

Bases para una aproximación a la dinámica litoral del País Valenciano (*)

Por Prof. J.J. DIEZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Con la colaboración del Departamento de Puertos e
Ingeniería Oceanográfica de la E.T.S. de Ingenieros
Caminos de Valencia.

Las previsiones sobre la evolución de la morfología costera exigen disponer de un conocimiento lo más amplio posible de las condiciones del oleaje que actúa sobre el litoral. No siempre se puede contar con dichos datos, por lo que se hace necesario recurrir a estimaciones de los mismos basados en otros parámetros, fundamentalmente del régimen de vientos. Una aplicación a las costas de Valencia se hace en el artículo que se presenta a continuación.

I. INTRODUCCION

Como queda suficientemente justificado en muy diversos autores y desde ya hace tiempo, existe una clara concatenación de fenómenos, ligados causalmente, que conducen desde la energía eólica hasta la que mueve los procesos que configuran la costa. La cesión de energía a las masas hídricas marinas genera, entre otros fenómenos, como corrientes y mareas meteorológicas, el oleaje, factor principal y dominante en la mayor parte de los procesos litorales, particularmente en aquellas costas con débiles mareas y sin importantes desembocaduras fluviales. La rotura de este oleaje, en las inmediaciones de la línea de costa, induce precisamente, y a través de otros factores, las modificaciones litorales a lo largo del tiempo.

Pues bien, cuanto mejor se puedan conocer las condiciones del oleaje que actúa sobre unas costas, junto con la configuración y estructura de éstas, en un momento dado, mejor se pueden definir los posibles cambios a futuro, correspondientes a las diversas actuaciones en dichas costas.

No se disponen por el momento de registros directos del oleaje que permitan partir de ese estadio en los análisis, aunque es de esperar que en unos años la Red Exterior del Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas "Ramón Iribarren", pueda empezar a suminis-

trar estos valiosísimos datos. Otras fuentes posibles tienen importantes limitaciones, como más adelante se detalla, aunque, ante la carencia indicada, deben tenerse muy en cuenta en nuestro caso.

La repetida falta de datos, es la razón, las más de las veces, de recurrir a otros métodos de análisis, no tan precisos, para la determinación de los regímenes de oleaje. Para ello, y según más adelante se explica, se recurre a los regímenes de vientos. Ahora bien, el viento incide en los procesos litorales de dos modos diferentes, según que actúe en las inmediaciones la costa o desde el largo. En este último caso se generan los oleajes de mayor acción sobre la costa, aunque los primeros originan dinámicas locales en absoluto despreciables, cuestión que ya se ha apuntado desde antiguo y que recientemente han puesto de manifiesto investigaciones realizadas en la Universidad de Berkeley por Wiegell y colaboradores.

Así pues, es obligado el análisis de los datos disponibles de vientos; en los recogidos de los observatorios costeros, hay que tratar de separar los que corresponden a efectos locales (brisas) de aquéllos de carácter más general, aunque teniendo siempre presente que, incluso con este criterio, no se llega a una correcta definición de los vientos del largo. Sin embargo, este tipo de estima nos permite seleccionar, como más adelante se indica, el régimen de los indicados vientos del largo más adecuado para estas costas. En los análisis que se desarrollan a continuación se definen además las limitaciones de cada una de las fuentes y métodos utilizados.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de abril de 1982.

II. ESQUEMA DEL REGIMEN GENERAL DE VIENTOS

El régimen de vientos en las costas del Levante español viene marcado por los siguientes condicionantes generales:

a) El frente polar, originado en las áreas anticiclónicas del círculo polar ártico, y cuyo alcance se reduce durante los meses cálidos, pero que durante el resto del año empuja a los ciclones extratropicales hacia latitudes menores.

b) Los ciclones extratropicales, fenómeno en que se concretan en el Atlántico Norte las bajas presiones centrales en los 60º de latitud, y cuya marcha del Oeste a Este suele detenerse sobre la llanura centro-europea donde se disuelven. En la estación cálida estos ciclones se sitúan a latitudes mayores, sobre y por encima de Gran Bretaña, y apenas inciden sobre la Península los vientos derivados de su presencia, aún cuando anómalas manifestaciones del frente polar pueden hacerlos descender a irrumpir sobre aquélla. En todo caso, el fuerte gradiente de presiones propio del fenómeno, siempre introduce una cierta cantidad de aire fresco marítimo en el tercio Norte peninsular. En la temporada fría las borrascas se sitúan a latitudes menores afectando notablemente a las costas del Norte y Oeste de la Península. Cuando son suficientemente potentes (rebasan en estos casos las sucesivas cadenas montañosas y llegan a situarse sobre Centroeuropa aún con fuerza), alcanzan también a las costas del Mediterráneo. Descensos importantes del frente polar durante esta temporada hacen descender aún más estos ciclones hasta transformarlos de "noratlánticos" en "suratlánticos" de forma que entonces afectan a la totalidad de la Península, alcanzando en consecuencia las costas mediterráneas.

c) La franja de altas presiones de los 30 grados de latitud se concentra, en el Atlántico Norte, en el ya tónico anticiclón de las Azores, cuya posición, sin embargo, sufre grandes oscilaciones en torno a dicho archipiélago a lo largo del año medio. Se acerca a la Península Ibérica por el Suroeste al principio de la estación invernal, permanece próximo a ella durante algún tiempo para desplazarse después en dirección SW. volviendo a estabilizarse en su posición más alejada de la Península durante el verano. En torno a los equinoccios se desplaza manteniendo su latitud, un poco hacia el Oeste en otoño y hacia el Este en primavera.

d) El carácter notablemente continental de la

Península Ibérica, lo que es causa de escasa nubosidad y fuerte influencia de las radiaciones. Durante el verano la intensa radiación, solar y de la corteza, origina un calentamiento considerable de las masas de aire sobre la meseta, generándose así un área de bajas presiones que entra en relación con la general centroeuropea; en invierno, por el contrario, estas masas de aire muestran un déficit térmico que se manifiesta en el establecimiento de un anticiclón, en relación, bien con el de las Azores, bien, aislado, con las masas de aire frío de Centroeuropa. Su presencia está en relación con el conjunto de circunstancias que determinan el carácter noratlántico o suratlántico de los ciclones extratropicales mencionados.

e) El carácter predominantemente desértico del Norte de Africa es causa, por su fuerte insolación, de la formación de una estable y extensa área de bajas presiones "anómalas" cuya posición central oscila, aproximadamente, a lo largo de un paralelo situándose más hacia Argelia y Marruecos en verano-otoño, para retornar hacia el Sur de Túnez y Libia en invierno. Estos ciclones son de aire caliente en contraposición con los suratlánticos extratropicales, aunque todos dan vientos del SE. sobre las costas mediterráneas.

Sobre estos factores se superponen fenómenos muchos más locales, y, en particular, uno que no lo es tanto y que podríamos denominar área de bajas presiones ligur. Surge en el otoño, cuando se acelera el enfriamiento de la Meseta y del macizo alpino, mientras el área marina, más inerte térmicamente, conserva aún su carácter cálido. Se sitúa entonces en el golfo de León, entre Génova y las Baleares; se desplaza, en invierno, hacia el Sur de Italia y desde allí, en primavera, hacia el Noroeste, es decir hacia el Sur Balear, donde termina disolviéndose. Durante su etapa activa se potencia con los ciclones extratropicales que han llegado a esas áreas.

Del conjunto de todos estos fenómenos los ciclones extratropicales son sin duda los que ocasionan los vientos más intensos por el fuerte gradiente de presiones que les caracteriza. Sin embargo, su principal incidencia en la Península se produce en las costas cantábricas y atlánticas. En las mediterráneas, de los ciclones noratlánticos, sólo los que consiguen establecerse en Centroeuropa dan lugar a intensos vientos del NE. Los suratlánticos, cualquiera que sea su origen, dan vientos del SE. si bien, en el caso de los extratropicales, se inician con vientos del SW. que rolan al Sur y, finalmente, al SE. En ciertas circunstancias pueden terminar en vientos del Este, cuando se funden con los

BASES PARA UNA APROXIMACION A LA DINAMICA LITORAL DEL PAIS VALENCIANO

ligures. Sus costas de influencia en estas circunstancias son, fundamentalmente, las del Sudeste y Este peninsular, pero también las mediterráneas del Sur (Alborán y, en ocasiones, las de Cataluña y Baleares.

Estos ciclones extratropicales están en circulación cuasi-permanente, con duraciones en torno a los tres y cuatro días y con intervalos algo menores pero del mismo orden de magnitud, si bien su grado de actividad se ve modificado por la estación, la penetración del frente polar, el desarrollo del anticiclón peninsular y la posición y desarrollo del de las Azores. Los más extensos y prolongados generan los grandes temporales atlánticos y cantábricos en invierno, centrados a mayores o menores latitudes en relación con el anticiclón peninsular, y, casi siempre, originan temporales del Nordeste en el Mediterráneo español. Cuando, a partir de otoño, se centran sobre el golfo de Génova, ocasionan entonces vientos fríos —tramontana en Cataluña, mistral en el valle del Ródano, cierzo en el del Ebro, etc.— que suelen comenzar como NW. para rolar sucesivamente hasta posiciones que se acercan a la del levante, si bien esta dirección sólo la presentan cuando alcanzan el mar de Alborán.

