

CALCULO DE LA PROTECCIÓN

1. CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA PROTECCIÓN

Para el proyecto de la coraza exterior de la protección se predime primera instancia con la fórmula de Hudson, que permite determinar el elemento adecuado para resistir la ola de diseño de altura Hd.

$$W = \frac{g H_d^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \delta}$$

donde:

- ✓ Kd es el coeficiente de estabilidad que resulta de datos experimentales para los diversos tipos de materiales a utilizar.
- ✓ $\cot \delta$ mide el ángulo del talud de escollera adoptado.
- ✓ γ_r es el peso específico de la protección.
- ✓ S_r = es la relación entre el peso específico del material de protección respecto al del agua.
- ✓ Hd es la altura de ola H1/10 \rightarrow Hd = 1,27 Hs

Los valores de la protección calculados con las tradicionales y expresiones de Hudson son contrastadas con las expresiones de Van der Meer que presentan una mayor cantidad de variables para la determinación de los tamaños de roca estables, permitiendo dimensionar el enrocado estable del parámetro de Iribarren Ir, cuya expresión es:

$$Ir = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H}{L_o}}}$$

donde:

- ✓ $\tan \alpha$ es la pendiente del talud,
- ✓ H la altura de ola y
- ✓ Lo la longitud de onda en aguas profundas.

El resto de los parámetros que intervienen en la fórmula de van der Meer

Hs : altura de ola significativa

T: período de cruce de ceros.

$\Delta = (\gamma_r - \gamma_w) / \gamma_w$ peso específico del enrocado relativo al del agua.

Dn50: diámetro medio nominal, relacionado con el peso medio mediante

$$W = 0,75 \gamma D_{n50}^3$$

P: permeabilidad.

S = A/D_{2n50} : nivel de daño, donde A es el área de la sección transversal

N : número de olas que actúan sobre el talud

La ecuación que vincula la altura de ola con la dimensión del enrocado para formas diferentes según sea el tipo de rompiente de la ola actuante, surging.

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} \sqrt{Ir} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \quad (plunging)$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} Ir^P \quad (surging)$$

El límite entre ambos tipos de rompiente está determinado por el índice de Iribarren.

La rompiente será de tipo surging cuando Ir es mayor que:

$$Ir_1 = (6.2 P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha})^{1/(P+0.5)}$$

Se verifica luego el tamaño de las protecciones que conforman la capa de las escolleras con las dos ecuaciones antes descritas.

Para la materialización de las protecciones a realizar con enrocado adoptado colocar una gama de tamaños de material que cubre el rango:

$$0,9 D_c < D_c < 1,1 D_c$$

o su equivalente en pesos:

$$0,75 W_c < W_c < 1,25 W_c$$

La capa de protección de los enrocados superiores tiene un espesor eq 2 diámetros de cálculo y se coloca sobre un enrocado menor que cumple de sub-base y filtro, para evitar el lavado del material que componen excavado bajo la acción del oleaje.

Para la obtención de estos tamaños se ha seguido el criterio de considerar el material como un porcentaje del peso W de la protección exterior, cumpla:

$$\text{Sub-capas } W/10 \text{ a } W/15$$

2. DIMENSIONADO DE LA PROTECCIÓN

2.1. Enrocado en extremo noroeste del recinto interno.

La altura de ola a considerar surge del análisis previo realizado en el informe donde se estudio con modelación matemática la agitación en el interior para la configuración propuesta de ampliación intermedia.

Los resultados más críticos correspondieron al escenario verificado con marea en + 3 m y una ola en la boca con $H_s = 1,9$ m y $T = 8$ seg .

Para esta condición se verificó en el pie del talud oeste del recinto ampliado con altura significativa $H_s = 0,8$ m y un período $T = 8$ seg y en el talud este con altura significativa $H_s = 0,4$ m y el mismo período $T = 8$ seg

El dimensionado de la capa de enrocado se presenta en la siguiente tabla para cada uno de los dos taludes a dimensionar, basado en la aplicación de la fórmula de Hudson ya detalladas.

