

"ANALISIS Y CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

DE LOS RIOS

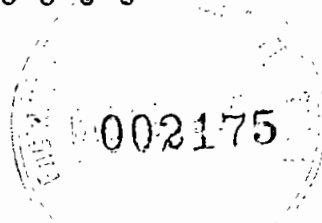
CHALPI Y PAPALLACTA"

Tesis previa a la obtención del título de
Ingeniero en la Especialización de Electro
tecnia de la Escuela Politécnica Nacional.

EFRAIN GALARZA ASTUDILLO.

Quito, Julio de 1955.

o-o



I N D I C E - D E - M A T E R I A S

	Pag.	
Ira. Parte.-Generalidades.....	3	a 1a BR 24
2da. Parte.-Datos del proyecto.....	25 25	" " ED 42
3ra. Parte.-Aplicación al proyecto.....	43 43	" " 76 73
4ta. Parte.-Conclusiones.....	74 74	" " 81 79
Bibliografía.....	80	

I N D I C E - D E - G R A F I C O S

	Graf. N ^o
Diagrama Cronológico de Caudales.-Río Chalpi-1.949	1
" " " " " " 1.950	2
" " " " " " 1.951	3
" " " " " " 1.952	4
Diagrama Cronológico de Caudales.-Río Papallacta (1.949	5
" " " " " " 1.950	6
" " " " " " 1.951	7
" " " " " " 1.952	8
Diagrama Cronológico de Caudales.-Sistema Papallacta + Chalpi 1.951.....	13
Diagrama de Duración de los Caudales.-Río Chalpi..	9
" " " " " " Río Papallacta	10
Diagrama de Duración de los Caudales.-Sistema Papallacta + Chalpi.....	14
Curva de Caudales Medios Utilizables.-Río Chalpi..	9
" " " " " " Río Papallacta	10
" " " " " " Sistema Papallacta + Chalpi....	14
Diagrama de Caudales Acumulados.-Río Chalpi 1.951.	3
" " " " " " Río Papallacta 1.951	7
Diagrama de Caudales Acumulados.-Sistema Papallacta-Chalpi año 1.951.....	13
Curva Característica Hidrológica.-Río Chalpi.....	11

Curva Característica Hidrológica.-Río Papallacta..	12
Curva Característica Hidrológica.-Sistema Papallacta + Chalpi.....	15

I N D I C E - D E - T A B L A S

Pag.

Variación Cronológica de los Caudales del Río Chalpi durante los años 1.949-50-51-52-53	25 25 a la 41 33
Variación Cronológica de los Caudales del Río Papallacta durante los años 1.949-50-51-52-53	34 42 " " 50 42
Caudales Acumulados o Escorrentía del Río Chalpi durante el año 1.951.....	45 50 " " 70 50
Caudales Acumulados o Escorrentía del Río Papallacta durante el año de 1.951.....	51 53 " " 64 56
Caudales Acumulados o Escorrentía, durante el año 1.951 del sistema formado por los Ríos Papallacta y Chalpi.....	57 67 " " 70 62

=====

G E N E R A L I D A D E S.

Para aumentar la producción de energía eléctrica para la ciudad de Quito, se han estudiado los ríos que nacen en la hoya de Quito y de las cordilleras que la rodean. Se ha encontrado que el río Papallacta y sus afluentes, son la fuente más económica para generar una gran cantidad de energía eléctrica a una distancia no excesiva.

En esta, mi tesis, quiero discutir las condiciones hidrológicas del río Papallacta y de su afluente principal el río Chalpi.

En los páramos del Antisana, nace el río Maspá. Después de haber pasado por la llamada laguna de Papallacta, el río Maspá recibe por la izquierda al río Papallacta, cuyo nombre toma. Posteriormente, el Papallacta recibe, también por su izquierda, al río Chalpi, adquiriendo un caudal considerable.

En cuanto a la constitución geológica de la región por donde corren estos ríos, se conoce, por estudios realizados por el geólogo Dr. Walter Sauer, que predominan las rocas del tipo de las Filitas, Gneis, Pizarras gneisicas y Pizarras micáceas, las cuales presentan una suficiente solidez, favorable para cualquier construcción.

La zona por donde corren estos dos ríos Papallacta y Chalpi, está cubierta de abundante vegetación que la convierten en zona muy húmeda. La abundante vegetación, además de retener la humedad, favorece la pluviosidad, pudiendo asegurarse constantes y cuantiosas precipitaciones. Las grandes masas de aire cálido, generalmente cargadas de humedad, que se levantan desde la llanura amazónica, ascienden hacia las alturas y al llegar a la -

cordillera oriental, van a chocar contra las superficies heladas de las montañas y se condensan ocasionando fuertes precipitaciones. Estas precipitaciones parecen ser mayores en los meses de Julio a Septiembre, pero durante todo el año son considerables, pudiendo decirse que para esta región, en realidad no hay meses secos.

Por observaciones en zonas similares a ésta que se la considera como de los flancos andinos, se puede decir que en tales zonas se alcanzan como mínimo los 2.000 mm. de lluvia al año. Además se conoce que en el Oriente llueve más en las zonas situadas al norte del río Pastaza y aunque este caso no es estrictamente de la región oriental, sin embargo se podría decir que las precipitaciones son mayores de los 3.500 mm. ; pudiendo asignarle alrededor de los 4.000 mm. al año.

Por las exploraciones y observaciones directas que he hecho sobre esta región y también por los estudios del Mayor Sampedro, he calculado de modo aproximado el area de la cuenca, que para el río Papallacta (hasta el sitio de su posible captación), podría estimarse en unos 350 Km² y para el Chalpi en unos 50 Km².

De acuerdo a esto podemos calcular en forma aproximada también, la posible escorrentía que evacuarían entre estos dos ríos:

$$\begin{array}{r} \text{Area:} \\ 350 \\ +50 \\ \hline 400 \text{ Km}^2. \end{array}$$

$$\text{Area de la cuenca} = 400 \times 10^6 \text{ m}^2.$$

$$\text{Precipitación} = 4 \text{ m. por año.}$$

Escorrentía:

$$\begin{array}{r} 400 \times 10^6 \quad m^2 \\ \times 4 \quad m \\ \hline 1600 \times 10^6 \quad m^3 \end{array} .$$

Suponemos que por permeabilidad y evaporación se perdería un 45%. Entónces la escorrentía:

$$\begin{array}{l} E = 0,55 \times 1.600 \times 10^6 \quad m^3 \\ E = \underline{880 \times 10^6 \quad m^3} \end{array} .$$

Sería aproximadamente la escorrentía que evacuan entre ambos ríos durante el año.

La cantidad total de agua que cae sobre una cuenca, se reparte del siguiente modo:

a) en parte se infiltra en el terreno (según su permeabilidad, pendiente, vegetación, sequedad inicial, etc.) Esta agua infiltrada, cuando se trata de un intervalo de tiempo largo y una cuenca de extensión suficiente, sólo debe considerarse como perdida en parte, ya que terminará por emerger en forma de manantiales; pero en cuencas reducidas (y aguaceros y crecidas que duran poco tiempo) tiene la infiltración gran importancia. Además pueden en forma subterránea ir directamente al mar.

b) en parte puede correr por la superficie, formando corrientes, ríos o cualquier curso de agua, cuyo régimen está defasado con el de las lluvias.

c) en parte se evapora nuevamente, antes o durante la realización del ciclo anterior. En este caso la evaporación influye poco.

La distribución de una zona fluvial, en países más adelantados que el nuestro, se la encuentra registrada en cartas, aunque estas no siempre son exactas por la presencia de

pasajes subterráneos de una zona a otra.

El area S de una cuenca hidrológica se la considera siempre en relación a su proyección horizontal. Si se efectúa el producto de S por la altura h de agua caída en un tiempo da do, nos dará un volúmen: $V = S \times h$ de aflujo meteórico caído durante ese tiempo en dicha cuenca.

No siempre interesa toda una cuenca hidrológica, sino sólo la parte inmediata superior a la sección del río donde se prevé un aprovechamiento del mismo.

En relación a las diversas secciones de un curso de agua desde el monte al valle, la respectiva cuenca hidrológica aumenta gradualmente o repentinamente (entrada de un afluente) y se puede hacer un diagrama de las areas en función de las cuotas de agua, construyendo así la Curva Hipsográfica de la cuenca, poniendo el area en abscisas y las cuotas en ordenadas y es una representación bastante expresiva de las varias configuraciones altimétricas y al mismo tiempo una Característica Geográfica bastante significativa de la cuenca considerada.

"La ordenada media de la curva representa la altura media de la cuenca". Similarmente se deben considerar las cuencas hidrológicas de los afluentes.

La cantidad aprovechable total de precipitado se puede evaluar así:

$$E = A - P$$

siendo A el total de agua caída en un período dado E es el total efectivo que se puede aprovechar o Escorrentía y P las pérdidas. También se puede representar las pérdidas por un coeficiente c quedando entonces la fórmula anterior:

$$E = cA.$$

El valor de la pérdida aparente depende, por un lado del clima y condiciones meteorológicas en el tiempo considerado. dimensión y forma de la cuenca, pendiente del terreno, pendiente y dimensión de los alveos, caracteres geognósticos de la cuenca y desarrollo de la vegetación que la reviste.

Si expresamos el area de la cuenca hidrológica S en m^2 , la altura anual de deflujo o escorrentía E en metros y el

caudal medio anual Q_m en $m^3/\text{seg.}$ del curso de agua en la región considerada, vemos que podemos considerar como buena la fórmula:

$$S.E = Q_m 31,5 \times 10^6$$

en la cual $31,5 \times 10^6 =$ número de segundos de un año.

En el Ecuador estos estudios se encuentran bastante atrasados o no se han hecho. Todos los países civilizados, especialmente europeos tienen oficinas dedicadas exclusivamente a estas investigaciones, que pueden suministrar a los ingenieros, datos bastante fidedignos sobre la cuenca hidrológica que les interese. Como ejemplo copiamos a continuación algunos datos referentes a Italia:

"El Servicio Hidrológico Nacional (Italiano), se ocupa de los estudios e investigaciones sistemáticas sobre las aguas naturales del país partiendo de la consideración de fenómenos meteorológicos que sobre el régimen de las aguas influye mayormente; para llegar a la utilización de las aguas mismas, sea para fuerza motriz o para asuntos de riego.

La Península Italiana y las Grandes Islas se ha dividido para el efecto en ocho compartimentos (delimitados con criterio exclusivamente hidrológico) que dependen de otras tantas secciones del Genio Civil, a las cuales hay que agregar: Oficina Hidrográfica del "Magistrato" para las aguas de región veneta y la Oficina Hidrográfica del Pó para las aguas del valle padano.

Ellos publican periódicamente el Annali Idrologici y sirve para cualquier interesado en proveerse rápidamente de datos dignos de confianza.

Como para la elaboración de este material se requiere de largo tiempo, desde 1921 se ha separado dicha publicación en dos partes con los títulos Primera parte Osservazioni, que contiene solamente las observaciones diarias de las estaciones termométricas, pluviométricas, hidrométricas, freaticométricas y debe salir a luz en los primeros meses de cada año, con el material del año anterior. Segunda parte Elaborazione e Studi, que en primer término contiene una vasta elaboración del material

anterior, de la primera parte y luego los resultados de las investigaciones que requieren cómputos laboriosos y largos y que por lo tanto no era posible que se publiquen en la primera parte, (en particular aforos de caudal, caudal diario, deflujos y aflujos meteóricos). Además fenómenos particulares como crecidas catastróficas, aluviones, largos períodos de sequía y lluvias intensas de corta duración; y también las conclusiones a las cuales todo el material da lugar, en mérito a los caracteres hidrológicos del año considerado.

Además de los requisitos de exactitud y precisión, dotes peculiares de tal género de trabajo, la publicación presenta la consulta rápida, permitiendo obtener pronto y sin dificultad los datos que interesan, en la masa numerosísima de los datos que aparecen cada año".

Estamos de acuerdo ya, en que la lluvia es el origen primario del agua, ya de la que forma luego una corriente, como de la que forma pozos o fuentes. Por tanto las variaciones en la lluvia se traducirán en variaciones de las corrientes superficiales y en menor grado de las corrientes subterráneas. Las estadísticas de largo tiempo del caudal de las corrientes, harán sin duda necesarios los estudios de la lluvia, en relación con la captación superficial. Pero tales estudios no son en general suficientemente extensos para que un ingeniero pueda estar seguro de que cubren todas las posibles variaciones de la lluvia.

En tales casos suele recurrirse a las estadísticas de las lluvias que pueden ser más completas, como complemento a las escasas o inexistentes, sobre las corrientes de agua. Las circunstancias previsibles de la lluvia pueden trasladarse al caudal de las corrientes en el caso de un proyecto relacionado con el agua superficial, la cantidad total de lluvia, sus variaciones de año en año o dentro de cada año y los fuertes aguaceros que pueden ser previstos, todo, debe estudiarse en relación con las evoluciones del suministro de agua.

Se llama Coefficiente de Escorrentía o de Aprovecha-

miento, la relación entre el volúmen de agua que corre superficialmente en cierto tiempo y en un punto del río y el del agua precipitada en lluvias y nieves en la cuenca afluyente.

Interesa al ingeniero para estudiar el régimen pluviométrico de una cuenca y deducir de él, el posible régimen del río que nutre dicha cuenca, determinar:

- 1°) La altura media anual de lluvia y su variación en los diferentes años.
- 2°) La distribución de la lluvia sobre las diversas zonas de la cuenca.
- 3°) La repartición de la lluvia en los meses del año.
- 4°) La frecuencia de las precipitaciones (Número de días lluviosos) y
- 5°) La intensidad de los aguaceros.

Lluvia Media Anual.-Las diferencias en la lluvia media anual se deben a la proximidad de los océanos, altitud, caracteres topográficos y vientos dominantes. Puesto que los océanos son los depósitos que proporcionan la mayor parte del agua que después se precipita, debe preverse que las proporciones serán más altas cerca de las costas. Sin embargo hay muchos casos en que esto no se cumple, ya que pueden haber factores secundarios que modifiquen totalmente las circunstancias.

Tal sería el caso que sucede en la Costa del Ecuador por la presencia de la corriente de Humboldt que viniendo desde el Perú modifica el clima de la faja externa de las costas de El Oro, Guayas, y Manabí, hasta cerca del Cabo Pasado, dando a esta faja un clima más fresco, pero disminuyendo notablemente las lluvias, tornándola en cálida, fresca, pero seca.

Esto se produce porque el frío de las aguas de la corriente de Humboldt, roban el calor a la faja costanera externa; luego, siendo menor la temperatura, disminuye la evaporación, no se forman nubes y como consecuencia no hay lluvias en esta subregión, o son escasísimas, ya que sólo caen durante tres o cuatro meses, de Enero a Abril. En cambio en la faja interna que

ocupa el sector contiguo las estribaciones de los Andes y toda la parte septentrional de la Costa ecuatoriana es de clima cálido, ardiente y húmedo.

Efecto contrario a la de Humboldt, tiene la Corriente Cálida del Niño que origina una verdadera anomalía pluviométrica en la Costa Ecuatoriana. La corriente del Niño es una desviación de las corrientes ecuatoriales del Pacífico, que desde el Golfo de Panamá avanza de norte a sur, bordeando las costas de Colombia y Ecuador hasta Paita en el Perú.

Corre esta corriente muy pegada al Litoral, con poquísima velocidad; su elevada temperatura ocasiona mayor evaporación que, al condensarse en las regiones altas adyacentes, ocasiona las lluvias torrenciales que caracterizan el clima de nuestra Costa en el primer semestre del año, además se ha observado que esta corriente se intensifica al cabo de períodos de 6 a 7 años, produciendo inviernos sumamente fuertes, aún en las regiones secas influenciadas por la corriente de Humboldt. Al respecto también podemos citar los siguientes datos pluviométricos sobre las tres regiones naturales del Ecuador:

EN LA COSTA.- (Influencia oceánica y en particular de las corrientes de Humboldt y del Niño).

Sub-región Externa.- Lluvias escasas que caen por tres o cuatro meses a lo sumo (Enero a Abril). Ejemplos: Ancón, 365 mm. anuales; La Libertad, 322 mm. anuales.

Sub-región Interna.- Lluvias abundantes que se prolongan por 6 meses, (Enero a Junio). Ejemplo: Ingenio Valdez (Prov. del Guayas) con 2.109 mm. anuales, Babahoyo 1.867 mm.

EN LA SIERRA.- Piso Tropical.- (desde los 500 hasta los 1.500 m).-Valles como los del Chota, Guayllabamba, la Toma. Lluvias escasas; Ejemplos: Huigra 474,4 mm, Chota 293,5 mm, la Toma 468 mm.

Piso Templado Subtropical.- (desde los 1.500 hasta los 2.500 m). Comprende la mayor parte de los valles serranos abrigados: Los Chillos, Paute, Patate, Guayllabamba. Ejemplos: Guayllabamba

479, Patate 550 Ibarra 624 Loja 767 mm. Baños- con 1827 mm. de lluvia es una excepción por hallarse en una abra de la cordillera que conduce directamente al Oriente.

Piso Templado Subandino.- (desde los 2.500 hasta los 3.500 m.) Valles frescos y mesetas de faldeo: Cayambe, Machachi, Lasso, Cajabamba, Píllaro, Cuenca. Pluviosidad abundante; Ejemplos: Quito 1.323 mm. Píllaro 1.021; Cuenca 955 mm.

Piso Frío Andino.- (desde los 3.500 hasta los 4.650 m.) Región de los Páramos.-Lluvias abundantes y persistentes, con una cortísima estación seca. Ejemplos: Estación Experimental de Cotopaxi 1.443,7 mm. Cruz Loma (Quito) 1565 mm.

Piso Frío Glacial.- (más arriba de los 4.650 m.) Precipitaciones en forma de nieve. No hay datos pues todavía no se ha instalado nivómetros.

EN EL ORIENTE.- Flancos Andinos.- "Cinturón de las lluvias": En esta zona se alcanzan como mínimo los 2.000 mm. de lluvia al año. La máxima registrada correspondió a Mera (año de 1.932) con 6.010 mm.

