



## **Defensa de Proyecto para optar al Título de Ingeniero Civil Oceánico**

**Diseño de Defensa Costera y  
Mejoramiento Borde Costero, desde  
Caleta San Pedro hasta playa La Boca,  
Concón, Chile**

**JOSÉ ZAMORA ESCOBAR.  
Valparaíso, Noviembre 2016**



# Introducción

La región de Valparaíso es una de las zonas más concurridas en Chile por visitantes, debido a su gran atractivo costero, como balnearios, restaurantes y sobre todo la panorámica costera que permite visualizar el largo de la bahía.





## Introducción

El borde costero de la comuna de Concón, desde caleta San Pedro hasta la playa la Boca, de una extensión de 300 metros, se encuentra actualmente dañado por erosión y socavación.



Fuente: Google Earth.



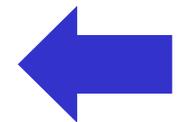
## Sector Sur



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.





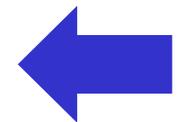
## Sector Centro



Fuente: Assael & Basulto, 2014.



Fuente: Elaboración propia.





UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

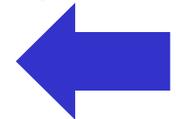
## Sector Norte



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.





## Objetivo General

- Diseño hidráulico y estructural de una obra de defensa costera, que incluya el mejoramiento del acceso peatonal, a través de estudios de ingeniería oceánica que permitan caracterizar las condiciones naturales y determinar parámetros, en la avenida Borgoño entre caleta San Pedro y playa La Boca en la ciudad de Concón, Chile.



## Objetivos Específicos

- Recopilación de datos de oleaje y marea para la caracterización de las condiciones naturales, como también incorporar antecedentes de obras costeras materializadas para determinar criterios de diseño.
- Análisis y estudio de las normativas vigentes, aplicable en la elaboración de estudios de ingeniería oceánica, urbanismo y en el diseño de obras marítimas.



## Objetivos Específicos

- Determinación de parámetros de diseño, a partir de la caracterización de las condiciones naturales de la zona, a través de estudios de ingeniería oceánica, mediante el clima de oleaje (operacional y extremo), marea (niveles de diseño) y fondo marino, en el sector de estudio.
- Mejoramiento de acceso peatonal, a partir del diseño hidráulico y estructural de defensa costera, en el sector de estudio.



## Alcances

- No se considera alguna metodología que estime los efectos del calentamiento global en las variables oceanográficas, ya que aún no existe algún método recomendado y oficializado por el SHOA.
- En el diseño estructural de estabilidad de rocas y del muro parapeto que conforman la defensa costera, no se considera alguna metodología para cuantificar las acciones por efectos de tsunami.



## Alcances

- El diseño de la estructura costera, considera la ingeniería básica y no la ingeniería de detalle.
- Se consideran espacios de miradores panorámicos en el mejoramiento del borde costero, pero no se realiza el diseño arquitectónico de estos.



UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

# Metodología



## Bases de Diseño

- Vida Útil
- Riesgo
- Periodo de Retorno



## Caracterización del Medio

- Oleaje
- Marea
- Topografía
- Tipo de Fondo Marino



## Propuesta Ingeniería Básica

- Diseño en Planta
- Análisis de Alternativas
- Sobrepaso Admisible
- Alternativas
- Presupuesto



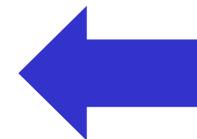


Bases de Diseño

## Periodo de Retorno

$$R = 1 - \left( 1 - \left( \frac{1}{T_R} \right) \right)^{L_f}$$

En base a la formulación expuesta, y una vida útil de 25 años y un riesgo asociado de 0.3 de la obra, se obtiene un periodo de retorno de 70 años.





## Caracterización del Medio

# Oleaje

Se cuenta con una base de datos de oleaje, que consisten en parámetros de resumen (Hs, Tp y Dir p) cada 3 horas desde el día 1 de enero de 1979 al 31 de diciembre del 2009.



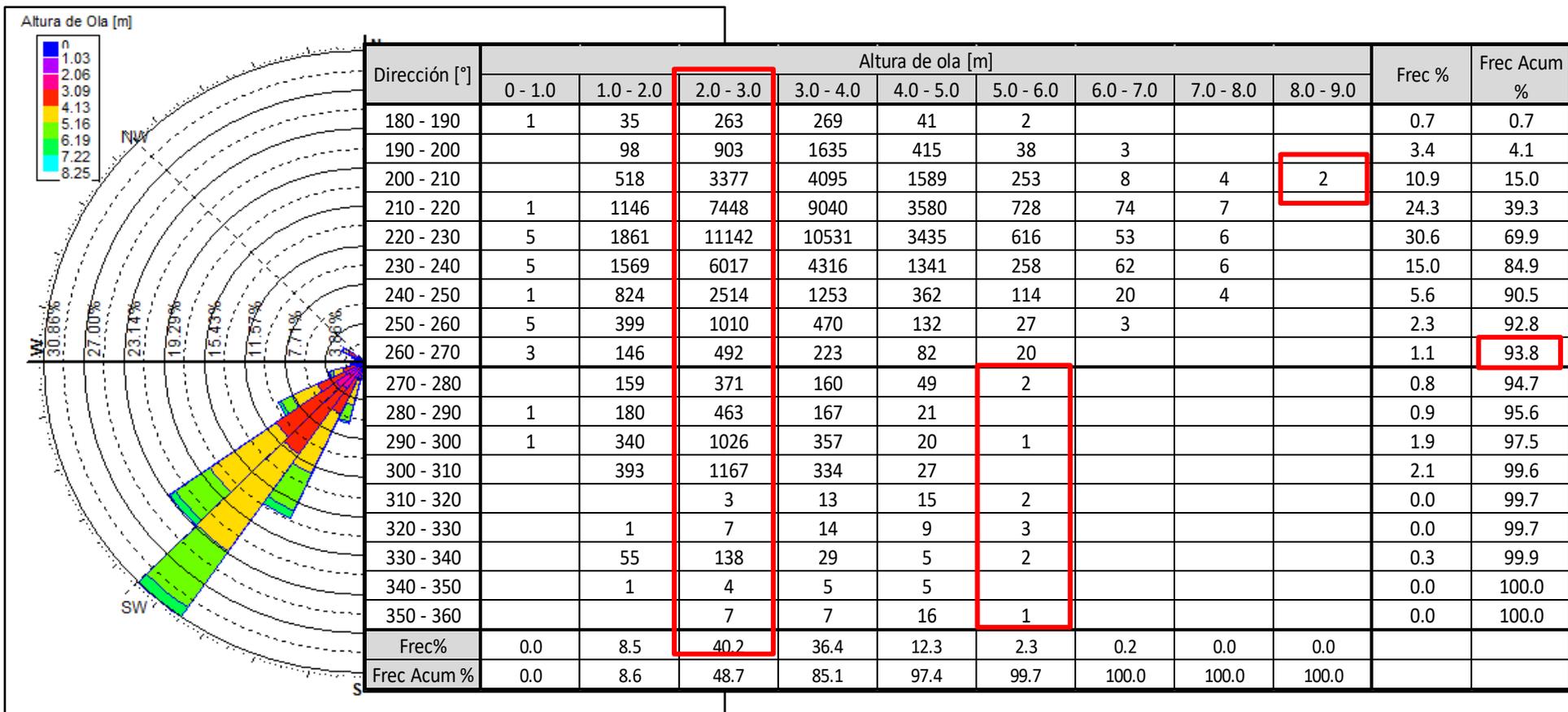
Fuente: Google Earth.



## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Clima Operacional Aguas Profundas

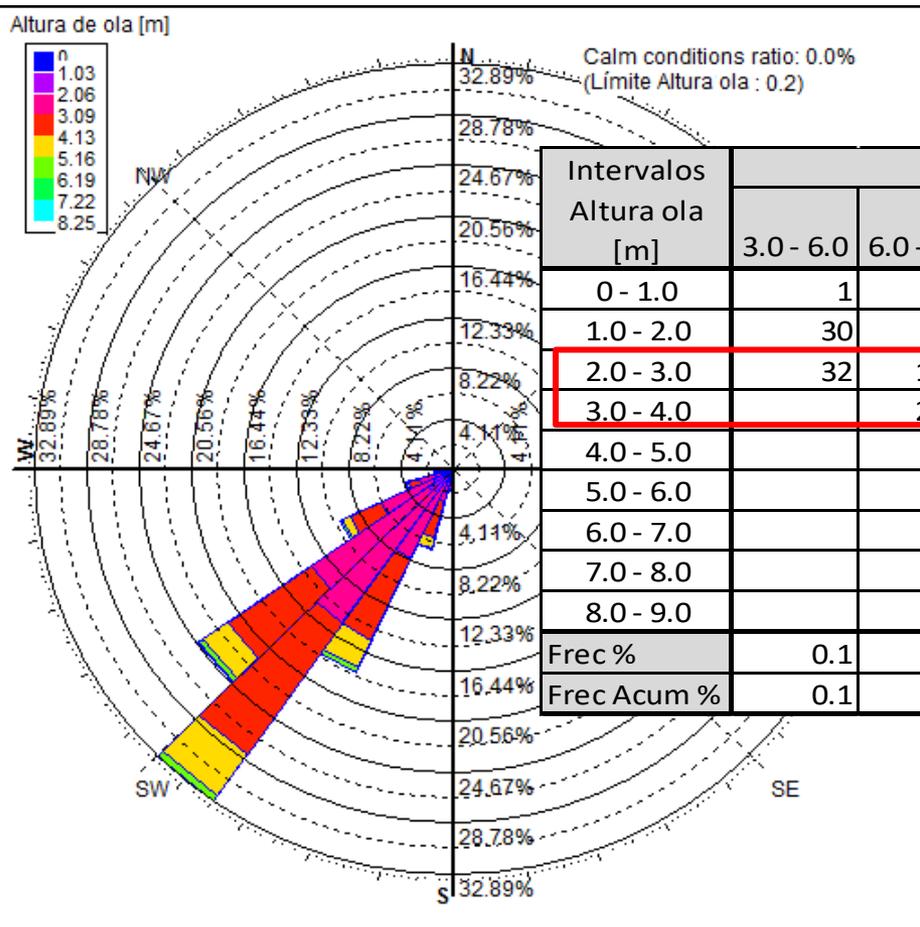




## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Clima Operacional Aguas Profundas - 3er Cuadrante.



