

Informe preliminar del Análisis del Oleaje
del Temporal del 25 y 26 de Julio de 1979
en Valparaíso.

Alfonso C. Campusano Osoreo (*).

Rolando A. Kelly Jara (**).

RESUMEN

Durante los días 25 y 26 de Julio de 1979 se registró en Valparaíso el único temporal de importancia del invierno del año. Utilizando un Waverider (boya medidora de olas), compuesto fundamentalmente por un acelerómetro, dos integradores análogos y un transmisor, se realizó una medición continua del fenómeno. El presente informe compara los valores de los parámetros de altura de oleaje que se utilizan normalmente para definir un estado de mar, obtenidos por Hindcasting, con los obtenidos por el instrumento, resultando de ello una buena concordancia.

Se realiza una estimación preliminar del espectro de Fourier de la envolvente de las alturas de oleaje, cuyo resultado sugiere la existencia de cierto tipo de modulación que debería estudiarse con mayor profundidad.

(*) Oceanógrafo, Jefe Programa Olas, Instituto Hidrográfico de la Armada.

(**) Ingeniero Naval Oceanógrafo, (M. of Sc.) Jefe Depto. Oceanografía Instituto Hidrográfico de la Armada.

INTRODUCCION

La zona de Valparaíso tiene un régimen de oleaje determinado fundamentalmente por dos fenómenos; el primero de ellos es la presencia del centro de Altas Presiones Permanente del Pacífico Sur, causante de la predominancia de los vientos del SW, y en consecuencia, del oleaje local en similar dirección. El segundo factor de importancia es la presencia casi permanente de un swell (olas generadas no localmente), proveniente de WSW, originado en zonas tan lejanas como el sur de Australia (SILVESTER, 1974), estas olas formadas en el seno de las tormentas del cinturón de vientos que circundan el globo de oeste a este bajo la latitud 40° S, decaen al propagarse al este, aumentando su período y suavizándose su forma, aproximándose ésta a una sinusoidal. Estas olas constituyen el fondo permanente de energía de oleaje que afecta a la zona.

La situación descrita conforma el estado normal reinante durante el año, sin embargo, en invierno el desplazamiento del Centro de Alta Presión Permanente del Pacífico hacia el norte permite la intrusión ocasional de Centros de Bajas Presiones que, con sus vientos rotando en sentido horario provocan, antes del paso del centro mismo, fuertes vientos del NNE, característicos del frente, asociado al centro de baja presión. Estos vientos son los causantes de los fuertes temporales de invierno con vientos y olas de la dirección general norte.

MATERIALES Y METODOS

El Hindcasting se efectuó analizando las cartas sinópticas trazadas por el Servicio Meteorológico de la Armada, para los días 22 al 26 de Julio de 1979, las que se muestran en las figuras 3, 4, 5, 6 y 7. En estas figuras es posible apreciar que una familia de centros ciclónicos se acercó desde el oeste a Valparaíso con una fuerte componente meridional en la velocidad.

Basado en el método de Bretschneider (1971) se pudo de-

terminar que a partir de las 1300 horas del día 24 arribaron a Valparaíso las olas generadas el día anterior a una distancia de 170 millas náuticas hacia el noreste. La predicción indicó para esta hora un valor de $H_s = 1.74$ m y $T_s = 9.97$ seg, a las 1900 horas del mismo día la altura creció hasta $H_s = 2.17$ m con $T_s = 11.82$ seg, en la noche el oleaje amainó quedando presente sólo una agitación de período superior a 11.82 seg y alta energía que el día 25, al presentarse la situación meteorológica mostrada en la figura 6, crece hasta un $H_s = 4.07$ m y $T_s = 10.80$ seg, estado que se mantiene sin mayores variaciones por 26 horas.

La medición directa del oleaje se realizó con un Waverider, instrumento fabricado por la firma Datawell BV, Holanda, que consiste de un acelerómetro inercial de precisión anexo a un puente eléctrico de Wheastone, de manera que la señal de aceleración se transforma en una señal eléctrica análoga, una primera integración entrega la velocidad y una segunda, la elongación. Esta señal es transformada en una variación de frecuencia modulada con altura cero en 259 Hz y 1.86 Hz/m, la que es transmitida en 27,715 MHz hasta una estación receptora ubicada en tierra. Una vez decodificada la información, es transformada nuevamente en una señal de voltaje análoga a la elongación, e inscrita en papel. El instrumento tiene una precisión de $\pm 3\%$ para la altura, y un registro típico se muestra en la figura 2.

El Waverider se encuentra fondeado sobre el veril de 105 m, lo que asegura que las olas menores de 11.6 segundos de período se comportan como olas de agua profunda en el sitio en que son medidas, sin presentar variaciones por cambios de profundidad ni por efectos de refracción. El error cometido para períodos mayores de 15 segundos es inferior a 3%, estando dentro del rango de precisión del instrumento.

Para analizar la información se digitizaron las alturas frontales de las olas con un digitizador H. DEL FOSTER de precisión. Los datos se agruparon en juegos de 100 olas obteniéndose 7300 olas para el lapso comprendido entre las 1545 horas del día 24 y las 0945 horas

del día 25 de Julio.

A cada uno de los grupos de 100 olas se le calcularon los siguientes parámetros: H , S , $H\ 1/3$, $H\ 1/2$, $H\ 1/10$, H_{rms} y H_{max} , donde S es la duración standard, $H\ 1/3$ es la altura significativa definida como el tercio más alto de las olas, $H\ 1/2$ se define como la media de la mitad más alta de las olas y $H\ 1/10$ es la media del décimo más alto de las olas. H_{rms} es dado por la expresión $H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i^2}$ y H_{max} es la ola más alta de cada registro.

Los valores se encuentran tabulados en las tablas 1 a 4.

La observación visual del registro completo mostró una interesante variación relativamente regular en las alturas de las olas con respecto al transcurso del tiempo, lo que sugirió la idea de analizar espectralmente la envolvente de las olas, para ello se dibujó esta envolvente tal como se muestra en la figura 8, digitizándola cada 12 segundos, el registro así digitizado fué de 14 minutos 24 segundos; debido a restricciones del programa de computación utilizado para el análisis espectral.

