

ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS

Por
Luis TEJEDOR MARTINEZ
Dr. en Ciencias Físicas

José Carlos SANTAS LOPEZ
Licenciado en Ciencias Físicas

Fernando RUIZ BAUZA
Licenciado en Ciencias Físicas

INTRODUCCION

La construcción de obras marítimas, puertos, astilleros, centrales nucleares, etc., exigen en la actualidad estudios afinados de las variables oceanográficas determinatorias de las posibilidades y del coste final de la obra.

Para conocer con rigor la dinámica de una zona es obligado disponer de datos. Si no se dispone de ellos o su fiabilidad ofrece dudas se puede recurrir a modelos teóricos previamente contratados en determinadas áreas. Esta fuente de información puede inducir a error al aplicarla en otras áreas de diferenciados microclimas. La solución óptima del problema consiste en realizar estudios oceanográficos. Los estudios oceanográficos tienen por fin el conocimiento de los parámetros meteorológicos y marítimos de una determinada zona objeto de estudio, así como la determinación de las leyes que regulan la variación de estos parámetros en tiempo y espacio. Cuando la zona objeto de estudio es próxima a la costa, como ocurre generalmente en ingeniería portuaria, las variables que entran en juego están muy afectadas por las condiciones locales y su estudio no es lógico abordarlo sin una amplia cobertura experimental proporcionada por una campaña de toma de datos. Las campañas oceanográficas son costosas y requieren tiempo, condiciones que no siempre pueden obtenerse en todos los proyectos, en este caso es obligado realizar campañas de cor-

ta duración cuyos resultados tengan el peso estadístico apropiado para representar o caracterizar la dinámica en estudio.

La planificación cuidadosa de una campaña y los métodos de correlación determinarán en definitiva la fiabilidad y estima estadística de los datos obtenidos.

Finalmente, queremos resaltar que los modernos estudios oceanográficos presentan tal complejidad que no es posible abordarlos en forma personal, se impone como en muchos otros campos de la ciencia, el trabajo en equipo que en nuestro caso concreto se especializarán en cinco fases características:

- I) Planificación y coordinación del estudio.
- II) Realización de la campaña.
- III) Proceso de datos.
- IV) Análisis e interpretación.
- V) Instrumentación.

espacio para posteriores artículos la descripción detallada de cada uno de ellos.

1. IDEAS GENERALES

En cada proyecto, si no se dispone de datos, se considera necesaria la ejecución de un estudio oceanográfico del tramo de costa que queda afectado por la obra marítima.

Dicho estudio oceanográfico consiste en principio en el conocimiento de los parámetros oceanográficos que condicionan los movimientos de las masas de agua en la zona y sus posibles efectos sobre el tramo de costa circundante.

Los parámetros a estudiar vendrán fijados por cada tipo de obra, por la zona de ubicación y por los datos ya existentes. A continuación se relacionan sucintamente los posibles fenómenos a estudiar.

CORRELACION I (E-W), COMPONENTE DE I(t) SEGUN EL EJE E-W
I(t), VALORES TEORICOS DADOS POR EL MODELO
I(t), VALORES REALES MEDIDOS
REGRESION AJUSTADA PARA ALTURAS DE MAREA H(t) = H(t) + 30 cm

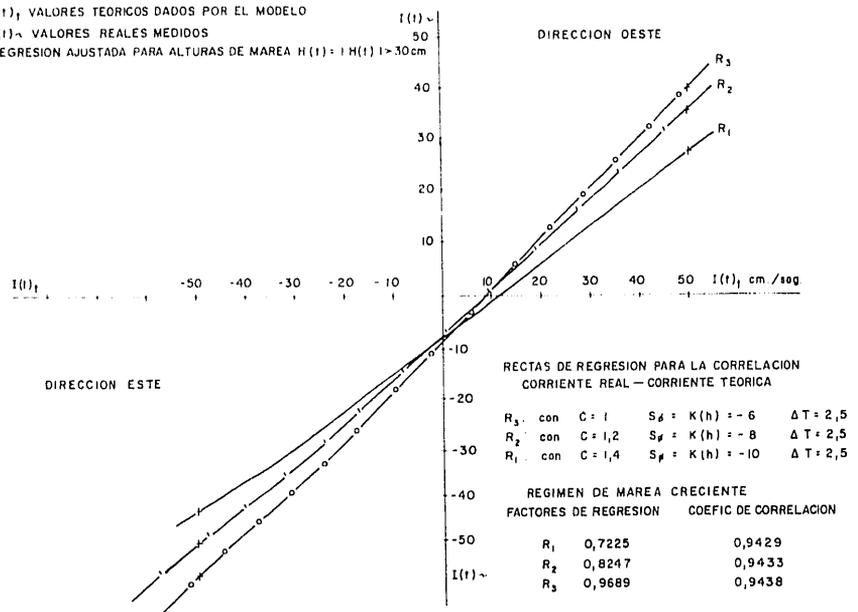


Fig. 1

1.1. Corrientes

Las corrientes marinas en los estuarios y en aguas de profundidades reducidas de la costa están principalmente originadas por:

En este artículo intentaremos exponer en forma resumida las ideas básicas de los estudios oceanográficos, indicando al final algunos de los trabajos ya realizados, y resultados obtenidos, dejando por carencia del

1. Diferencias de distribución de densidad.
2. Esfuerzo tangencial del viento sobre la superficie del agua.
3. Mareas.
4. Oleaje tanto de corrientes de gradiente como de incidencia.