Llanura Amazónica.- No se tiene datos por faltarle estaciones meteorológicas. Las lluvias son muy abundantes. Como dato orientador se tiene que en Iquitos se registra en Diciembre un mínimo de 120,1 mm. mensuales y en Enero un máximo de 449,3 mm. Se ha notado que en la región oriental llueve más en las regiones situadas al norte del río Pastaza.

Por los datos anteriores se observa que en nuestro país hay gran variedad de tipos pluviométricos que corresponden a las diferentes situaciones climatéricas.

Esto hace pensar también en la conveniencia y necesidad de la interconexión de las Centrales Hidroeléctricas, con dos finalidades:

1°).- Regiones que carecen o tienen muy pocos recursos hidráulicos, podrían ser abastecidas por otras regiones que los tienen en abundancia.

2°).- Regiones que tienen diferente régimen pluviométrico podrían compensar mutuamente sus deficiencias, según los

períodos del año en que se produzcan las sequías o las mayores precipitaciones.

Esto hace necesario un profundo conocimiento de las características pluviométricas e hidrológicas de todas las regiones del Ecuador, para lo cual es necesario la instalación de una gran red de estaciones meteorológicas.

La interconexión de sistemas hidroeléctricos se ha visto dificultada en el Ecuador por la siguiente razón:

La concentración de la producción eléctrica en manos de los Municipios. Esto se debe a que las empresas con capital privado no han querido invertir fondos, por considerar talvez, dudosas las ganancias en la industria de producción eléctrica.

En nuestro país sólo tenemos hasta hoy, dos casos de sociedades que podrían calificarse como mixtas y son la Empresa Eléctrica Miraflores y la Empresa Eléctrica Zamora, formadas con la asociación de capitales semi-públicos y de capitales municipales. Un paso semejante y que sería muy beneficioso para nuestra Capital, es el que trata de dar la Empresa Eléctrica Municipal de Quito.

Las consecuencias de la producción por parte exclusiva de los Municipios son las siguientes: La explotación ha sido manejada sin ningún criterio comercial y más bien con criterios políticos personales, a lo que se debe las tarifas bajas, que no permiten tomar en cuenta los gastos de amortización, depreciación y mantenimiento. Por otra parte las tarifas muy bajas obstaculizan la formación de empresas privadas, que no podrían competir en ese plano con las empresas municipales.

La autonomía municipal ha hecho imposible la interconexión, pues los Municipios consideran atentatorio contra su autonomía, un acuerdo con otro Municipio para los fines de producción eléctrica, lo cual resulta absurdo, pues en países europeos más adelantados que el nuestro, las líneas de interconexión no sólo van de una región a otra del mismo país, sino que atraviesan sus fronteras.

Estaciones Meteorológicas. - Para proporcionarlos datos que interesan al ingeniero y que hemos enumerado ya, es necesario la existencia de estaciones pluviométricas que constan principalmente de los siguientes aparatos: pluviómetros, pluviógrafos, nivómetros, pluvionivómetros, pluvionivómetros totalizadores, termómetros de máxima y mínima.

Para controlar la lluvia se necesita una red pluviométrica, que debe tener una estación cada 100 kilómetros cuadrados como mínimo.

Si nosotros marcamos en un plano los datos y unimos estos puntos, tendremos la curva isoietas y si estos mismos datos, transportamos sobre un plano y formamos un sólido, tendremos un sólido de lluvias en relación al tiempo. La reunión de las curvas isoietas se llama Carta de Lluvias.

Estas estaciones deben estar confiadas a personas de mucha veracidad y muy escrupulosas, a quienes se debe instruir en el manejo de los aparatos, así como sobre la responsabilidad que tienen, de modo que jamás suministren un dato falso, ya que siempre es preferible carecer del dato, antes que tener un falso o erróneo que puede conducir a graves consecuencias.

Los aparatos más usados en las estaciones meteorológicas son los siguientes:

Pluviómetro o Udómetro. - Se utiliza para medir las precipitaciones diariamente y consta de las siguientes partes: de un embudo cuya boca tiene una superficie determinada, no inferior a 200 centímetros cuadrados que desagua en un recipiente de suficiente capacidad para recoger toda la lluvia caída en un día; El conjunto debe estar rodeado de una caja metálica que difficulte la evaporación.

La medida en un pluviómetro debe hacerse por lo menos una vez al día y siempre a una hora fija.

La medida se hace vertiendo el agua del recipiente en una probeta graduada cuya superficie debe estar en relación sencilla con la superficie de captación, dando la precipitación en milímetros de altura, que equivale a litros por metro cuadra

do de superficie.

Para que sea preciso un pluviómetro, la boca del aparato debe estar a suficiente altura sobre el suelo, para que no lleguen salpicaduras de la lluvia o nieve arrastrada por el viento. Por eso se necesita una altura de por lo menos 1 metro.

En lugares de difícil acceso, donde por lo tanto, no es posible efectuar las lecturas diariamente ni mensualmente, se mide las precipitaciones una o dos veces al año y con este objeto se utiliza el llamado pluviómetro totalizador, que es un pluviómetro capaz de recoger durante un año la precipitación correspondiente a la superficie de su boca.

Pluviógrafos.- Hay diferentes, pero casi todos son semejantes al tipo Hellman usado en la península Ibérica, (España y Portugal). Su estructura es la siguiente: el agua se recoge en un receptor en forma de embudo y de boca semejante a la de un pluviómetro, situada en la parte superior, de donde pasa a un depósito, en donde existe un flotador, en cual por medio de palancas mueve un estilete, provisto de un depósito de tinta y grasa y apoyado sobre la superficie de un cilindro. El cilindro está recubierto de una hoja de papel graduado y asociado con un sistema de relojería que lo hace girar con movimiento uniforme.

El funcionamiento es así: las variaciones de altura en el depósito, se traducen por medio del flotador en movimientos del estilete, que inscribe sobre el cilindro una curva referida a dos ejes: en abscisas el tiempo y en ordenadas la altura de lluvia.

Si el aparato de relojería se daña, el pluviógrafo puede seguir funcionando como un pluviómetro ordinario, hasta que se solucione el daño ocasionado.

Pluvionivógrafos.- En las regiones donde se prevé la caída de nieve, es necesario el uso de estos aparatos cuya estructura es parecida a la de las balanzas automáticas o pesacartas y provistos también de un estilete que registrará las variaciones sobre un papel enrollado en un cilindro giratorio.

Lo-s empleados de las estaciones meteorológicas, deben

llevar un libro con un cuidadoso registro de las observaciones diarias y mandar sus informes periódicamente a la oficina central.

- H I D R O L O G I A -

Hemos anotado que parte del agua resultante de las precipitaciones pluviométricas corre por la superficie terrestre formando diferentes cursos de agua o también lagos.

El hombre aprovecha estos cursos de agua con diferentes fines, tales como producción de energía mecánica, energía eléctrica o aprovisionamiento de agua para la agricultura (riego) o para servicios urbanos (agua potable), etc.

Dentro del aspecto hidroeléctrico, que es nuestro caso, lo que a nosotros propiamente nos interesa son los ríos, pero para que esta afirmación no sea a priori, vamos a ver las características de los cursos de agua naturales para poder concluir cuales son los verdaderamente útiles para la producción de energía eléctrica.

Al respecto veremos algunos conceptos del autor García Nájera ("Principios de Hidráulica Torrencial") que dice:

R I O S.- "Corren por valles anchos y su caudal aún en período de estiaje es considerable. Los numerosos afluentes que corren por la cuenca de un río y que alimentan su caudal, son causa de que las tormentas o aguaceros aislados y locales no produzcan crecidas de importancia, que sólo obedecen a lluvias prolongadas u otros accidentes meteorológicos que afecten gran parte de la cuenca.

Las pendientes constantes en largos recorridos, son pequeñas y no exceden según Surell del 1,5%. Este mismo geólogo considera como rasgo sobresaliente de los ríos, el hecho de divagar sobre un cauce muy ancho del que sólo ocupan una pequeña parte.

Aunque acarrean materiales sólidos y buena prueba de

ello son los deltas, son de tamaños menudos y en pequeña cantidad, relativamente a la importancia de su caudal."

Nosotros no podemos sin embargo aceptar completamente estas características para nuestros ríos, ya que ellos difieren mucho de los ríos europeos. Sobre todo en lo que respecta a rias, la experiencia nos ha enseñado (Río Chanchán), las contingencias imprevistas que se presentan y que tantos daños pueden ocasionar.

Más aceptables son los conceptos de Gómez Navarro que los define así:

"Cuando las corrientes de agua han adquirido su marcha normal y su acción se reduce a socavar, transportar y sedimentar los aluviones aportados por los torrentes, según la velocidad en relación con la resistencia del alveo, pero sin atacar permanentemente a las orillas, pasan a la categoría de ríos".

Este mismo autor juzga aceptable la clasificación por la pendiente, con los siguientes preceptos:

Si la pendiente es mayor de 0,02 se trata de torrentes. Si la pendiente está comprendida entre 0,02 y 0,0025 se dice que se trata de un río torrencial y se admite como ríos los que tienen pendiente inferior a 0,0025.

Sin embargo se suele llamar río a toda corriente de agua desde su origen a la desembocadura.

SALTOS DE AGUA. - Lo que a nosotros nos interesa son los desniveles que presentan los ríos, los cuales se presentan bajo la forma de cataratas, cascadas o desniveles de menor cuantía y facilitan su uso para producción de energía, pero estos son escasos y casi siempre es necesario hacer construcciones que den como resultado saltos, que en ese caso vienen ya a ser artificiales.

Para los efectos de aprovechamiento de los saltos de agua, los tres tramos de un río proporcionan:

El Superior. - grandes desniveles y escaso caudal.

El Medio. - desniveles moderados y mayores caudales.

El Inferior. - escasos desniveles y grandes caudales.

Los embalses reguladores tienen su mejor ubicación en el tramo superior.

Corriente Fluvial. - Es la parte visible de la escorrentía, incluye no solamente el agua que entra en el río procedente de la superficie del terreno, sino también el agua que transitoriamente es absorbida en la cuenca de recogida y reintegrada más tarde a la corriente fluvial.

Los aforos o registros de las corrientes por largos períodos, son los más recomendables y la exactitud de los cálculos basados en la lluvia u otros datos deberá ser examinada cuidadosamente para garantizar su certeza por comparación con otros registros, antes de utilizarlos.

Rendimiento. - Es el volúmen de agua que puede captarse, procedente de las aguas de superficie y subterráneas.

La Escorrentía. - De una cuenca determinada es la cantidad de agua evacuada por dicha cuenca.

El rendimiento seguro es el mínimo registrado en el pasado o el estimado para un período futuro.

Aunque el ingeniero se interesa principalmente por los datos referentes a las escorrentías del curso de agua, la escasez y concisión en comparación con los que hacen referencia a la lluvia, le obligan a menudo a tener que recurrir a las estadísticas referentes a las lluvias para estimar el caudal de un río y para el estudio de los períodos secos prolongados.

De una manera análoga, para el estudio de la capacidad de aliviaderos o tajeas, pueden utilizarse los datos estadísticos de lluvia para la determinación del caudal máximo presumible.

En los aguaceros los coeficientes de escorrentía no guardan relación alguna con los coeficientes anuales y presentan grandes diferencias según que los chubascos caigan sobre terreno seco o empapado por lluvias anteriores; diferencias que naturalmente corresponden a los diferentes grados de infiltración, según que el terreno se encuentre en una u otra condiciones.

Conocido el régimen de lluvias de una cuenca y los valores de los coeficientes mensuales de escorrentía, pueden calcularse los valores límites de caudal; pero por lo general, estos coeficientes son desconocidos y para determinarlos es necesario un largo período de experiencias.

Coefficiente de Perennidad.- Se llama coeficiente de perennidad de un río, la relación que existe entre el caudal mínimo y el caudal medio.

Coefficiente de Torrencialidad.- De un río es la relación entre el caudal máximo y el de estiaje o caudal mínimo.

Como se comprende es la muchísima importancia el conocimiento de los caudales máximos, medio y mínimo de un curso de agua en vías de utilización, pero para esto es necesario muchos años de observaciones, pues sucesos que no se han presentado en 10 o 20 años pueden ocurrir una sola vez en períodos más largos, tal cosa sucede con las crecientes o riadas cuya predicción es muy difícil, si no imposible.

Riadas.- Se podría afirmar que la riada no sólo es función de la superficie sino también de su altitud, orientación, orografía, vegetación, clase de terreno, -permeable o impermeable-etc. Una riada en un afluente puede o no coincidir con riadas análogas en otros afluentes de la misma cuenca.

Registrada una riada máxima puede ocurrir que en época posterior y por coincidencias de riadas de otros afluentes determinen una superación de dicho valor y así a medida que se compute más tiempo en la apreciación de las riadas, cabe que estos valores se vayan superando; por esta razón el tiempo es un importante elemento a considerar en la apreciación de la máxima riada y así se podría decir: "una riada que ocurra, por término medio, una vez cada 10, 100, 1000 años".

Hanna en su obra "The Design of Dams", dice que donde se haya observado riadas durante 25 años o más, la riada máxima posible en lo sucesivo, debe suponerse en el 25 a 50% mayor que la observada. Si el período de observación es menos de 25 años, el aumento de la cuantía de riada posible debe ser por lo

menos en un 50%. Para este efecto se puede comparar con cuencas similares. Se puede partir del valor medio y si la zona se presta a grandes riadas, se toma un valor superior al medio.

Períodos de Observación.- Los investigadores de la U. S. Geological Survey, han deducido que los datos de registro de 1 año, es posible que se aparten tanto del promedio, que pueden conducir a varios errores.

Un período de 5 años, aun cuando en muchos casos da resultados dentro de un 10% del promedio efectivo, pueden tener hasta 20 o 30% de error.

Un período de 10 años, podemos estar seguros que dará resultados con error menor del 10%, pues para un grupo de 10 años ocurrirá probablemente un año que pueda calificarse como típico de aguas altas y otro típico de aguas bajas.

Con un período de 10 años, sin embargo no llegará a incluirse el año anormal que puede ser previsto solamente una vez en muchos años.

Si bien estos promedios pueden no ser extremos, proporcionan condiciones que son de esperar en años anormales.

Estas deducciones no son aplicables a los ríos situados en regiones áridas o semiaridas en que la variación de caudal es muy grande de un año a otro.

Cuando sólo son aprovechables pocos afluentes, pueden reunirse a las relaciones entre la lluvia y las corrientes de agua. La corriente puede entonces calcularse para una serie de años a base de la lluvia observada. Al efecto existen varias fórmulas empíricas.

Este sistema es, por supuesto, menos aproximado que las observaciones efectivas de las corrientes y si se emplea debe manejarse con especial cuidado.

Al elaborar curvas cronológicas de caudales, se puede usar el año del calendario, o también suele usarse el año hidráulico que principia en las proximidades de la época de mayor estiaje. Como es natural el año hidráulico ha de ser diferente para diversos ríos, o por lo menos para diversas regiones.

Datos de la cuenca.- Con el objeto de facilitar la determinación del área de una cuenca, algunas oficinas hidrográficas (en otros

países), han publicado datos sobre extensiones de las cuencas que están bajo su jurisdicción. El punto del curso del río que corresponde a una area determinada de la cuenca, viene precisado por kilómetros de recorrido, contando a partir de la desembocadura, o a veces, del punto límite de la región hidrográfica. Además del kilómetro, se cita el nombre de la localidad más próxima.

Datos principales.- Los principales datos que le interesan conocer a un ingeniero para el aprovechamiento hidroeléctrico de un río, son los siguientes:

1º) El caudal mínimo o de estiaje de los ríos, por afectar a la continuidad del servicio a que está destinada la obra que se proyecta.

2º) El caudal medio, para saber la cantidad de agua de que puede disponer la instalación; y

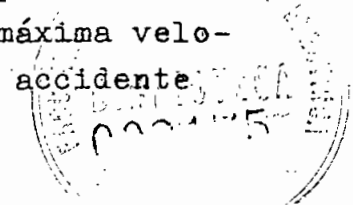
3º) El caudal máximo, para proyectar la capacidad de las obras de desagüe y defensa.

Para llegar a disponer de estos datos es preciso hacer algunos estudios del curso de agua observado. Como base para esos estudios son convenientes los trabajos y operaciones siguientes:

1º) Estudios Hidrográficos: levantamiento topográfico o planimétrico del fondo del valle; perfil longitudinal del cauce y perfiles transversales con su representación gráfica.

Es necesario trazar sobre un mapa existente o levantado expresamente, la traza y situación del cauce, la superficie ocupada por las aguas cuando el nivel es normal y también para períodos de estiaje o crecientes, distinguiendo las ordinarias que ocurren todos los años en el invierno, de las máximas o extraordinarias. Estas indicaciones sólo son precisas cuando provienen de un largo período de estudios.

También es conveniente hacer constar en el plano la línea axial de máximas velocidades que es la que aproximadamente coincide con la que resulta de unir los puntos de máxima velocidad o talweg. Debe figurar en el plano cualquier accidente.



encontrado en el curso del río así como afluentes, manantiales, islas, obras hidráulicas y desviaciones o derivaciones del caudal.

Las escalas para estos planos suelen ser de 1/50.000 a 1/10.000 para cartas de hidrografía general. De 1/10.000 a 1/5.000 para representación de pequeñas redes y cursos breves de ríos, y de 1/1.000 a 1/500 cuando se quiere representar en detalle trozos aislados de ríos. Pero cuando se trata de la representación del sistema hidrográfico general de una nación en tera la escala suele ser mucho menor de 1/50.000.

Para levantar el perfil longitudinal conviene hacerlo con referencia a una base poligonal próxima, pues en la mayoría de los casos no es posible hacerlo directamente. En cada sección del río deben referirse a la base, el caudal medio, el de estiaje y el de crecida. Uniendo los puntos así obtenidos se obtendrá los correspondientes perfiles longitudinales de la superficie del río.

El levantamiento de perfiles transversales debe practicarse en todos aquellos lugares donde se observe un cambio de sección o de pendiente del cauce o cualquier accidente capaz de influir en el régimen local de circulación del agua.