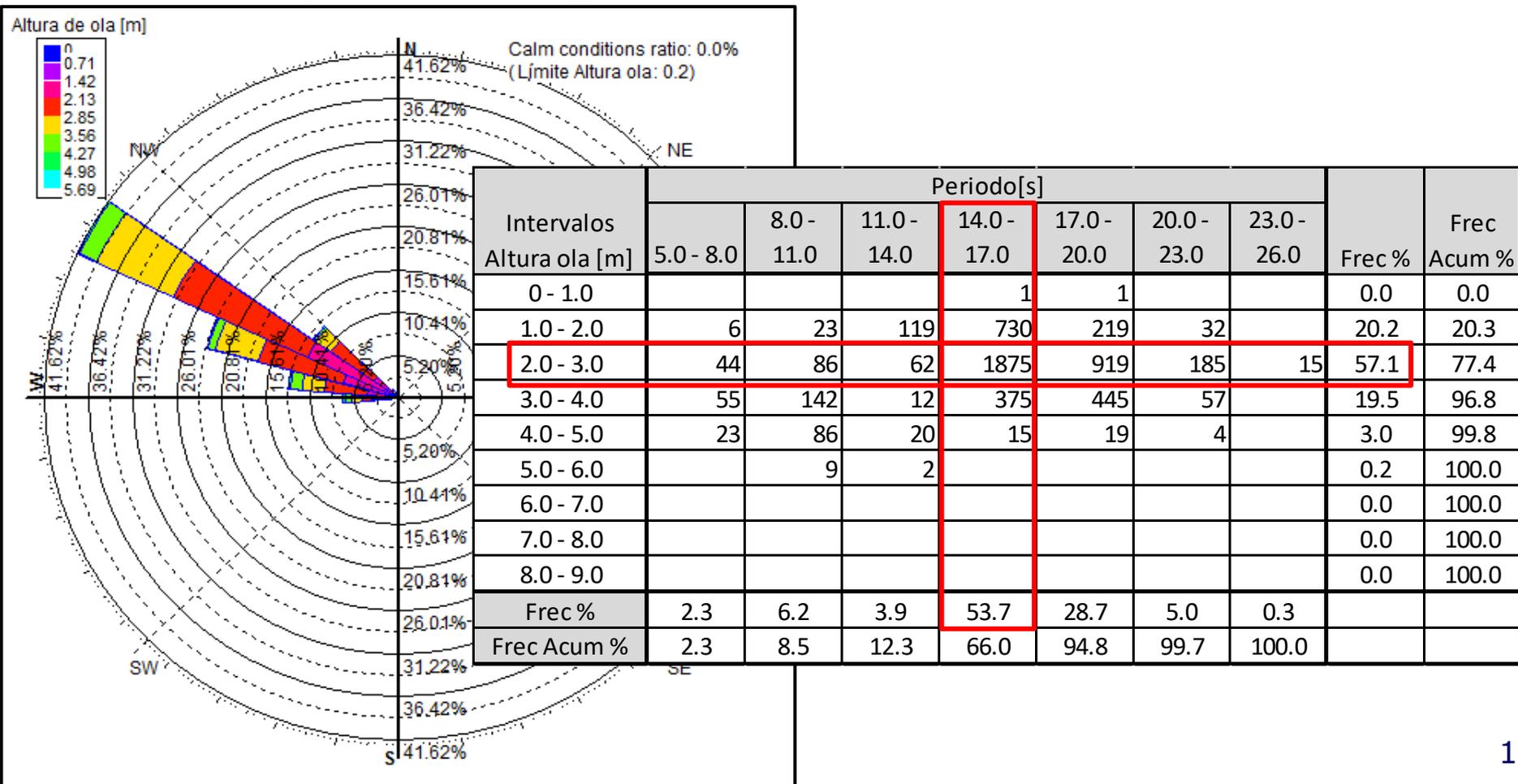
Intervalos Altura ola [m]	Periodo [s]							Frec %	Frec Acum %
	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 12.0	12.0 - 15.0	15.0 - 18.0	18.0 - 21.0	21.0 - 24.0		
0 - 1.0	1	3	4	10	3			0.0	0.0
1.0 - 2.0	30	183	2517	2809	918	133	6	7.8	7.8
2.0 - 3.0	32	1459	10243	16946	4001	464	21	39.1	46.9
3.0 - 4.0		2221	5000	19518	4722	357	14	37.5	84.4
4.0 - 5.0		348	769	6184	3489	184	3	12.9	97.3
5.0 - 6.0		2	51	682	1233	88		2.4	99.7
6.0 - 7.0				35	170	18		0.3	100.0
7.0 - 8.0					23	4		0.0	100.0
8.0 - 9.0					1	1		0.0	100.0
Frec %	0.1	5.0	21.9	54.4	17.1	1.5	0.1		
Frec Acum %	0.1	5.0	26.9	81.3	98.5	99.9	100.0		



## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Clima Operacional Aguas Profundas - 4to Cuadrante.





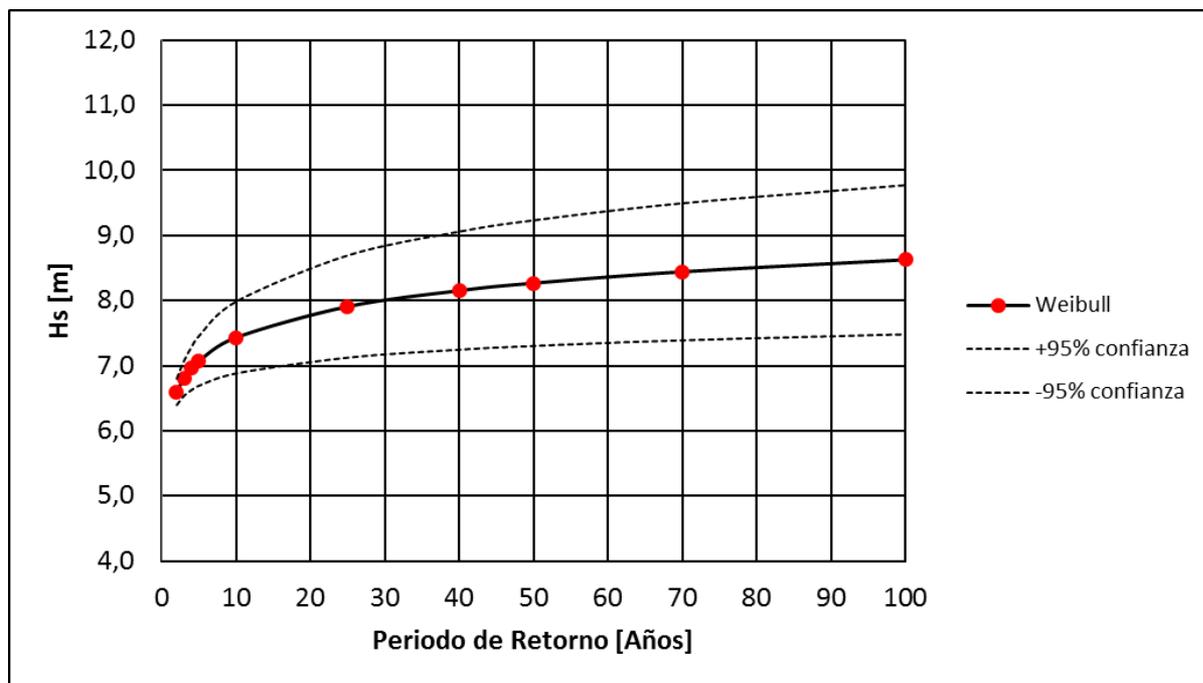
## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Clima Extremo Aguas Profundas – 3er Cuadrante

Se definió umbral de altura de ola 6.2 [m], seleccionando 30 tormentas.

Método de Ajuste:  
Weibull - Goda



	5 años	10 años	25 años	50 años	70 años	100 años
Límite superior [m]	7,46	7,99	8,69	9,23	9,50	9,77
Promedio [m]	7,08	7,43	7,91	8,27	8,44	8,63
Límite inferior [m]	6,69	6,88	7,13	7,30	7,39	7,48



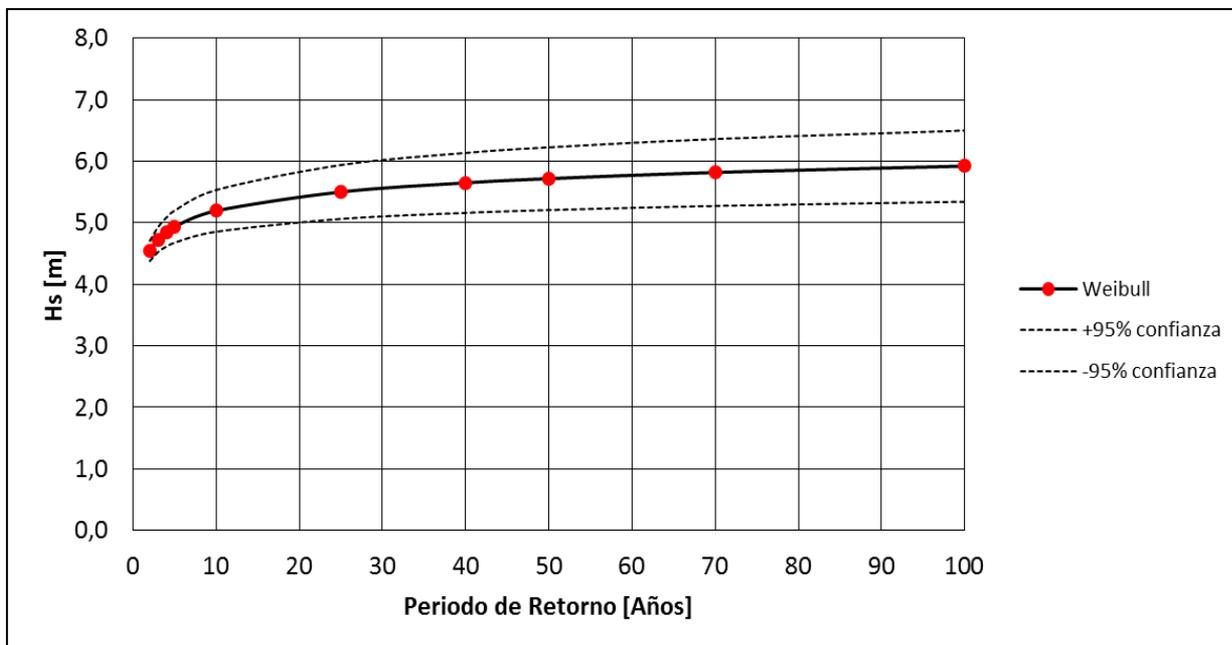
## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Clima Extremo Aguas Profundas – 4to Cuadrante

Se definió umbral de altura de ola 4.1 [m], seleccionando 31 tormentas.

Método de Ajuste:  
Weibull - Goda



	5 años	10 años	25 años	50 años	70 años	100 años
Límite superior [m]	5,20	5,53	5,94	6,23	6,36	6,50
Promedio [m]	4,94	5,19	5,50	5,72	5,82	5,92
Límite inferior [m]	4,68	4,86	5,06	5,21	5,27	5,34



## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Transferencia de Oleaje

Casos propagados para cada cuadrante, de acuerdo al régimen correspondiente:

3 <sup>er</sup> Cuadrante					
Régimen Operacional			Régimen Extremal		
Hmo [m]	Tp [s]	Dir p [°]	Hmo [m]	Tp [s]	Dir p [°]
7.46	11	210	9.50	15	220
7.46	11	230	9.50	15	240
7.46	15	210	9.50	18	220
7.46	15	230	9.50	18	240

4 <sup>to</sup> Cuadrante					
Régimen Operacional			Régimen Extremal		
Hmo [m]	Tp [s]	Dir p [°]	Hmo [m]	Tp [s]	Dir p [°]
5.2	15	290	6.4	11	275
5.2	15	310	6.4	11	310
5.2	17	290	6.4	14	275
5.2	17	310	6.4	14	310



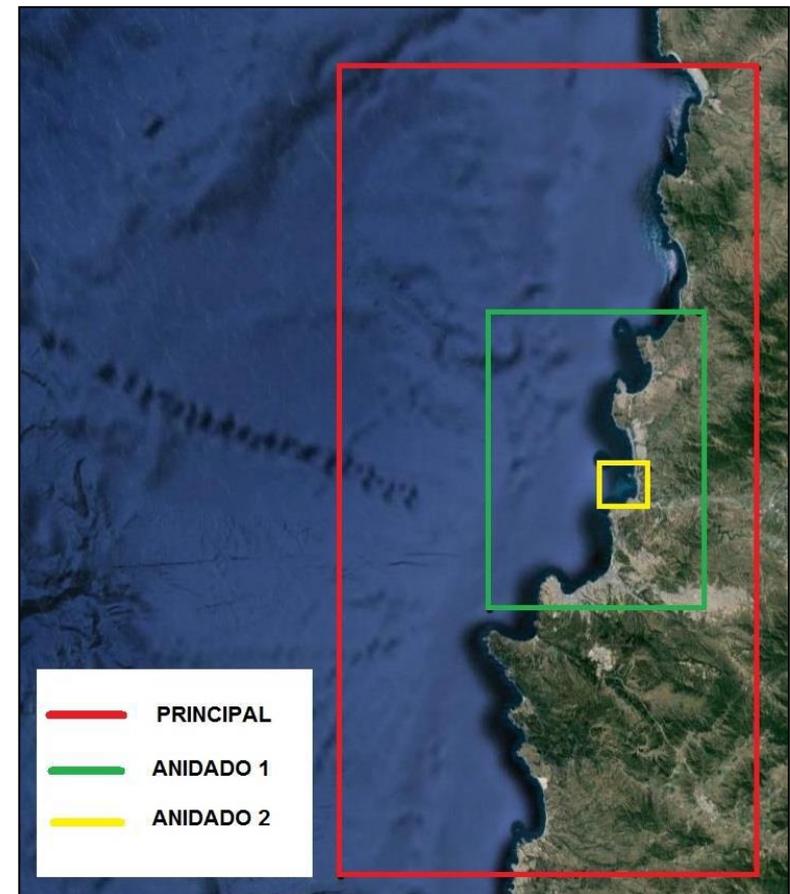
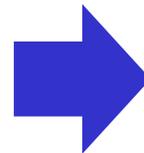
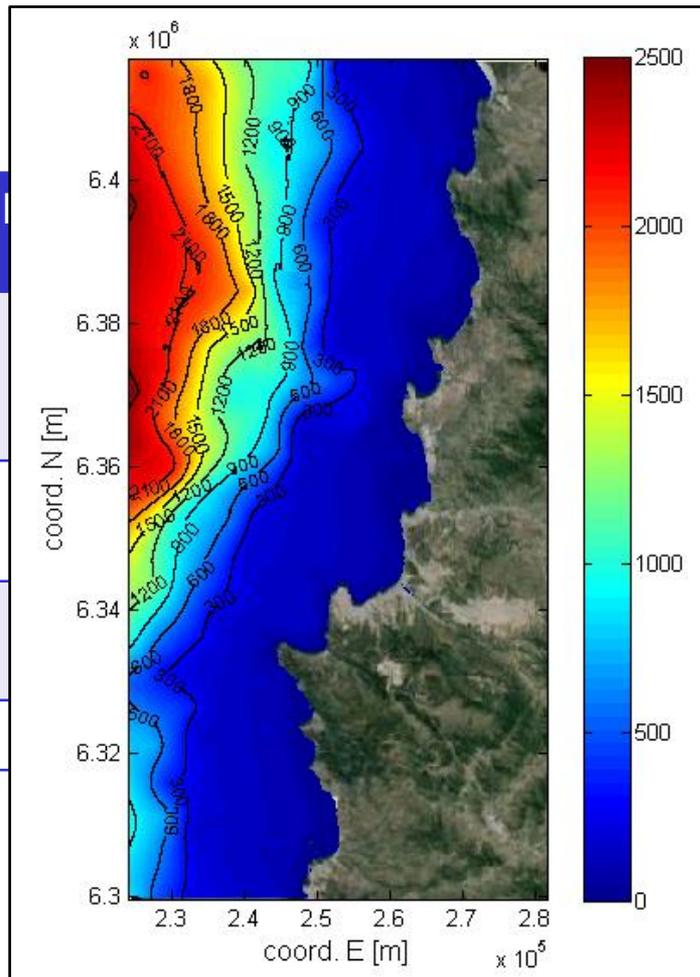
UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

