

ANEJO Nº3 – DINÁMICA LITORAL

Índice

1. Introducción.	69
2. Régimen de vientos.	70
2.1. Régimen normal de vientos.	70
2.2. Régimen de rachas máximas.	73
2.3. Temporales de viento.	74
2.4. Resumen regímenes de viento.	74
3. Régimen de oleaje.	76
3.1. Efectos del oleaje.	76
3.2. Estudio del oleaje.	77
3.3. Altura de ola significativa máxima.	81
3.4. Conclusiones.	83
4. Las corrientes.	84
4.1. Corrientes inducidas por oleaje.	84
4.1.1. Corrientes normales a la costa.	85
4.1.2. Corrientes transversales (Longshore currents).	86
5. Las mareas.	87
6. Climatología.	89

1. Introducción.

Es de carácter fundamental conocer los problemas de dinámica litoral en el tramo de estudio para así generar un modelo de estabilidad a largo plazo de las instalaciones costeras artificiales y de las zonas de playa, lo cual condicionará el uso futuro del litoral.

Un estudio de morfología litoral no puede realizarse sin tener en cuenta el protagonismo que los procesos de dinámica litoral presentan en el modelado costero. Olas, corrientes y mareas son los responsables del transporte de sedimentos, de su acumulación y de la erosión de ciertos tramos del borde costero. Como impulsor del oleaje encontramos el fenómeno conocido como viento, y a su vez el oleaje genera las corrientes litorales. Otros fenómenos que pueden intervenir en el desarrollo de los procesos de la dinámica marina son: la topografía submarina, acciones biológicas y/o antrópicas, cambios bruscos de presión, variaciones del nivel del mar, fenómenos meteorológicos extraordinarios, oscilaciones y temperatura, cambios en la densidad del agua del mar, etc.

Para analizar la dinámica costera en nuestra zona, disponemos de la boya del puerto de Alicante y también de tres puntos WANA bastante aproximados a nuestra zona, estas cuenta con registro de datos en tiempo real, que podremos consultar en la web de “Puertos del Estado” además también encontraremos un registro histórico de datos, el cual nos será de importante utilidad para así poder hacer una estimación del oleaje en la playa de Serragrossa.

En la actualidad se sabe que el oleaje es el principal elemento esculpido de la línea de costa, incluyendo en su influencia las corrientes de rompientes. El resto de las corrientes, las mareas y los demás movimientos ondulatorios (ondas estacionarias, ondas internas y ondas solitarias) modifican, a veces de forma importante, el efecto de las olas.

Otro factor activo sobre el litoral es el viento. Su influencia modeladora independientemente de la generación del oleaje, procede de la inexistencia de obstáculos que desvíen o frenen su energía así como de elementos materiales capaces de ser o no movilizados como gravas, arenas y limos.

En este anejo se analizará entrando en profundidad las características del viento y del oleaje en la zona costera de Alicante – Cabo de Huerta. También serán de análisis, aunque en menos profundidad, la incidencia de las corrientes y las mareas en los procesos de dinámica litoral de la zona de estudio. En cuanto al transporte longitudinal de sedimentos en la costa, se procederá a estudiar en un anejo posterior.

2. Régimen de vientos.

El viento constituye un elemento climático muy importante en la dinámica litoral, ya que en sí mismo es una síntesis de otros parámetros del clima como puedan ser las temperaturas o la presión atmosférica. En efecto, el viento está estrechamente asociado a las diferencias de presión existentes entre distintas zonas.

A escala local, el régimen anual de vientos puede verse influido por factores orográficos. En el ámbito costero, este régimen no suele presentar interferencias, aunque las componentes marinas pueden verse incrementadas por efecto de las brisas o vientos térmicos. Estos vientos térmicos constituyen un fenómeno independiente de los vientos pero con el que confluyen, en ocasiones restando en otras sumando sus efectos. El motor del régimen de brisas es la diferencia de temperatura entre la tierra y el mar, guardando relación en este sentido con la inercia térmica de la masa marina.

Los vientos determinan gran parte de los procesos geomorfológicos en los medios litorales. Actúan como generadores del oleaje, determinando dirección e intensidad y, por tanto, las características que adopta la corriente de deriva litoral.

2.1. Régimen normal de vientos.

Para caracterizar el régimen de vientos del tramo costero de Alicante tenemos varias fuentes de información, siendo la más importante la proporcionada por los datos de los observatorios meteorológicos de Alicante de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

La interpretación de la información se realizará desde dos perspectivas. Por un lado, sin considerar el tipo de obra que se va a ejecutar, se tendrán en cuenta todas las componentes del viento, así como influencia de las brisas. Por otro lado, considerando que este proyecto trata sobre una obra de ingeniería de costas, se analizarán con más profundidad las componentes que originan los procesos litorales.

Para cada una de las dos interpretaciones se va a usar una bibliografía distinta, aunque ambas comparten la fuente: los datos de los observatorios meteorológicos de AEMET.

Para el primer caso, en el que tendremos en cuenta todas las componentes del viento y brisas, el cual se podría denominar como caracterización general del régimen de vientos en la zona de Alicante, se utilizarán datos proporcionados por el punto SIMAR (2080099) el cual se encuentra situado a una distancia aproximada de 18 km en dirección Sureste desde nuestro punto de trabajo. Estos datos se utilizarán como fuente de información para analizar los distintos regímenes de vientos, normal y de rachas extremas. Los observatorios capaces de realizar este tipo de mediciones son los de la red de primer orden de AEMET. En la provincia de Alicante solamente contamos con un observatorio de este tipo situado en la ciudad de Alicante.

En la siguiente tabla se muestra la frecuencia de dirección de viento en porcentaje correspondiente a las mediciones ofrecidas por el punto SIMAR (2080099). El periodo de medición está comprendido de 1996 a 2013.

	DIC – FEB	MAR – MAY	JUN – AGO	SEP – NOV	ANUAL
N	4.8	3.2	1.8	4.2	3.5
NNE	7.0	5.1	5.2	6.3	5.9
NE	9.5	11.3	12.3	12.2	11.3
ENE	7.0	10.6	17.1	10	11.2
E	3.9	7.1	14.2	6.7	8.0
ESE	2.0	3.1	8.1	3.8	4.3
SE	1.7	3.4	5.5	2.7	3.3
SSE	1.8	4.3	5.0	3.1	3.6
S	3.0	5.9	6.0	4.5	4.9
SSW	5.0	8.1	5.4	6.0	6.1
SW	8.9	7.2	4.0	7.7	7.0
WSW	10.7	6.9	3.0	7.6	7.1
W	10.2	7.0	2.6	7.7	6.9
WNW	9.0	5.8	2.2	6.2	5.8
NW	7.5	4.6	1.6	4.6	4.6
NNW	5.2	3.0	1.4	3.3	3.2
CALMAS	2.8	3.4	4.6	3.4	3.5

Tabla 1 Dirección del viento (SIMAR 2080099)

Se puede observar como el viento de dirección comprendida entre noreste y este es el dominante durante las estaciones de primavera, verano y otoño. No ocurre lo mismo en el invierno ya que el viento dominante proviene de dirección oeste (terral) aunque también es de importancia el que procede de dirección noreste.

