

ESTUDIO DE PROTECCIÓN DE LA VÍA COSTERA SAN JACINTO – BAHÍA DE CARÁQUEZ

Ing. Ms. Jacinto Rivero Solórzano y Ing. MI José Solís Cabezas

Guayaquil – Ecuador

E-mail: jacintoriverosolorzano@gmail.com, jsolicabezas@gmail.com

Introducción

La Vía San Jacinto – Bahía de Caráquez, figura 1, forma parte de la Ruta del Espondilos, de 25 km. de longitud y, en virtud del trazado propuesto, gran parte de la misma estará influenciada por la marea y por lo tanto en contacto directo con el mar, por lo que será necesaria la consideración de este aspecto para diseñar estructuras especiales de protección tendientes a garantizar la estabilidad de la vía, donde la amplitud de la marea es superior a los tres metros y la altura de las olas es mayor a 1.5 metros.

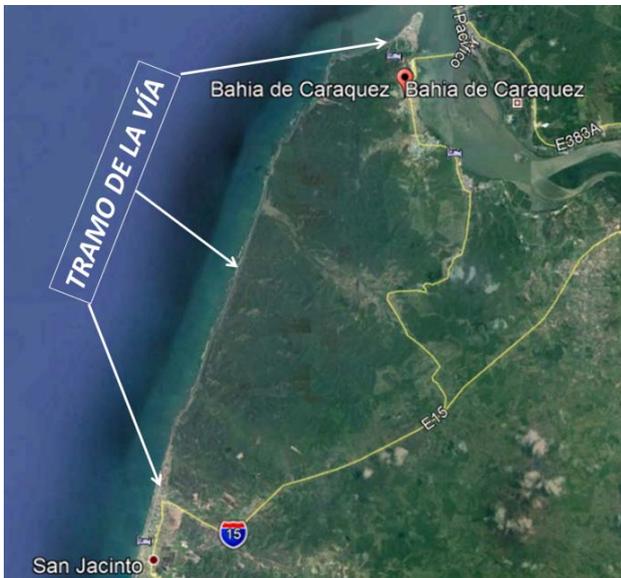


Figura 1.- Tramo de la Vía Manta - Bahía de Caráquez.

Objetivos del Estudio

El diseño de la vía requiere de la necesidad de establecer protecciones con enrocado que le brinden estabilidad al terraplén y eventualmente a los sitios de cruce con puentes, razón por la cual, el estudio se enfoca exclusivamente a analizar las particularidades involucradas alrededor de las protecciones de la vía por la influencia del mar.

Para el efecto, se consideraron metodologías que contemplan el efecto de las olas, para lo cual se requerirá del análisis de los niveles máximos de las mareas y de la magnitud de las olas, principalmente.

Características oceanográficas

Es necesario conocer, entre otros aspectos, las características oceanográficas que prevalecen, para acometer con seguridad las obras de infraestructura a lo largo del perfil costero relacionadas con la Vía comprendida entre las poblaciones mencionadas.

Con la información proporcionada por la Estación Mareográfica de Jaramijó y de Manta, se elaboraron las Curvas de Probabilidades y de Frecuencia de la Altura de Ola, figura 2, y de los niveles máximos anuales de pleamar, figura 3, respectivamente.

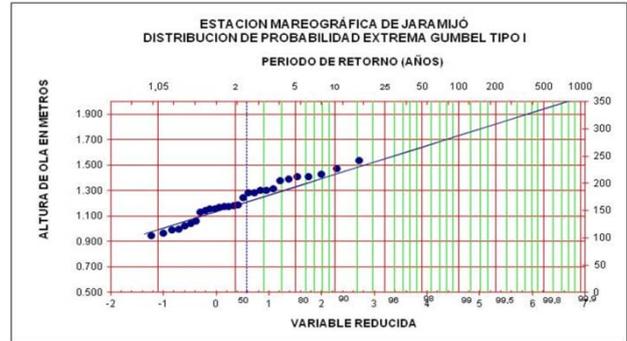


Figura 2.- Curva de frecuencia de las alturas de olas.

