

---

---

# BOLETIN ENERGETICO

---



---

Organización Latinoamericana  
de Energía

---

OCTUBRE/DICIEMBRE/1980

---

**EL DESARROLLO DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS EN LATINOAMERICA Y EL CARIBE *olade* ANEXO I: SINTESIS DEL PROGRAMA REGIONAL DEL P.C.H. *olade* DISEÑO Y ESTANDARIZACION DE TURBINA MICHELL-BANKI *olade* HIDROLOGIA PARA PROYECTOS DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS EN AUSENCIA DE DATOS *olade* REGULADOR DE VELOCIDAD ELECTRICO ELECTRONICO DE TURBINAS HIDRAULICAS PARA PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS *olade* METODOLOGIA SINTETICA PARA EL CALCULO Y ESPECIFICACION PRELIMINAR DE MICROCENTRALES HIDROELECTRICAS**

---

# HIDROLOGIA PARA PROYECTOS DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS EN AUSENCIA DE DATOS

Ing. Luis Eduardo Machado Hernández  
Experto del Programa Regional de PCH/OLADE  
Quito, septiembre de 1980

## I. INTRODUCCION

El régimen hidrológico es una función compleja de numerosos factores entre los que predominan el clima y la configuración del territorio en el cual se desarrolla el fenómeno. Las formas de la superficie terrestre y en particular su situación en altitud tienen influencia decisiva sobre los más importantes factores condicionantes del régimen hidrológico, como precipitación, escorrentía, infiltración y formación de aluviones y sedimentos. Los índices morfométricos son fundamentales para documentar la analogía territorial y establecer relaciones hidrológicas de generalización territorial.

Los índices morfométricos expresan en términos de simples valores medios las características de paisajes complejos. Por esta razón se recomienda mucha cautela al incluir en un mismo índice paisajes de naturaleza diferente, como montañas y llanuras, porque el valor resultante podría tener poco sentido.

Las relaciones de generalización son expresiones características o gráficas de las leyes de variación territorial de los valores hidrológicos. Con base en tales relaciones de generalización se puede determinar el orden de magnitud del valor hidrológico que interesa, en puntos o secciones en donde faltan parcial o totalmente los datos hidrométricos directos, conociendo solamente los valores de las características morfométricas y fisiográficas y teniendo una información general sobre el conjunto natural de la región.

Para fundamentar las relaciones de generalización o analogías hidrológicas en ausencia de datos son muy importantes las actividades hidrológicas expedicionales como único apoyo experimental a las metodologías que existen para tratar la información u obtenerla.

## II. CASOS QUE PUEDEN PRESENTARSE Y METODOS QUE SE EMPLEAN PARA OBTENER LA INFORMACION O TRATARLA

Se pueden presentar los casos siguientes:

### 2.1 Existencia de estaciones de aforo en la cuenca

En este caso es posible, por lo general, un traslado de caudales de la estación al sitio de interés.

Se comienza por un análisis de consistencia de datos para proceder en seguida a una complementación de series.

Posteriormente se realiza un cálculo de precipitación media sobre la cuenca y sobre las subcuencas.

Después se verifica una generación de caudales en las subcuencas de interés.

Por otra parte para la determinación de los caudales mínimos se construyen curvas de flujo-duración.

Con el fin de calcular los caudales máximos de creciente se utilizan los métodos de hidrógrafos unitarios y de precipitación máxima probable.

### 2.2 Ausencia de estaciones de aforo, existencia de estaciones pluviométricas (ausencia de registros caudales)

También se comienza por un análisis de consistencia de datos así como por una complementación de series pluviométricas. De igual manera como se procedió en el caso anterior, se calcula la precipitación media sobre la cuenca y subcuencas de interés.

En seguida se verifica el balance hídrico con el fin de estimar la escorrentía media interanual.

Para la determinación de los caudales mínimos se elaboran curvas lluvia-duración con el fin de utilizarlas de una manera analógica y poder así estimar la tendencia de la curva de flujo-duración y una aproximación a la misma.

Luego se procede a una generación de caudales en las subcuencas utilizando la ecuación de regresión de lluvia-escorrentía de las estaciones de base.

Para los caudales de avenida se pueden utilizar los métodos de hidrógrafos unitarios sintéticos.

