

ESTUDIO TÉRMICO EN PRESAS DE HORMIGÓN FRENTE A LA ACCIÓN TÉRMICA AMBIENTAL¹⁾

(A STUDY ON THE BEHAVIOUR OF CONCRETE DAMS UNDER ENVIRONMENTAL THERMAL EFFECTS)

Luis Agulló Fité, Dr. Ingeniero de Caminos
Universitat Politècnica de Catalunya

Directores de Tesis:
Antonio Aguado de Cea
Enrique Mirambell Arrizabalaga

531-74

Fecha de recepción: 31-X-91

RESUMEN

El presente artículo constituye una breve síntesis de los trabajos desarrollados en la tesis doctoral de su autor. Éstos se centran en el estudio de las temperaturas que se alcanzan en la presa de hormigón, en fase de explotación, frente a la actuación de la acción térmica ambiental.

Para ello se ha desarrollado un modelo numérico que contempla la presencia de los distintos parámetros que caracterizan a la presa de hormigón y al ambiente térmico exterior.

Se ha analizado la influencia relativa que presentan en las temperaturas alcanzadas en la presa las distintas variables contempladas en el modelo. Fruto de este análisis se determinan las variables principales que rigen su comportamiento térmico.

En función de las variables principales se presenta un modelo teórico para la evolución anual de las temperaturas medias en la presa susceptible de ser utilizado tanto en proyecto como en explotación.

SUMMARY

The present paper summarises a research work developed by the author for his PhD degree. This work deals with the study of the temperature distributions which are reached in a concrete dam in service conditions, due to temperature effects.

For this matter, a numerical model based on a finite difference formulation is developed. Such model takes into account the different parameters which influence the thermal response of concrete dams.

The model was used to analyze the influence on the time-dependent temperature distribution existing across the dam, of the most significant parameters. As a consequence, the variables that mainly govern its thermal behaviour are determined.

A theoretical model which depends upon the main variables, is presented to determine the annual evolution of the annual average temperatures in the dam. This model is intended to be used both for design and exploitation studies.

1. INTRODUCCIÓN

La presa de hormigón en su etapa de explotación, se ve sometida de forma permanente a la acción térmica procedente del ambiente en el cual está ubicada. El propio carácter de esta acción térmica,

asociada a las condiciones climatológicas y ambientales del emplazamiento y a las condiciones térmicas del agua embalsada, hace que su estudio requiera plantearse de la forma más específica posible.

La Tesis Doctoral realizada se enmarca en el ámbito de las presas de hormigón en fase de explotación y, dentro de este ámbito, se centra en el estudio de las temperaturas alcanzadas en la presa frente a la actuación de la acción térmica ambiental.

¹⁾ Tesis leída el 11 de julio de 1991 en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Obtuvo la calificación de apto cum laude.

2. OBJETIVOS

Los trabajos desarrollados se han encaminado a la consecución de unos objetivos principales, los cuales se exponen seguidamente:

- Desarrollar un modelo numérico, que contemplando la presencia de los distintos parámetros que caracterizan al hormigón, a la geometría y al emplazamiento de la presa y a la acción térmica ambiental, proporcione las temperaturas alcanzadas en la presa en su etapa de explotación.
- Analizar la influencia relativa que presentan en la respuesta térmica de la presa las distintas variables contempladas en el modelo, en orden a determinar, de entre ellas, cuales son las variables principales que gobiernan el comportamiento térmico de la presa en explotación.
- Realizar un estudio encaminado a obtener un modelo teórico en diseño que represente la evolución anual de la temperatura media en cualquier sección de la presa en función de las variables principales.
- Formular, en base a los estudios realizados, una propuesta referente a la instrumentación térmica de la presa en explotación de cara a obtener como fruto de la misma una óptima información relativa a las temperaturas en la presa durante esta etapa.

3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Para conseguir los objetivos propuestos, se ha desarrollado un modelo numérico, basado en un esquema explícito en diferencias finitas, que proporciona la temperatura en los nodos de la malla de discretización adoptada y en cualquier instante. Éste constituye un modelo sencillo, el cual contempla la presencia de distintas variables que caracterizan al hormigón, a la geometría y al emplazamiento de la presa, y a la acción térmica ambiental. En la Tabla 1 se exponen las variables contempladas en el modelo numérico desarrollado.