Estudios Hidrométricos:- medición y registro de los niveles alcanzados por el agua en los diversos lugares y situaciones con las secciones mojadas correspondientes.

Lo ideal sería conocer las variaciones del nivel del agua en los lugares más interesantes y característicos de un modo continuo. Pero no siendo posible esto, hay que contentarse con lecturas interrumpidas o aisladas de ese nivel, las cuales se efectúan por medio de aparatos muy variados cuyo nombre genérico es el de hidrómetros. Un hidrómetro está generalmente con tituido por una simple escala hidrométrica formada por uno o varios trozos empalmados materialmente o relacionados entre sí por una barra de madera o hierro en donde se han grabado las graduaciones y numeraciones para permitir la lectura directa del nivel alcanzado por el agua. La altura depende del nivel

máximo presumible.

También hay hidrómetros de flotador, en los que el agua actúa sobre un cuerpo flotante que comunica las variaciones de nivel, por medio de un cable del cual está suspendido.

Estudios Tacométricos y Foronímicos : que comprenden la medida y distribución de la velocidad del agua; propagación de la corriente y los caudales correspondientes a esos diversos niveles y situaciones. Estos se hacen con el objeto de medir la velocidad del agua y constituyen operaciones de las más importantes y complicadas de hidráulica práctica.

La velocidad se mide por medio de tacómetros, que de acuerdo al fin a que se destinan son de tres especies:

Primera especie: los usados para medir la velocidad superficial.

Segunda especie: los que permiten medir la velocidad en un punto cualquiera de una sección transversal.

Tercera especie: los que permiten conocer y medir la velocidad media a lo largo de una línea vertical cualquiera.

A F O R O S.- Aforar un curso de agua es la operación que tiene por objeto determinar o medir el gasto o caudal de dicho curso.

Pero en obras de ingeniería no se trata de medir una sola vez el caudal del río, sino que para establecer un record del curso de agua que interesa es necesario aforar diariamente o si fuese posible dos veces viarias y durante muchos años, para poder prever la conducta del curso de agua.

En este caso lo conveniente es establecer "estaciones de aforo" en las orillas del río y cerca de los sitios donde se supone que se hará la captación del mismo. En nuestro país por desgracia, nada se ha hecho todavía.

Sabemos que el caudal:

$$Q = V \times S$$

en donde: Q = caudal en $m^3/seg.$ V = velocidad en $m/seg.$

y S = sección mojada en metros.

De lo anterior se comprende que para conocer el caudal es necesario conocer la sección mojada S y la velocidad del agua V.

Hay numerosos procedimientos para aforar el caudal de un río y en casi todos se dá mayor importancia a la medida de la velocidad ya que la sección ofrece menos problemas, pues hay métodos conocidos, por ejemplo, aplicando las fórmulas del Trapecio o de Simpson

H I D R Ó L O G I A A P L I C A D A A L A S

U T I L I Z A C I O N E S

Los estudios hidrológicos concernientes a la utilización hidroeléctrica, en cuanto se refieren a uno de los factores que forman la potencia de la instalación, deben basarse preferentemente en el conocimiento de elementos de juicio seguros, y por lo tanto, sobre el aforo de los caudales del curso de agua que interesa.

Siendo variables los diferentes estados hidrometeorológicos, en el tiempo y en el espacio y como por otra parte sólo se tiene datos del pasado para prever regímenes futuros de los cursos de agua; se deduce, que mientras más amplia sea la experiencia adquirida, más cerca de la realidad estarán las conclusiones y más ciertos los fines prefijados de un proyecto.

En algunos casos deben hacerse correcciones a los datos de aforos, con el objeto de aproximarlos a los valores de los caudales más frecuentes.

Con los datos mensuales, semanales, o diarios de los aforos se trata de conocer el caudal medio, así como la potencia total de que se dispone para la instalación.

Para tener una idea cabal, de conjunto de las posibilidades que nos presta un curso de agua, es conveniente elaborar algunos gráficos que son más expresivos que el sólo conocimiento de los caudales diarios.

Entre los gráficos más interesantes tenemos los siguientes:

Diagrama Cronológico de los Caudales.- El cual se obtiene poniendo en abscisas el tiempo en días, o en meses y en ordenadas el caudal medio diario en metros cúbicos por segundo.

Diagrama de Caudales Acumulados.- Es una curva que se hace en función Cronológica, situando en abscisas el tiempo en días, y en ordenadas el caudal acumulado diario, es decir, el caudal medio por el número de segundos de un día.

Diagrama de Duración de los Caudales.- El cual se elabora poniendo sobre abscisas el tiempo en días y en ordenadas el tiempo de duración de cada caudal, el cual se lo obtiene del Diagrama Cronológico. Esta se llama también Diagrama de Caudales Máximos disponibles o Diagrama de Clasificación.

Curva de Caudales Medios Utilizables.- Esta curva resulta de la anterior, poniendo en el eje de abscisas el tiempo y en ordenadas la ordenada media del area que se considere bajo la curva de duración.

Curva Característica Hidrológica.- Es la curva más importante y se hace a base de la curva de duración, situando en abscisas las ordenadas de la curva de duración y como ordenadas las correspondientes ordenadas de la curva de caudales medios utilizables.

Estas curvas serán mejor explicadas en la siguiente parte.

o-o

o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o

o-o-o-o-o-o-o

o-o-o

Variación cronológica de los caudales del río CHALPI durante el año de 1949. (El caudal Q está expresado en m³/seg.),

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Abril	8	7,00	Junio	14	12,56	Agosto	1	7,54
"	11	8,61	"	16	21,60	"	3	8,56
"	13	8,34	"	18	24,45	"	5	8,56
"	19	8,03	"	20	7,89	"	7	22,20
"	21	8,61	"	22	7,89	"	9	12,03
"	24	7,40	"	24	8,47	"	11	18,25
"	26	12,22	"	26	19,15	"	13	10,32
			"	28	12,56	"	15	8,56
			"	30	17,50	"	17	7,31
						"	18	6,80
						"	21	7,65
						"	23	6,88
						"	25	12,87
						"	27	6,16
						"	29	6,88
						"	31	7,29
Mayo	1	8,23	Julio	2	13,25	Septbre	2	6,80
"	3	8,34	"	4	19,15	"	4	12,03
"	5	8,96	"	6	4,58	"	6	12,75
"	7	6,37	"	8	12,75	"	8	8,56
"	9	6,55	"	10	8,56	"	10	8,56
"	11	6,11	"	12	10,32	"	12	6,16
"	13	62,00	"	14	12,87	"	14	6,16
			"	16	7,54	"	16	8,56
			"	18	6,16	"	18	22,12
			"	20	8,56	"	20	12,75
			"	22	6,16	"	22	7,31
			"	24	12,75	"	24	7,29
			"	26	7,29	"	26	8,56
			"	28	7,31	"	28	7,31
			"	30	6,88	"	30	7,89

Variación cronológica de los caudales del río CHALPI durante el año de 1969. (El caudal Q está expresado en m³/seg.).

Fecha		Q m ³ /seg.	Fecha		Q m ³ /seg.	Fecha		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Octbre	2	7,54	Ebre	1	6,16	Dobre	1	3,75
"	4	4,58	"	3	5,13	"	3	3,86
"	6	4,18	"	5	5,13	"	5	3,50
"	8	3,67	"	7	4,68	"	7	5,13
"	10	3,67	"	9	5,89	"	9	4,58
"	12	4,18	"	11	6,80	"	11	4,83
"	14	3,86	"	13	5,62	"	13	4,58
"	16	3,26	"	15	4,83	"	15	3,75
"	18	4,58	"	17	4,68	"	17	3,50
"	20	4,68	"	19	4,35	"	19	3,50
"	22	6,56	"	21	4,35	"	21	3,38
"	24	5,00	"	23	6,88	"	23	2,96
"	26	5,13	"	25	4,83	"	25	2,81
"	28	5,00	"	27	4,35	"	27	2,67
"	30	5,25	"	29	3,75	"	29	2,67
"						"	31	4,35

Variación cronológica de los caudales del río CHAIFI durante el año de 1950. (El caudal Q está expresado en m³/seg.).

Fecha		Q m ³ /seg.	Fecha		Q m ³ /seg.	Fecha		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Enero	2	5,00	Marzo	1	4,58	Mayo	2	33,20
"	4	5,00	"	3	3,86	"	4	12,35
"	6	4,18	"	5	3,86	"	6	38,70
"	8	8,56	"	7	3,50	"	8	0,05
"	10	5,62	"	9	3,50	"	10	8,56
"	12	5,00	"	11	3,86	"	12	7,89
"	14	3,86	"	13	6,16	"	14	24,45
"	16	3,50	"	15	3,67	"	16	10,87
"	18	2,81	"	17	5,62	"	18	8,56
"	20	3,67	"	19	8,33	"	20	6,16
"	22	3,28	"	21	6,16	"	22	4,33
"	24	4,18	"	23	5,00	"	24	4,35
"	26	4,73	"	25	3,86	"	26	4,18
"	28	7,89	"	27	7,29	"	28	5,87
"	30	6,16	"	29	5,13	"	30	4,87
			"	30	4,83			
Febre	1	4,58	Abril	2	4,18	Junio	1	4,58
"	3	4,68	"	4	14,59	"	3	1,58
"	5	10,87	"	6	6,16	"	5	20,86
"	7	7,65	"	8	4,78	"	7	7,65
"	9	6,16	"	10	3,86	"	9	7,20
"	11	4,83	"	12	5,62	"	11	18,25
"	13	12,75	"	14	4,68	"	12	24,45
"	15	11,51	"	16	3,86	"	13	36,40
"	17	32,35	"	18	3,86	"	15	15,26
"	19	43,60	"	20	3,86	"	17	12,31
"	21	18,25	"	22	12,75	"	19	7,67
"	23	8,56	"	24	6,16	"	21	6,35
"	25	6,16	"	26	4,83	"	23	5,80
"	27	4,18	"	28	4,18	"	25	12,20
			"	30	4,18	"	27	5,46
						"	29	4,47

Variación cronológica de los caudales del río CHALFI durante el año de 1950. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Julio	1	Crecte.	Stbre	1	8,53	Nbre.	2	8,53
"	3	11,85	"	3	7,64	"	4	7,33
"	5	12,31	"	5	7,37	"	6	6,12
"	7	8,22	"	7	6,35	"	8	10,23
"	9	10,23	"	9	5,25	"	10	8,53
"	11	Crecte.	"	11	4,25	"	12	7,37
"	13	7,64	"	13	41,65	"	14	23,51
"	15	6,84	"	15	13,80	"	16	8,53
"	17	6,50	"	17	8,56	"	18	6,35
"	19	10,23	"	19	22,12	"	20	5,89
"	21	8,22	"	21	12,75	"	22	5,89
"	23	8,53	"	23	7,31	"	24	5,25
"	25	45,35	"	25	7,20	"	26	4,85
"	27	42,75	"	27	8,56	"	28	4,66
"	29	12,70	"	29	7,89	"	30	4,47
"	31	8,53						
Agsto	2	42,75	Otbre	1	9,86	Dcbre	2	5,25
"	4	10,23	"	3	7,10	"	4	4,66
"	6	8,53	"	5	6,35	"	6	11,42
"	8	5,25	"	7	6,35	"	8	6,84
"	10	31,01	"	9	6,12	"	10	5,67
"	12	48,05	"	11	6,12	"	12	19,07
"	14	42,20	"	13	6,12	"	14	16,91
"	16	Crecte.	"	15	6,12	"	16	8,22
"	18	47,45	"	17	5,80	"	18	6,12
"	20	41,10	"	19	5,89	"	20	4,85
"	22	Crecte.	"	21	5,89	"	22	4,66
"	24	45,35	"	23	7,10	"	24	4,66
"	26	8,53	"	25	5,89	"	26	4,66
"	28	8,53	"	27	5,25	"	28	4,47
"	30	7,64	"	29	5,25	"	30	4,47
			"	31	11,00			

Variación cronológica de los caudales del río CHALLI durante el año de 1951. (El caudal Q está expresado en $m^3/seg.$).

Fecha Q $m^3/seg.$ Fecha Q $m^3/seg.$ Fecha Q $m^3/seg.$

Mes	Día	Q $m^3/seg.$	Mes	Día	Q $m^3/seg.$	Mes	Día	Q $m^3/seg.$
Enero	1	4,12	Marzo	2	12,79	Mayo	1	10,23
"	3	3,61	"	4	9,86	"	3	14,96
"	5	7,64	"	6	7,10	"	5	11,10
"	7	5,46	"	8	5,46	"	7	21,36
"	9	29,20	"	10	7,37	"	9	13,80
"	11	11,00	"	12	7,64	"	11	11,00
"	13	8,53	"	14	17,30	"	13	14,37
"	15	5,89	"	16	26,80	"	15	12,31
"	17	40,21	"	18	20,85	"	17	11,00
"	19	27,92	"	20	13,29	"	19	7,93
"	21	13,29	"	22	11,00	"	21	26,55
"	23	10,42	"	24	8,22	"	23	17,81
"	25	16,85	"	26	7,64	"	25	11,00
"	27	9,86	"	28	6,12	"	27	11,42
"	29	7,10	"	30	10,23	"	29	14,37
"	31	7,64				"	31	42,75
Ene.	2	5,67	Abril	1	7,37	Junio	2	17,20
"	4	4,85	"	3	5,80	"	4	9,17
"	6	4,47	"	5	23,51	"	6	5,89
"	8	10,23	"	7	13,29	"	8	13,80
"	10	24,92	"	9	19,27	"	10	8,84
"	12	20,40	"	11	19,49	"	12	6,59
"	14	19,12	"	13	14,96	"	14	23,96
"	16	9,51	"	15	16,91	"	16	16,20
"	18	7,10	"	17	10,61	"	18	21,36
"	20	11,85	"	19	8,22	"	20	12,79
"	22	7,64	"	21	23,96	"	22	10,23
"	24	21,36	"	23	9,17	"	24	14,96
"	26	11,85	"	25	16,85	"	26	12,21
"	28	21,36	"	27	21,36	"	28	36,76
"			"	29	16,40	"	30	19,47

Variación cronológica de los caudales del río CHALPI durante el año de 1951. (El caudal Q está expresado en m³/seg.).

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Julio	2	10,47	Stbre.	2	11,42	Nbre.	1	7,93
"	4	13,24	"	4	6,84	"	3	6,35
"	6	11,42	"	6	4,85	"	5	5,05
"	8	9,17	"	8	5,25	"	7	6,35
"	10	28,35	"	10	5,46	"	9	5,25
"	12	16,85	"	12	4,85	"	11	8,53
"	14	12,31	"	14	5,67	"	13	11,00
"	16	9,86	"	16	4,47	"	15	6,84
"	18	12,31	"	18	8,84	"	17	5,80
"	20	23,51	"	20	10,23	"	19	4,66
"	22	43,30	"	22	6,12	"	21	4,29
"	24	16,91	"	24	5,25	"	23	4,12
"	26	14,96	"	26	5,05	"	25	4,12
"	28	8,53	"	28	7,64	"	27	6,35
"	30	6,84	"	30	7,37	"	29	5,05
Agosto	1	5,25	Otbre.	2	5,46	Dobre.	1	5,89
"	3	5,89	"	4	4,85	"	3	9,17
"	5	12,79	"	6	4,47	"	5	5,05
"	7	27,92	"	8	7,64	"	7	5,25
"	9	14,96	"	10	4,66	"	9	5,25
"	11	8,84	"	12	8,53	"	11	5,89
"	13	5,46	"	14	5,89	"	13	5,05
"	15	6,84	"	16	4,66	"	15	5,05
"	17	3,95	"	18	4,92	"	17	5,05
"	19	4,29	"	20	7,64	"	19	4,47
"	21	6,12	"	22	8,84	"	21	4,12
"	23	5,67	"	24	6,35	"	23	4,47
"	25	4,47	"	26	9,86	"	25	4,47
"	27	6,35	"	28	7,93	"	27	4,12
"	29	11,42	"	30	12,31	"	29	6,59
"	31	6,35	"			"	31	10,23

Variación cronológica de los caudales del río CHALPI durante el año de 1952. (El caudal Q está expresado en m³/seg.).

Fecha Q m³/seg. Fecha Q m³/seg. Fecha Q m³/seg.

Mes	Día	Q m ³ /seg.	Mes	Día	Q m ³ /seg.	Mes	Día	Q m ³ /seg.
Enero	2	6,84	Marzo	2	4,12	Mayo	1	4,66
"	4	11,00	"	4	12,31	"	3	4,29
"	6	6,84	"	6	6,35	"	5	12,31
"	8	6,84	"	8	5,67	"	7	6,59
"	10	11,85	"	10	8,53	"	9	5,80
"	12	7,10	"	12	7,03	"	11	5,05
"	14	5,89	"	14	8,84	"	13	4,66
"	16	4,85	"	16	8,53	"	15	27,97
"	18	4,29	"	18	5,80	"	17	21,36
"	20	4,29	"	20	4,85	"	19	13,29
"	22	4,12	"	22	4,29	"	21	8,53
"	24	2,97	"	24	5,80	"	23	6,12
"	26	5,80	"	26	5,05	"	25	5,25
"	28	5,80	"	28	4,66	"	27	14,06
"	30	5,25	"	30	5,89	"	29	11,00
						"	31	7,77
Febre.	1	4,47	Abril	1	5,25	Junio	2	5,80
"	3	4,47	"	3	4,29	"	4	12,29
"	5	4,29	"	5	25,77	"	6	10,51
"	7	8,53	"	7	12,31	"	8	11,42
"	9	5,80	"	9	8,53	"	10	12,80
"	11	5,80	"	11	7,04	"	12	14,27
"	13	8,53	"	13	6,84	"	14	12,79
"	15	16,85	"	15	6,35	"	16	7,64
"	17	27,97	"	17	5,89	"	18	7,10
"	19	14,06	"	19	5,25	"	20	8,53
"	21	5,46	"	21	6,84	"	22	7,37
"	23	5,25	"	23	5,80	"	24	3,80
"	25	5,25	"	25	25,77	"	26	5,46
"	27	5,80	"	27	8,53	"	28	3,95
"	29	4,85	"	29	5,46	"	30	10,40

Variación cronológica de los caudales del río CHALPI durante el año de 1952. (El caudal Q está expresado en m³/seg.).

