

ANEJO 6. TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL

Proyecto Básico de defensa de costa en cala la Manzanera en Calpe (Alicante)

Proyecto Básico de defensa de costa en cala la Manzanera en Calpe (Alicante)

1. Introducción

Se define la dinámica litoral como el conjunto de procesos costeros causados por los agentes climáticos marinos al actuar sobre el medio. Los principales agente climáticos marinos son el oleaje, el viento, las variaciones del nivel del mar y las corrientes.

Uno de los elementos esenciales en la dinámica litoral es el transporte sólido litoral. Este proceso se define como el movimiento del material sobre la franja litoral causado por la incidencia y propagación del oleaje. Cuando el oleaje incide oblicuamente sobre la costa, genera dos tipos de corrientes, una longitudinal paralela a la línea de costa y otra transversal, perpendicular a la línea de costa.

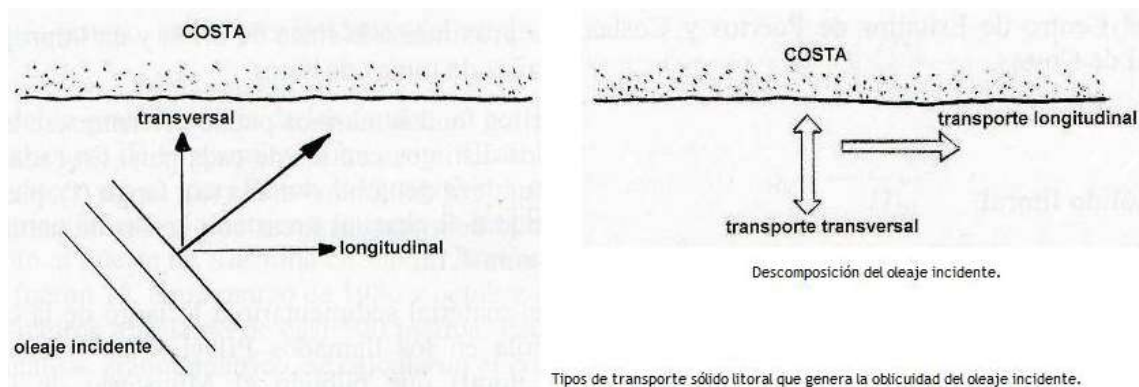


Imagen 1. Tipos de transporte litoral

El transporte sólido litoral tiene una gran influencia sobre cualquier proyecto de obra costera, por ello es necesario realizar un análisis detallado sobre dicho proceso en la zona de actuación.

2. Fórmula a emplear

Para el cálculo teórico del transporte sólido litoral en una playa expuesta al oleaje se utiliza una aproximación basada en el flujo de energía "*longshore*". Esta aproximación recoge sus datos en una fórmula empírica muy utilizada en análisis costeros de dinámica litoral que presentó el SPM, *Shore Protection Manual*, en 1984.

La fórmula citada, mediante datos de oleaje, permite obtener el caudal medio de material que atraviesa un punto de la línea costera por unidad de tiempo, generalmente, por año. La función definida es la siguiente:

Proyecto Básico de defensa de costa en cala la Manzanera en Calpe (Alicante)

$$Q \left(m^3 / año \right) = 1290 \times P_{ls}$$

Donde:

$$P_{ls} = 0,05 \times \rho \times g^{\frac{3}{2}} \times H_{so}^{\frac{5}{2}} \times \cos(\alpha_0)^{\frac{1}{4}} \times \sin(2\alpha_0)$$

Siendo:

- ρ : Densidad de agua marina
- g : Valor de la gravedad
- H_{so} : Altura de ola significativa en profundidades indefinidas
- α_0 : Ángulo de incidencia del oleaje sobre la línea de costa

A la anterior función, se multiplican varios términos que permiten representar la dirección del oleaje en cada caso e introducir la probabilidad de presencia de las distintas alturas de ola significantes. De ello resulta la siguiente expresión:

$$Q \left(m^3 / año \right) = 2030 \times 10^3 \times f \times H_{so}^{\frac{5}{2}} \times \cos(\alpha_0)^{\frac{1}{4}} \times \sin(2\alpha_0) \times K_0 \times K_f$$

Siendo:

- f : probabilidad de altura de ola
- K_0 : término que representa la posibilidad de aparición de ciertas direcciones de oleaje
- K_f : factor que representa la relación entre la amplitud del sector real que genera el transporte sólido en un sentido y la del sector teórico inicial.

De diversos informes realizados por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas) de las costas del levante español, la fórmula del CERC para calcular la capacidad de transporte sólido longitudinal supone como sedimento de la playa, arena. Cuanto más se desvíe el sedimento del tamaño de la arena media, mayores son los errores que se cometen aplicando esta fórmula. En la cala la Manzanera, el sedimento está compuesto de un material granular formado por gravas y gravillas, por ello la fórmula del CERC no es aplicable tal cual, para nuestro caso, dada la gran desviación del material estándar.