Las corrientes originadas por la variación de densidad son producidas por el gradiente térmico, salinidad y contenido de sedimentos. Su acción no penetra más abajo de los 500 metros de profundidad y su intensidad en superficie pueden alcanzar hasta 0.5 nudos.

igual dirección desde la superficie hasta cerca del fondo, donde pierde intensidad debido a la fuerte fricción.

De acuerdo con el carácter de la marea, la profundidad y la configuración de la costa, las corrientes de marea varían de una zona a otra. Cerca de la costa o en canales y estrechos pueden alcanzar velocidades del orden de los cinco nudos.

Las olas superficiales producen un transporte de masa que suele ser pequeño, excepto en la zona comprendida entre rompientes y línea de costa.

Al romper las olas, se produce una corriente superficial ha-

las, crea una corriente mar adentro donde la topografía del lugar lo permite; de esta forma se crean las celdas de circulación: estas corrientes, denominadas «rip current» son de superficie y de pequeña anchura, por cuya razón pueden alcanzar grandes intensidades de hasta tres o cuatro nudos.

1.2. Oleaje

En los estudios costeros son de especial interés dos aspectos del oleaje:

- a) La distribución del estado del mar (expresado por la altura y periodo de las olas), más probable durante el año medio o régimen de oleaje.
- b) La frecuencia de presentación de temporales, sea cualquiera su duración o régimen de temporales.

El régimen de temporales es indispensable para el acertado proyecto de las obras marítimas exteriores, toda vez que nos da la ola de cálculo y su frecuencia de presentación.

El régimen de oleaje es esencial en el estudio de los procesos litorales (erosión, transporte y depósito), en el proyecto en planta de obras de defensa, acceso y atraque de puertos, en la determinación del tiempo medio útil de trabajo en el mar y en general en cuantas actividades sea preciso conocer el comportamiento del mar en una zona y tiempo determinados.

Dos alternativas existen para definir los sucesivos estados del mar a lo largo del tiempo.

La primera consiste en deducir, a partir de las cartas meteorológicas, la velocidad del viento al nivel standard $z = 10$ m., su duración o persistencia y el fetch meteorológico correspondiente, pudiendo entonces calcularse las características del oleaje a través del método de

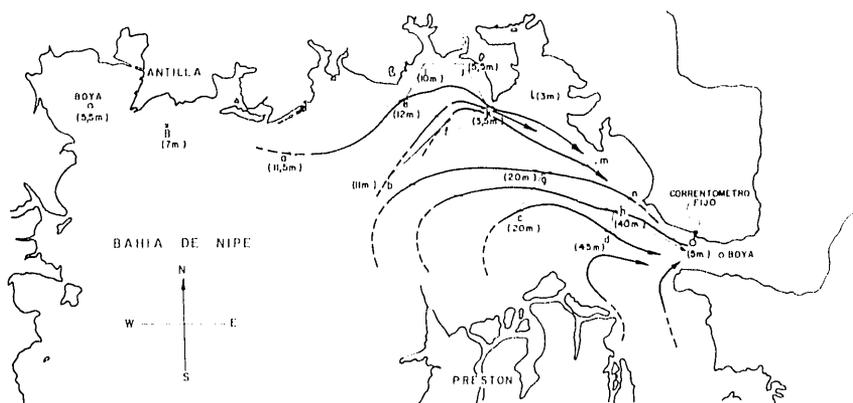


Fig. 2

El viento transmite a la superficie del mar por fricción un esfuerzo que éste comunica a su vez a las capas inferiores generando una corriente de acción poco profunda y que gira en dirección al aumentar la profundidad. La intensidad de la corriente no suele sobrepasar el nudo.

Las corrientes de marea no significan un transporte de aguas sobre grandes distancias, pues en los canales estrechos y a lo largo de la costa invierten su dirección cada seis o doce horas, según sean semidiurnas o diurnas las mareas a que están asociadas.

Puesto que la onda de marea es de gran longitud respecto a la profundidad sobre la cual se propaga, la correspondiente corriente tiene igual intensidad e

cia la costa, corriente que retorna hacia alta mar por el fondo denominada corriente de resaca. Raramente las ondas rompen completamente paralelas a la costa: suelen hacerlo con un cierto ángulo de incidencia, produciéndose una componente normal que produce la corriente de resaca y otra tangencial formando esta última una corriente paralela a la costa y localizada entre ésta y la zona de rompientes; la intensidad de esta corriente es función de la altura de ola y del ángulo de incidencia. Durante la época de temporales se pueden producir corrientes paralelas a la costa de hasta dos y tres nudos. El exceso de agua sobre la orilla de la costa, almacenada por la rotura del oleaje y por las corrientes para-

previsión espectral o del de la ola significativa.

Una segunda alternativa, la más exacta por no estar sometida a errores de cálculo o apreciación, consiste en la obtención directa de las características del oleaje por medio de registradores.

1.3. Estudio meteorológico

Como ha podido verse al tratar las corrientes y el oleaje, es muy importante tener un conocimiento lo más exacto posible de las características de vientos de la zona en estudio.

Dado que al igual que con el oleaje, los periodos de medida no suelen ser tan grandes como deberían para poder obtener un régimen de vientos representativo, se suele recurrir a estudios de correlación con los datos obtenidos por otras estaciones meteorológicas cercanas o bien con los datos de las cartas del Almirantazgo o de las U.S.S. Coast Tables.

1.4. Mareas

Como es bien conocido la marea astronómica es el resultado de la atracción entre el Sol, la Luna y la Tierra. Desarrollando el potencial resultante de esta atracción según las diferentes influencias del Sol y de la Luna, aparecen términos periódicos, correspondientes a las componentes astronómicas de la atracción mixta generadora de las mareas. Estas componentes poseen una frecuencia propia, cuyo cálculo corresponde al estudio de las componentes armónicas de las mareas.