Los levantes intensos son más frecuentes con los ciclones suratlánticos, cualquiera que sea su origen, o cuando se deben —invierno— al área ligur de bajas presiones. Su intensidad se acentúa hacia el Estrecho, aunque casi nunca lo suelen rebasar, siendo la longitud del Cabo de San Vicente un límite máximo habitual. Pero también ocurren, sobre todo al Norte del Cabo de San Antonio, en conexión con la depresión estival del desierto del Sáhara y con el anticiclón invernal europeo. Este último caso, cuando el anticiclón se centra en Francia y coincide con los efectos de la depresión ligur, es el de las "levantadas" más intensas. En conjunto los levantes no son muy frecuentes (3 % en invierno, 10 % en verano y otoño y 14 % en primavera, como promedio, aunque este último año 1979-1980 han reinado en mayor proporción), pero sí suelen ser intensos y persistentes por lo que tienen influencia en el transporte sólido de todo el litoral levantino y resultados máximos en algunos tramos. Para colmo, los temporales más intensos del levante, desplazando aire marítimo húmedo, ocasionan fuertes —las mayores en el área— precipitaciones lo que da lugar no sólo a inundaciones, sino a fuertes aportes de materiales sólidos sobre los deltas, en el momento de máxima actividad del oleaje.

Los garbís, vientos del SW., pueden ser tan intensos o más, pero soplando en la dirección

general de la línea de costa, o desde el interior en ciertos tramos, su influencia en el transporte sólido es mucho menor, salvo efectos locales.

Pero, sobre estos vientos correspondientes a la circulación general atmosférica, en nuestras latitudes se deben tener en cuenta los ocasionados por el brusco gradiente térmico que siempre se establece en la interfase litosfera-hidrosfera, y que se produce a consecuencia de los diferentes calores específicos de ambos medios. Durante el día, debido al más rápido calentamiento de la fase continental se producen brisas de "marinada" que pasan por un máximo de intensidad hasta alcanzar un mínimo nulo en el momento de la noche en que, por el más rápido enfriamiento de la mencionada fase, se alcanza de nuevo el equilibrio térmico. En ausencia de vientos generales básicos, se pueden observar calmas absolutas dos veces por día por esta causa. La situación dominante en la fase continental, ciclónica en verano y anticiclónica en invierno, hace que mientras las brisas del mar o "marinadas" alcanzan importantes velocidades (30 y 20 nudos respectivamente en verano e invierno), las de tierra o "terrales" son mucho menos intensas en general (diez nudos). Su dirección viene muy impuesta, junto con otros factores menores, por la general de la costa en cada tramo, aunque modificada en cada punto por las características fisiográficas y morfológicas de su entorno; en los tramos norte de cada uno de los grandes arcos de nuestro litoral mediterráneo las marinadas coinciden, aproximadamente, con la dirección del garbí (3er cuadrante), mientras que en sus tramos sur se centran en el Nordeste (1er cuadrante), en líneas generales.

Estudio más detallado de los vientos en el tramo de costa del País Valenciano exige un análisis crítico de los datos de sus cinco observatorios: Vinaroz, Castellón-Grao, Valencia (Manises y Viveros, aunque este último presenta anomalías desde 1958, sin duda derivadas de la actuación urbanística), San Antonio y Alicante.

Este análisis más detallado lo hemos realizado para diversos puntos del litoral, teniendo en cuenta varios trabajos basados en los registros de los mencionados observatorios, y publicaciones con datos de vientos en varios puntos del Mediterráneo Occidental.

III. ANALISIS DE LOS REGISTROS DE OBSERVATORIOS COSTEROS

Dada la variable configuración de la costa se ha realizado este análisis en varias etapas que

corresponden a diferentes tramos de aquélla. Se inicia por la mitad Sur del óvalo, incluyendo el cabo de San Antonio, se extiende después a la mitad Norte, y, finalmente, se lleva al entorno del observatorio de Alicante. En la primera etapa se han utilizado datos recogidos y elaborados por J.R. MEDINA, en nuestro Departamento, y por E. SANJAUME (1980); los datos y análisis del P.Lan Indicativo de Usos del Litoral (P.I.D.U.) son más incompletos, al tener exclusivamente en cuenta las frecuencias direccionales, y quedan englobados por los anteriores, sin contradecirlos en nada. Para la segunda etapa se han incorporado, además los datos recogidos y analizados por J. SERRA, también en nuestro Departamento, y los de V.M. ROSSELLO (cifr. MATEU, 1980) y J. QUEREDA (1976). Para la tercera etapa, adicionalmente se ha podido disponer de una fuente de datos inapreciable, como es el parte diario de condiciones climatológicas que, durante más de cincuenta años, viene realizando el Director de las Salinas de Bras del Port. Esta relación, aún cuando no recoge datos directos sobre intensidades, al incluir información detallada sobre humedad y evaporación, permite evaluaciones razonables en muchos casos. En esta tercera etapa, además, se tienen en cuenta los datos recogidos en las publicaciones del Almirantazgo británico, tanto las del libro "Weather in the Mediterranean" como en las Cartas mensuales, al existir dos

puntos de observación de vientos que tienen una relación directa con las costas del Sureste español y, en particular, las surlicantinas: uno en el mar, bastante permanente, entre España y Argelia, y otro en tierra, en el interior de la Península.

III. 1. Tramo Sur del Golfo de Valencia

Los datos correspondientes a la primera de las etapas del análisis señalado proceden de los observatorios meteorológicos de San Antonio, Manises y Viveros. Al analizar los datos de San Antonio, se aprecia que lo singular de su localización influye en las medidas realizadas, lo cual obliga a tratar la información de este observatorio teniendo en cuenta, paralelamente, los datos del observatorio de Manises, en Valencia. No se han podido servir como elemento de apoyo los resultados del observatorio de Viveros ya que, entre 1958 y 1975, las medidas realizadas en este punto no responden a la realidad, al haber quedado fuertemente alteradas por las edificaciones levantadas junto al centro de control.

Como ejemplo de lo dicho, cabe comparar los resultados, en el año medio, de las frecuencias direccionales de vientos (en %), controladas en San Antonio y Manises. Prescindiendo de calmas, resultan ser las del cuadro 1.

CUADRO 1

	NW	N	n-s	NE	E	SE	s-n	S	SW	W	t
San Antonio	16	20	44	17	3,5	3,5	16	15	17	8	40
Manises	11	6	49	12	25	11	28	4	9	22	35

n-s: indica la frecuencia de la dinámica litoral de Norte a Sur.
s-n: indica la frecuencia de la dinámica litoral de Sur a Norte.
t: indica la frecuencia de vientos terrales.

Estos datos ponen de manifiesto la influencia de las brisas locales, que hacen reinantes a los vientos sensiblemente perpendiculares a las costas respectivas.

En cualquier caso, el análisis detallado y comparativo de la documentación de San Antonio y Manises, permite establecer las conclusiones que figuran a continuación, referidas a las costas en estudio en esta primera etapa:

1. Los vientos de "poniente" y "levante" son los más frecuentes (reinantes), predominando,

claramente, los primeros en invierno y los últimos en primavera y verano. En otoño las frecuencias se equilibran. Esta distribución indica la influencia, muy significativa, de los vientos locales (brisas) y, sobre éstas, de la temperatura ambiente en cada estación. Por otra parte, los vientos de poniente son dominantes (más intensos). Los términos "poniente" y "levante" incorporan la acepción de los lugareños y tienden, en cada punto, a la dirección perpendicular a la de la línea de costa. Particularizando al área de Valencia, se observa la siguiente situación:

BASES PARA UNA APROXIMACION A LA DINAMICA LITORAL DEL PAIS VALENCIANO

En diciembre, enero y febrero dominan las componentes de W. y NW., sin percibirse apenas las brisas diurnas del mar. En marzo se inicia un cambio de tónica, que se asienta definitivamente en mayo, con la desaparición práctica de las brisas nocturnas de tierra, y el establecimiento dominante de vientos del E. y SE. Esta situación permanece hasta finales de agosto. En septiembre aparecen, durante las noches, componentes del W. y NW., que duran hasta noviembre, en que el equilibrio y la alternancia entre ambas son máximas.

- La alternancia de levantes y ponientes no puede manifestarse en San Antonio —ni siguiera en Denia—, por la singularidad que supone el Cabo. En Denia la alternancia se manifiesta en el sentido Norte-Sur, como

dominancia del Norte. En este caso, los vientos del Norte reinan en otoño e invierno y los del Sur en verano. En primavera se equilibran las frecuencias. Es de esperar que esta modificación de las direcciones con la latitud se produzca gradualmente y en relación con la de la orientación de la costa.

- La frecuencia de vientos y, sobre todo, de vientos fuertes, aumenta de Valencia al cabo de San Antonio, aunque, dada la singularidad de éste, hay que sospechar que ya en Denia las intensidades seguirán una pauta análoga a la de Valencia, si bien algo más alta. Tomando como límite la intensidad que corresponde a velocidades de racha de 90 km/hora, se han determinado para Manises, en 11 años, los siguientes casos (cuadro 2):

CUADRO 2

DIRECCION VIENTO	W	SECTOR W. NW-W. SW	NW	SECTOR W. NW-N. NW	N	SECTOR N. NW-N.NE	NE	S
Nº temporales	47	47+22 = 69	9	9 + 21 = 30	4	4 + 7 = 11	5	1

También en Manises, para el límite de los 20 km/h., y prescindiendo de los temporales del Oeste, que afectan menos a los procesos litorales (equivalentes a los del Sur en Denia), aún cuando sean mucho más frecuentes, en el mismo período se centran 51 situaciones en el octante NW., 44 en el N., 19 en el NE., 8 en el E., 2 en el SE., 2 en el S. y 16 en el SW.

