

Los experimentos revelan que la forma de las curvas de Parallel Flow in Circular Pipes", Ph.D. Thesis, University of Toronto.

- Letelier S., M.F. & Leutheusser, H.J. (1976) "Skin Friction in Unsteady Laminar Pipe Flow", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 102.
- Viola, J.P. (1985) "Experiments on Unsteady Turbulent Flow in Long Smooth Pipes", M.A.Sc. Thesis, University of Toronto.
- Viola, J.P., Letelier S., M.F., Leutheusser, H.J. & Currie, I. G. (1984) "Unsteady Turbulent Flow in Pipes", XVI International Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Lyngby, Dinamarca.
- Viola, J.P., Letelier S., M.F. & Leutheusser, H.J. (1984) "Characteristics of Unsteady Turbulent Pipe Flow", Forum on Unsteady Flow, ASME, New Orleans, U.S.A.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA VII CONGRESO NACIONAL

SOBREVIVENCIA LOCAL EN PIPAS CILINDRICAS CON BASES DE FUNDACION EXPUESTAS

Luis Ayala Riquelme, Ph.D. (1) Yanko Nifo Campos (2)

TEMA 2

RESUMEN HIDRAULICA FLUVIAL Y MARITIMA. TRANSPORTE

DE SOLIDOS

El presente estudio se refiere a la sobrevivencia local de las pilas de acción circular con bases de fundación expuestas. El estudio incluye una primera serie de pruebas con pilas sin base, en las que se estudió la influencia de la velocidad de un esturrimiento en régimen bajo el factor de fricción. Se determina la sobrevivencia local y una segunda serie de pruebas con base de fundación expuestas en las que se estudió la influencia que dichas bases tienen sobre la sobrevivencia local. Los resultados obtenidos se comparan con las fórmulas existentes. Para las bases de fundación expuestas se encuentra una relación entre la velocidad crítica y la velocidad de fondo. La velocidad crítica de las bases expuestas es menor que la de las bases sin base. El estudio se realizó en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Chile.

Investigador del Centro de Estudios e Investigaciones Hidráulicas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.
Investigador del Centro de Estudios e Investigaciones Hidráulicas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA

VII CONGRESO NACIONAL

SOCAVACION LOCAL EN PILAS CILINDRICAS CON
BASES DE FUNDACION EXPUESTAS

Luis Ayala Riquelme, Ph.D. (1)

Yarko Niño Campos (2)

RESUMEN

Se da a conocer un estudio experimental sobre socavación local al pie de pilas cilíndricas de sección circular con bases de fundación expuestas. El estudio incluye una primera serie de experiencias realizadas con pilas sin base, en las que se estudió la forma en que la velocidad de un escurrimiento en régimen, bajo el arrastre crítico, determina la socavación local y una segunda serie con pilas con base de fundación expuestas en las que se estudió la influencia que dichas bases tienen sobre la socavación máxima.

Los resultados presentados permiten establecer que para el primer tipo de pilas la socavación crece con la velocidad a partir de aproximadamente 0.5 veces la velocidad crítica de arrastre hasta un máximo cercano a 1.05 veces dicha velocidad. Asimismo, estos resultados se comparan con fórmulas existentes. Para las pilas con base de fundación expuestas se encuentra una relación experimental que describe la socavación local en función de la altura de afloramiento de la base sobre el lecho y de su diámetro. Sobre la base de estos resultados se recomienda un criterio de cálculo para ser empleado con fines de diseño.

-
- (1) Profesor e Investigador del Centro de Recursos Hidráulicos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.
(2) Ayudante de Investigación del Centro de Recursos Hidráulicos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

INTRODUCCION

Existen en Chile diversos puentes donde las pilas, por encontrarse ubicadas en secciones de un río que han experimentado socavación generalizada o retrógrada, han dejado expuestas a la acción de la corriente y a socavación local sus bases o dados de fundación. El problema tiene gran importancia práctica porque debido a la forma y dimensiones usualmente empleadas para dichas bases, ellas aparecen jugando un papel determinante en la socavación local al pie de las pilas.

Quando se hace necesario estimar la socavación local en estos casos, se encuentra que no existen antecedentes teóricos ni experimentales en la literatura técnica. En efecto, los casos investigados siempre han considerado pilas de formas geométricas simples: cilíndricas y prismáticas; a lo sumo se han estudiado pilas que en el sentido axial son levemente convergentes o divergentes.

Debido a lo anterior, para abordar el problema se recurre en la práctica a aproximaciones como por ejemplo, se analiza la pila como si fuera cilíndrica o prismática con un ancho medio ponderado que toma en cuenta el ancho de la base y su afloramiento sobre el lecho.