A partir de los datos experimentales obtenidos de un mareógrafo se pueden inferir, por cálculo, los valores de amplitud y fase de cada componente de marea, teniendo en cuenta que no pueden obtenerse componentes de período superior a la

mitad del período de medida, aunque por consideraciones de equilibrio y por deducción del potencial generador de mareas puede extenderse este margen hasta componentes de período igual a la duración total del período de medida.

Por otra parte, dado que el registro suele hacerse a una muestra cada tiempo t , la componente mínima es la de período $2t$.

La práctica debe ir precedida de una planificación de las medidas y un estudio del propio equipo experimental, según la envergadura y el tipo de conocimiento de la zona que se pretenda obtener.

A continuación describiremos sucintamente qué debe buscarse en una campaña que podamos definir como media, teniendo en cuenta que cuanto mayor sea la extensión y duración del

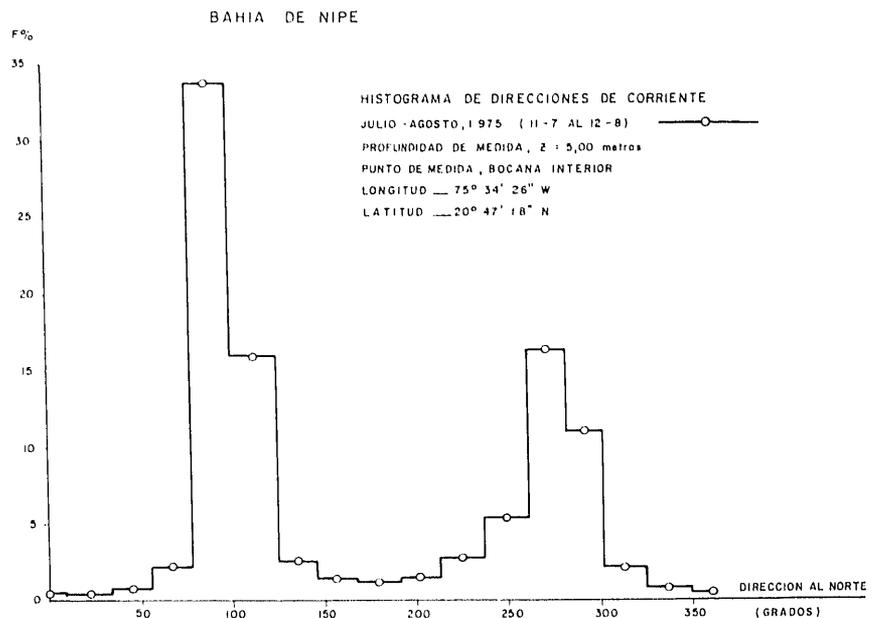


Fig. 3

Simultáneamente puede aparecer una variación del nivel del mar debido a la acción de una baja de presión atmosférica asociada a vientos fuertes producidos por el paso de una fuerte perturbación que cesa al restablecerse la normalidad en la zona.

Aparte de las relacionadas anteriormente, pueden aparecer variaciones del nivel medio por resonancia, sobre todo para el caso de bahías y estuarios, así como por sobreelevación debidas a las corrientes y al oleaje.

2. PROBLEMA EXPERIMENTAL

La práctica de la toma de datos de una campaña oceanográfica

debe ir precedida de una planificación de las medidas y un estudio del propio equipo experimental, según la envergadura y el tipo de conocimiento de la zona que se pretenda obtener.

2.1. Corrientes

Inicialmente es necesario tener una idea general de la circulación de la corriente en la zona a estudiar, para lo cual es del mayor interés la recopilación de todos los datos existentes. En caso de que estos datos no existan, o bien, no nos den un reflejo claro de los movimientos de las masas de agua, se realizará una «malla de corrientes» donde quedarán perfectamente determinados los puntos de toma de datos con el fin de obtener la idea general de circulación de

la corriente, para posteriormente modificar dicha malla con el fin de obtener datos en puntos particulares (estrechos, desembocaduras de ríos, etc.).

entre el fondo y la superficie.

5. Correlación por niveles entre los datos de las estaciones fijas y las móviles.

ción fija y a los diferentes niveles.

3. Histograma de intensidades y direcciones de corrientes, de donde se puede obtener la función de distribución de corrientes.
4. Cálculo de la estabilidad de la corriente para cada punto de la malla estudiada, con su representación sobre el mapa de la zona.
5. Correlación entre las corrientes obtenidas y mareas, vientos, oleaje, etc.

