



## DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS

### **ANEJO Nº5. DINÁMICA LITORAL**

*Diseño y valoración económica de arrecife artificial en la playa Norte de  
Peñíscola (Castellón)*

*Grado de Ingeniería Civil, curso 2018/2019*

*Bárbara Herrero Rodríguez*





## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL .....	1
3.	METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL CÁLCULO DEL TRANSPORTE SÓLIDO.....	2
3.1	DATOS PREVIOS AL CÁLCULO.....	2
3.2	FACTOR DE FORMA $K_f$ .....	3
3.3	FACTOR DE PROBABILIDAD DE PRESENTACIÓN DE UNA DETERMINADA DIRECCIÓN DEL OLEAJE $K_0$ .....	3
4.	CÁLCULO DEL TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL .....	4
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	5



## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es realizar un análisis exhaustivo del transporte del sólido litoral en la playa Norte de Peñíscola, para confirmar que este sigue las mismas direcciones que las mencionadas en el Anejo 4 "Clima marítimo" para, finalmente, poder llegar a unas conclusiones válidas para establecer criterios de diseño y de localización de las obras a proyectar.

Este estudio es muy relevante en cuanto a la proyección de cualquier actuación en un tramo costero y para ello se tienen en cuenta varios parámetros, tales como: régimen medio del oleaje, transporte sólido litoral, orientación de la playa, etc.

## 2. TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL

La dinámica litoral, abreviando, es la interacción de la tierra y el mar que tiene lugar en la franja costera y que es causada por agentes climáticos como el viento, el oleaje, las corrientes y el cambio de nivel del mar. Como consecuencia directa de esta dinámica litoral se produce el transporte de sedimentos que provocan una evolución en la costa mediante procesos morfológicos.

El oleaje es uno de los factores que más afecta a la dinámica litoral, y 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. Así, existe un transporte sólido litoral longitudinal y un transporte sólido litoral transversal.

La acción del viento sobre la superficie del mar da lugar a que, por transferencia de energía entre el aire y el agua, se generen ondas, oleaje y diversos tipos de corrientes marinas. Además, es responsable del transporte eólicolitoral, de levantar y mover los granos de arena de la superficie. El viento puede redistribuir el material sedimentario a lo largo del litoral, mover la arena hacia las marismas y llegar a colmatarlas, perder arena de la playa transportándola al mar y formar cadenas dunares a lo largo de la costa.

Teniendo en cuenta el transporte sólido litoral y el transporte eólico litoral se puede plantear un balance sedimentario de las playas. Los componentes que aportan sedimentos al sistema son el transporte longitudinal entrante, el aporte fluvial, el transporte transversal hacia tierra, la erosión de acantilados, los depósitos biogénicos, los depósitos hidrogénicos, el transporte eólico hacia el mar y la alimentación artificial. Los componentes que extraen sedimentos del sistema son el transporte longitudinal saliente, el transporte transversal hacia el mar, el transporte eólico hacia tierra, los cañones submarinos, la disolución y la abrasión y la extracción de material por parte del hombre.

