

A N E X O E

EXPERIMENTOS RELATIVOS A LAS PRESAS DE GAVIONES Y
AL COMPORTAMIENTO DE FLUIDOS CON ALTA
CONCENTRACION DE PARTICULAS

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
1.- EXPERIMENTOS CON MODELOS HIDRAULICOS	262
1.1 Objetivo	263
1.2 Equipo Usado	263
1.3 Construcción de los Modelos	264
1.4 Ley de Similitud	267
1.5 Resultados Obtenidos	267
1.6 Conclusiones	268
2.- EXPERIMENTO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE FRICCION ENTRE GAVION Y GAVION	268
2.1 Objetivo	268
2.2 Equipo Usado	269
2.3 Operación	271
2.4 Valor del Coeficiente de Fricción Entre Gavión y Gavión	271
2.5 Conclusión	271
3.- EXPERIMENTO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE FRICCION ENTRE GAVION Y ARCILLA	272
3.1 Objetivo	272
3.2 Equipo Usado	272
3.3 Operación	273
4.- EXPERIMENTOS CON FLUIDOS DE ALTAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS PROVENIENTES DEL RIO REVENTADO	276
4.1 Objetivo	276
4.2 Equipo Usado	277

(Continuación de Contenido)

	Página
4.3 Método Empleado	278
4.4 Discusión	282
4.5 Conclusiones	284

A N E X O E

EXPERIMENTOS

Los experimentos llevados a cabo con el fin de obtener ciertos datos básicos para el diseño de las obras de control del Río Reventado y sus afluentes, Río Retes y Quebrada Pavas, son de tres tipos, a saber:

- a) Experimentos con modelos hidráulicos
- b) Experimentos para determinar coeficientes de fricción
- c) Experimentos para estudiar el comportamiento de fluidos con alta concentración de sedimentos similares a los del Río Reventado durante las avenidas de lodo.

A continuación se describen estos experimentos en detalle.

1.- EXPERIMENTOS CON MODELOS HIDRAULICOS

Estos experimentos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Hidráulica, en donde, en forma cooperativa, trabajan la Universidad de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad.

1.1 Objetivo

El objetivo de estos experimentos fue estudiar el comportamiento hidráulico de los diversos tipos de presa de control de 5.00 metros de altura (*) que se proponía como parte de la solución al problema del Río Reventado. Dentro de las características hidráulicas se le dio vital importancia al estudio de la socavación, -

(*) Esta altura de presa se propuso en el Informe Preliminar del I.C.E. - (9), pero ha sido cambiada a 3.00 metros, en el presente Informe.

tanto en magnitud como en forma, provocada por la caída del agua al pie de las obras.

1.2 Equipo Usado

Los modelos escala 1:20 se instalaban en un canal de madera y vidrio, de fondo horizontal, de 0.30 metros de ancho, 0.60 metros de alto y 7.50 metros de largo. Una pared del canal era de vidrio, y permitió observar el funcionamiento del modelo.

El agua se hacía circular en circuito cerrado por bombas centrífugas, desde un depósito bajo el piso del laboratorio.

Los caudales se midieron por medio de un manómetro diferencial de mercurio, conectado a ambos lados de un orificio restringido.

El caudal era regulado por medio de una válvula de compuerta, instalada en la descarga de la bomba, pero después del orificio de medición. Las deflexiones de la columna de mercurio, se convierten a caudal (en litros por segundo), por medio de una curva de descarga obtenida de una calibración directa del sistema.

1.3 Construcción de los Modelos

Los modelos de las presas se construyeron a escala 1:20, con gaviones de 10 cm. en cubo, formados en malla comercial de alambre galvanizado de cuatro aberturas por pulgada cuadrada. Los gaviones se armaban y se rellenaban con guijarros, y se cerraban y se unían entre sí por medio de soldadura de alambre de estaño aplicada por cautín eléctrico.

El piso erosionable se construyó con una mezcla de dos partes de arena de mar por una de arcilla, por peso.

La arcilla, que fue obtenida en el propio Río Reventado, se pesaba y luego se diluía en agua para poder mezclarla con la arena.

La mezcla así preparada se secaba y se colocaba luego en capas en el fondo del canal, compactando cuidadosamente cada una de ellas por medio de un apisonador de madera de 0.5 Kgr. de peso. Esta capa de arena y arcilla, se colocó sobre el fondo del canal con una pendiente del 15 por ciento, con el objeto de reproducir las condiciones actuales promedio del cauce de los ríos bajo estudio.