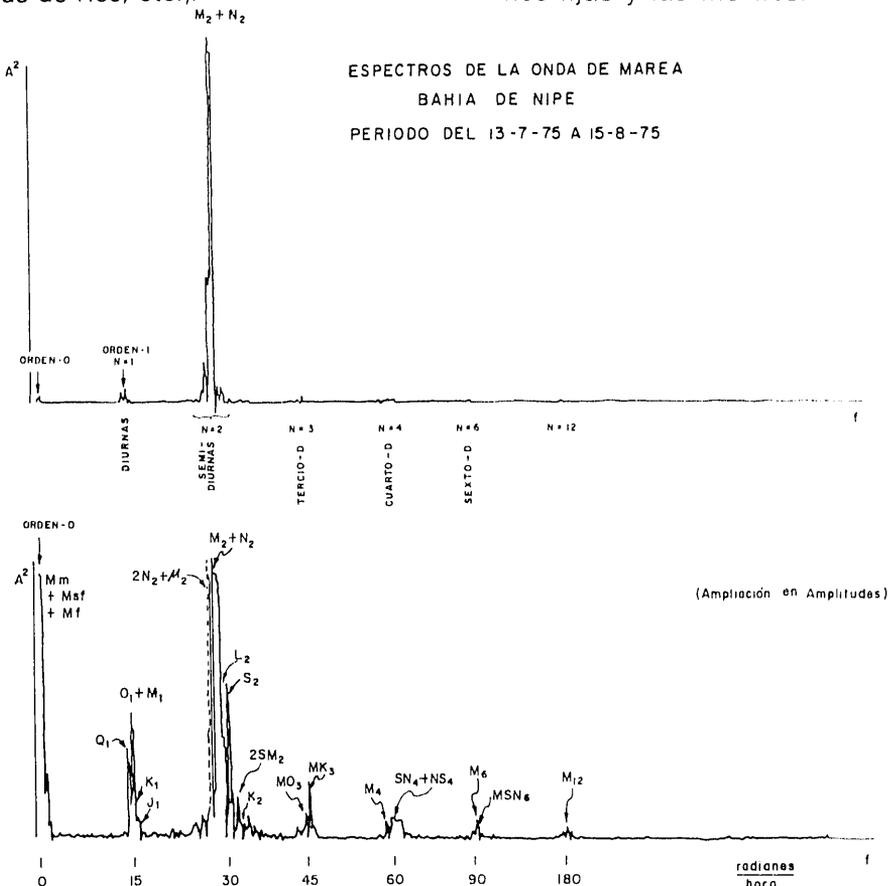


Fig. 4

En un estudio de corrientes los parámetros fundamentales que se deben conocer son:

Intensidad y dirección de la corriente, temperatura del agua, salinidad, carreras de marea, oleaje de la zona e intensidad y dirección del viento, en función de la posible correlación entre todos estos parámetros. La normativa de cada parámetro sería la siguiente:

A-1. Temperatura del agua

1. Variación de la temperatura superficial.
2. Cálculo de las isotermas.
3. Perfiles de temperatura, para la búsqueda de la termoclima.
4. Diferencia de temperaturas

6. Día medio de temperatura.
7. Evolución de la temperatura media, máxima y mínima por día.
8. Variación de la salinidad en función de z y diagrama T-S.

A-2. Velocidad de la corriente

1. Dirección e intensidad de corrientes con rosa de 8 o de 16 puntas donde se expresa el porcentaje de datos obtenidos para cada dirección y según cada intervalo de intensidades.
2. Correlación de la estación fija y móviles con miras a trazar las líneas de corriente o circulación de la zona a la profundidad de la esta-

OSTA VASCA

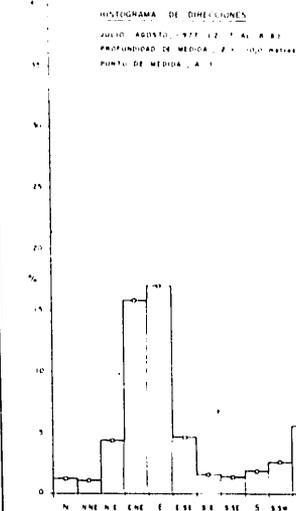


Fig. 5

ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS

estudio de vientos máximos y en la evolución de huracanes.

El estudio de vientos se estructura para obtener los siguientes datos:

1. Dirección e intensidad de viento con rosa de 8 ó 16 puntas, donde se representa la intensidad en escala Beaufort, en la cual cada grado corresponde a un intervalo de velocidades de uso mundial.

cercano a la costa con el de mar adentro, para lo cual debe disponerse de dos o más sistemas de medida de oleaje.

Con objeto de realizar el régimen de oleaje, será preciso diferenciar entre toma de datos en condiciones normales, que se hará con una cadencia de muestreo preestudiada, y en caso de temporal donde se deberá aumentar el periodo de muestreo.

Las etapas del estudio serán las siguientes:

$$H_{1,3} = H_{1,3}(t); T_{1,3} = T_{1,3}(t).$$

3. Histograma de periodo (T_z), de periodo óptimo (T_{op}), anchura de espectro (ϵ), altura significativa (H_s) y altura máxima.
4. Régimen de oleaje.
5. Estudio de los temporales presentados en el periodo de medida y régimen de temporales.

2.4. Mareas

El estudio de ondas largas dará la posibilidad de abordar el estudio de niveles. Por otra parte, el punto de medida no suele ser el puerto patrón, y si bien la onda de marea prevista se ajusta bastante bien a la real para el puerto patrón, van apareciendo diferencias según aumenta la distancia a dicho puerto. Por ello es conveniente poseer datos de marea para obtener, mediante cálculo de las constantes armónicas, la onda de marea prevista para el punto de medida.

El usar el método de las constantes armónicas da la ventaja de poder abordar la correlación a corrientes de marea de forma analítica y no muy complicada, con la ayuda de un computador.