RESULTADOS Y DISCUSION

De las 7300 olas del registro se obtuvo $\bar{T} = 8.63$ seg, el Hindcasting dió $T_s = 10.80$ seg, valores que se consideran adecuados ya que T_s debe ser mayor que \bar{T} .

De la comparación de los valores de alturas significativas obtenidas del Hindcasting y de la sección más alta del registro del temporal (H_s teórico = 4.07 m. y H_s medido = 3.94 m.), se puede observar que el error existente de 3.3% es prácticamente igual al error de precisión del equipo, lo que permite concluir que la relación puede calificarse de buena.

Siguiendo la idea de Wiegell y Kukk (1957), se calcularon los siguientes parámetros adimensionales:

$$\frac{H_{max}}{H\ 1/10}; \frac{H_{max}}{H\ 1/3}; \frac{H_{max}}{H_{med}}; \frac{H\ 1/10}{H\ 1/3}; \frac{H\ 1/10}{H_{med}} \text{ y } \frac{H\ 1/3}{H_{med}}$$

cuyos valores obtenidos de las tablas 1 a 4, se presentan en la tabla 5 junto con los calculados por diversos autores en distintas partes del mundo, para diversas longitudes de registro y diferentes instrumentos.

Un análisis comparativo de estos valores muestra buena concordancia, fundamentalmente entre los que no consideran H_{max} , lo que permite apreciar la bondad de los datos obtenidos con Waverider.

Los valores teóricos obtenidos, asumiendo una distribución Rayleigh, muestran buena concordancia en aquellos parámetros que no contienen H_{max} , pudiendo explicarse esto por la aleatoriedad del inicio y término de cada registro y por que la distribución Rayleigh, si bien es una buena aproximación, no describe en forma exacta el comportamiento de las alturas de oleaje.

Se aplicó un análisis de Fourier a la curva envolvente de la figura 8, con un intervalo muestral de 12 seg, obteniéndose los valores que se muestran en la tabla 6. La figura 9 muestra el espectro resultante, en el cual la componente N° 2 de frecuencia 0.00115 Hz es atribuible a aliasing debido a la longitud del registro. (El período asociado es muy similar a la longitud del registro).

La frecuencia de 0.00694 Hz, correspondiente a un período de 24 min, muestra una amplitud notoriamente mayor, que hace presumir que no existe una distribución al azar, sino que por el contrario, es posible la existencia de una forma de modulación variable en el tiempo, que podría deberse a la interacción entre la energía de baja frecuencia permanente, proveniente del swell regular con la agitación de menor período notada en olas de tormenta.

Suponiendo una superposición, para la envolvente de frecuencia de 0.00694 Hz y olas de frecuencia de 0.1 Hz, es posible determinar que las ondas originarias deberían ser de frecuencia

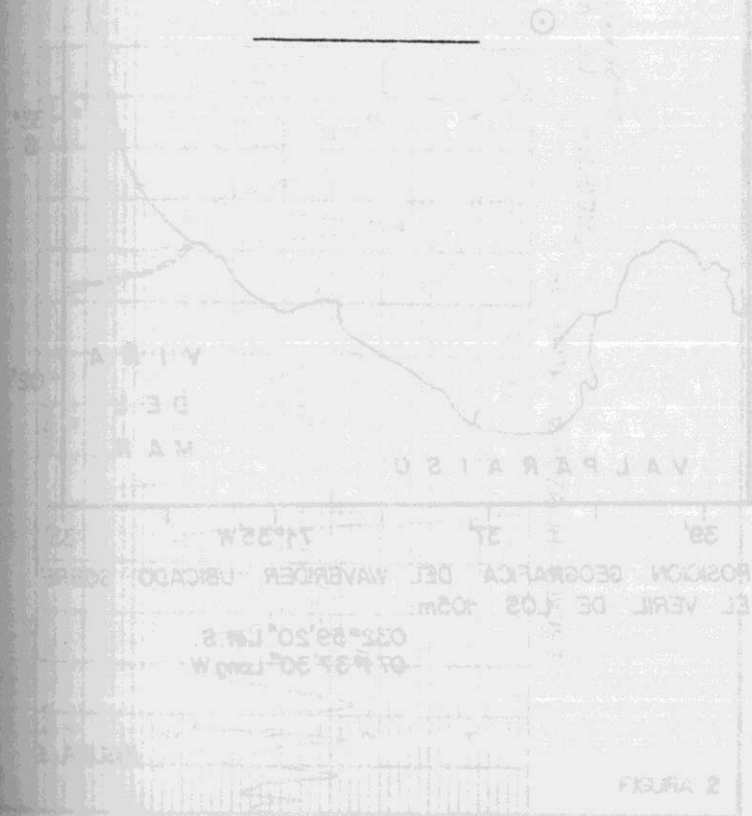
$f_1 = 0.10694 \text{ Hz}$ y $f_2 = 0.09306 \text{ Hz}$, equivalente a períodos de $T_1 = 9.35$ seg y $T_2 = 10.74$ seg. Podemos atribuir T_1 al período de las olas generadas localmente y T_2 a la agitación permanente de período ligeramente mayor, tal como se presentó el día 24 de Julio.