Estas direcciones, roladas en el sentido del reloj un cuadrante o algo menos, pueden servir para las costas adyacentes y al Norte del cabo, donde, en tal supuesto, el número de temporales de viento, con más de 20 y 90 km/hora. de racha máxima, respectivamente resultan ser, en los 11 años controlados, los siguientes (cuadro 3):

CUADRO 3.

DIRECCION VIENTO	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
VELOCIDAD DE RACHA > 20 km/h.	80	48	32	13	5	2	16	60
> 90 km/h.	49	20	8	3	0	1	1	31

Estos valores corresponden bastante bien con los resumidos antes, referidos a San Antonio, excepto en lo que puede explicar la propia singularidad del cabo.

generar dinámicas en ambos sentidos, según la orientación de la costa en cada punto.

III.2. Tramo Norte del Golfo de Valencia

Para la segunda etapa los datos proceden de las tres estaciones meteorológicas de las costas de la provincia de Castellón —Vinaroz, Castellón, el Grao— y el observatorio emplazado en la estación receptora de crudos de la Refinería, a 2,5 kilómetros de la costa. Datos recogidos por Rossello (1963) de estas estaciones más los de Quereda (1976), permiten establecer el cuadro de frecuencias medias

- De acuerdo con los resultados recogidos en el punto anterior, cabe apuntar que existe, sin duda, una dinámica general en sentido hacia el cabo, favorecida por vientos del NW. y N., y otra, menos frecuente, en sentido contrario, derivada de los del E. y SE. Por su parte, los vientos del NE. —que evidentemente, son los más influyentes, puesto que siempre serán del largo y con abundante oleaje—, pueden

BASES PARA UNA APROXIMACION A LA DINAMICA LITORAL DEL PAIS VALENCIANO

CUADRO 4

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Estación
16,3	19,5	17,3	6,9	4,5	2,8	12,9	19,8	Vinaroz (1949-62)
11,4	17,0	23,4	11,8	9,7	8,1	12,3	6,3	Castellón (Id.)
5,4	13,3	26,4	15,2	13,8	6,4	12,5	7,0	Grao (Id.)
8	20	16	11	11	8,5	17,5	8	Marítima (1967-74)

anuales de las direcciones de los vientos en tantos por ciento.

En todos ellos es evidente una cierta polarización hacia Levantes y Ponientes que pone de manifiesto la influencia de las brisas en los datos de estos observatorios costeros. Mientras los Levantes son igualmente manifiestos en las estaciones terrestres que en la marítima (con algunas variaciones en la dirección derivada de efectos locales, sin duda), los Ponientes se muestran más claramente en la estación marítima, libre del abrigo de estribaciones, árboles y edificaciones.

Las brisas no son vientos fuertes y ello hace que su influencia quede muy clara en el cuadro 5 siguiente, en que se detallan las velocidades medias (en km . h⁻¹) determinadas por Querreda para cada dirección, a partir de los datos de la estación marítima citada.

Las altas velocidades medias que corresponden a los vientos del N-NE (20,2) y del NE. (14,6) muestran la incidencia de los temporales en ellos, lo mismo que las bajas de los vientos del E. (8,9) y W. (7,4) y, en menor grado, de las componentes del E-SE, SE, W-SW y W-NW, son consecuencia de las brisas.

Las diferencias que se observan entre los resultados de las diferentes estaciones obedecen sin duda a efectos locales que, por ejemplo, dificultan los registros de algunas

componentes (cuadrante Sur en Vinaroz, Norte en el Grao y Oeste en Castellón), en favor de las de otras (cuadrante Norte en Vinaroz), Sureste en el Grao y Este en Castellón), aparte de la incidencia que tiene la dirección concreta de la costa en cada punto, tal y como ha quedado de manifiesto en la etapa primera, a partir de los datos de los observatorios de Valencia y cabo de San Antonio.

Los datos recogidos y analizados por el Departamento de Puertos e Ingeniería Oceanográfica de la Universidad Politécnica de Valencia han permitido determinar los regímenes de vientos, para las direcciones marítimas, correspondientes a las costas que estamos estudiando. En la *figura 1* se ofrecen dichos regímenes con y sin la influencia hipotética de las brisas, supuesta esta manifestada para velocidades por debajo de un cierto valor en las direcciones NE, E y SE. La comparación con regímenes obtenidos de otras fuentes por S. BORES para las costas de Benicasim (1979) parecen ser acordes con las hipótesis anteriores.

III.3. Costas del Sureste. Bahía de Santa Pola

Para la tercera etapa los resúmenes de la publicación del Almirantazgo británico correspondientes a un punto de observación en directa relación con las costas surlicantinas y murcianas, facilitan una aproximación al

CUADRO 5

N	N-NE	NE	E-NE	E	E-SE	SE	S-SE
12,1	20,2	14,6	11,0	8,9	9,9	9,7	11,1
S	S-SW	SW	W-SW	W	W-NW	NW	N-NW
11,7	17,8	11,0	9,2	7,4	10,0	10,7	13,0

BASES PARA UNA APROXIMACION A LA DINAMICA LITORAL DEL PAIS VALENCIANO

CUADRO 6

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC
% 12	16	15	10	7	2,5	1	1,1	4,3	9	13	11

(Media anual: 10 %)

problema que nos ocupa, al permitir señalar los valores medios de las frecuencias mensuales de temporales de viento superiores a 6 en la escala de Beaufort (27 nudos), (cuadro 6).

Con la misma idea, se han recogido en el cuadro 7 las direcciones de viento con frecuencias de presentación superiores al 10 %, obtenidas de las fuentes anteriormente mencionadas y ordenadas según valores decrecientes (los subrayados indican manifiesta superioridad en las cifras correspondientes, mayor en los casos de doble subrayado).

De todos estos datos, y al margen de algunas diferencias menores, derivadas de la diversa

forma de estimación de los mismos (como, por ejemplo, el caso de Bras del Port, donde se hace mayor el porcentaje de calmas), cabe poner de manifiesto los siguientes hechos:

1. Los datos del observatorio de Alicante (tomados del P.I.D.U.) y de las Salinas de Bras del Port, vienen afectados por las brisas que se ocasionan en la interfase marítimo-terrestre, lo que eleva, en general, la frecuencia de los vientos de las direcciones NW. y SE., en Alicante, y de las N.NW. y S.SE., en Santa Pola, en cualquier mes del año, si bien este hecho se acentúa en invierno (a favor de los primeros) y en verano (a favor de los segundos), especialmente en la última estación.

REGIMEN DE VIENTOS (CASTELLON)