En este trabajo se presenta un estudio experimental cuyo objetivo central es investigar la influencia que tiene la base de fundación sobre el fenómeno de socavación local en pilas cilíndricas de sección circular, con el propósito de obtener antecedentes que permitan formular criterios de cálculo para el diseño hidráulico de pilas con bases de fundación expuestas. El trabajo forma parte de un proyecto de investigación más amplio, actualmente en curso en el Centro de Recursos Hidráulicos que consulta el estudio de otras geometrías de pila.

INSTALACION EXPERIMENTAL

La instalación experimental utilizada aparece indicada en la Fig. 1. Consta básicamente de un canal de sección rectangular de 1.7 m de ancho y 20 m de largo, alimentado por una bomba de $Q_{m\acute{a}x} = 130$ l/s. Una de sus paredes tiene en la zona central una ventana de 4.0 m de largo que posibilita hacer observaciones visuales de fenómenos de interés que se desarrollan en esta zona del canal.

Para permitir ensayos de socavación, el fondo del canal cuenta con un rebaje en la zona de la ventana de aproximadamente 0.5 m. Para los casos en que se desee experimentar con un lecho móvil bajo condiciones de arrastre generalizado, el extremo del canal se ha provisto con una poza desarenadora conectada por el fondo a una bomba de chorro que permite recircular el sedimento arrastrado por el escurrimiento del canal. La pendiente del lecho móvil puede variarse utilizando un alisador montado sobre un carro que desliza sobre un par de rieles; a dichos rieles puede dárseles una inclinación prefijada mediante tuercas y pernos empotrados en los muros del canal.

Las pilas y sus bases de fundación se fijan al canal mediante un sistema de pernos superior e inferior, el primero sujeto a un riel apoyado transversalmente sobre los muros y el segundo empotrado en el fondo del canal. El perno superior se atornilla al extremo de arriba de la pila en tanto el segundo lo hace al extremo de abajo de la base de fundación. De esta manera, accionando las tuercas respectivas se logra variar el afloramiento de la base de fundación, dándole la magnitud que se quiera ensayar. Un esquema de este sistema aparece incluido también en la Fig. 1.

CONDICIONES Y RANGOS DE EXPERIMENTACION

Partiendo del análisis propuesto en la revisión efectuada por Breusers, Nicollet y Shen (1977), la socavación local de equilibrio en pilas de sección circular, insertas en un lecho granular fino, puede expresarse a través de la relación funcional adimensional:

$$\frac{s}{b} = \psi \left(\frac{h}{b}, \frac{D}{b}, \frac{U}{U_c} \right) \quad (1)$$

donde s es la socavación en el punto más profundo, b el diámetro de la pila, h la profundidad del escurrimiento, D el diámetro representativo del sedimento, U la velocidad media del escurrimiento y U_c la velocidad media de arrastre incipiente o crítico del sedimento para la altura h .

En el caso de una pila cuya base de fundación aflora sobre el lecho, a la lista de parámetros de la ec. (1) es necesario agregar dos parámetros más: el que describe el diámetro de la base (B) y aquel que describe su afloramiento (a). La relación funcional para este caso es por lo tanto:

$$\frac{s}{b} = \phi \left(\frac{h}{b}, \frac{D}{b}, \frac{B}{b}, \frac{a}{h}, \frac{U}{U_c} \right) \quad (2)$$

La Fig. 2 muestra un esquema donde aparecen definidas las principales variables del problema.

Las experiencias realizadas en el presente estudio pueden agruparse en dos series: (1) experiencias de socavación sin arrastre y (2) experiencias de socavación con arrastre incipiente.

Las experiencias de la primera serie (Serie N° 1) se realizaron con el propósito de investigar la influencia que tiene la velocidad media del escurrimiento sobre la socavación.

cuando la capacidad de arrastre de dicho escurrimiento está por debajo del umbral del movimiento de las partículas sólidas. En estas experiencias se utilizaron tres pilas sin base de fundación con $b = 5.0, 11.25$ y 15.0 cm.

Las experiencias de la segunda serie (Serie N° 2) se llevaron a cabo en régimen de arrastre incipiente que corresponde, según se indica en la bibliografía, a aquel en que se produce la máxima socavación. Como se verá más adelante, esto fue efectivamente lo que se verificó en las experiencias de la primera serie. En este caso se empleó una pila de $b = 5$ cm y 7 tamaños distintos de base de fundación. Para cada base se utilizó además, 5 distintos afloramientos, con lo cual se completó un total de 35 experiencias. Los rangos resultantes de las variables dimensionales independientes fueron:

B/b : 1.25, 1.50, 1.75, 2.00, 2.25, 3.00 y 4.00

a/h : 0.13, 0.22, 0.32, 0.44 y 0.57

h/b : 3.18 ($h = 15.9$ cm)

D/b : 0.01 ($D = 0.5$ mm)

U/U_c : 1.0

PRESENTACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

a) Experiencias de la Serie N° 1

Los resultados obtenidos han sido resumidos en términos de variables tanto dimensionales como adimensionales en las Tablas A.1 y A.2 del Apéndice.

