trabajo de tesis (17). En el presente estudio sólo se incluyen los obtenidos con los datos de los años 66-67 y 67-68.

Las conclusiones que de esta comparación puedan deducirse aparecen posteriormente (artículo 6.6).

Las listas siguientes están tomadas del informe del Centro de Ingeniería Hidrológica (18) y contienen los siguientes datos:

- 1a. Columna: Número de clave para la computadora
- 2a. Columna: Años generados (1 a 100)
- 3a. á 14a. Columnas: Meses del año (1: Enero, 2: Febrero, etc.)
- 15a. Columna: Volumen total escurrido por año en metros cúbicos por segundo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
503	1	35	35	34	41	53	88	85	94	100	176	156	55
503	2	38	39	38	37	44	70	91	76	241	233	75	48
503	3	38	39	39	32	33	88	57	84	176	129	28	31
503	4	26	28	23	26	42	54	98	117	242	171	74	57
503	5	49	46	44	37	38	41	33	20	66	166	90	76
503	6	62	56	54	54	51	114	150	191	170	131	54	33
503	7	30	30	29	30	38	56	105	102	302	224	35	40
503	8	37	37	36	37	50	79	90	91	143	80	45	47
503	9	47	46	43	39	39	85	136	139	73	152	31	32
503	10	33	33	26	32	32	81	128	143	122	75	70	44
503	11	34	35	32	36	33	76	101	88	152	134	91	56
503	12	46	43	41	48	49	145	149	153	377	142	119	55
503	13	43	40	37	31	27	111	107	123	124	157	56	35
503	14	27	27	25	22	23	73	64	52	70	165	46	40
503	15	35	36	34	34	28	53	52	53	111	125	47	43
503	16	39	37	34	35	41	33	43	42	137	91	48	41
503	17	43	44	43	44	42	65	84	88	96	179	82	51
503	18	47	45	41	46	59	65	43	48	113	213	69	46
503	19	40	40	40	42	52	60	95	112	143	111	82	62
503	20	51	48	44	36	32	64	30	26	135	154	77	54
503	21	45	42	39	35	35	50	97	105	114	172	68	47
503	22	44	44	40	41	24	76	60	62	219	134	61	55
503	23	44	42	38	33	51	70	63	73	114	181	55	36
503	24	33	32	29	32	26	114	178	156	126	101	62	41
503	25	37	36	35	35	38	151	172	163	165	144	46	38
503	26	20	30	29	33	41	190	173	212	279	119	92	59
503	27	60	54	51	45	57	70	101	112	121	89	81	51
503	28	41	39	36	24	28	57	66	64	197	154	74	58
503	29	43	42	41	34	34	94	118	138	168	189	94	63
503	30	54	49	44	48	42	42	54	75	69	146	76	45
503	31	33	35	33	34	29	61	62	80	121	140	39	32
503	32	26	27	27	27	34	131	122	115	117	117	85	58
503	33	52	48	46	48	47	71	119	151	171	155	80	44
503	34	36	35	35	30	38	122	109	98	275	123	44	52
503	35	47	44	41	48	47	51	91	119	102	124	76	48
503	36	36	37	35	33	54	110	134	140	174	168	63	52
503	37	42	42	41	44	54	137	118	83	174	113	95	41
503	38	40	39	35	37	52	103	197	187	144	107	57	38
503	39	37	36	34	33	63	225	159	169	100	303	87	54
503	40	49	45	43	40	40	97	70	53	78	121	62	45
503	41	37	37	32	28	26	117	122	104	96	50	48	33
503	42	23	23	22	18	21	59	71	52	121	103	64	53
503	43	46	43	43	58	59	97	199	212	120	128	36	26
