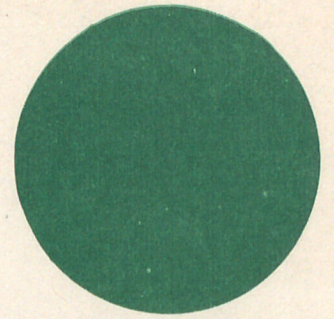


MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO
Y COMUNICACIONES

INM INSTITUTO
NACIONAL
DE METEOROLOGIA



PUBLICACION

A - 90

Predicción sinóptica del estado de la mar

Carlos Zabaleta Vidales
Meteorólogo

INM

A 90

MADRID

1984

AEMET-BIBLIOTECA



1012957

R:4995
CB1012957

Sig. M09.3(06)

Predicción sinóptica del estado de la mar

22 FEB 1996

Carlos Zabaleta Vidales
Meteorólogo

22 FEB. 1996



MADRID
1984

PREDICCIÓN SINÓPTICA DEL ESTADO DE LA MAR

(Conferencia pronunciada en el anterior Servicio Meteorológico Nacional, el 28-VI-1955)

Hasta hace muy pocos años, la predicción racional del estado de la mar no existía, pudiéndose decir que era una especie de “cenicienta” en los boletines de información de los diversos Servicios Meteorológicos. El usuario —el marino— sufría las consecuencias del oleaje como una especie de fatalidad. La información disponible era más bien vaga, y se deducía de una correlación simplista entre la fuerza prevista del viento y la altura del oleaje.

Contrastaba, pues, la calidad del resto de las predicciones (que incluían aspectos tan refinados como los pronósticos de navegación aérea isobárica) con la predicción del estado de la mar.

Y hay que hacer notar que éste es el factor meteorológico fundamental para el navegante, por condicionar, no ya la seguridad del navío, sino también su estabilidad y su velocidad. Los estudios sistemáticos de los cuadernos de bitácora han demostrado que la velocidad de un buque depende sobre todo del oleaje, y muy poco del viento. La Segunda Guerra Mundial obligó a efectuar estudios concienzudos conducentes a pronósticos exactos de la altura del oleaje en determinados puntos aislados (sobre todo en áreas de desembarco), pero no fue hasta 1955 cuando se abordó el problema de la predicción marítima a escala global, es decir, abarcando una gran extensión oceánica, y empleando procedimientos análogos a los usados en Meteorología sinóptica.

El sistema actualmente en uso consiste en la representación del estado de la mar, actual o futuro, por medio de isopletas de alturas de

olas, expresadas en metros. Este es el método más sencillo y elocuente de presentar la información marítima, ya que permite, de una sola ojeada, conocer para un instante actual o futuro el estado de la mar en cualquier punto del océano contenido en el mapa.

Actualmente se presta vigoroso apoyo en las principales naciones marítimas, a las técnicas de "ship routing", es decir a la preparación de derrotas óptimas al estilo de las rutas de tiempo mínimo de la navegación aérea meteorológica. Para tales trabajos es indispensable el llamado "mapa de olas", en el que, como se ha dicho, se representa el oleaje por medio de isoplelas previstas de la altura de la mar.

¿Cómo se prepara un mapa de olas?

Conviene, antes de responder a la pregunta, recordar algunos fundamentos elementales de la teoría de las olas.

En primer lugar, al altura del oleaje a que nos referimos siempre, será la llamada *altura significativa*, parámetro estadístico que ha habido que introducir a causa del aspecto irregular que siempre presenta la mar, y que se define como el promedio del tercio de las olas más altas presentes.

La altura citada es función del viento, de la persistencia de éste (o sea, del número de horas que ha soplado con la misma dirección) y del *fetch*, palabra de carácter internacional, que podríamos traducir por "alcance" y que se refiere a la extensión a lo largo de la cual soplan vientos de dirección constante y fuerza aproximadamente igual; es decir las zonas del océano sobre las que aparecen isóbaras más o menos rectilíneas en un mapa sinóptico de superficie. Las olas son el resultado visible de una transferencia de energía del viento a la mar dentro de estas zonas, denominadas *zonas generadoras* (fig. 1).