## Caracterización del Medio

# Oleaje

### ■ Generación de Mallas Batimétricas

Carta
4000
5000
5111
4322



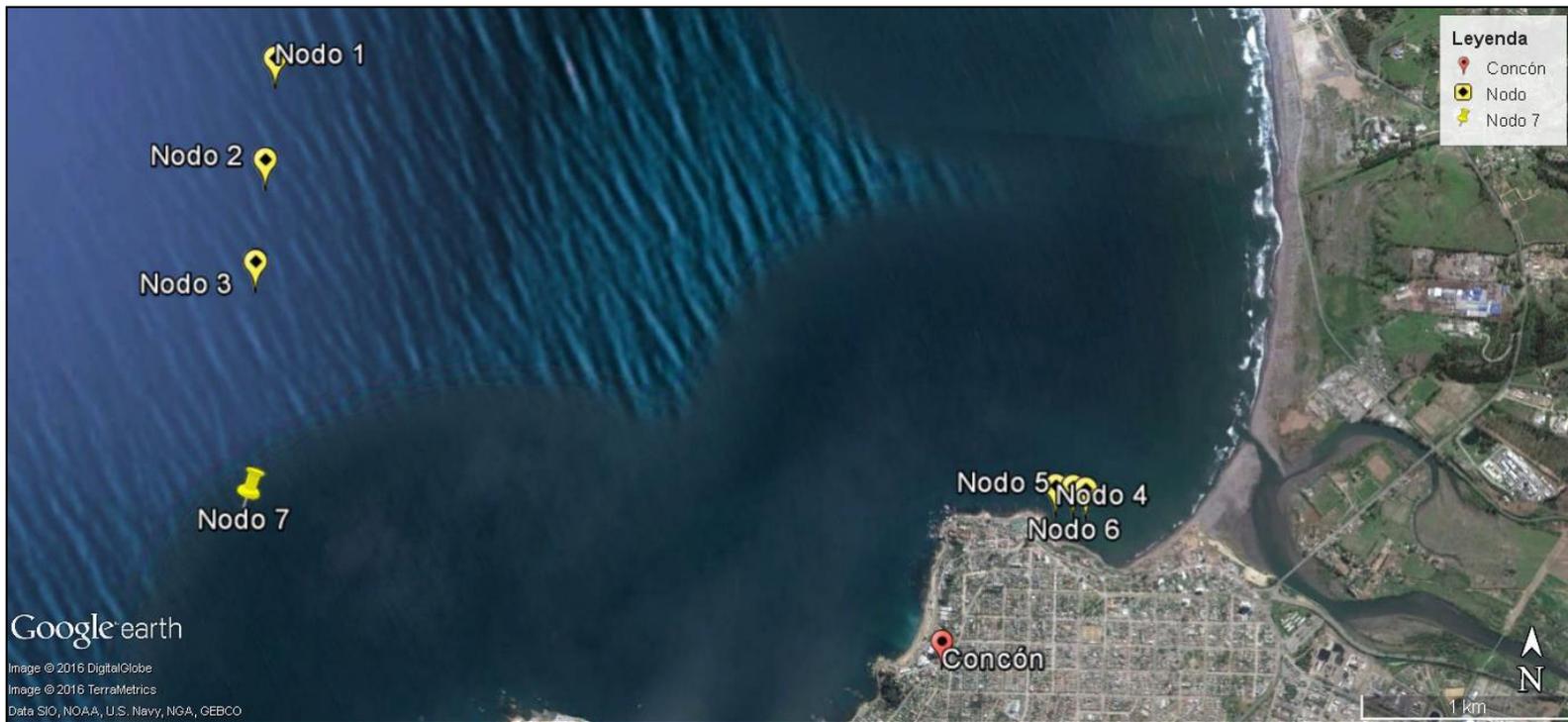


## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Transferencia de Oleaje

Nodos de Extracción:



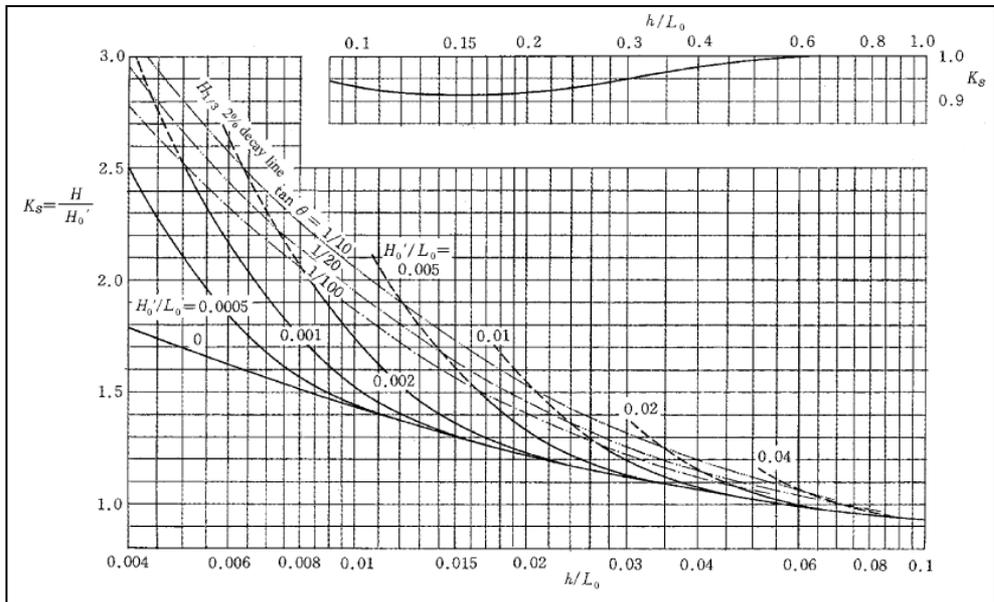


## Caracterización del Medio

# Oleaje

### Transferencia de Oleaje

UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO



$$H_{1/3} = \begin{cases} K_s H'_0 & : h/L_0 \geq 0.2 \\ \min\{(\beta_0 H'_0 + \beta_1 h)\}, \beta_{max} H'_0, K_s H'_0 & : h/L_0 < 0.2 \end{cases}$$

$$\beta_0 = 0.028(H'_0/L_0)^{-0.38} \exp[20(\tan \theta)^{1.5}]$$

$$\beta_1 = 0.52 \exp[4.2 \tan \theta]$$

$$\beta_{max} = \max\{0.92, 0.32(H'_0/L_0)^{-0.29} \exp[2.4 \tan \theta]\}$$

$$H_{max} = \begin{cases} 1.8 K_s H_0 & : h/L_0 \geq 0.2 \\ \min\{(\beta_0^* H'_0 + \beta_1^* h), \beta_{max}^* H_0, 1.8 K_s H_0\} & : h/L_0 < 0.2 \end{cases}$$

$$\beta_0^* = 0.052(H'_0/L_0)^{-0.38} \exp(20 \tan \theta^{1.5})$$

$$\beta_1^* = 0.63 \exp(3.8 \tan \theta)$$

$$\beta_{max}^* = \max\{1.65, 0.53(H_0/L_0)^{-0.29} \exp(2.4 \tan \theta)\}$$



## Caracterización del Medio

# Oleaje

- Parámetros de Oleaje al pie de la estructura

### Condición Operacional

Sector	Cuadrante	Hmax [m]	Hs[m]	Tp[s]	Dir [°]	Profundidad [mNRS]
Sector Sur	3 cuad	4.21	3.04	11.00	344.65	3.40
	4 cuad	4.43	3.15	16.00	349.12	3.40
Sector Centro	3 cuad	3.96	2.84	11.00	338.03	3.20
	4 cuad	4.17	2.95	16.00	340.90	3.20
Sector Norte	3 cuad	3.65	2.59	11.00	335.23	2.90
	4 cuad	3.85	2.69	16.00	337.57	2.90

Fuente: Elaboración propia.

### Condición Extremo

Sector	Cuadrante	Hmax [m]	Hs[m]	Tp[s]	Dir [°]	Profundidad [mNRS]
Sector Sur	3 cuad	5.24	3.80	15.00	346.20	4.30
	4 cuad	4.82	3.61	14.00	347.04	4.30
Sector Centro	3 cuad	4.96	3.58	15.00	338.48	4.10
	4 cuad	3.47	3.40	14.00	339.35	4.10
Sector Norte	3 cuad	4.63	3.31	15.00	335.48	3.80
	4 cuad	4.26	3.13	14.00	336.34	3.80

Fuente: Elaboración propia.



## Caracterización del Medio

# Marea

- Niveles de Diseño

	Marea Astronómica	Marea Meteorológica
Condición Operacional	Pleamar Máxima	0
Condición Extremo	Promedio de Pleamar	$M_{ATM} + M_{VIENTO} + M_{OLEAJE}$

- Condición Operacional

Marea Astronómica	1.86	[mNRS]
Efectos de viento	0.00	[m]
Dif. Presión	0.00	[m]
Set-up oleaje	0.00	[m]
<b>Total</b>	<b>+1.86</b>	<b>[mNRS]</b>

## Condición Extremo

Marea Astronómica	1.54	[mNRS]
Efectos de viento	0.05	[m]
Dif. Presión	0.12	[m]
Set-up oleaje	1.07	[m]
<b>Total</b>	<b>+2.78</b>	<b>[mNRS]</b>



## Caracterización del Medio

# Topografía

La nivelación altimétrica del muro de mampostería en la zona de interés, se realizó el día 8 de Noviembre del año 2015 a las 17:48.

Coordenadas		A' [mNRS]	B' [m]	Coronamiento Muro [mNRS]
E	N			
264626	6354873	0.80	4.45	5.25
264624	6354849	0.80	4.48	5.28
264671	6354837	0.80	4.53	5.33
264725	6354809	0.80	4.54	5.34

Fuente: Elaboración propia.



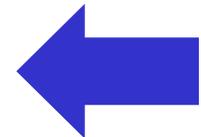
Caracterización del Medio

## Fondo Marino

Es posible contemplar que en el sector proyectante de la obra, existe un sustrato rocoso natural, rocas sueltas y bolones.



Fuente: Elaboración propia.