503	44	27	29	25	20	32	108	86	57	206	129	58	45
503	45	39	37	33	28	39	50	80	137	183	141	43	32
503	46	35	35	33	34	35	109	101	87	176	99	32	37
503	47	35	36	35	36	35	108	77	88	199	140	76	55
503	48	45	42	43	44	43	113	196	191	166	129	77	51
503	49	46	43	40	48	42	76	68	68	79	164	63	52
503	50	47	43	44	47	51	91	82	80	146	120	53	56
503	51	55	52	49	42	50	107	97	120	96	122	57	68
503	52	53	48	46	44	41	61	46	45	110	102	41	36
503	53	43	43	40	36	41	125	152	192	225	161	102	45
503	54	46	44	46	33	25	31	55	75	69	110	84	55
503	55	48	45	41	42	50	88	75	86	228	175	49	47
503	56	34	35	36	34	28	72	52	36	136	108	82	41
503	57	34	37	34	39	37	90	173	178	129	98	45	43
503	58	43	42	39	35	38	55	128	150	108	120	59	43
503	59	37	35	34	46	67	84	126	129	164	196	92	57
503	60	48	44	43	45	50	85	132	124	120	122	86	60
503	61	50	46	44	50	53	88	81	72	225	155	48	34
503	62	30	32	29	29	35	115	92	111	184	107	27	24
503	63	24	25	24	15	20	97	112	108	189	143	34	35
503	64	29	29	27	32	32	143	113	124	130	159	105	59
503	65	49	48	45	49	68	91	90	80	205	131	59	46
503	66	42	41	39	36	29	63	87	101	121	121	40	54
503	67	32	31	27	23	26	161	263	298	326	135	66	50
503	68	43	44	42	44	38	156	148	128	118	156	69	69
503	69	57	52	50	52	47	87	105	117	226	99	57	52
503	70	45	43	41	43	59	62	45	35	229	149	60	40
503	71	33	32	30	29	40	73	48	60	123	169	36	32
503	72	35	36	33	37	46	73	90	108	113	107	81	44
503	73	36	34	34	33	37	103	135	145	131	103	41	37
503	74	35	35	31	26	30	30	48	40	124	107	122	63
503	75	54	50	46	47	46	74	197	163	146	195	85	41
503	76	46	44	39	32	33	62	69	59	103	146	46	40
503	77	37	36	35	36	30	147	128	114	215	234	46	41
503	78	35	36	37	41	43	115	74	74	80	136	81	53
503	79	41	40	35	34	40	146	122	170	167	176	46	41
503	80	36	37	37	39	51	103	108	91	194	104	74	55
503	81	45	43	40	35	45	165	153	188	130	161	57	42
503	82	38	39	38	34	50	73	82	71	253	258	95	48
503	83	31	32	29	32	33	47	64	74	61	117	80	42
503	84	31	33	31	32	31	64	67	72	139	89	43	37
503	85	30	32	29	30	38	56	54	70	329	152	68	51
503	86	51	48	46	42	43	79	97	131	94	188	51	48
503	87	36	36	35	36	26	78	136	134	257	200	76	50
503	88	46	42	37	41	41	70	68	63	190	154	95	48
503	89	44	43	44	51	55	71	79	76	143	210	124	79
503	90	60	55	52	53	61	96	134	106	128	144	68	49
503	91	42	41	39	40	45	78	98	115	127	172	89	52
503	92	42	40	40	42	45	106	86	79	74	233	93	47
503	93	30	31	27	30	33	90	77	82	138	59	76	37
503	94	25	27	24	24	36	28	27	25	79	100	69	43
503	95	36	36	32	26	31	89	80	71	96	59	39	30
503	96	32	32	30	31	44	110	79	82	123	124	55	42
503	97	34	33	28	27	37	115	166	165	206	179	69	60
503	98	32	32	30	36	41	79	123	122	108	90	36	60
503	99	48	45	41	42	31	67	55	47	76	137	69	46
503	100	38	37	36	29	25	97	100	173	148	158	50	48