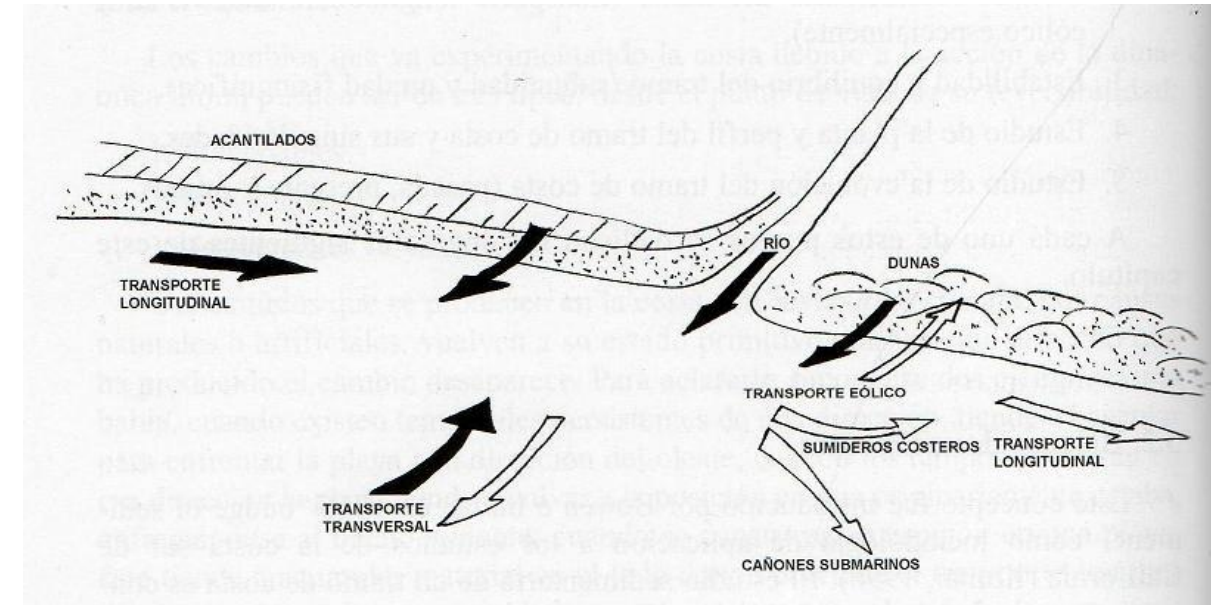


Figura 1. Balance sedimentario de las playas

Uno de los principales problemas que se puede nombrar a causa de la alteración de la dinámica litoral y frente al que nos enfrentamos en el siguiente estudio es la regresión costera, en este caso, de la playa Norte de Peñíscola, que hace referencia a la inestabilidad de la costa y al riesgo de erosión del litoral, consecuencia de la disminución de los aportes de sedimentos y de la presencia de barreras al transporte de los mismos

La regresión costera se produce por la alteración de la dinámica litoral derivada de la construcción de puertos y de obras de protección (diques, escolleras), que suponen una barrera al transporte de sedimentos e influyen en el equilibrio global del litoral.

Además, hay que señalar el deterioro que se está produciendo en los fondos marinos, con desaparición de especies que contribuyen a regular el aporte de arena a las playas, la reducción del aporte de sedimentos de origen continental por la regulación de los cauces fluviales y el efecto barrera que para los flujos de arena supone la urbanización de la costa.

### 3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL CÁLCULO DEL TRANSPORTE SÓLIDO

Para el cálculo del transporte sólido paralelo a la costa se ha empleado el método CERC (Coastal Engineering Research Center), la cual fue presentada en el *Shore Protection Manual* en 1984. El modelo está basado en la idea de que la ola que se aproxima desde el océano genera transporte de sedimentos longitudinal. Esto indica una correlación entre la tasa de transporte longitudinal  $S_x$ , y la componente longitudinal del flujo de energía en el borde exterior de la zona de rompientes. Este modelo del sólo necesita como entrada de datos las características de la ola entrante y el perfil de la costa y es válido sólo para playas relativamente largas y estrechas, donde las diferencias a lo largo de la costa en la altura de la ola rompiente sean pequeñas, como es el caso de la playa Norte de Peñíscola, sujeto de las actuaciones a realizar.

La fórmula a emplear es la siguiente:

$$Q = 0,05 \cdot \rho \cdot g^{\frac{1}{2}} \cdot H_0^{\frac{5}{2}} \cdot (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \cdot \sin(2 \cdot \alpha_0) \cdot K_0 \cdot K_f \cdot f \cdot 1290$$

Que simplificándola se obtiene:

$$Q = 2,031 \cdot 10^6 \cdot f \cdot H_0^{\frac{5}{2}} \cdot (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \cdot \sin(2 \cdot \alpha_0) \cdot K_0 \cdot K_f$$

Donde:

- $Q$ : caudal en m<sup>3</sup>/año
- $f$ : probabilidad de presentación de la altura de ola
- $H_0$ : altura de ola significativa en profundidades indefinidas, en metros. La R.O.M considera HS (altura de ola significativa) = HV (altura de ola visual), relación que proporciona buenos resultados en el litoral español
- $\alpha_0$ : ángulo de incidencia del oleaje en profundidades indefinidas, medido respecto a la normal a la línea de costa, en grados sexagesimales
- $K_0$ : factor de probabilidad de presentación de una determinada dirección 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 de partida

#### 3.1 DATOS PREVIOS AL CÁLCULO

Para la obtención del caudal de sólido transportado se precisa previamente de la obtención de los parámetros referentes al clima marítimo y al coeficiente de forma necesarios.

Para ello se ha recurrido al ROM 0.3-91 proporcionado por la página web de Puertos del Estado que ofrece la información necesaria sobre el clima marítimo de la zona y demás parámetros necesarios para el cálculo.

Primero se hace una definición de la zona a estudiar, facilitada por este documento, puesto que la información proporcionada está dividida por zonas en todo el litoral español.

