ESTABILIDAD AL ARRASTRE

CRITERIOS DE CÁLCULO

ISBACH

piedras aisladas $V = 0.86\ (2g\ (\gamma_s/\gamma\ -1)\ De)^{0.5}\ \cos\alpha$

piedras entrabadas $V = 1.20\ (2g\ (\gamma_s/\gamma\ -1)\ De)^{0.5}\ \cos\alpha$

α = ángulo de protección c/r horizontal

NEILL $V = (2g\ (\gamma_s/\gamma\ -1)\ D_e)^{0.5}\ (h/D_e)^{1/6}$

MEYER – PETER $V = 1.29\ (2g\ (\gamma_s/\gamma\ -1)\ D_e)^{0.5}\ (h/D_e)^{1/6}$

MAZA Y GARCIA $V = 4.712\ V\ (\gamma_s/\gamma\ -1)\ D_e^{0.35}\ R_h^{0.15}$

APLICACIONES DE FORMULAS PARA ARRASTRE

Un río tiene su cauce constituido por piedras cuyo diámetro medio es de 5 cm y la pendiente i = 2 % en el tramo inferior. En el tramo superior el diámetro medio es de 25 cm y su pendiente es i = 5 %. Si el caudal unitario q = 4 $m^3/s/m$ se pide determinar la velocidad en que las piedras comienzan a moverse.

$\gamma_s/\gamma = 2,65$

Según ISBASH $V = 1,20\,(2g\,(\gamma_s/\gamma - 1)\,D_e)^{0.5} \cos\alpha$

$i = tg\,\alpha$ para ambos tramos $\cos\alpha \approx 1$

reemplazando valores $V = 6,824\, D_e^{0,5}$

para tramo inferior V = 1,53 m/s

para tramo superior V = 3,41 m/s

Veamos otra fórmula, en que entra la profundidad del agua

Según Neill $V = (2g\,(\gamma_s/\gamma - 1)\,D_e)^{0.5}\,(h/D_e)^{1/6}$

Reemplazando valores: $V = 5,687\, D_e^{0,5}\,(h/D_e)^{1/6}$

Según strikler $n = S * De^{1/6}$ considerando un valor medio de S = 0,038

para tramo inferior Se tiene n = 0,023

para tramo superior se tiene n = 0,030

Considerando un escurrimiento cuasi normal y $R_h = h$ de Manning

$h = (nq/i^{0.5})^{3/5}$

Para tramo inferior h = 0,77 m luego V = 2,00 m/s

Para tramo superior h=0,69 m luego V= 3,37 m/s

CASO DE FLUJO MACRO RUGOSO

Este caso puede corresponder al tramo superior de un río

STRICKLER $n = S * De^{1/6}$

De experiencias realizadas por el laboratorio de Hidráulica de la U. Chile

Si h* h/De + 1 en que h es la altura del agua en el río

S $0.31 (h^*)^{-0,5}$ para h* <= 2,6

S $0.19 (h^*)^{-0,7}$ para h* > 2,6

aceptado el valor previamente calculado para h = 0,69 m y $D_e = 0.25$ m

h* 3.76 m > 2,6

luego

$S = 0.19 (h^*)^{-0.7}$ $n = S D_e^{1/6}$

siendo $h = (n q / i^{0.5})^{3/5}$

para i = 0.05y q = 4m^3/s/m se tiene

$h = 5.643 n^{3/5}$

Cálculo iterativo de h

h	D_e	´h*	S	´n	‘h’
0.690	0.25	3.760	0.075	0.0597	1.040
0.923	0.25	4.693	0.064	0.0511	0.947
0.939	0.25	4.757	0.064	0.0506	0.942
0.941	0.25	4.764	0.064	0.0506	0.941

La velocidad real será V = q/h

V = 4.25 m/s

SOCAVACION GENERAL DEL LECHO

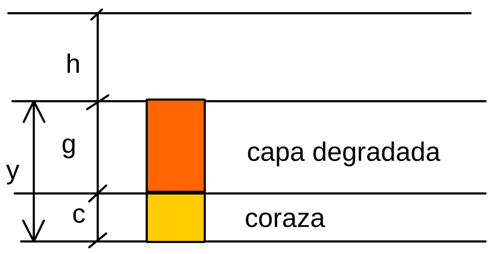
CRITERIO DEL U.S.B.R.