En la Fig. 3 aparecen graficadas las socavaciones en función de la velocidad para las pilas de $b = 5.0$ cm y $b = 15.0$ cm. Conjuntamente con las curvas experimentales aparecen graficadas también las curvas propuestas por Breusers, Nicollet y Shen (1977) considerando dos factores numéricos:

$$\text{Curva (1)} : \frac{s}{b} = 2.0 \left(2 \frac{U}{U_c} - 1 \right) \operatorname{tgh} \left(\frac{h}{b} \right) \quad (3)$$

$$\text{Curva (2)} : \frac{s}{b} = 1.5 \left(2 \frac{U}{U_c} - 1 \right) \operatorname{tgh} \left(\frac{h}{b} \right) \quad (4)$$

En el eje de abscisas del gráfico, se ha indicado además, las velocidades críticas que resultan de aplicar los criterios de Hincu y de Shields. El primero de ellos es el que se recomienda para ser aplicado en las ecs. (3) y (4). Para el cálculo de estas velocidades se hizo uso de la ley de Keulegan para lechos en transición lisa a rugosa, en conjunto con el esfuerzo de corte del lecho obtenido a partir de la medición del eje hidráulico. Los resultados obtenidos son :

Hincu : 33.9 cm/s

Shields : 36.0 cm/s

Los resultados presentados en la Fig. 3 permiten hacer las siguientes observaciones en relación a la influencia de la velocidad del escurrimiento sobre la socavación local :

- Para ambas pilas, se verifica un crecimiento sostenido de la socavación con la velocidad a partir de $U = 17$ cm/s hasta $U = 37$ cm/s aproximadamente, después de lo cual dicho crecimiento se detiene dando paso a una disminución de la socavación. No se aprecia un efecto de escala, no obstante ser la segunda pila 3 veces más grande que la primera.
- El límite inferior corresponde a una razón U/U_c 0.50 para la fórmula de Hincu y 0.47 para la fórmula de Shields. Esto concuerda satisfactoriamente con el criterio de inicio de socavación dado por Breusers, Nicollet y Shen quienes proponen una razón 0.50.
- El límite superior corresponde a una razón U/U_c 1.09 para la fórmula de Hincu y 1.03 para la fórmula de Shields. Estos resultados también son relativamente concordantes con el criterio de máxima socavación $\frac{U}{U_c} = 1.0$, propuesto por los investiga-

dores anteriormente mencionados.

- Los resultados experimentales quedan razonablemente representados por las ecs. (3) y (4) aunque se aprecia que en los extremos inferior y superior del rango de U/U_c , ambas ecuaciones tienden a producir respectivamente, una subestimación y una sobreestimación de la socavación.

En la Fig. 4 aparecen ilustrados los resultados de socavación máxima obtenidos para las 3 pilas ensayadas y una comparación con aquellos que se obtienen de aplicar algunas fórmulas utilizadas con mayor frecuencia hoy día en el cálculo de socavaciones de pilas. Estas fórmulas corresponden a las siguientes :

$$\text{Breusers, Nicollet y Shen} : \frac{s}{b} = 2.0 \operatorname{tgh} \left(\frac{h}{b} \right) \quad (5)$$

$$\text{Breusers, Nicollet y Shen} : \frac{s}{b} = 1.5 \operatorname{tgh} \left(\frac{h}{b} \right) \quad (6)$$

$$\text{Jain} : \frac{s}{b} = 1.84 \left(\frac{h}{b} \right)^{0.3} F_c^{0.25} \quad (7)$$

$$\text{Jain} : \frac{s}{b} = 1.41 \left(\frac{h}{b} \right)^{0.3} F_c^{0.25} \quad (8)$$

$$\text{Laursen y Toch} : \frac{s}{b} = 1.35 \left(\frac{h}{b} \right)^{0.3} \quad (9)$$

Puede apreciarse que el mejor ajuste global con los datos experimentales se consigue con las ecs. (7) y (9), pero para el rango inferior de h/b ($h/b \lesssim 2.0$) la ec. (6) tiende a reproducir mejor a las mediciones. En todo caso, la ec. (5) que es la tradicionalmente usada a partir de 1977, sobreestima apreciablemente la razón s/b hasta $h/b \lesssim 3.8$. Sobre este límite no existen valores experimentales pero la tendencia de los puntos tiende a indicar que para razones de h/b mayores, la fórmula de Breusers-Nicollet-Shen subestimaría la socavación en forma creciente con el incremento de este parámetro.