Si suponemos una extensión oceánica de longitud infinita, inicialmente en calma, sobre la que actúa un viento constante, la altura de las olas crecerá proporcionalmente a la persistencia, es decir, que será una función de ésta, y naturalmente de la velocidad del viento.

Llegará un momento (persistencia mínima) en que la altura de las olas *no crece más*; se ha llegado a un estado de equilibrio entre las

transferencia de energía del aire a la mar; los sucesivos aportes se traducirán en hacer crecer la longitud de onda, pero no la altura. El paso del régimen transitorio al estacionario es de gran importancia en meteorología marítima, constituyendo lo que se llama “*mar plenamente desarrollada*” (*full arisen sea*). En este caso, la altura de la mar dependerá exclusivamente del viento y del fetch. Para un viento constante, la mar es una función creciente del fetch en régimen estacionario, así como lo es de la persistencia en régimen transitorio, para un fetch y un viento dados.

En la práctica se trabaja con fetchs finitos, como es natural. Y el problema, reducido a sus últimos términos, queda centrado en calcular la mar a partir de un viento dado, que sopla a lo largo de un determinado fetch, durante un cierto número de horas.

Los ábacos que resuelven este problema responden en general más a soluciones particulares de las ecuaciones diferenciales de transferencia de energía que a cálculos empíricos.

En principio, podrían reducirse a dos clases: los que dan la altura de la ola en función del viento y de su persistencia, para un *fetch* infinito (*régimen transitorio*) y los que dan la altura de la ola en función del viento y del *fetch*, cuando la mar es plenamente desarrollada, es decir a partir de la persistencia mínima (*régimen estacionario*). El uso simultáneo de ambos tipos de ábacos dará, en general, dos alturas de olas distintas; la más lógica es la menor de las encontradas, ya que si el régimen es transitorio el factor limitativo es la persistencia (la mar puede seguir aumentando) y si es estacionario, lo será el *fetch* (la mar es plenamente desarrollada, aunque persistencias superiores a la mínima den alturas mayores para el *fetch* de que se trate).

En otros tipos de ábacos se tienen en cuenta simultáneamente la persistencia y el fetch, evitándose así la dualidad de soluciones.

En teoría, pues, el problema está resuelto, pero en la práctica el cálculo a mano de un número suficiente de puntos en el océano, consume un tiempo excesivo, por lo que ya desde 1955 los esfuerzos de los especialistas se han encaminado al empleo de ordenadores electrónicos de extensa memoria.

Antes de dar una idea de los métodos numéricos, quisiéramos exponer los principios de los métodos subjetivos del cálculo de un mapa de olas.

El método subjetivo más usual descansa en el concepto de *fetch*. La delimitación de éste, en efecto, es eminentemente subjetiva, y me atreveré a decir que delicada.

Se parte de un mapa de superficie observado, en que se transcriben las observaciones ship de viento y mar, dibujándose asimismo los frentes y las isobaras; bien en el propio mapa, bien en un transparente superponible a él; éstas con vistas al cálculo del viento del gradiente; aquellos, como “fronterars” de las áreas generadoras, cuya longitud es el *fetch*.

Las isopletras de altura de olas se trazan a continuación, rotulándolas de m en m. El resultado es el mapa de oleaje en tiempo real (mapa *actual* u *observado*, fig. 2).

La construcción del mapa previsto de olas “a mano” requiere previamente un mapa también previsto de superficie (isobaras y frentes).

En él se delimitan las zonas generadoras con trazo suave, y se eligen a continuación unos cuantos puntos clave, en lugares significativos del mapa. Teniendo en cuenta el mapa de olas en tiempo real y empleando los ábacos adecuados, en función del viento (observado y previsto), *fetch* y persistencia, trazándose a continuación las isopletras de olas de metro en metro y ajustándolas por continuidad a las trazadas ya en el mapa observado.