COSTA VASCA

HODOGRAFA

Julio - Agosto, 1977 (2-7 a 8-8)

Profundidad de medida 2 - 10 m

Punto A-1

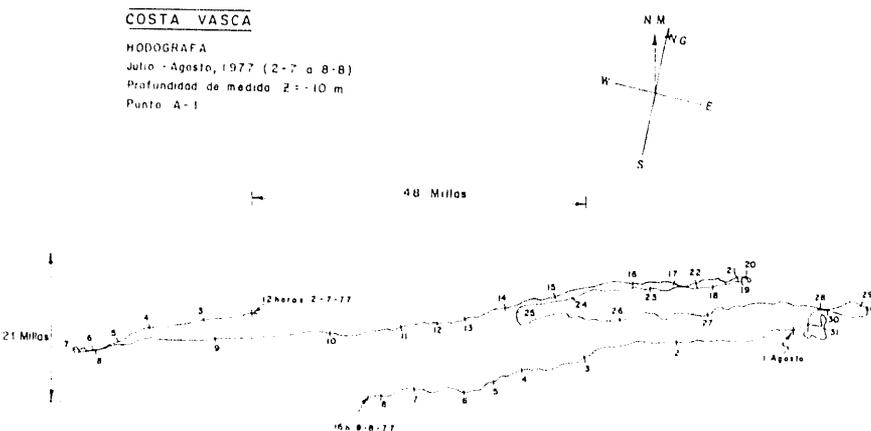


Fig. 6

2. Histogramas de intensidad y dirección de vientos de donde pueden obtenerse los parámetros de la función de distribución.
3. Régimen de vientos medido.
4. Correlación con los datos de otras estaciones y elaboración del régimen general de vientos.
5. Curva de estados de temperatura.

2.3. Oleaje

La obtención de datos de oleaje está polarizada a conseguir la curva de estados del mar

$H_{1,3} = H_{1,3}(t); T_{1,3} = T_{1,3}(t)$ a partir de la cual se puede deducir el régimen de oleaje.

Normalmente habrá que intentar correlacionar el oleaje

1. Elección de la cadencia de muestreo y duración de cada muestra.
2. Elaboración de la curva de estados del mar o gráfica

COSTA VASCA

VARIACION DE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE CON LA PROFUNDIDAD

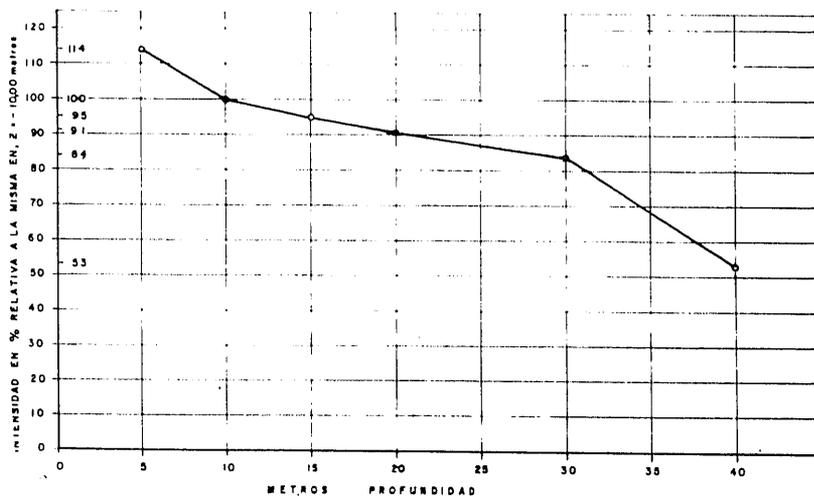


Fig. 7

Las fases para un estudio de mareas serán:

1. Estimación del período de muestreo y de la duración total de la medida, con lo cual limitamos la componente de menor y de mayor período, respectivamente.
2. Cálculo de las componentes armónicas.
3. Desarrollo de la curva de marea prevista, o en su defecto, de la aparición de las pleamares y bajamares.

2.5. Período de medida

En cuanto a la duración de la toma de datos se estipula que, para que la información sea suficiente, aunque mínima, debe cubrirse un período entero estacional, es decir: un año.

Si se aumenta este tiempo autotativo. Por ejemplo, en un estu-

dio sobre mareas se aceptan un registro de treinta y dos días, con una muestra por hora, ya que la importancia de las amplitudes de las componentes de período superior al mes es muy pequeña.

3. SISTEMA DE MEDIDA

El tipo, número y características de los aparatos necesarios en una campaña depende por completo de los objetivos de ella. Así, en general, se puede decir que para un estudio de oleaje serán necesarios uno o dos sistemas de medida, de superficie o de presión según las características de la zona.

Para un estudio meteorológico serán necesarias una estación meteorológica autónoma con medidores de temperatura, velocidad y dirección de viento y presión atmosférica, así como un anemómetro portátil. En

que pueden producirse, se estima que se necesitarían:

- Dos correntómetros autónomos con medidores de velocidad y dirección de corrientes, salinidad y temperatura.
- Dos correntómetros móviles de lectura directa.
- Dos batitermógrafos.

4. CAMPAÑAS REALIZADAS

Como ejemplo de todo lo dicho anteriormente, mencionaremos muy escuetamente algunas campañas realizadas con indicación de ciertas características de cada zona y mostraremos en diferentes gráficas la forma típica de presentación final de los datos.

4.1. Bahía de Nipe

El área de Nipe está en la franja septentrional de la provincia de Oriente, en el sureste de la isla de Cuba. Se halla localizada en la depresión de Nipe y rodeada por distintos grupos de elevaciones.

La depresión de Nipe tiene una forma rectangular orientada de SW a NE, con dos partes muy diferenciadas: la oeste, que constituye la parte alta de la depresión con relieve bajo, y la parte E, que es la parte baja y que por sus características estructurales forma las bahías de Nipe, Banés y Derisa. De éstas la de Nipe, con una superficie de 250 km², es la mayor de Cuba.

La campaña de toma de datos y el estudio oceanográfico consiguiente fueron planificados con el objetivo de obtener un conocimiento de la zona necesario para la realización del proyecto previo de construcción de un astillero en Bahía de Nipe.