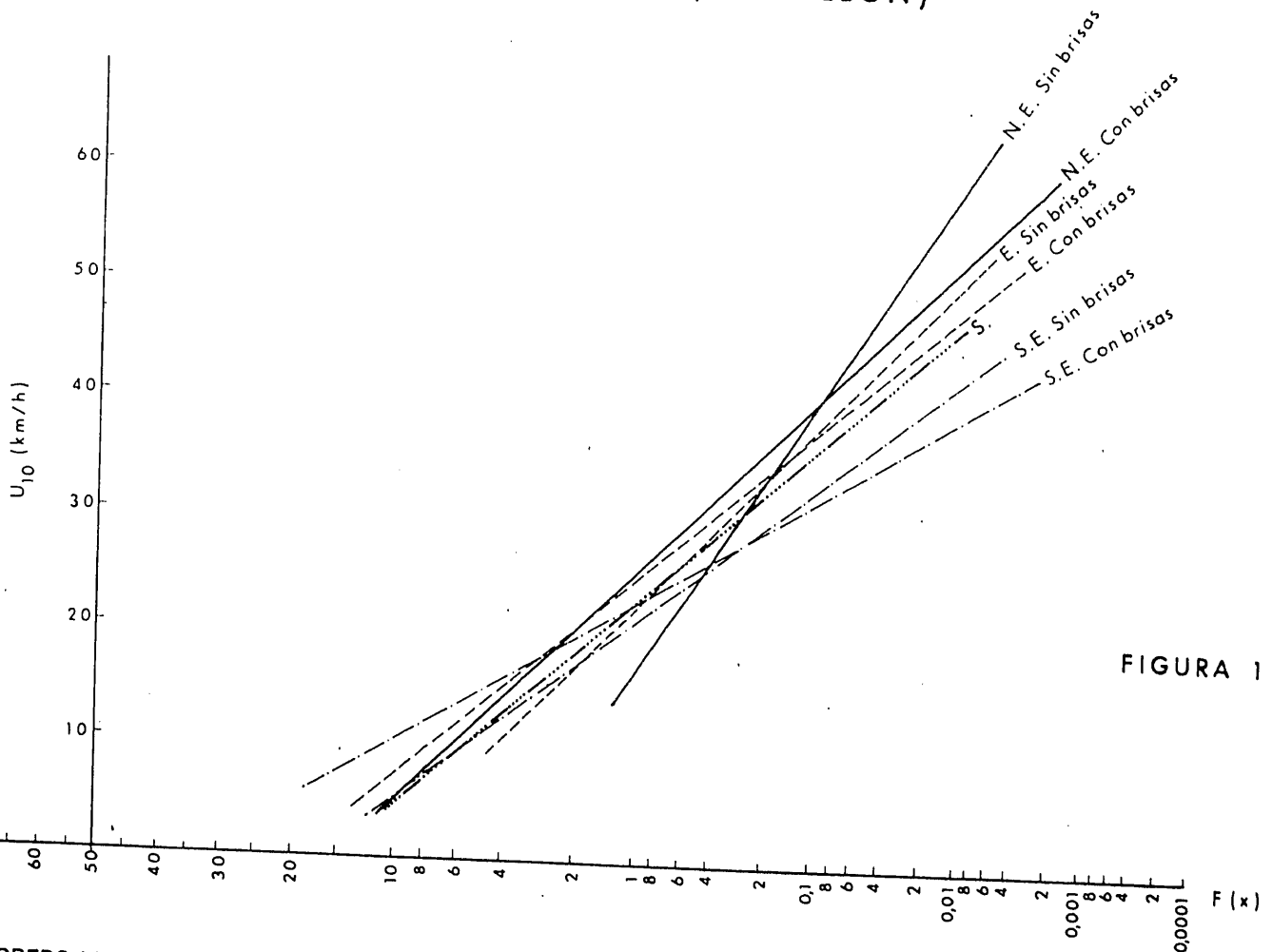


FIGURA 1

BASES PARA UNA APROXIMACION A LA DINAMICA LITORAL DEL PAIS VALENCIANO

CUADRO 7

MES	CARTAS ALMIRANTAZGO (MARINOS)	SALINAS BRAS DEL PORT	WEATHER (MURCIA) (CONTINENTALES)	P.I.D.U. (ALICANTE)
Junio	<u>E</u> - NE - W - SW	<u>E</u> - S - SE	<u>E</u> - NE - W - SW (Sobre tierra firme las frecuencias están más equilibradas que sobre el mar)	
Julio	<u>E</u> - NE - W - SW - SE	<u>E</u> - SE - S		E - SE - S - NW
Agosto	<u>E</u> - NE - W - SW	<u>E</u> - SE - S		
Septiembre	<u>E</u> - W - NE - SW	<u>E</u> - S - SE	W - SW - E - NE (Más intensas que sobre el mar)	
Octubre	E-W-SW-S-NE-NNW	E - SE - S - SW - W		<u>NW</u> - E - SE - N
Noviembre	W - SW - E - N	SW - W - E - S - NE		
Diciembre	<u>W</u> -SW-NW-N-NE-E	W - SW - NW	W - SW - NW - N NE - E (Más intensas y frecuentes que sobre el mar)	
Enero	W - NW - N - NE -SW	W - SW - NW		NW - N - W - S
Febrero	<u>W</u> -SW-N-NW-E-NE	SW - W		
Marzo	W - SW - E - NE - NW	E - S - W - SW - SE	W - SW - E - NE (Más frecuentes que sobre el mar)	
Abril	W - E - SW - NE	<u>E</u> - S - SE		NW - E - SE - S - N
Mayo	<u>E</u> - NE - W - SW	<u>E</u> - S - SE		

2. Los datos de las Salinas se han ordenado por meses del año medio, y se han agrupado por estaciones, estimando éstas como la reunión de meses "climatológicamente" similares y propios de cada una de las cuatro estaciones es decir, sin atender a criterios estrictamente astronómicos, de ellos se deduce que la primavera y el otoño son estaciones muy cortas, desde el punto de vista de los regímenes de viento y oleaje. Esto aconseja desestimar las medias estacionales que presenta el libro "Weather in the Mediterranean", basadas en una división trimestral del año, al menos en este área. Resulta preferible, por más adecuado a la realidad, considerar un otoño constituido exclusivamente por el mes de octubre y una primavera formada por marzo y abril (figura 2).

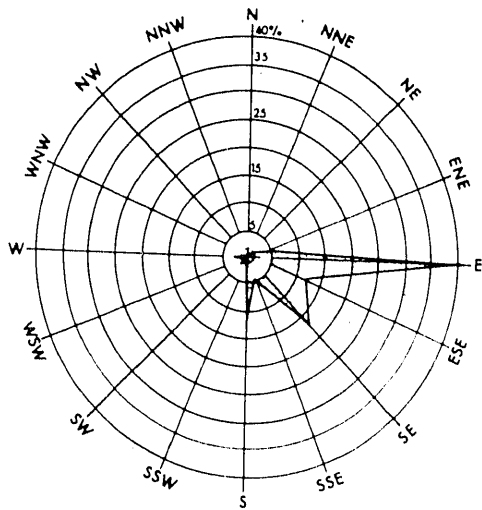
3. Los levantes reinan de modo muy notorio en verano, mientras que los ponientes se manifiestan algo más frecuentes en invierno, con carácter netamente dominante, además; sin embargo los vientos de componente S. y SE., frecuentes en las Salinas, así como parte de los levantes y ponientes que allí se presentan, deben atribuirse, en gran medida, a la influencia de las brisas.

4. La mayor parte de los vientos que se presentan en la zona de estudio son de velocidad moderada, siendo poco frecuentes los que exceden de los 27 nudos (unos 13,5 m/seg.). Sin embargo, velocidades superiores se alcanzan generalmente, coincidiendo con vientos de levante o poniente. Centrados, en octubre, en el Oeste, pasan al NW. al llegar diciembre, y se trasladan al NE. en enero; en febrero se distribuyen, prácticamente, en todo el sector que va desde el SW. al E. (esto es, centrados en el N.NW., dirección normal de las brisas), alcanzando velocidades mayores de 33 nudos en las direcciones W. (2 %) y N. (0,5 %); esta situación se va suavizando a lo largo de marzo y abril, al tiempo que crece la intensidad de los vientos del E. que, ya en mayo, alcanzan también velocidades superiores a los 33 nudos (0,5 %), equilibrándose así las dominancias de levantes y ponientes. Durante el resto del verano dominan ya los levantes, pero con velocidades nunca superiores a los 27 nudos.

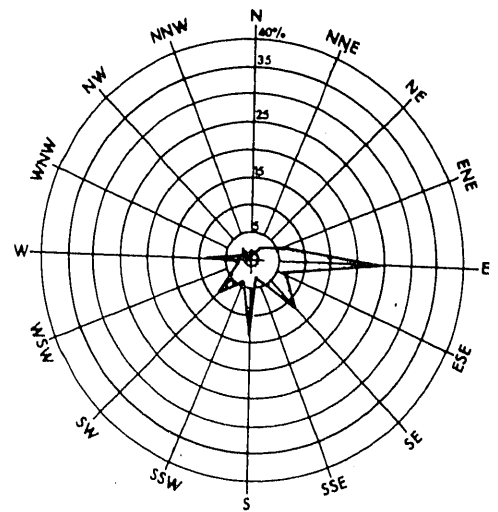
5. Una estima aproximada de intensidades en las proximidades de las costas de Santa Pola puede realizarse a partir del estudio de las humedades relativas y evaporaciones anotadas

BASES PARA UNA APROXIMACION A LA DINAMICA LITORAL DEL PAIS VALENCIANO

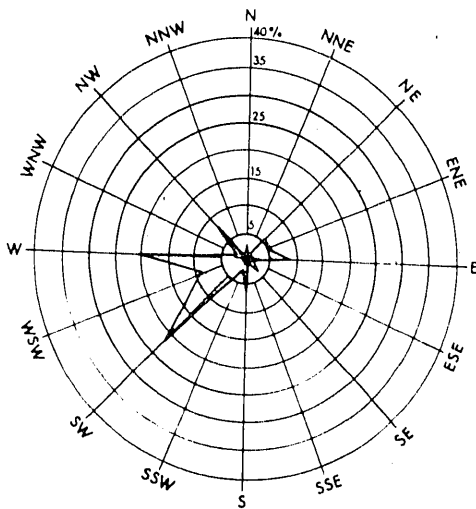
VERANO (DE MAYO A SEPTIEMBRE)



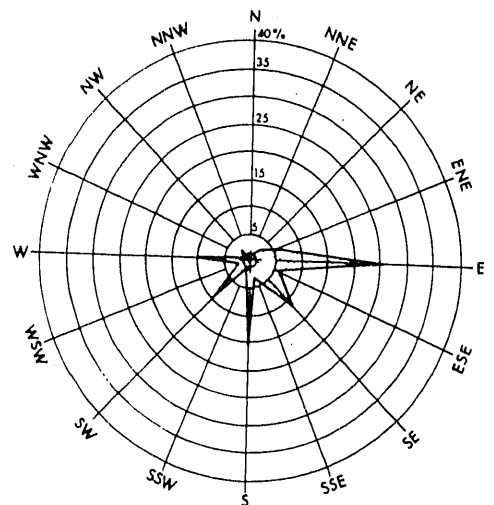
OTOÑO (OCTUBRE)



INVIERNO (DE NOVIEMBRE A FEBRERO)



PRIMAVERA (MARZO Y ABRIL)



SANTA POLA: REGIMEN DE VIENTOS

(ESTACION : SALINAS DE BRAS DEL PORT)

FIGURA 2

diariamente en las Salinas. De tales datos, se deduce, congruentemente con lo anterior, que en la primera parte del año (hasta mayo), las mayores intensidades se producen para vientos del octante W.-NW., y a partir de ese mes dominan los vientos del sector que va del NE. al S.SE. De igual manera se comprueba que el mayor número de precipitaciones de lluvia se produce con vientos del E. (84 días en 55 años) y del NE. (73 días), seguidos de los del SW. (47 días) y W. (35 días), aparte las lluvias en días de calma (55). Las más intensas precipitaciones (superiores a 100 mm. en 24 horas) se producen con vientos del E. (3 veces en 55 años) y del W. (una vez).

6. Los vientos de mayor incidencia en estas áreas marítimas son, pues, los centrados en el cuadrante NE.-SE., siguiéndoles los del Sur y SW., en bastante menor medida. Los dominantes del largo (W.) y las brisas (NW.-N.) no pueden tomarse en consideración por ser terrales; sin embargo, tienen una incidencia especial en la génesis de las bermas de las playas secas, en su evolución a cordones dunares, así como en su conservación; tampoco es despreciable su influencia en el aplaceramiento progresivo del estrán y de la playa sumergida.