En la comparación efectuada hay que tener presente que ni las relaciones de Breusers et al ni la de Laursen y Toch toman en cuenta el efecto que puede tener el tamaño del sedimento sobre la socavación local, mientras que la propuesta por Jain sí lo hace a través de N° de Froude crítico F_c (definido de acuerdo con el criterio de Shields). Por lo tanto, las dos primeras relaciones deben interpretarse como envolventes superiores de resultados experimentales probablemente muy disímiles.

b) Experiencias de la Serie N° 2

Los resultados de esta serie, que se refieren a los ensayos con pilas con bases de fundación expuestas, han sido analizados de acuerdo a la ec. (2) con la condición $h/b = 3.18$, $U/U_c = 1.0$ y $D/b = 0.01$ puesto que dichos ensayos se realizaron con un escurrimiento de profundidad constante ($h = 15.9$ cm), en régimen de arrastre crítico y con un tamaño único de sedimento ($D = 0.5$ mm) y de pila ($b = 5$ cm).

Para estas condiciones la relación funcional adimensional que rige es :

$$\frac{s}{b} = \phi \left(\frac{B}{b}, \frac{a}{h} \right) \quad (10)$$

En la Fig. 5 se han graficado los puntos experimentales obtenidos y las curvas ajustadas llevando como parámetro B/b . Puede observarse que en general dichas curvas quedan bien definidas por los puntos experimentales en todo el rango experimental. Considerando que para $a/h = 1.0$ se disponía solamente de los 3 puntos experimentales ($B/b = 1.0, 2.25$ y 3.0) obtenidos de las experiencias de la Serie N° 1, para completar el trazado de las curvas correspondientes a las restantes razones B/b se utilizó valores interpolados y extrapolados de la Fig. 4.

Con el fin de generalizar los resultados presentados en la figura, permitiendo el uso de las relaciones de cálculo desarrolladas para pilas cilíndricas en el cálculo de la socavación al pie de pilas con dados de fundación expuestos, se analizó el comportamiento de la razón entre la socavación de una pila con base expuesta y la socavación de una pila sin base, en función del diámetro medio de la pila.

Definiendo :

s_{CB} : socavación al pie de una pila con base expuesta

s_{SB} : socavación al pie de una pila sin base

\bar{b} : ancho medio de la pila, dado por

$$\bar{b} = \left\{ \frac{a}{h} \left(\frac{B}{b} - 1 \right) + 1 \right\} \cdot b \quad (11)$$

se graficó la razón (s_{CB}/s_{SB}) en función de la razón (\bar{b}/b) .

La socavación s_{CB} es aquella medida experimentalmente en las pilas con base de fundación expuesta y s_{SB} es la socavación interpolada de la curva experimental de las pilas sin base con un diámetro igual a \bar{b} . De esta manera la razón (s_{CB}/s_{SB}) representa el factor de corrección que debe introducirse en el cálculo de la socavación cuando se utiliza como ancho representativo de la pila, aquel obtenido de la ec. (11) para una pila de diámetro b cuya base de fundación tiene diámetro B y a floramiento a , en un escurrimiento de altura h .

El gráfico resultante aparece ilustrado en la Fig. 6. Cada curva corresponde a una razón B/b dada y cada punto a una razón fija de a/h . Las curvas con B/b pequeño (≤ 2.0) bajan hasta un mínimo para valores de \bar{b}/b entre 1.1 y 1.2 aproximadamente. Por otro lado, todas las curvas suben alcanzando un máximo que se desplaza hacia valores mayores de \bar{b}/b a mayores razones B/b .

El descenso que experimentan algunas curvas puede explicarse por el rompimiento parcial del vórtice que induce la base si su afloramiento es pequeño. Sin embargo, cuando la base es muy grande relativa a la pila misma, este rompimiento parcial parece ser anulado por el crecimiento en tamaño del vórtice lo cual impide que las curvas bajen, no obstante ser los afloramientos pequeños.

Uno de los hechos que quedan patentes del gráfico es que la corrección que debiera introducirse en el cálculo al usar \bar{b} , no es demasiado importante puesto que su máximo valor es 1.06 aproximadamente. Teniendo esto en cuenta, se ha dibujado una envolvente superior que serviría con fines de diseño para cualquier razón B/b.

CONCLUSIONES

El trabajo expuesto permite extraer las siguientes conclusiones :

- Para pilas cilíndricas sin base de fundación y escurrimiento en régimen, bajo el arrastre crítico, se verifica un crecimiento sostenido de la socavación máxima con la velocidad media del escurrimiento desde $U/U_c = 0.5$ hasta $U/U_c = 1.05$. Ambos límites concuerdan satisfactoriamente con los dados por Breusers, Nicollet y Shen. A partir del límite superior se produce un leve descenso de la socavación máxima.
- Los resultados experimentales quedan razonablemente descritos por la ecuación

$$\frac{s}{b} = A \left(2 \frac{U}{U_c} - 1 \right) \operatorname{tgh} \left(\frac{h}{b} \right)$$

donde A es una constante entre 1.5 y 2.0.