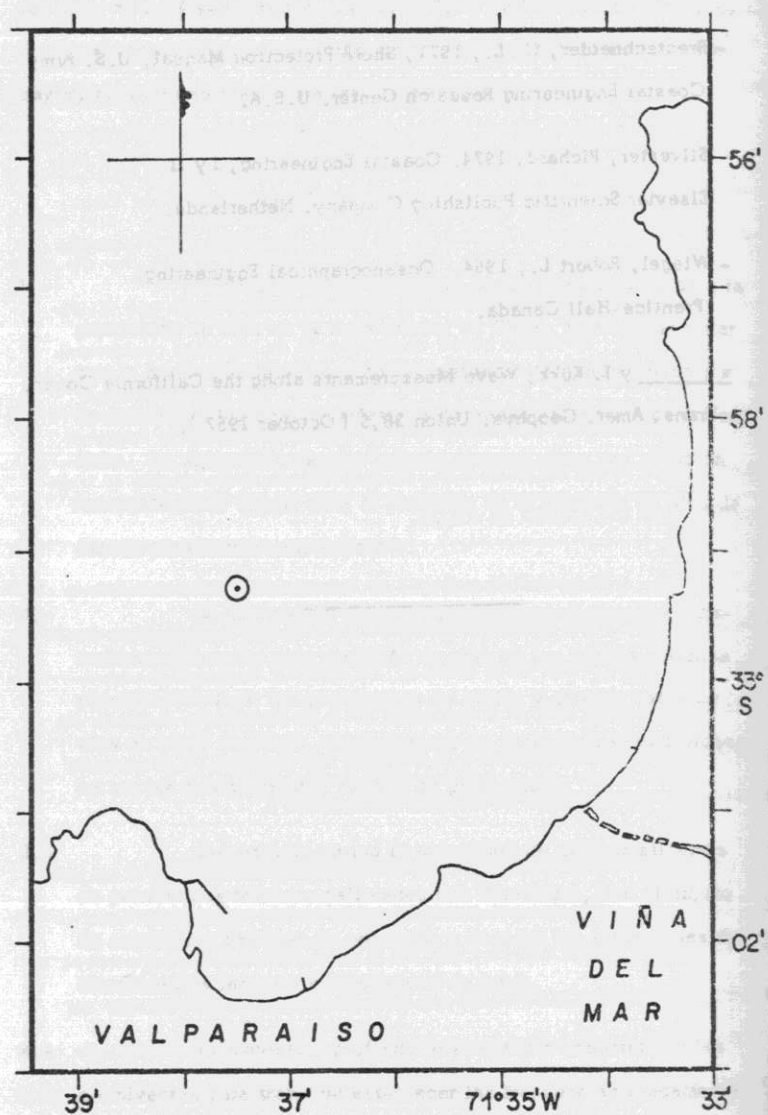
CONCLUSIONES

- 1.- El método de Bretschneider puede considerarse para la predicción de olas en la zona central de Chile, haciéndose notar que la bondad de la aplicación del método está condicionada por la calidad de las cartas sinópticas de trazado isobárico de superficie. La aplicación de este método aparece como una solución razonablemente simple para el problema de la elección de olas de diseño para estructuras costeras.
- 2.- La utilización del Waverider demostró que es el instrumento adecuado para medición de olas en las costas chilenas permitiendo afinar los pronósticos de oleaje y obtener datos de olas de agua profunda, única manera de estandarizar mediciones en costas con gradientes fuertes de profundidad.
- 3.- Del estudio emana la necesidad de utilizar sistemas de pronósticos teóricos calibrados con Waverider, con el objeto de establecer patrones de precisión y de pulir las situaciones de decaimientos largos y multiplicidad de fetch.
- 4.- Es necesario profundizar el estudio espectral de las envolventes para tratar de establecer las frecuencias fundamentales de las olas que interactúan en situaciones determinadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bretschneider, C. L., 1971, Shore Protection Manual, U.S. Army Coastal Engineering Research Center. U.S.A.
- Silvester, Richard, 1974. Coastal Engineering, I y II Elsevier Scientific Publishing Company. Netherlands.
- Wiegel, Robert L., 1964. Oceanographical Engineering. Prentice-Hall Canada.
- _____ y J. Kukk, Wave Measurements along the California Coast, Trans. Amer. Geophys. Union 38,5 (October 1957).





POSICION GEOGRAFICA DEL WAVERIDER UBICADO SOBRE
EL VERIL DE LOS 105m:

032° 59' 20" Lat. S.
071° 37' 30" Long. W.