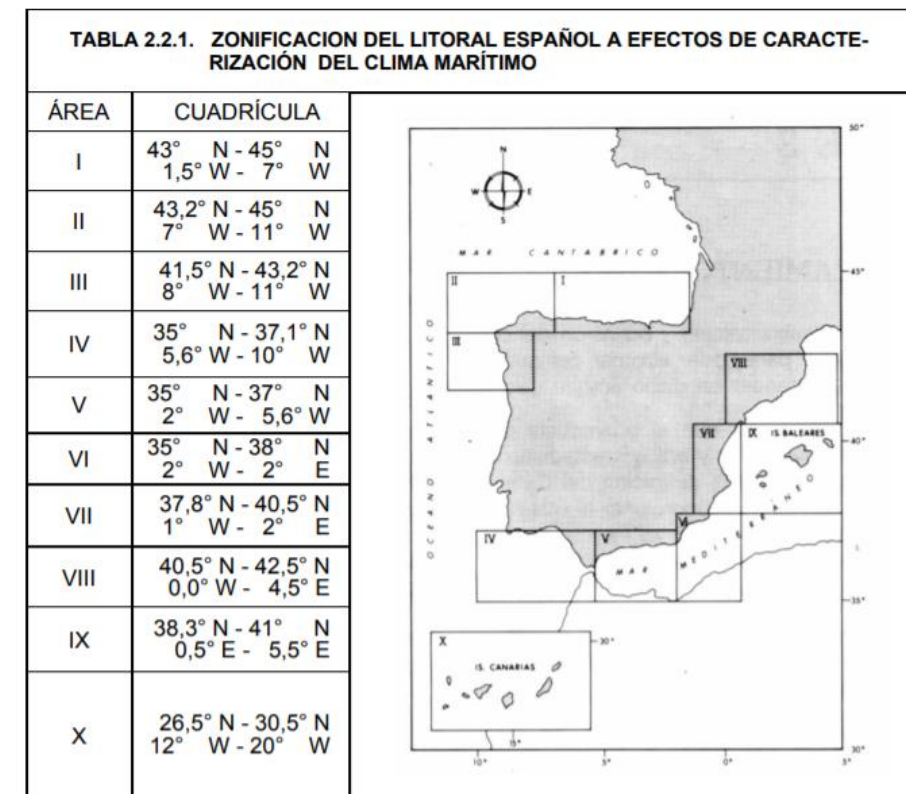


Figura 2. Zonificación del litoral español para el clima marítimo ROM 0.3-91

Como se puede observar, se accede a la información otorgada por el área número VII que es la que acoge toda la costa de la Comunidad Valenciana y en las que las boyas de medida serán la de Alicante y la de Valencia.

Más concretamente, el presente anejo utilizará la información disponible por el cuadro B (Observaciones Visuales-Regímenes Medios Direccionales- Frecuencias Sectoriales) que proporciona ordenadamente todos los resultados obtenidos correspondientes a la zona de interés.





Figura 3. Cuadro B de la ROM 0.3-91 para la zona VII

Con este cuadro se obtiene la probabilidad  $f$  de presentación de altura de ola y los valores  $K_0$  para cada uno de los sectores direccionales que se definirán posteriormente. Este cuadro está comprendido en el periodo de 1982-1990 y se ha realizado con datos visuales de oleaje en aguas profundas según direccionalidad.

### 3.2 FACTOR DE FORMA $K_f$

El factor de forma se utiliza para determinar la relación entre el sector real en el que es generado el transporte en un sentido y el sector teórico de partida. Es un coeficiente de minoración, que vale 1 cuando el sector representado por su ángulo medio  $\alpha_0$  se corresponde con un octante ( $45^\circ$ ), y en los demás casos se calcula como:

$$k_f = \frac{\alpha_0}{45}$$

### 3.3 FACTOR DE PROBABILIDAD DE PRESENTACIÓN DE UNA DETERMINADA DIRECCIÓN DEL OLEAJE $K_0$

Este coeficiente viene dado mediante la  $P_{sector}$  representada en la ROM 0.3-91, siendo de interés los referentes para las actuaciones las siguientes direcciones:

- SECTOR E:  $P_{sector} = 0.0660$
- SECTOR SE:  $P_{sector} = 0.0334$
- SECTOR S:  $P_{sector} = 0.0369$
- SECTOR SSE:  $P_{sector} = 0.0284$
- SECTOR ENE:  $P_{sector} = 0.0672$

Como ya se había concluido en el Anejo 4 "Clima marítimo", las direcciones con mayor altura de ola son E y S y por tanto son las más incidentes en la costa, así pues se analizará la  $Q$  de sólido litoral de las direcciones: E, SE, S, SSE y ENE.