### 2.3 Ausencia de registros de caudal y ausencia de estaciones pluviométricas

Para esta circunstancia es posible utilizar las relaciones de generalización con variables meteorológicas con el fin de reproducir una estructura de lluvia aproximada.

El balance hídrico permite estimar el orden de magnitud de la escorrentía media interanual.

Con el fin de estimar un orden de magnitud de la escorrentía mínima es posible emplear métodos de índices geomorfológicos relacionados con cuencas similares.

Finalmente para tener una idea del orden de magnitud de los caudales de avenidas es posible utilizar el método de los hidrógrafos unitarios sintéticos.

Especialmente para este tercer caso, es muy importante corroborar este estimativo mediante campañas rápidas de medición en el campo, lo que será materia de discusión en el siguiente aparte.

### III. BREVE COMENTARIO A ALGUNAS METODOLOGÍAS DE OBTENCION O TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

#### 3.1. *Complementación de series de lluvias y de caudales*

Se realizan a través de correlaciones simples lluvia-escorrentía para los caudales y del método de la razón normal para las precipitaciones.

#### 3.2. *Cálculo de la precipitación media sobre la cuenca*

Este cálculo se realiza con base en los métodos clásicos de los polígonos de Thiessen o de las isoyetas.

#### 3.3. *Generación de caudales en las subcuencas*

Se obtiene con base en los registros pluviométricos de las estaciones más cercanas y en las correlaciones lluvia-escorrentía, utilizando la ecuación de regresión de las estaciones de base.

#### 3.4. *Balance hídrico*

Donde la lluvia sobrepase de una forma apreciable a la evapotranspiración es posible aplicar este método con el fin de obtener un orden de magnitud del caudal medio multianual.

#### 3.5. *Hidrógrafos unitarios sintéticos*

La utilización de esta metodología implica la investigación de coeficientes empíricos aplicables a determinados tipos de cuencas según sus características geológicas y geomorfológicas.

#### 3.6. *Determinación de caudales mínimos por estudio geomorfológico o de factores de escurrimiento*

La extrapolación de datos en el espacio debe basarse en el conocimiento de las características geomorfológicas de las cuencas. Este conocimiento se logra a través de la elaboración de mapas que se superponen, para las siguientes variables: pendiente, litología y vegetación.

Esto permite conocer un orden de magnitud de los caudales a través de los siguientes índices: capacidad de absorción teórica, índice de escurrimiento e índice de aptitud para sostener estiajes.

### IV. ACTIVIDADES HIDROLOGICAS EXPEDICIONALES

La medición de la variación en tiempo y espacio de las prin-

cipales características del régimen hidrológico se basa en el sistema de puntos fijos de investigación, denominados en la práctica estaciones hidrométricas. Pero, debido a dificultades naturales o de organización, este sistema no se puede aplicar a todas las regiones.

En el caso de que el sistema estacionario no logre suministrar toda la información hidrométrica necesaria o, simplemente, no se pueda aplicar, se trata de determinar las características hidrológicas a través de observaciones y mediciones que se realizan en campañas de cierta duración, denominadas actividades hidrológicas expedicionales.

#### 4.1. *Determinación de caudales máximos y características de avenidas*

En la mayoría de las situaciones concretas se trata de determinar la escorrentía máxima en función de informaciones que se refieren a niveles máximos históricos y a las mayores avenidas e inundaciones conocidas en la región, lo que supone la ausencia total o casi total de huellas evidentes de aguas máximas en los cauces de las corrientes.

De esta manera las informaciones que se obtienen en el terreno adquieren importancia decisiva. Estas informaciones se pueden clasificar en dos categorías:

1. Informaciones suministradas por los ribereños
2. Análisis microfisiográficos en los cauces mayores de las corrientes y sobre sus orillas.

Las informaciones que se solicitan a los ribereños se deben referir, por lo menos a los siguientes elementos:

1. Nivel máximo de la mayor avenida que se conoce
2. El año y eventualmente la fecha en que se haya producido la avenida
3. El tiempo transcurrido entre el comienzo de la subida de las aguas y el momento en que se haya alcanzado el nivel máximo.
4. El tiempo que han tardado las aguas en bajar hasta niveles normales.
5. Eventuales influencias artificiales sobre el régimen de escorrentía máxima.