El viento a emplear (promedio entre el actual y el previsto) es, generalmente el viento del gradiente, que es suficientemente representativo en la mayoría de los casos, pero si se aspira a una mayor precisión, y teniendo en cuenta que en la altura del oleaje influye también la turbulencia debida a inestabilidad, puede emplearse el llamado “viento compensado”, que no es otra cosa que el viento geostrófico afectado de dos correcciones: una por curvatura de isobaras y otra por diferencia de temperaturas del aire y del mar, lo que implica una condición de estabilidad o inestabilidad.

En cuanto a la persistencia y el *fetch*, podemos decir que en muchos casos es difícil determinarlos con exactitud razonable, y que un pequeño error en su medición puede reflejarse en otro mucho más considerable en la altura prevista de las olas.

Además, el problema de las áreas generadoras móviles está siempre presente. Tratamos de aclararlo con la figura 3.

Si las olas de la parte suroccidental de una depresión se propagan con velocidad similar a la de ésta, las olas que salen del área generadora inicial estarán siempre debajo de ella, con lo que la mar será mayor que la levantada por un *fetch* fijo de igual extensión.

Lo contrario ocurre con la zona generadora de la parte nororiental de la depresión, en que los vientos soplan en dirección contraria al movimiento de ésta, levantando una mar menor que la que produciría un *fetch* fijo de análoga extensión.

Este problema es especialmente importante en invierno, cuando las depresiones móviles del Atlántico Norte están continuamente presentes. Una solución parcial consiste en mantener la continuidad sinóptica entre el mapa observado y el previsto. Por ejemplo, si un sistema depresionario se mueve con velocidad uniforme y el mapa previsto no señala grandes cambios en su intensidad, es razonable suponer que el campo de vientos futuro generará olas de altura similar a las observadas, aunque trasladadas de lugar. Si ello no es así habrá que efectuar correcciones fundadas en la velocidad de traslación de la zona generadora respecto a la de propagación del oleaje.

Innecesario es decir que este tipo de pronósticos subjetivos supone una ayuda inapreciable el haber observado un gran número de sistemas sinópticos con sus correspondientes sistemas de olas asociados.

Observemos que el mapa de olas no hace distinción entre mar de viento y mar de fondo, entendiendo por aquélla la mar levantada en las áreas generadoras, por el viento que sopla sobre ellas, y por ésta la que se propaga desde dichas áreas hasta grandes distancias.

Veamos ahora los métodos numéricos (objetivos) de la preparación de un mapa de olas. Aproximadamente desde 1956 se han venido estudiando diversos modelos de mar, calculables numéricamente, como los americanos de Hubert y Baer y de Wilson y los franceses de densidades espectroangulares (DSA) con sus mejoras sucesivas DSA II, III, IV y V.

Hemos visto que los métodos subjetivos reposan en la noción de *fetch*, por lo que un método de predicción numérica tiene que prescindir de él, al no ser adaptable a un ordenador electrónico.

En su lugar, los métodos objetivos se basan en la repartición prevista de la energía sobre la mar. Como ésta es proporcional al cuadrado de la altura de la ola, es claro que conocida aquélla, resulta ésta determinada inmediatamente.

La base de la teoría considera que la agitación de la mar se debe a la superposición de un gran número de trenes de olas sinusoidales (ondas monocromáticas) cada una con su período y dirección de propagación propia. Sobre estos trenes se postulan dos hipótesis:

— La de las propagaciones independientes: cada componente se propaga independientemente de las otras y a su propia velocidad de grupo $V = \frac{gT}{4\pi}$. El desnivel de la superficie del agua, respecto a su posición de equilibrio es igual a la suma algebraica de los desniveles debidos a las distintas componentes.