RIO PIXCAYA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
502	1	94	91	89	118	126	150	164	108	256	249	114	81
502	2	100	93	84	133	117	143	152	112	248	229	101	131
502	3	120	121	106	113	76	108	164	108	196	206	112	89
502	4	88	90	78	75	89	141	143	139	235	200	146	137
502	5	132	119	98	127	98	142	111	132	160	149	115	155
502	6	173	153	100	78	95	150	161	180	218	208	105	113
502	7	87	92	111	103	86	115	156	119	303	292	142	122
502	8	102	102	71	103	115	146	145	169	216	241	141	138
502	9	134	126	88	93	83	117	158	109	170	171	124	108
502	10	91	89	82	72	71	104	148	99	144	119	64	100
502	11	101	105	78	107	71	115	145	191	206	220	119	87
502	12	107	104	75	114	111	155	224	166	344	299	125	99
502	13	108	95	73	69	58	90	152	163	211	199	122	75
502	14	57	56	73	69	61	82	129	141	174	170	114	115
502	15	101	94	76	79	71	88	124	153	176	171	113	105
502	16	97	98	101	90	101	115	102	189	257	241	137	157
502	17	123	121	112	96	88	125	117	92	162	137	88	99
502	18	115	109	117	100	108	175	141	134	218	253	126	113
502	19	105	101	88	118	118	175	157	86	172	148	104	142
502	20	128	123	114	81	68	105	114	205	227	253	126	112
502	21	109	103	85	84	74	100	179	136	221	192	103	133
502	22	124	131	137	80	59	81	127	134	277	272	165	125
502	23	118	113	95	91	106	140	134	169	200	178	123	93
502	24	85	80	73	87	61	102	191	170	186	179	125	101
502	25	88	80	79	82	94	118	201	180	235	205	147	125
502	26	89	84	84	97	79	162	195	130	251	201	142	136
502	27	173	153	72	86	128	174	149	208	183	147	105	73
502	28	94	84	63	67	63	84	127	179	260	219	99	96
502	29	106	99	77	67	74	119	199	165	227	214	103	118
502	30	134	117	117	155	109	116	130	153	153	136	75	87
502	31	91	89	70	66	64	98	136	152	166	142	118	72
502	32	72	66	68	88	70	109	182	109	162	147	106	138
502	33	146	133	99	85	87	132	157	140	233	182	103	72
502	34	79	69	82	96	98	112	154	235	276	215	105	123
502	35	112	109	85	102	106	150	133	152	150	122	86	94
502	36	100	106	84	89	141	174	168	167	193	171	95	114
502	37	111	107	96	108	102	196	198	210	244	216	95	97
502	38	121	115	119	107	125	137	201	218	199	164	100	75
502	39	78	72	114	104	125	208	204	220	174	165	85	119
502	40	126	114	67	71	78	127	182	178	178	170	122	97
502	41	96	94	97	84	64	100	204	115	165	184	109	83
502	42	60	57	56	66	55	81	120	140	183	155	149	118
502	43	115	107	78	118	135	182	194	191	164	148	104	121
502	44	93	103	91	66	74	111	128	128	295	288	140	122
502	45	101	93	78	87	92	111	149	109	225	217	108	112
502	46	90	86	92	83	72	112	170	231	252	251	137	123
502	47	114	111	107	79	74	115	128	106	241	201	95	93
502	48	104	94	81	86	72	147	189	244	204	193	139	124
502	49	113	111	71	94	90	128	138	115	198	205	120	106