- Para pilas cilíndricas sin base de fundación y escurrimiento en régimen de arrastre crítico, las fórmulas que mejor repre-

sentan a la socavación máxima medida en el presente estudio son :

$$\text{Jain} \quad \frac{s}{b} = 1.84 \left(\frac{h}{b} \right)^{0.3} F_c^{0.25}$$

$$\text{Laursen y Toch} \quad \frac{s}{b} = 1.35 \left(\frac{h}{b} \right)^{0.3}$$

- Para pilas cilíndricas con base de fundación expuesta los resultados experimentales permiten definir gráficamente la relación para $1 < \frac{B}{b} < 4$ y $0.13 < \frac{a}{h} < 1.0$ (ver Fig. 5) :

$$\frac{s}{b} = \phi \left(\frac{B}{b}, \frac{a}{h} \right)$$

- La socavación al pie de estas pilas puede estimarse en la práctica usando los modelos utilizados para pilas sin base de fundación usando un ancho medio ponderado dado por :

$$\bar{b} = \left\{ \frac{a}{h} \left(\frac{B}{b} - 1 \right) + 1 \right\} \cdot b$$

un factor correctivo función de la razón $\frac{B}{b}$ cuyo máximo valor es inferior a 1.06 (Fig. 6).

BIBLIOGRAFIA

AYALA L. (1983). Diseño Hidráulico de Puentes. Programa de Educación Continuada Temporada de Invierno de 1983. Centro de Recursos Hidráulicos, Depto. de Ing. Civil, U. de Chile, Pub. CRH 83-13-E.

AYALA L., DE JOURDAN P. Y DURAN J. (1979). Estudio Experimental de la socavación en estribos de puentes. Centro de Recursos Hidráulicos, Depto. de Ing. Civil, U. de Chile, Pub. CRH 79-15-1.

BREUSERS H., NICOLLET G. Y SHEN H. (1977). Local Scour Around Cylindrical Piers. Journal of Hydraulic Research 15 N° 3.

JAIN S. (1981). Maximum clear-water scour around cylindrical piers. Journal of the Hydraulics Division. Vol 107, May.

FIG. 1 - SISTEMA DE INSTALACION EXPERIMENTAL

RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación "Influencia de la Base de Fundación de Cepas de Puente sobre la Socavación Local" a cuyo financiamiento concurren el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile y CONICYT a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