— La segunda hipótesis es la de los crecimientos independientes: la amplitud de cada componente varía bajo el efecto del viento, creciendo con los vientos a favor y decreciendo con los contrarios.

Desde estos puntos de vista, la mar puede considerarse como un espectro de diversas frecuencias superpuestas, siendo cada una de éstas constante. Las componentes de baja frecuencia (período largo) se propagan más deprisa que las de alta frecuencia (período corto) de manera que fuera de las zonas generadoras se produce un efecto de filtrado, que explica perfectamente la mar de fondo, cuya banda de frecuencias es mucho más estrecha que la de la mar de viento.

La base de los métodos numéricos, reposa, pues, en la dispersión natural de las olas, considerando a éstas constituidas por un gran número de ondulaciones elementales de diversas direcciones y velocidades.

Supongamos, sobre un elemento de superficie de dS de la mar es un instante t , un conjunto de n componentes sinusoidales cuyas direcciones de propagación y períodos estén respectivamente comprendidos entre θ y $\theta + d\theta$ por una parte, y T y $T + dT$ por otra.

Puede entonces definirse una función, de capital importancia en los métodos numéricos de predicción marítima, llamada *densidad espectral angular* (DSA), $\rho_{T\theta}$, relacionada con la energía por la expresión:

$$dE = \rho_{T\theta} d\theta dT dS$$

Como vemos, la DSA es una densidad de energía, función del período y del acimut de la componente de la ondulación de que se trate.

En un punto y en un instante dados, el conocimiento del conjunto de las DSA permite caracterizar la agitación de la mar por su energía total,

$$E = S \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \rho_{T\theta} d\theta \cdot dT$$

Y conocida esta energía, el cálculo de la altura de la ola es inmediato ya que

$$E = \frac{1}{8} d \cdot g \cdot H^2 \cdot S$$

siendo d , la densidad del agua del mar y g la aceleración de la gravedad.

Por lo tanto el problema queda reducido a calcular para un instante futuro, t , el conjunto de las densidades espectrales angulares en una red de puntos de una gran extensión oceánica.

Y en ello se funda el modelo DSA francés, a nuestro juicio el más interesante de todos, y que quisiera analizar con un poco de detalle.

Este modelo, que ha pasado por sucesivas fases de perfeccionamiento, conocidas, como se ha dicho, pasa por DSA II, III, IV y V es el que proporciona, en el momento presente, los resultados más concordantes con la realidad.

El programa se empezó a utilizar con éxito en Casablanca, ya en 1956.

El Atlántico Norte se esquematiza por una red de 1000 cuadrículas en el modelo DSA-V. Cada cuadrícula tiene 90 millas náuticas de lado (fig. 4).

Se comprende que el problema consiste en calcular las densidades espectrales angulares previstas para cada una de las cuadrículas de la red.

La ecuación fundamental del modelo DSA consta de dos términos principales: el de la propagación de la densidad de energía y el de su crecimiento:

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} = -V \text{ grad } \rho + \eta, \text{ en el modelo DSA-I}$$

$$\frac{\delta}{\delta t} = -V \text{ grad } \rho + (G - \rho) F, \text{ en el DSA-III}$$

$$\frac{\delta}{\delta t} = -V \text{ grad } \rho + (W, |\theta - \omega|, T), \text{ en el DSA-V}$$

Es decir, la variación con el tiempo de la densidad de energía, depende de su gradiente (propagación) y de su crecimiento ya que η , G , F y T son funciones de la fuerza del viento y de su diferencia de rumbo con la dirección de propagación. Notemos que la función de propaga-

ción está perfectamente establecida, mientras que la de crecimiento ha sido susceptible de mejoras, lo que indica que aún no está totalmente lograda.

Para cada cuadrícula de la red, se esquematiza el estado de la mar de la siguiente manera:

Se toman 16 direcciones de propagación, formando ángulos de $22^{\circ} 30'$, y para cada dirección se tienen en cuenta 4 bandas espectrales, centradas en los períodos de 7, 10, 14 y 20 segundos. El número de parámetros es pues, de 64. Como hay 1.000 cuadrículas en la red, habrá que calcular, para representar el conjunto DSA en un instante dado, 64.000 valores.