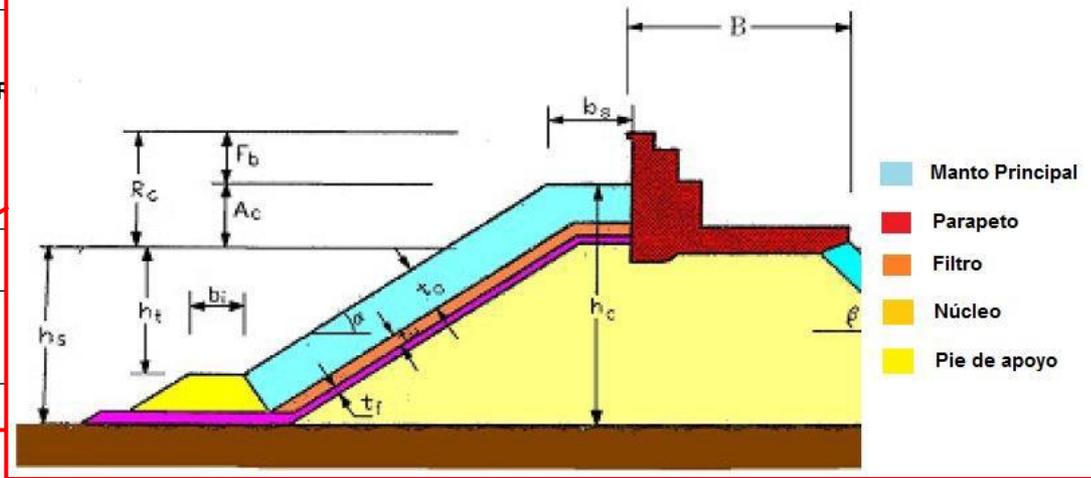


# Propuesta de Ingeniería Básica

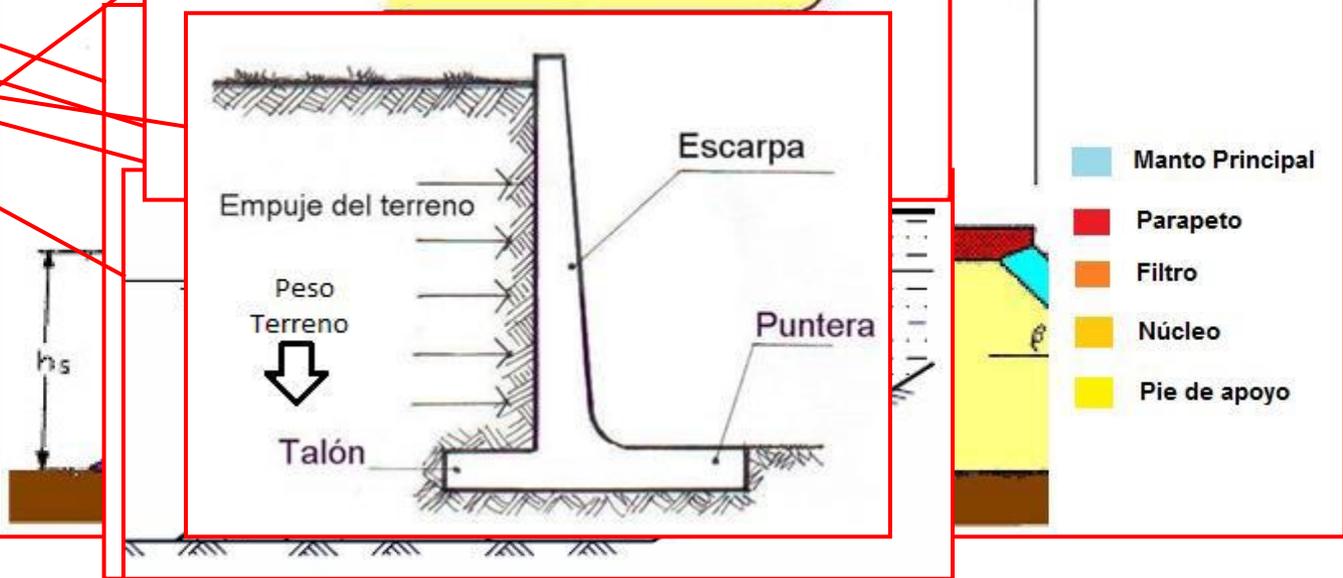
## Análisis de Alternativas

UNIVERSIDAD DE CHILE

TIPOLOGÍA	Terreno
Defensa Costera	
Escollera Multicapa	3
Pared Vertical	
Tablestacas	1
Gaviones	2
Muro Gravitacional	2
Cajones de Hormigón	2
Especiales	
Textil	2



ambiente	Vandalismo y Robo	PUNTAJE
	3	22
		15
		15
		19
		18
		14





UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

Propuesta de Ingeniería Básica

## Diseño en Planta

Se propone realizar una proyección de terreno hacia el mar, con la finalidad de efectuar un acceso peatonal y una ciclovía bidireccional. La extensión a intervenir tiene una longitud total de 300 [m].





# Propuesta de Ingeniería Básica

## Sobrepaso Admisible

Se establece un sobrepaso admisible de 0.1 [lt/s/m], para la condición operacional, debido a que dicho valor no representa un peligro o incomodidad a los peatones que transitan por el borde costero.

Por otra parte, para la condición extremo, se designa un sobrepaso admisible de 5 [lt/s/m], para que la estructura presente daños controlables, cuando esté sometido al oleaje de gran magnitud o de tormentas.

q [lt/s/m]		q [lt/s/m]		
		SEGURIDAD FUNCIONAL	SEGURIDAD ESTRUCTURAL	
1000				
100		Muy peligroso		Daño aun con protección
10		Inseguro a cualquier velocidad	Daños estructurales	Daño si el talud interior no está protegido
1				Daño si el paseo está pavimentado
0.1				Daño si el paseo no está pavimentado
0.1		Dique de hierva peligroso		
0.1		Dique en talud Peligroso		
0.1		Dique en talud Inseguro aparcado		Sin peligro
0.1		Dique vertical: peligroso		
0.1		Dique vertical: Inseguro aparcado		Sin peligro
0.01		Inconfortable pero no peligroso	Pequeños daños a accesorios	
0.01		Inseguro a velocidad alta		
0.001		Húmedo pero no inconfortable	Sin peligro	
0.001		Seguro a cualquier velocidad		
0.0001		Vehículos	Peatones	Edificios
				Muros de contención
				Diques con revestimientos

Fuente: Adaptado de CEM VI-5, 2002



Propuesta de Ingeniería Básica

## Alternativa 1: Escollera Multicapa

Para calcular el sobrepaso esperado, se utilizó la formulación determinística propuesta por el manual Eurotop (Agency, 2007). Evaluando 2 opciones de talud de la escollera: 1:1.75 (V:H) y 1:2 (V:H).

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp\left(-2.3 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$



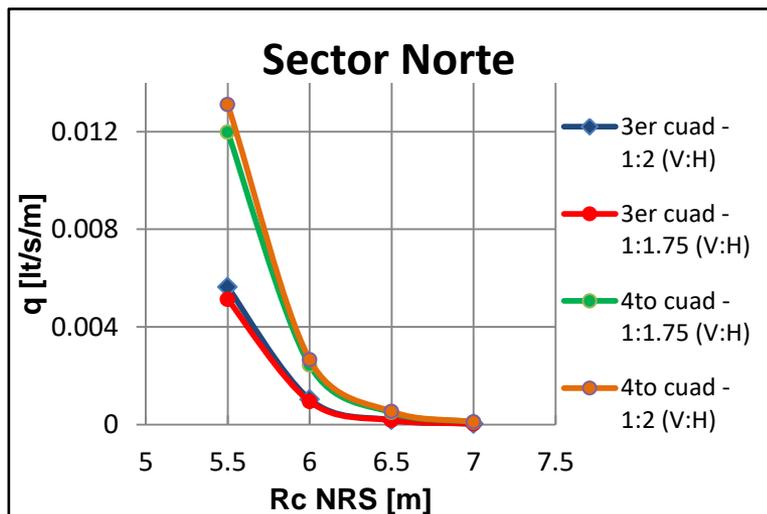
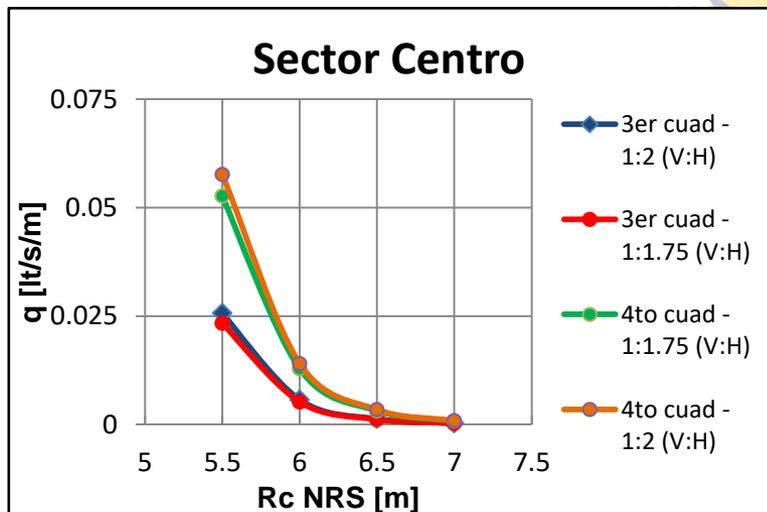
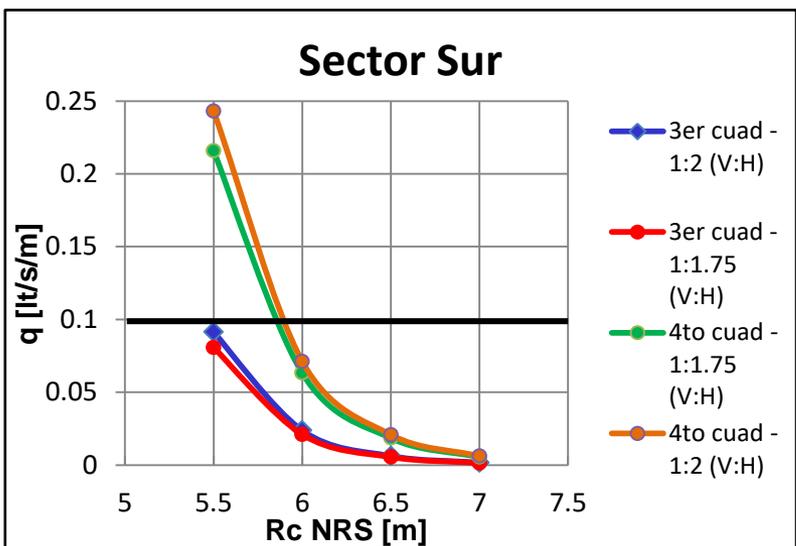
## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Hidráulico

Sobrepaso Esperado -

Condición Operacional



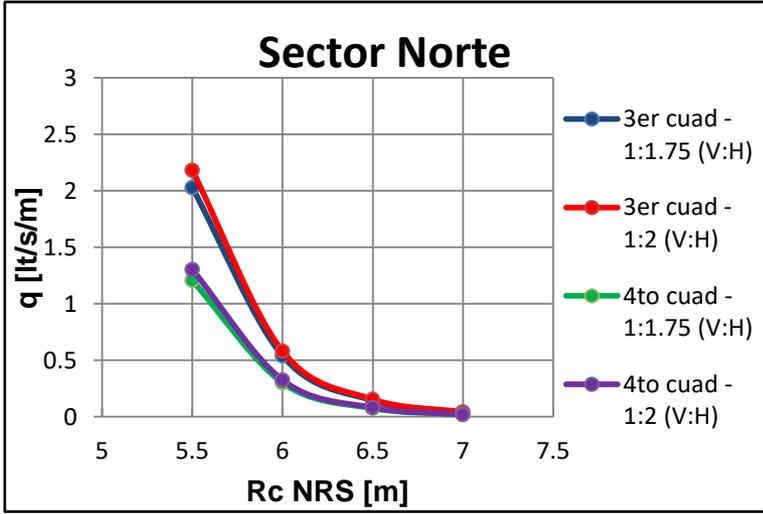
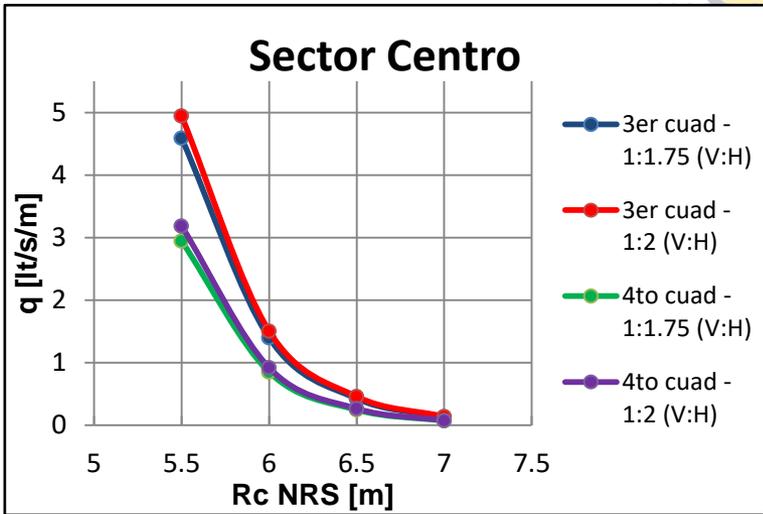
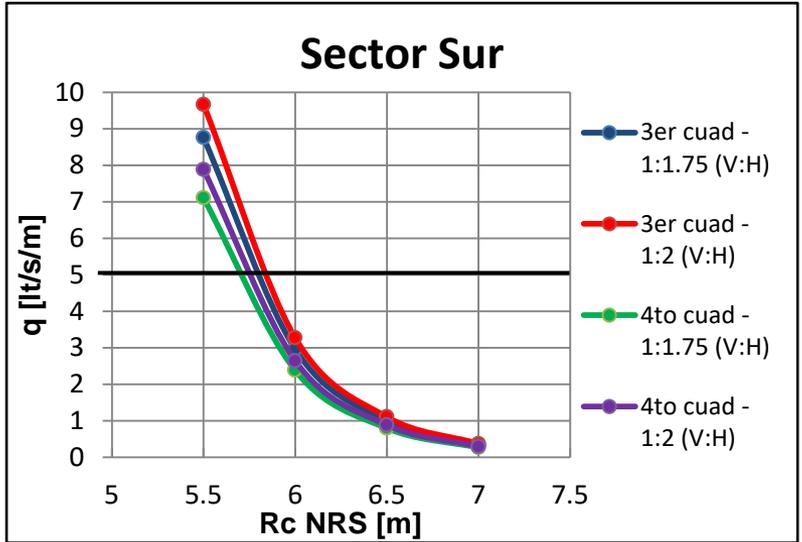


Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Hidráulico

### Sobrepaso Esperado - Condición Extremo





UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

Hudson (1974)

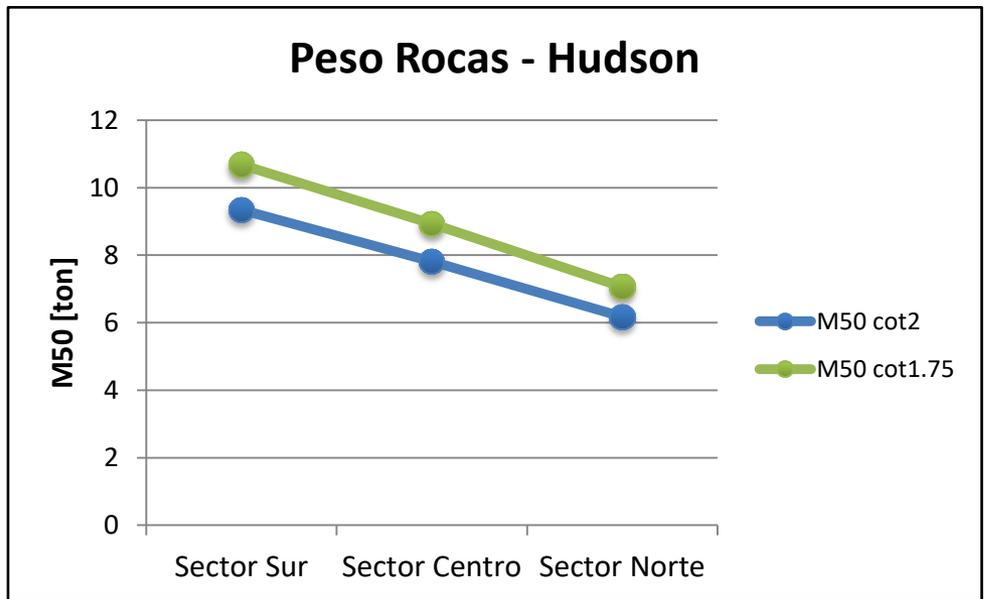
$$\frac{H}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right) D_{n50}} = (K_D \cot \alpha)^{1/3}$$

$$M_{50} = \frac{\rho_s \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3 \cot \alpha}$$

Fuente: Adaptado de CEM VI-5, 2005.

Valor de Kd para H=H1/10			
Forma de la piedra	Colocación	Daño D=0-5%	
		Rompe la ola	No rompe la ola
Suave y redondeada	Al azar	1.2	2.4
Rugosa y angular	Al azar	2.0	4.0
Rugosa y angular	Especial	5.8	7.0

Fuente: Adaptado de CEM VI-5, 2005.





## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

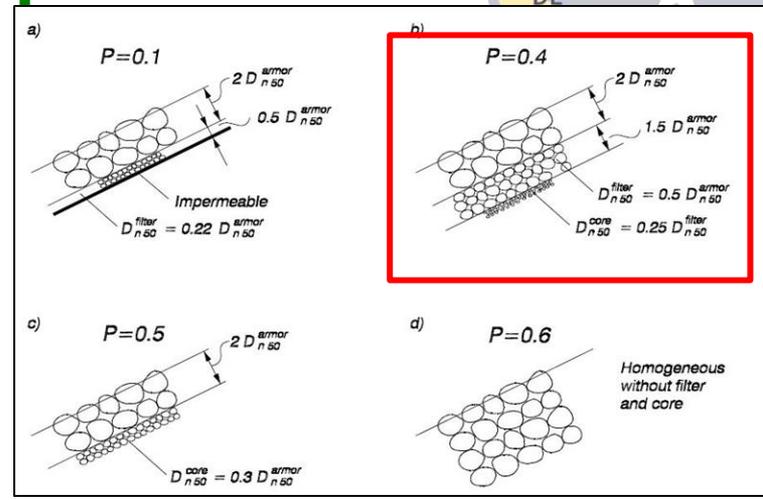
## Diseño Estructural

Van der Meer (1988)

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 \cdot S^{0.2} \cdot P^{0.18} \cdot N_z^{0.1} \cdot \epsilon_m^{0.5} \quad \text{para } \epsilon_m < \epsilon_{mc}$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 \cdot S^{0.2} \cdot P^{-0.13} \cdot N_z^{0.1} \cdot (\cot \alpha)^{0.5} \epsilon_m^P \quad \text{para } \epsilon_m > \epsilon_{mc}$$

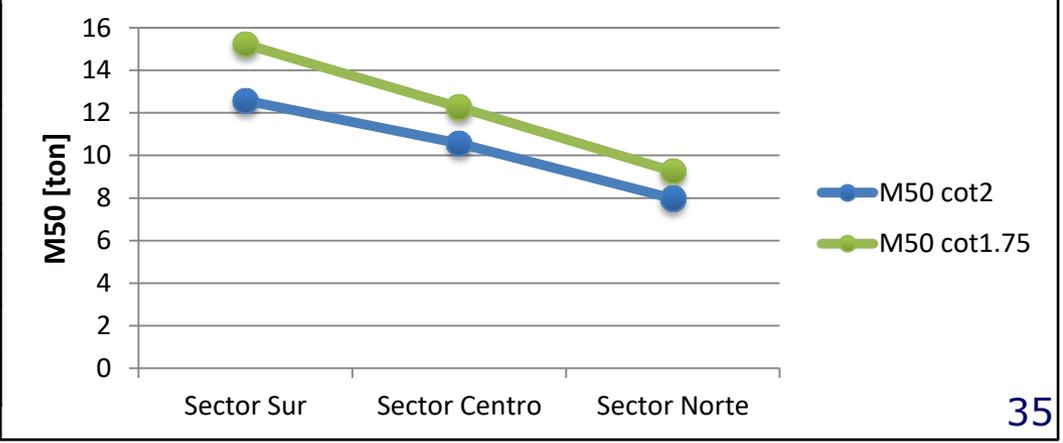
Fuente: Adaptado de CEM VI-5, 2005.



### Nivel de Daño "S"

Unidad	Pendiente	Daño Inicial	Daño Intermedio	Falla
Roca	1 : 1.5	2	3 - 5	8
Roca	1 : 2	2	4 - 6	8
Roca	1 : 3	2	6 - 9	12
Roca	1 : 4 - 1 : 6	3	8 - 12	17

### Peso de rocas – van der Meer





## Propuesta de Ingeniería Básica

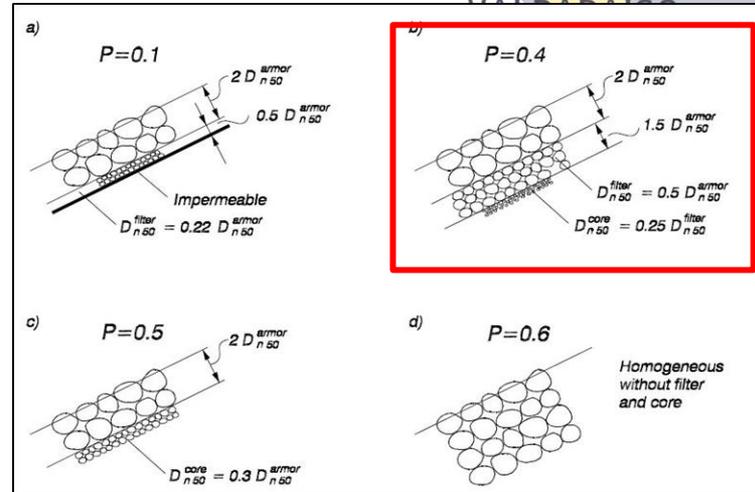
# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

Van Gent (2004)

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = 8.4 \cdot P^{0.18} \left( \frac{S}{\sqrt{N_z}} \right)^{0.2} \varepsilon_m^{-0.5} \quad \text{para } \varepsilon_m < \varepsilon_{mc}$$

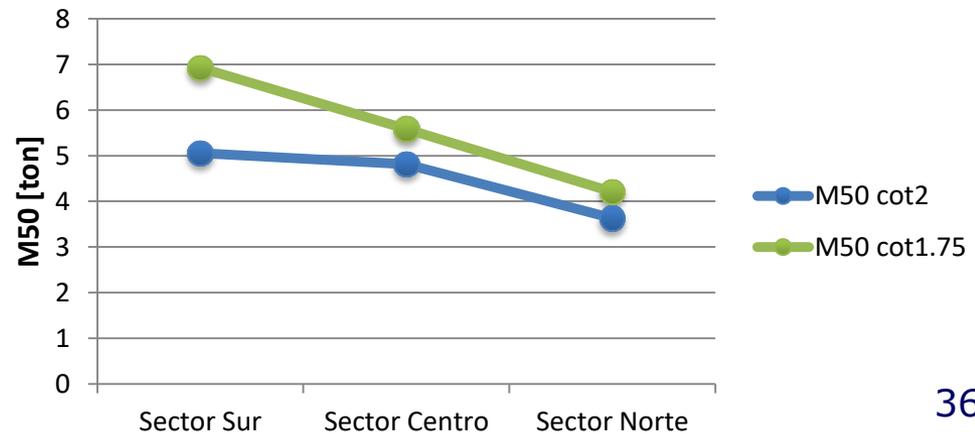
$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = 1.3 \cdot P^{-0.13} \left( \frac{S}{\sqrt{N_z}} \right)^{0.2} (\cot \alpha)^{0.5} \varepsilon_m^P \quad \text{para } \varepsilon_m > \varepsilon_{mc}$$



### Nivel de Daño "S"

Unidad	Pendiente	Daño Inicial	Daño Intermedio	Falla
Roca	1 : 1.5	2	3 - 5	8
Roca	1 : 2	2	4 - 6	8
Roca	1 : 3	2	6 - 9	12
Roca	1 : 4 - 1 : 6	3	8 - 12	17

### Peso de Rocas – van Gent





Propuesta de Ingeniería Básica

## Alternativa 1: Escollera Multicapa

### Diseño Estructural

Gerding (1993): Pie de Apoyo

- En condición de no rompiente:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = \left( 0.24 \frac{h_t}{D_{n50}} + 1.6 \right) N_{od}^{0.15}$$

- En condición de rompiente:

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = \left( 0.34 \frac{h_t}{D_{n50}} + 2.20 \right) N_{od}^{0.15}$$