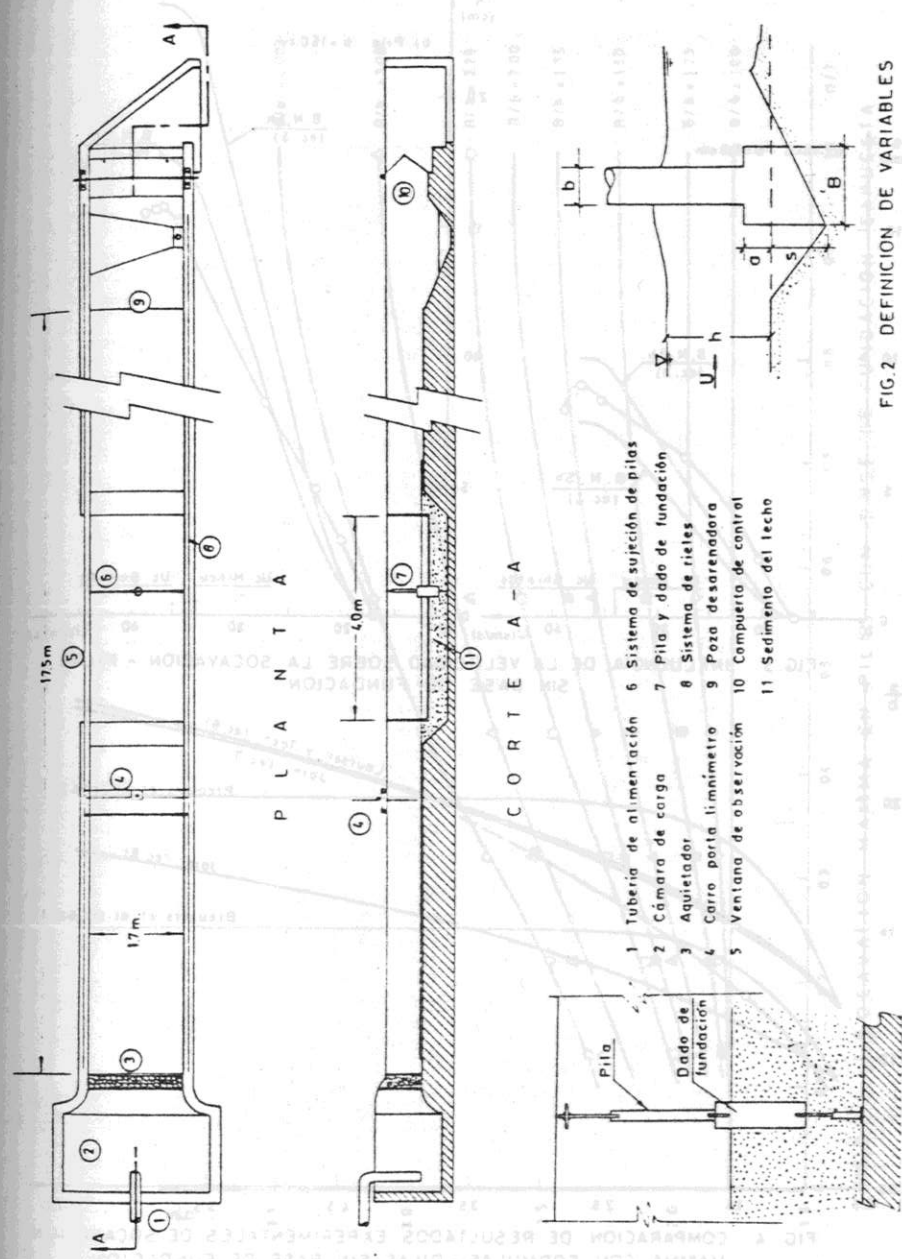


FIG. 1 ESQUEMA DE LA INSTALACION EXPERIMENTAL

FIG. 2 DEFINICION DE VARIABLES

- 1 Tubería de alimentación
- 2 Cámara de carga
- 3 Aquietador
- 4 Carro porta liminmetro
- 5 Ventana de observación
- 6 Sistema de sujeción de pilas
- 7 Pila y dado de fundación
- 8 Sistema de rieles
- 9 Poso desarenadora
- 10 Cpuerto de control
- 11 Sedimento del lecho

