



ANEJO 8:

DINÁMICA

LITORAL

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA
PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

ÍNDICE DEL ANEJO

1. Introducción	1
2. Dinámica litoral	1
3. Transporte sólido	2
3.1 Cálculo	3
4. Bibliografía	6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Altura significativa (Hs) – Dirección de procedencia en %. (Fuente: Puertos del Estado)	4
Tabla 2. Altura significativa (Hs) – Dirección de procedencia en %. (Solo las direcciones objeto del estudio). (Fuente: Elaboración propia)	4
Tabla 3. Ángulos respecto de la N.L.C, con sus respectivos Kg y Kp. (Fuente: Elaboración propia)	5
Tabla 4. Caudal positivo. (Fuente: Elaboración propia)	5
Tabla 5. Caudal negativo. (Fuente: Elaboración propia)	5

1. Introducción

Para el análisis de cualquier tramo de costa es de gran importancia la elaboración de un estudio sobre el transporte sólido litoral que se produce en ese mismo tramo. El objetivo de este estudio es el de cuantificar dicho transporte para así facilitar a la hora de establecer un criterio para el diseño de las obras a realizar para la actuación en la costa para la alternativa elegida.

2. Dinámica litoral

La dinámica litoral es fundamental para la planificación y el establecimiento de obras marítimas, ya sea de forma directa o indirecta. La línea de costa es un medio dinámico que está constantemente evolucionando, cambiando de forma y posición en función de diversos agentes externos. Los agentes causantes de esta constante evolución son los siguientes:

- Viento
- Oleaje
- Corrientes
- Batimetría
- Nivel del mar
- Dinámica fluvial
- Acciones antropogénicas
- Transporte sólido

3. Transporte sólido

El transporte sólido litoral es un proceso geológico y oceanográfico que involucra el movimiento de partículas sólidas, como bien pueden ser arena, gravas y sedimentos. Este proceso es influenciado por los agentes mencionados anteriormente y alguno más como las características geológicas de la zona, la intervención humana, los cambios estacionales... y es fundamental para dar forma a las playas.

El transporte sólido se puede estudiar en dos zonas:

- La zona próxima a la costa, también denominada “onshore” situada entre la playa seca y la zona de rompientes.
- La zona alejada de la costa, denominada “offshore” situada mar adentro comprendida desde la zona de rompientes hasta la profundidad de cierre.

En la zona onshore es donde se produce mayor movimiento de sedimentos, debido a que se producen movimientos tanto transversales como longitudinales, mientras que en las zonas offshore solo se producen movimientos de sedimentos de carácter transversal.

Antes de proceder al cálculo del transporte sólido litoral, una vez se han explicado los conceptos de dinámica litoral y transporte sólido a la zona de estudio, se comentarán los datos más importantes referidos a estos conceptos sobre la playa de Torrenostra:

- Hace muchos años la fuente principal de sedimentos era la del río Cuevas, que forma un pronunciado delta en su desembocadura, estando situado al norte de la playa, pero con el paso del tiempo se produjo crecimiento de vegetación a priori de forma natural en el saliente del río, lo que implicó que el transporte de sedimentos fuera muy reducido quedando, así como en la actualidad.
- El transporte sólido litoral se produce de Norte a Sur a lo largo de todo el tramo.

Luego podemos afirmar que el resultado del cálculo del transporte sólido litoral no dará un número muy elevado ya que la dependencia de este tramo del río Cuevas es casi total.

3.1 Cálculo

Para el cálculo teórico del transporte sólido litoral se va a emplear el “método de flujo de energía” del CERC (Coastal Engineering Research Center) desarrollado en el SPM (Shore Protection Manual, 1984).

Mediante este método se calcula el caudal medio de sedimentos en sentido longitudinal.

Las hipótesis de este método son las siguientes:

- Batimetría recta y plana
- Pendiente de playa uniforme
- Tramo de costa suficientemente largo

La fórmula a emplear es la siguiente:

$$Q(m^3/año) = \sum [2.027 \cdot 10^6 \cdot H_0^{5/2} \cdot (\cos \alpha_0)^{1/4} \cdot \sin (2 \alpha_0) \cdot K_p \cdot K_g]$$

α_0 Dirección del oleaje en profundidades indefinidas respecto de la normal de la costa, en grados sexagesimales.

