

# *COLABORACION HIDROLOGICA*

---

## **La Meteorología en la construcción de presas**

(PARTE 1.ª)

Por JACOBO LOPEZ de REGO STOLLE

Meteorólogo

Servicio Meteorológico de Marruecos

1.—De los muchos problemas técnicos que el ingeniero tiene que resolver a lo largo de su actuación profesional, es la construcción de presas uno de los más interesantes, a causa, no sólo de la importancia que tiene en la revalorización económica del país, sino también por el elevado coste de su realización, razones por las cuales es seguramente el más estudiado.

Casi todos los autores de Tratados de Hidráulica y Construcción de Presas se encuentran en la obligación de dedicar los primeros capítulos de la obra al estudio de los fenómenos meteorológicos e hidrológicos y, es curioso observar, que en la exposición del tema meteorológico, por el cual sienten verdadera afición, llegan a incluir discusiones de tipo teórico sobre la dinámica y termodinámica de la atmósfera, la mayor parte de las veces, copiada de algún Tratado de Meteorología. A continuación se olvidan de esto y se enfrascan en sus difíciles cálculos de estructuras, mientras que la influencia de los elementos meteorológicos queda reducida a fórmulas empíricas y coeficientes de seguridad.

No pretendo en este artículo añadir nada nuevo a lo que todo el mundo conoce sobre la influencia del clima en esta materia, pero sí quisiera sintetizar y sistematizar las aplicaciones de determinados elementos meteorológicos para suplir o mejorar otros elementos del ciclo hidrológico, a fin de aclarar determinados aspectos del proyecto y, de acuerdo con el plan que hace años me propuse de invertir los términos del problema desde el punto de vista meteorológico, o sea, en vez de dar a partir del conocimiento de un elemento meteorológico determinado, la lista de problemas técnicos en que puede ser útil, lista que casi siempre suele terminar con un etcétera, tomar, por el contrario, un problema técnico determinado

y examinar qué factores meteorológicos pueden influir en su resolución.

De acuerdo con esto, me limitaré a señalar dentro de la serie de etapas que conducen a la realización del proyecto de la presa y a su fase operacional, cuándo el ingeniero tiene necesidad de datos meteorológicos, qué clase de datos necesita y qué posibilidad tiene actualmente la Ciencia Meteorológica de suministrarlos.

II.—Empezaré por decir que el problema que nos ocupa es complejo y diverso, hasta tal punto, que la construcción de cada presa supone un problema específico, puesto que a los diferentes tipos y tamaños de las estructuras se les une la diversidad de fines operacionales, cosa ésta última que complica bastante el problema, ya que en la actualidad, casi la mayoría de las presas se construyen para fines múltiples, lo que puede dar lugar a conflictos entre ellos, que el ingeniero tiene que zanjar.

En este sentido, atendiendo a sus fines, las presas pueden clasificarse en dos grandes categorías:

1.<sup>a</sup> Presas de embalse para regular el variable caudal de un río, a fin de obtener un almacenamiento de agua para usos útiles, tales como: producción de energía eléctrica, irrigación, suministro de agua potable para fines industriales y municipales, conservación de la pesca y vida salvaje, mantenimiento del calado para la navegación, etc.

2.<sup>a</sup> Presas de protección para el control de crecidas.

Como puede verse, son dos conceptos completamente diferentes, puesto que en el primero se trata de la conservación de un volumen de agua almacenado para usos posteriores, mientras que en el segundo, lo que se necesita es espacio vacío para absorber el caudal de la crecida.

Como el tipo de estructura dependerá de los principales fines a que va destinada, es necesario tomar una decisión sobre los mismos, si bien, otros fines secundarios pueden más tarde incorporarse al proyecto.

Una vez que haya sido tomado el acuerdo de construcción de la presa y hayan sido fijados los fines principales a que va a ser destinada, comienza la fase de anteproyecto en orden a determinar su viabilidad tanto técnica como económica y las etapas son las siguientes:

1) *Elección del lugar del emplazamiento.*—En esta etapa, en la que el papel principal está reservado a los factores económicos,