IV. REGIMENES DE VIENTO Y OLEAJE

A partir de los resultados del análisis anterior, en su tercera etapa, se han podido relacionar registros de vientos costeros y marítimos de modo que aquéllos puedan permitir el contraste adecuado de éstos. Por otra parte, desde nuestra perspectiva, marcada por la necesidad de estimar regímenes de oleaje, son los registros marítimos los que nos interesan, en cuanto que generadores de aquél. En efecto, existen registros visuales directos del oleaje, como los almacenados por el Centro Meteorológico mundial, o como los del "Ocean Waves Statistics", publicados por Hogben y Lumb (1967), pero de utilidad muy limitada; los primeros porque sólo constituyen un número muestral importante en determinados puntos del litoral (Centro de Estudios de Costas y Puertos Ramón Iribarren, 1980), y los últimos porque se refieren a un único tratamiento muestral de todas las observaciones procedentes de los diversos puntos del Mediterráneo. Sin embargo, los regímenes definidos en el Ocean Waves Statistics para doce direcciones distintas de la rosa de los vientos (cada 30°), aún con esas limitaciones, merecen ser tenidas en cuenta, aunque sólo sea como referencia, por cuanto recogen un gran número de observaciones visuales, suficientemente alejadas de cualquier influencia local del contorno. De su análisis, figura 4 y prescindiendo de las direcciones centradas en el W., que sólo en las proximidades de los cabos pueden incidir, y ello tras una fuerte refracción, las más importantes corresponden a las de los cuadrantes 1º y 4º; estos últimos sólo afectan a los tramos al Norte del importante espolón que constituyen los cabos de San Antonio y La Nao; los primeros son los que con más generalidad afectan a estas costas, aunque más selectivamente a los tramos al Norte de cabos y promontorios; al Sur de éstos los oleajes del 2º cuadrante, débiles e infrecuentes, y los efectos de difracción y refracción sobre otros, permiten costas relativamente abrigadas.

Por ello es seguramente más adecuado el régimen obtenido a partir de uno de vientos, convenientemente contrastado, mediante aplicación de uno de los métodos de previsión. Las Cartas Meteorológicas del Almirantazgo inglés dan los regímenes direccionales de vientos para diversos puntos del Mediterráneo. Debido a que se basan en observaciones recogidas por barcos en navegación y a que sus rutas varían con la época del año, estos puntos no son fijos para todos los meses. Sin embargo hay dos áreas de registro que tienen relación muy directa con nuestras costas mediterráneas. En el mar Argelino todos los regímenes

mensuales corresponden a puntos prácticamente coincidentes; en el Golfo de León, por el contrario no se cumple tal circunstancia; esta razón y el relativo alejamiento de ambas áreas aconsejan cierta prudencia en el empleo de esta fuente. Los datos de la primera de las áreas mencionadas son de muy adecuada utilización para las costas del Sureste, tal y como se desprende del análisis del párrafo anterior; y los de la segunda, pudiera ser útil para las costas catalanas (S. Bores, proyecto de playas de Barcelona); pero entre el delta del Ebro y Alicante parece aconsejable recurrir a algún tipo de interpolación.

En esas cartas se representan las frecuencias de presentación de los vientos de las diferentes direcciones e intensidades, medidas éstas en la escala Beaufort y a 10 metros de cota sobre el nivel del mar. El Almirantazgo ha publicado los regímenes estacionales según la distribución mensual clásica que, según hemos ya visto, no es la que mejor se ajusta a estas costas, al menos en las de la bahía de Santa Pola. Por esa razón nosotros hemos optado por otra distribución estacional de los meses del año.

IV.1. Regímenes para el Sureste

Para el Sureste es aceptable la distribución definida en el párrafo anterior, y de acuerdo con ella se obtienen los datos representados en la figura 3. El único problema que plantean estos datos es que el número de intervalos del histograma es pequeño a los efectos de conseguir un buen ajuste en la determinación de los regímenes (leyes de distribución de frecuencias de presentación) por regresión. Sin embargo, de la simple observación de su representación en rosa de vientos se obtiene una adecuada información desde el punto de vista cualitativo.

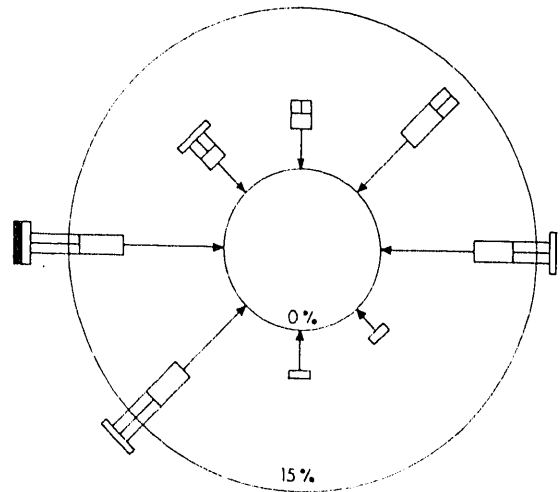
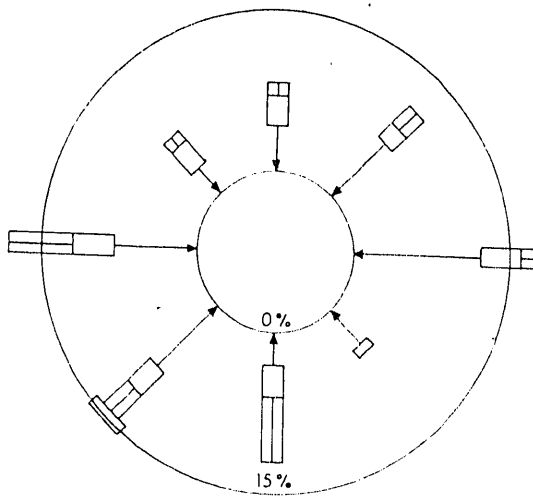
EL otoño es el período en que los vientos, siempre poco intensos, son más variables frente a estas costas, con una única dirección menos frecuente (SE.). Conforme avanza el invierno este último carácter se acentúa y se extiende a la dirección Sur y, en alguna menor medida, a la E. En contrapartida, se incrementa notablemente la influencia, en frecuencia e intensidad, de las direcciones del 4º cuadrante.

La primavera se insinúa con una recuperación de la importancia y frecuencia de los vientos del E., y una reducción de los que reinaron y dominaron en invierno. El grueso de esta estación se caracteriza por una fuerte alternancia de los vientos de levante (E. y, en menor medida, NE.) y de poniente (W. y SW.). Esta alternancia se conserva durante el verano,

SURESTE. REGIMEN DE VIENTOS

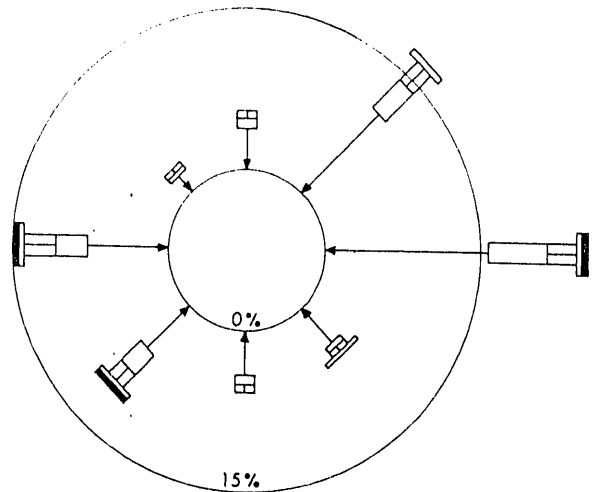
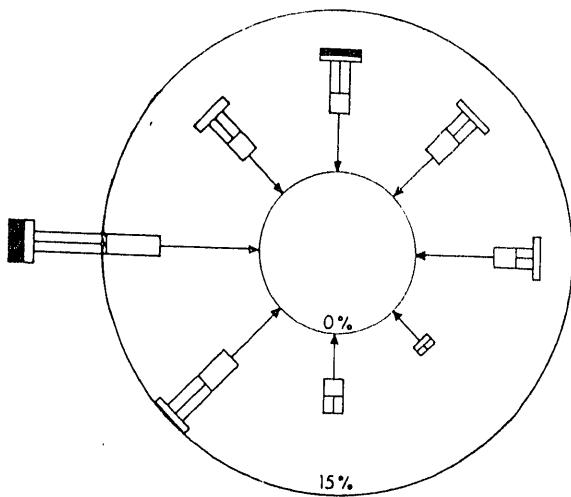
OTOÑO (Octubre)

PRIMAVERA (Marzo, Abril)



INVIERNO (Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero)

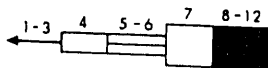
VERANO (Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre)



CARTAS DEL ALMIRANTAZGO BRITANICO

CRITERIOS DE REPRESENTACION:

ESCALA DE INTENSIDADES DE VIENTO (BEAUFORT)



