

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Estimacion de los valores de retorno de la altura de ola en la
Provincia de Buenos Aires, Argentina**

Fernando Caviglia, Jorge Pousa

Pesquisas em Geociências, 24 (1/2): 13-24, maio/ago., 1997.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21178>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 1997.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Estimación de los valores de retorno de la altura de ola en la Provincia de Buenos Aires, Argentina

FERNANDO J. CAVIGLIA¹ & JORGE L. POUSA²

¹Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

²CONICET, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Casilla de Correo 45 (1900) La Plata, Argentina.

(Recebido em 09/96. Aceito para publicação em 06/97)

Abstract - The wave height recorded at 8 stations along the oceanic coast of the Province of Buenos Aires, Argentina, was analysed to estimate the 50-year return value of wave height at each station. The probability distributions of wave height for the measurements made at Mar de Ajó (1976/85), punta Médanos (northern and southern waveriders, 1981/84), Pinamar (1976/91), Mar del Plata (1968/69), Puerto Quequén (1975/76), Pehuen-Có (1986/88) and El Cóndor (1988) summer resort were tested with the theoretical distributions of Rayleigh, Weibull and Fisher-Tippett I. Excluding Mar de Ajó and El Cóndor, the best fit was obtained with the Fisher-Tippett probability density function. The method of Battjes for estimating the return values of wave height was applied and the resulting 50-year return values were 2.80; 6.90; 7.90; 7.20; 7.21; 8.20; 4.30, and 2.84 m for Mar de Ajó, punta Médanos (northern waverider), punta Médanos (southern waverider), Pinamar, Mar del Plata, Puerto Quequén, Pehuen-Có and El Cóndor, respectively. Lastly, the standard method of extreme values was used to analyse 10 and 16 annual wave height maxima from Mar de Ajó and Pinamar, respectively. The 50-year return values were found to be 2.30 m for Mar de Ajó and 7.20 m for Pinamar.

Keywords: wave height, oceanography, Buenos Aires

INTRODUCCION

Es ampliamente reconocido que para desarrollar un proyecto de manejo costero y de diseño de estructuras costeras es vital considerar los diferentes aspectos que permiten caracterizar el régimen de olas prevaeciente en la región de interés. Un paso importante hacia esa caracterización consiste en determinar el tipo de distribución de probabilidades que representa mejor el régimen de olas de cada lugar para el que exista una adecuada información de base, y a partir de allí calcular la denominada ola de diseño. En ese sentido, este trabajo apunta a concretar ambos objetivos para un grupo de localidades ubicadas a lo largo de la costa marítima de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Fig. 1).

La selección y ajuste de la función densidad de probabilidad a las alturas de ola carece de evidencia física, teórica o empírica (Carter y Challenor, 1980). El procedimiento utilizado comúnmente es probar varios tipos de distribuciones, seleccionar la que mejor se ajusta a los datos e inferir de ella, por extrapolación, la correspondiente altura de diseño para un período de retorno de N años. La altura de ola con un período de retorno de N años es un valor estadístico que se utiliza frecuentemente para evaluar cuán riguroso es el régimen de olas de un lugar, y se define como la altura que es igualada o excedida, en promedio, al menos una vez en N años. Dado que, por lo general, en la actualidad se considera que la vida útil de una estructura costera no es más de 50 años, N normalmente se toma igual a 50.

En un trabajo sobre la ocurrencia de valores máximos del nivel del mar en cuatro puertos situados en el Bristol Channel, Inglaterra, con registros de entre 30 y 59 años, Blackman (1985) recomienda no extrapolar más allá de cuatro veces la longitud del registro. Normalmente, la altura de ola con un período de retorno de 50 años se tiene que estimar a partir de un año de registro.