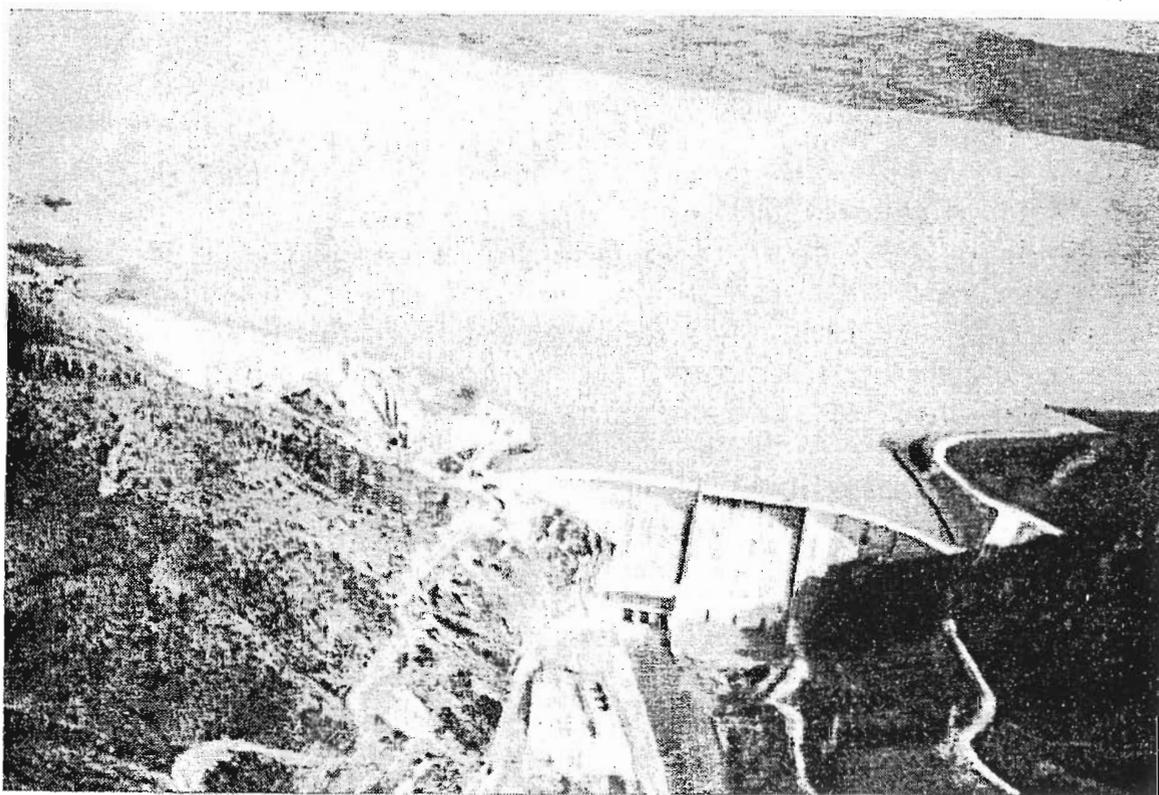
topográficos y geológicos que reúnen los diferentes emplazamientos, puede algunas veces ser de gran utilidad el conocimiento del factor meteorológico de la evaporación como determinante del tipo de embalse (profundo o poco profundo), que tanta influencia tiene en la altura de la presa y, por tanto, en su coste.

Este dato de la evaporación del futuro embalse puede calcularse con suficiente aproximación, a partir de las observaciones del Bac clase A o el GGI-3.000 o en su defecto, empleando la fórmula de Penmann ajustada a la región.

III.—Una vez elegido el emplazamiento, entramos en la etapa de calcular la capacidad del embalse y para eso, los datos que necesita el ingeniero son mapas topográficos adecuados para determinar los volúmenes almacenados correspondientes a las distintas alturas y poder trazar las curvas de altura-volumen y altura-superficie y una larga serie de observaciones del caudal en el sitio de la presa, dato fundamental para calcular el agua disponible.

Los parámetros topográficos pueden determinarse por procedimientos sencillos a partir de los mapas correspondientes. Un mapa de escala 1/25.000, da resultados suficientemente precisos.

En cuanto a la serie de datos foronómicos, tres son las condiciones principales que deben reunir: (1) Series lo más largas po-



sible, (2) Medidas efectuadas en el lugar de emplazamiento de la presa y (3) Observaciones dignas de confianza. Como se verá, estas tres condiciones no suelen darse en la práctica, máxime en los países en vía de desarrollo y, es aquí precisamente, cuando entra la Meteorología para subsanar esas deficiencias. Analicemos estas tres condiciones:

a) La longitud de la serie foronómica, siempre en la conveniencia de que sea lo máyor posible; su mínimo, sin embargo, viene condicionado por dos factores: (1) Tamaño de la presa y (2) Daños causados ante un eventual fallo de la estructura. Creemos que una serie de 50 años representa una longitud razonable para poder aplicarle el análisis estadístico y sacar conclusiones válidas.