Fecha	Q m ³ /seg.	Fecha	Q m ³ /seg.	Fecha	Q m ³ /seg.
Mes. Día		Mes. Día		Mes. Día	
Julio 2	11,42	Septre. 2	6,37	Nvbre. 1	4,12
" 4	8,53	" 4	6,84	" 3	2,61
" 6	6,84	" 6	8,53	" 5	2,27
" 8	7,64	" 8	8,53	" 7	4,29
" 10	5,25	" 10	7,37	" 9	3,27
" 12	15,57	" 12	7,37	" 11	4,66
" 14	6,84	" 14	6,84	" 13	3,27
" 16	7,93	" 16	7,93	" 15	21,36
" 18	16,91	" 18	7,64	" 17	22,47
" 20	12,31	" 20	6,35	" 19	23,96
" 22	14,96	" 22	4,66	" 21	22,47
" 24	16,85	" 24	3,95	" 23	21,36
" 26	26,97	" 26	3,78	" 25	23,00
" 28	16,85	" 28	3,78	" 27	15,57
" 30	11,00	" 30	3,50	" 29	10,23
Agsto. 1	11,42	Octbre. 2	3,50	Dicbre. 1	12,31
" 3	7,64	" 4	1,29	" 3	9,51
" 5	11,85	" 6	3,50	" 5	15,57
" 7	10,23	" 8	3,50	" 7	19,12
" 9	21,36	" 10	3,50	" 9	17,36
" 11	16,85	" 12	3,95	" 11	18,73
" 13	20,40	" 14	4,57	" 13	19,12
" 15	14,96	" 16	5,89	" 15	19,97
" 17	12,31	" 18	4,85	" 17	21,36
" 19	16,91	" 20	7,64	" 19	21,75
" 21	10,23	" 22	9,17	" 21	8,53
" 23	7,37	" 24	8,53	" 23	14,96
" 25	6,84	" 26	6,84	" 25	16,91
" 27	6,12	" 28	5,89	" 27	20,40
" 29	9,17	" 30	5,05	" 29	16,20
" 31	10,23			" 31	16,85

Variación cronológica de los caudales del río CHALHI durante el año de 1952. (El caudal Q está expresado en m³/seg.).

F e c h a Q m³/seg. F e c h a Q m³/seg. F e c h a Q m³/seg.

Mes	Día	Q m ³ /seg.	Mes	Día	Q m ³ /seg.	Mes	Día	Q m ³ /seg.
Enero	2	3,10	Marzo	1	16,91	Mayo	2	12,79
"	4	11,00	"	3	17,30	"	4	14,37
"	6	3,95	"	5	18,21	"	6	13,29
"	8	12,80	"	7	12,83	"	8	7,37
"	10	16,20	"	9	18,73	"	10	9,86
"	12	16,91	"	11	11,85	"	12	6,84
"	14	17,81	"	13	17,81	"	14	10,23
"	16	19,12	"	15	19,12	"	16	3,86
"	18	11,42	"	17	19,12	"	18	12,31
"	20	13,80	"	19	18,73	"	20	10,23
"	22	2,93	"	21	19,12	"	22	11,42
"	24	8,53	"	23	19,47	"	24	12,77
"	26	3,44	"	25	12,79	"	26	12,31
"	28	5,46	"	27	14,96	"	28	11,00
"	30	11,85	"	29	16,91	"	30	14,96
			"	31	3,95			

Febrero	1	3,95	Abril	2	12,31	Junio	1	8,84
"	3	12,31	"	4	5,25	"	3	14,37
"	5	14,96	"	6	8,53	"	5	8,84
"	7	11,42	"	8	8,84	"	7	13,29
"	9	16,85	"	10	4,85	"	9	3,61
"	11	16,91	"	12	8,53	"	11	14,37
"	13	18,21	"	14	7,93	"	13	12,79
"	15	19,12	"	16	8,53	"	15	16,20
"	17	12,31	"	18	4,85	"	17	12,31
"	19	16,91	"	20	7,37	"	19	7,67
"	21	19,47	"	22	1,08	"	21	7,89
"	23	21,36	"	24	5,25	"	23	6,12
"	25	20,85	"	26	1,91	"	25	14,96
"	27	19,47	"	28	6,12	"	27	12,56
			"	30	8,53	"	29	5,46

Variación Cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1949. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Abril	1		Junio	2	11,91	Agsto.	1	13,82
"	3		"	4	11,34	"	3	15,07
"	5		"	6	25,67	"	5	15,47
"	7	12,09	"	8	12,77	"	7	51,20
"	9	11,10	"	10	9,02	"	9	19,42
"	11	12,48	"	12	9,02	"	11	18,42
"	13	11,57	"	14	20,45	"	13	16,95
"	15	12,19	"	16	25,67	"	15	15,07
"	17	11,91	"	18	25,67	"	17	14,91
"	19	11,91	"	20	55,65	"	19	14,91
"	21	12,19	"	22	36,25	"	21	13,82
"	23	11,45	"	24	43,31	"	23	13,15
"	25	11,45	"	26	20,74	"	25	19,95
"	27	15,01	"	28	16,95	"	27	14,31
"	29		"	30	24,95	"	29	13,38
						"	31	13,38
Mayo	1	12,19	Julio	2	21,78	Stbre.	2	13,38
"	3	11,57	"	4	28,15	"	4	18,97
"	5	11,34	"	6	55,65	"	6	19,95
"	7	10,35	"	8	25,67	"	8	16,95
"	9	10,49	"	10	15,07	"	10	15,07
"	11	10,35	"	12	18,23	"	12	14,31
"	13	20,36	"	14	19,95	"	14	13,82
"	15	13,25	"	16	17,27	"	16	15,07
"	17	11,34	"	18	15,97	"	18	57,40
"	19	11,43	"	20	15,07	"	20	20,74
"	21	11,34	"	22	13,82	"	22	14,91
"	23	13,95	"	24	14,31	"	24	14,91
"	25	11,94	"	26	14,91	"	26	15,07
"	27	11,90	"	28	13,61	"	28	14,00
"	29	11,26	"	30	13,38	"	30	12,31
"	31	10,49						

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1949. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Otobre.			Nbre.	1	10,53	Dcbre.	1	9,31
"	2	13,15	"	3	10,22	"	3	9,31
"	4	12,31	"	5	10,53	"	5	9,31
"	6	11,85	"	7	10,00	"	7	10,22
"	8	11,48	"	9	11,85	"	9	9,70
"	10	11,24	"	11	10,97	"	11	9,70
"	12	11,24	"	13	10,22	"	13	9,48
"	14	11,24	"	15	10,22	"	15	9,48
"	16	9,02	"	17	10,22	"	17	9,31
"	18	10,22	"	19	10,00	"	19	9,31
"	20	10,53	"	21	10,00	"	21	9,31
"	22	11,65	"	23	10,00	"	23	8,73
"	24	9,70	"	25	10,00	"	25	8,57
"	26	10,22	"	27	10,00	"	27	8,32
"	28	10,00	"	29	9,70	"	29	8,32
"	30	10,98				"	31	10,00

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1950. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Enero	2	9,70	Marzo	1	10,00	Mayo	2	10,00
"	4	10,53	"	3	10,00	"	4	17,58
"	6	10,22	"	5	10,00	"	6	11,24
"	8	10,00	"	7	9,70	"	8	10,76
"	10	10,00	"	9	9,48	"	10	10,53
"	12	9,48	"	11	10,00	"	12	10,53
"	14	9,48	"	13	10,53	"	14	14,72
"	16	9,31	"	15	9,70	"	16	10,97
"	18	8,76	"	17	10,00	"	18	10,53
"	20	8,57	"	19	11,65	"	20	12,31
"	22	8,32	"	21	10,22	"	22	11,24
"	24	9,70	"	23	9,86	"	24	10,53
"	26	8,76	"	25	9,70	"	26	10,53
"	28	8,32	"	27	10,53	"	28	10,22
"	30	8,32	"	29	9,86	"	30	10,22
			"	31	9,70			
Febre.	1	8,76	Abril	2	9,02	Junio	1	13,38
"	3	9,48	"	4	15,07	"	3	11,24
"	5	12,31	"	6	11,65	"	5	10,97
"	7	11,24	"	8	10,97	"	7	10,53
"	9	10,22	"	10	10,22	"	9	10,53
"	11	10,00	"	12	10,97	"	11	14,72
"	13	12,31	"	14	10,53	"	12	17,58
"	15	17,58	"	16	10,22	"	13	13,82
"	17	20,36	"	18	10,00	"	15	12,31
"	19	14,72	"	20	10,00	"	17	12,77
"	21	12,31	"	22	10,00	"	19	12,06
"	23	11,85	"	24	10,53	"	21	16,61
"	25	11,24	"	26	12,31	"	23	13,38
"	27	12,31	"	28	10,97	"	25	19,42
			"	30	10,53	"	27	12,77
						"	29	17,58

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1950. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Julio	1	29,38	Stbre.	1	13,64	Nbre.	2	14,37
"	3	15,12	"	3	12,93	"	4	14,74
"	5	12,23	"	5	12,93	"	6	13,64
"	7	11,56	"	7	11,90	"	8	12,58
"	9	10,26	"	9	11,23	"	10	11,85
"	11	15,88	"	11	13,64	"	12	10,97
"	13	12,58	"	13	14,31	"	14	10,22
"	15	11,24	"	15	14,74	"	16	12,22
"	17	11,85	"	17	16,07	"	18	17,85
"	19	30,42	"	19	35,60	"	20	15,88
"	21	20,36	"	21	20,74	"	22	13,64
"	23	17,58	"	23	12,93	"	24	10,90
"	25	Crecte.	"	25	12,24	"	26	7,29
"	27	16,95	"	27	11,90	"	28	6,45
"	29	13,82	"	29	11,90	"	30	6,45
"	31	12,77						
Agsto.	2	Crecte.	Otbre.	1	11,23	Debre.	2	6,45
"	4	24,95	"	3	10,57	"	4	6,45
"	6	19,42	"	5	10,57	"	6	6,45
"	8	16,61	"	7	10,57	"	8	6,45
"	10	20,74	"	9	10,57	"	10	7,58
"	12	28,15	"	11	10,26	"	12	12,23
"	14	24,22	"	13	10,26	"	14	10,26
"	16	20,36	"	15	9,95	"	16	8,74
"	18	19,42	"	17	9,95	"	18	7,86
"	20	Crecte.	"	19	9,95	"	20	7,02
"	22	20,74	"	21	9,95	"	22	6,45
"	24	19,42	"	23	9,95	"	24	6,45
"	26	17,27	"	25	9,33	"	26	6,45
"	28	15,97	"	27	9,33	"	28	6,45
"	30	14,00	"	29	10,26	"	30	6,45
			"	31	15,50			

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1951. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Enero	1	6,45	Marzo	2	13,27	Mayo	1	14,74
"	3	6,18	"	4	11,23	"	3	16,27
"	5	6,18	"	6	10,57	"	5	40,06
"	7	7,29	"	8	9,63	"	7	25,30
"	9	8,15	"	10	10,90	"	9	20,00
"	11	8,15	"	12	9,33	"	11	17,06
"	13	7,29	"	14	12,58	"	13	15,88
"	15	7,02	"	16	14,00	"	15	15,12
"	17	9,31	"	18	11,65	"	17	14,74
"	19	17,85	"	20	12,22	"	19	13,64
"	21	13,27	"	22	17,46	"	21	28,32
"	23	12,58	"	24	15,50	"	23	22,30
"	25	12,58	"	26	12,93	"	25	16,66
"	27	12,58	"	28	12,58	"	27	12,23
"	29	10,90	"	30	13,27	"	29	15,88
"	31	8,45				"	31	27,15
Fbre.	2	7,02	Abril	1	12,23	Junio	2	17,85
"	4	6,45	"	3	10,26	"	4	14,74
"	6	6,45	"	5	14,37	"	6	12,93
"	8	8,84	"	7	12,93	"	8	17,06
"	10	7,86	"	9	14,74	"	10	14,74
"	12	14,37	"	11	20,00	"	12	14,00
"	14	16,27	"	13	16,27	"	14	23,41
"	16	12,23	"	15	16,66	"	16	22,91
"	18	10,90	"	17	14,00	"	18	24,01
"	20	11,90	"	19	13,27	"	20	17,06
"	22	10,26	"	21	15,88	"	22	15,88
"	24	14,37	"	23	14,37	"	24	19,47
"	26	15,88	"	25	15,50	"	26	15,50
"	28	16,66	"	27	17,85	"	28	53,17
			"	29	15,50	"	30	25,30

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1951. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Julio	2	30,64	Stbre.	2	11,90	Nbre.	1	11,90
"	4	21,32	"	4	10,57	"	3	10,90
"	6	21,00	"	6	9,95	"	5	10,57
"	8	19,56	"	8	10,26	"	7	10,26
"	10	50,00	"	10	10,26	"	9	9,95
"	12	28,72	"	12	10,26	"	11	13,64
"	14	24,01	"	14	10,90	"	13	15,50
"	16	19,56	"	16	10,26	"	15	11,90
"	18	20,00	"	18	12,58	"	17	10,57
"	20	30,00	"	20	11,23	"	19	10,57
"	22	50,45	"	22	9,95	"	21	10,57
"	24	28,72	"	24	9,33	"	23	10,57
"	26	25,30	"	26	9,33	"	25	10,57
"	28	20,00	"	28	13,27	"	27	11,90
"	30	12,58	"	30	12,58	"	29	11,23
Agsto.	1	11,23	Otbre.	2	11,23	Dcbre.	1	11,23
"	3	11,56	"	4	10,57	"	3	12,23
"	5	13,64	"	6	10,26	"	5	10,57
"	7	40,00	"	8	10,90	"	7	11,56
"	9	27,06	"	10	10,57	"	9	10,57
"	11	17,46	"	12	11,23	"	11	10,57
"	13	13,27	"	14	11,23	"	13	10,90
"	15	14,00	"	16	9,95	"	15	10,90
"	17	11,23	"	18	9,33	"	17	10,90
"	19	11,56	"	20	10,90	"	19	9,95
"	21	12,58	"	22	10,90	"	21	9,95
"	23	11,23	"	24	9,95	"	23	9,95
"	25	10,57	"	26	11,90	"	25	9,95
"	27	11,60	"	28	13,27	"	27	9,63
"	29	12,93	"	30	11,90	"	29	10,57
"	31	11,23				"	31	12,23

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1952. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Enero	2	11,56	Marzo	2	11,23	Mayo	1	11,90
"	4	12,58	"	4	10,57	"	3	10,47
"	6	11,90	"	6	19,27	"	5	13,64
"	8	13,64	"	8	15,50	"	7	13,27
"	10	15,50	"	10	14,37	"	9	12,23
"	12	12,58	"	12	15,50	"	11	11,23
"	14	11,90	"	14	13,64	"	13	10,57
"	16	10,90	"	16	14,74	"	15	30,00
"	18	9,95	"	17	49,00	"	17	30,21
"	20	9,95	"	18	12,58	"	19	24,01
"	22	9,95	"	20	11,90	"	21	15,50
"	24	8,74	"	22	11,23	"	23	13,64
"	26	8,74	"	24	11,90	"	25	11,23
"	28	13,64	"	26	11,90	"	27	15,50
"	30	11,90	"	28	10,57	"	29	12,58
			"	30	11,90	"	31	10,90
Febre.	1	10,90	Abril	1	11,23	Junio	2	10,57
"	3	9,95	"	3	13,27	"	4	24,01
"	5	9,03	"	5	26,12	"	6	19,51
"	7	13,27	"	7	21,32	"	8	20,00
"	9	11,90	"	9	19,56	"	10	21,00
"	11	10,90	"	11	15,50	"	12	24,00
"	13	15,50	"	13	15,50	"	14	17,85
"	15	19,27	"	15	12,58	"	16	21,00
"	17	21,61	"	17	11,23	"	18	17,85
"	19	15,50	"	19	10,57	"	20	20,00
"	21	12,58	"	21	11,90	"	22	15,50
"	23	13,27	"	23	11,23	"	24	14,74
"	25	12,93	"	25	20,00	"	26	28,00
"	27	20,00	"	27	16,27	"	28	27,06
"	29	13,27	"	29	12,93	"	30	21,06

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1952. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.	F e c h a		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Julio	2	17,85	Stbre.	2	13,38	Nbre.	1	10,90
"	4	16,27	"	4	17,46	"	3	10,57
"	6	15,50	"	6	26,00	"	5	10,57
"	8	17,06	"	8	21,12	"	7	11,90
"	10	15,58	"	10	19,56	"	9	10,57
"	12	23,40	"	12	17,06	"	11	10,57
"	14	16,66	"	14	20,00	"	13	10,26
"	16	15,98	"	16	19,56	"	15	12,93
"	18	21,12	"	18	19,56	"	17	13,27
"	20	20,00	"	20	15,50	"	19	14,00
"	22	21,00	"	22	13,27	"	21	14,37
"	24	21,30	"	24	12,58	"	23	14,00
"	26	50,10	"	26	12,23	"	25	14,74
"	28	39,00	"	28	11,90	"	27	13,27
"	30	22,81	"	30	10,90	"	29	10,51
Agsto.	1	20,00	Otbre.	2	10,90	Dcbre.	1	10,26
"	3	21,50	"	4	11,90	"	3	11,23
"	5	23,40	"	6	11,23	"	5	12,23
"	7	23,00	"	8	10,90	"	7	13,64
"	9	27,06	"	10	10,90	"	9	14,00
"	11	21,32	"	12	11,56	"	11	14,00
"	13	23,00	"	14	11,90	"	13	14,37
"	15	21,12	"	16	12,23	"	15	14,74
"	17	19,56	"	18	11,56	"	17	13,64
"	19	23,40	"	20	14,00	"	19	14,37
"	21	20,00	"	22	15,50	"	21	9,63
"	23	19,56	"	24	15,50	"	23	11,90
"	25	17,06	"	26	14,00	"	25	12,93
"	27	16,66	"	28	13,27	"	27	14,37
"	29	21,12	"	30	12,23	"	29	13,64
"	31	17,85				"	31	13,27

Variación cronológica de los caudales del río PAPALLACTA durante el año de 1953. (El caudal Q está expresado en m³/seg.)