En este trabajo se probó el ajuste de las funciones de distribución de probabilidades teóricas de Rayleigh, Weibull y Fisher-Tippett I a las alturas de ola medidas en varias localidades de la costa de la Provincia de Buenos Aires, y se calculó la ola de diseño con un período de retorno de 50 años utilizando el método de Battjes (1970) conjuntamente con la distribución que mejor se adaptaba a los datos disponibles. Estas distribuciones son las que frecuentemente se utilizan en la ingeniería de costas, y en la mayoría de los casos tienden a describir en forma adecuada los datos (Sahul Hameed & Baba, 1985; Wylan & Thornton, 1991).

En aquellos casos en los que la información disponible abarcaba varios años de mediciones se utilizaron las máximas anuales de altura de ola y la teoría de extremos (Gumbel, 1958) para calcular la ola de diseño y compararla con la obtenida con el método de Battjes.

AREA DE ESTUDIO Y DATOS DE CAMPO

El litoral marítimo de la Provincia de Buenos Aires se extiende desde punta Rasa, en el extremo norte del cabo San Antonio, hasta la desembocadura del río Negro, con

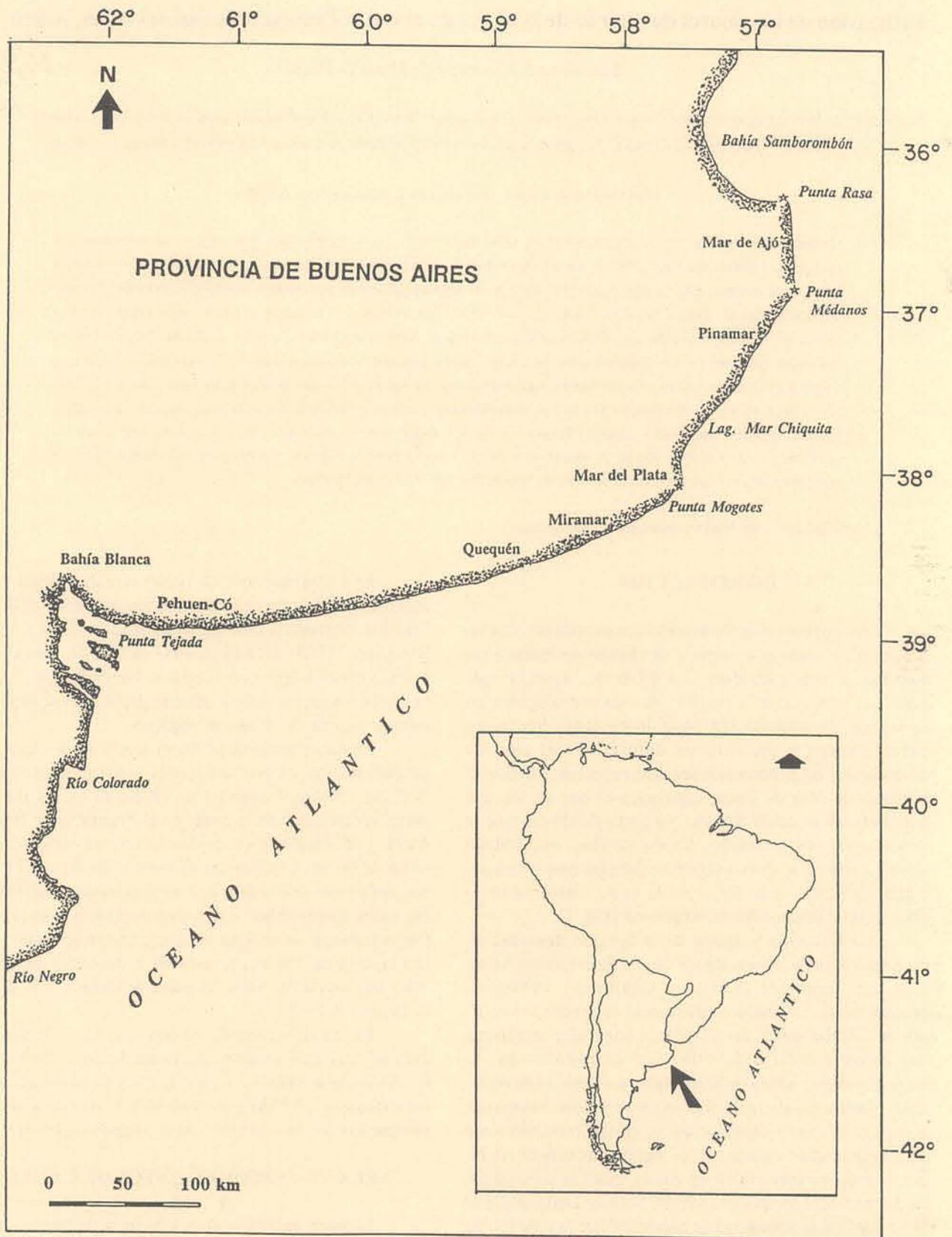


Figura 1 - Area estudiada.

una longitud aproximada de 1280 km (Fig. 1). En general, la llanura pampeana exhibe una costa baja y medanosa, aunque existen también algunos sectores de carácter rocoso y con barrancas como Mar del Plata y sus vecindades.

Los datos de olas disponibles de la costa bonaerense provienen de mediciones directas con olígrafos de presión, ultrasónicos y con acelerómetro, y de observaciones visuales obtenidas aplicando el procedimiento recomendado por el programa Littoral Environment Observation (LEO) (Schneider, 1981). Los periodos durante los que se hicieron las observaciones visuales fueron lo suficientemente prolongados como para que tales observaciones resultaran estadísticamente confiables (Smith & Wagner, 1991). Además, son mucho menos costosas que las mediciones directas. Existen, sin embargo, trechos importantes de la costa bonaerense que carecen totalmente de información sobre el oleaje predominante.