La extensión de la serie de caudales se hace por dos procedimientos, o por la correlación entre el caudal medido en el lugar del proyecto y el caudal en un punto cercano del mismo río, o de un río adyacente (método Teste), o por medio de los datos pluviométricos de la cuenca para lograr establecer la correlación lluvia-caudal (problema por cierto el más importante de la Hidrometeorología, no resuelto aún de forma satisfactoria). La obtención de los datos pluviométricos (aún con los actuales errores en la medida), no presenta dificultades para la Meteorología y debe figurar en su labor rutinaria. Existen muchos métodos de correlación lluvia-caudal, siendo los más importantes: el hidrograma unitario; el hidrograma sintético; el método de infiltración y las correlaciones coaxiales, en cuya explicación no vamos a entrar por falta material de tiempo y, ya que, por otra parte, se encuentran en cualquier manual de Hidrología.

b) Cuando la serie de datos foronómicos no haya sido obtenida en el mismo sitio de construcción de la presa, pero sí en otro punto del mismo río, la serie de datos del caudal puede obtenerse a partir de los datos de la estación de aforos más próxima, suponiendo que la escorrentía por unidad de área en el sitio elegido sea la misma que la correspondiente en la estación de aforos. Este procedimiento no suele ser muy exacto y entonces, se recurre a sumar al caudal observado, la escorrentía correspondiente a la zona de la cuenca comprendida entre los dos emplazamientos, calculada a partir de los datos de precipitación. La obtención de estos datos, como ya dijimos anteriormente, no presenta dificultades para la Meteorología.

Si no se dispone de series de caudales en el mismo río ni en ríos vecinos, el cálculo del caudal en el lugar de la presa, no puede hacerse con suficiente aproximación para trabajos de planificación detallados. Sin embargo, cabe calcular un caudal medio interanual para fines de planificación preliminar, empleando un

déficit de escorrentía aproximado, basándose en que dicho déficit varía relativamente poco sobre el calculado para un período de años razonablemente largo. Este déficit de escorrentía también puede calcularse directamente por fórmulas empíricas tales como la fórmula de Turc.

El cálculo del caudal medio interanual puede hacerse así mismo empleando fórmulas empíricas que lo relacionan con factores meteorológicos seleccionados y con las características físicas de la cuenca.

c) El control de los datos foronómicos se basa en el principio de que el control de calidad de un elemento del ciclo hidrológico puede de ordinario mejorarse comparándolo con los datos de otro elemento del mismo ciclo al que está ligado.

En el caso de los caudales, como estos han sido precedidos de lluvia o de fusión de nieve, los datos de precipitación o temperatura de la cuenca pueden usarse para el control cuantitativo o, por lo menos, para comprobar la veracidad de las alturas de agua observadas y el caudal.

Recíprocamente estos últimos datos pueden ser utilizados para detectar errores en las observaciones de precipitación y temperatura.

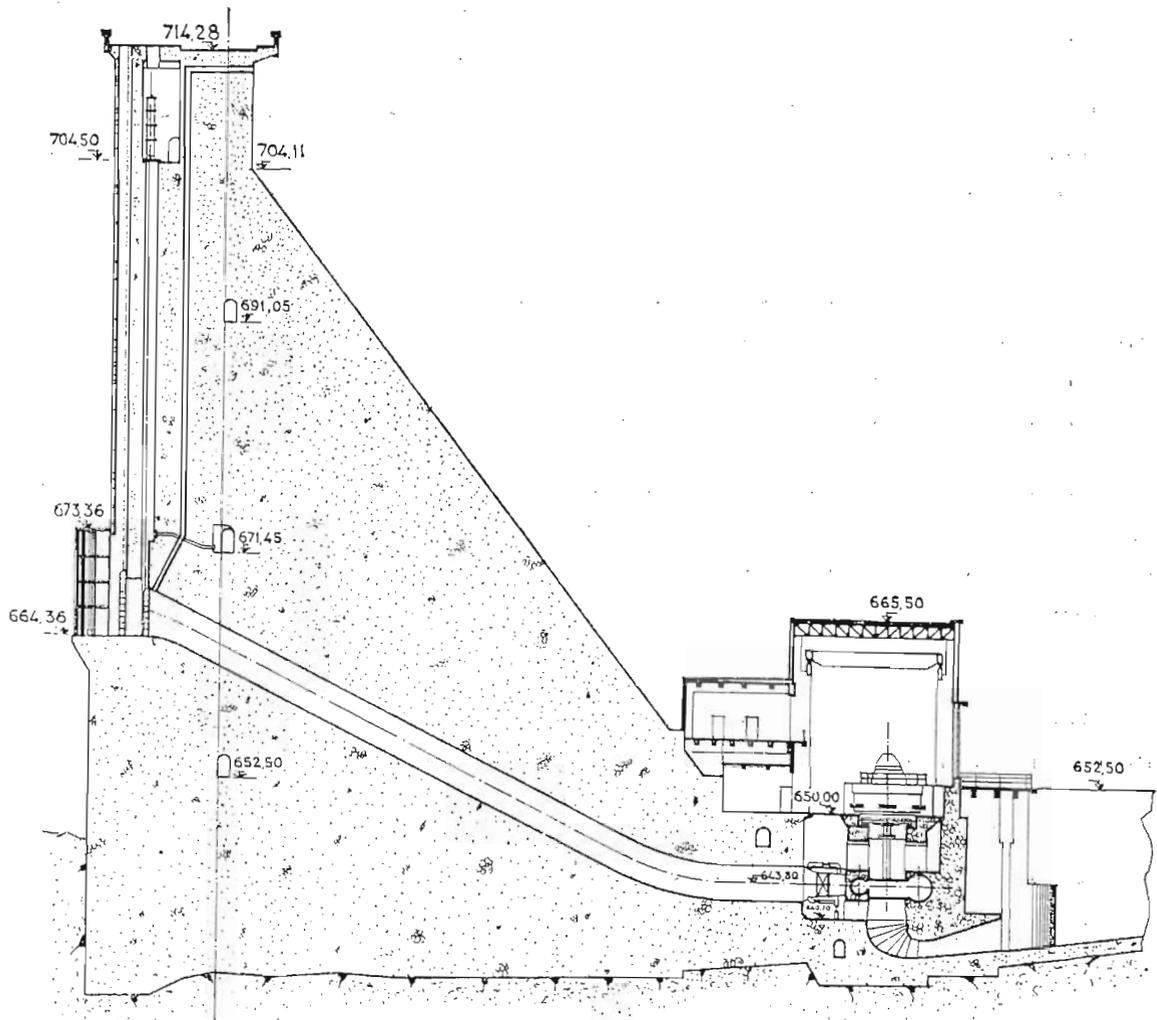
IV.—El cálculo de la futura demanda de agua depende de los fines del proyecto. Las necesidades de agua para usos municipales, industriales, recreativos o de producción de energía, aunque presentan una variación anual dependiente de varios elementos del clima, generalmente se determinan por la combinación del cálculo del futuro aumento de la población (número de habitantes) con las necesidades "per cápita" y, en este sentido, son completamente independientes de las condiciones hidrometeorológicas.