Y como los intervalos de tiempo (step) son de 3 horas, un mapa previsto a 24 horas representará

$$64.000 \times 8 = 512.000 \text{ números}$$

lo que no excede las posibilidades de un buen ordenador.

Los datos que se introducen consisten en el conjunto de vientos observados sobre la mar en cada una de las 1.000 cuadrículas de la red.

El ordenador integra las ecuaciones de propagación y crecimiento, calculando para cada componente el gradiente de la velocidad y las funciones de crecimiento, en las que entra el viento local introducido antes. Los cálculos se efectúan cuadro por cuadro, hasta agotar los 64 de DSA. Y para cada cuadro el cálculo se efectúa cuadrícula por cuadrícula, teniendo en cuenta además las condiciones de contorno, que pueden variar según que la cuadrícula caiga en tierra (DSA idénticamente nula), en el límite de la red (término de propagación nulo) o dentro de ésta (se calcula la propagación).

Evidentemente, el método no tiene en cuenta los vientos existentes más allá del contorno de la red, es decir las componentes que provengan del exterior de ésta, por lo que, generalmente, la previsión no es válida en los límites del área de cálculo.

La salida de los resultados (directamente en alturas significativas del oleaje, para cada una de las 1.000 cuadrículas) aparece como un cuadro continuo de números impresos sobre un mapa con lo que el trazado de isopletas de altura de mar se puede hacer a mano con gran facilidad.

¿Y los resultados? Son francamente alentadores, aunque susceptibles de mejora. Los puntos débiles son los siguientes: la región comprendida entre Escocia e Irlanda, por donde se “escapan” bastantes temporales del N, provenientes del exterior de la red. Otro es el extremo suroccidental de la red (negro en la fig. 4), por donde se introducen ciclones tropicales, y por último, el Estrecho de Davis presenta dificultades en el problema del contorno, debido a la imprecisión del límite de los hielos (rayado en la misma figura).

Estos defectos exigen retoques a mano, que asimismo deben extenderse a las proximidades de la costa.

Pero pese a ello, los modelos DSA dan resultados bastante conformes a la realidad, y tienen reservado un gran porvenir.

El problema de construir un mapa previsto de olas por métodos numéricos, está, por lo tanto, prácticamente resuelto.

Examinamos brevemente su aplicación a la navegación marítima.

Decíamos al principio que hasta hace muy pocos años, el marino sufría la mar como una especie de fatalidad. Las cosas han cambiado bastante, desde que se preparan los mapas sinópticos de olas, y hoy día la mayoría de las naciones marítimas, con las técnicas del “ship routing” pueden preparar derrotas óptimas de navegación, al estilo de las rutas de tiempo mínimo de la navegación aérea isobárica.

Naturalmente, las bases del problema son distintas. En primer lugar, dada la diferencia de velocidad entre un barco y un avión el intervalo de tiempo para aquél, en un pronóstico, es 10 veces mayor que para éste. En este sentido ya se preparan mapas previstos de superficie a 5 días, pudiéndose determinar a partir de ellos el estado de la mar correspondiente.

La mar afecta a la velocidad del buque, no sólo por la altura del oleaje sino por la demora con la que éste alcanza a aquél, de manera que, para cada demora, la velocidad es función exclusiva de la altura de las olas.

La finalidad de la construcción de una derrota óptima no es el logro de espectaculares desvíos apartando excesivamente al buque de su ruta normal para circunvalar los temporales intensos y amplios. El propósito es, más bien mantenerlo sin perturbaciones apreciables, pero asegurando que su velocidad sea tan próxima a la máxima como sea posible. La reducción en daños por el mal tiempo y la seguridad de la carga y tripulación son, al menos, tan importantes como los ahorros de tiempo espectaculares.