Específicamente, este trabajo se circunscribe al análisis de los datos de olas de Mar de Ajó, punta Médanos, Pinamar, Mar del Plata, Puerto Quequén, Pehuen-Có y el balneario El Cóndor (boca del río Negro) (Fig. 1).

La información proveniente de Mar de Ajó (SHN, 1995), Pinamar (SHN, 1995), Pehuen-Có (Caló *et al.*, 1995) y el balneario El Cóndor (SHN, 1995) consiste de observaciones visuales efectuadas durante lapsos de 10 años (1976/85), 16 años (1976/91), 1,5 años (1986/88) y 6 meses (1988), respectivamente. En estos casos, la altura de ola se obtenía a la décima de metro, y el período cronometrando el pasaje de 11 crestas consecutivas (10 olas) y dividiendo por 10. Las observaciones se realizaban dos veces al día con un intervalo de aproximadamente 12 horas.

Los datos de olas de punta Médanos (SHN, 1995) abarcan 4 años (1981/84), y proceden de dos olígrafos con acelerómetro Waverider serie 6000 de Datawell, fondeados en la isobata de 10 metros y distantes 4 millas entre sí. Ambos olígrafos tomaban registros de 20 minutos de duración 3 veces al día, de los cuales se extraían la altura significativa de la ola, H_s , y el período de cruce de cero, T_z .

Las mediciones en Mar del Plata (Sunrise Technical Consultants, 1968) comprenden un año (1968/69) y fueron realizadas por un olígrafo de presión. El instrumento estaba fondeado en la isobata de 11 m, próximo a la entrada al puerto. Las mediciones se realizaban 6 veces al día en registros de 20 minutos de duración. De ellos se obtenían la altura y el período significativos; este último se transformó a período de cruce de cero con la relación $T_z = 0.77 T_s + 1.92$ (Dattatri & Renukaradhya, 1971).

Las características del oleaje en Puerto Quequén (UNLP, 1995) se obtuvieron a partir de un año de mediciones (1975/76) con un olígrafo ultrasónico USW-132. El instrumento estaba fondeado en las cercanías del puerto y realizaba mediciones 3 veces al día en registros de 20 minutos cada uno, lo que permitía conocer la altura significativa y el período de cruce de cero.

