

ANEJO 5 .CLIMA MARÍTIMO.

Proyecto de ampliación del Puerto Deportivo del Perelló

INDICE:

1. OBJETIVO.

2. RÉGIMEN DE VIENTOS.

3. CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE.

3.1. DETERMINACIÓN DE LA OLA DE CÁLCULO.

4. DINÁMICA LITORAL.

4.1. Aporte y pérdida de material

4.2. Evolución de la costa.

4.3. Capacidad de transporte sólido litoral.

1. OBJETIVO.

El objeto de este documento es la caracterización del clima marítimo en la zona donde se va a desarrollar el proyecto, datos necesarios que se requieren para calcular la altura de ola que incidirá sobre las obras de abrigo de este puerto estudiado.

El estudio se basará en la información obtenida de la Parte 2 de la “ROM 0.3-91 Recomendación para Oleaje y Atlas de Clima Marítimo en Litoral española”, así como los anejos I y II de la “ROM 0.4-95 Recomendación de Obras Marítimas con Acciones climáticas II: Viento”.

Además, se recurre a la R.O.M.0.2-90, que recomienda adoptar 60 cm como valor para la sobre-elevación de ola debida a la marea meteorológica. Este valor ha sido registrado, en determinadas ocasiones, por mareógrafos situados en Castellón y Valencia, y será, por tanto, el valor que adoptaremos para nuestros cálculos.

2. RÉGIMEN DE VIENTOS.

La caracterización del viento en el Litoral Español recogida en el Anejo I de la ROM 0.4-95 mencionada previamente, ha sido realizada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) a través del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), y por el Instituto Nacional de Meteorología a través del Servicio de Climatología, por encargo de Puertos del Estado específicamente para su inclusión en el Programa ROM.

La metodología utilizada se basa en el análisis estadístico de la información disponible procedente de dos fuentes distintas:

- Observaciones desde Buques en Ruta con información direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPYC, creada a partir de los datos suministrados por el National Climatic Data Center de Asheville (Carolina del Norte, USA).
- Datos Instrumentales Escalares registrados en Estaciones Costeras pertenecientes a la Red del Instituto Nacional de Meteorología.

Cabe destacar que las observaciones desde buques en ruta proporcionan datos menos dispersos geográficamente y más homogéneas respecto a factores que pueden modificar la velocidad y dirección del viento (rugosidad superficial, la altura, condiciones topográficas locales en el punto de medición...) pero menos homogéneas respecto a las características de la velocidad del viento suministradas.

Sin embargo, debido a la ausencia de observaciones desde buques en ruta durante los grandes temporales, la caracterización de la velocidad del viento extrema sobre el mar se realiza a partir de la información instrumental disponible procedente de estaciones costeras. Los resultados obtenidos se complementan con los procedentes de las observaciones desde buques en ruta.

Respetando la zonificación del Litoral Español establecidas en el Atlas de Clima Marítimo en el Litoral Español, según la ROM 0.3-91 Oleaje, Anejo I, el puerto de El Perelló se encuentra situado en el área VII.

Se considera que en dicha área se permite aceptar, en líneas generales, que las características medias del viento sobre la superficie en mar abierto son aproximadamente las mismas en todos los puntos del área, al considerarse que el viento en dicha zona esta originado en la mayor parte de los casos por los mismos gradientes de presión atmosférica.

Por el contrario, la zonificación propuesta no permite aceptar que las características extremas del viento sobre la superficie del mar sean las mismas en todos los puntos del área. En este caso los resultados obtenidos pueden considerarse representativos únicamente de los puntos del área con vientos más fuertes, y por tanto pueden tomarse como indicadores cualitativos, del lado de la seguridad, del grado de magnitud de los vientos en el área marítima analizada.

Analizando conjuntamente toda la información disponible procedente de ambas fuentes, y teniendo en cuenta la utilidad práctica de los resultados, la definición del viento se lleva a cabo obteniendo las siguientes relaciones de caracterización del viento en cada una de las áreas definidas o estaciones de medición:

- Distribución conjunta Velocidad/Dirección del viento, representada gráficamente en forma de Rosa de Vientos. Se consideran sectores direccionales 22.5° de amplitud (16 rumbos en total).
- Frecuencias de presentación sectoriales
- Análisis estadístico unidimensional de la variable velocidad del viento para dos tipos de situaciones:
 - Regímenes Medios
 - Regímenes Extremos
- Análisis de la persistencia estadística de la velocidad del viento, definida en términos de probabilidad de excedencia de las duraciones y de duración media de la persistencia en el año climático medio, para superaciones o no superaciones de una serie de valores prefijados de velocidad del viento.

La diferente estructura, calidad y características que presentan los datos de partida hace que los de origen instrumental, procedentes de estaciones costeras, y los procedentes de observaciones desde buques en ruta se complementen entre sí y faciliten la completa definición del viento en el litoral español.

Las relaciones de caracterización del viento en el litoral español, obtenidas a partir del análisis estadístico de la información disponible, se presentan gráficamente con formato de Atlas de Viento. Éste se estructura de forma similar al “Atlas de Clima Marítimo incluido en el Anejo I de la ROM 0.3-91. Oleaje”.

En este caso, la disposición de los resultados es la siguiente:

a) CARACTERIZACIÓN MEDIA

- Cabecera: Características y localización de la información analizada.
- Cuadro A1: Observaciones desde Buques en Ruta: Rosa de Vientos.

La Rosa de Vientos representa gráficamente la distribución velocidad/dirección del viento, o frecuencia de presentación de velocidades de viento en cada sector direccional. Para ello, se ha utilizado la escala Beaufort (equivalencia entre el número de Beaufort y la velocidad media del viento a una altura de referencia de 10m. Sobre la superficie en mar abierto o campo abierto plano sin obstáculos) y las frecuencias se dan en tanto por ciento.

- Cuadro A2: Observaciones desde Buques en Ruta: Régimen Medio Escalar. En este cuadro se representan los regímenes medios anuales de la velocidad del viento.
- Cuadro A3: Observaciones desde Buques en Ruta: Regímenes Medios Direccionales. Frecuencias de Presentación Sectoriales.
- Cuadro A4: Observaciones desde Buques en Ruta: Persistencia Escalar del Viento.
- Cuadro A5: Registros en Estaciones Costeras: Regímenes Medios escalares

b) CARACTERIZACIÓN EXTREMAL

- Cabecera: Localización y características de la información analizada.
- Cuadro B1: Observaciones desde Buques en Ruta: Regímenes Extremales Direccionales.
- Cuadro B2: Observaciones desde Buques en Ruta: Régimen Extremal Escalar.
- Cuadro B3: Registros en Estaciones Costeras: Regímenes Extremales Escalares.
- Cuadro B4: Velocidad Básica del viento, V_b , correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, recomendada para proyecto [$V_{u,10min}(10)$] (en m/s). Coeficientes de Direccionalidad [K_a]

Se adjuntan, en la siguiente página, los cuadros correspondientes a dichos datos.

OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA

A1.- ROSA DE VIENTOS

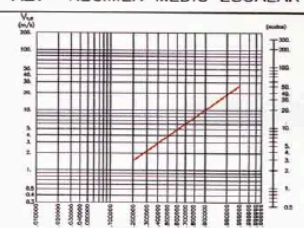
ESCALA DE VELOCIDADES (V_{10m})
(en Unidades Escalares)

ESCALA DE FRECUENCIAS (%)
5 mm = 5%



Nº TOTAL DE OBSERVACIONES 72.563
Nº TOTAL DE CALAMAS 6.980
DIRECCION DOMINANTE SW

A2.- REGIMEN MEDIO ESCALAR



INFORMACION ANALIZADA

REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS

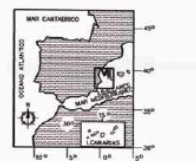
ESTACION	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PERIODO DE MEDIDA
1. ALICANTE/El Altet	0° - 33' W	38° - 17' N	31 m.	1970-1979
2. VALENCIA/Moniles	0° - 28' W	39° - 29' N	62 m.	1970-1979

OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA

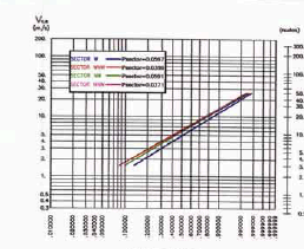
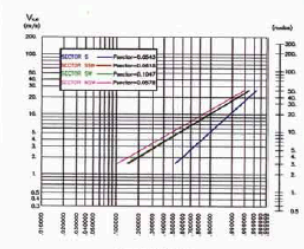
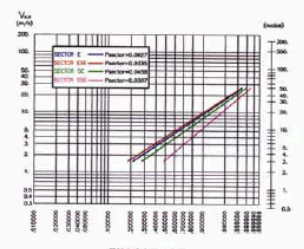
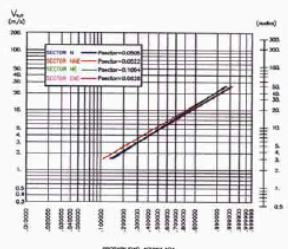
CUADRICULA	PERIODO DE MEDIDA
37.8° N - 40.5° N 1.0° W - 2.0° E	1985 - 1985

AREA - VII

CARACTERIZACION MEDIA

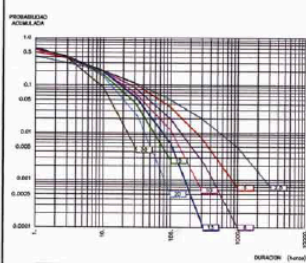


A3.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: REGIMENES MEDIOS DIRECCIONALES

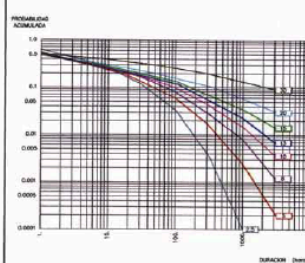


A4.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: PERSISTENCIA ESCALAR DEL VIENTO

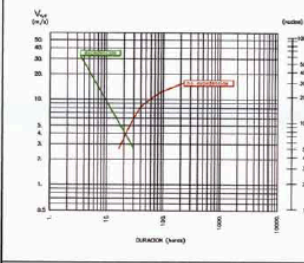
PERSISTENCIA DEL VIENTO.-EXCEDENCIAS



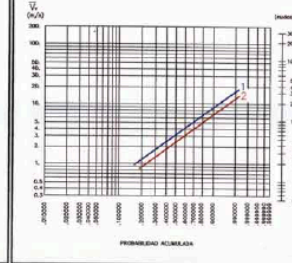
PERSISTENCIA DEL VIENTO.-NO EXCEDENCIAS



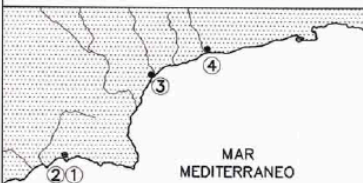
DURACION MEDIA DE LA PERSISTENCIA



A5.-REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS: REGIMENES MEDIOS ESCALARES

ROM 0.4-95. ACCIONES MEDIOAMBIENTALES II: VIENTO
ATLAS DE VIENTO DEL LITORAL ESPAÑOL

LOCALIZACION DE LA INFORMACION OBTENIDA EN ESTACIONES COSTERAS



1. ALICANTE (El Altet)
2. ALICANTE (C. Jordin)
3. VALENCIA
4. CASTELLON (Almanzora)

INFORMACION ANALIZADA

REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS

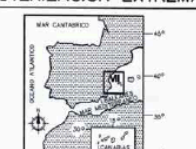
ESTACION	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PERIODO DE MEDIDA
1. ALICANTE (El Altet)	0° - 33' W	38° - 17' N	31 m.	1970-1990
2. ALICANTE (C. Jordin)	0° - 30' W	38° - 22' N	62 m.	1967-1990
3. VALENCIA	0° - 23' W	39° - 29' N	11 m.	1961-1990
4. CASTELLON (Almanzora)	0° - 4' W	39° - 57' N	35 m.	1978-1990

OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA

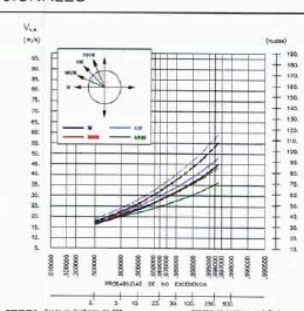
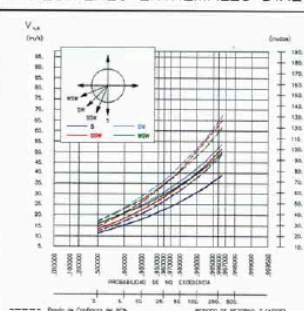
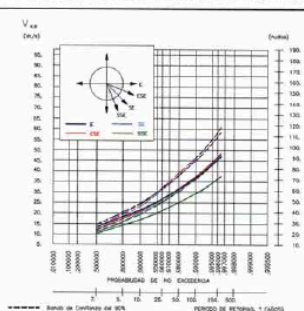
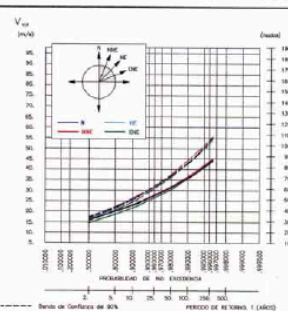
CUADRICULA	PERIODO DE MEDIDA
37.8° N - 40.5° N 1.0° W - 2.0° E	1900 - 1984