Las temperaturas que el modelo predice se han contrastado satisfactoriamente con los registros térmicos experimentales de distintas presas españolas actualmente en explotación y que corresponden a distintos emplazamientos y tipologías (Almendra, Baserca, Llauset y Mequinenza).

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL HORMIGÓN	— Conductividad térmica — Calor específico — Peso específico — Coeficiente de absorción — Emisividad
CARACTERIZACIÓN DE GEOMETRÍA Y EMPLAZAMIENTO	— Latitud — Declinación solar — Acimut — Espesor — Inclinación del paramento
CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL AMBIENTE	— Temperatura ambiente — Temperatura del agua — Velocidad del viento — Radiación solar — Coeficiente de reflexión del entorno

Tabla 1.—Parámetros contemplados en el modelo numérico para la obtención de la respuesta térmica de la presa.

Esta contrastación se ha realizado en términos de la evolución anual de la temperatura registrada en termómetros dispuestos en las presas anteriormente citadas, contemplándose en ella un total de 40 termómetros cuya ubicación obedece a distintas posiciones relativas en la presa. En la figura 1, a modo de ejemplo, se presentan gráficamente los resultados obtenidos en los termómetros T48 (cota 1.386 m) y T64 (cota 1.365 m) pertenecientes a la presa de Baserca y distantes 1 m, respectivamente, del paramento de aguas arriba y del paramento de aguas abajo.

Mediante el modelo numérico se ha realizado un exhaustivo estudio sobre la influencia relativa que presentan en la distribución de temperaturas de la presa las distintas variables que lo configuran. Como fruto de este estudio se ha puesto de manifiesto la existencia de un grupo de parámetros principales que gobiernan, en mayor medida, su comportamiento térmico.

En este sentido, el comportamiento térmico medio anual de la sección depende, fundamentalmente, del espesor, de la evolución anual de las temperaturas ambiente y del agua y de la radiación solar global diaria media anual en el emplazamiento.

El comportamiento térmico del paramento de aguas abajo se rige, en gran medida, por la radiación solar, si bien se ve también influenciado por la temperatura ambiente, la velocidad del viento, el coeficiente de la reflexión del entorno, la inclinación y orientación (acimut) del paramento y el coeficiente de absorción del hormigón.