FIGURA 1

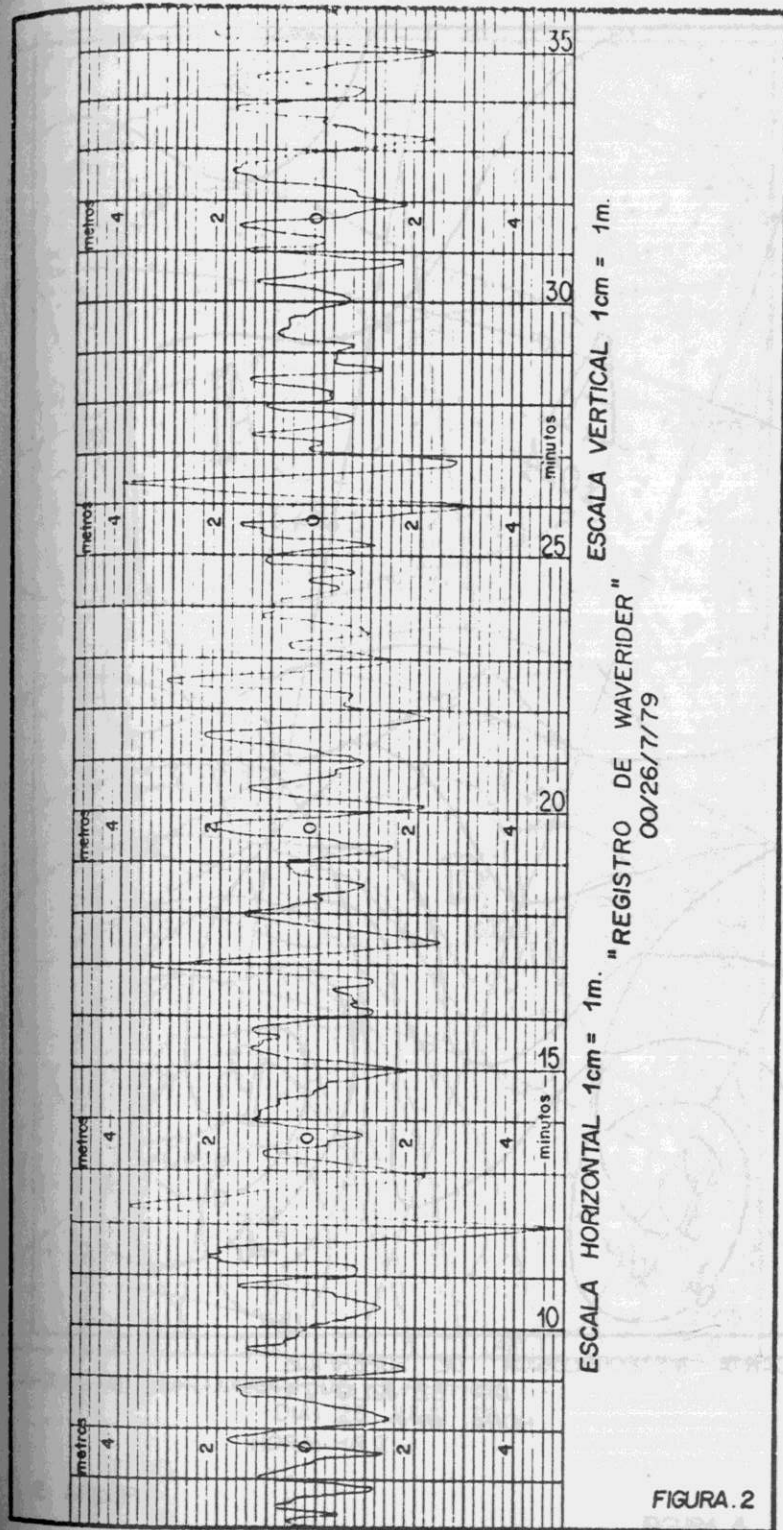
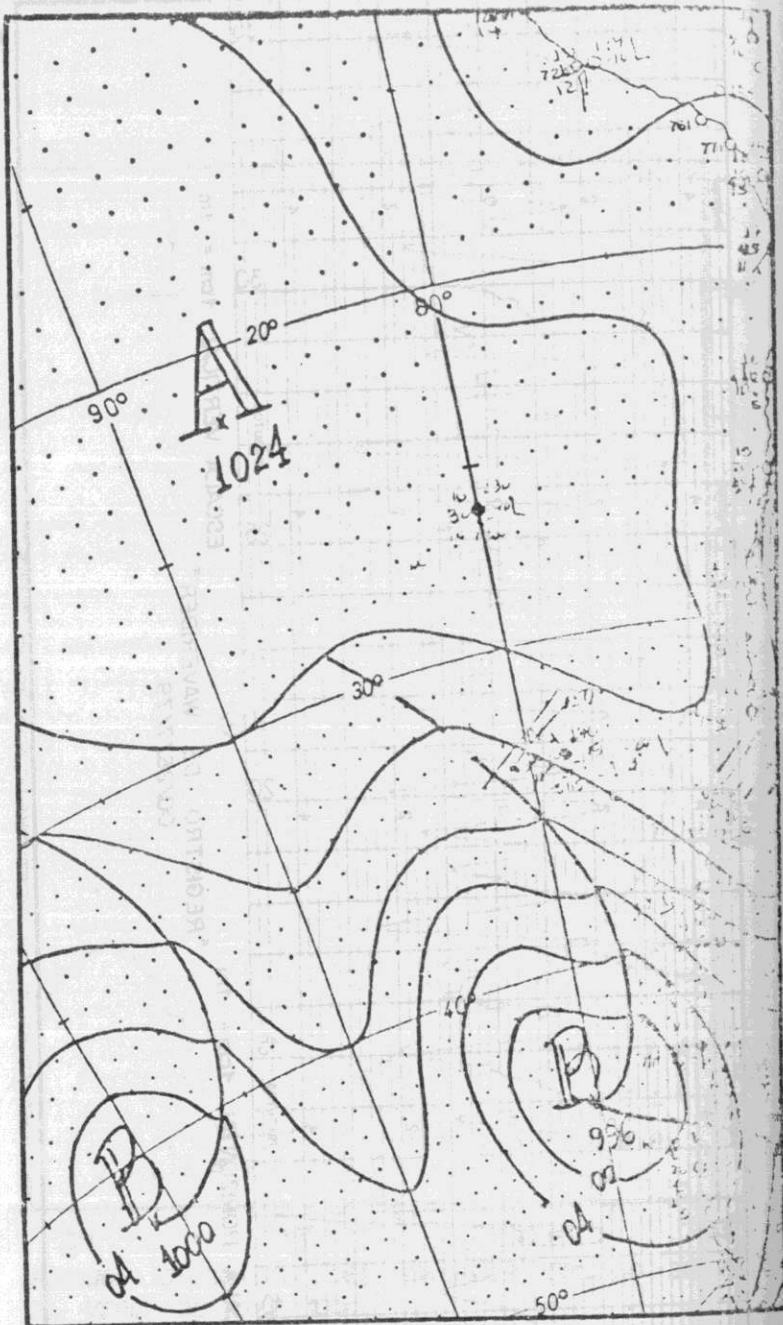
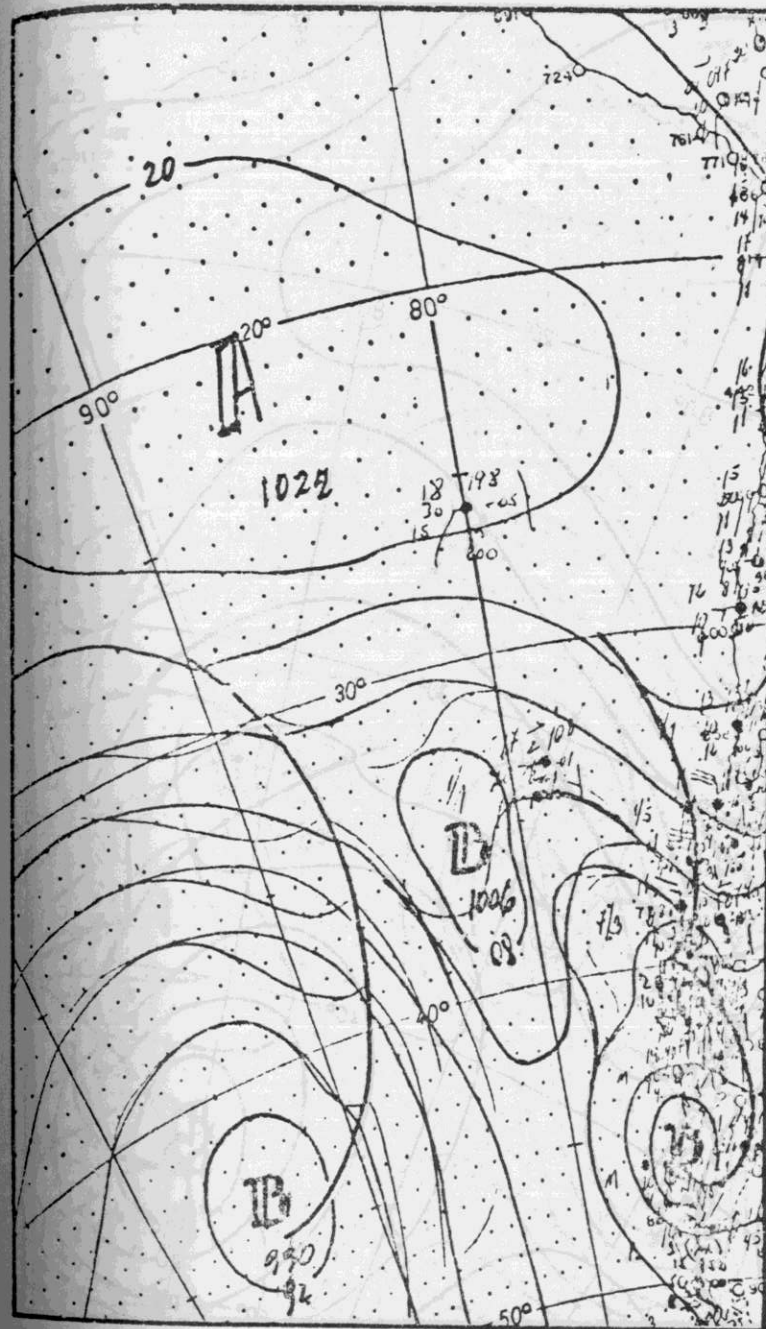