AREA - VII

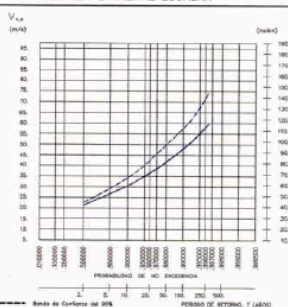
CARACTERIZACION EXTREMAL



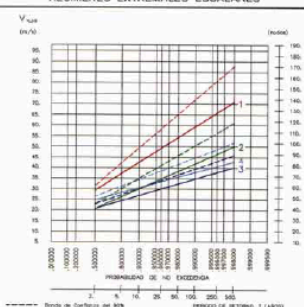
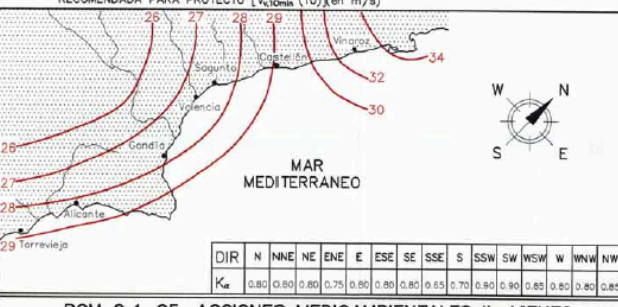
B1.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: REGIMENES EXTREMOS DIRECCIONALES



B2.- OBSERVACIONES DESDE BUQUES EN RUTA: REGIMEN EXTREMAL ESCALAR



B3.- REGISTROS EN ESTACIONES COSTERAS: REGIMENES EXTREMOS ESCALARES

B4.- VELOCIDAD BASICA, V_b , CORRESPONDIENTE A UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS, RECOMENDADA PARA PROYECTO (V_{b10m} (10) en m/s)

DIR	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
K_w	0.80	0.80	0.80	0.75	0.80	0.80	0.80	0.65	0.70	0.90	0.90	0.85	0.80	0.85	0.85	0.75

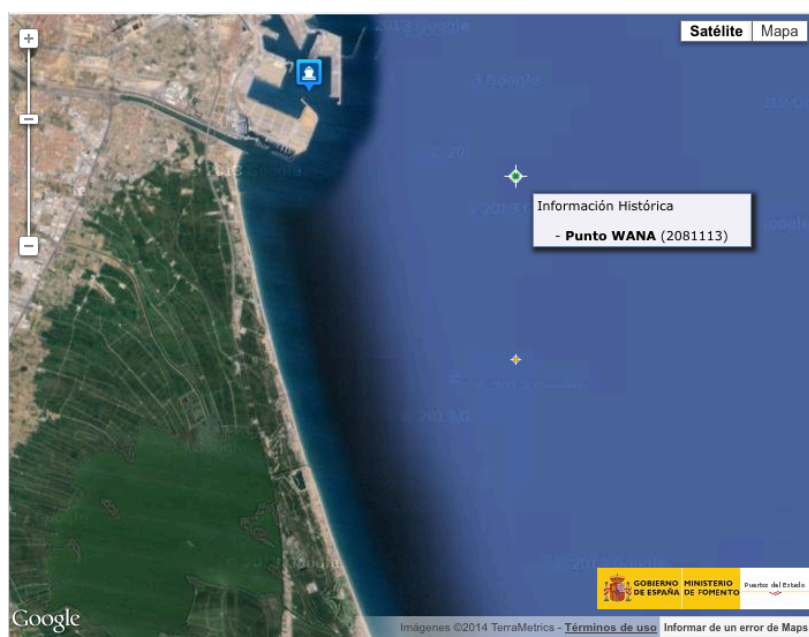
ROM 0.4-95. ACCIONES MEDIOAMBIENTALES II: VIENTO
ATLAS DE VIENTO DEL LITORAL ESPAÑOL

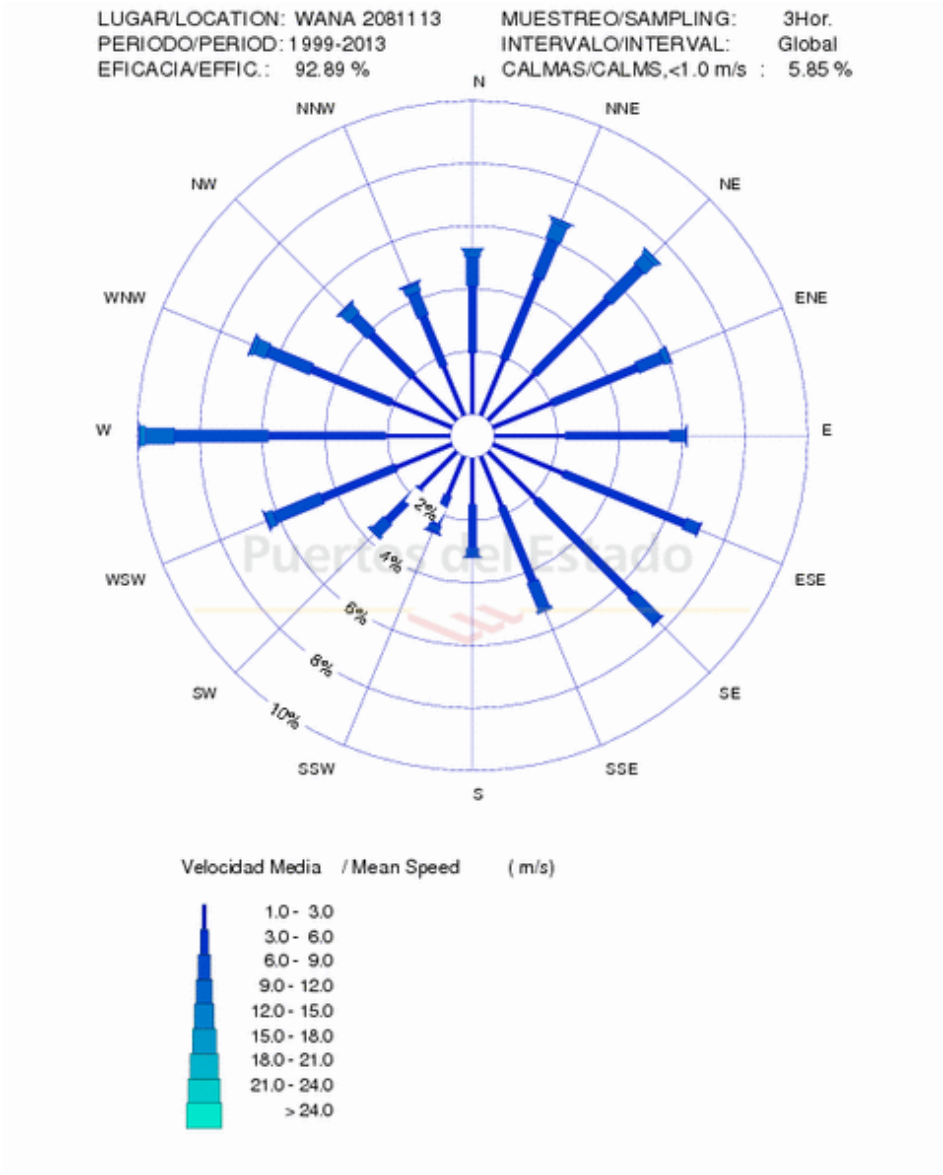
- Cuadro A1: Observaciones desde Buques en Ruta: Rosa de Vientos.

Como se puede observar en el cuadro, la dirección reinante es SW, llegando a una velocidad del viento de 5 en unidades Beaufort. Encontrando el valor en la escala de Beaufort, esto da lugar a una velocidad de viento de 29-38km/h, lo que corresponde a 17-21 millas náuticas/h.