Fecha		Q m ³ /seg.	Fecha		Q m ³ /seg.	Fecha		Q m ³ /seg.
Mes	Día		Mes	Día		Mes	Día	
Enero	2	4,80	Marzo	1	12,58	Mayo	2	21,00
"	4	9,93	"	3	12,93	"	4	17,85
"	6	7,86	"	5	13,27	"	6	21,20
"	8	9,63	"	7	13,64	"	8	17,46
"	10	9,95	"	9	13,64	"	10	21,20
"	12	10,90	"	11	8,74	"	12	14,00
"	14	12,58	"	13	12,93	"	14	21,20
"	16	11,90	"	15	14,00	"	16	21,20
"	18	11,23	"	17	14,00	"	18	21,33
"	20	10,90	"	19	13,64	"	20	21,00
"	22	4,90	"	21	14,00	"	22	21,20
"	24	8,44	"	23	14,37	"	24	21,33
"	26	4,59	"	25	9,33	"	26	21,33
"	28	6,18	"	27	10,57	"	28	21,20
"	30	8,74	"	29	11,23	"	30	21,33
			"	31	4,30			
Febre.	1	7,58	Abril	2	10,26	Junio	1	17,06
"	3	8,44	"	4	7,30	"	3	24,01
"	5	9,63	"	6	8,15	"	5	23,00
"	7	9,95	"	8	9,03	"	7	24,01
"	9	9,63	"	10	6,18	"	9	16,27
"	11	10,26	"	12	7,58	"	11	7,02
"	13	10,57	"	14	7,58	"	13	4,60
"	15	11,23	"	16	6,73	"	15	21,12
"	17	10,57	"	18	13,64	"	17	9,03
"	19	11,56	"	20	21,00	"	19	7,86
"	21	12,58	"	22	4,62	"	21	16,60
"	23	13,27	"	24	14,74	"	23	13,30
"	25	13,27	"	26	7,30	"	25	29,30
"	27	12,93	"	28	14,37	"	27	52,91
			"	30	15,50	"	29	41,20

TERCERA-PARTE

APLICACION-AL-PROYECTO

Con los datos que tenemos, (tablas de las páginas 33 a la 50), lo primero que hemos hecho es dibujar los diagramas cronológicos para los ríos CHALPI y PAPALLACTA, para los años 1949-50-51 y 52; (gráficos 1-2-3-4-5-6-7 y 8, respectivamente).

Luego hemos escogido como año tipo el año 1951, por tener en forma continua todos los aforos, cuya lectura se ha hecho cada dos días. Además este año (1951) se presenta como el más característico para estos ríos cuyo régimen presenta la mayor escorrentía durante los meses de Junio, Julio y Agosto.

Como los datos de que disponemos nos dan el caudal instantáneo, sólo cada dos días, hemos procedido a interpolar en los gráficos 3 y 7 con lo cual se ha logrado obtener el caudal medio diario de los dos ríos para todo el año 1951.

Logrado esto, se ha hecho la suma de los caudales medios diarios, día a día, del río Papallacta más los del Chalpi y así se ha logrado elaborar una curva cronológica que vale para el sistema formado por los dos ríos.

El siguiente paso ha sido obtener los caudales acumulados diarios y totales durante este año de 1.951, para cada río y para el sistema formado por la suma de los dos. Los caudales acumulados se han calculado así: si se tiene el caudal medio diario en metros cúbicos por segundo y se lo multiplica por el número de segundos de un día, nos dará el caudal diario o sea la escorrentía que ha pasado por esa enenca durante todo ese día. Caudal diario que vendrá dado en metros cúbicos.

Si vamos sumando día a día, los caudales diarios, durante todo el año, tendremos en el último día del año el caudal acumulado anual o escorrentía anual.

Ejemplo: Para el río Chalpi el caudal medido al primero de enero de 1.951 es 4,1 m³/seg.

$$4,1 \times 86.400 = 354.240 \text{ m}^3$$

al 2 de enero tenemos: $3,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$

$$3,8 \times 86.400 = 328.320 \text{ m}^3$$

($86.400 = \text{N}^\circ \text{ de segundo en un día}$)

$354.240 \text{ m}^3 + 328.320 \text{ m}^3 = 682.560 \text{ m}^3$ que es el caudal acumulado al día 2 de enero. Y así sucesivamente.

Idéntica cosa se ha hecho para el río Papallacta y para la suma de los dos ríos. De este modo se ha obtenido las tablas de las páginas 53 a la 70.

Con estas tablas hemos dibujado las Curvas de caudales acumulados de los gráficos 3 y 7.

El detalle sobre la elaboración de estas curvas daremos mas adelante.

También se ha hecho el Diagrama de Duración de Caudales, de Caudales Medios Utilizables y la Curva Característica para el sistema formado por la suma de los ríos Chalpi y Papallacta.

En las páginas siguientes constan las tablas de caudales diarios y acumulados para los ríos Chalpi y Papallacta y para el sistema formado por la suma de los dos, durante el año de 1.951.

o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o

o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o

o-o-o-o

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO CHALPI
DURANTE EL AÑO DE 1,951. (El Caudal Q se expresa en m³/seg.)

E N E R O			F E B R E R O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	354.240	354.240	1	570.240	36.184.000
2	328.320	582.560	2	483.840	36.668.140
3	311.040	993.600	3	449.280	37.117.420
4	483.840	1.477.440	4	423.360	37.540.780
5	656.640	2.134.080	5	397.440	37.938.220
6	561.600	2.695.680	6	380.160	38.318.380
7	466.560	3.162.240	7	630.720	38.949.100
8	1.494.720	4.656.960	8	881.280	39.830.380
9	2.522.880	7.179.840	9	1.080.000	40.910.380
10	1.728.000	8.907.840	10	2.151.360	43.061.740
11	950.400	9.858.240	11	1.969.920	45.031.660
12	846.720	10.704.960	12	1.762.560	46.794.220
13	734.400	11.439.360	13	1.710.720	48.504.940
14	613.440	12.052.800	14	1.650.240	50.155.180
15	501.120	12.553.920	15	1.235.520	51.390.700
16	1.987.200	14.541.120	16	820.800	52.211.500
17	3.473.280	18.014.400	17	717.120	52.928.620
18	2.937.600	20.952.000	18	613.440	53.542.060
19	2.410.560	23.362.560	19	812.160	54.354.220
20	1.771.200	25.133.760	20	1.019.520	55.373.740
21	1.140.450	26.274.220	21	838.080	56.211.820
22	1.062.720	27.336.940	22	656.640	56.868.460
23	984.950	28.321.900	23	1.244.160	58.112.620
24	1.218.240	29.540.140	24	1.840.320	59.952.940
25	1.451.520	30.991.660	25	1.425.600	61.378.540
26	1.149.120	32.140.780	26	1.019.520	62.398.060
27	846.720	32.987.500	27	1.555.200	63.953.260
28	725.760	33.713.260	28	2.099.520	66.052.780
29	613.440	34.326.700			
30	630.720	34.957.420			
31	656.640	35.614.060			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO CHALPI
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³/seg.)

M A R Z O			A B R I L		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	1.598.400	67.651.180	1	630.720	97.874.880
2	1.098.280	68.749.460	2	561.600	98.436.480
3	967.680	69.717.140	3	501.120	98.937.600
4	846.720	70.563.860	4	1.270.050	100.207.650
5	725.760	71.289.620	5	2.030.400	102.238.050
6	613.440	71.903.060	6	1.581.120	103.819.170
7	535.680	72.438.740	7	1.740.460	104.959.630
8	466.560	72.905.300	8	1.399.680	106.359.310
9	544.320	73.449.620	9	1.658.880	108.018.190
10	630.720	74.080.340	10	1.667.520	109.685.710
11	639.360	74.719.700	11	1.676.160	111.361.870
12	656.640	75.376.340	12	1.563.840	112.925.710
13	1.071.360	76.447.700	13	1.287.360	114.213.070
14	1.494.720	77.942.420	14	1.373.760	115.586.830
15	1.987.200	79.929.620	15	1.460.160	117.046.990
16	2.488.320	82.417.940	16	1.192.320	118.239.310
17	2.099.520	84.517.460	17	915.840	119.155.150
18	1.797.120	86.314.580	18	812.160	119.967.310
19	1.468.800	87.783.380	19	708.480	120.675.790
20	1.140.460	88.923.840	20	1.382.400	122.058.190
21	1.045.440	89.969.280	21	2.064.960	124.123.150
22	950.400	90.919.680	22	1.425.600	125.548.150
23	829.440	91.749.120	23	786.240	126.334.990
24	708.480	92.457.600	24	1.105.920	127.440.910
25	682.560	93.140.160	25	1.451.520	128.892.430
26	656.640	93.796.800	26	1.641.600	130.534.030
27	587.520	94.384.320	27	1.840.320	132.374.350
28	527.040	94.911.360	28	1.624.320	133.998.670
29	699.840	95.611.200	29	1.416.960	135.415.630
30	881.280	96.492.480	30	1.149.120	136.564.750
31	751.680	97.244.160			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO CHALPI
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³/seg.)

M A Y O			J U N I O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	881.280	137.446.030	1	2.592.000	185.035.150
2	1.080.000	138.526.030	2	2.994.720	188.029.870
3	1.287.360	139.813.390	3	1.640.460	189.670.330
4	2.419.200	142.232.590	4	1.086.240	190.756.570
5	3.551.040	145.783.630	5	973.920	191.730.490
6	2.652.480	148.436.110	6	501.120	192.223.610
7	1.840.320	150.276.430	7	846.720	193.070.330
8	1.512.000	151.788.430	8	1.192.320	194.262.650
9	1.192.320	152.980.750	9	976.320	195.238.970
10	1.071.360	154.052.110	10	760.320	195.999.290
11	950.400	155.002.510	11	655.280	196.664.570
12	1.088.640	156.091.150	12	561.600	197.226.170
13	1.235.520	157.326.670	13	1.313.280	198.539.450
14	1.149.120	158.475.790	14	2.064.960	200.604.410
15	1.062.720	159.538.510	15	1.728.000	202.332.410
16	1.002.240	160.540.750	16	1.399.680	203.732.090
17	950.400	161.491.150	17	1.589.760	205.321.850
18	812.160	162.303.310	18	1.840.320	207.162.170
19	682.560	162.985.870	19	1.468.800	208.630.970
20	1.486.080	164.471.950	20	1.097.280	209.728.250
21	2.289.600	166.761.550	21	984.960	210.713.210
22	1.477.440	168.238.990	22	881.280	211.594.490
23	1.537.920	169.776.910	23	1.080.000	212.674.490
24	1.287.360	171.064.270	24	1.287.360	213.961.850
25	950.400	172.014.670	25	1.175.040	215.136.890
26	967.680	172.982.350	26	1.062.720	216.199.610
27	984.960	173.967.310	27	2.160.000	218.359.610
28	1.088.640	175.055.950	28	3.343.680	221.703.290
29	1.235.520	176.291.470	29	2.505.600	224.208.890
30	2.462.400	178.753.870	30	1.676.160	225.885.050
31	3.689.280	182.443.150			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO CHALPI
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³/seg.)

J U L I O			A G O S T O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	1.676.160	227.561.210	1	449.280	269.819.430
2	1.676.160	229.237.370	2	475.200	270.294.630
3	1.408.320	230.645.690	3	501.120	270.795.750
4	1.140.450	231.786.150	4	794.880	271.590.630
5	1.062.720	232.848.870	5	1.097.280	272.687.910
6	984.960	233.833.830	6	1.753.920	274.441.830
7	864.000	234.697.830	7	2.410.560	276.852.390
8	786.240	235.484.070	8	1.848.960	278.701.350
9	1.615.680	237.099.750	9	1.287.360	279.988.710
10	2.445.120	239.544.870	10	1.019.520	281.008.230
11	1.944.000	241.488.870	11	760.320	281.768.550
12	1.451.520	242.940.390	12	613.440	282.381.990
13	1.261.440	244.201.830	13	466.560	282.848.550
14	1.062.720	245.264.550	14	527.040	283.375.590
15	950.400	246.214.950	15	587.520	283.963.110
16	846.720	247.061.670	16	457.920	284.421.030
17	950.400	248.012.070	17	336.960	284.757.990
18	1.062.720	249.074.790	18	345.600	285.103.590
19	1.546.560	250.621.350	19	362.880	285.466.470
20	2.030.400	252.651.750	20	440.640	285.907.110
21	2.756.160	255.407.910	21	527.040	286.434.150
22	3.741.120	259.149.030	22	501.120	286.935.270
23	2.592.000	261.741.030	23	483.840	287.419.110
24	1.460.160	263.201.190	24	432.000	287.851.110
25	1.373.760	264.574.950	25	380.160	288.231.270
26	1.287.360	265.862.310	26	457.920	288.689.190
27	1.010.880	266.873.190	27	544.320	289.233.510
28	734.400	267.607.590	28	760.320	289.993.830
29	656.640	268.264.230	29	984.960	290.978.790
30	587.520	268.851.750	30	760.320	291.739.110
31	518.400	269.370.150	31	544.320	292.283.430

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO CHALPI
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³/seg.)

S E P T I E M B R E			O C T U B R E		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	760.320	293.043.750	1	544.320	309.805.350
2	984.960	294.028.710	2	466.560	310.271.910
3	786.240	294.814.950	3	440.640	310.712.550
4	587.520	295.402.470	4	414.720	311.127.270
5	501.120	295.903.590	5	483.840	311.611.110
6	414.720	296.318.310	6	380.160	311.991.270
7	432.000	296.750.310	7	518.400	312.509.670
8	449.280	297.199.590	8	656.640	313.166.310
9	457.920	297.657.510	9	527.040	313.693.350
10	466.560	298.124.070	10	397.440	314.090.790
11	440.640	298.564.710	11	570.240	314.661.030
12	414.720	298.979.430	12	734.400	315.395.430
13	449.280	299.428.710	13	613.440	316.008.870
14	483.840	299.912.550	14	501.120	316.509.990
15	432.000	300.344.550	15	449.280	316.959.270
16	380.160	300.724.710	16	397.440	317.356.710
17	570.240	301.294.950	17	406.080	317.762.790
18	760.320	302.055.270	18	423.360	318.186.150
19	820.800	302.876.070	19	535.680	318.721.830
20	881.280	303.757.350	20	656.640	319.378.470
21	699.840	304.457.190	21	708.480	320.086.950
22	527.040	304.984.230	22	760.320	320.847.270
23	483.840	305.468.070	23	656.640	321.503.910
24	449.280	305.917.350	24	544.320	322.048.230
25	440.640	306.357.990	25	691.200	322.739.430
26	432.000	306.789.990	26	846.720	323.586.150
27	544.320	307.334.310	27	760.320	324.346.470
28	656.640	307.990.950	28	682.560	325.029.030
29	639.360	308.630.310	29	872.640	325.901.670
30	630.720	309.261.030	30	1.062.720	326.964.390
			31	872.640	327.837.030

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO CHALPI
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³/seg.)

N O V I E M B R E			D I C I E M B R E		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	682.560	328.519.590	1	501.120	343.993.830
2	613.440	329.133.030	2	639.360	344.633.190
3	544.320	329.677.350	3	786.240	345.419.430
4	483.840	330.161.190	4	604.800	346.024.230
5	432.000	330.593.190	5	432.000	346.456.230
6	483.840	331.077.030	6	440.640	346.896.870
7	544.320	331.621.350	7	449.280	347.346.150
8	492.480	332.113.830	8	449.280	347.795.430
9	449.280	332.563.110	9	449.280	348.244.710
10	587.520	333.150.630	10	475.200	348.719.910
11	734.400	333.885.030	11	501.120	349.221.030
12	838.080	334.723.110	12	466.560	349.687.590
13	950.400	335.673.510	13	432.000	350.119.590
14	768.960	336.442.470	14	432.000	350.551.590
15	587.520	337.029.990	15	432.000	350.983.590
16	544.320	337.574.310	16	432.000	351.415.590
17	501.120	338.075.430	17	432.000	351.847.590
18	449.280	338.524.710	18	406.080	352.253.670
19	397.440	338.922.150	19	380.160	352.633.830
20	380.160	339.302.310	20	380.160	353.013.990
21	362.880	339.665.190	21	354.240	353.368.230
22	354.240	340.019.430	22	362.880	353.731.110
23	354.240	340.373.670	23	380.160	354.111.270
24	354.240	340.727.910	24	380.160	354.491.430
25	354.240	341.082.150	25	380.160	354.871.590
26	449.280	341.531.430	26	362.880	355.234.470
27	544.320	342.075.750	27	354.240	355.588.710
28	483.840	342.559.590	28	457.920	356.046.630
29	432.000	342.991.590	29	561.600	356.608.230
30	501.120	343.492.710	30	717.120	357.325.350
			31	881.280	358.206.630

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO PAPALLACTA
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³)

E N E R O			F E B R E R O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	552.960	552.960	1	665.280	26.524.800
2	544.320	1.097.280	2	604.800	27.129.600
3	527.040	1.624.320	3	578.880	27.708.480
4	527.040	2.151.360	4	552.960	28.261.440
5	527.040	2.678.400	5	552.960	28.814.400
6	587.520	3.265.920	6	552.960	29.367.360
7	622.080	3.888.000	7	648.000	30.015.360
8	665.280	4.553.280	8	751.680	30.767.040
9	699.840	5.253.120	9	699.840	31.466.880
10	699.840	5.952.960	10	673.920	32.140.800
11	699.840	6.652.800	11	950.400	33.091.200
12	656.640	7.309.440	12	1.235.520	34.326.720
13	622.080	7.931.520	13	1.313.280	35.640.000
14	613.440	8.544.960	14	1.399.680	37.039.680
15	604.800	9.149.760	15	1.226.880	38.266.560
16	708.480	9.858.240	16	1.054.080	39.320.640
17	803.520	10.661.760	17	1.002.240	40.322.880
18	1.166.400	11.828.160	18	941.760	41.264.640
19	1.537.920	13.366.080	19	984.960	42.249.600
20	1.339.200	14.705.280	20	1.028.160	43.277.760
21	1.140.460	15.845.760	21	950.400	44.228.160
22	1.105.920	16.951.680	22	881.280	45.109.440
23	1.080.000	18.031.680	23	1.054.080	46.163.520
24	1.080.000	19.111.680	24	1.235.520	47.399.040
25	1.080.000	20.191.680	25	1.296.000	48.695.040
26	1.080.000	21.271.680	26	1.365.120	50.060.160
27	1.080.000	22.351.680	27	1.399.680	51.459.840
28	1.010.880	23.362.560	28	1.434.240	52.894.080
29	941.760	24.304.320			
30	829.440	25.133.760			
31	725.760	25.859.520			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO PAPALLACTA
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³)