Las predicciones a cinco días de que antes hablábamos no son, ni pueden ser por el momento, más que una primera aproximación; la derrota debe ser modificada a intervalos regulares durante el viaje. Es decir, el problema planteado por la derrota de un buque es más difícil que el de la ruta de una aeronave, a causa, sobre todo, de la dilatada predicción inicial que entraña.

Estos métodos se llevaron a la práctica en los Estados Unidos en un extenso programa de trabajo, en que la preparación de la derrota lo efectuaba la Central de Predicción de la Oficina Hidrográfica de la US Navy y su comprobación el Military Sea Transportation Service (MSTS) utilizando en cada prueba dos buques: uno que seguía el derrotero "meteorológico", y otro el "clásico", y que servía de control. Los resultados a favor de la navegación meteorológica fueron concluyentes.

La práctica del método, rutinario ya, como se ha dicho, en varios países, reposa en el conocimiento de la distribución de las olas en el futuro, a lo largo de la ortodrómica entre el punto de partida y el de llegada.

Quedábamos en que el principal impedimento a la propulsión de un buque, era la demora y la altura del oleaje, en parte por la acción física directa de las olas sobre el casco, pero sobre todo, por el deseo del capitán de hacerse con su buque bajo condiciones de gran balanceo y cabeceo.

Podemos decir que, prácticamente, la velocidad del buque es función exclusiva del oleaje, de manera que puede prepararse un sistema de ábacos (distintos para cada tipo de buque) que den gráficamente esta relación funcional (fig. 5). Entonces es posible rotular en el mapa previsto de olas las isopletas de altura en isopletas de velocidad del buque, con lo que el trazado en la derrota óptima es análogo al de la trayectoria de un rayo luminoso a través de un medio de índice de refracción variable.

Conocida la distribución de velocidades del barco a lo largo del área interesada, se determina a continuación la trayectoria que proporciona la duración mínima del viaje (véase la fig. 6), trazando una serie de derrotas en el "mapa de velocidades", con origen en el puerto de partida, y a derecha e izquierda de la ortodrómica. Se calcula entonces el recorrido en 24 horas sobre cada una de ellas y se unen los puntos resultantes, que formarán una línea de posiciones posibles al cabo de 24 horas de navegación (isocrona). El cálculo se repite para las próximas 24 horas, usando el mapa previsto para el segundo día, y así sucesivamente, hasta agotar el período de 5 días.

El trazado de la derrota óptima, a veces llamada *braquistocrona*, es entonces muy parecido al que se calcula en la navegación aérea isobárica, con la diferencia de que el proceso debe someterse a continua vigilancia a lo largo de todo el viaje, y revisarse en su caso, cuando lo exijan cambios en la situación meteorológica.

Frente a este impulso que, como vemos, se está dando en las naciones marítimas más adelantadas al pronóstico de la mar en un plano que es ya operativo, quisiera, como final, exponer cómo andan estas cosas en España; en nuestro Servicio Meteorológico Nacional.

Desde Febrero de 1964 la Sección de Meteorología Marítima empezó a preparar el mapa de olas en tiempo real, mapa que se utiliza como base para la confección del previsto.

Meses después, se empezó a acometer el problema de la preparación de éste, que actualmente se efectúa diariamente, de una manera sistemática.

Naturalmente, se comprende la imposibilidad de utilizar métodos objetivos por ahora.

El procedimiento que se sigue es análogo al subjetivo que antes describimos. Como base de trabajo se emplea el último mapa observado de olas, que da, por así decir, las condiciones iniciales del problema. Se requiere también un mapa previsto de superficie a 24 horas, que se coloca sobre una mesa transparente en lo que va a ser el mapa previsto de olas.

A continuación se delimitan las zonas generadoras y se escogen los puntos significativos para los que se ha de calcular el estado futuro de la mar. Innecesario es decir que estos son los momentos más delicados de la predicción, ya que el cálculo propiamente dicho es rutinario.