En la siguiente figura tenemos la distribución anual según dirección de los vientos de forma porcentual. Este dato esta proporcionado, al igual que los anteriores, por el punto SIMAR (2080099) para el intervalo de tiempo situado entre enero del año 1996 hasta octubre de 2013. En esta se observa un predominio de los vientos de componente este y oeste.

De todos modos, al menos durante una época del año, predominan los vientos de componente Este, de notable incidencia en los procesos litorales, aunque desde una perspectiva geomorfológica sean más importantes los vientos prevalentes (de mayor intensidad).

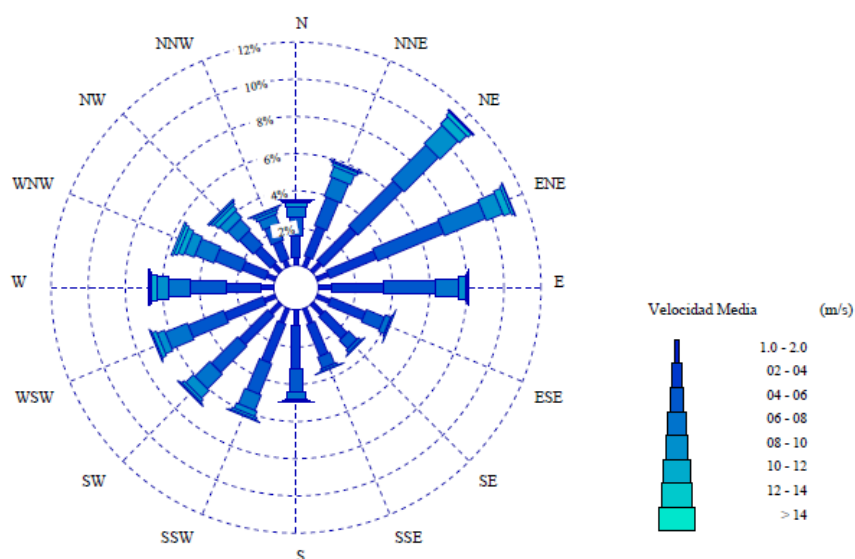


Figura 1 Rosa de los vientos

Las intensidades medias del viento son en general débiles ya que no suelen sobrepasar los 30 km/h. En la siguiente figura se pueden apreciar las velocidades del viento respecto a la frecuencia con que se dan estas.

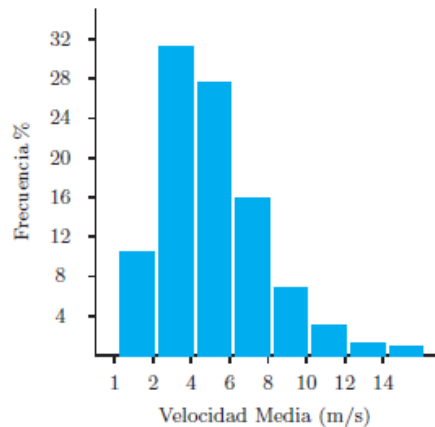


Figura 2 Velocidad media del viento

Las máximas velocidades medias se producen durante el invierno, siendo los vientos comprendidos entre el norte y el este los más fuertes así como los comprendidos entre el suroeste y el norte. En la tabla siguiente se puede observar que la componente cuya velocidad media anual es mayor es la componente oeste, con una media de 22,7 km/h, y con medias máximas, en los meses de invierno, cercanas a los 27 km/h.

	DIC – FEB	MAR – MAY	JUN – AGO	SEP – NOV	ANUAL
N	22.4	20.8	16.2	20.7	20.7
NNE	25.9	23.2	18.6	23.2	22.1
NE	26.1	25.8	21.6	25.0	24.5
ENE	24.9	23.9	21.8	23.1	23.1
E	21.1	20.2	20.3	19.0	20.1
ESE	16.0	16.6	17.0	15.9	16.6
SE	13.8	15.8	15.8	14.3	15.3
SSE	15.5	15.3	15.0	13.5	14.8
S	17.0	17.2	16.7	16.6	16.9
SSW	19.8	20.7	18.3	19.2	19.6
SW	22.8	20.6	16.2	22.2	21.1
WSW	22.8	20.4	17.7	21.4	21.3
W	23.8	22.6	17.8	22.9	22.7
WNW	26.6	23.4	18.4	24.1	24.4
NW	26.9	22.3	17.6	23.4	24.1
NNW	23.1	20.2	14.5	21.1	20.9
MEDIAS	22.6	20.6	18.0	20.7	20.5

Tabla 2 Velocidad media del viento trimestral y anual

Las velocidades medias mínimas se detectan en vientos comprendidos entre el este y el sur durante los meses de invierno.

Durante los meses de verano se aprecia como la velocidad media en todas las componentes disminuye de forma acentuada, siendo también los vientos comprendidos entre el este y el sur los de menor velocidad.

Como conclusiones de nuestro estudio, el régimen de vientos que actúa sobre la costa de Alicante muestra un predominio de los vientos de componente este, en cambio los vientos más fuertes son los registrados por el oeste durante la estación de invierno.

En la siguiente tabla se muestra la equivalencia entre la nomenclatura de los vientos y la dirección de los mismos.

Abreviación	Dirección del viento	Grados
N	Norte	0°
NNE	Nornordeste	22.5°
NE	Nordeste	45°
ENE	Estenordeste	67.5°
E	Este	90°
ESE	Estesureste	112.5°
SE	Sureste	135°
SSE	Sursureste	157.5°
S	Sur	180°
SSW	Sursuroeste	202.5°
SW	Suroeste	225°
WSW	Oestesuroeste	247.5°
W	Oeste	270°
WNW	Oestenoroeste	292.5°
NW	Noroeste	315°
NNW	Nornoroeste	337.5°

Tabla 3 Equivalencia entre nomenclatura y dirección

2.2. Régimen de rachas máximas.

En el punto anterior se ha hecho un análisis del régimen normal de vientos, pero un estudio riguroso de este fenómeno atmosférico exige un análisis del denominado régimen de rachas máximas. Para el estudio de las rachas máximas se pueden realizar varios tipos de análisis, como son; frecuencias de rachas máximas, tablas de rachas extremas, por orientaciones y meses, y tablas de velocidades medias de las rachas máximas.

En la siguiente tabla se muestran las velocidades medias de rachas máximas y su orientación media. Estos datos han sido tomados por el punto SIMAR (2080099) para el periodo comprendido desde 2005 hasta 2013.