Se utiliza solamente cuando hay gran cantidad de material grueso,

como mínimo 10 %, con lo que se produce el "acorazamiento".
Supone que no hay aportes desde aguas arriba y que la pendiente

del lecho permanece constante.
Si
Dc = tamaño mínimo de las piedras que no son arrastradas
Dc >= 50 mm   c = 3 Dc (espesor de la coraza)
t= % del material igual o menor que Dc
1-t = % del material mayor que Dc

y = g + c



para 1 pozo de 1 m2 y
altura y se tendrá que el

Pt = gs 1 y	peso total del pozo
Pg = gs 1 g	peso de la capa degradada
Pc = gs 1 c	peso de la coraza

el peso del material que no se mueve es = al de la coraza
luego   (1-t) y gs = c gs   y = c/(1-t)
g+c = c/(1-t)   g = ct/(1-t)

EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA SOCAVACION

Se necesita analizar las condiciones de socavación en un tramo de río donde se instalará una bocatoma. El caudal unitario del río es de 4 m3/s/m, la pendiente del lecho es de 4% y el tamañomedio de la piedras es de 0,25 m. Se puede considerar flujo cuasi normal.

Cálculo del n de manning. De acuerdo con la fórmula de Strikler $n = S\ De^{1/6}$

Considerando $R_h = h$ $\quad h = (n\ q / i^{0\ 5})^{3\ /\ 5}$ $\quad h = 6{,}034\ n^{3/5}$

asignando un valor inicial a n y luego considerando las fórmulas del flujo macro rugoso

h	D_e	h*	S	n	h'	V
				0, 035		
0,81	0,25	4,23	0,069	0,055	1,058	3,78
0, 975	0, 25	4, 90	0, 062	0, 050	0, 930	4, 30
0,945	0,25	4,78	0,064	0,050	0,940	4,26
0,942	0,25	4,77	0,064	0,051	0,941	**4,25**

aplicando la fórmula de Neill $\quad V = (2g(y_s/y-1)D_e)^{0.5}\ (h/D_e)^{1/6}$

$De = V^3/((2g(ys/y-1))^{3/2}\ h^{1/2}) \longrightarrow De = 0.42 \longrightarrow$ coraza c = 1.26 m

Si de la curva granulométrica se obtiene que el tamaño 0,42 m corresponde al 50% del total, el espesor de la capa degradada será :

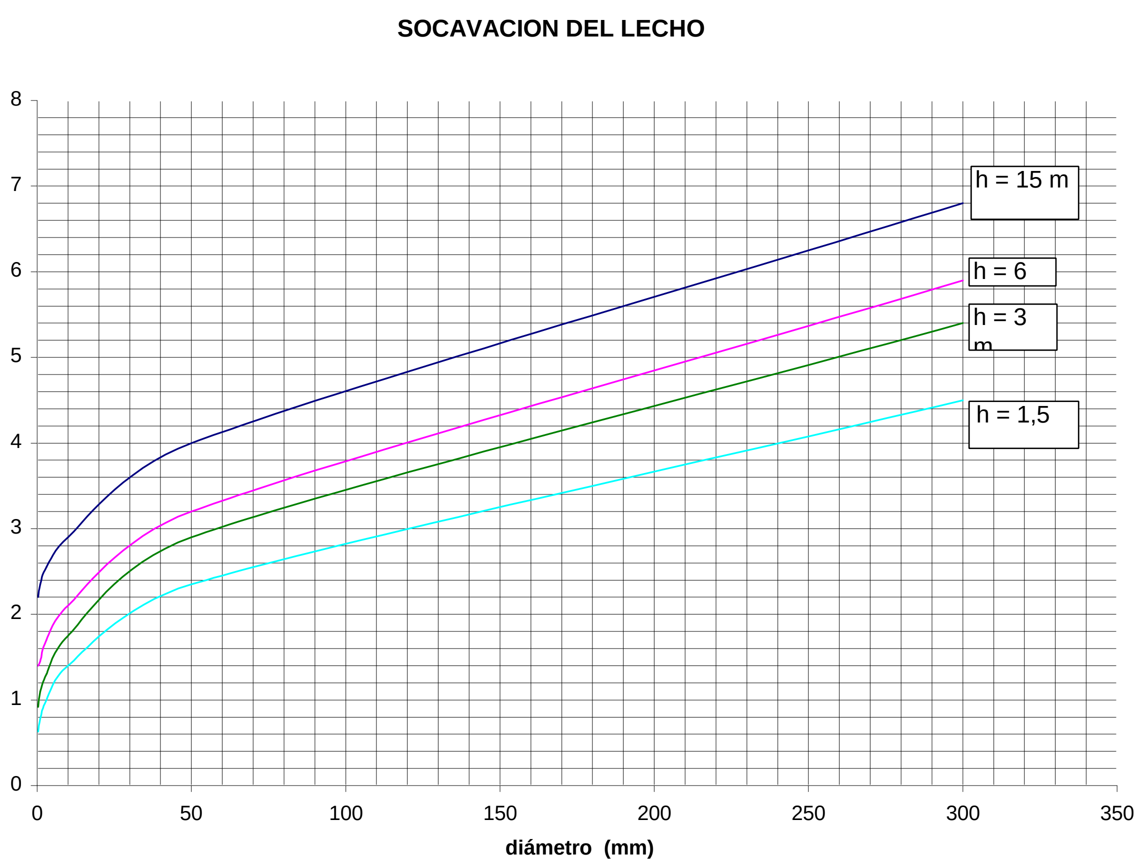
$g = ct/(1-t)$ $\quad t = 0.5$ $\quad g = 1.26$ m