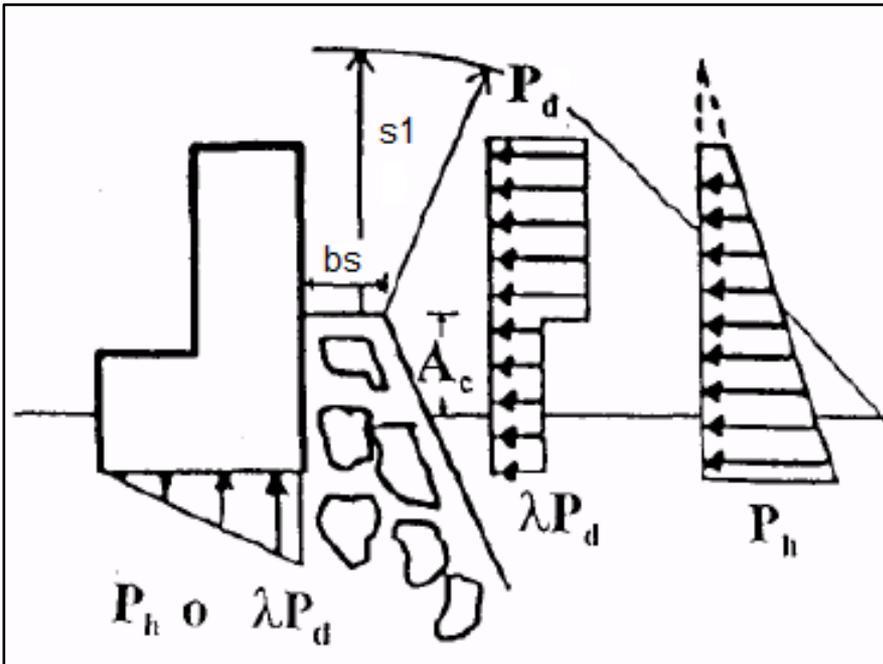


Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

Estabilidad Muro Parapeto – Fuerzas de Oleaje



Presión Dinámica:

$$P_d = \alpha_1 \rho g s_1 \quad A_c < z < A_c + s_1$$

$$P_d = \lambda \alpha_1 \rho g s_1 \quad z < A_c$$

Presión Pseudohidrostática:

$$P_h(z) = \mu_1 \rho g (s_1 + A_c - z) \quad z < A_c + s_1$$

Fuente: Martín , Vidal, Losada, & Medina, 1995

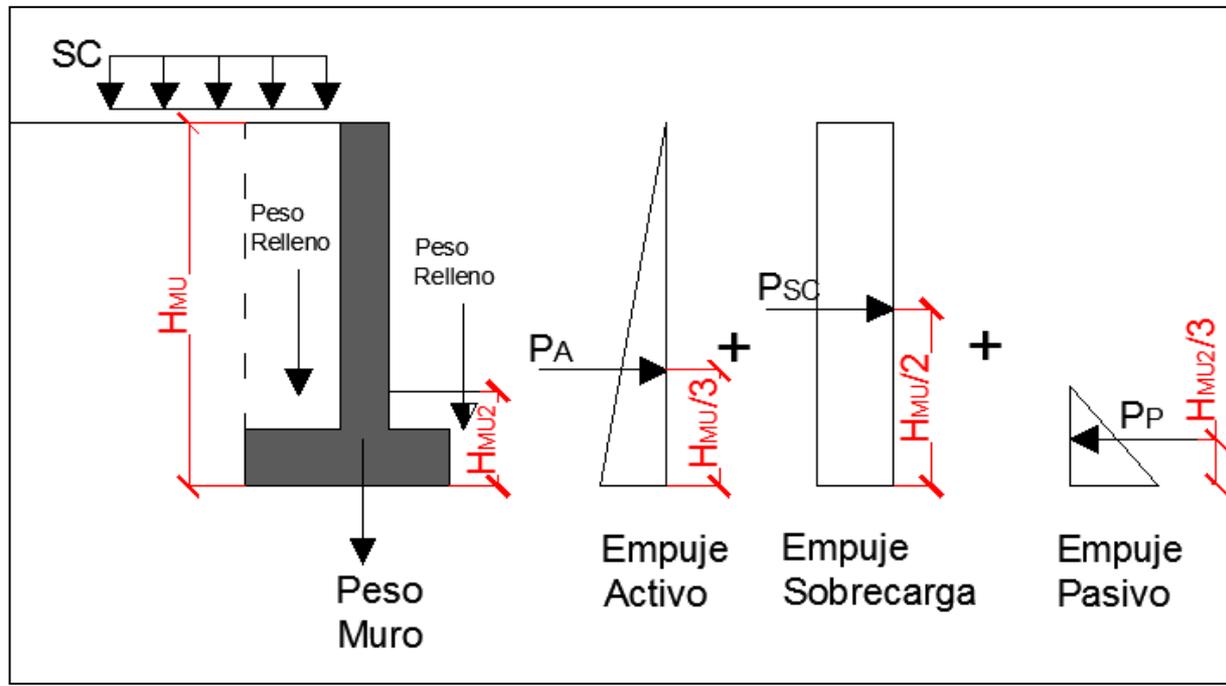


Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

### Estabilidad Muro Parapeto – Empujes: Condición Estática



$$P_A = \frac{1}{2} K_A \rho_{sat} H_{MU}^2$$

$$P_{SC} = K_a \cdot q_1 \cdot H_{MU}$$

$$P_P = \frac{1}{2} \frac{K_P \rho_{sat} H_{MU}^2}{FS}$$

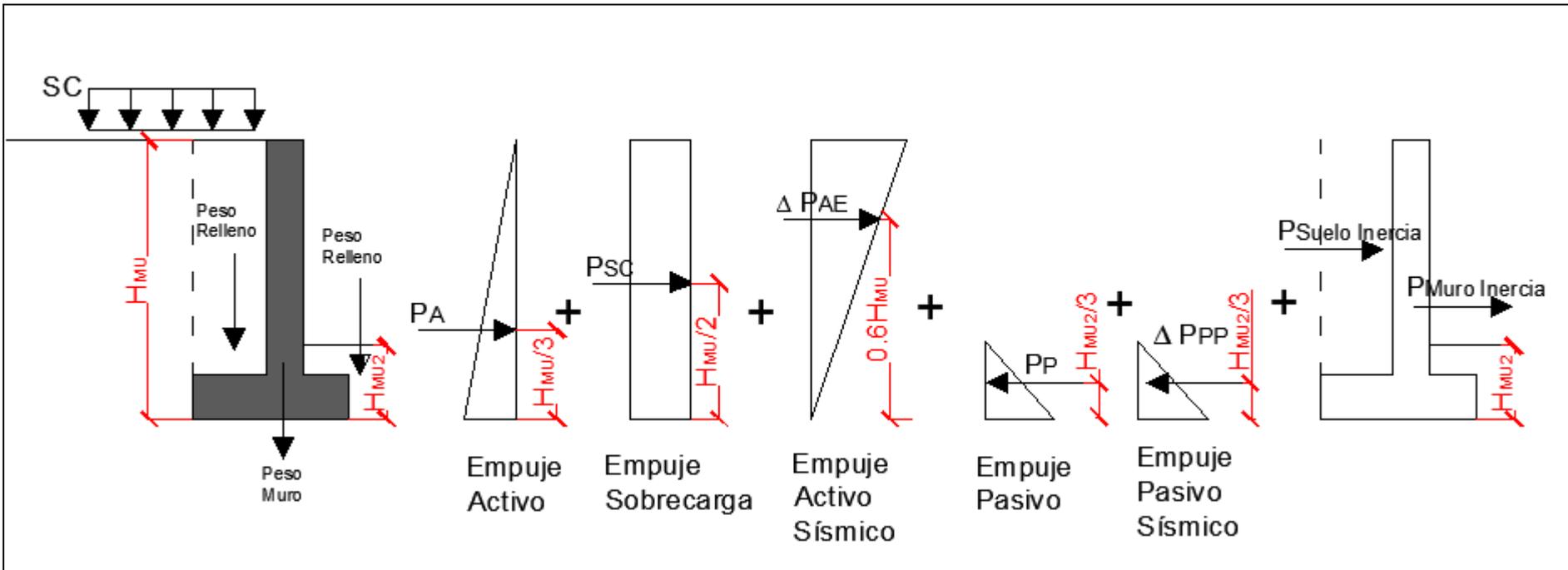


Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

### Estabilidad Muro Parapeto – Empujes: Condición Sísmica



$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \rho_{sat} H_{MU}^2 (1 - k_v)$$

$$P_{AE} = P_A + \Delta P_{AE}$$

$$P_{PP} = \frac{1}{2} H_{MU2}^2 (1 - k_v) K_{PE}$$



## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

Debido a que el muro parapeto debe contener el terreno proyectante y las fuerzas debido al oleaje, se estima los siguientes coeficientes de seguridad (Dirección de Vialidad MOP, 2015) para el análisis al deslizamiento (CSD) y vuelco (CSV) de la estructura:

- Condición Estática:

$$CSD = \frac{\sum \text{Fuerzas Resistentes} \cdot Roce}{\sum \text{Fuerzas Solicitantes}} > 1.5$$

$$CSV = \frac{\sum \text{Momentos Volcantes Resistentes}}{\sum \text{Momentos Volcantes Solicitantes}} > 1.5$$

- Condición Sísmico:

$$CSD = \frac{\sum \text{Fuerzas Resistentes} \cdot Roce \cdot (1 - Kv)}{\sum \text{Fuerzas Solicitantes}} > 1.1$$

$$CSV = \frac{\sum \text{Momentos Volcantes Resistentes} \cdot (1 - Kv)}{\sum \text{Momentos Volcantes Solicitantes}} > 1.15$$



## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

### Alternativa 1.1 Muro Parapeto

- Ea: Empuje Terreno
- SC: Sobrecarga uniforme (1 ton/m<sup>2</sup>)
- Ep: Empuje Pasivo (escollera)
- Oleaje: Fuerzas horizontales presión dinámica y pseudohidrostáticas (se analizan por separado).
- Sismo

<b>Combinaciones</b>	<b>Ea</b>	<b>SC</b>	<b>Ep</b>	<b>Oleaje</b>	<b>Sismo</b>
Comb 1	1	1	1	1	1
Comb 2	1	1	0	1	1
Comb 3	1	1	1	0	1
Comb 4	1	1	0	0	1





## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

### Alternativa 1.2 Muro Parapeto

- Ea: Empuje Terreno
- SC: Sobrecarga uniforme (1 ton/m<sup>2</sup>)
- Ep: Empuje Pasivo (escollera)
- Sismo

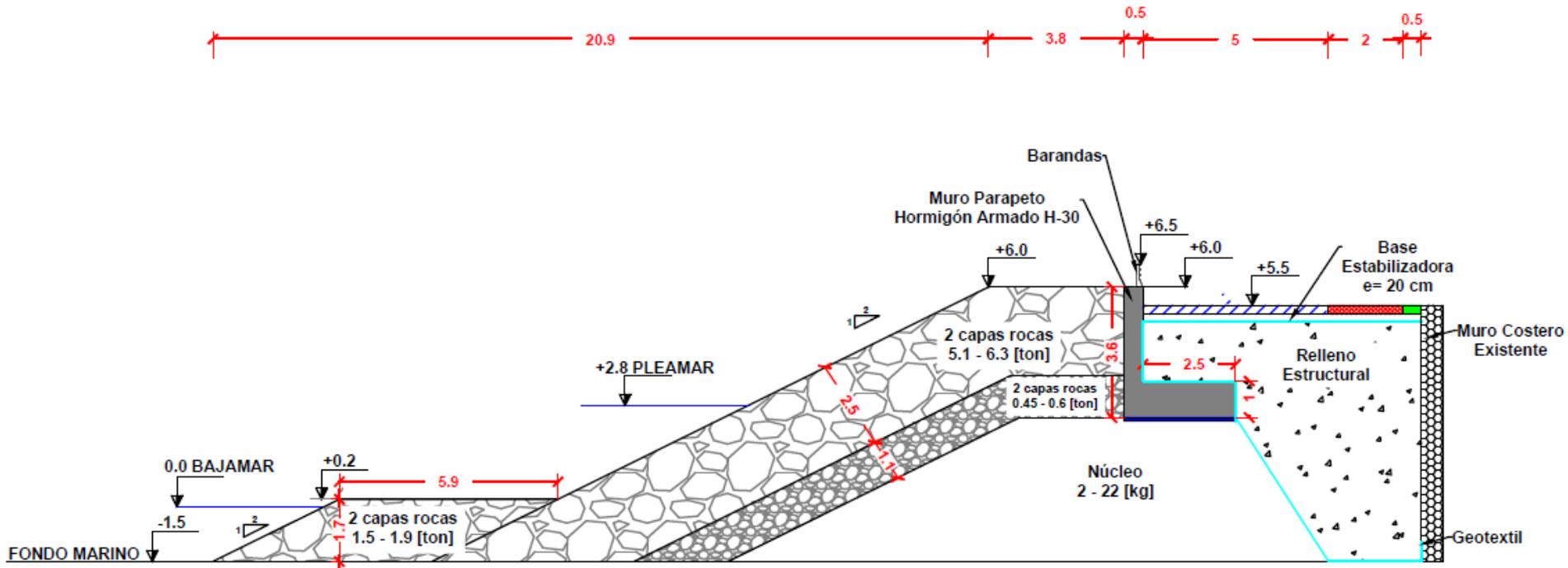
Combinaciones	Ea	SC	Ep	Sismo
Comb 1	1	1	1	1
Comb 2	1	1	0	1



Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

ALTERNATIVA 2 - CORTE A



**Nota:**  
Las cotas altimétricas están referidas al NRS

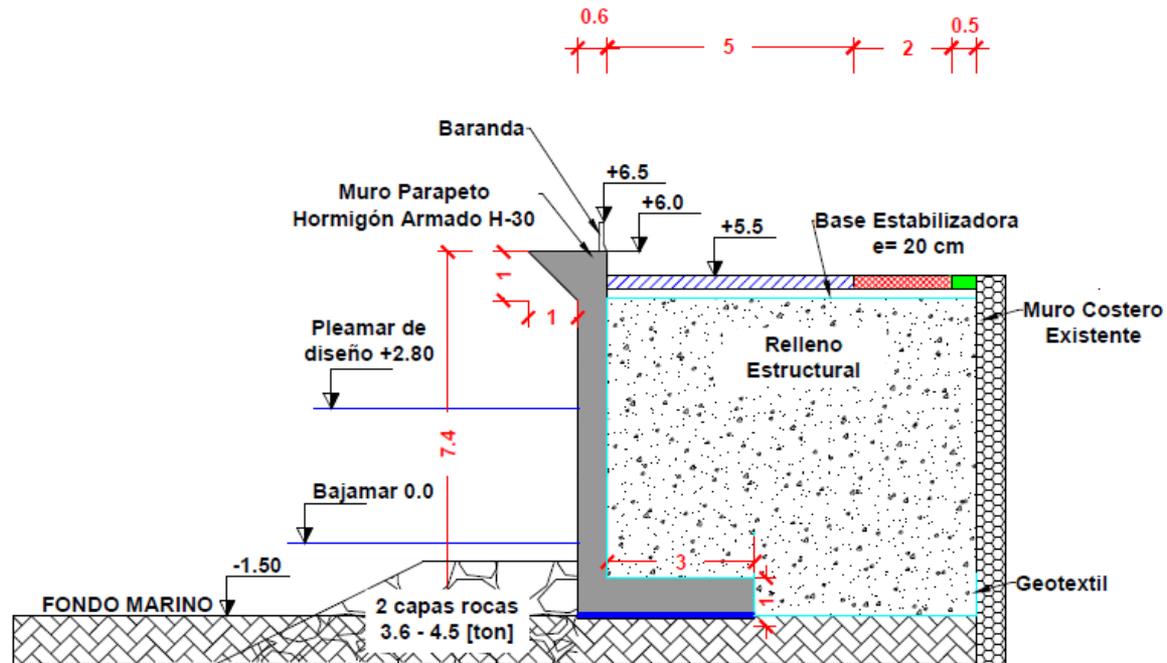
SIMBOLOGÍA	
	Acera Peatonal Hormigón e= 25 cm
	Área Verde
	Acera Ciclovía Hormigón e= 25 cm
	Emplantillado e= 10 cm H-5



## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 2: Muro Gravitacional

MURO GRAVITACIONAL 3 - CORTE A



**Nota:**  
Las cotas altimétricas están referidas al NRS

### SIMBOLOGÍA

	Acera Peatonal Hormigón e= 25 cm		Área Verde
	Acera Ciclovía Hormigón e= 25 cm		Emplantillado e= 10 cm H-5



## Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 2: Muro Gravitacional

Sobrepaso Condición Operacional [lt/s/m]				
Opción	Cuadrante	Sector Sur	Sector Centro	Sector Norte
Muro Vertical 1	3 cuadrante	204.93	160.87	117.31
	4 cuadrante	542.55	430.33	313.65
Muro Vertical 2	3 cuadrante	139.21	105.84	79.28
	4 cuadrante	244.54	187.39	140.31
Muro Vertical 3	3 cuadrante	86.42	72.05	60.93
	4 cuadrante	144.55	121.20	102.63

Fuente: Elaboración propia.

Sobrepaso Condición Extremo [lt/s/m]				
Opción	Cuadrante	Sector Sur	Sector Centro	Sector Norte
Muro Vertical 1	3 cuadrante	860.00	692.14	525.13
	4 cuadrante	595.69	478.83	356.74
Muro Vertical 2	3 cuadrante	410.42	324.88	251.48
	4 cuadrante	320.62	253.56	193.57
Muro Vertical 3	3 cuadrante	184.97	160.01	138.67
	4 cuadrante	155.98	134.58	115.44

Fuente: Elaboración propia.



**PRESUPUESTO ALTERNATIVA 1.1**

Descripción Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
<b>Instalación de Faena</b>	[gl]	1	\$ 43,164,075	\$ 43,164,075
<b>Escollera de Protección</b>				<b>\$ 1,499,813,566</b>
Suministro roca núcleo	[m3]	3,432	\$ 32,511	\$ 111,586,286
Suministro roca filtro	[m3]	3,497	\$ 38,756	\$ 135,517,446
Suministro roca coraza	[m3]	7,387	\$ 56,225	\$ 415,334,317
Suministro roca pie	[m3]	2,804	\$ 47,325	\$ 132,703,293
Suministro Emplantillado e=10 cm H-5	[m2]	960	\$ 253,456	\$ 243,191,032
Muro Parapeto de Hormigón Armado H-30	[m3]	1,464	\$ 315,132	\$ 461,481,192
<b>Obras de Relleno y Paseo Peatonal</b>				<b>\$ 192,609,455</b>
Relleno Estructural	[m3]	8,261	\$ 20,174	\$ 166,653,284
Geotextil	[m2]	2,174	\$ 3,340	\$ 7,261,160
Sub-Base Granular e=20cm	[m3]	652	\$ 11,183	\$ 7,293,227
Acera Peatonal de Hormigón, e=25cm	[m3]	435	\$ 26,211	\$ 11,401,785
<b>Urbanización</b>				<b>\$ 32,770,350</b>
Barandas	[ml]	300	\$ 72,000	\$ 21,600,000
Areas Verdes	[m2]	210	\$ 7,335	\$ 1,540,350
Escaños	[un]	10	\$ 108,000	\$ 1,080,000
Suministro defensas camineras	[ml]	300	\$ 28,500	\$ 8,550,000
<b>Subtotal Costo</b>				<b>\$ 1,725,193,371</b>
Imprevistos (10%)				\$ 172,519,337
Gastos Generales (20%)				\$ 345,038,674
Utilidades (10%)				\$ 172,519,337
<b>Subtotal Neto</b>				<b>\$ 2,415,270,720</b>
IVA 19%				\$ 458,901,437
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2,874,172,157</b>

**PRESUPUESTO ALTERNATIVA 1.2**

Descripción Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
<b>Instalación de Faena</b>	[g]	1	\$ 43,164,075	\$ 43,164,075
<b>Escollera de Protección</b>				<b>\$ 1,889,748,069</b>
Suministro roca núcleo	[m3]	12,081	\$ 32,511	\$ 392,780,346
Suministro roca filtro	[m3]	4,142	\$ 38,756	\$ 160,524,639
Suministro roca coraza	[m3]	11,119	\$ 56,225	\$ 625,177,083
Suministro roca pie	[m3]	2,464	\$ 47,325	\$ 116,598,103
Suministro Emplantillado e= 10 cm H-5	[m2]	855	\$ 253,456	\$ 216,704,880
Muro Parapeto de Hormigón Armado H-30	[m3]	1,199	\$ 315,132	\$ 377,963,018
<b>Obras de Relleno y Paseo Peatonal</b>				<b>\$ 183,309,472</b>
Relleno Estructural	[m3]	7,800	\$ 20,174	\$ 157,353,300
Geotextil	[m2]	2,174	\$ 3,340	\$ 7,261,160
Sub-Base Granular e= 20cm	[m3]	652	\$ 11,183	\$ 7,293,227
Acera Peatonal de Hormigón, e= 25cm	[m3]	435	\$ 26,211	\$ 11,401,785
<b>Urbanización</b>				<b>\$ 32,770,350</b>
Barandas	[ml]	300	\$ 72,000	\$ 21,600,000
Areas Verdes	[m2]	210	\$ 7,335	\$ 1,540,350
Asientos	[un]	10	\$ 108,000	\$ 1,080,000
Suministro e instalación, defensas camineras	[ml]	300	\$ 28,500	\$ 8,550,000
<b>Subtotal Costo</b>				<b>\$ 2,105,827,891</b>
Imprevistos (10%)				\$ 210,582,789
Gastos Generales (20%)				\$ 421,165,578
Utilidades (10%)				\$ 210,582,789
<b>Subtotal Neto</b>				<b>\$ 2,948,159,047</b>
IVA 19%				\$ 560,150,219
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 3,508,309,266</b>

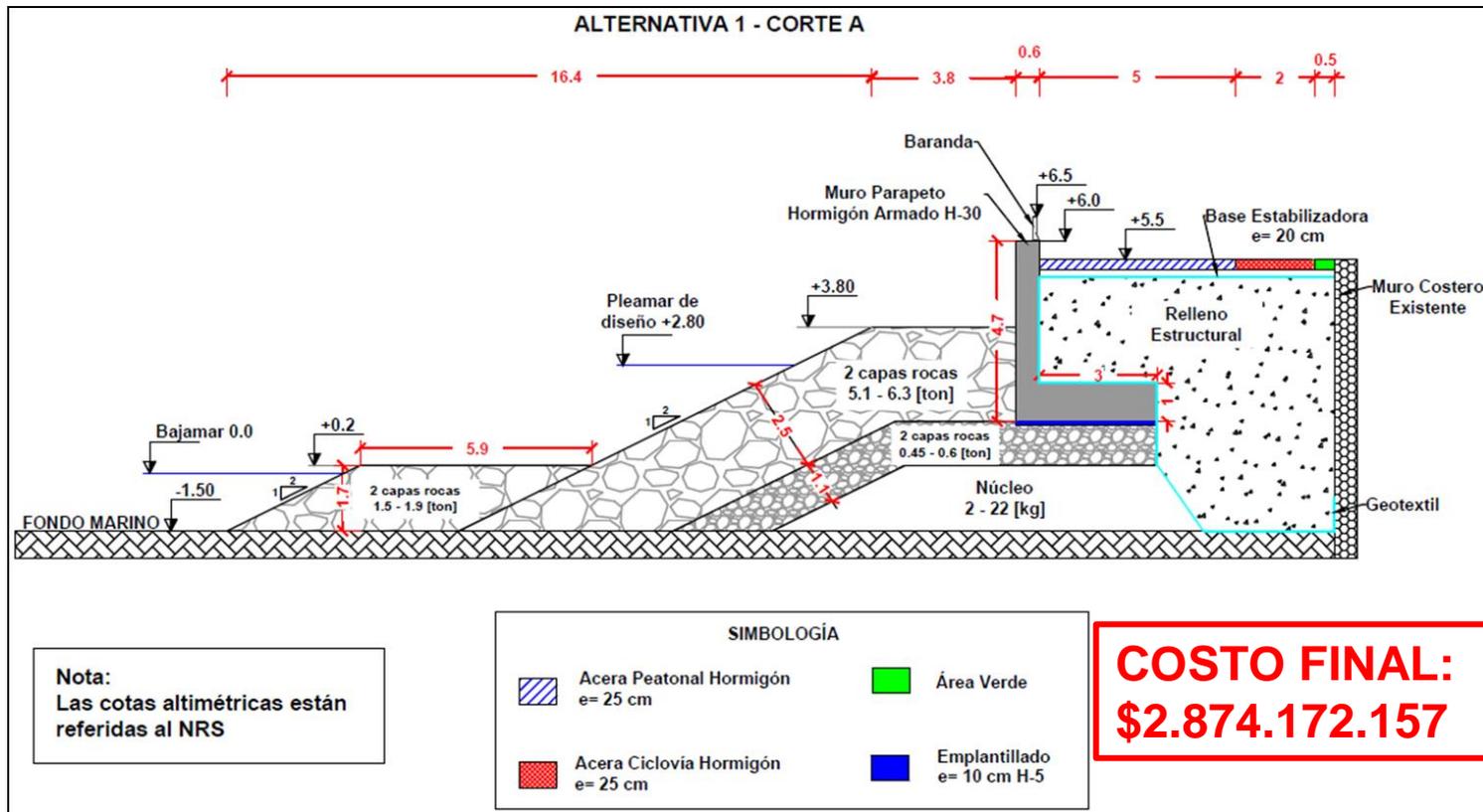


## Propuesta de Ingeniería Básica

# Presupuesto y Elección de Estructura

UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

De acuerdo al análisis de costo final de las 2 estructuras presentadas, se opta por la alternativa 1.1, fundamentalmente porque presenta un presupuesto de 20% menos en comparación de la alternativa 1.2.