Mes del año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dirección del viento	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	NE	ENE	NNE	NE	NNW
Promedio velocidad del viento (Km/h)	63.4	45.7	59.4	46.4	51.8	41.4	41.8	49.7	53.6	49.7	51.8	51.8

Tabla 4 Velocidades medias de rachas máximas

Como se puede observar en la tabla anterior las rachas de viento de velocidad máxima registradas suelen darse en casi todos los meses en dirección noreste y en todos los casos salvo en el mes de diciembre, cuya dirección es nornoroeste, la media de las direcciones del viento es de componente este, alcanzando aquí las velocidades máximas.

Para el caso de rachas máximas extremas la dirección de viento puede ser otra distinta a la dada en la tabla ya que lo que aquí se registra son las velocidades medias de las rachas máximas medidas cada día y presentadas en intervalos mensuales así como con la dirección que estas llevan. Por tanto no se ha de confundir la velocidad media de las rachas máximas con las rachas máximas extremas ya que pueden tener otras orientaciones de forma puntual.

2.3. Temporales de viento.

En los puntos ahora tratados hemos visto los dos tipos básicos de temporales de la zona, los de componente W con sus variaciones, los cuales son frecuentes e intensos así como los de componente E y NE, estos de menor intensidad.

De estas situaciones, las que llevan mayor riesgo asociado son los temporales de levante y de poniente. Los efectos de estos dos tipos de temporales son diferentes.

En los temporales de levante el oleaje del mar es el agente que crea daños más graves: erosión del litoral, daños en instalaciones portuarias e incluso intercepción de carreteras litorales, paseos marítimos, etc.

En cambio, los temporales de poniente crean daños, fundamentalmente, a través de fuerte viento. De esta manera, los efectos se hacen sentir más en las ciudades o en los montes.

2.4. Resumen regímenes de viento.

En el estudio del régimen normal de vientos, se han podido constatar que en los meses de primavera, verano y otoño predominan los vientos comprendidos entre noreste y este, mientras que en invierno la dirección del viento dominante proviene del oeste.

En cuanto al análisis de las rachas máximas, los predominantes y por tanto ocurren con más frecuencia tienen componente noreste, aunque los temporales más intensos, es decir, más potentes presentan también otras orientaciones como los de componente oeste en invierno. El momento más proclive para estos temporales es el final del invierno y el inicio de la primavera.

Cuando se aborda la intensidad de los vientos, se ve que de los que tienen influencia en el oleaje, los más importantes son los del este y noreste.

En resumen, en el tramo de Alicante, de entre los vientos marinos predominan los comprendidos entre el noreste y este, y por ello son los que hay que tener en cuenta, pero sin embargo la playa de Serragrossa en la costa de Alicante, se encuentra relativamente protegida de los vientos y temporales procedentes del noreste por el cabo de la Huerta, así como de los vientos procedente del oeste por la montaña de Serragrossa.

Al estar la costa orientada mirando al este, la deriva litoral y el transporte asociado a ella, presentará una componente general de norte a sur debido a la influencia del viento sobre el oleaje y a su vez sobre la deriva y transporte.

Además los riesgos producidos por los temporales de levante son los de mayor importancia para el litoral, por su influencia sobre este mismo, sobre instalaciones portuarias, etc.

3. Régimen de oleaje.

El oleaje es el principal causante de la dinámica litoral de las playas y de su evolución temporal, por lo que su estudio y caracterización resultan imprescindibles.

3.1. Efectos del oleaje.

En primer lugar es importante hacer la distinción entre mar de viento (tipo sea) y mar de fondo (tipo swell). El primero presenta generalmente ondas muy peraltadas con periodos y longitudes de onda pequeños, aunque en una amplia gama de frecuencias, este se forma y desarrolla en una superficie líquida bajo la acción directa y continua del viento, generándose olas elementales de altura, periodo, fase y dirección de propagación aleatorias e independientes, cuya interferencia da lugar a un aspecto caótico de la superficie líquida. El segundo presenta olas menos peraltadas que el oleaje tipo Sea, con periodos y longitudes de onda grandes en una gama estrecha de frecuencia dando así lugar a un oleaje de aspecto ordenado y regular de la superficie líquida. El oleaje "Swell" es el oleaje que abandona el área de generación y se propaga a través de superficies marítimas sin estar sometido a la acción significativa del viento, y por lo tanto atenuándose progresivamente hasta su completa extinción.

La ola ya sea generada por mar de fondo o mar de viento entra en la zona de aguas someras, es decir, en la zona donde la relación entre profundidad y longitud de onda es inferior a 0,5, ahí se ve afectada por los efectos del fondo. En consecuencia se produce una fricción entre el movimiento orbital de partículas de agua y los sedimentos del fondo. El efecto superficial de este fenómeno es provocar un descenso en la velocidad de propagación, una disminución en la longitud de onda y un incremento en la pendiente de la ola. En estas circunstancias, la velocidad de la parte trasera de la ola es mayor que la velocidad de la parte delantera, ejerciendo la primera un empuje sobre la segunda y provocando un basculamiento hacia delante. Las olas se inclinan hacia las aguas menos profundas y este movimiento recibe el nombre de refracción. Cuando se supera el límite de disimetría, la parte delantera se desploma y la ola se rompe.

Con la ruptura de las olas se produce una gran turbulencia que es de gran importancia en la sedimentación costera, puesto que se ponen en suspensión materiales susceptibles de ser transportados tanto por las olas como por las corrientes litorales.

Puesto que no todas las olas presentan la misma altura, las rompientes (surf) se producen en una amplia zona cuya anchura dependerá de los parámetros del oleaje en un momento dado. Las olas rompen de modo distinto según sea su altura, periodo y pendiente de la playa. Existen cuatro formas distintas de rompientes: spilling, plunging, collapsing y surging.

En el momento de la ruptura se produce la máxima disipación de energía por fricción con el fondo y, sobre todo, por turbulencia. Después de la ruptura se inicia el swash, que es un desplazamiento, más o menos violento, del agua hacia la orilla, durante el cual se pierde el movimiento de propagación de la ola ya que entonces el agua se mueve por inercia. El conjunto del swash está formado por dos movimientos distintos. El primero es un flujo

turbulento de embestida uprush, durante el cual los materiales finos van en suspensión y los más gruesos en rodamiento. Cuando este movimiento cesa se inicia el segundo movimiento del swash que consiste en un flujo laminar de retroceso backwash que sigue, por gravedad, la línea de máxima pendiente del estrán playero. Evidentemente, el movimiento de retroceso del swash puede interferir en el movimiento de la embestida siguiente.

Los movimientos desencadenados por la ruptura de las olas dan lugar a toda una serie de procesos: excavación vertical y puesta en suspensión en el momento de la rompiente, selección, rodamiento y suspensión durante la embestida, depósito de materiales al final de la misma y erosión (responsable del pulido y aplanamiento de los cantos playeros) durante el flujo laminar de retroceso. Así pues, la naturaleza dinámica de las costas, tanto en el estrán emergido como en el sumergido, es el resultado directo o indirecto de la acción de las olas. Remueven gran cantidad de sedimentos y modifican tanto la configuración del fondo como la propia distribución de los sedimentos.

