

PREDICCIÓN DE LA SEDIMENTACIÓN DE EMBALSES CON MODELOS UNIDIMENSIONALES TRADICIONALES

Pablo Spalletti, José Daniel Brea

Programa de Hidráulica Fluvial - Laboratorio de Hidráulica - Instituto Nacional del Agua (INA)

E-mail: pspallet@ina.gov.ar - dbrea@ina.gov.ar

Introducción

Con el objeto de evaluar el grado de ajuste que puede obtenerse en estudios de sedimentación de embalses mediante la aplicación de programas de cálculo tradicionales, se implementó el modelo HEC-6 para un caso en el que se contó con una base de datos completa respecto a la información de base para utilizar como condición de borde de las simulaciones, y de otros parámetros que permitieron caracterizar la evolución temporal del lecho, tanto respecto a la cota como a las características granulométricas del material que lo conforma.

Como caso de estudio se consideró la sedimentación en el lago Mead, producto de la construcción de la presa Hoover en el sudoeste de los EE.UU. La inspección del lago Mead realizada por Lara y Sanders (1970) ha dado lugar a un informe técnico con suficiente grado de detalle como para poder realizar el análisis de aptitud de la herramienta de cálculo, ya que en dicho trabajo se pueden encontrar datos prácticamente continuos durante un período de unos 30 años.

Probablemente, el modelo de dominio público más conocido y utilizado para el presente problema es el HEC-6. El modelo, desarrollado con el objeto de estudiar erosión y sedimentación en ríos y reservorios, es unidimensional pero permite analizar redes de canales. Está diseñado para simular cambios en perfiles fluviales sobre períodos de tiempo prolongados, aunque puede aplicarse a eventos de crecidas individuales, siendo el registro de flujo entrante, dividido en una secuencia de flujos estacionarios de amplitud y duración variables.

Descripción de la información disponible del Lago Mead

La inspección del lago Mead de Lara y Sanders (1970) constituye posiblemente uno de los más completos estudios de campo cuyo informe está disponible. Dicho informe es el resultado de varios años de análisis de los datos recogidos, y reproduce una gran cantidad de características físicas y químicas del reservorio y sus sedimentos.

El lago Mead se trata de un reservorio artificial, producto de la construcción de la presa Hoover, en el año 1935, sobre el río Colorado, que es el principal curso de agua del sudoeste norteamericano, drenando una superficie de 620.000 km² a través de 7 estados, y desemboca en el Pacífico a través del golfo de California. El embalse se encuentra aguas abajo del parque nacional del Gran Cañón.

En 1963 se cerró la presa del Cañón Glen, construida unos 600 km aguas arriba de la presa Hoover, dando lugar al lago Powell. Uno de los objetivos principales de esta obra fue el de prevenir la colmatación del lago Mead, llevándose a cabo los relevamientos del año 1963/64 sobre este último, para determinar la situación al momento del cierre de la nueva presa.



Figura 1.- Cuenca del río Colorado (EE.UU.).

La base de datos cuenta con mediciones del caudal medio mensual a través del Gran Cañón para el período 1935-1964, el caudal sólido suspendido registrado aguas arriba de la zona de estudio, la descarga media mensual de la presa Hoover y el nivel de embalse para el mismo período.

Al momento del cierre de la presa en el año 1935, como durante las campañas de 1948/49 y 1963/64, se relevó el perfil longitudinal del río Colorado, desde unos 3 km aguas arriba del cañón Bridge, hasta la presa Hoover.

Durante el relevamiento de 1963/64 se tomaron muestras de sedimento de fondo en una serie de posiciones a lo largo del embalse. En particular, en la posición aproximada del punto superior del frente del delta al año 1948, se realizó una perforación hasta unos 62.5 m de profundidad, colectándose y analizándose muestras en distintos niveles.

Implementación del Modelo HEC-6

El modelo se ha implementado en el brazo del lago Mead en correspondencia con el río Colorado en un tramo del orden de los 150 km, que abarca desde aguas arriba de la boca del embalse hasta el encuentro de los dos brazos principales, tal como se muestra en la Figura 2.

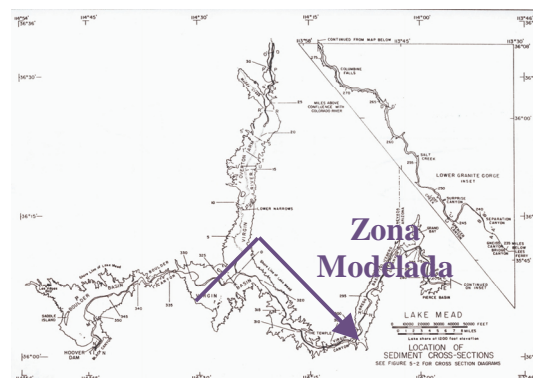


Figura 2.- Configuración en planta del Lago Mead.

El vaso del lago Mead presenta en la mayor parte de su recorrido laderas de pendientes moderadas, identificándose fácilmente una dirección principal de escurrimiento, lo que permite aplicar un modelo unidimensional para estimar los procesos de sedimentación.

En las Figuras 3 y 4 se presentan las comparaciones entre los perfiles relevados y calculados con el modelo a 15 y 30 años del cierre de la presa.