M A R Z O			A B R I L		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	1:287.360	54:181.440	1	1:054.080	87:347.140
2	1:140.460	55:321.900	2	967.680	88:314.820
3	1:054.080	56:375.980	3	881.280	89:196.100
4	967.680	57:343.660	4	1:054.080	90:250.180
5	933.120	58:276.780	5	1:235.520	91:485.700
6	907.200	59:183.980	6	1:175.040	92:660.740
7	907.200	60:091.180	7	1:114.560	93:775.300
8	829.440	60:920.620	8	1:192.320	94:967.620
9	881.280	61:801.900	9	1:270.080	96:237.700
10	941.760	62:743.660	10	1:494.720	97:732.420
11	872.640	63:616.300	11	1:728.000	99:460.420
12	803.520	64:419.820	12	1:563.840	101:024.260
13	941.760	65:361.580	13	1:399.680	102:423.240
14	1:080.000	66:441.580	14	1:416.960	103:840.960
15	1:140.460	67:582.040	15	1:434.240	105:275.200
16	1:209.600	68:791.640	16	1:321.920	106:597.120
17	1:105.920	69:897.560	17	1:209.600	107:806.720
18	1:002.240	70:899.800	18	1:175.040	108:981.760
19	1:028.160	71:927.960	19	1:140.460	110:122.220
20	1:054.080	72:982.040	20	1:226.880	111:349.100
21	1:192.320	74:174.360	21	1:365.120	112:714.220
22	1:503.360	75:677.720	22	1:296.000	114:010.220
23	1:416.960	77:094.680	23	1:235.520	115:245.740
24	1:339.200	78:433.880	24	1:287.360	116:533.100
25	1:266.880	79:700.760	25	1:339.200	117:872.300
26	1:114.560	80:815.320	26	1:434.240	119:306.540
27	1:054.080	81:869.400	27	1:537.920	120:844.460
28	1:080.000	82:949.400	28	1:520.640	122:365.100
29	1:105.920	84:055.320	29	1:339.200	123:704.300
30	1:140.460	85:195.780	30	1:296.000	125:000.300
31	1:097.280	86:293.060			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO PAPALLACTA
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³)

M A Y O			J U N I O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	1:270.080	126:270.380	1	1:935.360	178:983.020
2	1:330.560	127:600.940	2	1:537.920	180:520.940
3	1:399.680	129:000.620	3	1:399.680	181:920.620
4	2:427.840	131:428.460	4	1:270.080	183:190.700
5	3:456.000	134:884.460	5	1:192.320	184:383.020
6	2:782.080	137:666.540	6	1:114.560	185:497.580
7	2:185.920	139:852.400	7	1:287.360	186:784.940
8	1:918.080	141:770.540	8	1:458.800	188:253.740
9	1:728.000	143:498.540	9	1:365.120	189:618.860
10	1:598.400	145:096.940	10	1:270.080	190:888.940
11	1:468.800	146:565.740	11	1:235.520	192:124.460
12	1:416.960	147:982.700	12	1:209.600	193:334.060
13	1:365.120	149:347.820	13	1:598.400	194:932.460
14	1:330.560	150:678.380	14	1:131.840	196:064.300
15	1:304.640	151:983.020	15	1:987.200	198:051.500
16	1:287.360	153:270.380	16	1:978.560	200:030.060
17	1:270.080	154:540.460	17	2:021.760	202:051.820
18	1:218.240	155:758.700	18	2:073.600	204:125.420
19	1:175.040	156:933.740	19	1:728.000	205:853.420
20	1:805.760	158:739.500	20	1:468.800	207:322.220
21	2:445.120	161:184.620	21	1:416.960	208:739.180
22	1:753.920	162:938.540	22	1:365.120	210:104.300
23	1:926.720	164:865.260	23	1:503.360	211:607.660
24	1:676.160	166:541.420	24	1:650.240	213:257.900
25	1:434.240	167:975.660	25	1:494.720	214:752.620
26	1:244.160	169:219.820	26	1:339.200	216:091.820
27	1:054.080	170:273.900	27	2:963.520	219:055.340
28	1:209.600	171:483.500	28	4:587.840	223:643.180
29	1:365.120	172:848.620	29	3:404.160	227:047.340
30	1:857.600	174:706.220	30	2:185.920	229:233.260
31	2:341.440	177:047.660			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO PAPALLACTA
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³)

J U L I O			A G O S T O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	2:410.560	231:643.820	1	967.680	301:264.940
2	2:643.840	234:287.660	2	976.320	302:241.260
3	2:237.760	236:525.420	3	993.600	303:234.860
4	1:840.320	238:365.740	4	1:080.000	304:314.860
5	1:823.040	240:188.780	5	1:175.040	305:489.960
6	1:814.400	242:003.180	6	2:315.520	307:805.480
7	1:728.000	243:731.180	7	3:456.000	311:261.480
8	1:684.800	245:415.980	8	2:894.400	314:155.880
9	2:998.080	248:414.060	9	2:332.800	316:488.680
10	4:320.000	252:734.060	10	1:900.800	318:389.480
11	3:456.000	256:190.060	11	1:503.360	319:892.840
12	2:479.680	258:669.740	12	1:321.920	321:214.760
13	2:272.320	260:942.060	13	1:140.480	322:355.240
14	2:073.660	263:015.660	14	1:175.040	323:530.280
15	1:874.880	264:890.540	15	1:209.600	324:739.880
16	1:684.800	266:575.340	16	1:088.640	325:828.520
17	1:702.080	268:277.420	17	967.680	326:796.200
18	1:728.000	270:005.420	18	1:019.520	327:815.720
19	2:160.000	272:165.420	19	993.600	328:809.320
20	2:592.000	274:757.420	20	1:036.800	329:846.120
21	3:456.000	278:213.420	21	1:080.000	330:926.120
22	4:354.560	282:567.980	22	1:019.520	331:945.640
23	3:456.000	286:023.980	23	967.680	332:913.320
24	2:479.680	288:503.660	24	933.120	333:846.440
25	2:419.200	290:922.860	25	907.200	334:753.640
26	2:185.920	293:108.780	26	967.680	335:721.320
27	1:952.640	295:061.420	27	1:028.160	336:749.480
28	1:728.000	296:789.420	28	1:071.360	337:820.840
29	1:408.320	298:197.740	29	1:114.560	338:935.400
30	1:080.000	299:277.740	30	1:036.800	339:972.200
31	1:019.520	300:297.260	31	967.680	340:939.880

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO PAPALLACTA
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³)

S E P T I E M B R E			O C T U B R E		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	993.600	341.933.480	1	1.019.520	369.840.660
2	1.028.160	342.961.640	2	967.680	370.808.340
3	967.680	343.929.320	3	933.120	371.741.460
4	907.200	344.836.520	4	907.200	372.648.660
5	881.280	345.717.800	5	889.920	373.538.580
6	855.360	346.573.160	6	881.280	374.419.860
7	864.000	347.437.160	7	907.200	375.327.060
8	881.280	348.318.440	8	941.760	376.268.820
9	881.280	349.199.720	9	924.480	377.193.300
10	881.280	350.081.000	10	907.200	378.100.500
11	881.280	350.962.280	11	933.120	379.033.620
12	881.280	351.843.560	12	967.680	380.001.300
13	907.200	352.750.760	13	967.680	380.968.980
14	941.760	353.692.520	14	967.680	381.936.660
15	907.200	354.599.720	15	950.400	382.887.060
16	881.280	355.481.000	16	855.360	383.742.420
17	976.320	356.457.320	17	829.440	384.571.860
18	1.080.000	357.537.320	18	803.520	385.375.380
19	1.019.520	358.556.840	19	872.640	386.248.020
20	967.680	359.524.520	20	941.760	387.189.780
21	907.200	360.431.720	21	941.760	388.131.540
22	855.360	361.287.080	22	941.760	389.073.300
23	829.440	362.116.520	23	898.560	389.971.860
24	803.520	362.920.040	24	855.360	390.827.220
25	803.520	363.723.560	25	898.560	391.725.780
26	803.520	364.527.080	26	1.028.160	392.753.940
27	967.680	365.494.760	27	1.080.000	393.833.940
28	1.140.460	366.635.220	28	1.140.460	394.974.400
29	1.105.920	367.741.140	29	1.080.000	396.054.400
30	1.080.000	368.821.140	30	1.028.160	397.082.560
			31	1.019.520	398.102.080

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL RIO PAPALLACTA
DURANTE EL AÑO DE 1.951. (El Caudal Q se expresa en m³)

N O V I E M B R E			D I C I E M B R E		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	1:028.160	399:130.240	1	967.680	428:402.560
2	984.960	400:115.200	2	1:010.880	429:413.440
3	941.760	401:056.960	3	1:054.080	430:467.520
4	924.480	401:981.440	4	976.320	431:443.840
5	907.200	402:888.640	5	907.200	432:351.040
6	889.920	403:778.560	6	907.200	433:258.240
7	881.280	404:659.840	7	993.600	434:251.840
8	864.000	405:523.840	8	950.400	435:202.240
9	855.360	406:379.200	9	907.200	436:109.440
10	1:010.880	407:390.080	10	907.200	437:016.640
11	1:175.040	408:565.120	11	907.200	437:923.840
12	1:261.440	409:826.560	12	924.480	438:848.320
13	1:339.200	411:165.760	13	941.760	439:790.080
14	1:183.680	412:349.440	14	941.760	440:731.840
15	1:028.160	413:377.600	15	941.760	441:673.600
16	967.680	414:345.280	16	941.760	442:615.360
17	907.200	415:252.480	17	941.760	443:557.120
18	907.200	416:159.680	18	898.560	444:455.680
19	907.200	417:066.880	19	855.360	445:311.040
20	907.200	417:974.080	20	855.360	446:166.400
21	907.200	418:881.280	21	855.360	447:021.760
22	907.200	419:788.480	22	855.360	447:877.120
23	907.200	420:695.680	23	855.360	448:732.480
24	907.200	421:620.880	24	855.360	449:587.840
25	907.200	422:510.080	25	855.360	450:443.200
26	967.680	423:477.760	26	838.080	451:281.280
27	1:028.160	424:505.920	27	829.440	452:110.720
28	993.600	425:499.520	28	864.000	452:974.720
29	967.680	426:467.200	29	907.200	453:881.900
30	967.680	427:434.880	30	976.320	454:858.240
			31	1:054.080	455:912.320

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL SISTEMA FORMADO
POR LOS RIOS PAPALLACTA Y CHALPI, DURANTE EL AÑO DE 1.951.
(El Caudal Q se expresa en m³)

E N E R O			F E B R E R O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	907.200	907.200	1	1:235.520	62:709.120
2	872.640	1:779.840	2	1:088.640	63:797.760
3	838.080	2:617.920	3	1:028.160	64:825.920
4	1:010.880	3:628.800	4	967.680	65:793.600
5	1:183.680	4:812.480	5	950.400	66:744.000
6	1:149.120	5:961.600	6	933.120	67:677.120
7	1:088.640	7:050.240	7	1:278.720	68:955.840
8	2:160.000	9:210.240	8	1:632.960	70:588.800
9	3:222.720	12:432.960	9	1:779.840	72:368.640
10	2:427.840	14:860.800	10	2:825.280	75:193.920
11	1:650.240	16:511.040	11	2:920.320	78:114.240
12	1:503.360	18:014.400	12	2:998.080	81:112.320
13	1:356.480	19:370.880	13	3:024.000	84:136.320
14	1:226.880	20:597.760	14	3:049.920	87:186.240
15	1:105.920	21:703.680	15	2:462.400	89:648.640
16	2:695.680	24:399.360	16	1:874.880	91:523.520
17	4:276.800	28:676.160	17	1:719.360	93:252.880
18	4:104.000	32:780.160	18	1:555.200	94:808.080
19	3:948.480	36:728.640	19	1:797.120	96:605.200
20	3:110.400	39:839.040	20	2:047.680	98:652.880
21	2:280.960	42:120.000	21	1:788.480	100:441.360
22	2:168.640	44:288.640	22	1:537.920	101:979.280
23	2:064.960	46:353.600	23	2:298.240	104:277.520
24	2:298.240	48:651.840	24	3:075.840	107:353.360
25	2:531.520	51:183.360	25	2:721.600	110:074.960
26	2:229.120	53:412.480	26	2:384.640	112:459.600
27	1:926.720	55:339.200	27	2:954.880	115:414.480
28	1:736.640	57:075.840	28	3:533.760	118:948.240
29	1:555.200	58:631.040			
30	1:460.160	60:091.200			
31	1:382.400	61:473.600			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL SISTEMA FORMADO
 POR LOS RIOS PAPALLACTA Y CHALPI, DURANTE EL AÑO DE 1.951.
 (El Caudal Q se expresa en m³)

M A R Z O			A B R I L		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	2:885.760	121:834.000	1	1:684.800	185:528.080
2	2:237.760	124:071.760	2	1:529.280	187:057.360
3	2:626.560	126:698.320	3	1:382.400	188:439.760
4	1:814.400	128:512.720	4	2:324.160	190:763.920
5	1:658.880	130:171.600	5	3:265.920	194:029.840
6	1:520.640	131:692.240	6	2:756.160	196:786.000
7	1:442.880	133:135.120	7	2:255.040	199:041.040
8	1:296.000	134:431.120	8	2:592.000	201:633.040
9	1:425.600	135:856.720	9	2:928.960	204:562.000
10	1:572.480	137:429.200	10	3:162.240	207:724.240
11	1:512.000	138:941.200	11	3:404.160	211:128.400
12	1:460.160	140:401.360	12	3:041.280	214:169.680
13	2:013.120	142:414.480	13	2:687.040	216:856.720
14	2:574.720	144:989.200	14	2:790.720	219:647.440
15	3:127.680	148:116.880	15	2:894.400	222:541.840
16	3:697.920	151:814.800	16	2:514.240	225:056.080
17	3:205.440	155:020.240	17	2:125.440	227:181.520
18	2:799.360	157:819.600	18	1:987.200	229:168.720
19	2:496.960	160:316.560	19	1:848.960	231:017.680
20	2:194.560	162:511.120	20	2:635.200	233:652.880
21	2:237.760	164:748.880	21	3:430.080	237:082.960
22	2:453.760	167:202.640	22	2:721.600	239:804.560
23	2:246.400	169:449.040	23	2:021.760	241:826.320
24	2:047.680	171:496.720	24	2:393.280	244:219.600
25	1:909.440	173:406.160	25	2:790.720	247:010.320
26	1:512.000	174:918.160	26	3:075.840	250:086.160
27	1:641.600	176:559.760	27	3:378.240	253:464.400
28	1:607.040	178:166.800	28	3:144.960	256:609.360
29	1:805.760	179:972.560	29	2:500.570	259:365.520
30	2:021.760	181:994.320	30	2:445.120	261:565.050
31	1:848.960	183:843.280			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL SISTEMA FORMADO
 POR LOS RIOS PAPALLACTA Y CHALPI, DURANTE EL AÑO DE 1.951.
 (El Caudal Q se expresa en m³)

M A Y O			J U N I O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	2:151.360	263:716.410	1	4:527.360	364:018.170
2	2:410.560	266:126.970	2	3:032.640	367:050.810
3	2:687.040	268:814.010	3	2:540.160	369.590.970
4	4:847.040	273:661.050	4	2:056.320	371:647.290
5	7:007.040	280:668.090	5	1:866.240	373:513.530
6	5:434.560	286:102.650	6	1:615.680	375:129.210
7	4:026.240	290:128.890	7	2:134.080	377.263.290
8	3:430.080	293:558.970	8	2:661.120	379.924.410
9	2:920.320	296:479.290	9	2:341.440	382:265.850
10	2:669.760	299:149.050	10	2:030.400	384:296.250
11	2:419.200	301:568.250	11	1:900.800	386:197.050
12	2:505.600	304:073.850	12	1:771.200	387:968.250
13	2:600.640	306:674.490	13	2:911.680	390:879.930
14	2:479.680	309:154.170	14	3:196.800	394:076.730
15	2:367.360	311:521.530	15	3:715.200	397.791.930
16	2:289.600	313:811.130	16	3:378.240	401:170.170
17	2:220.480	316:031.610	17	3:611.520	404:781.690
18	2:030.400	318:062.010	18	3:913.920	408:695.610
19	1:857.600	319.919.610	19	3:196.800	411:892.410
20	3:291.840	323:211.450	20	2:566.080	414:458.490
21	4:734.720	327:946.170	21	2:401.920	416:860.410
22	3:231.360	331:177.530	22	2:246.400	419.106.810
23	3:464.640	334:642.170	23	2:583.360	421:690.170
24	2:963.520	337:605.690	24	2:937.600	424:627.770
25	2:384.640	339:990.330	25	2:669.760	427:297.530
26	2:211.840	342:202.170	26	2:401.920	429:699.450
27	2:039.040	344:241.210	27	5:123.520	434:822.970
28	2:298.240	346:539.450	28	5:348.160	440:171.130
29	2:600.640	349:140.090	29	5:909.760	446:080.890
30	4:320.000	353:460.090	30	3:862.080	449:942.970
31	6:030.720	359:490.810			

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL SISTEMA FORMADO
 POR LOS RIOS PAPALLACTA Y CHALPI, DURANTE EL AÑO DE 1.951.
 (El Caudal Q se expresa en m³)