El oleaje además incide en los perfiles estacionales playeros. Durante los temporales, las condiciones de alta energía producen una considerable erosión en la zona de rompientes y el perfil de la playa se hace más abrupto. En estas condiciones se ponen en suspensión gran cantidad de sedimentos, pudiendo desplazar una barra submarina hacia alta mar varios metros en un solo día.

Sin embargo, la mayor parte del año la costa se ve sujeta a condiciones de energía baja o moderada. En este caso, predomina el carácter constructivo y hay un transporte neto de materiales hacia la playa, con lo cual se inicia la reconstrucción de las barras que migran de nuevo hacia la orilla, suavizándose el perfil playero.

Tenemos, por tanto la disyuntiva de conocer qué flujo de energía es más determinante en la modificación de la costa y el transporte litoral, si la acción de los oleajes dominantes a lo largo de todo el año, o la de los esporádicos temporales. Según la información recogida en diversos puntos de la costa parece indicar que las alteraciones subsecuentes a fuerte temporales se reparan con cierta rapidez a base los mismo materiales desplazados, por lo que, a largo plazo, el régimen de oleajes es el que da resultados más concordantes con la realidad.

3.2. Estudio del oleaje.

Para el estudio del oleaje utilizaremos la información proporcionada por la web de Puertos del Estado, en la cual el registro de datos es de uso público. Se usarán los datos de la Boya de Alicante la cual forma parte del conjunto de datos REDCOS. Está situada frente a la costa de Alicante a una distancia aproximada de 11 km en dirección sureste desde la playa de Serragrossa. Los registros de esta boya están comprendidos entre el año 1985 y 2010.

El conjunto de los datos REDCOS está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas Costeras de Puertos del Estado. Esta red amplía y actualiza la antigua red de boyas escalares REMRO.

Esta red está compuesta por boyas escalares de tipo WaveRider (Datawell) y boyas direccionales de tipo Triaxys (Axis), lo cual hará que el esquema de obtención y tratamiento de datos depende de que la boya sea de un tipo o de otro.

Las boyas escalares miden sólo elevaciones de la superficie libre del mar y transmiten dicha señal por radio a una estación de proceso situada en costa. La estación receptora almacena y elabora los datos recibidos mediante el proceso de oleaje de Puertos del Estado. El proceso genera distintos parámetros espectrales y de cruce por cero.

A diferencia de las boyas escalares, las boyas direccionales no limitan sus funciones a la adquisición de datos. Estas boyas, además, procesan y almacenan a bordo las series de desplazamientos registrados por el sistema de adquisición de datos. Tanto las series brutas de desplazamientos, como los parámetros de estado calculados por la boya, se transmiten por radio a una estación receptora situada en costa.

Las medidas del oleaje tomadas por la REDCOS, en la mayoría de casos, están perturbadas tanto por el perfil de la costa, como por efectos de refracción y asomeramiento inducidos por el fondo marino, y esto se debe a que por regla general esta boyas están fondeadas a menos de 100 m. de profundidad. Por lo tanto las boyas de la Red Costera (REDCOS) son representativas, solo, de condiciones locales, por ese motivo es necesario utilizar con prudencia dichos datos a la hora de extraer conclusiones sobre el oleaje en zonas alejadas del área de medida.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de la boya de Alicante utilizada, así como sus características.

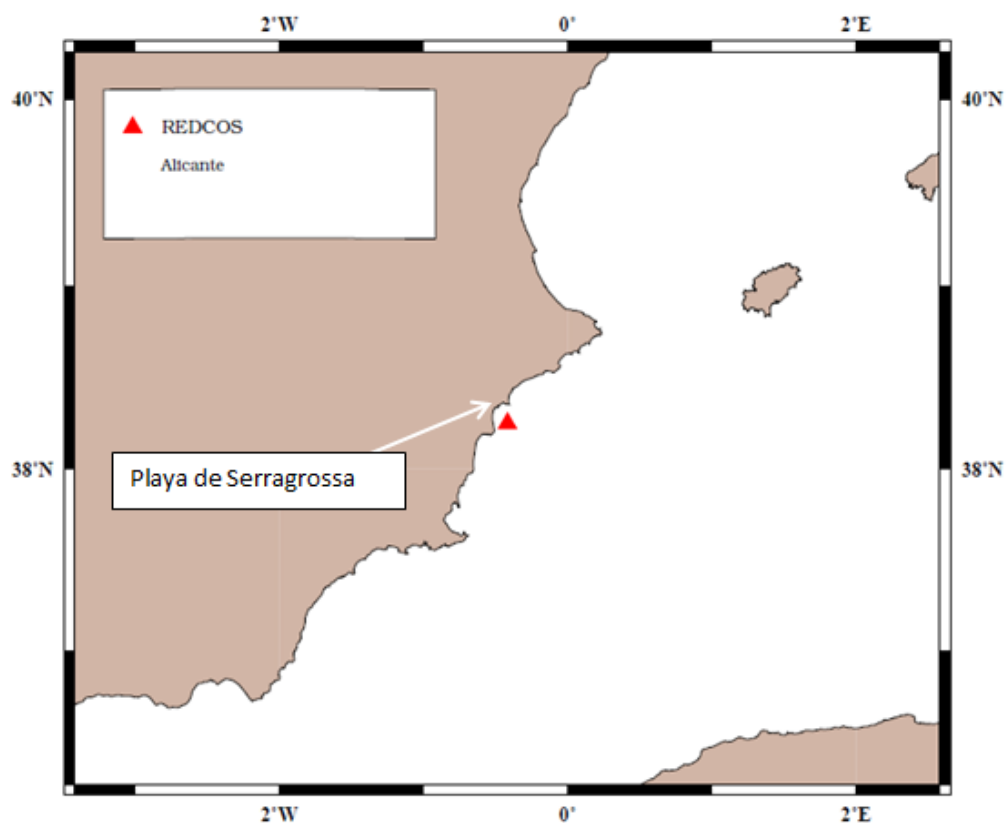


Figura 3 Ubicación boya de Alicante

Longitud	0.417 W
Latitud	38.250 N
Cadencia	60 minutos
Inicio de medidas	26/09/1985
Fin de medidas	04/12/2010
Tipo de sensor	Escalar
Modelo	Datawell
Conjunto de datos	REDCOS

Figura 4 Información de la boya de Alicante

En la siguiente figura se puede observar la rosa de oleaje de la Boya de Alicante para el intervalo de tiempo anual en el periodo de 1.985 a 2.010.