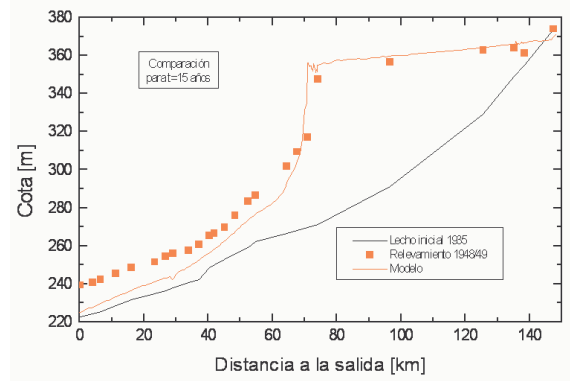


Figura 3.- Comparación entre perfiles relevados y calculados a los 15 años.

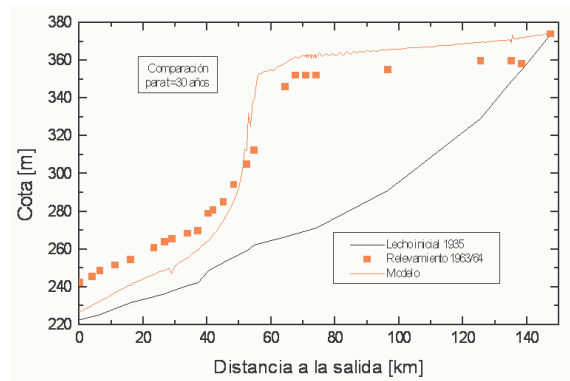


Figura 4.- Comparación entre perfiles relevados y calculados a los 30 años.

Los resultados a 30 años y en especial a 15 años son consistentes con los resultados de los relevamientos. Algunas diferencias se presentan a 30 años, donde se aprecia una estimación en exceso del avance del frente del delta y un defecto en los depósitos de aguas abajo. Considerando por una parte que los volúmenes se compensarían y por otra la mayor pendiente del perfil de los depósitos en el frente de avance, estas diferencias pueden deberse a que el modelo no tiene en cuenta los ángulos de reposo del material sumergido, ni las corrientes de densidad.

En la Figura 5, se indica la división de los depósitos en zonas compuestas por material fino y grueso, tomando como límite un d_{50} de 16mm. En ella también se ha volcado la interfase determinada por Gould a partir de los relevamientos de 1948/49 (Howard 1953). Puede apreciarse una gran concordancia, sobre todo teniendo en cuenta el carácter difuso de este tipo de límites.

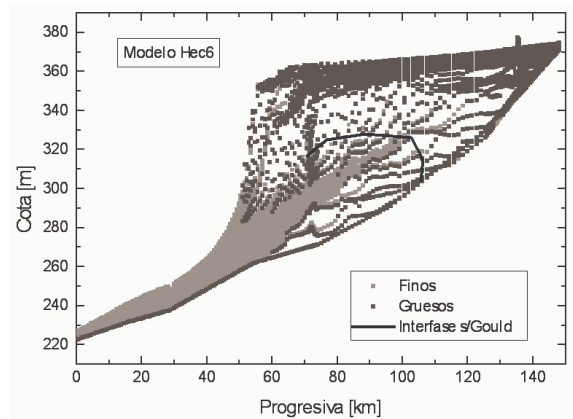


Figura 6.- División de los depósitos en zonas compuestas por material fino ($d < 16\text{mm}$) y grueso ($d > 16\text{mm}$).

Conclusiones

- Tanto en la configuración de los perfiles topográficos como de la composición y estratificación de los depósitos se tuvo una buena capacidad de predicción con el modelo implementado.
- El modelo subestima la posición del depósito más allá del pie del delta, efecto que puede atribuirse a que no se contempló el transporte de sedimento a través de corrientes de turbidez, las cuales serían las responsables de tal formación.
- En la predicción de la sedimentación de embalses, los errores observados en la aplicación presentada no son significativos, pudiéndose hacer no sólo un análisis cualitativo, sino también cuantitativo de los fenómenos.
- La utilización de modelos de mayor complejidad respecto del HEC-6, además de dificultar las tareas asociadas a su implementación, incrementarán los tiempos de ejecución y procesamiento de las simulaciones, no implicando su uso una mejora en las predicciones, ya que pueden ser necesarios datos de difícil disponibilidad.

Referencias Bibliográficas

- Gee, D.M. (1993). "HEC-6: Reservoir sediment control applications". *Notes on sediment management in reservoirs: National and International perspectives*, Water Resources Publications, LLC, Highlands Ranch.
- HEC-6 (1993). "Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs". *U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center*.
- Howard, C.S. (1953). "Density currents in Lake Mead". *Proceedings Minnesota International Hydraulic Convention*, pp. 355-368.
- Krone, R.B. (1962). "Flume studies of the transport of sediment in estuarial shoaling proceses". *Hydraulic Engineering Laboratory, University of California, Berkeley*.
- Lara, J.M. and Sanders, J.I. (1970). "The 1963-64 Lake Mead Study". *U.S. Bureau of Reclamation, report REC-OCE-70-21, Denver and Boulder city*.
- Tarela, P.A., Spalletti, P.D. (2000). "Comparación de modelos matemáticos para sedimentación de embalses". *Informe LHA-S5-091-00. Proyecto Interno PRO 1.111.*
- Thomas, W.A. and Prasuhn, A.L. (1977). "Mathematical modeling of scour and deposition". *Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 103 No. HY8 pp. 851-863*.