SOCAVACION GENERALIZADA DEL LECHO

METODO DE NEILL   PROCEDIMIENTO

1. Se calcula la velocidad media del cauce para la sección elegida
2. Se calcula la profundidad media del cauce
3. Se determina el tamaño medio del lecho (D_{50})
4. Se determina la velocidad competente desde el gráfico o tabla
5. Si la velocidad media es superior a la velocidad competente, se produce socavación.
6. La profundidad de socavación se calcula ajustando la profundidad del lecho para que la velocidad media sea igual a la velocidad competente.

Se define como velocidad competente aquella que está al límite de provocar la socavación.



h = profundidad del agua

NEILL

CRITERIO DE SOCAVACION EN TERRENO CON COHESION

PROFUNDIDAD DEL AGUA (m/s)	VELOCIDAD COMPETENTE (m/s)		
	Material muy erosionable	Material con resistencia media	Material muy resistente
15	0,60	1,0	1,8
6	0,65	1,2	2,0
3	0,70	1,3	2,3
1,5	0,80	1,5	2,6

METODO DE LISCHTVAN-LEVEDIEV

Similarmente al método de Neill, se determina la velocidad límite erosiva con la relación:

$$Ve = 0{,}68\ \beta\ D_m^{0{,}28}\ h_s^{x}$$

Los coeficientes se determinan según las tablas siguientes

T (años)	β
1	0,77
2	0,82
5	0,86
10	0,90
20	0,94
50	0,97
100	1,00
500	1,05
1000	1,07

Diámetro		Diámetro		Diámetro	
mm	x	mm	x	mm	x
0,05	0,43	8	0,35	140	0,27
0,15	0,42	10	0,34	190	0,26
0,50	0,41	15	0,33	250	0,25
1,00	0,40	20	0,32	310	0,24
1,50	0,39	25	0,31	370	0,23
2,50	0,38	40	0,30	450	0,22
4.00	0,37	60	0,29	570	0,21
6.00	0,36	90	0,28	750	0,20

ACARREO GENERALIZADO EN EL LECHO DE UN RIO

Cuando la velocidad de un río aumenta la fuerza unitaria o fuerza tractriz que el agua ejerce sobre el fondo aumenta y es capaz de arrastrar partículas cuyo tamaño aumenta con la velocidad. Esta fuerza unitaria es conocida como tensión tangencial τ_o, definida por la expresión:

$$\tau_o = \gamma R_h J$$

Para que se inicie el movimiento, primeramente la fuerza del agua deberá vencer un umbral que es propio de cada partícula, conocido como τ_c.

De acuerdo a lo anterior se podría aceptar que el gasto sólido g_s, normalmente expresado en unidades de peso por segundo del material sólido que pasa por una sección unitaria del cauce, pueda ser expresado como la siguiente función:

$$g_s = F(\tau_o - \tau_c)$$

DUBOIS

Propuso la siguiente fórmula: $g_s = C\tau_o (\tau_o - \tau_c)$

En que C es una constante experimental

SHIELDS

Propuso la siguiente expresión: $g_s = 10\, q\, (\tau_o - \tau_c) / (\gamma_s / \gamma - 1)^2\, D_{50}$

En que q es el caudal unitario y D_{50} es el diámetro medio de las partículas y γ_s su peso específico.

FORMULA DE MEYER-PETER Y MULLER

Se llegó a la siguiente expresión.

$$\gamma (n_s/n_r)^{3/2}\, h\, i = 0.047\, (\gamma_s - \gamma)\, D_m + 0.25\, (\gamma / g)^{1/3}\, (\gamma_s/\gamma - 1)^{1/3}\, g_s^{2/3}$$