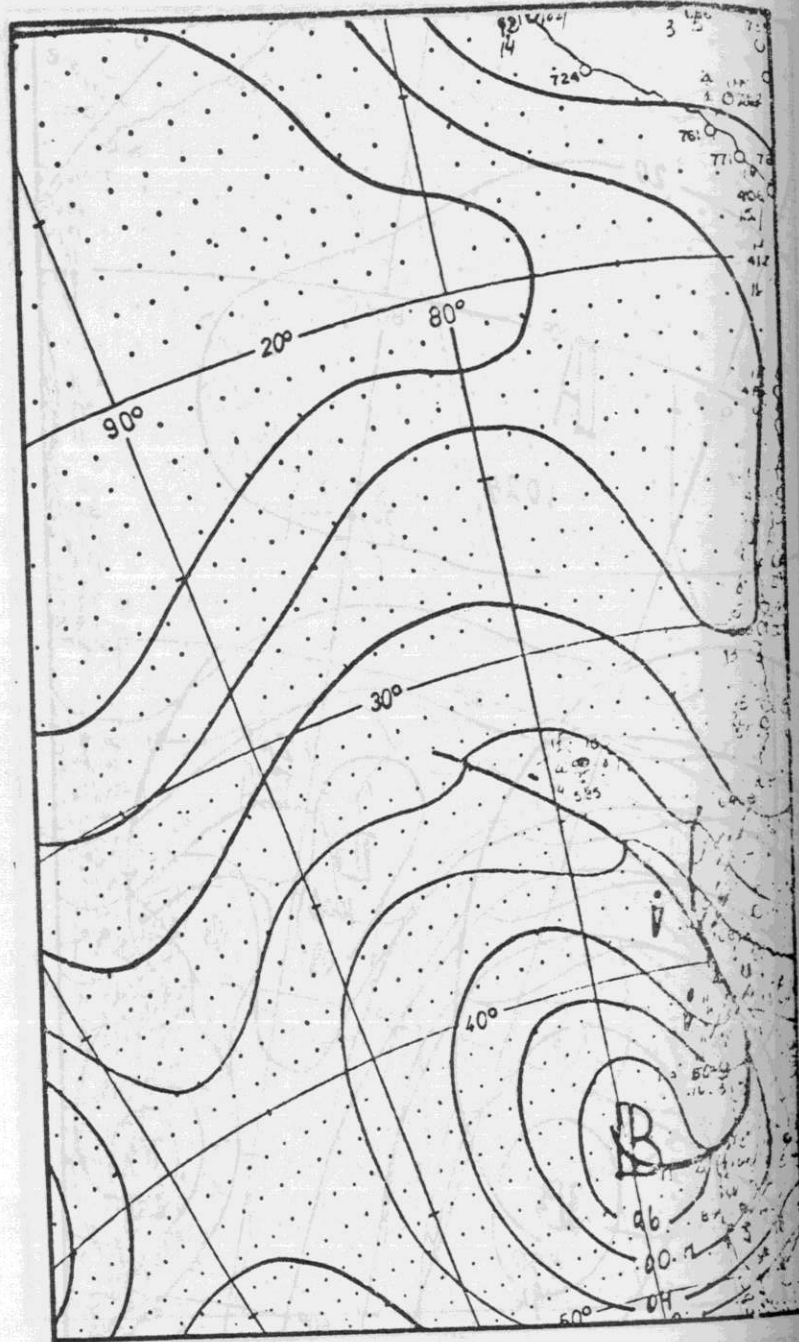
FIGURA 2



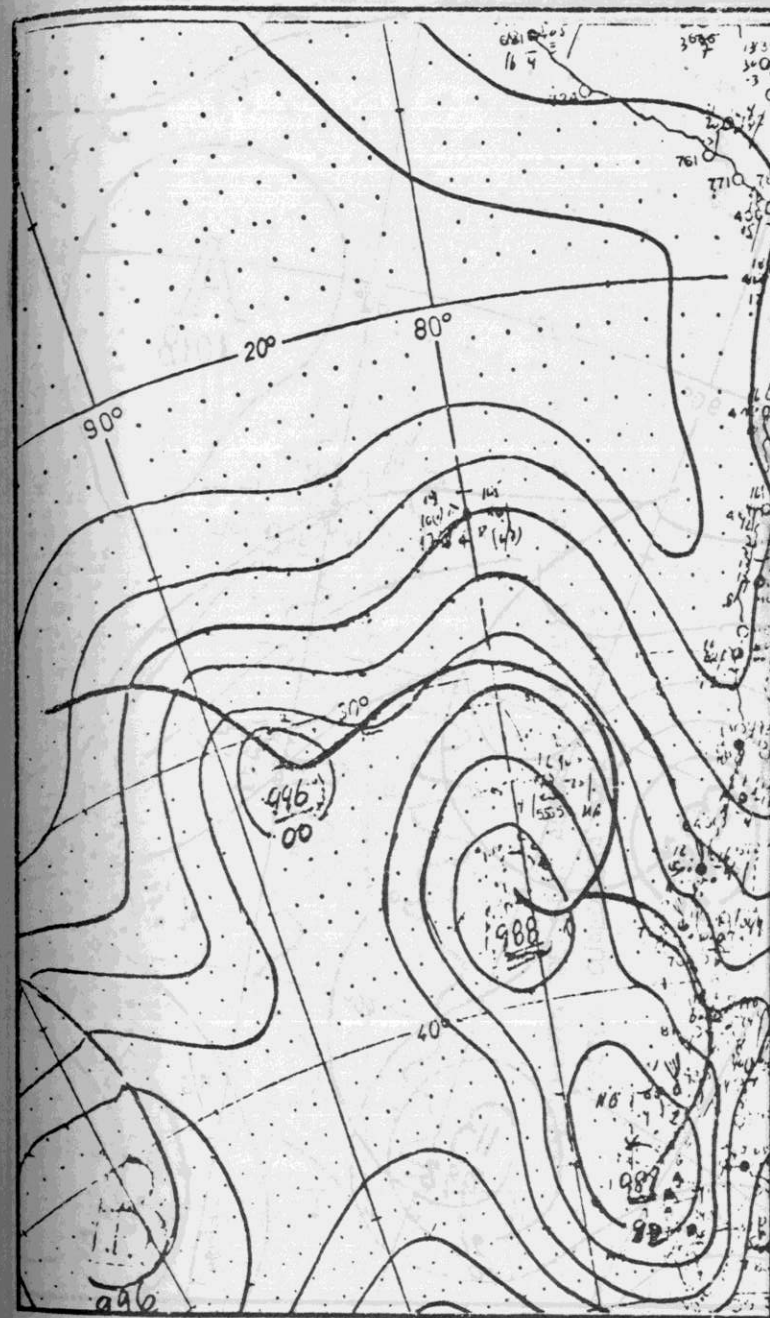
CARTA METEOROLOGICA DE SUPERFICIE.