502	50	103	101	74	104	108	130	149	125	204	223	165	149
502	51	148	131	81	83	95	167	174	109	156	147	108	134
502	52	129	109	104	87	87	127	137	239	220	214	106	147
502	53	115	114	92	96	93	128	171	156	191	146	104	128
502	54	138	134	73	64	56	86	102	116	146	162	127	107
502	55	122	120	118	132	101	165	157	132	299	307	149	122
502	56	96	84	72	75	64	110	110	109	224	215	97	118
502	57	104	93	71	80	77	125	172	159	173	142	122	157
502	58	129	119	114	90	73	113	163	177	183	153	144	91
502	59	86	81	85	98	122	206	159	121	180	167	80	115
502	60	107	100	85	99	98	161	198	175	192	220	128	103
502	61	113	93	88	131	111	185	154	180	230	214	142	95
502	62	95	77	88	74	72	125	176	85	277	220	118	101
502	63	65	70	97	68	62	74	144	178	279	250	142	115
502	64	75	81	83	97	67	112	188	189	216	230	108	105
502	65	125	133	88	111	152	187	164	156	273	236	135	109
502	66	102	99	70	93	69	95	171	142	216	187	124	106
502	67	85	79	67	64	63	96	191	248	258	211	105	141
502	68	120	107	73	93	95	129	208	187	195	159	115	152
502	69	147	136	137	115	86	120	177	111	225	175	85	127
502	70	127	123	113	118	149	158	118	143	349	363	149	103
502	71	82	77	72	91	94	109	112	100	162	151	124	117
502	72	119	120	90	87	113	130	151	198	160	134	113	91
502	73	90	92	62	83	79	133	195	155	203	188	125	101
502	74	103	108	110	68	76	96	118	115	193	195	112	152
502	75	139	113	114	106	107	113	113	218	234	211	104	106
502	76	124	127	94	83	67	103	133	182	161	168	154	124
502	77	102	103	76	75	71	120	182	167	205	186	85	127
502	78	114	115	121	125	84	185	141	145	194	220	130	120
502	79	105	99	102	108	90	119	194	159	218	235	100	96
502	80	96	93	80	120	129	175	171	160	214	184	155	139
502	81	136	124	118	106	85	160	232	117	176	154	124	99
502	82	117	114	102	101	108	150	141	167	284	248	107	69
502	83	82	79	98	77	75	107	143	148	145	153	80	52
502	84	65	62	69	76	71	101	125	170	179	135	104	125
502	85	91	91	96	108	90	117	139	136	295	260	98	119
502	86	130	122	90	118	84	124	129	138	183	165	124	91
502	87	80	85	63	76	60	91	160	266	299	294	114	93
502	88	105	87	81	82	84	118	134	160	262	247	139	106
502	89	120	116	102	108	130	169	158	173	221	197	95	119
502	90	151	143	105	115	178	175	198	121	193	188	182	114
502	91	119	117	70	74	99	115	154	151	210	211	99	107
502	92	106	98	85	91	100	151	144	131	161	155	87	66
502	93	67	67	68	63	62	96	144	169	193	147	91	85
502	94	67	60	79	79	77	104	101	66	210	247	109	122
502	95	98	99	75	95	74	104	147	167	186	158	126	94
502	96	84	75	80	114	124	138	133	130	220	229	109	109
502	97	100	97	98	93	90	124	181	136	214	153	86	75
502	98	80	85	72	78	83	118	138	115	183	193	116	115
502	99	88	88	72	84	74	98	125	232	170	177	112	111