H_0 Altura de ola significativa en profundidades indefinidas.

Q Caudal en m³/año.

K_p Probabilidad de presentación de una determinada dirección del oleaje, en tanto por uno.

K_g Coeficiente geométrico

Obtención de datos:

- El ángulo α_0 también conocido como ángulo de incidencia, es el ángulo que forma la dirección correspondiente a la perpendicular de la línea de costa.
- El factor k_g también llamado coeficiente geotérmico se considerará que tiene un valor de 1, luego no influirá en el cálculo de la capacidad de transporte sólido litoral.
- El factor k_p , al igual que la altura de ola significativa H_s , se obtiene a través de la tabla de Altura significativa (H_s)-Dirección de procedencia en %, también utilizada en el Anejo 6 “Clima marítimo”.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Primeramente, se recurre a la tabla altura significativa (Hs) – Dirección de procedencia (%). En la Tabla 1 vemos la Altura Significativa de todas las direcciones, mientras que en la Tabla 2 se muestra solamente la Altura Significativa la de las direcciones objeto de estudio.

Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	19.124												19.124
N 0.0		1.450	.426	.091	.014	.001	-	-	-	-	-	-	1.982
NNE 22.5		1.030	.303	.049	.003	-	-	-	-	-	-	-	1.385
NE 45.0		1.028	.422	.078	.004	-	-	-	-	-	-	-	1.532
ENE 67.5		2.570	1.890	.475	.151	.056	.020	.009	.002	-	-	.001	5.172
E 90.0		11.567	6.710	1.219	.300	.073	.014	.002	.002	.003	.002	-	19.893
ESE 112.5		9.537	4.575	.852	.343	.122	.022	.004	.001	-	-	-	15.456
SE 135.0		9.649	1.960	.092	.015	.003	-	.001	-	-	-	-	11.721
SSE 157.5		12.022	4.048	.249	.027	.005	.001	-	-	-	-	-	16.352
S 180.0		3.633	1.303	.153	.026	.004	-	-	-	-	-	-	5.119
SSW 202.5		.500	.291	.049	.006	-	-	-	-	-	-	-	.846
SW 225.0		.139	.052	.007	-	-	-	-	-	-	-	-	.199
WSW 247.5		.080	.014	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	.094
W 270.0		.074	.007	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.084
WNW 292.5		.083	.012	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.097
NW 315.0		.162	.028	.004	.002	-	-	-	-	-	-	-	.195
NNW 337.5		.534	.144	.054	.011	.002	-	-	-	-	-	-	.746
Total	19.124	54.058	22.187	3.379	.902	.266	.058	.015	.004	.003	.003	.001	100 %

Tabla 1. Altura significativa (Hs) – Dirección de procedencia en %. (Fuente: Puertos del Estado)

ALTURA SIGNIFICATIVA (Hs)-Dirección de procedencia													
Dirección	Ángulo	Hs (m)										Total	Kp
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5		
NE	45	1,028	0,422	0,078	0,004	-	-	-	-	-	-	1,532	0,01532
ENE	67,5	2,57	1,89	0,475	0,151	0,056	0,02	0,009	0,002	-	-	5,174	0,05174
E	90	11,567	6,71	1	0,3	0,073	0,014	0,002	0,002	0,003	0,002	19,892	0,19892
ESE	112,5	9,537	4,575	0,852	0,343	0,122	0,022	0,004	0,001	-	-	15,456	0,15456
SE	135	9,649	1,96	0,092	0,015	0,003	-	0,001	-	-	-	11,72	0,1172
SSE	157,5	12,022	4,048	0,249	0,027	0,005	0,001	-	-	-	-	16,352	0,16352
S	180	3,633	1,303	0,153	0,026	0,004	-	-	-	-	-	5,119	0,05119
SSW	202,5	0,5	0,291	0,049	0,006	-	-	-	-	-	-	0,846	0,00846
SW	225	0,139	0,052	0,007	-	-	-	-	-	-	-	0,198	0,00198

Tabla 2. Altura significativa (Hs) – Dirección de procedencia en %. (Solo las direcciones objeto del estudio). (Fuente: Elaboración propia)

Abajo en la Tabla 3 se muestran tanto los ángulos de incidencia correspondientes a cada dirección que afecta al cálculo del transporte de sedimentos, como los factores Kg considerados positivos y negativos y el factor Kp.