DIA: 22 JULIO 79.
HORA: 18 Z.



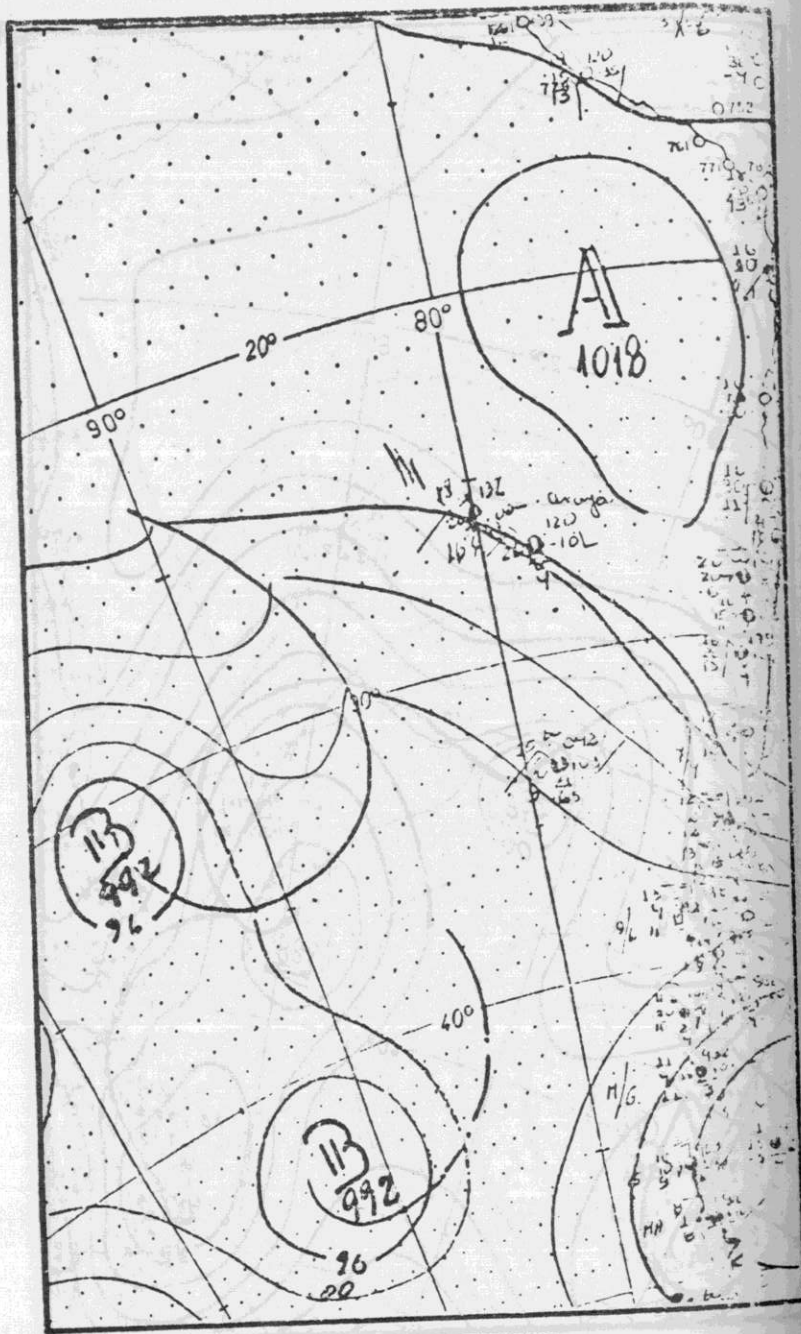
CARTA METEOROLOGICA DE SUPERFICIE.
DIA: 23 JULIO 79.
HORA: 18 Z.