TEMA VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 6.1 Precipitación sobre las Cuencas
- 6.2 Curvas de Calibración
- 6.3 Caudales Medios
- 6.4 Curvas de Duración de Caudales
- 6.5 Hidrograma Unitario
- 6.6 Obtención de Caudales con Información Limitada

6.1 PRECIPITACION SOBRE LAS CUENCAS

6.1.1 Cuenca del Río Xayá:

De los estudios llevados a cabo podemos concluir lo siguiente: en la estación pluviográfica localizada en la finca Molino de la Sierra, durante un período de observación de 4 años (65-68) la máxima cantidad de lluvia ocurrió durante los meses de junio a octubre inclusive.

Sin embargo en la misma cuenca pero en la estación La Giralda para ese mismo período de observación la ocurrencia máxima de lluvia fué de abril a octubre.

Este tipo de lluvia tiene todas las características de lluvia orográfica.

La distribución de la lluvia en la cuenca del río Xayá no es uniforme, según se pudo apreciar por los registros pluviográficos de las estaciones localizadas en ella, seguramente por el tipo de lluvia imperante.

La precipitación media anual calculada por los métodos del promedio aritmético y del polígono de Thiessen fué de 945.6 mm y de 1003.82 mm respectivamente.

6.1.2 Cuenca del Río Pixcayá:

En la estación Santa Cruz Balanyá, localizada en esa cuenca, el período de mayor precipitación según se pudo observar fué durante los meses de mayo a octubre, entre los años 66-68.

En la estación San Antonio Los Jutes, ubicada dentro de la misma cuenca, la precipitación máxima fué observada durante los mismos meses que la estación descrita anteriormente, en el período 67-68.

La precipitación media anual tampoco resultó muy variada por los dos métodos empleados; así para el del Promedio Aritmético fué de 999.02 mm y para el del Polígono de Thiessen de 955.18 mm.

El Método de las Isoyetas, que es el que da resultados más exactos debido a su flexibilidad, no se pudo emplear, ya que no se contaba con información suficiente en las estaciones pluviográficas próximas al área de estudio, en ambos casos.

6.2 CURVAS DE CALIBRACION

Si comparamos las curvas por nosotros obtenidas con las que tenía el Proyecto en los años del 62 al 66 veremos que coinciden bastante bien en las partes bajas, que representan caudales de estío, no así en las altas donde los valores obtenidos del 62 al 66 fueron más bajos que los nuestros.

Esto se debe principalmente a que en tiempo de invierno no se han realizado aforos con la asiduidad debida, lo cual no permite determinar exactamente por donde debe trazarse la curva de calibración.

Es por esto que nosotros recomendamos que se dé mayor atención a estas estaciones, en el sentido de relizar aforos continuos, sobre todo en invierno, para lo cual es necesaria la construcción de torres que permitan aforar cuando los ríos estén crecidos. Cuando ya se cuente con suficientes aforos en invierno, deberán chequearse nuestras curvas y ver si es necesario o no cambiarlas.

Estas conclusiones y recomendaciones son para ambos ríos.

6.3 CAUDALES MEDIOS

En el río Xayá, durante los meses de invierno, ocurre un incremento de caudal del 67% con relación a los meses de estío; siendo éste para el río Pixcayá, del 35%.

Es de hacer notar un fenómeno importante observado en los estudios realizados y que se debe tomar en cuenta para estudios posteriores, consistente en el hecho de que según se estableció, la precipitación media sobre la cuenca del río Xayá es mayor que sobre la del Pixcayá, mientras que los caudales medios son menores para el río Xayá, fenómeno este que se debe a las siguientes causas:

a) La lluvia caída no se distribuye uniformemente en toda la cuenca del río Xayá y por lo tanto ésta sólo se encuentra concentrada en ciertas regiones.

b) También ocurre que la infiltración en esta cuenca es mayor por lo que el caudal que escurre es menor, ya que de estudios realizados (6), se sabe que el drenaje a través del suelo varía en el río Pixcayá desde regular a rápido, mientras que en Xayá esta variación

es de regular a muy rápido (6).

c) Otro factor influyente es la magnitud de la cuenca, ya que existe una diferencia de más o menos 44% entre la del río Xayá y la del río Pixcayá.

6.4 CURVA DE DURACION DE CAUDALES

Puede observarse que la pendiente de las curvas para cada año y en general la curva promedio es bastante suave, lo cual nos indica que no es necesario el almacenaje de un volumen demasiado grande de agua para su utilización en el Proyecto, y que por lo tanto se trata de un régimen bastante estable, lo cual es debido en el río Pixcayá a que su cuenca es grande; y en el río Xayá probablemente a la existencia de agua subterránea que constituye un aporte al volumen del río y por un embalse que se encuentra aguas arriba de la estación limnigráfica y que tiende naturalmente a estabilizar el régimen del mismo. ((6))

6.5 HIDROGRAMA UNITARIO

La aplicación de la teoría del Hidrograma Unitario requiere una serie de condiciones ideales que no fueron posibles de llenarse en nuestras cuencas por diversas razones.