En cambio, las necesidades en agua para la irrigación se determinan usualmente combinando el número de unidades de superficie de terreno potencialmente irrigable con la probable necesidad en agua del cultivo, por unidad de área, teniendo en cuenta el sistema de irrigación y suele presentar también una variación anual.

Para el cálculo de la demanda de agua hay que hacer la suma de todas las necesidades de los distintos fines para los cuales se proyectó la presa.

V.—Una vez que se ha obtenido la serie de datos foronómicos que representa la cantidad de agua disponible y la futura demanda total, estamos en condiciones de determinar la capacidad del

embalse efectuando un balance entre el caudal entrante y el caudal saliente, o sea:



### BALANCE DE UN EMBALSE

#### *Activo* (entradas)

- 1.º Caudal entrante.
- 2.º Precipitación sobre la superficie de agua libre del embalse.
- 3.º Supresión de la evapotranspiración del vaso.
- 4.º Efecto "oasis" sobre los alrededores del embalse.

#### *Pasivo* (salidas)

- 1.º Caudal saliente (necesario para los diversos usos).
- 2.º Evaporación de la superficie de agua libre.
- 3.º Infiltración.

Generalmente la determinación de la capacidad del embalse se hace por un estudio operacional, o sea, simulando las futuras operaciones del embalse que pueden tener lugar en los períodos críticos. Este estudio puede hacerse de una forma numérica (a partir de una supuesta capacidad) o, gráficamente (curvas de masas de los distintos caudales).

En esta fase del proyecto la Meteorología interviene, como ya hemos dicho, con dos de los principales elementos del balance: la precipitación sobre la superficie del embalse y la evaporación de la misma, cuya determinación no presenta dificultades para la Meteorología. Lo que sí conviene señalar aquí, es que así como en la medida de la precipitación en la cuenca, empleada para el cálculo de los caudales, el error instrumental del pluviómetro no interesa demasiado, ya que de lo que se trata es de encontrar una relación entre nuestra medida de la precipitación y el caudal; en este caso, sí es necesario determinar lo más exactamente posible el agua realmente caída en el embalse, puesto que interviene como elemento del balance.

La evaporación en los embalses depende del tipo de clima y varía grandemente desde una cantidad insignificante correspondiente a los climas húmedos, hasta un valor de 3 a 4 metros por año en climas muy desfavorables como el del Sahara. Como muestra de la importancia de la evaporación del depósito, citaremos como ejemplo el de la presa de Anzulón en la cual se evapora el 64 por 100 del volumen embalsado.

Los datos de precipitación y de evaporación empleados en esta fase serán diarios, mensuales o anuales, dependiendo del tamaño de la presa y de su ciclo operacional.

Generalmente se admite un déficit del 20 por 100 del volumen del embalse en períodos secos, muy poco frecuentes.

*(Continuará)*