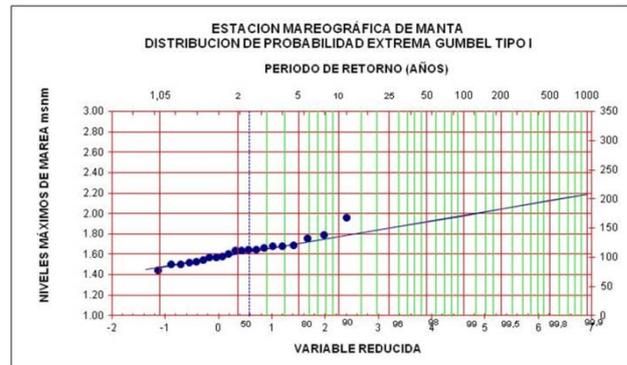


Figura 3.- Curva de frecuencia de niveles de marea.

En las figuras 4 y 5, se pudo apreciar que las olas entran de manera perpendicular a la línea de costa y que las mismas se disipan al final de la playa, dada la pendiente relativamente grande de la misma.



Figura 4.- Tramo Mesita – Bellaca.

Figura 5.- Tramo El Pajonal.

Diseño de protección con enrocado

Un esquema sobre la caracterización de las olas usada en la protección de escolleras, así como el tamaño y calidad de la roca utilizada, el espesor del manto de enrocado y la pendiente son los factores a determinar en el diseño, cuyo ejemplo típico se presenta en la Figura 6.

Para calcular el peso de los elementos se emplearon alguna de las expresiones que se presentan a continuación, entre las que, tomando en consideración la génesis del método planteado por U. S. Army Corps of Engineers (USACE) y una protección en base a una roca con aristas vivas, se establece, por el propio USACE, 2002, una roca con una gradación en peso con la siguiente variación:

$$0.125 W_{50} < W < 4W_{50}$$

<p>Fórmula de Iribarren</p> $P = \frac{0.43 H_d^3 \gamma_s}{(2.38 \cos \alpha - \sin \alpha) \left(\frac{\gamma_s - 1}{\gamma_w}\right)^3}$ <p>Fórmula de Iribarren (mod)</p> $P = \frac{H_d^3 \gamma_s}{K_d \left(\frac{\gamma_s - 1}{\gamma_w}\right)^3 \cot \alpha}$ <p>Fórmula del USACE</p> $W = \frac{W_r H^3}{K_0 (S_r - 1)^3 \cot \theta}$	<p>Donde P, es el peso de los elementos en Ton., H_d, altura de la ola de diseño, S, peso unitario de los elementos, W, peso unitario del agua, α, ángulo entre la horizontal y el talud en grados, K_a, factor de forma del elemento y de su ubicación con respecto a la ola, W_r, peso unitario de la piedra, H, altura de diseño de la ola, K₀, coeficiente de estabilidad, S_r, gravedad específica de la piedra, W_w, peso unitario del agua del mar, θ, Angulo de pendiente de la estructura en grados.</p>
---	--

Altura de la protección

Se estableció una altura de ola de **1.72 m** para un Tr de 100 años, sin embargo, evaluó la altura de la protección asumiendo que el terraplén pudiera estar sometido de manera esporádica a un moderado salpicado por parte de la ola.

El **U.S. Army Corps of Engineers** considera que la altura de la protección es función de la altura máxima de la ola, **H_b**, o la media de las más altas mareas que sobrepasen en un 10 o 5 %, cualquiera que sea mayor, recomendación basada en los fundamentos de la formulación y resultados de laboratorio.

Los revestimientos de costas están generalmente localizados donde el nivel de la marea es relativamente pequeño y se recomienda la expresión, **H_b = 0.8 * d_s**, donde, **H_b** es la altura máxima de la ola y **d_s**, la profundidad al pie de la protección. La altura de la ola, figura 6, que puede exceder la altura de la vía durante el 2 % del tiempo, se expresa a continuación: (figura 6)

$$(R_{u2\%}/H_s) = 1.6 * r \zeta_{op}$$

R_{u2%} = Altura excedida 2%
H_s = Altura de la ola al pie
r = Coeficiente de rugosidad (r = 0.55 para enrocado)
θ = Pendiente del talud
T_p = Periodo de la ola
g = Gravedad
ξ_{op} = Parámetro de similitud

$$\zeta_{op} = \frac{\tan \theta}{\sqrt{2 \pi H_s g T_p^2}}$$

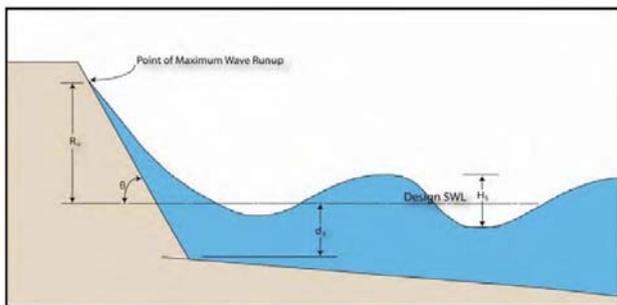


Figura 6.- Esquema sobre la altura que alcanza la ola.