Esta información puede considerarse poco actualizada, ya a que son datos tomados hasta 1990. Se han actualizado los datos con la información disponible en la web de Puertos del Estado (www.puerto.es). Se actualizan los datos tomando como referencia los obtenidos en la boya de referencia “Punto WANA (2081113)”, cuya situación queda definida en plano adjunto.

Observando los datos recogidos en dicha boya, podemos apreciar que la dirección reinante en los vientos ha pasado a ser W, pero que la velocidad del viento se mantiene en valores muy similares. A pesar de no ser los vientos más frecuentes, son los provenientes del NE y ENE, y SE y ESE, los que influyen sobre la masa de agua, generando la mayor parte del oleaje. Por la orientación de la bocana del puerto de El Perelló, son los oleajes creados por los vientos del ESE y SE los más desfavorables, puesto que entran directamente en el interior de la dársena produciendo agitación de agua en el interior y aterramiento de la misma entrada al puerto. Las velocidades máximas del viento son similares a las del viento procedente del W (32-43 km/h), aunque la frecuencia de aparición de vientos que soplan en estas direcciones es del orden de la mitad. Todo esto podemos observarlo en la representación en forma de Rosa de los Vientos adjunta.





3. CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE.

La metodología utilizada se basa en el análisis estadístico de la información procedente de dos fuentes:

- Datos Visuales de Oleaje en aguas profundas con información direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPYC, suministrada por el National Climatic Data Center de Asheville (Carolina del Norte, USA), que cubren todas las áreas definidas para la caracterización del Clima Marítimo del Litoral Español, y abarca todas las observaciones realizadas en el periodo comprendido entre 1950 y 1985.
- Datos Instrumentales Escalares de Oleaje registrados por las por las boyas de medida pertenecientes a la REMRO

La distinta estructura que presentan los datos de partida hace que las fuentes instrumental y visual se complementen entre sí.

El citado anejo de la R.O.M.03-91 presenta el “Atlas de Clima Marítimo en el Litoral Español”, el cual establece una zonificación del mismo en 10 áreas diferenciadas, definidas en base a características climáticas homogéneas, a la configuración de la costa, y al emplazamiento de las fuentes de información disponible. La costa valenciana, donde se sitúa el puerto, se sitúa en el área VII, como ya se había deducido en el apartado de “Régimen de Vientos”.

La disposición de los resultados es la siguiente:

- Cabecera: Características y localización de la información analizada.
- Cuadro A: Observaciones Visuales-Rosas de oleaje. Ofrece la distribución conjunta de altura, dirección y frecuencia de las olas en forma de Rosas de Oleaje. Se representa la información diferenciando entre el oleaje tipo Sea, que es el que se produce bajo la acción directa y continua del viento dando lugar a olas elementales de altura, periodo, fase y dirección de propagación aleatorias e independientes, y el oleaje tipo Swell, que es el que se produce en zonas distintas a las de generación, agrupando los datos en sectores de 22.5° de amplitud.
- Cuadro B: Observaciones Visuales.-Regímenes Medios Direccionales. Frecuencias Sectoriales .Ofrece las frecuencias de presentación de la altura de ola visual Hv por sectores direccionales.
- Cuadro C: Registros instrumentales.-Regímenes Medios Escalares. Presenta el análisis estadístico unidimensional de la variable altura de ola significativa (a partir de datos instrumentales) para la situación de Régimen Medio.
- Cuadro D: Registros instrumentales.- Regímenes Extremales Escalares. Relación Altura/Dirección. Presenta el análisis estadístico unidimensional de la variable altura

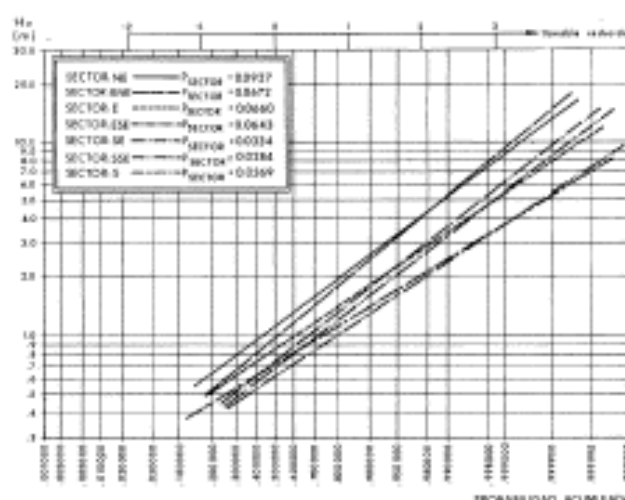
de ola significativa (a partir de datos instrumentales) para la situación de Régimen Extremal.

- Cuadro E: Registros instrumentales.- Correlaciones Altura de ola / Periodo para condiciones de temporal. Ofrece el análisis estadístico bidimensional altura de ola significativa / periodo medio, y periodo medio / periodo pico, para condiciones de temporal.
- Cuadro F: Registros instrumentales.-Estructura Espectral Escalar Básica para condiciones de temporal. Análisis estadístico espectral orientado a la obtención de una estructura espectral escalar básica del oleaje, representativa del mismo para condiciones de temporal.

Se adjunta a continuación la hoja correspondiente a dichos datos en la página siguiente.

INFORMACION ANALIZADA				AREA - VII	
REGISTROS INSTRUMENTALES				LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA INFORMACION ANALIZADA	
BOYA	SITUACION	PROF (m)	PERIODO MEDIDA		
1- VALENCIA I	39° 27' 05" N 0° 17' 43" W	21	1982/1990		
2- ALICANTE	38° 15' 00" N 0° 25' 00" W	50	1982/1990		
OBSERVACIONES VISUALES					
CUADRICULA : 37° N - 40.5° N 1.0° W - 2.0° E					
PERIODO DE MEDIDA: 1950 - 1985					