Para facilitarlos, hemos construido en la Sección de Meteorología Marítima un calculador, fundado en la misma estructura del compás geográfico, pero que proporciona la altura del oleaje bien en función de la persistencia y el viento, bien en función del *fetch* y del viento. El viento que se emplea es el viento del gradiente.

La persistencia es siempre de 24 horas (intervalo de mapa a mapa) más una corrección en que se tiene en cuenta el intervalo de tiempo necesario para levantar la mar observada, o sea las "condiciones iniciales" del último mapa observado.

Calculada la mar por el viento, persistencia y *fetch* para los puntos significativos, se procede al trazado de las isopletas de altura de olas, de metro en metro, ajustándose a los núcleos de máxima mar del mapa observado, y teniendo en cuenta su traslación, es decir la continuidad sinóptica, que, como es natural, tiene lugar también en la mar.

La comprobación de los mapas se hace diariamente, comparando el mapa en tiempo real con el pronosticado para la misma hora y hasta ahora se ha podido observar:

— No son satisfactorios en general, los mapas previstos de olas basados en un mapa previsto de superficie erróneo; los valores de los

núcleos de máxima mar, si bien concuerdan, en general, en valor con los observados, aparecen trasladados de lugar, lo que, por otro lado, no tiene nada de sorprendente, por ir asociados a las posiciones de los frentes.

— Cuando el mapa previsto de superficie es bueno, y la circulación zonal, los resultados son muy satisfactorios. En caso de circulación meridiana, resultan más logradas las regiones del Atlántico oriental que las del occidental. Influye en esto, naturalmente, el mayor conocimiento de las condiciones de aquél, los fetchs, además, se pueden medir íntegramente, mientras que en el Atlántico occidental se salen en su mayor parte del mapa.

Teniendo en cuenta que las zonas de vigilancia meteorológica de España son las orientales atlánticas, es preferible este resultado al contrario.

Pero aún queda mucho por hacer y mucho que indagar. Estamos todavía en los comienzos de las modernas técnicas de predicción marítima dentro del Servicio Meteorológico Nacional.

Nota del Autor.—Al publicarse en 1972 cuanto antecede, debemos señalar que se han efectuado varios progresos en el campo meteorológico marítimo por la Sección de Meteorología Marítima, desde 1965. Ya no estamos en los comienzos. Citemos entre ellos que los mapas previstos de estado de la mar alcanzan ya las 30 horas de plazo, con resultados muy satisfactorios. Los mapas de tiempo real (actuales) se analizan y difunden dos veces al día (mapas de olas de 0600 z y 1200 z).

Por otro lado y, dada la importancia de la temperatura superficial del mar (más conocida universalmente por sus siglas sajonas SST de *sea surface temperature*) en la pesca, en la Marina de Guerra para el enmascaramiento o detección SONAR de los submarinos y desde el punto de vista de la predicción o plazo medio, en los intercambios de energía atmósfera-océano (hoy es inconcebible un modelo *realista* de aquella que no los tenga en cuenta), la Sección Marítima viene analizando y difundiendo vía fascimil, al igual que en los países marítimos más desarrollados, un mapa diario SST del Atlántico nororiental y Me-

diterráneo occidental, con isotermas trazadas de grado en grado. Tal programa comenzó a ponerse en práctica en Enero de 1971.

Y están proyectadas más mejoras, como por ejemplo el cálculo numérico del mapa de olas y el "routeing" de los navíos en sus derrotas transatlánticas. Pero nada podemos reseñar sobre ello, al no ser por ahora más que eso: proyectos para un futuro más o menos próximo.



SECRETARIA GENERAL TECNICA
SERVICIO DE PUBLICACIONES



SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SERVICIO DE PUBLICACIONES

I.S.B.N.: 84-505-0512-7
Depósito legal: M-35.806-1984
Imprime IMPADISA, S. A.

M
Z
A