J U L I O			A G O S T O		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	4:086.720	454:029.690	1	1:416.960	566:550.650
2	4:320.000	458:349.690	2	1:451.520	568:002.170
3	3:646.080	461:995.770	3	1:495.440	569:497.610
4	2:980.800	464:976.570	4	1:874.880	571:372.490
5	2:885.760	467:862.330	5	2:805.320	574:177.810
6	2:799.360	470:661.690	6	4:069.440	578:247.250
7	2:592.000	473:253.690	7	5:866.560	584:113.810
8	2:471.040	475:724.730	8	4:743.360	588:857.170
9	4:613.760	480:338.490	9	4:620.160	593:477.330
10	6:765.120	487:103.610	10	2:920.320	596:397.650
11	5:400.000	492:503.610	11	2:763.680	599:161.330
12	3:931.200	496:434.810	12	1:935.360	601:096.690
13	4:511.360	500:946.170	13	1:607.040	602:703.730
14	3:728.320	504:674.490	14	2:202.080	604:905.810
15	2:825.280	507:499.770	15	1:797.120	606:702.930
16	2:531.520	510:031.290	16	1:546.560	608:249.490
17	2:652.480	512:683.770	17	1:304.640	609:554.130
18	2:590.720	515:274.490	18	1:365.120	610:919.250
19	3:706.560	518:981.050	19	1:356.480	612:275.730
20	4:622.400	523:603.450	20	1:477.440	613:753.170
21	4:484.160	528:087.610	21	1:607.040	615:360.210
22	8:095.680	536:183.290	22	1:503.360	616:863.570
23	6:548.000	542:731.290	23	1:519.520	618:383.090
24	3:939.840	546:671.130	24	1:365.120	619:748.210
25	3:792.960	550:464.090	25	1:287.360	621:035.570
26	3:473.280	553:937.370	26	1:339.200	622:374.770
27	2:963.520	556:900.890	27	1:972.480	624:347.250
28	2:962.400	559:863.290	28	2:531.680	626:878.930
29	2:064.960	561:928.250	29	2:499.520	629:378.450
30	1:667.520	563:595.770	30	1:797.120	631:175.570
31	1:537.920	565:133.690	31	1:512.000	632:687.570

CUADRO DE CAUDALES ACUMULADOS O ESCORRENTIA DEL SISTEMA FORMADO
 POR LOS RIOS PAPALLACTA Y CHALPI, DURANTE EL AÑO DE 1.951.
 (El Caudal Q se expresa en m³)

S E P T I E M B R E			O C T U B R E		
Días	Q Diario	Q Acumulado	Días	Q Diario	Q Acumulado
1	1:753.920	634:441.490	1	1:563.840	679:110.290
2	2:013.120	636:454.610	2	1:434.240	680:544.530
3	1:753.920	638:208.530	3	1:409.480	681:954.010
4	1:494.720	639:703.250	4	1:321.920	683:275.930
5	1:382.400	641:085.650	5	1:409.480	684:685.410
6	1:270.080	642:355.730	6	1:261.440	685:946.850
7	1:296.000	643:651.730	7	1:512.000	687:458.850
8	1:330.560	644:982.290	8	1:615.680	689:074.530
9	1:339.200	646:321.490	9	1:915.800	690:990.330
10	1:347.840	647:669.330	10	1:304.640	692:294.970
11	1:321.920	648:991.250	11	1:512.000	693:806.970
12	1:296.000	650:287.250	12	1:702.080	695:509.050
13	1:356.480	651:643.730	13	1:581.120	697:090.170
14	1:425.600	653:069.330	14	1:468.800	698:558.970
15	1:339.200	654:408.530	15	1:399.680	699:958.650
16	1:261.440	655:669.970	16	1:252.800	701:211.450
17	1:546.560	657:216.530	17	1:235.520	702:446.970
18	1:840.320	659:056.850	18	1:226.880	703:673.850
19	1:840.320	660:897.170	19	1:408.320	705:082.170
20	1:848.960	662:746.130	20	1:598.400	706:680.570
21	1:607.040	664:353.170	21	1:650.240	708:330.810
22	1:382.400	665:735.570	22	1:702.080	710:032.890
23	1:313.280	667:048.850	23	1:555.200	711:588.090
24	1:252.800	668:301.650	24	1:399.680	712:987.770
25	1:244.160	669:545.810	25	1:589.760	714:577.530
26	1:235.520	670:781.330	26	1:874.880	716:452.410
27	1:512.000	672:293.330	27	1:840.320	718:292.730
28	1:797.120	674:090.450	28	1:823.040	720:115.770
29	1:745.280	675:835.730	29	1:952.640	722:068.410
30	1:710.720	677:546.450	30	2:090.880	724:159.290
			31	1:892.160	726:051.450

FORMA DE ELABORACION Y UTILIDAD DE LOS DIAGRAMAS.

LIAGRAMA CRONOLOGICO DE LOS CAUDALES. - Es una curva que nos ayuda a conocer con facilidad, el régimen y las particularidades hidrológicas de cualquier curso de agua y también es la base para la construcción de la curva llamada: Diagrama Integral de Caudales o Diagrama de Caudales Acumulados o Escorrentía.

El Diagrama Cronológico de Caudales (gráficos del 1 al 8) lo elaboramos, sobre un sistema de coordenadas rectangulares y poniendo sobre el eje de abcisas, el tiempo en días y sobre el eje de ordenadas, los caudales medios diarios en metros cúbicos por segundo.

Si sumamos la escorrentía total en un año y dividimos para el número de segundos del año, obtenemos el caudal medio o módulo.

De este modo hemos obtenido los caudales medios para los ríos Chalpi y Papallacta y para la suma de los mismos:

CHALPI: Escorrentía anual = 358'206.630

$$358'206.630 / 31'536.000 = 11,3 = \text{Caudal medio.}$$

PAPALLACTA: Escorrentía anual = 455'912.320

$$\frac{455'912.320}{31'536.000} = 14,4 \text{ m}^3/\text{seg.} = \text{Caudal medio}$$

Sistema PAPALLACTA + CHALPI: Escorrentía anual = 813'764.730

$$\frac{813'764.730}{31'536.000} = 25,8 \text{ m}^3/\text{seg.} = \text{Caudal Medio}$$

(31'536.000 = N° de segundos en un año)

Del Diagrama Cronológico deducimos el Diagrama de Caudales Acumulados que lo obtenemos del siguiente modo: en primer lugar hay que sacar la Escorrentía diaria, multiplicando el caudal medio por el número de segundos del día y si sumamos ésto, día a día de los 365 del año, tendremos la Escorrentía anual. Gráficamente hemos obtenido el Diagrama de Escorrentía, (graficos 3-7 y 13), poniendo sobre abcisas el tiempo = t , y

como ordenada: $y = \int_0^t Q dt.$

La ordenada TV correspondiente a la abscisa OT, representa por lo tanto el volúmen de agua que pasa a través de la sección considerada desde el tiempo cero al tiempo T y es igual al area cerrada del Diagrama Cronológico comprendida entre las ordenadas $t = 0$, a las ordenadas $t = T$.

En general, si se traza la tangente geométrica en un punto genérico P del Diagrama de Escorrentías, la tangente trigonométrica del ángulo que aquella forma con la horizontal, dará el caudal en el instante T_1 , representado (el caudal) en el Diagrama Cronológico por la ordenada $T_1 R$.

Curva de Duración de los Caudales o Diagrama de Clasificación o Diagrama de Caudales Máximos Disponibles.- Esta curva de Duración (gráficos 9-10 y 14) se obtiene en función directa del Diagrama Cronológico, tomando el tiempo de duración de cada caudal. Construído el Diagrama Cronológico, la duración correspondiente a un caudal genérico Q, es igual a la suma de los segmentos que una horizontal conducida a la distancia Q del eje de las abscisas, intercepta sobre el Diagrama Cronológico. A la curva de Clasificación se llega también partiendo de la frecuencia de los caudales.

Por frecuencia de un determinado caudal Q, en una sección y en un cierto intervalo de tiempo, se comprende el número de días del intervalo considerado, para los cuales se ha verificado en la sección un caudal Q ; entonces, por duración de un caudal genérico Q, se debe comprender la suma de las frecuencias correspondientes a los caudales superiores o iguales al mismo caudal Q.

ELEMENTOS CARACTERISTICOS DE LA UTILIZACION

La Escorrentía Utilizable en un cierto intervalo de tiempo con una Instalación Hidroeléctrica, depende ante todo del máximo caudal que la instalación tenga capacidad de absorber y esta última varía con las dimensiones de la obra de uti-

lización.

Asignadas tales dimensiones y establecido por lo tanto, el Caudal Máximo Derivable; La Escorrentía Utilizable depende todavía de la característica y distribución en el período considerado de los caudales disponibles en la sección de toma.

Para tomar mejor concepto de lo anterior, es conveniente estudiar la relación que liga a los caudales medios aprovechables, con los caudales máximos disponibles dados por la curva de duración.

El mejor método de estudiar esto es el de De Marchi, para lo cual nos referimos a los gráficos 9-10 y 14. La abscisa de un punto genérico D, el cual tiene una ordenada OQ que corresponde a un caudal q, representa la duración en días de este caudal en el intervalo: o sea el número t (correspondiente a OR) de los días del intervalo para los cuales ese caudal ha sido superado o igualado.

Si una Obra de Utilización está en capacidad de absorber el máximo el caudal q y si q es el Caudal Máximo Utilizable de aquella obra en relación a las dimensiones de sus diversas partes (toma, canal, galería); éstos se encuentran en capacidad de funcionar a plena carga, con la potencia teórica \dot{e} de $9,81 q h \text{ KW}$ (h = salto en metros) por t días, en general no consecutivos, sobre T que constituye el intervalo.

El remanente T-t días, caudal y potencia disponible del curso de agua, es inferior a los valores máximos utilizables por la instalación.

El area OM_1M_2T , representa todo el volumen de agua del río durante el período considerado.

La Escorrentía Utilizable de la obra en el intervalo T está representada por el area $OQDM_2T$, limitada superiormente por la horizontal QD en el diagrama de la Duración. La misma area, habiendo admitido el salto invariable, representa también (a menos que sea un factor constante) escorrentía y energía hidráulica que se necesitaría tener disponible, si el sistema es-

tuviese funcionando a plena carga durante todo el intervalo T .

En este caso la escorrentía efectivamente disponible presenta, por lo tanto, una deficiencia correspondiente al área DQ_1M_2 .

El área DQM_1 , representa por otro lado el volumen líquido que el sistema no puede utilizar durante el período T , y por consiguiente va inutilmente a la descarga, porque para t/T (días) el caudal disponible en el curso de agua es superior al máximo utilizable.

Con UR se designa la altura media del área $OQDM_2T$ representa por tanto el caudal medio (Y la potencia media) utilizables en el intervalo T de una instalación que puede absorber el máximo el caudal q .

Si se consideran diversos valores del caudal máximo utilizable y por lo tanto diversas posiciones del punto D sobre la curva de duración, a cada posición corresponde un valor bien determinado del caudal medio utilizable de la instalación y una particular posición del punto R. Tomando en cuenta todos estos puntos, se ha trazado en los gráficos 9-10 y 14 la curva $U_1U_2U_3$ la cual pasa por el punto M_2 mientras corta el eje de ordenadas a una distancia del origen igual al caudal medio disponible en el tiempo T .

Las dos curvas así trazadas constituyen los elementos característicos de la situación hidrológica para efectos de su utilización para producción de energía.

Recalcando: las dimensiones del sistema de utilización y por lo tanto el gasto para la construcción dependen sobre todo del caudal máximo que está en capacidad de utilizar.

La energía hidráulica que la instalación puede absorber, y por consiguiente las ganancias de la utilización deben por otra parte estar asociadas al valor del caudal medio utilizable.¶

Mientras el Diagrama de Duración del caudal máximo utilizable nos dá una idea de los gastos de la instalación, el Diagrama del Caudal Medio Utilizable, nos indica las posibles

rentas o ganancias de la misma.

Interpretar las dos curvas, significa individualizar todas las posibles maneras en las cuales puede ser actuada la Utilización de una situación hidrológica determinada variando las dimensiones y la capacidad de la obra.

CURVA CARACTERÍSTICA HIDROLOGICA.- Las dos curvas de los gráficos 9-10 y 14, están resumidas por la representada en los gráficos 11-12 y 15, poniendo como abscisas el caudal máximo utilizable (o sea aquellos disponibles representados por las ordenadas de la curva de Clasificación, D, D_1, D_2, D_3) y como ordenada el correspondiente caudal medio utilizable, (o sea las correspondientes ordenadas de la curva U, U_1, U_2, U_3).

Esta curva (gráficos 11-12 y 15) constituye la llamada Curva Característica Hidrológica de la Utilización, porque define completa y claramente la situación hidrológica que la utilización misma puede aprovechar con fines de producción de fuerza motriz.

Para comprender lo que se ha dicho conviene en general asumir como unidad el caudal medio (o también relacionar los caudales derivables como porcentajes del medio disponible, igualado a 100 en tal caso). Con tal interpretación en los gráficos 9-10 y 14 se ha puesto igual a la unidad la ordenada media del diagrama de Duración y en los gráficos 11-12 y 15 la ordenada máxima de la Curva Característica.

La Curva Característica coincide con la recta a 45° , saliente del origen, en los puntos de abscisas inferiores al caudal mínimo OM del intervalo, ya que las utilizaciones medidas a caudales no superiores al mínimo, pueden funcionar por todo el año a plena carga.

Si el caudal máximo disponible es superior al mínimo, en el intervalo considerado, se tiene siempre algunos períodos en los cuales el caudal disponible es inferior a aquel que la instalación puede absorber.

Interceptando una Curva característica genérica (gráficos 11 y 12) con una vertical ABCD de abscisa q , el segmento

A-B corresponde a la escorrentía utilizable (o al caudal medio utilizable), con una instalación sin reservorio, medido el caudal q .

El segmento B-C corresponde a la parte de escorrentía disponible que quedaría inutilizada sin reservorio.

El segmento B-D representa el volúmen total de agua (no confundir con la capacidad del reservorio), que se necesita para hacer contínuo el caudal q durante el período entero tomado en consideración.

El segmento C-D significa el volúmen de agua que debe ser traído de una cuenca diversa a la considerada para poder mantener constante el caudal q durante el mismo período.

Es evidente que el régimen de un curso de agua sería tanto más favorable a su utilización para fuerza motriz, cuanto menos la curva de duración se aleje de una horizontal y cuanto más la Curva Característica (graficos 11 y 12), se acerque a la recta OD a 45 grados, o sea, cuanto menor sea la distancia del caudal y de la potencia disponible a sus respectivos valores medios.

La recta a 45° grados puede suponerse como la curva característica de un curso de agua a caudal constante, en el cual el caudal máximo disponible y el caudal medio utilizable se corresponden exactamente entre ellos.

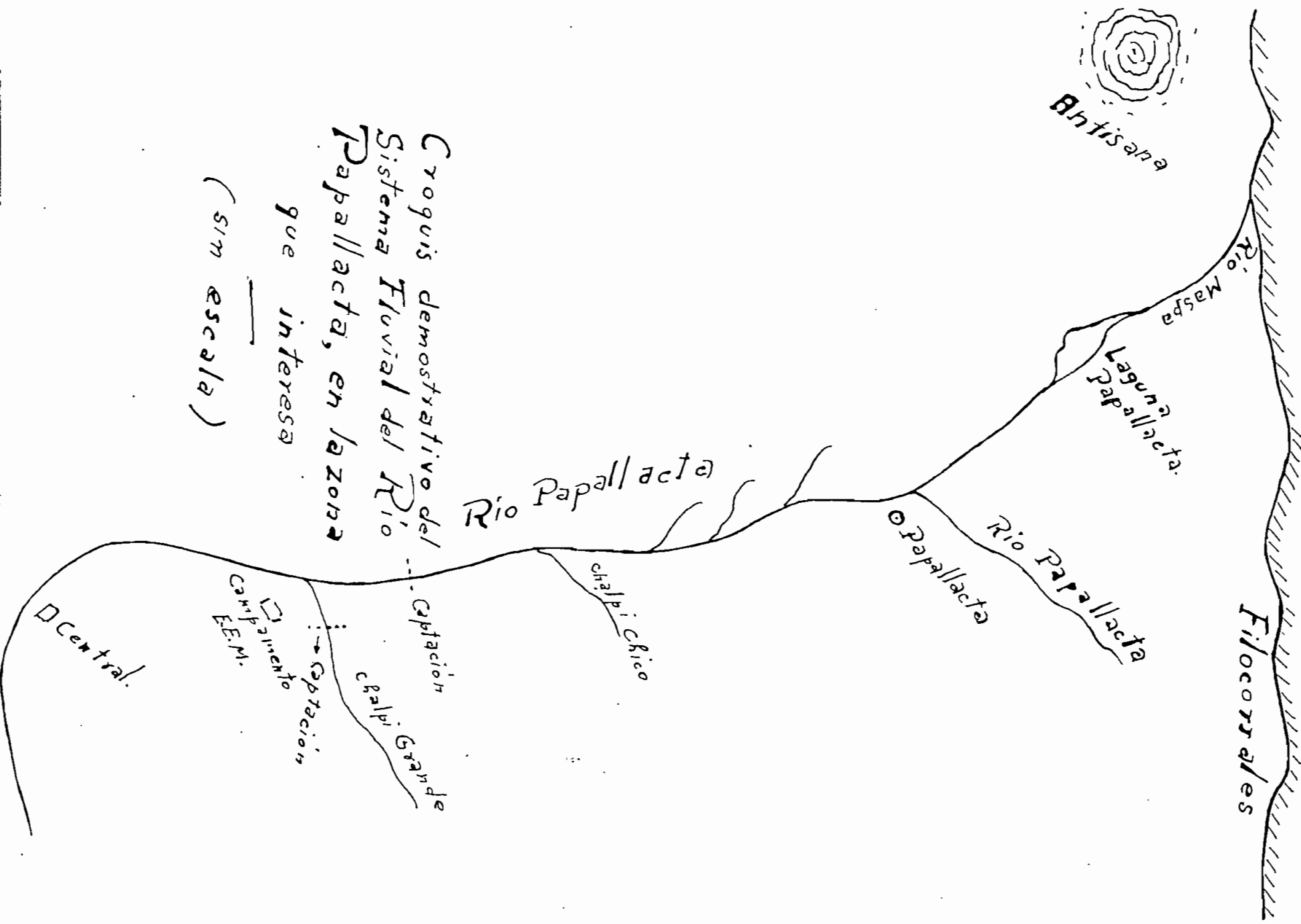
o-o

o-o-c-c-o-o-o-o-o-o-o

o-o-o-o-o

o-o

o



Croquis demostrativo del
 Sistema Fluvial del Río
 Papallacta, en la zona
 que interesa
 (sin escala)

Cuadro de Caudales Mensuales (Promedios) del río CHALPI.