1.4 Ley de Similitud

Como el flujo en el canal y sobre el vertedero de la presa está regulado principalmente por la relación entre las fuerzas de inercia y gravedad, el modelo debía tener similitud con el prototipo basada en el número de Froude. Un estudio cualitativo y cuantitativo de la erosión del pie de la presa hubiera sido muy difícil, pues el material erosionable del modelo debería tener una velocidad de asentamiento en relación con la del material del prototipo dado por la ley de similitud de Froude. En el caso del modelo que nos ocupa, con la escala: 1:20, las correspondientes velocidades de asentamiento de las partículas deberían estar en una relación de 4.47, es decir que las partículas del modelo deberían asentarse a una velocidad 4.47 menor que la de las partículas del río. En el modelo esto podría obtenerse reduciendo el tamaño de las partículas o empleando material de menor densidad. La heterogeneidad de los materiales que se muestran en los cauces de los ríos afectados, tanto en tamaño como en calidad y tipo de la roca, hacían muy difícil la escogencia de una granulometría representativa, cuya reproducción en el modelo sería también compleja por las razones explicadas. Adicionalmente, el grado de compacta

ción que hay que dar a este material en el modelo, no sólo es difícil de determinar sino también de reproducir varias veces, para que los resultados pudieran ser comparativos.

Todo lo explicado anteriormente nos lleva a la idea de que únicamente podemos estudiar en estos modelos la erosión cualitativamente.

En la tabla siguiente se dan las principales relaciones entre el prototipo y el modelo:

TABLA E-1
PRINCIPALES RELACIONES ENTRE PROTOTIPO Y MODELO

Prototipo	Relación	Modelo
1) <u>Tiempo</u> 4.47 horas	$Lr. \frac{1}{2} = 20 \frac{1}{2} = 4.47$	1 hora
2) <u>Dimensiones</u>		
Alto : 6 metros	Lr. = 20	0.30 metros
Largo : 6 metros	Lr. = 20	0.30 metros
Ancho : 9 metros	L r = 20	0.45 metros (*)
3) <u>Caudal</u> 30 m ³ /seg.	$Lr. \frac{5}{2} = 1789$	16.7 lts/Seg.
4) <u>Velocidad</u>	$Lr. \frac{1}{2} = 20 \frac{1}{2} = 4.47$	

Nota:

- 1) (*) El modelo tuvo que hacerse de 0.30 metros que era el ancho del canal disponible, pero se mantuvo la descarga por unidad de ancho del prototipo.
- 2) Relación entre dimensiones del prototipo y el modelo = Lr. = 20 (escala 1:20).

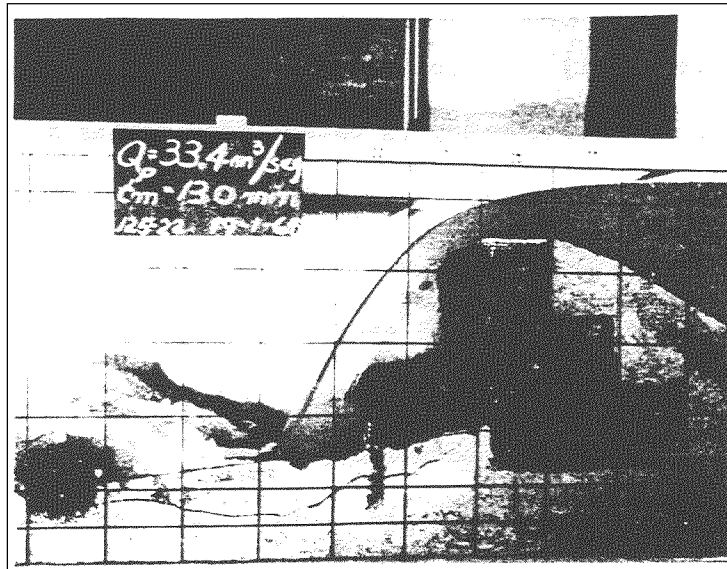


Foto No. E - 1

Experimentos con modelos hidráulicos de las presas de gaviones de 5 m. de altura (escala 1:20). (Foto I.C.E. del 19 de enero de 1965.)

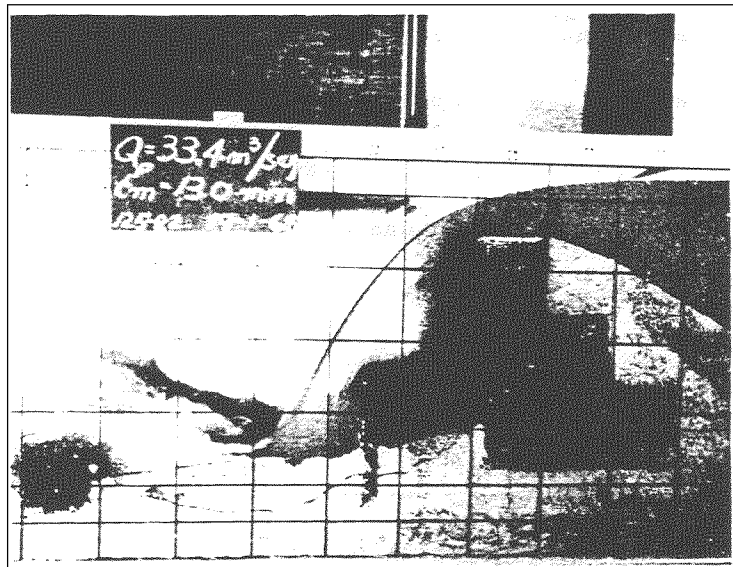


Foto No. E - 2

Experimentos con modelos hidráulicos de las presas de gaviones de 5 m. de altura (escala 1:20). (Foto I.C.E. del 19 de enero de 1965.)