Los análisis microfisiográficos en los cauces mayores de las corrientes y sobre sus orillas contemplan la posibilidad de encontrar ciertos índices relativos a los ni-

veles de aguas máximas. Estos análisis se deben referir, por lo menos a los elementos siguientes:

1. Aspecto geomorfológico.
2. Material aluvial y suelos.
3. Vegetación y material orgánico vegetal.

Una vez terminadas las labores de campo y de laboratorio (análisis de muestras), durante las labores de oficina, se pueden determinar los siguientes elementos:

1. Caudales máximos de probabilidad homogénea.
  2. Principales características de avenidas.
  3. Eventualmente, tiempos de propagación de ondas.
- 4.2 *Determinación de caudales mínimos de duración de estiajes. Las actividades que se desarrollan en el terreno son de tres categorías:*

1. Recolección de informaciones de los ribereños.
2. Trabajos hidrológicos y topográficos en el cauce de la corriente.
3. Observaciones sobre la litología de la región.

Las informaciones que pueden proporcionar los vecinos de la zona se refieren a los siguientes aspectos:

1. Eventual interrupción de la escorrentía.
2. Niveles mínimos históricos.
3. Año y mes en que la escorrentía se ha interrumpido o se ha producido el nivel mínimo.
4. Periodos de estiaje y duración de éstos.
5. Eventuales influencias artificiales sobre el régimen de escorrentía mínima.

4.3 *Determinación de las principales características del régimen hidrológico de las corrientes*

En la práctica, es muy frecuente el caso de que en ciertas partes de las cuencas hidrográficas (generalmente las zonas escasamente pobladas de las cabeceras de corrientes) no se disponga de ningún dato hidrométrico. Sin embargo las necesidades económicas imponen el conocimiento hidrológico de tales áreas, en vista de la proyección de obras hidrotécnicas y aprovechamientos de agua.

En tales situaciones se deben desarrollar ampliamente

actividades hidrológicas excepcionales. La organización de éstas se basa esencialmente en los siguientes principios:

1. Ejecución de mediciones hidrológicas simultáneas en varias secciones
2. Periodicidad de campañas, de acuerdo con las fases del régimen hidrológico
3. Instalación de aparatos registradores de funcionamiento autónomo de larga duración.
4. Observaciones generales sobre las características del régimen hidrológico.

Las mediciones se pueden referir a la mayoría de las características hidrológicas y se deben realizar en varias secciones representativas de las cuencas estudiadas, así como en estaciones hidrométricas que se encuentran en las cercanías, en zonas que se consideran de régimen similar.

## V. CONCLUSIONES

Cuando faltan los datos, la fundamentación para la obtención de la información reside en el procedimiento de analogías hidrológicas. Para que estas analogías conduzcan a datos que reflejen la realidad, es indispensable un conocimiento suficiente del medio físico. En este sentido se puede afirmar que el porvenir de la hidrología está en la investigación experimental. De ahí la necesidad, a largo plazo de realizar programas de cuencas representativas y experimentales. Si se considera el corto plazo, las actividades hidrológicas expedicionales brindan el único apoyo posible a los procedimientos de analogías hidrológicas.

## BIBLIOGRAFIA

- Notas técnicas sobre características morfométricas y fisiográficas de cuencas hidrográficas y determinación de parámetros hidrológicos. Wulf Klohn y Silviu Stanescu. Publicación periódica No. 12 HIMAT-Bogotá, Colombia.
- Obtención de información hidrológica por métodos especiales. Wulf Klohn y Silviu Stanescu. Publicación periódica No. 24 HIMAT-Bogotá, Colombia.
- Apuntes de clase para el curso de hidrología práctica (I parte) Silviu Stanescu. Publicación periódica No. 24 HIMAT-Bogotá, Colombia.
- Estudio hidrológico preliminar de la cuenca hidrológica del Cauca Superior. Silviu Stanescu y Guillermo Rodríguez. Publicación periódica No. 27 HIMAT-Bogotá, Colombia.
- Les facteurs de l'écoulement dans le bassin de l'Allier' Thèse Jean Christian Scherer. Strasbourg 1973.