<u>A Ñ O</u> 1.9 4 9		<u>A Ñ O</u> 1.9 5 0		<u>A Ñ O</u> 1.9 5 1	
Enero		Enero	= 4,84	Enero	= 13,10
Febrero		Febrero	= 13,36	Febrero	= 13,09
Marzo		Marzo	= 4,95	Marzo	= 11,57
Abril	= 8,61	Abril	= 5,85	Abril	= 15,14
Mayo	= 15,22	Mayo	= 12,28	Mayo	= 17,61
Junio	= 14,67	Junio	= 14,00	Junio	= 15,43
Julio	= 10,00	Julio	= 14,29	Julio	= 10,46
Agosto	= 9,78	Agosto	= 26,66	Agosto	= 8,53
Septiembre	= 9,52	Septiembre	= 12,28	Septiembre	= 6,62
Octubre	= 4,86	Octubre	= 6,24	Octubre	= 6,88
Noviembre	= 7,51	Noviembre	= 7,83	Noviembre	= 6,11
Diciembre	= 13,73	Diciembre	= 7,52	Diciembre	= 5,63

<u>A Ñ O</u> 1.9 5 2		<u>A Ñ O</u> 1.9 5 3	
Enero	= 6,25	Enero	= 10,62
Febrero	= 8,56	Febrero	= 16,00
Marzo	= 6,56	Marzo	= 10,48
Abril	= 9,37	Abril	= 6,65
Mayo	= 10,12	Mayo	= 11,30
Junio	= 9,63	Junio	= 10,61
Julio	= 12,39	Julio	= 16,74
Agosto	= 12,11		
Septiembre	= 6,37		
Octubre	= 5,37		
Noviembre	= 12,46		
Diciembre	= 16,78		

Cuadro de Caudales Mensuales (Promedios) del Río PAPALLACTA.

<u>AÑO 1.949</u>		<u>AÑO 1.950</u>		<u>AÑO 1.951</u>	
Abril	= 12,19	Enero	= 9,29	Enero	= 9,63
Mayo	= 12,09	Febrero	= 12,47	Febrero	= 11,38
Junio	= 23,29	Marzo	= 10,00	Marzo	= 12,47
Julio	= 20,18	Abril	= 10,86	Abril	= 14,78
Agosto	= 17,69	Mayo	= 11,46	Mayo	= 19,70
Septiembre	= 17,30	Junio	= 13,75	Junio	= 20,51
Octubre	= 10,98	Julio	= 16,13	Julio	= 26,79
Noviembre	= 10,95	Agosto	= 20,09	Agosto	= 15,08
Diciembre	= 9,27	Septiembre	= 15,11	Septiembre	= 10,84
		Octubre	= 10,51	Octubre	= 10,93
		Noviembre	= 11,92	Noviembre	= 11,37
		Diciembre	= 7,44	Diciembre	= 10,72

<u>AÑO 1.952</u>		<u>AÑO 1.953</u>	
Enero	= 11,56	Enero	= 8,80
Febrero	= 13,98	Febrero	= 10,81
Marzo	= 15,36	Marzo	= 12,07
Abril	= 15,28	Abril	= 10,26
Mayo	= 15,43	Mayo	= 20,25
Junio	= 20,13	Junio	= 22,88
Julio	= 22,25	Julio	= 34,28
Agosto	= 20,94		
Septiembre	= 16,67		
Octubre	= 12,50		
Noviembre	= 12,16		
Diciembre	= 13,01		

Como en los años de 1949 y 1953 no se tiene tablas completas de la variación cronológica y en los años 50 y 52 se presentaban grandes vacíos, que hemos llenado sacando los promedios, no se ha podido usar esos cuadros, ya que para completarlos habría que hacer extrapolación, lo cual no ofrece la seguridad necesaria, que sí se tiene en el caso de interpolar.

Más conveniente resulta sacar los promedios de estos años y compararlos con los del año 1951.

En vista de esto, hemos calculado los caudales promedios mensuales para todos estos años, y a base de esto hemos sacado los promedios anuales.

En las páginas 69 y 70 tenemos los caudales promedios mensuales para los dos ríos y de estos hemos deducido los promedios anuales que son los siguientes:

Río Chalpi

Año		Promedio
"	1949 (Abril a Dcbre.)	10,43
"	1950	10,90
"	1952	9,66
"	1953(Enero a Julio)	12,67

Río Papallacta

Año		Promedio
"	1949 (Abril a Dcbre.)	14,88
"	1950	12,41
"	1952	15,50
"	1953 (Enero a Julio)	17,05

Estos promedios añadidos a los del año 1951 (en estudio) nos darán un promedio total que vamos a estudiar: .

Río Chalpi

Año	1949	10,43
"	1950	10,90
"	1951	11,30
"	1952	9,66
"	1953	12,67
		<hr/>
	Suman:	54,96
Promedio:	= $\frac{54,96}{5}$	= 10,98 m ³ /seg.

Río Papallacta

Año	1949	14,88
"	1950	12,41
"	1951	14,40
Año	1952	15,50
"	1953	17,05
		<hr/>
	Suman:	74,24
Promedio	= $\frac{74,24}{5}$	= 14,84 m ³ /seg.

I la suma de los dos ríos dará un caudal medio de :

10,98
14,84
<hr/>
25,82

C U A R T A - P A R T E

C O N C L U S I O N E S

En primer lugar vamos a analizar las Curvas Características de los ríos Chalpi y Papallacta y la Curva Característica Hidrológica del sistema formado por los mismos ríos. (Gráficos N° 11, N° 12 y N° 15, respectivamente.

Anotemos ante todo que cada Curva Característica nos puede guiar a una infinidad de soluciones según al caudal que se considere y si a esto agregamos que tenemos tres curvas, entonces el número de posibilidades se triplica. Sin embargo nosotros analizaremos cada curva en tres puntos: el del caudal mínimo, el de caudal medio y el equivalente a 1, 5Qm y a base de esto haremos especulaciones relativamente hipotéticas ya que nos se puede penetrar en el campo práctico por falta de otros elementos de juicio.

La altura de caída, según los estudios de la Empresa Eléctrica Municipal de Quito se calcula en 300 metros, para el caso de utilizar los dos ríos con una longitud de canales y túneles de 9 Km. Nosotros nos permitiremos suponer, todavía, la caída de 300 metros aún en el caso de tomar en cuenta un solo río, esto confirma el carácter hipotético de las conclusiones.

En el tercer caso, o sea para el caso de sumar los dos ríos, la suposición de 300 metros de desnivel, ya es justa.

PRIMER CASO. - Tomando en cuenta sólo el río Chalpi (gráfico N°11) vemos que tiene un caudal mínimo de 3,6 m³/seg.

Ia. Solución. - Una instalación con el caudal mínimo o con caudales inferiores a él podría trabajar, permanentemente, sin ayuda de otro río y sin reservorio. De ese punto en adelante, es decir, para caudales mayores a 3,6 habrá necesidad de reservorio.

Si se proyectase una instalación con ese caudal mínimo

la potencia disponible sería: $N = \frac{1.000 \cdot Q \cdot h}{75} \text{ H.P.}$

$$N = \frac{1.000 \times 3,6 \times 300}{75} = 14.500 \text{ HP} = \underline{\underline{10.700 \text{ KW}}}$$

2da. Solución. - Si se quisiera usar el caudal medio del río Chalpi que como sabemos es = 11,3 metros cúbicos por segundo. En este caso para que ese caudal sea constante durante todo el año se deberá estar en capacidad de almacenar mediante reservorio la escorrentía a que dá lugar el caudal de 2,78 m³/seg. que es la diferencia desde la curva hasta la recta de 45°.

Es decir: $2,78 \times 31,5 \times 10^6 = 87.570.000 \text{ m}^3$

($31,536 \times 10^6 = \text{N}^\circ \text{ de segundos en un año}$)

Luego 87.570.000 m³ es la escorrentía que realmente no se aprovecharía sino se construye un reservorio.

Para que la instalación trabaje permanentemente con un caudal de 11,3 m³/seg. se debe construir un reservorio capaz de almacenar dicha escorrentía.

La potencia que se obtendrá con este caudal será la siguiente:

$$N = \frac{1.000 \times 11,3 \times 300}{75} = 45.000 \text{ HP} = \underline{\underline{33.000 \text{ KW}}}$$

3ra. Solución. - Si nos situamos en un punto de 1,5 Qm = 17 m³/seg. observamos (gráfico N° 11), que la curva tiene una deficiencia, (respecto a la recta de 45°) de 8,1 m³/seg. de los cuales: 1,2 m³/seg. (distancia a la horizontal) puede suplir el mismo río. Es decir sería necesario almacenar mediante reservorio la escorrentía a que dá lugar un caudal de 1,2 m³/seg. o sea:

$$1,2 \times 31,5 \times 10^6 = 37.800.000 \text{ m}^3$$

para que el caudal de 17 m³/seg. sea constante.

Además es necesario traer de otro río el resto de la deficiencia o sea 8,1 - 1,2 = 6,9 m³/seg. (distancia de la horizontal a la recta de 45°), para que el caudal de 17 m³/seg. sea constante durante todo el año.

Si es posible traer los 6,9 m³/seg. ya que podrían venir del Papallacta que tiene un caudal medio de 14,4 m³/seg.

Procediendo así, el caudal que se podría utilizar se-

ría: $11,3 \times 1,5 = 17 \text{ m}^3/\text{seg.}$; y la potencia:

$$N = \frac{1.000 \times 17 \times 300}{75} = 68.000 \text{ HP} = \underline{\underline{50.000 \text{ KW.}}}$$

SEGUNDO CASO.- Consideramos solamente el río Papallacta y tendremos:

4ta. Solución.- Analizando la Curva Característica del Papallacta (gráfico N° 12) tenemos un caudal mínimo de $6,1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Se puede utilizar durante todo el año dicho caudal mínimo sin necesidad de reservorio ni ayuda de otro río. La potencia sería:

$$N = \frac{1.000 \times 6,1 \times 300}{75} = 24.400 \text{ HP} = 18.000 \text{ KW.}$$

5ta. Solución.- Queriendo trabajar con el caudal medio del Papallacta que es $14,4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ se tendría una deficiencia de $2,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Luego se debe poder almacenar mediante un reservorio la escorrentía a que dá lugar ese caudal de $2,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ o sea:

$$2,5 \times 31,5 \times 10^6 = 78.750.000 \text{ m}^3$$

Solamente así podría trabajar la instalación a plena carga durante todo el año con ese caudal medio de $14,4 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Entonces la potencia sería:

$$N = \frac{1.000 \times 14,4 \times 300}{75} = 57.500 \text{ HP} = \underline{\underline{42.500 \text{ KW.}}}$$

6ta. Solución.- Si se quiere trabajar con un caudal de $1,5 \text{ Qm}$ igual a $21,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$; habría una deficiencia de $8,67 \text{ m}^3/\text{seg.}$ de los cuales $0,67$ (distancia de la curva a la horizontal) podrían ser suplidos por el mismo río con la construcción de un reservorio. La escorrentía correspondiente al caudal de $0,67 \text{ m}^3/\text{seg.}$ es: $0,67 \times 31,5 \times 10^6 = 21.105.000 \text{ m}^3$

Además es necesario traer del río Chalpi un caudal equivalente a $8 \text{ m}^3/\text{seg.}$ lo cual es factible ya que el Chalpi tiene un caudal medio de $11,3 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Solamente cumpliendo las condiciones anteriores la instalación podría funcionar todo el año con un caudal constante de $1,5 \text{ Qm} = 1,5 \times 14,4 = 21,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$

La potencia sería:

$$N = \frac{1.000 \times 21,5 \times 300}{75} = 86.000 \text{ HP} = \underline{\underline{63.000 \text{ KW.}}}$$

TERCER CASO.- Se trata del sistema formado por la suma de los ríos Papallacta y Chalpi. Analizando su Curva Característica (gráfico N° 15) tenemos lo siguiente:

7a. Posibilidad.- Con un caudal mínimo de $9,7 \text{ m}^3/\text{seg.}$; se puede trabajar con ese caudal que sería permanente durante todo el año, sin necesidad de almacenar. La potencia que se podría obtener de este modo sería aproximadamente:

$$N = \frac{1.000 \times 9,7 \times 300}{75} = 38.600 \text{ HP.}$$

O sea más o menos 28.000 KW.

8a. Posibilidad .- Se podría también trabajar con el caudal medio del sistema, que hemos estimado en $25,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Pero para que la instalación funcione a plena carga, durante todo el año, con ese caudal, habría necesidad de tener un reservorio para la escorrentía a que da lugar el caudal de $4,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (distancia de ese punto de la curva a la recta de 45°)

Esa escorrentía sería de $4,5 \times 31,5 \times 10^6$.

La potencia que se alcanzaría entonces sería unos 76.000 KW.

Las potencias calculadas en las páginas 74-77, son potencias brutas, es decir, las potencias que se obtendrían si las instalaciones de la Central no tuvieran pérdidas, pero trabajarían siempre con la misma carga. Admitiendo un rendimiento total de la planta de 80%, se reducen esas potencias a 0,8N; pero admitiendo un factor de carga anual de 0,6, suben las potencias a instalarse para la hora Pick

a:

$$\frac{0,8}{0,6} = 1,33 \text{ de los valores indicados.}$$

CONCLUSIONES PRACTICAS.

En lo anterior he calculado las potencias que se pueden obtener disponiendo de reservorios sumamente grandes.

He recorrido la zona y según mi criterio sólo la llamada laguna de Papallacta puede ser transformada en un reservorio para acumular las aguas del río Maspá ; (no hay mediciones del caudal del río Maspá).

Según mi observación, la laguna de Papallacta tiene una superficie aproximada de 1,75 Km². y al represar sus aguas por medio de un dique, inundará las laderas, de modo que con un dique de sólo 3 metros de altura (en su parte más alta) se pueden acumular por lo menos 5 x 10⁶ m³ de agua. Según mi criterio, la corona del dique no tendría más de 30 metros de longitud, es decir que el dique no resultaría muy costoso.

La afluencia del río Maspá, es por lo menos de 1 m³/seg., o sea, de 31,5 x 10⁶ m³/año., de modo que tomando en cuenta evaporación e infiltración, los 5 millones de metros cúbicos que pretendo acumular, están más que garantizados.

Aplico los 5 x 10⁶ m³. al gráfico N° 14 y formo una superficie (sombreada en rojo), que representa este volumen. Así se asegura durante todo el año un caudal disponible de 15 m³/seg.; es decir, durante los 45 días más secos, el agua acumulada cubre la deficiencia de escorrentía.

Con 15 m³/seg. , 300 m de caída, un rendimiento de la planta de 0,8 y un factor anual de carga de 0,6; se pueden instalar las máquinas con una potencia para la hora "pick", de:

$$\frac{1.000 \times 15 \times 300 \times 0,8}{75 \times 0,6} = 80.000 \text{ HP.}$$

$$N = 59.000 \text{ Kilowattios.}$$

Si se admite una inseguridad del 10 % , sería recomendable continuar las observaciones para escoger la potencia final entre 53.000 y 65.000 Kilowattios.

Por lo pronto podría instalarse, sin necesidad de reservorio la potencia de:

$$28.000 \times 1,33 \pm 10 \% .$$

Es decir unos 40.000 KW. como máximo.

Existe la posibilidad de hacer el dique del reservorio, más alto, y con esto acumular más agua y aumentar la potencia final todavía más.

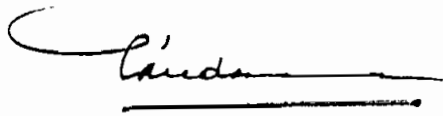
Pero acumulando en lugar de 5 millones de metros cúbicos, el doble, con lo que el costo del dique ya aumenta fuertemente, se obtiene sólo un aumento del caudal mínimo de $15 \text{ m}^3/\text{seg.}$ a $16 \text{ m}^3/\text{seg.}$, es decir, un aumento de la potencia del 6% y sería necesario un estudio detallado de la topografía de la laguna y especialmente del lugar del dique, para poder decidir si ese aumento sería económico.

B I B L I O G R A F I A

- Soares Branco....."Hidráulica Práctica"
A.D.Flinn, R. Weston....."Abastecimiento de Aguas"
Gomez Navarro....."Saltos de agua"
Marcos Gándara....."Motores Hidráulicos"
García Nájera....."Principios de Hidráulica Torren-
cial"
Armín Schoklitsch....."Tratado de Arquitectura Hidráu-
lica"
Ernest W. Steel....."Abastecimiento de Agua"
Gomez Navarro....."Regulación de Ríos"
Gonzalez Quijano....."Hidrología General Agrícola"
Felice Contessini....."Impianti Idroelettrici"
Mirabet José Ignacio....."Conducción de Aguas"
Teodoro Wolf....."Geografía del Ecuador"
Marcos Gándara....."Catedra de Hidráulica-Escuela
Politécnica"
Ing.Roger F. Ouvrard....."Informe sobre un Plan Quinque-
nal de Electrificación del Ecua-
dor".

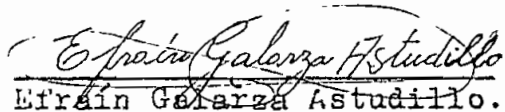
=====

EL DIRECTOR DE TESIS,



Ternel.Marcos Gándara E.

EL ALUMNO,



Efraín Galarza Astudillo.