1.5 Resultados Obtenidos

La principal conclusión obtenida de los estudios en modelos hidráulicos, es que la socavación al pie de las presas es una de las amenazas más serias para la estabilidad de las mismas. A fin de disminuir el efecto erosivo del agua, se probó con una contrapresa baja, colocada de 3 a 10 metros aguas abajo de la presa principal, la que a la vez servía de soporte al colchón de piedras de tamaños entre 0.25 metros y 1.00 metros. Se probó que la contrapresa mejora notablemente las condiciones hidráulicas, reduciendo en forma apreciable la socavación. Se pudo apreciar también que la avenida de diseño, actuando sobre la presa de 5 metros de alto, era capaz de poner en movimiento hasta las piedras de 1 metro, no siendo por lo tanto, muy efectiva la protección con piedras sueltas en este tipo de presas, pues las mismas, debido a las altas pendientes del lecho del río rodarían pendiente abajo, al ser golpeadas por el agua.

Como en estos experimentos se usó agua limpia, no fue posible evaluar el efecto de las avenidas de lodo sobre la presa, especialmente en cuanto a su efecto abrasivo y al mecanismo de socavación y relleno al pie de la presa.

1.6 Conclusiones

- 1) El modelo hidráulico de una presa de control, permite formarse una idea sobre la posible forma de la socavación al pie de la misma, así como del comportamiento general de la obra. Los fenómenos actuales de abrasión, de socavación y de relleno no pueden ser observados en un modelo que usa agua limpia,

en contraposición con las avenidas de lodo del Río Reventado, cargadas piedras y detritos.

- 2) Se observó que una contrapresa, localizada de 8 a 10 metros de la presa, mejora las condiciones hidráulicas del conjunto, disminuyendo la erosión.
- 3) Se observó, que dada la alta pendiente de fondo del río bajo estudio, las piedras angulosas que se colocaron en el modelo, de tamaño equivalente de 0.25 a 1.00 metros, era fácilmente removidas por la avenida de diseño. En conclusión, se considera que una protección de piedras sueltas de tamaños hasta de 1.00 metros no es efectiva para evitar la socavación al pie, al menos que se use algún método para ligarlas entre sí, o se usen piedras de tamaño superior a 1.00 metros.

2.- EXPERIMENTO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN ENTRE GAVION Y GAVION

2.1 Objetivo

El objetivo de este experimento era determinar el factor de fricción a usar en el diseño de las diferentes secciones de las presas de control.

2.2 Equipo Usado

Se usaron dos canastas de alambre galvanizado No. 10 U.S.W.G., de 1.00 metro cuadrado de base y 0.50 metros de altura. La malla de las canastas es el tipo llamado ciclón, de enganche simple sin retorcer, con aberturas cuadradas de 6.50 cm. de lado. La tapa era de la misma malla, con cierre por medio de un alambre

galvanizado No. 9 U.S.W.G., que se desliza en la arista uniendo la malla de los lados y la tapa.

Se usó un tensador a cadena ("Pull - Lift") de 10 toneladas de capacidad para producir la fuerza horizontal de deslizamiento.

Un dinamómetro de carátula circular, de 10 toneladas de capacidad, fue usado para medir la fuerza horizontal aplicada, y para determinar posteriormente el peso del gavión superior.

Un camión con aguilón levanta-carga (tipo "Dempster") fue usado para pesar el gavión por medio del dinamómetro ya mencionado. Sin embargo, la misma operación se realizó en otra oportunidad, suspendiendo de una estructura de madera el gavión mediante el "Pull-lift", teniendo intercalado el dinamómetro, en donde se leyó el peso del gavión.

Los dos gaviones se rellenan con un total de 1 m^3 de piedra bruta, con tamaños variando entre 6 cm. y 35 cm.

Adicionalmente se requirieron unos 12 metros de cadena de $7/8$ " de diámetro para sujetar los gaviones y una estructura de madera sobre la que se colocó horizontalmente todo el conjunto.

2.3 Operación

Primero se llenó cuidadosamente de piedras el gavión inferior y se cerró. Sobre éste se colocó la otra canasta y se repitió lo mismo hecho anteriormente. Tanto el gavión inferior como el superior se ataron lo más cerca posible del área de contacto, a fin de evitar la formación de un momento que podría haber falseado la determinación.

El gavión inferior se ató a un punto fijo para evitar su desplazamiento.