La siguiente tabla aporta información sobre los parámetros necesarios para el cálculo del caudal sólido litoral que se da en cada una de las direcciones:

Tabla Hs vs Direccion / Hs vs Direction Table  
SIMAR 2089124

EFICACIA 99.7% AÑO/YEAR 2018		Hs (m)											TOTAL
		<= 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
calmas/calms		14.045											14.045
Dir	N 00	0.801	0.836	0.160	---	---	---	---	---	---	---	---	1.797
	NNE 22	0.298	0.675	0.149	---	---	---	---	---	---	---	---	1.122
	NE 45	0.710	0.710	0.114	---	---	---	---	---	---	---	---	1.534
	ENE 67	4.350	4.430	1.282	0.412	0.183	0.114	0.011	---	---	---	---	10.783
	E 90	7.956	4.705	1.637	0.321	0.034	---	---	---	---	---	---	14.652
	ESE 112	7.406	2.427	0.355	0.069	---	---	---	---	---	---	---	10.256
	SE 135	8.906	1.923	0.229	0.137	0.057	---	---	---	---	---	---	11.252
	SSE 157	11.848	2.793	0.607	0.240	0.069	0.023	---	---	---	---	---	15.579
	S 180	7.624	4.602	1.305	0.103	0.023	---	---	---	---	---	---	13.656
	SSW 202	1.591	0.515	0.092	---	---	---	---	---	---	---	---	2.198
	SW 225	0.126	0.023	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.149
	WSW 247	0.057	0.023	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.080
	W 270	0.149	0.034	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.183
	WNW 292	0.092	0.046	0.011	---	---	---	---	---	---	---	---	0.149
	NW 315	0.275	0.504	0.046	---	---	---	---	---	---	---	---	0.824
	NNW 337	0.618	0.916	0.206	---	---	---	---	---	---	---	---	1.740
TOTAL		52.804+14.045	25.160	6.193	1.282	0.366	0.137	0.011	---	---	---	---	100%

Figura 4. Tabla Hs/Dirección de Puertos del Estado

#### 4. CÁLCULO DEL TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL

Se procede a utilizar la fórmula del CERC, la cual está basada en que el transporte longitudinal de sedimentos es proporcional a la componente longitudinal del flujo de energía de la ola por metro de línea de costa y suma, sin signo, todos los caudales obtenidos para proporcionar la capacidad bruta de transporte sólido en  $m^3/año$  y sumando, con signo, los valores de los caudales proporciona la capacidad neta de transporte sólido al año ( $m^3/año$ ).

Tratando los datos de oleaje obtenidos de la ROM 0.3-91 con esta fórmula se determina la capacidad de transporte para cada dirección, siendo de signo positivo o negativo según el sentido de transporte (N-S, S-N) en el sector analizado.

Un proyecto de la universidad politécnica de Madrid “Rehabilitación y regeneración de la playa del Gurugú en Benicarló” realizó un estudio sobre el transporte sólido litoral que se produce en la zona de las actuaciones basándose en la fórmula del CERC y empleando los datos expuestos anteriormente, por tanto se ha utilizado este estudio en el presente anejo como mera información necesaria para su diseño.

En la siguiente tabla se observa los  $m^3/año$  de transporte sólido longitudinal en la zona de la playa del Norte de Peñíscola en las direcciones dominantes:

	0,5	1	1,5	2	2,5	3	$\Sigma$
ENE	5488,95	59202,68	34466,64	15155,69	6618,98	0	120932,95
E	30696,30	108236,91	44271,82	47139,33	11684,66	0	242029,02
ESE	14066,18	44055,96	33469,17	12681,63	0	0	104272,93
SE	0	0	0	0	0	0	0
SSE	25671,77	29668,60	6177,72	2568,43	0	0	64086,53
S	34588,08	65407,60	14740,03	6688,69	0	0	121424,41
SSW	2358,31	8650,93	16906,98	2060,51	0	0	29976,73
SW	43,84	141,87	98,51	0	0	0	284,22
<b>Total</b>							<b>683006,79 <math>m^3/año</math></b>

Tabla 1. Cálculo del transporte sólido litoral total con la fórmula del CERC

Con lo cual el transporte bruto será el total y el transporte neto se obtiene restando a los sedimentos que son desplazados hacia el sur, los que se desplazan hacia el norte, con lo cual se queda:

Transporte bruto	683006,79 $m^3/año$
Transporte neto	251463,021 $m^3/año$

Tabla 2. Transporte bruto y neto





## 5. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ PÁGINA WEB OFICIAL DE PUERTOS DEL ESTADO
- ❖ COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER. (1984). *SHORE PROTECTION MANUAL I*
- ❖ PUERTOS DEL ESTADO. (1991). *ROM 0.3-91*
- ❖ INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA. CARTAS NÁUTICAS
- ❖ PROYECTO UPM “REHABILITACIÓN Y REGENERACIÓN DE LA PLAYA GURUGÚ. TM BENICARLÓ (CASTELLÓN)