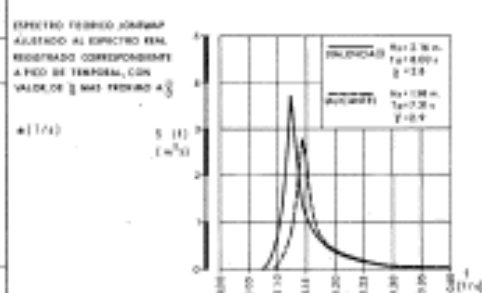
B-OBSERVACIONES VISUALES : REGIMENES MEDIOS DIRECCIONALES



E - REGISTROS INSTRUMENTALES : CORRELACIONES ALTURA DE OLA / PERIODO EN TEMPORALES

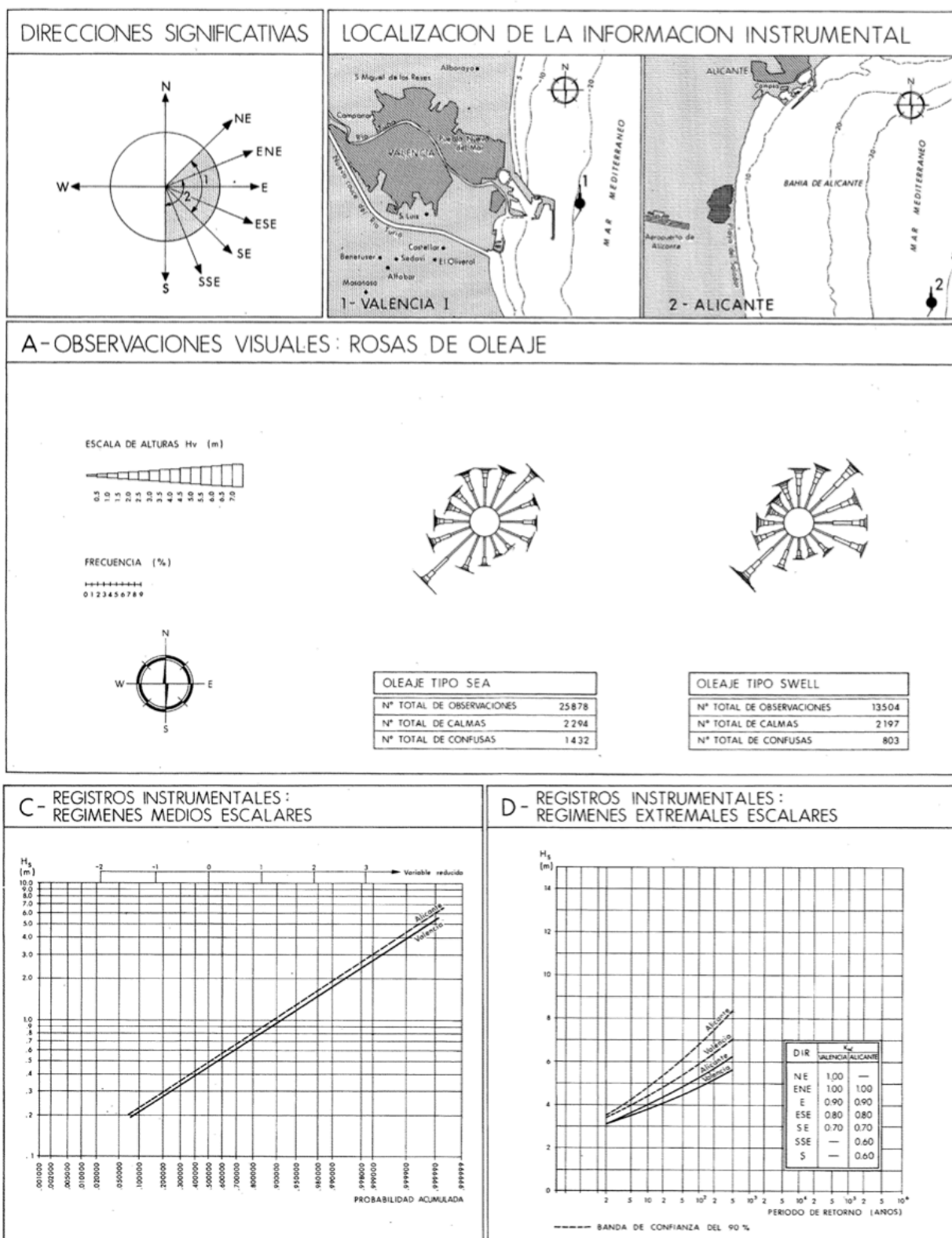
BOYA	$P = H_s / L_T$ $\frac{2TH_s}{gT^2}$	T_p / T	RELACION FINAL $H_s (m)$ $T_p (s)$	VALORES DE DISEÑO $H_s (m)$ $T_p (s)$
VALENCIA I	0.025 ~ 0.04	~125	$T_p = 15.63\sqrt{H_s}$	3 85-11 5 11-14 7 13-16.5
ALICANTE	0.025 ~ 0.04	~125	$T_p = 15.63\sqrt{H_s}$	3 85-11 5 11-14 7 13-16.5

F - REGISTROS INSTRUMENTALES : ESTRUCTURA ESPECTRAL ESCALAR BASICA DE TEMPORALES ($H_s \geq 1.00 m$)



ESPECTRO TEORICO JONSWAP									
BOYA	T_p	T_{peak}	T_{max}	σ_p	σ_{peak}	σ_{max}	$\sigma_{p, max}$	$\sigma_{p, max}$	n
VALENCIA I	2.7	4.2	1.5	0.87	0.13	0.16	0.10	0.07	16
ALICANTE	2.8	4.2	1.4	1.01	0.13	0.19	0.09	0.03	20

ROM 0.3-91-OLEAJE
ATLAS DE CLIMA MARITIMO EN EL LITORAL ESPANOL



- Cuadro A: Observaciones Visuales.-Rosas de oleaje

La representación gráfica de las Rosas de Oleaje, es una forma de presentar la información histórica de los registros de oleaje (tanto visual como instrumental), en los que se presenta la intensidad y frecuencia de aparición de la altura de ola respecto a su dirección. Se debe recordar que el oleaje (al igual que el viento) queda definido por la dirección de donde vienen.

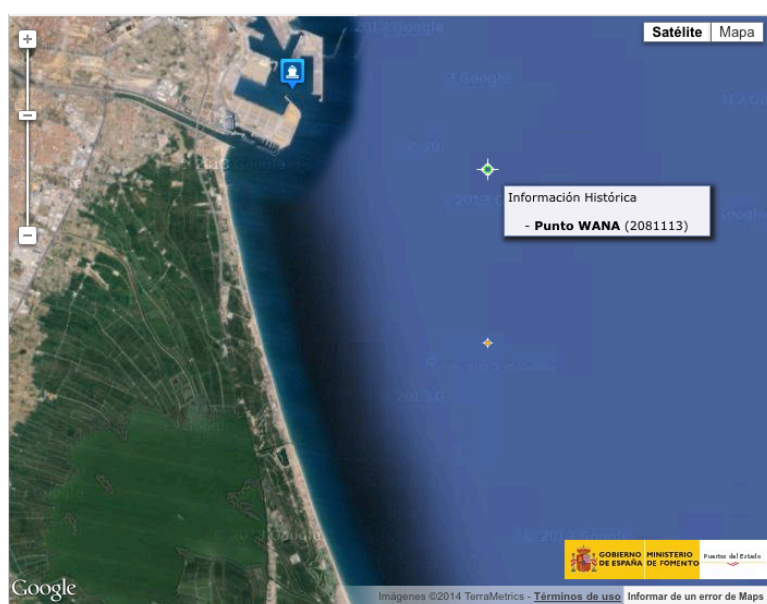
En una rosa de oleaje el ancho de cada elemento indica la altura de ola, mientras que su longitud la frecuencia con a que aparece.

En cuanto a las direcciones, lo más común es dividir el oleaje en sectores de 22.5° (16 direcciones) centrados en el norte.