La forma de la bahía, tal como puede verse en la figura número 2, es muy cerrada, con un canal de entrada muy estrecho, con

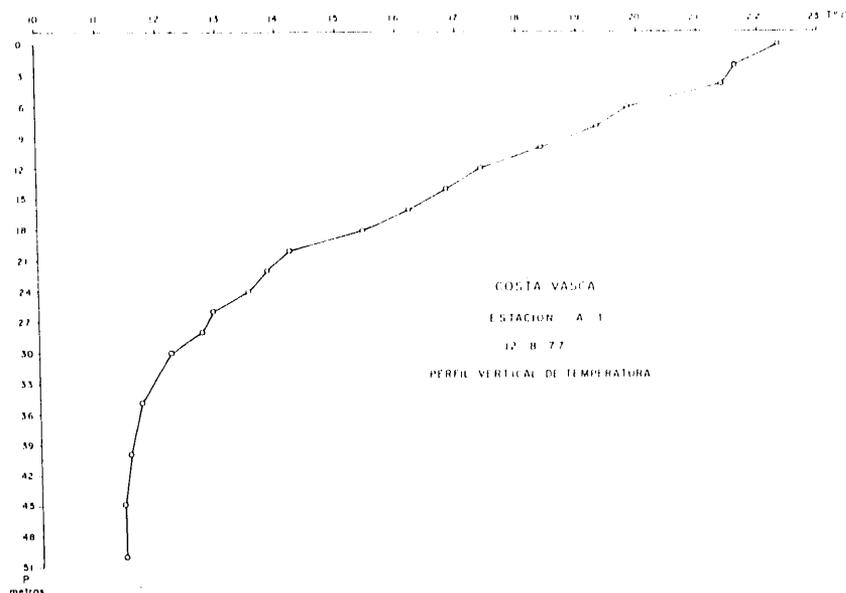


Fig. 8

menta la probabilidad de que la muestra tomada represente a la población estimada.

En el caso de estudiar un fenómeno muy concreto, vale con tomar un período similar al que se estime como período repre-

cuanto a mareas, si sólo se pretende estudiar los niveles en un punto fijo con un mareógrafo en estación durante algo más de un mes es suficiente.

Para un estudio de corrientes, y dado la cantidad de mecanismos

ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS

fuertes corrientes, un oleaje generado «in situ», de periodos muy cortos y baja altura, debido a la poca longitud de fetch.

Se tomaron datos de oleaje, mareas, corrientes y vientos.

En cuanto al oleaje era necesario comparar el oleaje exterior a la bahía y que por canalización en la bocana penetraba

mientras que el eje horizontal expresa la frecuencia f_i de cada componente, o lo que es similar, la velocidad angular w_i , correspondiente. La figura superior es el espectro de energía tal como resulta del análisis espectral via computador, en la cual se marcan los diferentes órdenes de componentes. En el orden cero

respondiente al eje E-W que es el eje de la bocana. Este hecho y la periodicidad en los cambios de dirección de la corriente venían a confirmar la hipótesis de una corriente de marea.

Se estudió la posible correlación corriente-marea, que nos daban como expresión analítica para el nivel del agua la expresión:

$$H(t) = S_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cdot \sin(w_i \cdot t + \phi_i + u_i + \chi_i)$$

donde (A_i, ϕ_i) son las constantes armónicas calculadas para la componente i -ésima, amplitud y fase, respectivamente, w_i es la velocidad angular en radianes/hora de la componente; u_i el argumento astronómico o fase inicial de la componente a las cero horas del primero de enero del año en curso para el meridiano de Greenwich, y χ_i la corrección por latitud geográfica; S_0 es el nivel o «cero» del registro. Si la corriente es de marea, la componente según el eje de la bahía vendrá dada por una expresión similar, y por ello si llamamos $I(E-W)$ a la componente de corriente en la dirección Este-

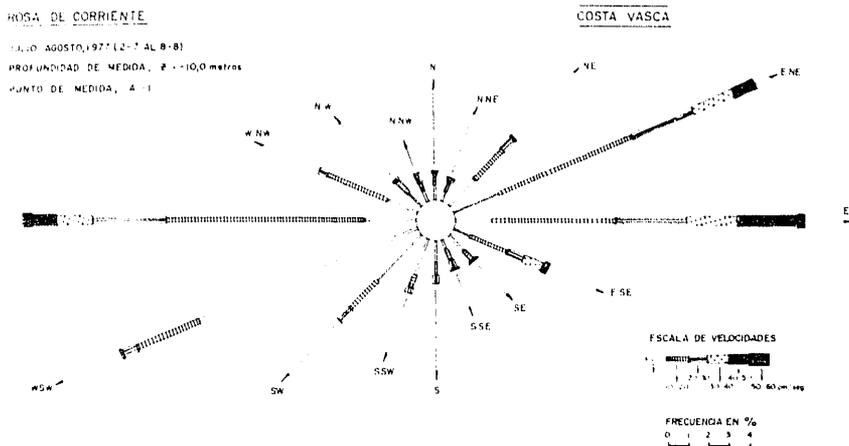


Fig. 9

en ella con el generado dentro de la propia bahía. Por ello se colocaron dos medidores de oleaje, tipo superficie, en la bocana y en el futuro emplazamiento del astillero, respectivamente. De los datos obtenidos y previo el proceso y análisis correspondientes, se llegó a la conclusión que el oleaje que alcanzaria la obra seria debido al microclima y generado en la propia bahía con muy poca dependencia del oleaje existente en el exterior de la bahía.