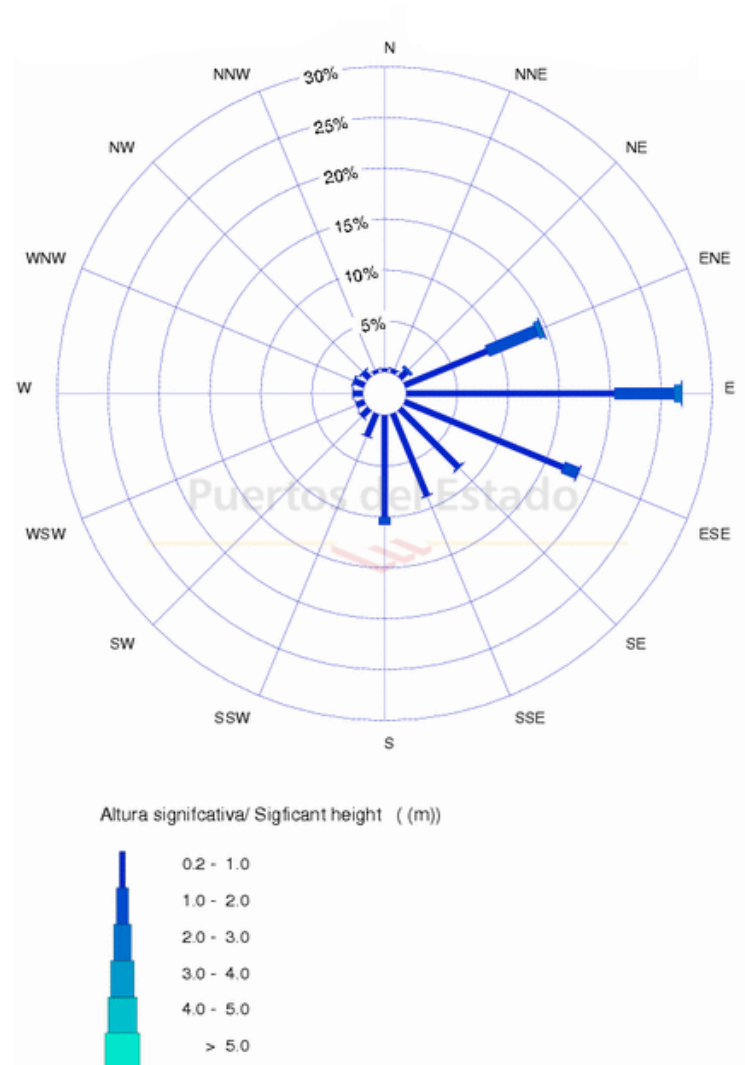


Figura 5 Rosa del oleaje

A continuación se definen los distintos parámetros que se usarán en este estudio:

- Hs, Altura de ola significativa: es uno de los parámetros más representativos del oleaje. Representa la altura de las olas que un observador experimentado apreciaría a simple vista en el punto de medida (no desde la costa), que equivale a la altura media del tercio de olas más altas.
- Tm, Periodo medio: representa el periodo medio de todas las ondas que constituyen el oleaje.
- Tp, Periodo pico: es el periodo del grupo de ondas con más energía. Cuanto más regular es el oleaje más se parece el periodo pico al periodo medio, aunque normalmente el periodo pico es mayor que el periodo medio.

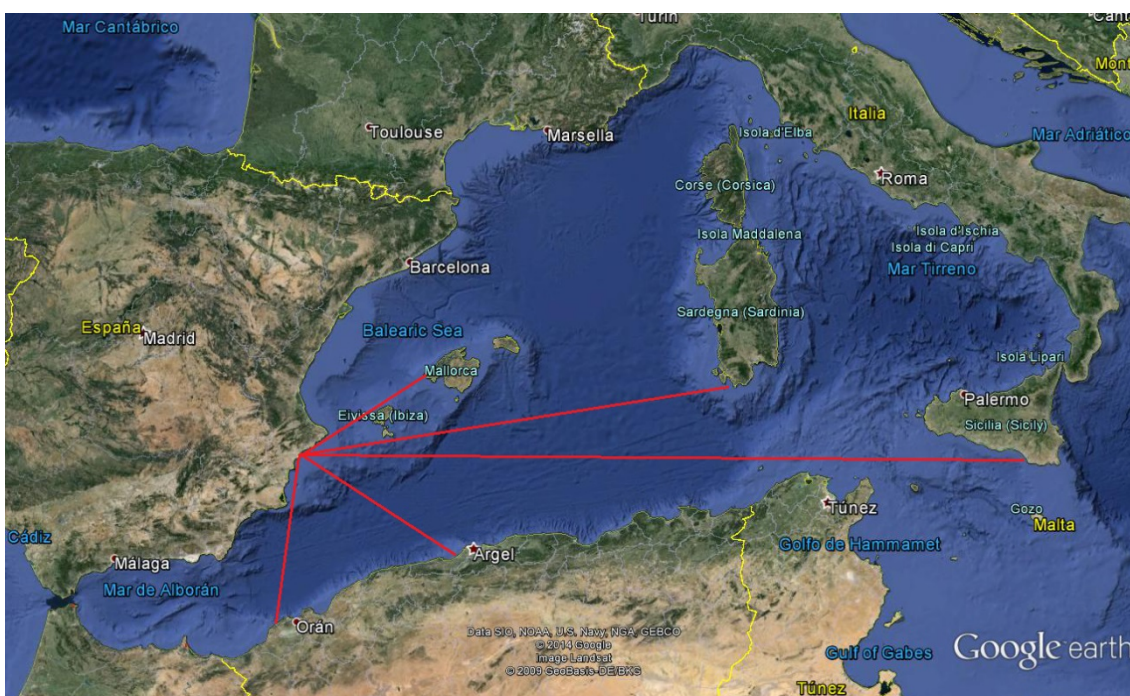


Figura 6 Fetchs incidentes en la zona de estudio

En la costa de Alicante, los fetch más largos se consiguen con una componente ENE y E. Los oleajes se generan desde las costas de las Islas de Cerdeña y Sicilia, con recorridos que alcanzan los 1300 km.

La siguiente orientación con mayor fetch corresponde a los oleajes del ESE, generados en las costas de Túnez. Estos tienen un recorrido similar a los generados en la costa occidental de Cerdeña, los cuales son de componente ENE.

Después tenemos los oleajes procedentes del SE y del S que se generan en las costas de Argelia, suponen un fetch de aproximadamente 350 km.

Por último, los oleajes del NE que se generan en las islas Baleares, suponen un fetch de cerca de 250 km. Aunque es muy improbable que estos fetch teóricos puedan alcanzar las

costas alicantinas en su máximo recorrido debido a la refracción que los oleajes de levante experimentan al formarse en las costas baleares.

Por otra parte, es muy difícil que los vientos soplen completamente rectilíneos desde su zona generadora hasta la costa, ya que es altamente probable que sufran alguna desviación curvándose a lo largo de su recorrido. Este hecho reduce de modo notable la extensión de los fetchs teóricos

Según las fórmulas propuestas por Iribarren podemos calcular parámetros del oleaje a partir de los valores de fetch. Valores como la altura de ola, el periodo y la longitud de onda, máximos, cuyas fórmulas se muestran a continuación.

$$\text{Altura: } h = 1,2 \cdot \sqrt[4]{\text{Fetch}}$$

$$\text{Longitud: } L = 31 \cdot \sqrt[3]{\text{Fetch}}$$

$$\text{Periodo: } T = 4,55 \cdot \sqrt[6]{\text{Fetch}}$$

Como ya hemos señalado, los valores máximos en alta mar no suele producirse, ya que es altamente improbable que el viento mantenga su componente totalmente rectilínea. Los fetchs reales siempre tendrán extensiones más cortas por lo que los parámetros reales de las olas serán también más reducidos. En relación a la playa, las olas alteran sus parámetros la llegar a aguas poco profundas, a excepción del periodo que es el único que se mantiene constante desde la zona generadora hasta el momento de la rotura.