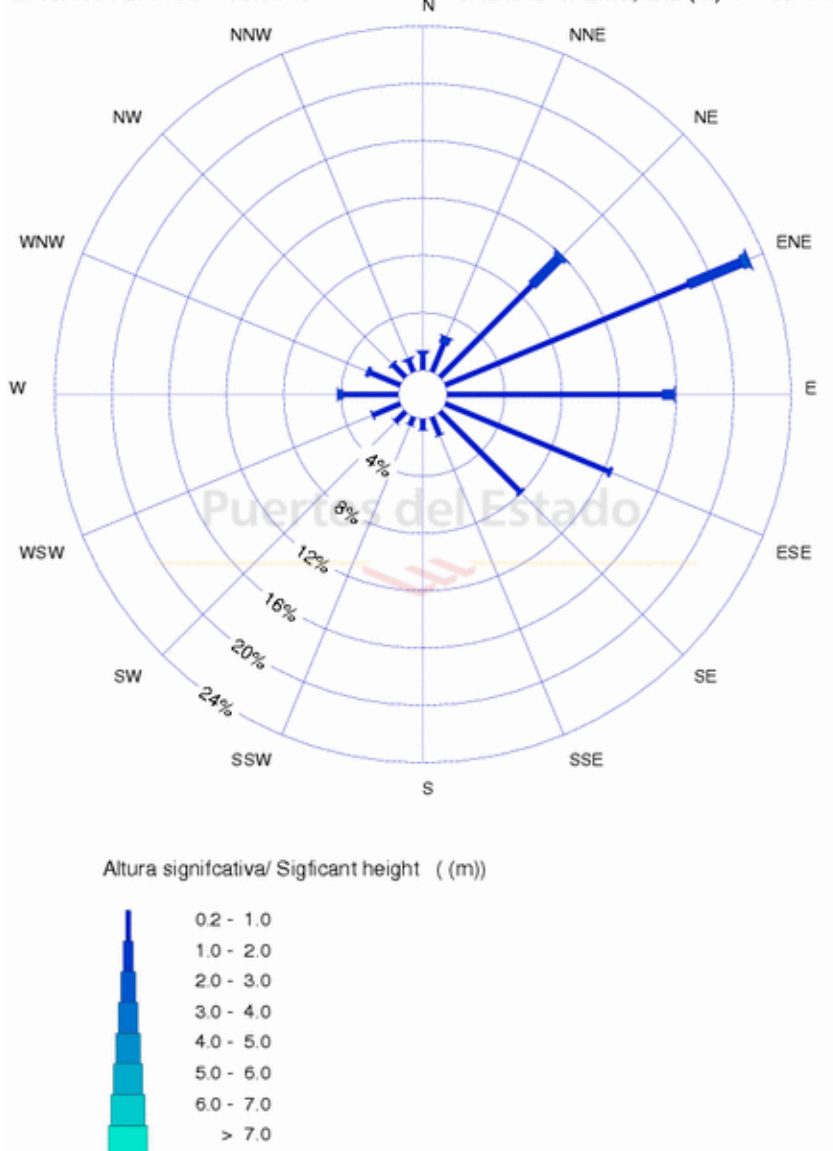
Se representan por separado los oleajes tipo Sea y tipo Swell. En ambos se observa que los oleajes más frecuentes son los procedentes de NE, seguido de ENE, E y ESE, siendo el de altura de ola mayor el correspondiente a NE en el caso del oleaje tipo Sea y NE, ENE, E y ESE en el caso de oleaje tipo Swell.

Debido a que esta información puede considerarse poco actualizada, ya que son datos medidos en 1990, se ha comparado con datos actuales obtenidos de Puertos del Estado (www.puerto.es). Se adjunta la localización de la boya desde donde se mide y la Rosa de Oleaje actualizada, donde podemos apreciar que las direcciones con mayor frecuencia son bastante aproximadas, predominando en este caso la dirección ENE, mientras que el oleaje con mayores alturas provienen de NE y ENE. Por lo que tomaremos esta última información para llevar a cabo nuestro estudio.

Como motivo de la orientación del puerto objeto de estudio, tomamos los oleajes procedentes de E y ESE como los más desfavorables así como la altura de ola con orientación ENE por su posibilidad de causar daño al rebasar el dique diseñado.



LUGAR/LOCATION: Punto WANA 2081113 MUESTREO/SAMPLING: 3Hor.
 PERIODO/PERIOD: 1996-2013 INTERVALO/INTERVAL: Global
 EFICACIA/EFFIC.: 93.64 % CALMAS/CALMS,<0.2 (m) : 9.74 %



- Cuadro B: Observaciones Visuales.-Regímenes Medios Direccionales. Frecuencias Sectoriales. Los regímenes medios direccionales son los regímenes medios anuales del conjunto de oleajes tipo Sea y Swell de altura de ola visual.

El régimen medio direccional de oleaje conjunto tipo Sea y Swell relaciona los diversos valores de la variable altura de ola visual H_v con la probabilidad P de que dichos valores no sean superados en el año climático medio ni con oleaje Sea ni con oleaje Swell, para oleaje proveniente del sector direccional considerado. La probabilidad definida está condicionada a que el oleaje tenga la dirección principal de propagación comprendida en el sector analizado.

Los distintos regímenes medios direccionales se representan gráficamente en papel

probabilístico log-normal cuyas ordenadas se corresponden con la altura de ola visual (H_v) en metros, y cuyas abscisas son las probabilidades de no excedencia condicionadas (están condicionadas a la probabilidad de presentación de la dirección analizada). En dicha gráfica también se incluyen las frecuencias de presentación sectoriales correspondientes (P_{sector}).

En la R.O.M. los regímenes medios de altura de ola visual se han calculado únicamente para las direcciones que se han considerado como relevantes para el proyecto de obras marítimas.

Obviamente, las observaciones visuales que presenta el ‘Atlas de Clima Marítimo’, no son más que meras aproximaciones a la realidad, luego son consideradas menos rigurosas que los registros instrumentales, que son con los que trabajaremos.

- Cuadro C: Registros instrumentales.-Regímenes Medios Escalares. El régimen medio escalar incluido en la R.O.M.0.3-91 Oleaje, es el régimen medio anual de la altura de ola significativa H_s . Dicho régimen medio relaciona los diversos valores de la variable altura de ola significativa con la probabilidad de que dichos valores no sean superados en el año climático medio.

En nuestro estudio, para la optimización del diseño, nos basaremos en el análisis del régimen extremal escalar, que presenta condiciones más desfavorables.

- Cuadro D: Registros instrumentales.- Regímenes Extremales Escalares. Relación Altura/Dirección. El régimen extremal escalar incluido en la R.O.M.0.3-91 Oleaje, es el régimen extremal anual de la altura de ola significativa H_s . Dicho régimen extremal relaciona los valores máximos previsibles de la variable altura de ola significativa con la probabilidad, expresada en términos de periodo de retorno, de que dichos valores no sean superados.

El periodo de retorno es el intervalo medio de tiempo en que el valor H_s es superado una sola vez, o de otro modo, el tiempo medio entre dos incidencias consecutivas de la ola de valor H_s .

El análisis del régimen extremal escalar nos conduce a la determinación de la altura de ola de cálculo, que es la variable principal en la fórmula de Hudson. Esta fórmula se utiliza generalmente en el dimensionamiento de los diques de abrigo, y por tanto, será la metodología aplicada en este caso.