En la cuenca del río Xayá por ejemplo, la estación limnigráfica tiene a un kilómetro aguas arriba una represa que se utiliza en el molino de la finca La Sierra, donde está situada, y que hace las veces de un embalse regulador que suaviza las crecidas, como se habló en el

artículo anterior, por lo cual resulta casi imposible aplicar el Hidrograma Unitario, ya que se requiere una crecida fuerte para derivarlo. Aún así, se obtuvieron tres crecidas en los 4 años de registro que se estaban trabajando. Dos de ellas hubieron de rechazarse por falta de datos de lluvia, no quedando más remedio que trabajar con la única posible que tenía el defecto de ser muy pequeña. Es por esto que al hacer la restitución de un hidrograma con fines de comprobación, éste no coincidió, lo cual nos indica que con los datos que se poseen hasta ahora no es aplicable el Hidrograma Unitario a ésta cuenca.

El otro problema grave que encontramos en ambas cuencas es la desuniformidad de la lluvia, a pesar de su tamaño relativamente pequeño. Así observamos que comunemente cuando en Tecpán (La Giralda) llueve copiosamente en La Sierra o en Los Jutes, a unos cuantos kilómetros de distancia, ni siquiera está cayendo una pequeña llovizna. Esta falta de uniformidad hace que el Hidrograma Unitario no de resultados satisfactorios, para ambos ríos.

Por éstas razones nosotros no recomendamos éste método para el cálculo de crecidas, hasta que se tengan mejores datos de lluvia y de caudales. Los primeros pueden mejorarse aumentando la densidad de la red pluviográfica en la región. Y los segundos con mayor número de aforos y con registros de grandes crecidas.

6.6 OBTENCIÓN DE CAUDALES CON INFORMACION LIMITADA

De la comparación entre las series generadas por el Ingeniero García y las generadas por el programa actual se pueden deducir las siguientes conclusiones:

El Tesoro: Los caudales generados en el último estudio no se alejan de los generados por el Ingeniero García lo suficiente como para justificar la modificación de algún estudio que se haya hecho basado en ellos. Puede ser que la nueva distribución mensual de los gastos no se muestre con tantos caudales picos como la del Ingeniero García; sin embargo produce períodos más críticos de caudales altos y bajos. (18).

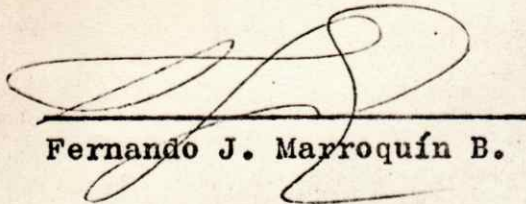
La Sierra: Los caudales generados por el Ingeniero García son más altos que los generados ahora. Probablemente un ajuste entre ambos si sea justificado aquí. (18).

Si comparamos las series generadas en ambas oportunidades con los caudales obtenidos por el Proyecto, podemos concluir:

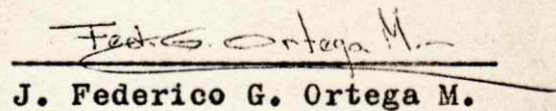
Hasta ahora el Proyecto sólo ha diseñado su primera etapa, a base de caudales de estío. Estos, sí son compatibles con los obtenidos en ambas series, ya que las curvas de calibración en su parte baja son buenas, según hemos aseverado antes (artículo 6.2).

Cuando se entre a diseños con caudales de invierno si se van a encontrar diferencias entre los caudales obtenidos en el período 1960-1966, y los obtenidos en estas series. Sin embargo, ésta diferencia no se observa entre los caudales obtenidos en el período 1966-1970 y los generados en el Centro de Ingeniería Hidrológica.