CARTA METEOROLOGICA DE SUPERFICIE.
DIA: 24 JULIO 79.
HORA: 18 Z

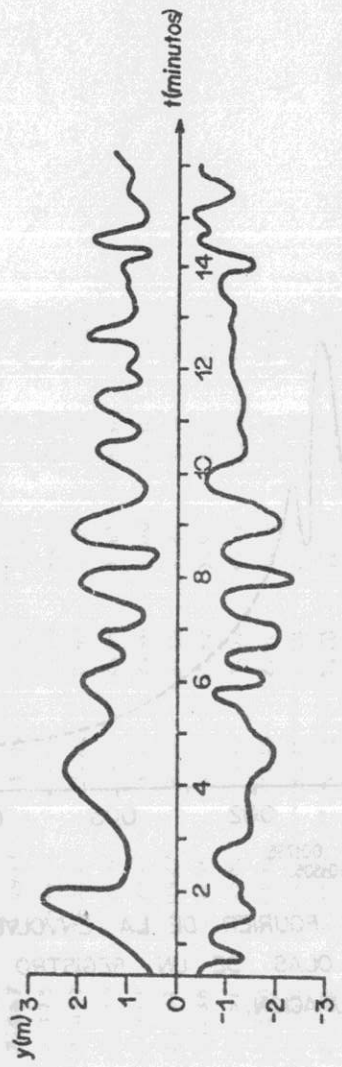


CARTA METEOROLOGICA DE SUPERFICIE.
DIA: 25 JULIO 79.
HORA: 18 Z



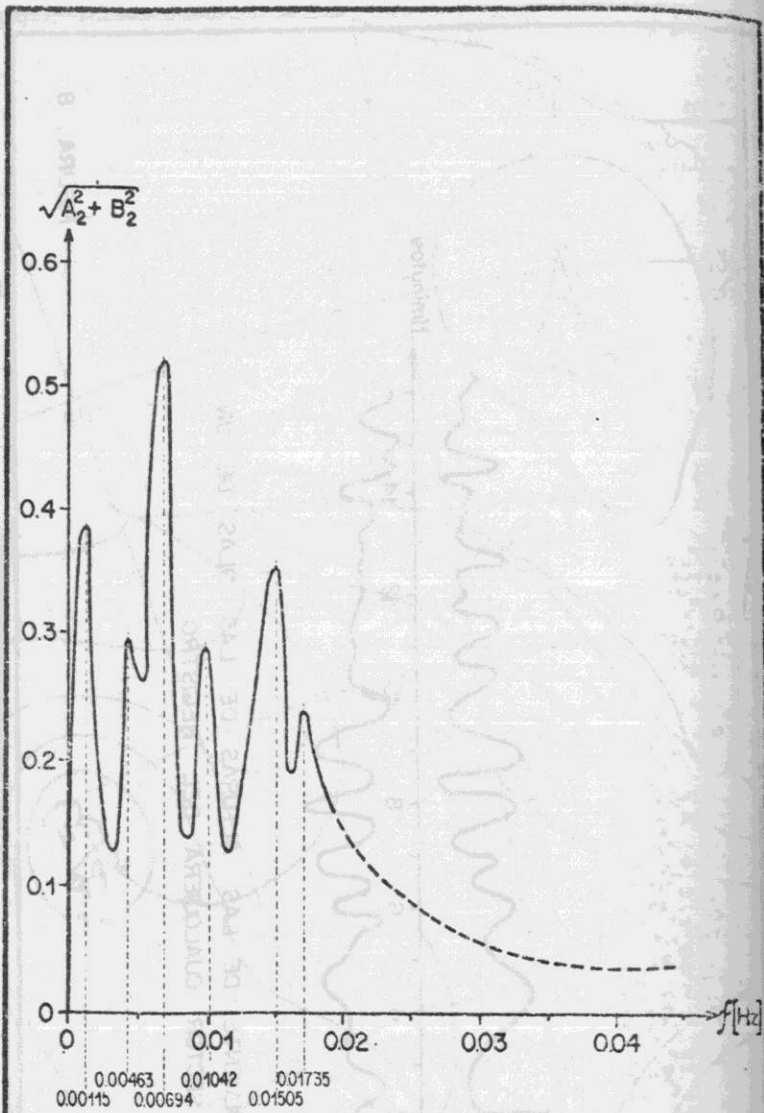
CARTA METEOROLOGICA DE SUPERFICIE.
 DIA: 26 JULIO 79.
 HORA: 18 Z.

FIGURA 7



ENVOLVENTE DE LAS ALTURAS DE LAS OLAS DE UN
 SECTOR CUALQUIERA DEL REGISTRO.

FIGURA 8



ESPECTRO DE FOURIER DE LA ENVOLVENTE DE LAS ALTURAS DE OLAS DE UN REGISTRO DE 14.4 MINUTOS DE DURACION.

FIGURA. 9

TABLA. 1

VALORES ESTADISTICOS DE ALTURAS DE OLAS VALPARAISO JULIO DE 1979. OBSERVACIONES

N.ORD	H.MED	DLS.STU	HI/3	HI/2	HI/10	HRMS	HMAX
1	1.954	0.9032	2.57	2.56	3.70	2.15	4.62
2	2.096	0.9876	3.24	2.89	4.03	2.32	4.45
3	2.038	0.9144	3.09	2.79	3.62	2.23	4.26
4	2.067	0.8987	3.09	2.82	3.63	2.25	4.12
5	2.175	1.0714	3.44	3.03	4.33	2.42	4.93
6	2.077	1.0130	3.22	2.82	4.36	2.31	5.18
7	2.115	0.9152	3.12	2.84	3.85	2.30	4.43
8	2.211	0.9382	3.30	2.96	4.00	2.40	4.80
9	2.291	1.0927	3.56	3.19	4.22	2.54	5.30
10	2.036	0.9846	3.19	2.82	3.93	2.26	5.03
11	2.181	1.0500	3.40	3.02	4.21	2.42	5.00
12	2.110	1.0690	3.35	2.96	4.28	2.36	5.10
13	2.190	1.0459	3.36	3.04	4.10	2.43	5.00
14	2.285	1.0102	3.41	3.10	4.26	2.50	5.00
15	2.262	1.2014	3.67	3.28	4.40	2.56	4.95
16	2.410	1.1465	3.73	3.36	4.51	2.67	5.05
17	2.460	1.0527	3.63	3.31	4.33	2.67	6.30
18	2.687	1.1161	3.93	3.58	4.72	2.91	5.55
19	2.549	1.1918	3.91	3.49	4.84	2.81	6.15
20	2.517	1.2144	3.91	3.52	4.66	2.79	5.95