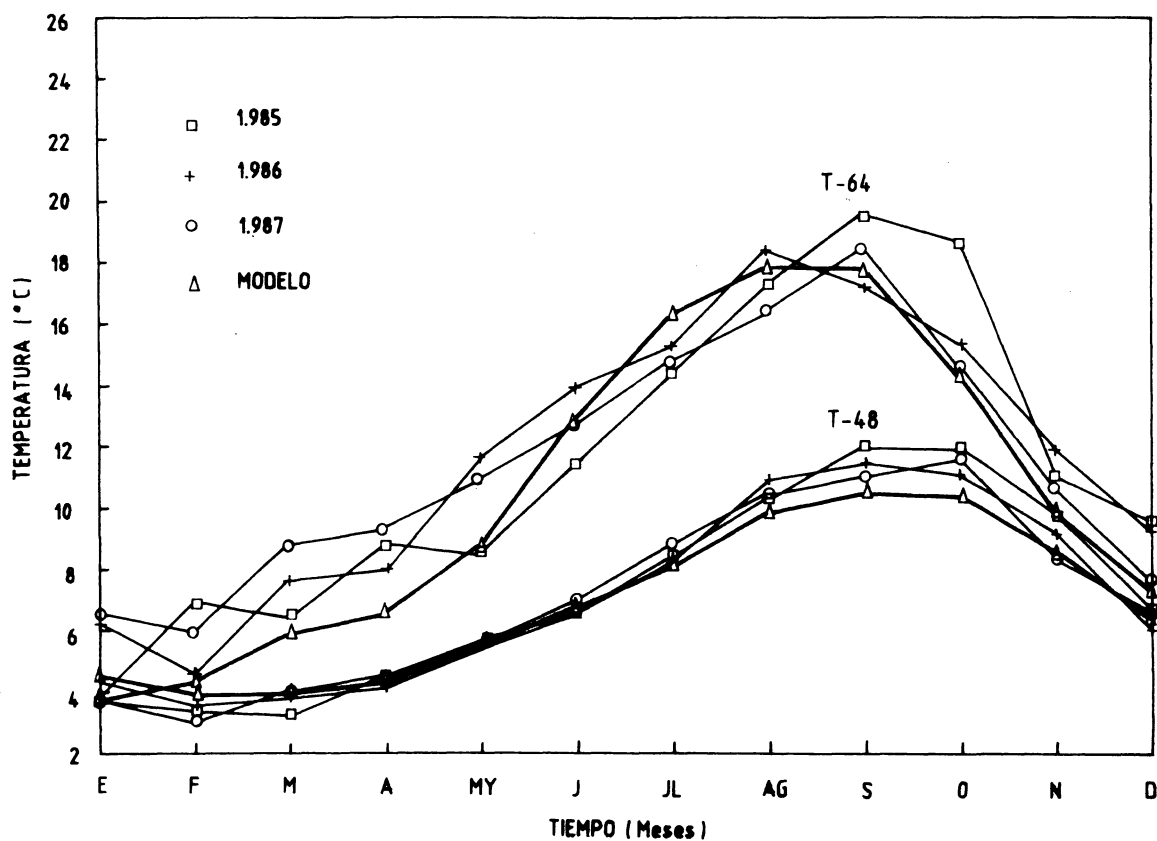


Fig. 1.—Evolución anual de la temperatura en los termómetros T48 y T64. (Presa de Baserca).