Resultados Obtenidos

Para definir las protecciones que se requieren en algunos tramos de la vía Manta - Bahía de Caráquez para contrarrestar el ataque de las olas, se han considerado cuatro profundidades de agua de

alta marea en contacto con el terraplén de la vía, los mismos que varían desde 1.92 a 0.5 metros.

Para los casos analizados, se preparó una salida de resultados con las evaluaciones para cada formulación utilizada, acompañado por un esquema en donde aparecen los datos relevantes del cálculo, tal como se observa en la figura 7, para el nivel máximo de marea equivalente a **1.92 m**, para la cual la cota de la parte superior de la protección es de **4.68 m.s.n.m**.

A lo largo de la vía se establecieron cuatro tipos de protección considerando, entre otros aspectos, la altura de la ola en contacto con el enrocado, en base a su cota de cimentación.

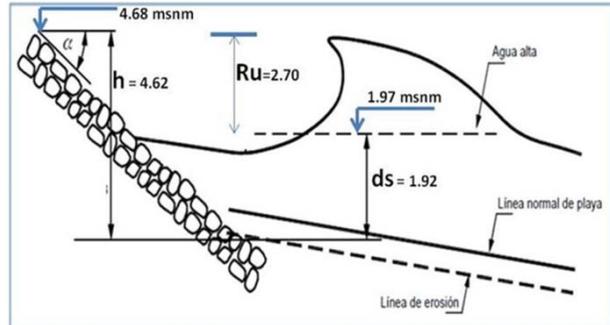


Figura 7.- Características del Enrocado para ds = 1.92 metros

Se recomienda usar el tamaño del enrocado en función del Método del U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, USACE, que arroja los mismos resultados que el Método de Hudson si se considera un coeficiente equivalente a una piedra angular, que es el caso del presente estudio. El resumen de los resultados para cada uno de los tipos de enrocados considerados, se presentan en la figura 8, y a manera de muestra, la protección de un tramo de la vía, figura 9.

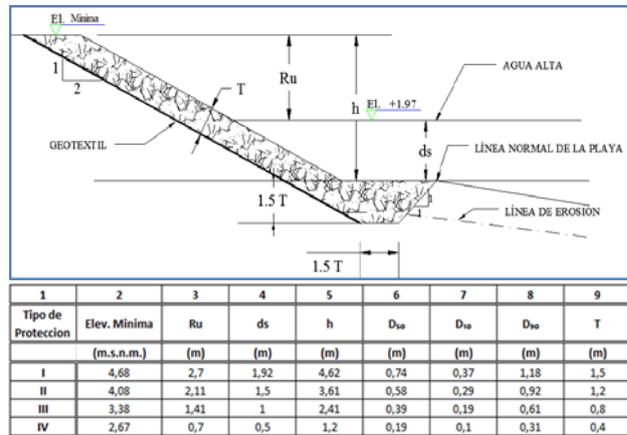


Figura 8.- Características de los Enrocados Analizados.

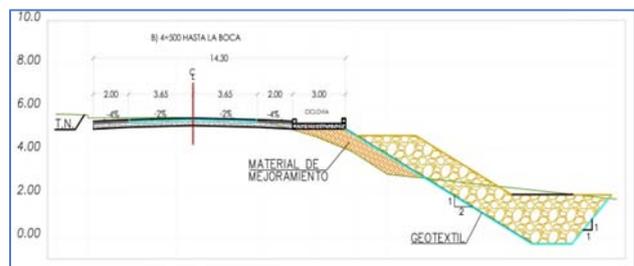


Figura 9.- Protección de un tramo de vía

Referencias

Suarez J., (2001), Control de Erosión en Zonas Tropicales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia,
 Garcia H. M. Edit. (2008), Sedimentation Engineering, ASCE Manual and Report on Engineering Practice No.110.
 U. S. Army Corps of Engineers, (1984), Coastal Engineering.