Los datos tomados de niveles, a razón de un punto cada diez minutos, hizo posible obtener la curva de marea, y mediante análisis armónico obtener las constantes armónicas de marea. Con estas últimas y previo cálculo de los argumentos astronómicos por componente, se recompuso la onda de marea, con objeto de obtener la marea prevista durante un año. En la figura 4 se presenta el espectro de las componentes armónicas de marea. El eje vertical indica el cuadrado de la amplitud A_i ,

sólo aparecen las componentes M_m , M_{sf} y M_f , dado la duración de la campaña. En la figura inferior se ha extendido la escala vertical, a condición de cortar las barras correspondientes a las componentes M_2 , N_2 , $2N_2$ y μ_2 , cuyas amplitudes están falseadas, para dar mayor relieve a las componentes de menos importancia. Como puede verse llegan a aparecer hasta componentes de dos horas de periodo ($N = 12$).

Para obtener un conocimiento de las corrientes en la bahía se colocó un correntímetro fijo en la bocana a $Z = -5$ m. en 40 m. de calado, cuyos datos sirvieron de referencia para los tomados manualmente en la malla de corrientes desarrollada y que cubría la parte norte de la bahía, figura 2. Con los datos del fijo se obtuvieron los histogramas direccional y de intensidades de corrientes y con ellos la rosa de corrientes correspondiente. El histograma direccional (figura 3) nos muestra una dirección claramente predominante, co-

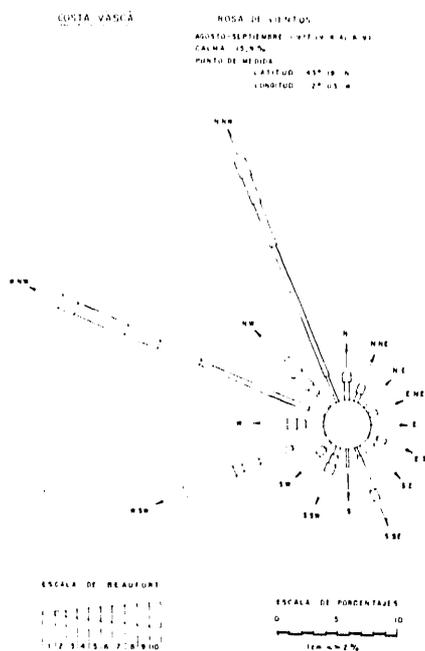


Fig. 10

Oeste, tendremos como expresión para $I(E-W)$:

$$I(E-W) = K(Z) + C \sum A_i \cdot \text{sen} [w_i(t - \Delta T) + \phi_i + u_i + \chi_i]$$

mediante la cual se intentan ajustar los valores teóricos a los valores reales obtenidos en la naturaleza. Los coeficientes del modelos se ajustan para cada profundidad; así para $Z = -5$ m. se tiene: $c = 1.4$, $K(5) = -10$, $\Delta T = 2.5$ horas; obteniéndose un coeficiente de correlación del 94.38 y una regresión de $r = 0.9689$, indicando que el modelo es muy aceptable.

Por otro lado, con los valores de corrientes tomados manualmente en los puntos de la malla (figura 2) y a diferentes profundidades, previa comparación con los datos del correntímetro fijo, se realizaron unos diagramas tentativos del flujo según profundidades y estado de marea, uno de los cuales se presenta en la figura 2. En ella las flechas indican líneas del campo de fuerza de corrientes.

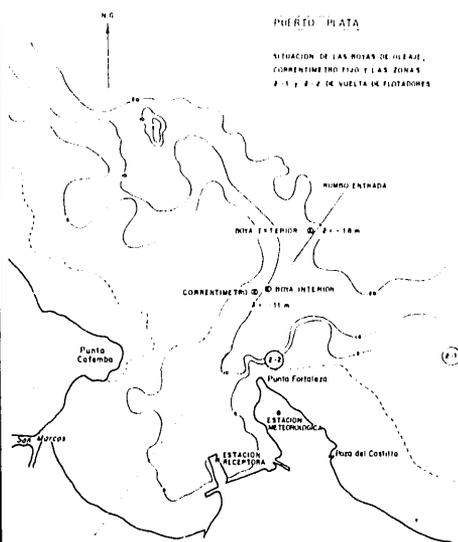


Fig. 11

Cabe destacar que el estudio de vientos con el cual se hallaron los regímenes de vientos reinantes cubrió la toma de datos correspondiente al paso del huracán *Eloisa*, que con velocidades de hasta 190 km/h. nos

PUERTO PLATA

HODOGRAFA CORRIENTES Nº 2

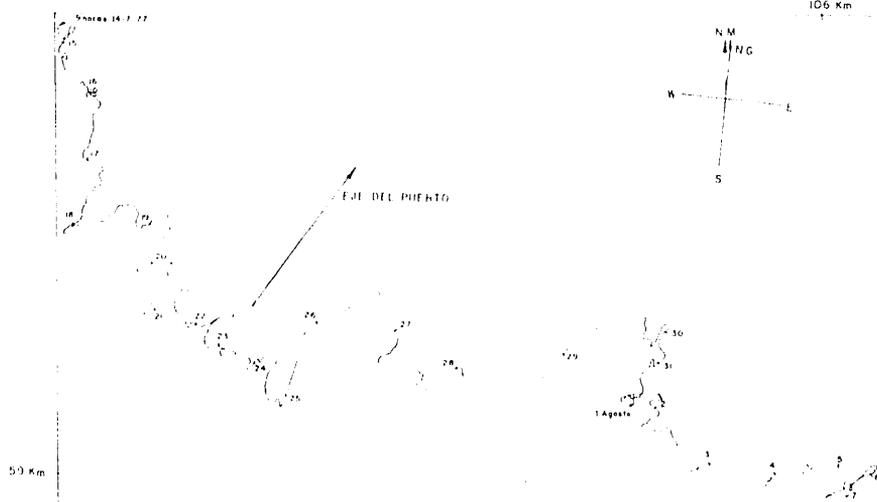


Fig. 12

aportó una experiencia muy valiosa.