1-3: ≤ 10 nudos = $5,14 \text{ ms}^{-1}$

4: 10-16 nudos = $5,14 - 8,23 \text{ ms}^{-1}$

5-6: 16-27 nudos = $8,23 - 13,9 \text{ ms}^{-1}$

7: 27-33 nudos = $13,9 - 17 \text{ ms}^{-1}$

8-12: 33-71 nudos = $17 - 36,5 \text{ ms}^{-1}$

ESCALA DE PORCENTAJES DE FRECUENCIA

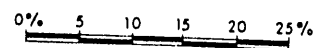


FIGURA 3

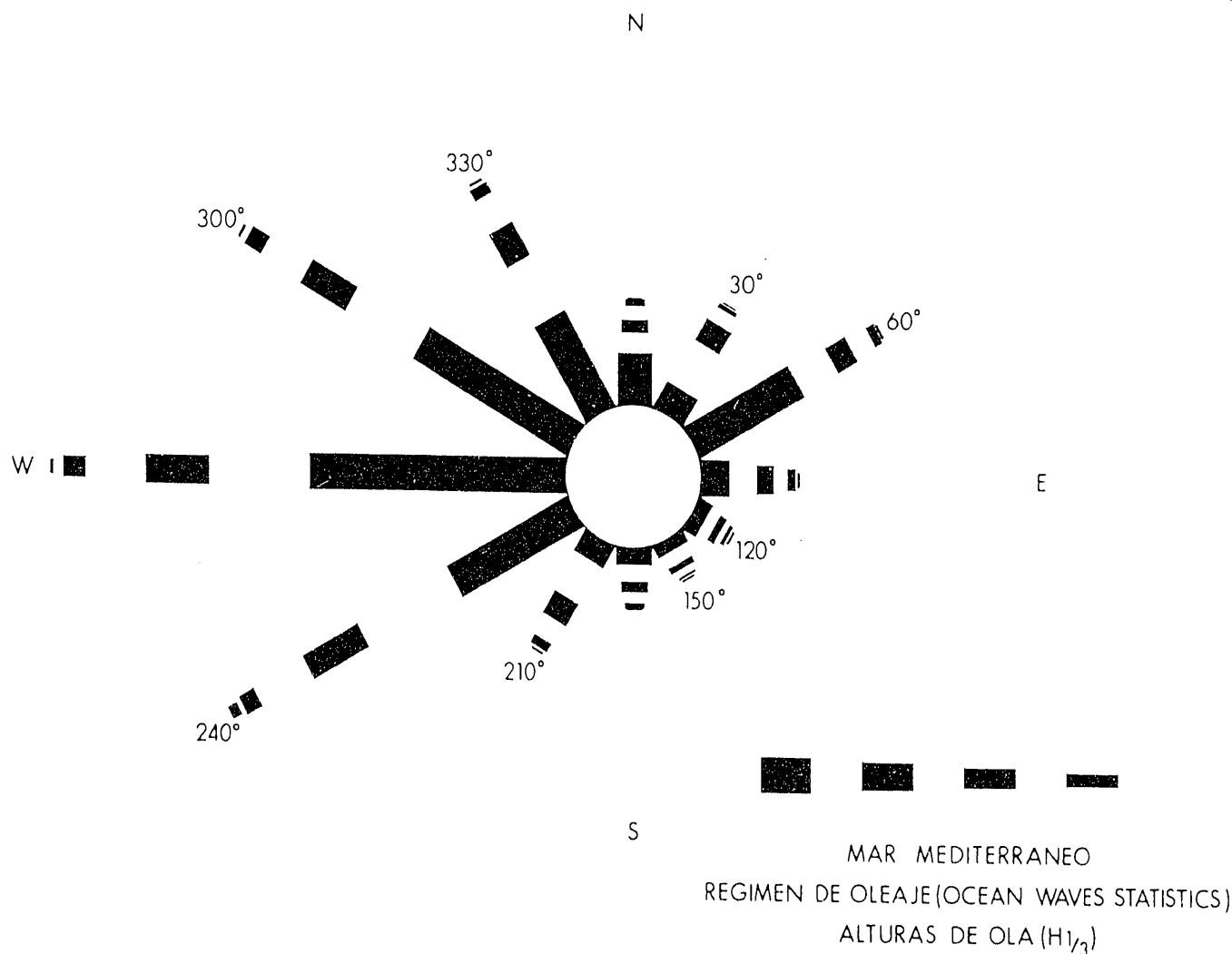


FIGURA 4

aunque ganando en importancia los vientos de levante. Durante todos estos meses, desde marzo, los vientos del NW. y N., han ido perdiendo importancia hasta hacerse tan poco significativos como sus opuestos de S. y SE.

Queda así evidenciada la importancia primaria que, para estas áreas marítimas del Sudeste español, tiene la dinámica en las direcciones E. y NE. y la escasísima de las del segundo cuadrante (S. y SE.). Importantes son también los vientos de poniente, que aquí son terrales y que influyen en cierta medida en los procesos de colmatación de albuferas y salinas, y en los de aplacamiento del estrán y primera parte de la playa sumergida, condición primaria para la génesis de futuras restingas. Estas últimas exigen, sin embargo, de temporales suficientemente importantes del segundo cuadrante, que son, como se acaba de ver, muy infrecuentes. También es de destacar la importancia de las componentes W. y SW. en los procesos eólicos de transporte y en la regeneración de playas secas.

La importancia relativa de los vientos del primer cuadrante en estas áreas no puede conducir al engaño de deducir de ello conclusiones precipitadas en cuanto al sentido dominante de los procesos litorales; en efecto, el viento es el factor generador del oleaje, pero necesita un fetch geográfico adecuado para conseguir que aquél alcance energías importantes. Es entonces conveniente tener en cuenta la posición de las islas Baleares y Tabarca y la geometría del contorno general de la costa, con los cabos de Santa Pola, Huertas y, sobre todo, de La Nao, todos ellos obstáculos que reducen considerablemente el fetch para los oleajes del primer cuadrante. En relación con ello, además, algunos de esos mismos obstáculos, por difracción, y la suavidad de la pendiente de la plataforma costera, por refracción, hacen que estos oleajes lleguen a la línea de rompientes muy ortogonalmente a la actual orientación dominante de la costa.

IV.2. Regímenes para el Golfo de Valencia

Para otros tramos de costa hemos propuesto un sistema de interpolación a partir de los datos suministrados por las dos áreas de registro antes mencionadas. En primera aproximación se han considerado tres tramos:

- A) Tramo Norte del Ovalo Valenciano (hasta el cabo de Oropesa).
- B) Tramo central del Ovalo (entre Oropesa y Gandía).
- C) Tramo Sur del Ovalo y Marinas Alta y Baja (de Gandía al cabo de Huertas).

El régimen de vientos aplicable a cada tramo (R_x) se obtiene mediante la siguiente combinación lineal:

$$R_x = K_1 R_1 + K_2 R_2$$

donde R_1 es el régimen obtenido directamente para el golfo de León y R_2 el del mar de Orán; K_1 y K_2 son los coeficientes que señalan el peso relativo de cada uno de los dos regímenes de partida. Se han adoptado los siguientes valores:

Para el tramo A: $R_A = 2/3 R_1 + 1/3 R_2$

Para el tramo B: $R_B = 1/2 R_1 + 2/3 R_2$

Para el tramo C: $R_C = 1/3 R_1 + 2/3 R_2$

Los vientos deducidos por interpolación tienen las limitaciones derivada de ésta, pero también las que se deben a la escasez en el número de datos, lo que les hace especialmente poco garantés, en algunos casos y direcciones en los que sólo se parte de tres datos individuales. Es esta limitación muy escasamente tenida en cuenta en este tipo de estudios, pero que nosotros subsanamos mediante el contraste con los resultados del análisis de los datos de los observatorios locales. Precisamente este contraste ha servido para delimitar los tres tramos antes señalados. Los datos de los observatorios de Castellón y Valencia parecen más acordes con unos valores de $K_1 = K_2 = 1/2$ (tramo central), mientras los estimados para las costas en torno al cabo de San Antonio concuerdan mejor con el tercer tramo ($K_1 = 1/3$, $K_2 = 2/3$).

Para cada uno de los tramos (o combinaciones lineales) se han determinado los correspondientes regímenes estacionales realizando una agrupación de los meses que presentan características más análogas, de la forma en que antes lo hicimos para las costas suralicantinas. En las figuras 5 y 6 se representan los correspondientes a los tramos centro y Sur.

El otoño propiamente dicho es muy corto, prácticamente coincidente con el mes de

octubre, y se caracteriza por ser el de régimen más variable en cuanto a direcciones; sólo el SE. es escaso y la dominancia de N. y NW. no es muy acusada. Con el mes de noviembre se acusa cada vez más la dominancia, que también es reinancia, de los vientos del cuarto cuadrante, centrados en el NW., con disminución progresiva de la importancia de los del segundo, incluídos los del Este. Febrero (aún invierno) ya señala un cambio en el signo, volviendo a una situación más variable y equilibrada (sin llegar a la de otoño), y en la que tanto en frecuencias como en intensidades, destaca el cuadrante NW.-SW., pero con unos "levantes" (E.-NE.) que hacen de alguna manera de contrapunto; los SE. no son tan escasos como en el invierno. Junio supone un cambio notable, introduciendo un verano caracterizado por vientos frecuentes pero poco intensos, con dominio ahora de los levantes, sólo adecuadamente alternados con ponientes (SW.-W.-NW.) en junio, julio; septiembre es un introductor del otoño aunque con mayor dominio de los levantes (E.-NE.).

Queda así evidenciada la importancia primaria que, para las costas del país valenciano, tiene la dinámica en las direcciones E. y NE. con carácter general y en las NW. y N. al Norte del cabo de San Antonio, hasta Oliva, así como la de los vientos terrales (W. y SW.), de incidencia clara en los procesos eólicos de transporte y en la regeneración natural de playas secas, en la colmatación de albuferas y salinas y en el aplaceramiento del estrán y de la primera playa sumergida.

Los oleajes generados por estos vientos, en su refracción a lo largo de la plataforma costera y en su difracción en los grandes obstáculos naturales, adquieren direcciones de incidencia sensiblemente normales a la línea de costa lo que sin embargo no obsta para que, dada la variable orientación de ésta, sus efectos en puntos distintos tengan, también, diferentes sentidos.