Además, hay que advertir que el régimen de oleaje que se puede deducir, por éste y por otros métodos, representa el oleaje en el límite de profundidades indefinidas.

Se puede concluir a partir de los resultados del método de la fórmula de Iribarren, que el oleaje más incidente en las costas de Alicante tiene la dirección predominante variable entre E y ESE.

3.3. Altura de ola significativa máxima.

El siguiente parámetro a estudio dentro de un temporal son las alturas máximas de ola significativa. Para ello consultaremos la web de Puertos del Estado dependiente del Ministerio de Fomento, y obtendremos la tabla que a continuación se muestra en la que se recoge para cada año del periodo 1985-2007 los máximos de altura de ola registrados para cada mes.

Donde:

- Hs: Altura de ola significativa medida en metros.
- Tp: Periodo de pico medido en segundo.
- Dir: Dirección media de procedencia; 0 = Norte; 90 = Este

Boya de Alicante 1985 - 2007						
Mes/Month	Hs Max./Max. Hs	Tp	Dir	Año/Year	Día/Day	Hora/Hour
Enero/January	3.8	8.9	-	1994	18	12
Febrero/February	5.2	11.1	-	1992	20	14
Marzo/March	4.6	11.2	-	1995	01	02
Abril/April	4.1	10.9	-	1997	09	02
Mayo/May	3.5	9.0	-	1992	03	13
Junio/June	3.3	8.5	-	1992	14	17
Julio/July	2.7	7.8	-	2000	17	13
Agosto/August	3.4	9.1	-	2007	25	10
Septiembre/September	4.1	9.7	-	1989	05	13
Octubre/October	3.6	12.4	-	1997	29	10
Noviembre/November	3.8	10.7	-	2001	11	03
Diciembre/December	4.3	10.1	-	1997	05	04

Figura 7 Datos registrados por la boya de Alicante

La máxima altura de ola registrada en este periodo de 22 años se registró en Febrero de 1992, con un valor de 5.2 metros.

En los dos siguientes gráficos se muestran una distribución conjunta de periodo de pico y altura de ola significativa, para el periodo comprendido entre 1985 y 2010.

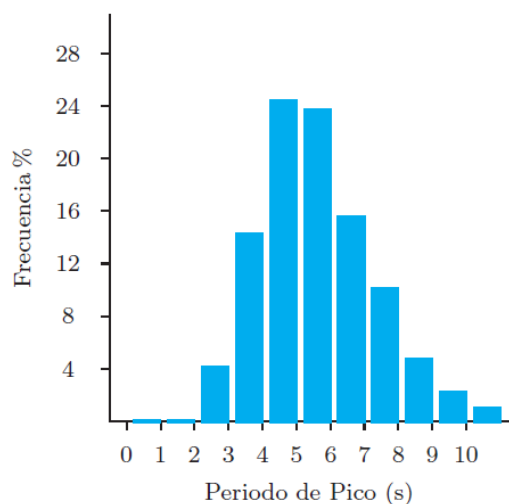


Figura 8 Periodo pico

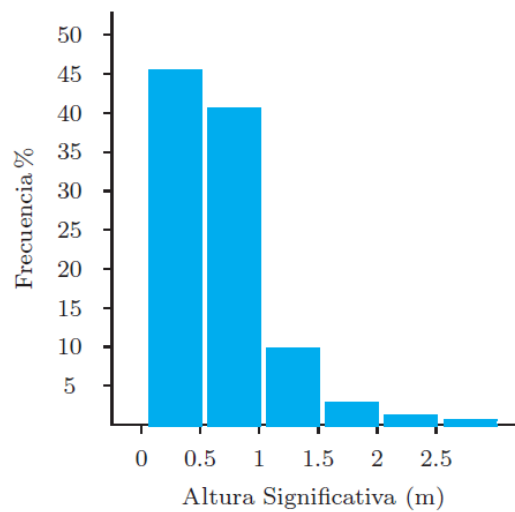


Figura 9 Altura ola significativa

3.4. Conclusiones.

En la costa de Alicante predominan los oleajes provenientes de las direcciones ENE (67.5°), E (90°) y ESE (112.5°), tanto en oleaje tipo swell como tipo sea. Estos oleajes producen corrientes longitudinales con sentido Norte-Sur.

La altura de ola predominante está entre 0.25 y 0.75 metros, mientras que el periodo más habitual oscila entre los 3 y los 7 segundos.

Los principales cambios geomorfológicos provocados por el oleaje se producen durante periodos de temporal, donde para nuestra costa se registran olas de altura significativa mayores de 3.5 metros con muchas frecuencia y llegando de forma excepcional a superar los 5 metros.

Estos temporales tienen gran capacidad de erosión de la costa y sus duraciones medias son de entre 3 y 5 días.

4. Las corrientes.

Las corrientes son movimientos horizontales de grandes masas de agua del mar, generalmente no periódicos. La acción del viento sobre la superficie del agua, la diferencia de densidad entre masas líquidas en contacto, las sobre elevaciones locales del nivel medio del mar o la influencia de la topografía de la costa junto con algún otro factor constituyen los agentes generadores de las corrientes. Estas se pueden clasificar según los siguientes tipos:

- Corrientes generales.
- Corrientes locales inducidas por el viento.
- Corrientes inducidas por el oleaje.
- Corrientes de marea.

Las corrientes generales son las debidas a la acción de los vientos permanentes y a los desplazamientos de masas líquidas de diferente temperatura: en el Mediterráneo presentan un movimiento circular característico, por ser un mar con una única unión a océano abierto. Frente a las costas de Alicante, las corrientes generales tienen un movimiento superficial de norte a sur. Sobre la corriente general del en el Mediterráneo tiene una gran influencia el déficit de agua por evaporación.

Respecto a las corrientes locales inducidas por el viento, existen diferentes estudios teóricos que han abordado su generación por la acción de un viento ideal de velocidad constante soplando sobre un plano de agua de extensión infinita. En puntos próximos a la costa y a profundidades reducidas, como en nuestro caso, la incidencia de estas corrientes es despreciable.

Las corrientes de marea son movimientos de masas líquidas notables generadas por la elevación y descenso periódico del nivel del agua en las zonas con carrera de marea significativa. Las mareas en la playa del Mediterráneo son poco importantes y, por tanto, las corrientes asociadas a ellas son incapaces de inducir procesos litorales significativos, como arrastre de sedimentos.