4.2. Costa vasca

El objeto de dicha campaña consistió en el estudio de los parámetros oceanográficos de la zona, principalmente el estudio de las corrientes marinas, como base para la realización de los estudios previos para los proyectos de los emisarios submarinos de Guipúzcoa.

La zona del estudio quedó comprendida entre Ibaeta y Pasajes, situándose en ella tres radiales con tres estaciones de medida cada una, las estaciones exteriores o principales se encontraban aproximadamente a una milla de la costa. En una de ellas, A-1, se colocó a 10 metros de profundidad, un correntímetro autónomo, proporcionándonos cada veinte minutos datos de las corrientes, temperatura del agua y conductividad, obteniéndose posteriormente en el proceso a partir de los dos últimos parámetros la salinidad. Asimismo se tomaron datos de las corrientes y temperatura a distintas profundidades en cada

una de las estaciones de la malla establecida por medio de un correntímetro manual y una sonda de temperatura, a partir de estos datos, así como algunos otros obtenidos de diversos organismos se realizó el estudio correspondiente para la época del verano de 1977.

Como indicativo y para comparación con bahía de Nipe donde las corrientes eran típicas de marea, se presenta un histograma de direcciones (figura 5); en él se obtiene porcentualmente el índice de presentación de las corrientes en cada una de las 16 direcciones en que se ha descompuesto el círculo para dicho periodo de medida. Se observa un eje predominante de corrientes, circulando éstas en uno y otro sentido, por lo que podría pensarse en que dichas corrientes fuesen de marea, pero observamos que no es una corriente típica de marea, siendo la influencia de ésta prácticamente despreciable, como se puede ver en la figura 6, hodo-grafa integral, correspondiente el mismo periodo de medida, representándonos ésta la trayectoria virtual de una partícula sometida a la corriente medida

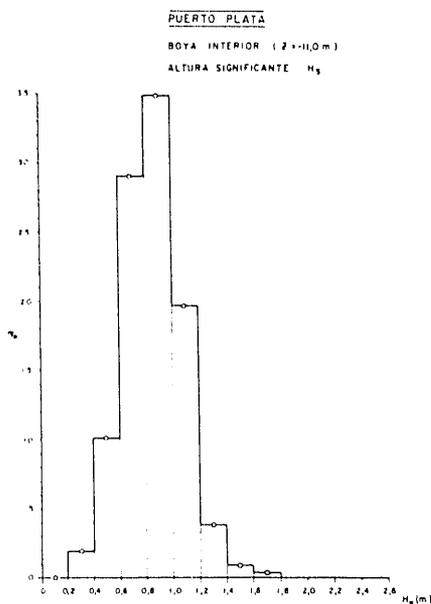


Fig. 13

en el punto considerado, para lo cual se supone que dicha partícula está sometida a un campo de fuerzas tal que los valores en cada punto del campo son iguales a los obtenidos en el punto de medida en el mismo instante. En la trayectoria se han situado los puntos correspondientes a las cero horas de los días pertenecientes a dicho período. La escala utilizada es de 3,96 millas/cm.

Dado el paralelismo con costa de las trayectorias observadas, así como la no existencia de un período determinado en los cambios de sentido de las corrientes, sino dependiendo éstos de una serie de condiciones meteorológicas y marítimas, po-

demostramos decir que las corrientes predominantes que observamos son de carácter litoral y regímenes opuestos.

En la figura 7 se ha representado la variación de la intensidad de la corriente en valores medios, con la profundidad. La intensidad viene en tantos por ciento, referenciada a la intensidad existente a 10 metros de profundidad, por ser éste el nivel base del estudio.

En la gráfica podemos diferenciar un intervalo entre 10 y 30 metros de profundidad, donde la variación de la intensidad es prácticamente lineal, produciéndose variaciones más pronunciadas en las zonas de superficie y fondo, como era lógico esperar.

Dado que la gráfica se ha obtenido con valores medios, se ha calculado la desviación típica para cada uno de los puntos de la gráfica, con el fin de obtener una valoración más realista.

La figura 8 representa un perfil vertical de temperatura, en él podemos ver la estratificación térmica existente, propia de la época de verano, a lo largo del estudio se han observado las variaciones de la temperatura, así como la distribución térmica existente en la zona.

En las figuras 9 y 10 podemos observar dos rosas de 16 puntos de corrientes marítimas y vientos, respectivamente; ésta es una representación típica que nos ofrece información sobre la frecuencia de presentación del pa-

rámetro representado en cada una de las direcciones, así como de la intensidad con que lo hace. Así pues, se indican por longitudes y anchuras de cada tramo la frecuencia y la intensidad correspondiente a esa frecuencia en la dirección indicada.

En este tipo de representación la dirección de la corriente indica hacia donde va, mientras que en el viento es de donde viene.

4.3. Puerto Plata (República Dominicana)

El objeto de la campaña fue buscar un conocimiento de la zona como estudio previo para el proyecto de construcción de los diques de abrigo.

Por ello se tomaron medidas de corrientes, oleaje interior y exterior y vientos, indicándose en el gráfico (figura 11) la posición de cada aparato.

Las características son parecidas a las obtenidas para Nipe (Cuba), con la peculiaridad de que, al ser esta zona mucho más abierta que aquella, la influencia de la marea no es fuerte, como puede verse en la trayectoria virtual (figura 22).

Del oleaje medido se dedujo la curva de estados del mar, de la cual se ha obtenido el histograma correspondiente a alturas significantes (figura 13), de la cual puede calcularse el régimen de oleaje del período de medida.