En este caso en particular, el nuevo dique se construye como ampliación de uno ya existente, situado a profundidades similares. En el dique actual no se ha producido hasta el momento ninguna avería de importancia extraordinaria, por lo que se considera que el dique correspondiente a la ampliación presentará similares características y dimensiones. En cualquier caso, vamos a proceder a su diseño completo, como si se tratara de una obra independiente, pero siempre sujetos a la consideración de que obra nueva y antigua deben ser prácticamente idénticas.

3.1. Determinación de la ola de cálculo.

La ola de cálculo que necesitamos es la incidente sobre nuestro dique.

Es importante separar radicalmente dos situaciones que se pueden producir en el diseño.

- Si el dique se halla ubicado en aguas someras, la rotura del oleaje es por el fondo, antes de llegar al dique, y el diseño se hace para una altura de ola de cálculo independiente del máximo temporal que se produzca.
- Si el dique se halla en aguas profundas, las olas rompen al chocar contra el dique, y la ola de diseño es H_{sd} determinada mediante el estudio del clima marítimo.

En nuestro caso, por la poca profundidad de la costa en el tramo afectado, parece intuirse que las obras se encuentran en aguas reducidas. La profundidad a pie de dique es de 3 m.

a) Vida útil mínima (ROM 0.2/90)

Caracterizaremos el puerto como una obra de carácter general, ya que la explotación realizada no corresponde a un yacimiento de carácter transitorio, y de nivel 1 atendiendo al riesgo asociado de pérdidas humanas (riesgo pequeño). Lo anteriormente expuesto unido a la tabla 2.2.1.1 de la ROM, hace que tomemos una vida útil mínima de 25 años ($n=25$) para nuestra playa.

$$V = 25 \text{ años}$$

b) Riesgo máximo admisible

En nuestro caso, proponemos el riesgo de iniciación de averías según la tabla 3.2.3.1.2. Las repercusiones económicas por inutilización de la obra las consideramos bajas, mientras que la posibilidad de pérdidas humanas puede considerarse reducida. Con tales suposiciones se obtiene un riesgo máximo admisible de valor 0,50.

$$E = 0,50$$

c) Análisis de riesgo

Conociendo la vida útil de la obra ($n=25$ años) y el riesgo máximo admisible ($E=0.50$), calculados anteriormente, puede hallarse el periodo de retorno del temporal de calculo aplicando la formula:

$$E=1 - (1 - 1/Tr)^n$$

$$0,5= 1-(1- 1/ Tr)^{25}$$

$$Tr= 36,56$$

Por lo tanto, tomaremos un periodo de retorno de 36 años

d) Determinación del IRE (ROM 0.0/2001)

I.R.E.	Bajo	Medio	Alto
n	15	25	50

Valores de la vida útil mínima en función del I.R.E.

IRE < 5 Obras con repercusión económica baja.

5 < IRE < 20 Obras con repercusión económica media.

20 < IRE Obras con repercusión económica alta.

En este proyecto se toma impacto de repercusión económica baja, pues el valor del IRE <5. Por tanto, la Vida Útil Mínima es de 15 años.

e) Determinación del ISA

I.S.A.	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto
Pf	0,2	0,1	0,01	0,001

Probabilidad de fallo en E.L.U. ROM 0.0

Con los valores de ISA, que en el caso de nuestro proyecto es LEVE (ISA menor que 5) entramos en la tabla siguiente y obtenemos la probabilidad de fallo: Pf = 0.20.

f) Periodo de retorno

Para determinar el periodo de retorno del temporal de cálculo se utiliza la formulación:

$$-V=Tr \cdot \ln(1 - Pf)$$

Conociendo la vida útil de la obra (n) y la probabilidad de fallo (Pf) puede hallarse el periodo de retorno del temporal de cálculo. Introduciendo los datos los datos en la formula nos dará un Tr de 67 años

g) Elección del periodo de retorno

El periodo de retorno obtenido por la ROM 0.2/90 ha sido 36 años, y el obtenido por la ROM 0.0/2001, de 67 años.

El criterio de elección del valor definitivo del periodo de retorno corresponde al proyectista. Podríamos tomar un valor medio de los periodos de retorno obtenidos por los dos procedimientos (opción muy habitual en los proyectos), o quedarnos con el mayor de dichos valores, si adoptamos una decisión más conservadora (asumir menor riesgo). Optaremos, por un periodo de retorno habitual: Tr=50 años.

h) Localización de la boya

Se emplearán los datos de la boya de WANA, correspondiente a la boya más cercana a nuestro puerto. Los datos de caracterización de la boya se recogen en la siguiente tabla:

NODO WANA2081113		
CONJUNTO DE DATOS: WANA		
CODIGO B.D.	2081113	
LONGITUD	-0.250	E
LATITUD	39.417	N
PROFUNDIDAD	Indefinida	

i) Altura de ola significativa en régimen medio

La distribución elegida para describir el régimen medio de las series de oleaje es Weibull cuya expresión es la siguiente:

$$\Pr(H_s \geq x) = \exp\left(-\left(\frac{x - B}{A}\right)^C\right)$$

parámetros: A=0.35 ; B=0.12 ; C=0.9

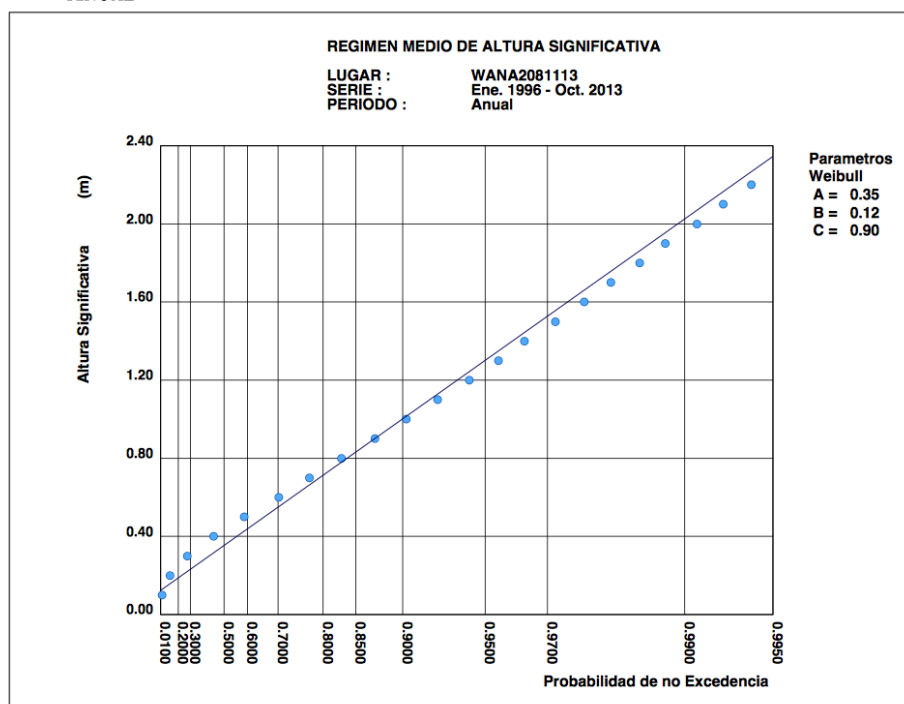
$$(12/24 \cdot 365) = \exp\left(-\left(\frac{X - B}{A}\right)^C\right)$$

$$H_{s_{12}} = X = 2,966 \text{ m}$$

Utilizando la fórmula de Birkemeier tendremos una profundidad de:

$$d_c = 1,57 \cdot H_s = 4,656 \text{ m}$$

ANUAL



j) Caso aguas someras.