Se analizará con detalle las corrientes inducidas por oleaje, las cuales sí que son de interés en nuestro estudio.

4.1. Corrientes inducidas por oleaje.

Para profundidades decrecientes el fenómeno de la rotura del oleaje y la influencia del fondo modifican sustancialmente las características del transporte de masa líquida y, por consiguiente, de las corrientes. Se produce entonces un movimiento de retorno de masa líquida tendente a compensar el volumen de la misma que ha sido acumulado contra el obstáculo que supone la costa o playa. Numerosas observaciones en la zona de rompientes han corroborado la existencia de una corriente de fondo en dicha zona que se dirige hacia la línea de rotura, transversalmente a la costa y en sentido inverso al avance de ola rota.

Según lo expuesto, se producen a un lado y a otro de la línea de rotura dos movimientos netos de masa líquida que se dirigen hacia ella. Este hecho es claramente explicativo de la formación de barras de arena en dichas zonas de rotura. Existe, entonces, una continua renovación del agua contenida en la zona de rompientes por intercambio.

Las corrientes generadas por la acción del oleaje son importantes en ingeniería de costas porque originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros. Por la dirección de su movimiento, las corrientes litorales se pueden clasificar en dos tipos: normales a la costa (corrientes transversales) y paralelas a la costa (corrientes longitudinales).

4.1.1. Corrientes normales a la costa.

Generalmente están motivadas por la necesidad de evacuación del volumen de agua sobrante que ha sido empujado y acumulado contra la costa por la acción del viento y del oleaje. Pueden tomar diferentes formas: corrientes de resaca o de retorno.

Las corrientes de resaca desaparecen, en general, en las proximidades de la línea de rotura no produciendo una renovación apreciable del agua de la zona de rompientes. Se generan bajo dos situaciones: con oleaje normal a la costa y con oleaje de baja energía. Su efecto más importante sobre la costa es la deformación del perfil transversal.

Las “rip currents” o corrientes de retorno, son flujos más concentrados y perfectamente organizados que se alejan perpendicularmente a la playa en forma de chorro concentrado, atravesando la línea de rompientes. Los rips se forman como consecuencia del apilamiento de dos masas de agua que circulan aproximadamente paralelas a la costa a baja velocidad y poco concentradas, influyendo en sentido contrario una con respecto a la otra hasta que convergen. Posteriormente se desvía hacia alta mar formando un flujo concentrado y rápido (el rip) que va más allá de la zona de rompientes, donde se expande radialmente formando la cabecera (head) de las células de las rip currents.

El movimiento de estas corrientes se localiza en una zona relativamente estrecha (15 a 20 metros) aunque, extraordinariamente, se pueden alcanzar los 300 metros. Estas corrientes pueden llegar a superar los 2-4 m/s de velocidad.

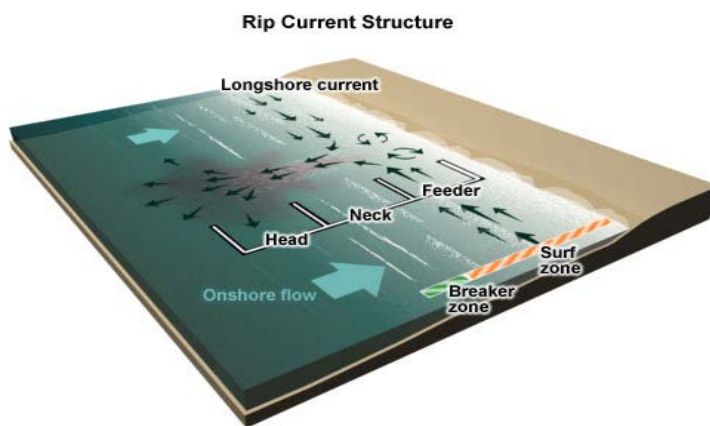


Figura 10 Corrientes de retorno

4.1.2. Corrientes transversales (Longshore currents).

Cuando las olas se acercan a zonas de aguas someras con un cierto ángulo respecto a la orilla son refractadas proyectando un vector de energía paralelo a la orilla que genera una corriente longitudinal, la cual se relaciona con la altura de las olas y con su ángulo de incidencia.

Estas corrientes se producen exclusivamente entre la zona de rompientes y la orilla, discurriendo paralelas a la orilla a lo largo de distancias relativamente largas.

La variable más importante para determinar la velocidad de la corriente longitudinal es el ángulo de incidencia entre la cresta de la ola y la orilla, aunque depende también del período de las olas, de su altura, del gradiente de la playa y de su rugosidad. Por lo que respecta al volumen del flujo, este depende de la altura de la ola en el punto de rotura. Cuanto más lejos rompan las olas, mayor será la zona afectada y el volumen transportado por esta corriente. En la zona del swash, los materiales se transportan en zigzag, pero también con una componente longitudinal.

Las corrientes longitudinales más importantes se producen en las costas donde oleajes de fuerte energía rompen de una manera muy oblicua mientras que, donde predominan los oleajes transversales, la corriente longitudinal es inexistente o muy débil.

Relacionado con la corriente longitudinal tenemos el concepto de deriva litoral, que es el material sedimentario desplazado en la zona litoral bajo la influencia de las olas y corrientes. En las costas de Alicante, la deriva litoral presenta una resultante en dirección N-S.

Los materiales transportados por la corriente longitudinal son los suministros que pueden dar lugar a formas de acumulación tales como flechas, restingas, puntales, etc. El transporte de los sedimentos de la deriva litoral queda patente en las acumulaciones inducidas que se producen a barlovento de los espigones o diques portuarios, ya que estas construcciones artificiales interrumpen el transporte y obligan a la deposición de los sedimentos.

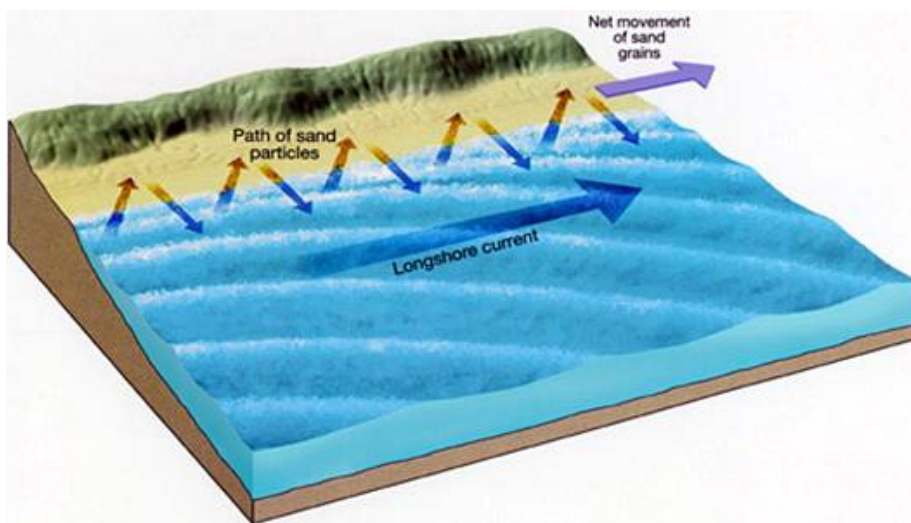


Figura 11 Corrientes transversales

5. Las mareas.

En primer lugar, hay que distinguir entre los dos tipos de mareas, las meteorológicas y las astronómicas. En el caso particular de la costa de Alicante, la marea meteorológica es la de mayor efecto.