## Discusión

- El desarrollo de estudios de oleaje y marea, se llevó a cabo mediante las instrucciones oceanográficas 3201 y 3202 del SHOA, lo cual es consistente para establecer los valores de diseño
- Respecto a la división entre el 3er y 4to cuadrante en el clima extremo de aguas profundas, permite seleccionar las peores 30 tormentas de cada cuadrante.
- La utilización de la fórmula van Gent (2004) para el cálculo de elementos de escollera, presenta una mayor aceptación debido a que arroja valores de peso de rocas semejante a las de otro proyecto (ej. Construcción Caleta Quintay).
- Debido que no se cuenta con información topobatimétrica de la zona donde se proyecta la obra, se tomó la determinación de considerar fondo plano.



UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

## Conclusiones

- Se cumple con el objetivo principal de este proyecto, ya que se realizó estudios de ingeniería oceánica, para desarrollar un diseño de una obra costera, incorporando el mejoramiento del acceso peatonal.
- Con respecto a la alternativa elegida, presenta un sobrepaso esperado menor al admisible, es decir que no existe algún peligro o riesgo para las personas, además de ser la alternativa menos costosa.
- Este proyecto genera diversos beneficios, ya que genera continuidad del borde costero con respecto a otros tramos, además existe un mejor acceso tanto a la playa como a la caleta teniendo beneficios económicos, y sin duda es un proyecto de carácter inclusivo, ya que permite el tránsito de deportistas, ciclistas, personas con movilidad reducida y coches de niño.



## Recomendaciones

- Utilizar registros de oleaje de Valparaíso más actualizados.
- Levantamiento topobatimétrico de precisión en la zona de estudio.
- Utilización de modelos físicos.
- Estudio de mercado de proveedores de materiales y maquinarias.



## **Defensa de Proyecto para optar al Título de Ingeniero Civil Oceánico**

**Diseño de Defensa Costera y  
Mejoramiento Borde Costero, desde  
Caleta San Pedro hasta playa La Boca,  
Concón, Chile**

**JOSÉ ZAMORA ESCOBAR.  
Valparaíso, Noviembre 2016**



# ANEXOS



UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

## Caracterización del Medio

# Marea

- Marea Meteorológica – Variaciones de presión atmosférica

Se realiza un análisis de los registros extremos (máximo y mínimos) correspondiente a la estación meteorológica ubicada en el edificio Montemar en Reñaca, de la Universidad de Valparaíso.

$$\zeta = 0.99 \cdot \Delta P$$

	Presión Atmosférica (Nivel del mar)	Fecha
Más baja	1000,48 hPa	1:13 de 8 Agosto 2015
Promedio	1013,10 hPa	
Más alta	1031,43 hPa	11:05 de 5 Julio 2014

Se obtiene un ascenso del nivel del mar de +0.12 [mNRS] para condiciones de tormentas, mientras para para buen tiempo una desnivelación de -0.18 [mNRS].



UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

## Caracterización del Medio

### Marea

- Marea Meteorológica – Sobreelevación del Nivel del mar debido a efectos de viento

Se utilizan los registros de viento extremos otorgados por la estación meteorológica en el edificio Montemar en Reñaca, de la Universidad de Valparaíso.

$$\eta_0 = k_1 \cdot \frac{F}{d} (U \cdot \cos \beta_2)^2$$

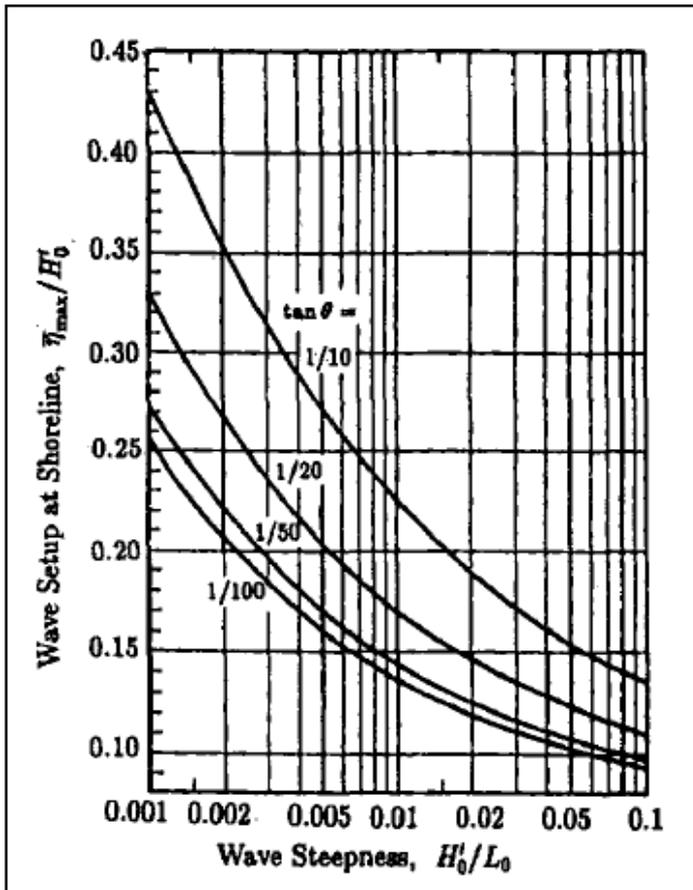
	Velocidad de Viento	Fecha
<b>Ráfaga de viento más alta</b>	56.5 nudos	1:44 de 8 Agosto 2015
<b>Mayor velocidad media del viento</b>	39.1 nudos	3:56 de 8 Agosto 2015



## Caracterización del Medio

# Marea

- Marea Meteorológica – Sobreelevación del Nivel del mar debido a efectos de viento



H'o	8.9	m
Tp	15	s
Lo	217	m
H'o/Lo	0.041	
$\eta_{\max}/H'o$	0.12	
$\eta_{\max}$	1.07	m

Se obtiene una sobreelevación de la superficie del mar de +1.07 [m].



# Fundamentación del Problema



Fuente: Google Earth.



# Bases de Diseño

## Vida Útil y Riesgo

**TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)**

TIPO DE OBRA O INSTALACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

**LEYENDA:**

**INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:**  
Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

**DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO:**  
Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

**NIVEL 1:**  
Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.  
Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.  
(Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

**TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS**

a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS

REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA.		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
Indice: $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15

b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL

REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA.		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
Indice r: $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05

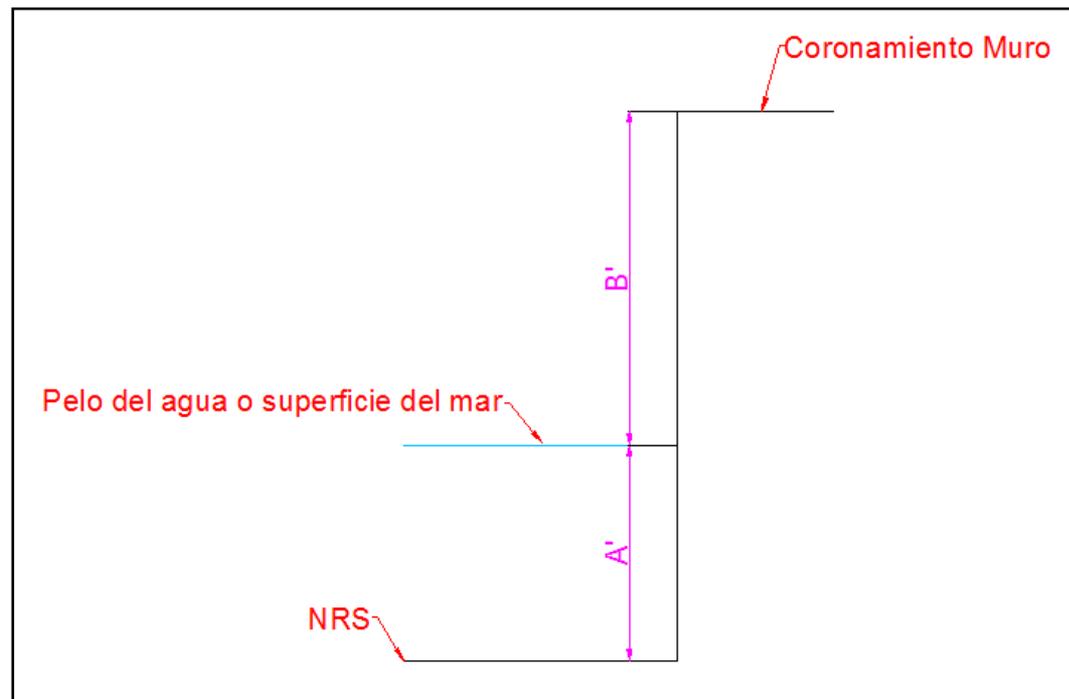
Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente.  
Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total.  
Para obras flexibles, semirígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías.  
En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.



## Caracterización del Medio

# Topografía

Para realizar el levantamiento topográfico en el acceso peatonal y en la zona costera aledaña, se efectuó una nivelación del muro de mampostería referido al pelo del agua, en 4 puntos del tramo desde caleta San Pedro hasta la playa La Boca.



Fuente: Elaboración propia.



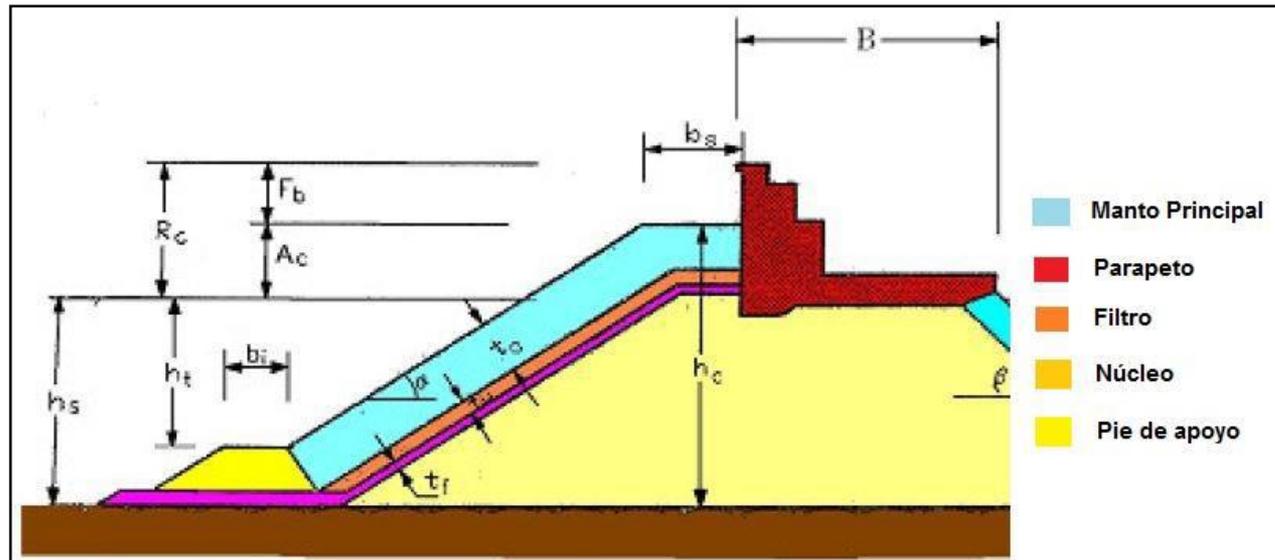
UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO

Propuesta de Ingeniería Básica

# Alternativa 1: Escollera Multicapa

## Diseño Estructural

Se presentan las dimensiones de los elementos de coraza exterior, filtro, núcleo y la estabilidad del muro parapeto o espaldón, los cuales se estimaron en función del peor escenario (mayor altura de ola) entre cuadrante.



Fuente: CEM VI-5, 2002