Como se ha citado anteriormente, en esta situación y con el clima marítimo descrito, las profundidades reducidas se dan para $d < 4,656/0,8 = 5,82$ m.

Es la situación en que nos encontramos: la rotura del oleaje es por el fondo, antes de llegar al dique, y el diseño se hace para una altura de ola de cálculo independiente del máximo temporal que se produzca.

Este diseño queda del lado de la seguridad pues con el tiempo, el pie de dique se colmata, luego la profundidad disminuye, entonces la rotura del oleaje se produce por fondo, más lejos del dique.

Hemos dicho que:

- Se adopta 0,6 m. como valor para la sobre-elevación debida a la marea meteorológica.- el calado a pie de dique es de 2,4 m.

Entonces, la altura de ola significativa de cálculo $H_s. (= (2,4 + 0,6) * 0,8) = 2,4$ m

Es la variable principal que introducimos en la fórmula de Hudson para el dimensionamiento del dique de abrigo.

4. DINÁMICA LITORAL.

En este apartado se describe cómo se comporta y cómo va a evolucionar el tramo de costa del Golfo de Valencia, y más concretamente la zona afectada por las obras de ampliación del puerto de El Perelló previstas en este proyecto. Se especificarán los modos de aporte y pérdida de material de la zona, una pequeña reseña a la evolución de la costa y datos de capacidad de transporte litoral.

4.1. Aporte y pérdida de material.

Las principales fuentes de sedimentos a la costa de Valencia son los aportes de sedimentos desde la desembocadura del río Turia y del Ebro, que llegan hasta aquí transportados por la corriente litoral característica del mar Mediterráneo en la costa levantina, que sigue una dirección N-S.

Estos ríos presentan como característica común su importante longitud, un curso final de escasa pendiente, una extensa cuenca y un importante caudal en épocas de crecidas. Es por esto que las partículas de mayor tamaño quedan depositadas en el tramo final del río, debido también a la escasa velocidad del agua, de manera que al mar sólo llegan los sedimentos de

granulometría más fina. Por tanto, esta es la causa principal de que la costa sea principalmente arenosa, tanto su parte emergida como sumergida.

Otra importante fuente de aporte de arena a las playas son los sistemas dunares preexistentes. En este caso, los procesos de urbanización sobre los mismos han supuesto la eliminación de una reserva de sedimentos que permite mantener la línea de costa cuando el aporte debido a las corrientes no es suficiente.

Las salidas de sedimentos de los sistemas litorales del Golfo de Valencia son tres:

- Pérdidas de arenas mar adentro. Ocurre cuando se alcanzan áreas de gran profundidad donde el oleaje no afecta, es decir, en cañones submarinos, cambios bruscos en la forma de la costa o lugares afectados por las acciones humanas, como puede ser construcciones off-shore.
- Salidas de sedimentos hacia tierra, provocadas principalmente por transporte eólico.
- Extracciones de materiales por actuaciones del hombre, ya sea de la misma playa o de los cauces de los ríos.

4.2. Evolución de la costa.

La presencia de obras de ingeniería costera y de protección de costas actúan como obstáculos para el transporte de material, provocando que los sedimentos se depositen en la zona norte de estos elementos y reduciendo el aporte en la parte sur de los mismos. Lo que ocurre cuando las corrientes superan estos obstáculos es que vuelven a acelerarse, de manera que recuperan su capacidad de arrastre de sedimentos y son capaces de llevarse las arenas de las playas situadas más hacia el sur, provocando la regresión de las mismas. El ejemplo principal de este efecto es el Puerto de Valencia, que supone un enorme obstáculo para el transporte, en este caso, del material que proviene del río Ebro.

Las playas al sur del Puerto de Valencia, como la de El Perelló, han venido sufriendo un retroceso continuado en las últimas décadas, producido por la interrupción del transporte litoral, acrecentado todavía más por las obras de la última ampliación del puerto, y por la reducción del aporte de sólidos del río Turia a la costa, debido a las obras de desvío del cauce. Este descenso en el aporte de sedimentos se aprecia claramente analizando los valores de los aportes de materiales. Diversos estudios señalan que el aporte de sedimentos a mediados del s. XX alcanzaba los 100.000 m³/año, valor que ha disminuido gradualmente hasta alcanzar valores que en la actualidad se sitúan alrededor de los 50.000 – 70.000 m³/año.

Centrándonos en las playas cercanas a El Perelló, la construcción del dique del puerto deportivo también ha supuesto un obstáculo para el transporte de sedimentos, pero a menor escala. Se pueden observar los efectos de esta obra en las playas situadas inmediatamente al sur del puerto, donde se han sufrido una regresión adicional.

El cabo de Cullera no supone obstáculo al paso de sedimentos, de forma que el transporte litoral no se queda retenido en la parte norte del mismo, sino que se incorpora a las playas al sur del mismo.

4.3. Capacidad de transporte sólido litoral.

El transporte de sedimentos tiene lugar en una zona comprendida entre la playa seca y el punto de Cornaglia (también llamado punto neutro), a partir del cual la profundidad es tal que la velocidad de las corrientes que discurren en el fondo son iguales tanto hacia tierra como hacia el mar, por lo que el paso de la ola no afecta a las partículas y no se produce transporte de las mismas.

El oleaje incide de manera oblicua sobre la línea de costa, de manera que se puede descomponer en dos direcciones principales: una perpendicular a línea de costa, y que es la que produce los cambios del perfil de la playa; y otra paralela, que es la que causa el transporte de sedimentos y da forma a la playa en planta.

Nos situamos en el Golfo de Valencia, donde la resultante del transporte longitudinal neto sigue una dirección hacia el sur. Esto resulta evidente cuando observamos que en el norte de las obras costeras se produce una mayor acumulación de sedimentos, y una mayor erosión al sur de las mismas. Tan sólo en las costas de la zona de Oliva y Denia se muestra una tendencia más cercana al equilibrio, debido a la orientación de dichas costas.

Según el “Estudio de Dinámica Litoral”, realizado por el Laboratorio de Puertos Ramón Iribarren en 1979, el transporte sólido paralelo a la costa se sitúa en torno a 150.000 m³/año a la altura del puerto de Castellón, a 110.000 m³/año en Sagunto, a los 300.000 m³/año en el paralelo de Valencia, y a los 150.00 m³/año en Gandía. Con estos datos se aprecia la gran importancia que tiene el transporte longitudinal de sedimentos.

Si la actuación sobre el puerto de El Perelló incluye una ampliación considerable de los diques que pueda afectar a la dinámica litoral, se podría realizar el cálculo preciso de la variación del transporte litoral de sólidos. Para ello, nos basamos en la formulación propuesta por el SPM, evaluando el efecto que producirá la ampliación en las playas tanto al norte como al sur del puerto.