La marea meteorológica genera dos tipos diferentes de sobre elevación en las costas; el causado por la presión, que en el Mediterráneo español oscila normalmente entre -15 cm (anticiclón) y +40 (borrasca).

En general, las mareas astronómicas, provocadas por la atracción de la Luna y el Sol, tienen una influencia muy pequeña en las costas del Mediterráneo. Este al ser un mar interior prácticamente cerrado registra rangos de marea muy poco importantes en comparación con las mareas oceánicas. Además, entre las dos cuencas del Mediterráneo, la occidental es la que presenta los valores más bajos. Los datos máximos registrados por el mareógrafo de Alicante sitúan a la marea astronómica entre -12 y +36 cm.

En los registros de mareógrafos se pone de manifiesto la existencia de “secas” y de mareas. Las primeras casi nunca tienen una amplitud mayor de 20 cm, y el periodo de oscilación más frecuente se aproxima a los 45 minutos. Casi siempre acompañan a cambios relativamente bruscos de la presión atmosférica, preferentemente a caídas fuertes de la misma. Con relación a las segundas, la amplitud de oscilación de la marea es del orden de 15 a 20 cm.

La acción morfogenética de las mareas queda integrada en el oleaje general sin que existan diferencias en los efectos de las olas de pleamar y bajamar. Sin embargo, podría hablarse de una cierta influencia por ausencia o escasa entidad de las mareas en las playas de Alicante que provoca la aceleración de todos los procesos geomórficos que allí tienen lugar, al encontrarse la playa permanentemente expuesta a los agentes marinos, sin ningún episodio intermedio en condiciones subaéreas.

Por lo que respecta al nivel medio del mar, este se ve sometido a oscilaciones, cuyo periodo medio se aproxima a los 10 días. Las fluctuaciones máximas del nivel medio del mar suponen unos 50 cm. El nivel del mar es mínimo en febrero y máximo en octubre. La causa más frecuente de estas fluctuaciones se encuentra en los fenómenos atmosféricos, en especial por la presión y los vientos. Desde mediados de la primavera a finales de verano, baja la presión atmosférica y soplan vientos del primer cuadrante. Por la suma de los efectos, el nivel del mar experimenta una ligera subida. En el resto del año suele suceder lo contrario, ya que entonces a los descensos de presión les acompañan vientos del tercer cuadrante.

Para conocer los niveles máximos y mínimos de la marea en la playa a estudiar recurrimos a los datos obtenidos por la Red de Mareógrafos de Puertos (REDMAR). El mareógrafo más cercano a la playa de Serragrossa es el mareógrafo situado en el puerto de Gandía, en el cual según los datos analizados el cero del mareógrafo coincide con el cero del puerto. El nivel máximo observado es de 76.9 cm y el mínimo de -25.1 cm, mientras la máxima marea astronómica es de 32.9 cm y la mínima de -2.1 cm. Todos estos valores son mediciones en relación con el nivel medio del mar, sabiendo que el cero del puerto coincide con el

cero del mareógrafo, y que a su vez el cero del puerto se encuentra situado a 13.9 cm por encima del nivel medio del mar.

Con todos estos datos estudiados se llega a la conclusión de que las mareas en el Mediterráneo no son constantes en el tiempo y van variando en cuanto al tipo de marea, diurno, semidiurno y mixta. Por otra parte, se ven condicionadas por diversos factores como son los meteorológicos, ondas largas y otros que distorsionan la onda puramente astronómica y provocan, en ocasiones, que ésta alcance amplitudes mayores de las previstas.

Se dan mareas con amplitudes astronómicas de entre 15 y 25 centímetros, por lo que se consideran mareas pequeñas, pero en ocasiones debido a la suma de todos los factores, marea meteorológica (bajas presiones más viento persistente en dirección costa), pleamar viva equinoccial (marea astronómica), podemos llegar a mareas de 80 cm aproximadamente.

6. Climatología.

En cuanto a la climatología, cabe destacar algunos datos relevantes respecto a la temperatura y las precipitaciones. La temperatura media, 17.8 °C en el litoral de Alicante, corresponde a un clima benigno, típicamente mediterráneo. La oscilación de temperaturas medias mensuales es de 14 °C. Este clima templado se manifiesta, asimismo, en los valores de las temperaturas máximas y mínimas absolutas; de 41.4 °C a -4.6 °C, aproximadamente en la costa.

El valor medio de la precipitación anual, unos 330 mm, permite definir la zona como “poco lluviosa”, mientras que la humedad relativa se encuentra entre el 62 y el 69%. Se muestra en la siguiente tabla datos estadísticos de la estación meteorológica de la ciudad de Alicante.

Donde:

- T: Temperatura media mensual/anual (°C).
- TM: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C).
- Tm: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C).
- R: Precipitación mensual/anual media (mm).
- H: Humedad relativa media (%).
- DR: Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN: Número medio mensual/anual de días de nieve.
- DT: Número medio mensual/anual de días de tormenta.
- DF: Número medio mensual/anual de días de niebla.
- DH: Número medio mensual/anual de días de helada.
- DD: Número medio mensual/anual de días despejados.
- I: Número medio mensual/anual de horas de sol.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO.
PROYECTO DE ADECUACIÓN DE LA PLAYA DE SERRAGROSSA (ALICANTE)

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	11.5	16.8	6.2	22	67	4	0	0	0	0	8	177
Febrero	12.4	17.8	7.0	26	64	3	0	0	0	0	6	180
Marzo	13.7	19.2	8.2	26	64	4	0	1	1	0	7	230
Abril	15.5	20.9	10.1	30	62	4	0	2	0	0	6	246
Mayo	18.4	23.6	13.3	33	65	4	0	2	0	0	5	278
Junio	22.2	27.2	17.1	17	64	2	0	2	0	0	10	300
Julio	24.9	30.1	19.7	6	64	1	0	1	0	0	16	333
Agosto	25.5	30.6	20.4	8	67	1	0	1	0	0	13	304
Septiembre	23.1	28.4	17.8	47	68	3	0	2	0	0	8	255
Octubre	19.1	24.4	13.7	52	69	4	0	2	0	0	6	220
Noviembre	15.2	20.4	10.0	42	68	4	0	1	0	0	6	179
Diciembre	12.5	17.6	7.3	26	68	4	0	0	0	0	7	163
Año	17.8	23.1	12.6	336	66	37	0	14	2	1	97	2864

Tabla 5 Información meteorológica de Alicante