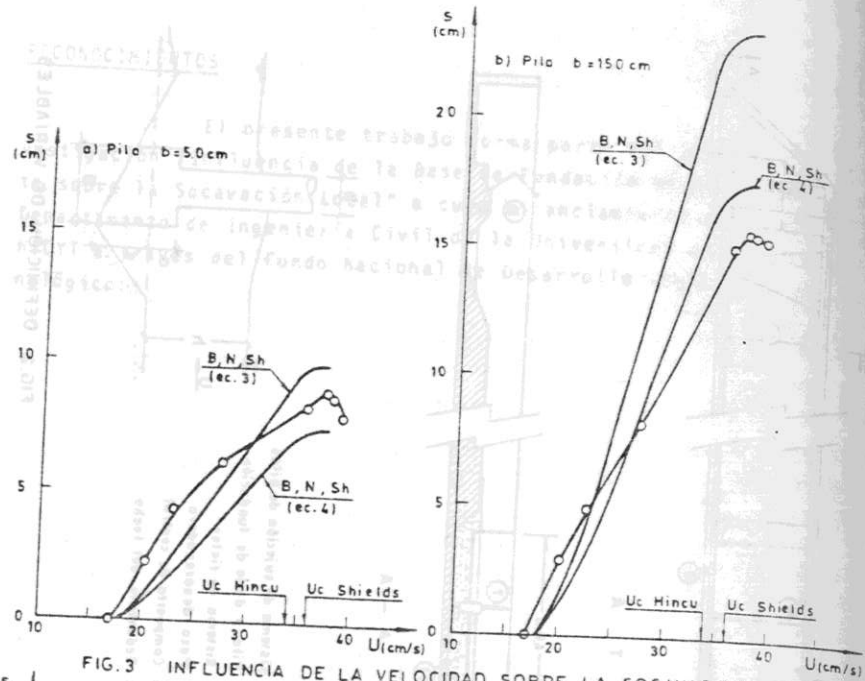


FIG. 3 INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD SOBRE LA SOCAVACION - PILAS SIN BASE DE FUNDACION

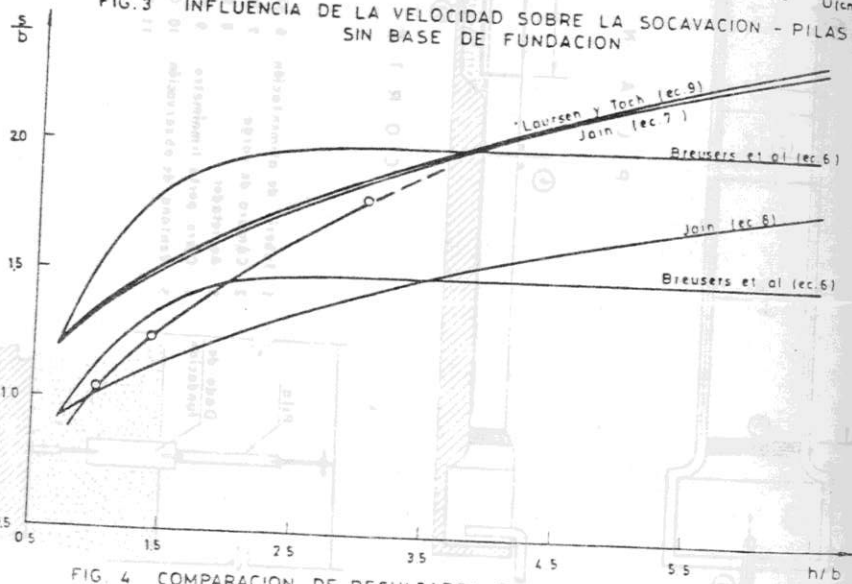


FIG. 4 COMPARACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES DE SOCAVACION MAXIMA CON FORMULAS - PILAS SIN BASE DE FUNDACION