IV.3. Regímenes de oleaje

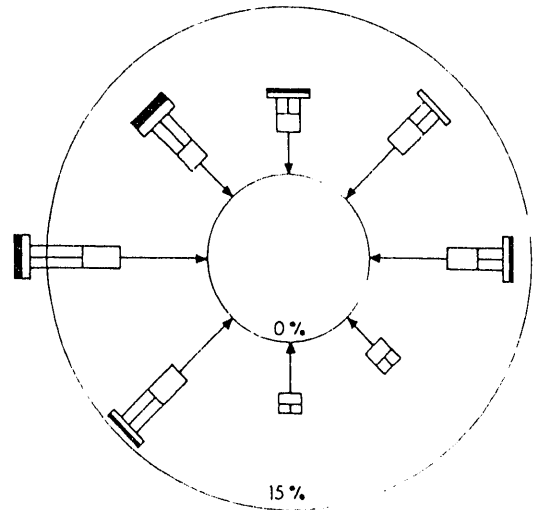
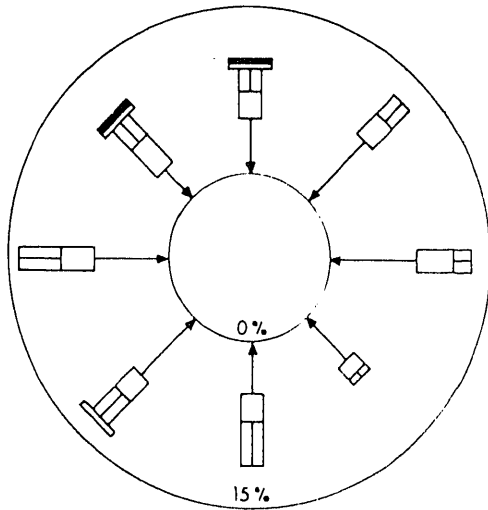
Como consecuencia de nuestros análisis se han estimado los regímenes de oleaje a partir de los de vientos obtenidos de los datos del Almirantazgo. El método con el que se han obtenido se basa en el Integrado del profesor S. Bores con alguna aportación que creemos que la mejora y que se debe a los trabajos de investigación del Departamento de Puertos de la Universidad de Valencia.

Se define la configuración del fetch sustituyendo el geográfico correspondiente por

TRAMO B REGIMEN DE VIENTOS $K_1 = K_2 = \frac{1}{2}$

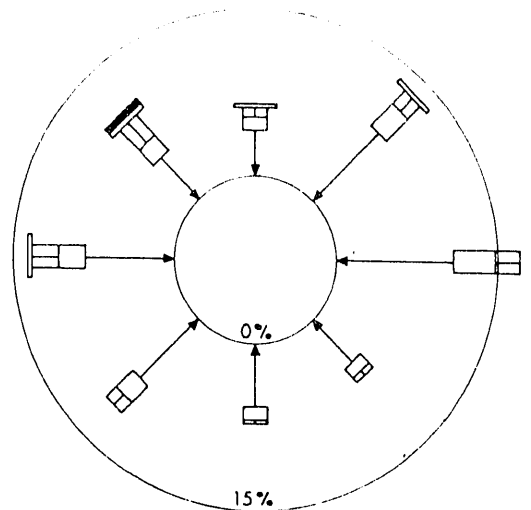
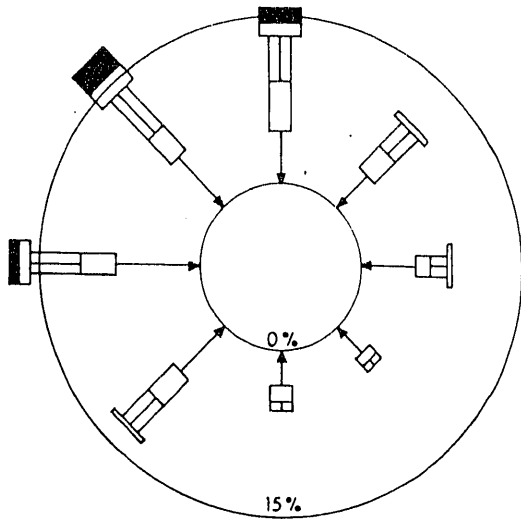
OTOÑO (Octubre)

PRIMAVERA (Marzo, Abril, Mayo)



INVIERNO (Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero)

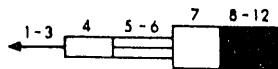
VERANO (Junio, Julio, Agosto, Septiembre)



CARTAS DEL ALMIRANTAZGO BRITANICO

CRITERIOS DE REPRESENTACION:

ESCALA DE INTENSIDADES DE VIENTO (BEAUFORT)



1-3: ≤ 10 nudos = $5,14 \text{ ms}^{-1}$

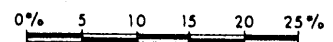
4: 10-16 nudos = $5,14 - 8,23 \text{ ms}^{-1}$

5-6: 16-27 nudos = $8,23 - 13,9 \text{ ms}^{-1}$

7: 27-33 nudos = $13,9 - 17 \text{ ms}^{-1}$

8-12: 33-71 nudos = $17 - 36,5 \text{ ms}^{-1}$

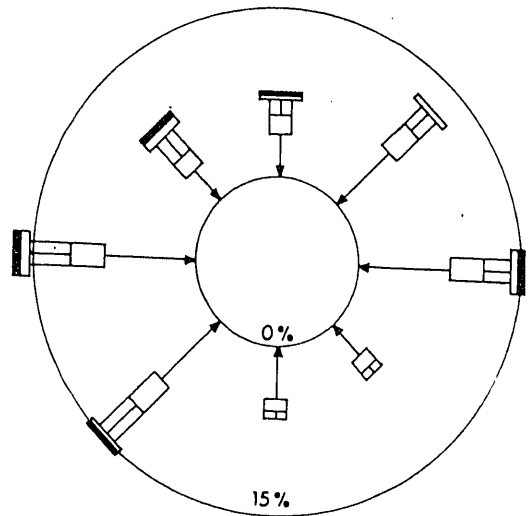
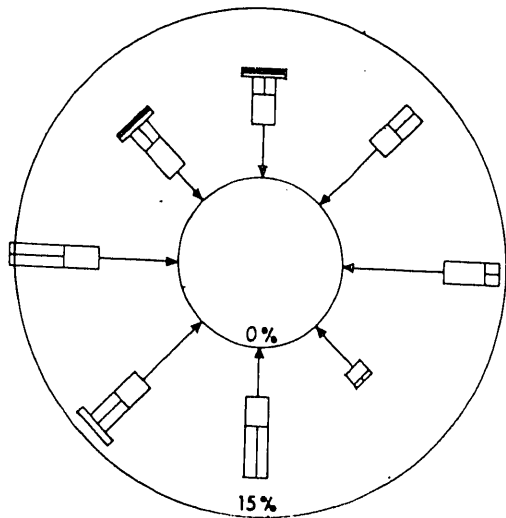
ESCALA DE PORCENTAJES DE FRECUENCIA



TRAMO C. REGIMEN DE VIENTOS $K_1 = \frac{1}{3}$ " $K_2 = \frac{2}{3}$

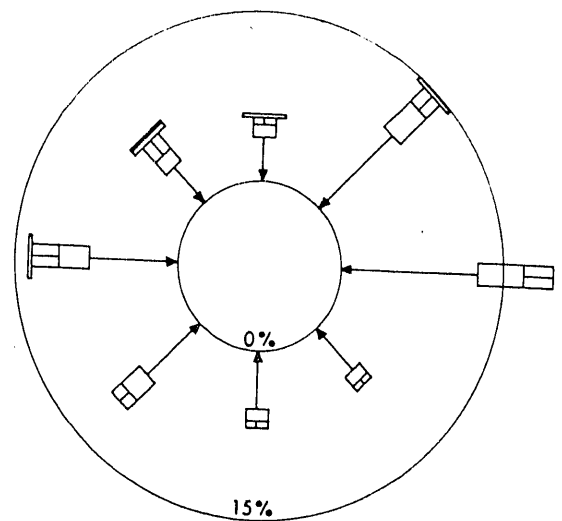
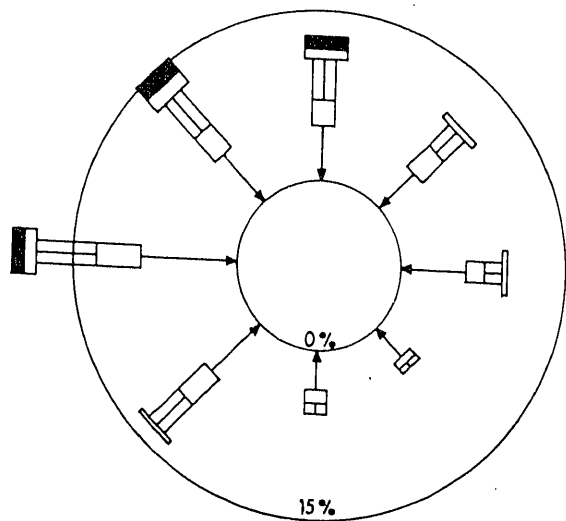
OTOÑO (Octubre)

PRIMAVERA (Marzo, Abril, Mayo)



INVIERNO (Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero)

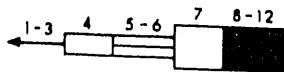
VERANO (Junio, Julio, Agosto, Septiembre)



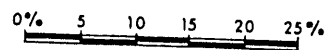
CARTAS DEL ALMIRANTAZGO BRITANICO

CRITERIOS DE REPRESENTACION:

ESCALA DE INTENSIDADES DE VIENTO (BEAUFORT)



ESCALA DE PORCENTAJES DE FRECUENCIA



1-3 : ≤ 10 nudos = $5,14 \text{ ms}^{-1}$

4 : 10-16 nudos = $5,14 - 8,23 \text{ ms}^{-1}$

5-6 : 16-27 nudos = $8,23 - 13,9 \text{ ms}^{-1}$

7 : 27-33 nudos = $13,9 - 17 \text{ ms}^{-1}$

8-12 : 33-71 nudos = $17 - 36,5 \text{ ms}^{-1}$

FIGURA 6

DEFINICION SECTORIAL DEL FETCH GEOGRAFICO

ESCALA 1 : 2 750 000

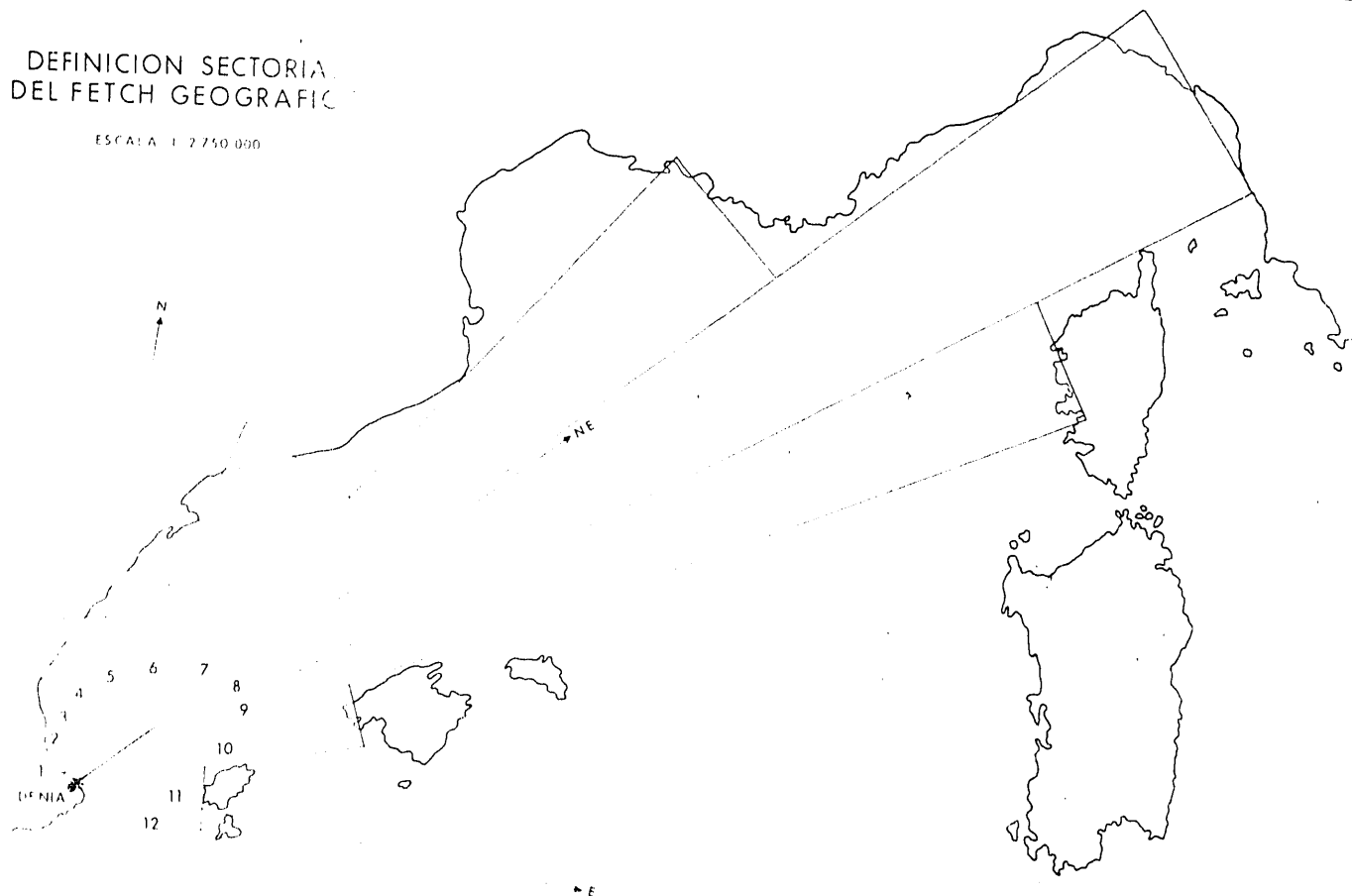


FIGURA 7

una serie de sectores circulares, de forma que su adaptación a aquél sea la máxima posible, aún cuando ello suponga desigualdad en sus respectivos ángulos. Es, sin embargo, fundamental que dichos sectores sean los mismos para cualquier dirección del viento considerado. Para ello se considera únicamente el semiplano activo, que viene definido por la tangente media a las costas en estudio, a suficiente distancia de la línea de costa, para obviar las irregularidades de éste y los efectos de las profundidades reducidas (figura 7).

Cada uno de los sectores viene definido por sus ángulos extremos, θ_i y θ_{i+1} (variables para cada dirección del viento medio) y por su radio vector R_i , (independiente de aquélla pues sólo depende de las características del fetch

geográfico). A cada sector le corresponde un fetch estándar variable, pues, para cada dirección del viento medio (figura 8):

$$F_i = R_i \cos \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}$$

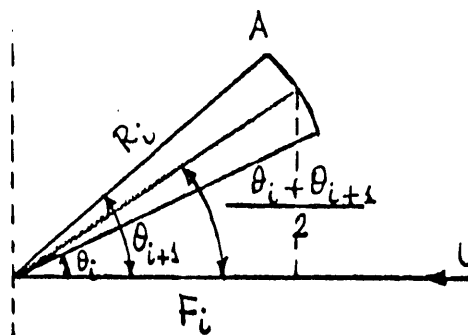


Figura 8.

A los efectos de determinar la cuota de energía que le corresponde a cada sector, se considera el espectro direccional lineal,

$$S(\theta) = \frac{1}{\pi} (1 + \cos 2\theta) = \frac{2}{\pi} \cos^2 \theta,$$

El ábaco integrado (Suárez Bores), o la fórmula de Wilson:

$$\frac{g H_{1/3}}{U_{10}^2} = 0,26 \operatorname{th} \left[\frac{1}{100} \left(\frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{1/3} \right]$$

con que aquél se ha construido, permiten determinar para diversos valores de $U_{19.5}$ (ó U_{10}) y el deducido para F_i , la energía ϵ_i que corresponde a cada sector, para cada dirección del viento, teniendo en cuenta la hipótesis mencionada para el espectro direccional:

$$\epsilon_i = \int_{\theta_i}^{\theta_{i+1}} S(\theta) d\theta \cdot \epsilon(U_{10}, F_i)$$

donde $\epsilon(U_{10}, F_i)$ indica la función que, deducida de la fórmula de Wilson, proporciona los valores de la energía ocasionada por la velocidad U_{10} en el fetch standard, F_i . La suma de las energías correspondientes a los sectores activos de cada dirección del viento sobre el punto de estudio y previsión, proporciona una estima de la energía del oleaje que llega a dicho punto en las condiciones e hipótesis expuestas. La altura de ola significativa se determina, entonces, por la conocida fórmula:

$$H_s = 2,83 \sqrt{E}; (H_s = H_{1/3})$$

Los oleajes del E. y NE. se traducen en dinámicas de Norte a Sur, tanto más intensas cuanto más nordestes, excepto en aquellos tramos en que la costa tiene una orientación

notablemente revirada, como es el caso de Denia; constituyen sin duda la acción litoral preponderante aunque en el tramo antes mencionado se vea superado por los correspondientes a vientos del Norte (incluso NW.), y al Sur de los cabos se vea reducida por el abrigo que éstos y las islas proporcionan.

En casi todo el óvalo, por tanto, y si tenemos en cuenta que sólo van a producir incidencia capaz de inducir transporte sólido litoral hacia el Norte los vientos del cuadrante S. - SW. - E. - SE., afectados además por el abrigo de las islas, resulta evidente el dominio que va a tener la dinámica de Norte a Sur, con máximos efectos durante el invierno y la primavera, en que los oleajes serán más importantes. Sólo el otoño (octubre) marca el momento en que el transporte sólido hacia el Norte puede ser importante.

En otros puntos del litoral hay que tener muy presente, como ya se ha justificado, tanto la configuración como la orientación de la costa.

REFERENCIAS

- DIRECCION GENERAL DE COSTAS Y PUERTOS. P.I.D.U. del Litoral. Valencia, Castellón y Alicante. M.O.P.U. Madrid, 1975.
- MATEU, J. F.: "Contribución a la Morfología litoral del Norte valenciano". 1er. Curso de Geomorfología Litoral aplicada. Univ. Pol. Valencia. Dep. Puertos. 1980.
- QUEREDA, J.: El clima de la provincia de Castellón. Diputación de Castellón. 1976.
- SANJAUME, E.: "Morfología litoral del Sector Meridional del Golfo de Valencia". 1er. Curso de Geomorfología Litoral aplicada. Dep. Puertos e Ing. Oceanográfica. Univ. Pol. Valencia. 1980.
- S. BORES, P.: Proyecto de ordenación de las costas de Benicasim. 1979.
- Earth dam wave protection. Commission Internationale des Grandes Barrages. Q 36. R 50. Montreal. 1970.