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA REORDENACIÓN DEL FRENTE LITORAL DE LA PLAYA DE TORRENOSTRA (CASTELLÓN)

Dirección	Ángulo α	Kg(+)	Kg(-)	Kp
NE	90	1		0,01532
ENE	67,5	1		0,05174
E	45	1		0,19892
ESE	22,5	1		0,15456
SE				0,1172
SSE	22,5		1	0,16352
S	45		1	0,05119
SSW	67,5		1	0,00846
SW	90		1	0,00198

Tabla 3. Ángulos respecto de la N.L.C, con sus respectivos Kg y Kp. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para el cálculo del transporte sólido, estos se aplican a la fórmula del flujo de energía explicada anteriormente. Primero con el caudal considerado como positivo (Tabla 4) y después con el caudal considerado como negativo (Tabla 5).

El cálculo del transporte sólido litoral considerado como positivo es el siguiente:

	Hs(m)-Q(+)											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	>5	
NE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
ENE	10310,98	58327,73	160732,33	329951,48	576401,51	909239,36	1336734,64	1866487,43	2505569,04	3260619,35	-	5248185,46
E	65362,47	369745,97	1018900,08	2091599,06	3653873,20	5763769,26	8473709,29	11831871,06	15883080,40	20669428,11	-	69821338,91
ESE	38394,12	217189,94	598505,08	1228611,81	2146296,50	3385656,03	4977483,25	6950077,94	9329770,93	12141286,50	-	19542214,67
Total												94611739,04

Tabla 4. Caudal positivo. (Fuente: Elaboración propia)

El cálculo del transporte sólido litoral considerado como negativo es el siguiente:

	Hs(m)-Q(-)											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	>5	
SSE	40619,87	229780,66	633201,03	1299835,68	2270719,49	3581925,94	5266033,00	7352981,01	9870627,22	12845129,19	-	8056082,67
S	16820,35	95150,29	262203,37	538251,34	940286,39	1483246,27	2180621,25	3044809,37	4087346,10	5319063,07	-	1852711,75
SSW	1685,95	9537,16	26281,32	53950,32	94247,33	148669,60	218569,29	305189,09	409685,24	533143,40	-	91454,75
SW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Total												10000249,16

Tabla 5. Caudal negativo. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez calculados los caudales considerados positivos y negativos, mediante la diferencia de ambos se calcula el caudal total que se transporta en la playa de Torrenosttra.

Como el resultado obtenido mediante la fórmula utilizada genera un caudal excesivo, se considera la corrección de esta utilizando $2,027 \cdot 10^3$, en lugar de $2,027 \cdot 10^6$.

Aplicando este cambio siendo se obtiene un caudal total de 84611,49 m³/año.

Cabe mencionar que el resultado obtenido de 84611,49 m³/año es un resultado no muy elevado debido a que la dependencia de este tramo del río Cuevas es casi total, y desde hace años en la desembocadura de este se ha producido crecimiento de vegetación, lo que ha provocado que el transporte se reduzca significativamente desde entonces.

4. Bibliografía

1. Esteban Chapapría, V. (2004). *Obras Marítimas*, Valencia
2. *Introducción a la dinámica litoral – 5. Evaluación de las variables climáticas en la zona de Valencia*. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://1library.co/article/introducci%C3%B3n-la-din%C3%A1mica-litoral-aplicaci%C3%B3n-transporte-s%C3%B3lido-litoral.z1d8n4pv>
3. *Shore Protection Manual (SPM), Volume I*, (1984). Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <https://luk.staff.ugm.ac.id/USACE/USACE-ShoreProtectionManual1.pdf>