Por lo tanto, mientras no se tengan datos más confiables, las series generadas constituyen una aproximación en caudales de invierno.

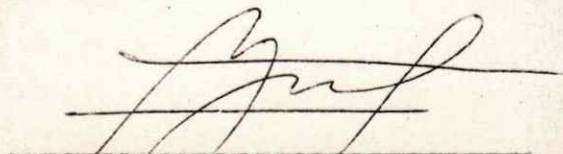


Fernando J. Marroquín B.



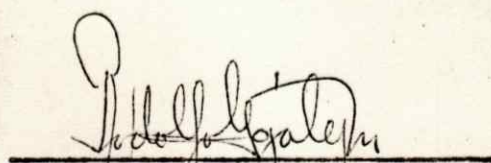
J. Federico G. Ortega M.

Vo. Bo.



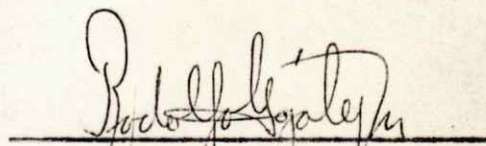
Ing. Roberto Mayorga Rouge.
Asesor.

Vo. Bo.



Ing. Rodolfo González M.
Director de la Escuela Regional
de Ingeniería Sanitaria.

IMPRIMASE:



Ing. Rodolfo González M.
Decano en funciones.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Linsley, Ray K. y Franzini, Joseph B. Ingeniería de Recursos Hidráulicos. CECSA, México, 1967.
- 2.- Linsley, Kohler y Paulhus. Applied Hydrology. McGraw Hill Book Co. Inc. New York (USA), 1949.
- 3.- Johnstone y Cross. Elements of Applied Hydrology. The Ronald Press Co. New York (USA), 1949.
- 4.- G. Réméniéras. Elements D' Hydrologie Appliquée. Librairie Armand Colin. Paris (France), 1959.
- 5.- Neira C. Hernando. Curso Práctico de Hidrología. Pu blicación 51 del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica. 1968.
- 6.- Pellecer. M., Axel C. Obtención de Curvas de Duración de Caudales Mediante el Índice de Variabilidad, Ap lición a Cuencas de Guatemala. Tesis. Facultad de Ingeniería. IGN Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. Guatemala. 1968.
- 7.- Torres, Bartolomé. Estudio de los Principales Métodos para Predeterminar Crecidas. Tesis. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala la. 1966.
- 8.- Francisco Ubieta B. Curso de Hidrología. Fac. de Ingeniería.
- 9.- Instituto Geológico Nacional. Archivos.
- 10.- Instituto Nacional de Electrificación. Archivos.
- 11.- Observatorio Nacional. Archivos.
- 12.- Estrada G., Rubén A. Estudio Hidrológico Básico de la Cuenca del Río Paz. Tesis. Facultad de Ingeniería. IGN. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. Guatemala. 1970.
- 13.- Wisler, C. O. y Brater, E. F. Hydrology. John Wiley & Sons. Inc. New York. 1959.
- 14.- Erales C. Ricardo A. Derivación del Hidrograma Unita-

- rio para una Cuenca de Guatemala. Tesis. Facultad de Ingeniería. IGN. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. Guatemala. 1968.
- 15.- Volúmenes I, II, III del Proyecto Xayá Pixcayá. 1966.
- 16.- Neira, C. Hernando. Las Crecidas de los Ríos Guacalante y Achiguate en Septiembre de 1969. Publicación No. 59. Proyecto Hidrológico Centro Americano.
- 17.- García, M. Luis E. Estimación de Caudales con Información Limitada. IGN. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. 1966.
- 18.- Informe del Centro Hidrológico de Ingeniería. Sacramento, California. E.E.U.U., 1971.