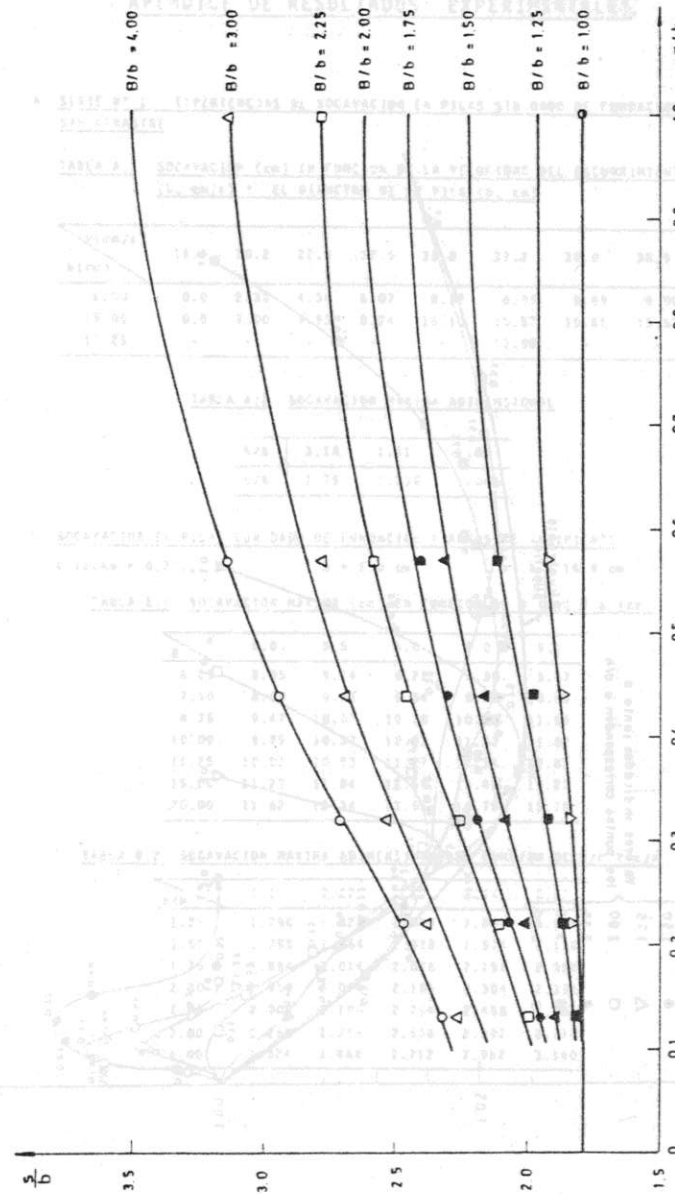


FIG. 5 SOCAVACION MAXIMA EN PILAS CON BASE DE FUNDACION EXPUESTA

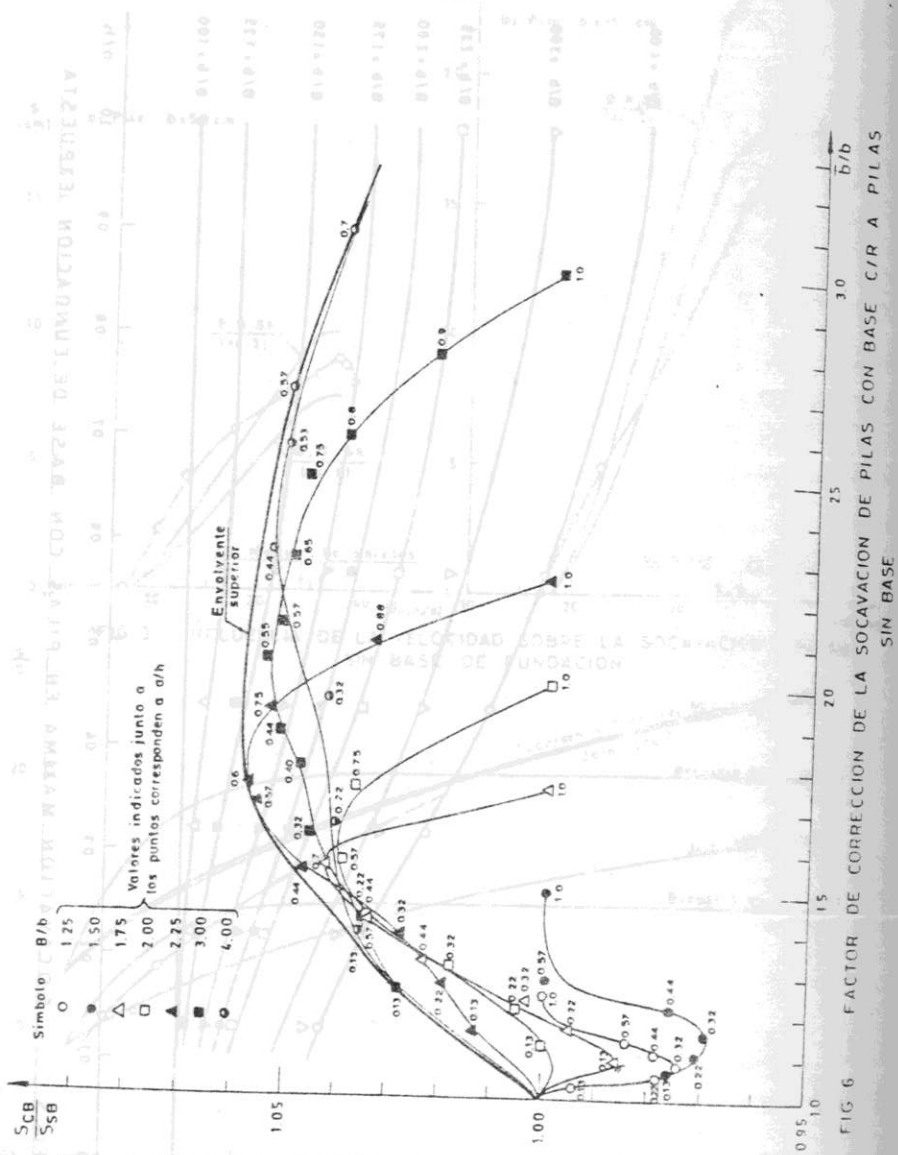


FIG 6 FACTOR DE CORRECCION DE LA SOCAVACION DE PILAS CON BASE C/R A PILAS SIN BASE

APENDICE DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

A. SERIE N° 1. EXPERIENCIAS DE SOCAVACION EN PILAS SIN DADO DE FUNDACION Y SIN ARRASTRE

TABLA A.1 SOCAVACION (cm) EN FUNCION DE LA VELOCIDAD DEL ESCURRIMIENTO (U, cm/s) Y EL DIAMETRO DE LA PILA (b, cm)

U (cm/s) \ b (cm)	16.9	20.2	22.8	27.5	35.8	37.2	38.0	38.9
5.00	0.0	2.30	4.34	6.07	8.32	8.95	8.69	8.00
15.00	0.0	3.00	4.93	8.24	15.13	15.67	15.65	15.52
11.25	-	-	-	-	-	13.90	-	-

TABLA A.2 SOCAVACION MAXIMA ADIMENSIONAL

h/b	3.18	1.41	1.06
s/b	1.79	1.236	1.045

B. SOCAVACION EN PILAS CON DADO DE FUNDACION Y ARRASTRE INCIPIENTE

f lecho = 0.2% .. b = 5.0 cm h = 15.9 cm

TABLA B.1 SOCAVACION MAXIMA (cm) EN FUNCION DE B (cm) Y a (cm)

a \ b	2.0	3.5	5.0	7.0	9.0
6.25	8.95	9.14	9.22	9.30	9.67
7.50	8.99	9.32	9.64	9.87	10.55
8.75	9.47	10.07	10.38	10.78	11.56
10.00	9.75	10.37	10.93	11.52	11.98
11.25	10.03	10.53	11.27	12.34	12.83
15.00	11.29	11.84	12.69	13.46	13.87
20.00	11.62	12.34	13.56	14.76	15.70

TABLA B.2 SOCAVACION MAXIMA ADIMENSIONAL EN FUNCION DE B/b Y a/h

a/h \ B/b	0.13	0.22	0.32	0.44	0.57
1.25	1.790	1.828	1.844	1.860	1.934
1.50	1.798	1.864	1.928	1.974	2.110
1.75	1.894	2.014	2.076	2.156	2.312
2.00	1.950	2.074	2.186	2.304	2.396
2.25	2.006	2.106	2.254	2.468	2.566
3.00	2.258	2.368	2.538	2.692	2.774
4.00	2.324	2.468	2.712	2.952	3.140