DATOS		TALUD OESTE			
Hs(m)	0.80	PESO ESTABLE (Kgr)			
CONDICION	no rompiente	teórico Kgr.	máximo Kgr.	mínimo Kgr.	
ELEMENTO	ROCA	Wext. =	81	101	61
Hc (m)	1.02	W int.=	6	8	5
Talud	2.33	DIAMETRO ESTABLE (m)			
Gr (t/m3)	2.58	teórico m	máximo m	mínimo m	
Gw (t/m3)	1.02	Dext.=	0.35	0.37	0.32
Sr = Gr/Gw	2.53	D int. =	0.15	0.16	0.14
Kd	4				

DATOS		TALUD ESTE			
Hs(m)	0.40	PESO ESTABLE (Kgr)			
CONDICION	no rompiente	teórico Kgr.	máximo Kgr.	mínimo Kgr.	
ELEMENTO	ROCA	Wext. =	18	22	13
Hc (m)	0.51	W int.=	1	2	1
Talud	2.33	DIAMETRO ESTABLE (m)			
Gr (t/m3)	2.58	teórico m	máximo m	mínimo m	
Gw (t/m3)	1.02	Dext.=	0.21	0.23	0.19
Sr = Gr/Gw	2.53	D int. =	0.09	0.10	0.08
Kd	2.3				

Los datos básicos utilizados para el diseño son:

- ✓ taludes de la escollera 1V:2.33H
- ✓ el coeficiente $K_d = 4$
- ✓ $\gamma = 2.58 \text{ t/m}^3$ peso específico del enrocado
- ✓ $\gamma_w = 1.02 \text{ t/m}^3$ como peso específico del agua.
- ✓ $H_s = 0.8 \text{ m} / 0.4 \text{ m}$, que resultan menores a la condición de ola ($H_b = 0.78 \text{ d}$), de manera que la condición de la ola que se pres de las protecciones son " no rompiente".

Para la verificación del enrocado con la expresión de van der Mer se cor además, los siguientes parámetros de cálculo:

- ✓ $\cot \alpha = 2.33$
- ✓ $P = 0.4$
- ✓ $S = 3$ (daño)
- ✓ N = número de olas correspondiente a la duración de la tormen de período 8 segundos.

Bajo estas condiciones, los resultados obtenidos se presentan en las Tablas, para cada uno de los dos taludes analizados y para una cc duración de tormenta de 12 horas.

Hs=	0.80	duracion=	12 horas
T=	8		
gama=	2.58		
gamaw=	1.02		
delta=	1.529		
P=	0.4		
S=	3 (daño)	S/raiz N=	0.0408
N=	5400	1/(P+0.5)=	1.1111
tan alfa=	0.429		
	Ir=	4.79	Ir1= 3.46

Plunging	Dn50=	0.41 m
(Ir<Ir1)	W=	0.14 t
Surging	Dn50=	0.31 m
(Ir>Ir1)	W=	0.06 t

W=	0.06 t
Dn=	0.31 m

Hs=	0.40	duracion=	12 horas
T=	8		
gama=	2.58		
gamaw=	1.02		
delta=	1.529		
P=	0.4		
S=	3 (daño)	S/raiz N=	0.0408
N=	5400	1/(P+0.5)=	1.1111
tan alfa=	0.429		
	Ir=	6.78	Ir1= 3.46

TALUD ESTE

Plunging	Dn50=	0.25 m
(Ir<Ir1)	W=	0.03 t
Surging	Dn50=	0.13 m
(Ir>Ir1)	W=	0.005 t

W=	0.00 t
Dn=	0.13 m

Los resultados obtenidos son similares a los que provee la fórmula antes aplicada, aún para las exigentes condiciones adoptadas para la porosidad del material.

Es interesante resaltar, además, para la interpretación de los resultados, expresiones de Van der Meer se considera $S = 2$ como condición de daño, $S = 5$ como daño tolerable en 50 años y $S = 8$ como daño utilizándose en la verificación el valor $S = 3$.

El paquete estructural de la protección del talud oeste queda entonces un espesor de 1 m, de los cuales la capa exterior es de 0,7 m con roca de $13 \text{ Kg} < W_e < 100 \text{ Kg}$ y la capa interna queda de 0,3 m de espesor con roca de $5 \text{ Kg} < W_i < 8 \text{ Kg}$, apoyados sobre un geotextil y/o manto de roca pequeña entre 4 cm y 10 cm de diámetro para cumplir las funciones de filtro con el suelo.

De manera similar el paquete estructural de la protección del talud este, queda un espesor de 0,6 m, de los cuales la capa exterior es de 0,42 m con roca de $13 \text{ Kg} < W_e < 22 \text{ Kg}$ y la capa interna queda de 0,18 m de espesor con roca de $1 \text{ Kg} < W_i < 2 \text{ Kg}$, apoyados sobre un geotextil y/o manto de roca pequeña entre 4 cm y 10 cm de diámetro para cumplir las funciones de filtro con el suelo excavado.