Para resolver este problema, la *Hydraulics Research Station*, en el año 1973, determinó un coeficiente K_{gravas} aplicable a gravas, tras una serie de estudios de la

Proyecto Básico de defensa de costa en cala la Manzanera en Calpe (Alicante)

costa sur de Inglaterra y recogida en “*Review of Shingle Sea Defences*”, dando un valor:

$$K_{\text{gravas}} = 0,0035$$

Debe tenerse en cuenta que este coeficiente se ha determinado para gravas, en ausencia de marea, por lo que no sería válido para cualquier otro tipo de material granular más grueso o más fino. Aplicando este coeficiente K_{gravas} en la fórmula del CERC obtenemos:

$$Q \left(\frac{m^3}{\text{año}} \right) = 1,47 \times 10^4 \times f \times H_o^{\frac{5}{2}} \times (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \times \sin(2 \alpha_0) \times k_0 \times k_g$$

Fórmula que utilizaremos para calcular los caudales anuales que entran y salen en nuestra zona de actuación.

3. Cálculos del caudal

3.1. Orientación del oleaje

Para poder hacer uso de la fórmula, obtenemos las direcciones significativas de oleaje del *Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español de las Recomendaciones para Obras Marítimas R.O.M 03-91*.

Nuestra zona de actuación se sitúa en la cuadrícula correspondiente al Área –VII, que engloba las costas que bañan las provincias de Alicante y Valencia.

De dicha hoja obtenemos las siguientes direcciones significativas de oleaje:

Proyecto Básico de defensa de costa en cala la Manzanera en Calpe (Alicante)



Imagen 2. Direcciones significativas.

En nuestro caso sólo tendremos en cuenta las direcciones de oleajes correspondientes al abanico englobado entre las direcciones Sur y Este, por la condición de playa encajada.

En primer lugar calculamos el coeficiente K_g y extraemos el k_0 de la misma memoria de la R.O.M. 03-91 para cada abanico de 22,5 grados de las direcciones de oleaje escogidas.

Dirección	E	ESE	SE(+)	SE(-)	SSE	S
Angulo	22.5	22.5	16	6.5	22.5	22.5
kg(+)	1	1	0.711	0	0	0
kg (-)	0	0	0	0.288	1	1
k0	0.060	0.064	0.033	0.033	0.028	0.037

3.2. Altura ola – dirección del oleaje

A continuación obtenemos el coeficiente f , probabilidad de altura de ola, para cada dirección de oleaje y para las alturas de ola significativa a las que está sometida la zona de actuación.

Para ello utilizamos los datos obtenidos en el *Anejo 5. Clima Marítimo*, sobre las direcciones de ola y alturas significativa medidas por el Punto SIMAR 2085103.

Proyecto Básico de defensa de costa en cala la Manzanera en Calpe (Alicante)

		Hs		
Dirección	Angulo Alfa	0.5	1	1.5
E	51.5	5.89	9.258	1.895
ESE	29	6.311	9.782	0.776
SE (+)	6.5	3.116	2.774	0.148
SE (-)	6.5	3.116	2.774	0.148
SSE	16	1.587	2.112	0.274
S	38.5	3.642	3.208	0.674
		23.662	29.908	3.915

2	2.5	3	3.5	4	TOTAL
0.24	0.354	0.297	0.091	0	18.025
0.091	0	0	0	0	16.960
0.034	0	0	0	0	6.072
0.034	0	0	0	0	6.072
0.011	0	0	0	0	3.984
0.137	0	0	0	0	7.661
0.547	0.354	0.297	0.091	0	

A continuación calculamos el factor f para cada dirección de oleaje:

		Hs		
Dirección	Angulo Alfa	0.5	1	1.5
E	51.5	0.327	0.514	0.105
ESE	29	0.372	0.577	0.046
SE (+)	6.5	0.513	0.457	0.024
SE (-)	6.5	0.513	0.457	0.024
SSE	16	0.398	0.530	0.069
S	38.5	0.475	0.419	0.088
		2.599	2.953	0.356

2	2.5	3	3.5	4	TOTAL
0.013	0.020	0.016	0.005	0.000	1
0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	1
0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	1
0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	1
0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	1
0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	1
0.051	0.020	0.016	0.005	0.000	

Proyecto Básico de defensa de costa en cala la Manzanera en Calpe (Alicante)

3.3.Caudal

Una vez obtenidos todos los coeficientes, simplemente aplicamos la fórmula del caudal descrita anteriormente.

$$Q \left(m^3 / año \right) = 1,47 \times 10^4 \times f \times H_o^{\frac{5}{2}} \times (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \times \sin(2 \alpha_0) \times k_0 \times k_g$$

Para el cálculo del caudal total se ha considerado positivos los caudales de Norte a Sur y negativos los de Sur a Norte.

		Hs		
Dirección	Angulo Alfa	0.5	1	1.5
E	51.5	44.111	392.216	221.231
ESE	29	50.977	446.973	97.711
SE (+)	6.5	7.109	35.800	5.263
TOTAL POSITIVO		102.197	874.989	324.205

SE (-)	6.5	2.880	14.501	2.132
SSE	16	15.419	116.075	41.498
S	38.5	41.773	208.144	120.508
TOTAL NEGATIVO		60.071	338.720	164.138

2	2.5	3	3.5	4	TOTAL
57.517	148.204	196.141	88.353	0.000	1147.772
23.522	0.000	0.000	0.000	0.000	619.183
2.482	0.000	0.000	0.000	0.000	50.654
83.521	148.204	196.141	88.353	0.000	1817.610

1.005	0.000	0.000	0.000	0.000	20.518
3.420	0.000	0.000	0.000	0.000	176.411
50.283	0.000	0.000	0.000	0.000	420.709
54.709	0.000	0.000	0.000	0.000	617.638

Resultando un transporte litoral en dirección Norte-Sur:

Q TOTAL N-S (m³)	1199.972
------------------	----------