VALORES ESTADÍSTICOS DE ALTURAS DE OLAS VALPARAISO JULIO DE 1979.
OBSERVACIONES

N.º ORD	H. MED	DES. STD	H1/3	H1/2	H1/10	HRMS	HMAX
21	2.458	1.1984	3.92	3.40	4.73	2.77	5.22
22	2.572	1.1505	3.67	3.34	4.40	2.63	4.89
23	2.422	1.0757	3.69	3.29	4.56	2.65	5.20
24	2.472	1.2620	3.90	3.43	5.14	2.77	6.86
25	2.374	1.2284	3.77	3.31	4.51	2.67	6.09
26	2.512	1.2025	3.87	3.40	4.52	2.75	6.15
27	2.576	1.0110	3.72	3.41	4.42	2.77	5.40
28	2.529	1.2002	3.68	3.47	4.53	2.80	6.17
29	2.533	1.0717	3.75	3.34	4.55	2.75	5.22
30	2.521	1.2010	3.80	3.42	4.67	2.74	7.50
31	2.586	1.1441	3.64	3.44	4.70	2.63	5.65
32	2.606	1.2720	4.04	3.62	5.17	2.90	6.72
33	2.540	1.3157	4.01	3.54	5.20	2.66	6.57
34	2.492	1.2541	3.95	3.44	4.67	2.74	6.47
35	2.615	1.1423	3.84	3.54	4.76	2.85	5.60
36	2.816	1.3182	4.36	3.84	5.26	3.11	6.10
37	2.603	1.2930	4.03	3.60	5.21	2.90	6.65
38	2.577	1.3066	4.11	3.68	5.00	2.84	6.10
39	3.086	1.3635	4.66	4.15	5.74	3.37	7.00
40	2.523	1.2769	3.97	3.55	4.83	2.82	7.21

TABLA. 2

VALORES ESTADÍSTICOS DE ALTURAS DE OLAS VALPARAISO JULIO DE 1979.
OBSERVACIONES

N.º ORD	H. MED	DES. STD	H1/3	H1/2	H1/10	HRMS	HMAX
41	2.526	1.3441	4.14	3.66	5.13	2.86	6.26
42	2.542	1.3115	4.04	3.61	4.93	2.86	5.70
43	2.932	1.4682	4.58	4.08	5.74	3.28	7.20
44	2.808	1.4833	4.52	4.06	5.47	3.23	7.84
45	2.723	1.5513	4.45	3.90	5.56	3.13	6.20
46	2.841	1.5396	4.61	4.10	5.72	3.23	6.81
47	2.499	1.1850	3.87	3.44	4.72	2.76	6.54
48	2.474	1.1636	3.78	3.42	4.81	2.73	5.95
49	2.803	1.3637	4.43	3.54	5.33	3.11	6.30
50	2.723	1.3719	4.31	3.61	5.47	3.05	6.72
51	3.213	1.5074	4.87	4.42	5.54	3.55	7.12
52	2.744	1.4720	4.50	3.57	5.54	3.11	7.12
53	2.768	1.4326	4.38	3.55	5.44	3.13	6.00
54	2.565	1.2573	4.01	3.54	4.57	2.65	5.75
55	2.821	1.3485	4.35	3.55	5.23	3.12	6.18
56	2.434	1.4468	4.54	4.04	5.05	3.27	5.01
57	2.722	1.2357	4.13	3.74	4.50	2.94	5.41
58	2.729	1.4548	4.33	3.54	5.25	3.08	6.17
59	2.727	1.4579	4.41	3.50	5.52	3.04	5.90
60	2.502	1.2631	3.92	3.50	4.93	2.80	5.92

TABLA. 3

JULIO DE 1979.
OBSERVACIONES

VALORES ESTADÍSTICOS DE ALTURAS DL OLAS VALPARAISO

N.ORD	H. MED	DES. STU	H1/3	H1/2	H1/10	HRMS	HMAX
61	2.732	1.4224	4.34	3.86	5.37	3.06	7.00
62	2.779	1.4488	4.42	4.02	5.24	3.13	6.00
63	2.815	1.4299	4.49	4.00	5.42	3.15	6.02
64	2.555	1.3840	4.18	3.69	5.06	2.90	5.60
65	3.166	1.3355	4.63	4.24	5.52	3.43	6.50
66	2.472	1.2311	3.79	3.39	4.57	2.76	7.55
67	2.573	1.3107	4.06	3.56	5.18	2.86	7.61
68	2.419	1.0933	3.59	3.30	4.35	2.65	5.30
69	2.905	1.3297	4.44	3.98	5.41	3.19	5.97
70	2.360	1.1727	3.74	3.35	4.41	2.63	5.49
71	2.584	1.2130	4.00	3.56	4.89	2.85	6.24
72	2.610	1.4224	4.26	3.75	5.46	2.97	6.58
73	2.395	1.0634	3.62	3.24	4.51	2.62	5.26

TABLA. 4

RAZONES ESTADÍSTICAS SEGUN WIEGEL Y KUKK (1957) Y RAZONES MEDIDAS EN VALPARAISO

LUGAR Y TIPO DE INSTRUMENTO	$\frac{HMAX}{H/10}$	$\frac{HMAX}{H/3}$	$\frac{HMAX}{H/2}$	$\frac{HMAX}{H/10}$	$\frac{H1/10}{H/3}$	$\frac{H1/10}{Hmed}$	$\frac{H1/2}{HMED}$	AUTOR(ES)
DAVENPORT, CALIF. REG. DE SUP.		1.40	1.90		1.19	1.61	1.37	WIEGEL Y KUKK, 1957
DAVENPORT, CALIF. REG. DE PRESION		1.64	2.64		1.32	2.09	1.48	ID.
ATLANTICO NORTE			2.40				1.60	DARLINGTON, 1954
ARGUELLO, CALIF. REG. DE PRESION	1.42	1.85			1.30			WIEGEL, 1949
SUR. CALIF. REG. DE FELSICH	1.46	1.85			1.27			ID.
HEGETA HEAD, OREGON, REG. DE PR.	1.47	1.91			1.30			ID.
GREYMOUTH, N. Z., REG. DE PRESION					1.24	1.94	1.58	WATTERS, 1953
LONG BRANCH, N.J.	1.29	1.93					1.61	FARMER, 1956
VALPARAISO, CHILE. WAVERIDER	1.24	1.54	2.39		1.21	1.96	1.55	CAMPUSANO Y KELLY, 1979
	0.10	0.16	0.26		0.05	0.38	0.05	
TEORICO, SEGUN DIST. RAYLEIGH		1.36	2.17		1.27	2.03	1.60	

s = DESVIACION STANDARD DE LAS 73 RAZONES, SIENDO EL VALOR INDICADO EL PROMEDIO DE LAS RAZONES.

TABLA 5