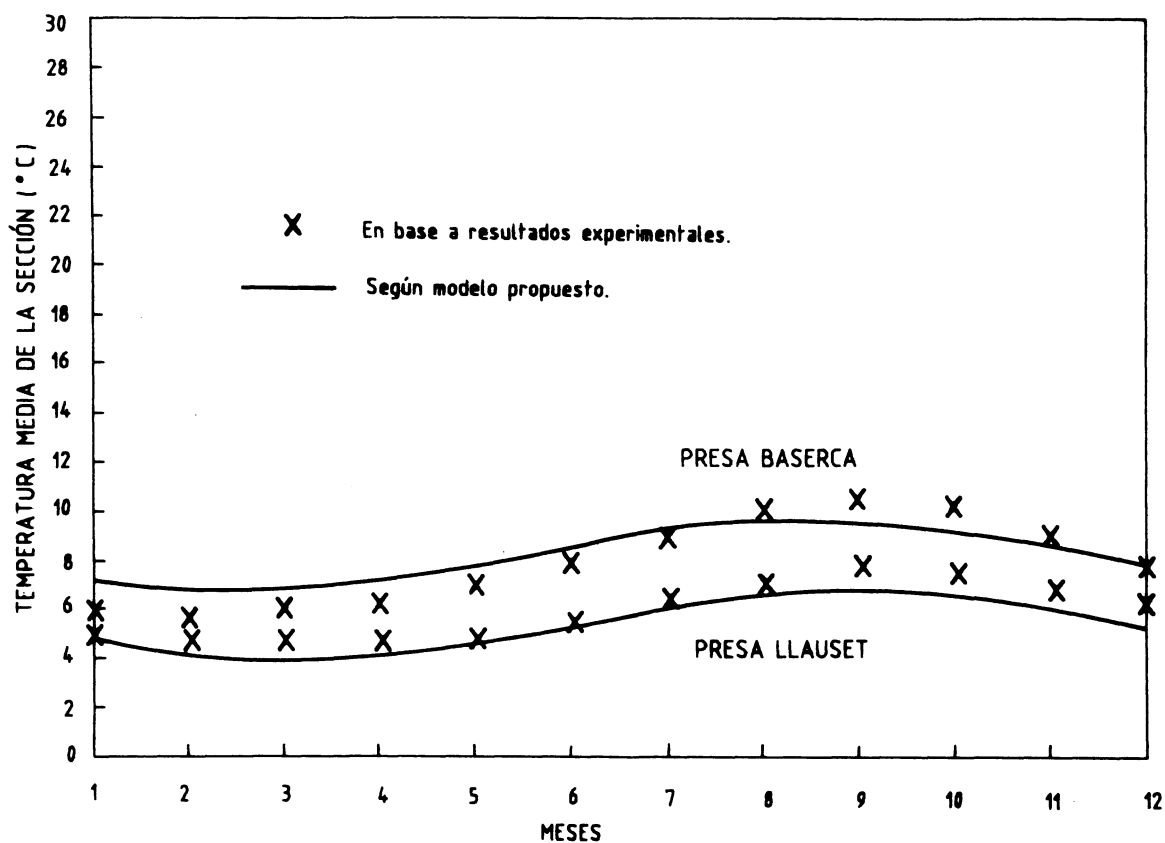


Fig. 2.—Variación anual de la temperatura media de la sección. Presas de Llauset y Baserca.

Adoptando como parámetros principales las temperaturas medias anuales ambiente y del agua, los rangos anuales de estas temperaturas, la radiación solar global diaria media anual y el espesor de la sección, se han obtenido sendas formulaciones analíticas que proporcionan la temperatura media anual y el rango anual de la temperatura media en la sección de la presa.

Ambas formulaciones configuran un nuevo modelo teórico propuesto para representar el comportamiento térmico medio de la sección. Éste permite predecir, tanto en proyecto como en explotación, la evolución anual de la temperatura media en cualquier sección de la presa mediante una función senoidal; ésta se determina, para cada espesor, en función de la temperatura media anual y del rango anual de la temperatura media.

Las temperaturas medias que predice este modelo se han contrastado, con resultado satisfactorio, con las temperaturas medias obtenidas mediante registros experimentales en distintas secciones correspondientes a las presas de Baserca, Llauset y Mequinenza. En la figura 2 se visualizan, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos en la contrastación del modelo teórico propuesto para el caso de una sección perteneciente a la presa de Llauset (cota 2.132 m, espesor 16 m) y de otra sección correspondiente a la presa de Baserca (cota 1.365 m, espesor 19 m).

La utilización del modelo teórico en explotación conduce a una propuesta alternativa en relación al planteamiento actual de la auscultación térmica de la presa.

Esta propuesta está encaminada, por una parte, a potenciar la instrumentación externa a la presa, registrando experimentalmente los parámetros que determinan su comportamiento térmico medio. Por otra parte, se plantea una redistribución de los termómetros internos en el sentido de disminuir el número de éstos que se disponen en zonas

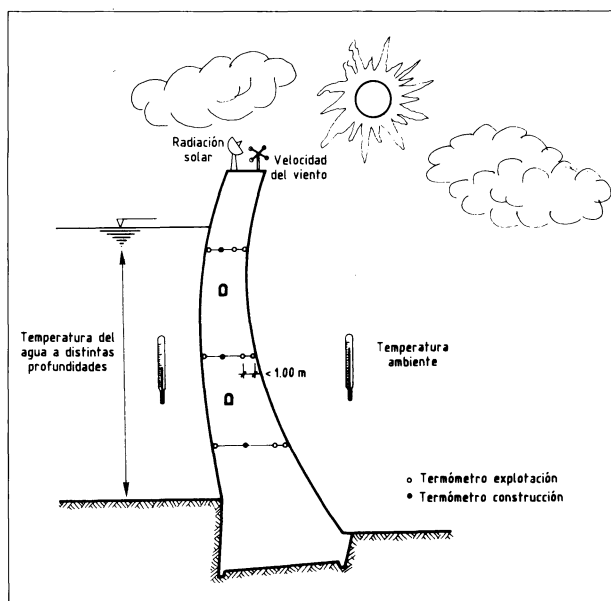


Fig. 3.—Esquema de la instrumentación propuesta para la presa.

centrales de una sección y concentrarlos hacia el paramento a efectos de poder registrar su comportamiento térmico diferenciado respecto al comportamiento medio de la sección.

En la figura 3 se esquematiza la instrumentación térmica propuesta para la presa en explotación.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su gratitud a las empresas eléctricas Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana, Iberduero, Hidroeléctrica Española e Hidroeléctrica de Cataluña y a la Confederación Hidrográfica del Duero por su inestimable colaboración suministrando registros térmicos experimentales relativos a diferentes presas en explotación y a todas aquellas personas que han contribuido a que este trabajo llegue a su fin.