De acuerdo con los trabajos de Walton & Bruno (1989) y de Smith & Wagner (1991), parece razonable suponer que, para propósitos comparativos, la altura de ola observada visualmente es aproximadamente equivalente a la altura significativa, aunque en la realidad no sea éste necesariamente el caso. Por ejemplo, Smith & Wagner (1991) citan dos conjuntos comparativos de alturas de ola LEO, tomados del trabajo de Schneider & Weggel (1980), que ubican a aquéllas con diferencias que están dentro del orden del 30 % respecto de la altura significativa medida. Con relación a los periodos, tanto Schneider & Weggel (1980) como Smith & Wagner (1991) han comprobado que los periodos observados sobreestiman el valor del período medido. Dichos autores señalan que esta diferencia parece deberse a la dificultad que el observador puede tener para cronometrar el pasaje de las olas más pequeñas. En adelante, y también con propósitos comparativos, se supondrá que el período observado visualmente se puede asociar al período medido.

DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

La función de distribución de probabilidad acumulativa $P(H)$ es el porcentaje de olas que tienen una altura igual o menor que H , siendo esta última una altura de ola en particular (Dean & Dalrymple, 1984; Sorensen, 1993). La correspondiente función densidad de probabilidad será $p(H) = dP(H)/dH$. En la Tabla 1 se presentan las distribuciones de probabilidad acumulativa utilizadas en este trabajo.

El ajuste de las funciones densidad de probabilidad con los histogramas se realizó minimizando el error ϵ , definido como

$$\epsilon = \frac{1}{M} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M (P(H)_{obs} - P(H)_{cal})^2}{P(H)_{obs}}} \quad (1)$$

donde $P(H)_{obs}$ es la frecuencia de ocurrencia dada por el histograma, $P(H)_{cal}$ es la calculada con las funciones de Fisher-Tippett I, Weibull o Rayleigh, $\overline{P(H)_{obs}}$ el valor medio de las frecuencias de ocurrencias dadas por el histograma, y M el número de intervalos de clase.

Tabla 1 - Descripción de las funciones de distribución de probabilidad utilizadas en este trabajo.

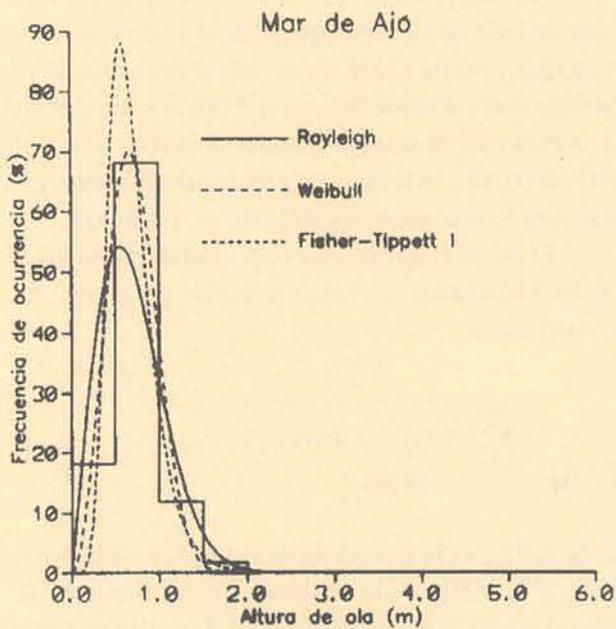
Distribución	$Prob(H(t) \leq H)$	Media	Varianza
Fisher-Tippett I	$\exp\{-\exp[-(H-a)/\beta]\}$	$a + \gamma\beta$	$\beta^2 \pi^2 / 6$
Weibull	$1 - \exp[-(H/a)^\beta]$	$a \Gamma(\beta^{-1} + 1)$	$a^2 [\Gamma(2\beta^{-1} + 1) - \Gamma^2(\beta^{-1} + 1)]$
Rayleigh	$1 - \exp[-(H/a)^2]$	$\pi^{1/2} a / 2$	$a^2 (1 - \pi/4)$

Notas:

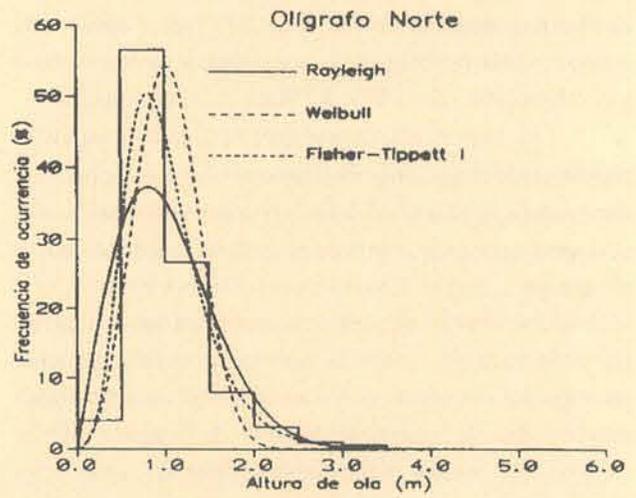
$$\gamma = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n} - \ln n \right) \approx 0,5772$$

$$\Gamma(\beta) = \int_0^\infty x^{\beta-1} e^{-x} dx$$

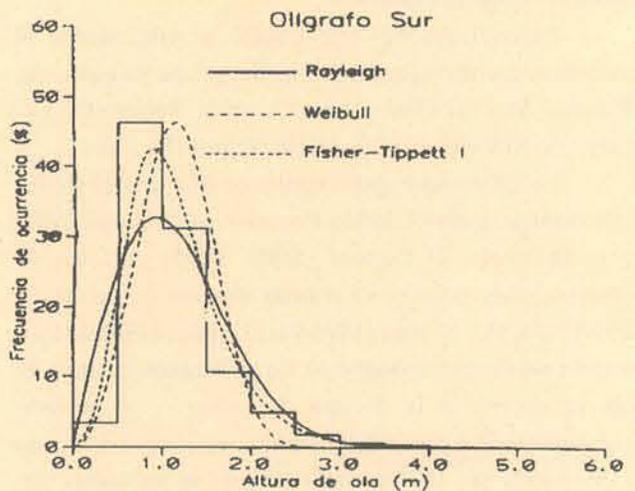
Para cada lugar en particular se realizaron los histogramas de frecuencia de ocurrencia con el total de datos utilizando un intervalo de clase de 0,5 m, excepto para Pehuen-Có donde dicho intervalo fue de 0,3 m. En las Figuras 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g y 2h se presentan los histogramas y las funciones densidad de probabilidad de Fisher-Tippett I, Weibull y Rayleigh para Mar de Ajó, punta Médanos (olígrafo norte, localizado en los 36° 56' 01" de Lat. S y los 56° 39' 47" de Long. W), punta Médanos (olígrafo sur, localizado en los 37° 00' 21" de Lat. S y los 56° 39' 47" de Long. W), Pinamar, Mar del Plata, Puerto Quequén, Pehuen-Có y el balneario El Cóndor, respectivamente.



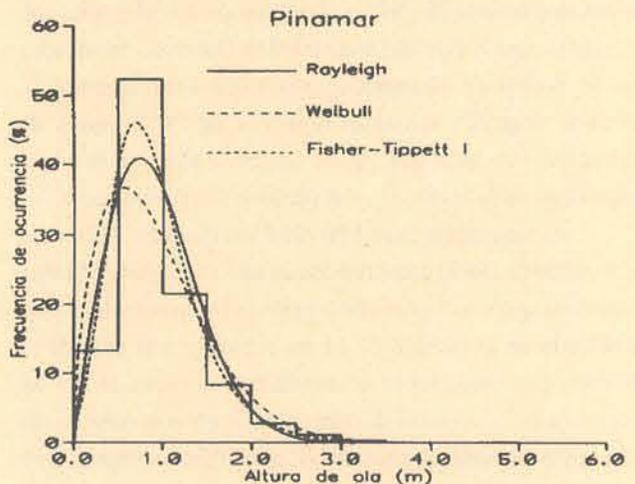
(a)



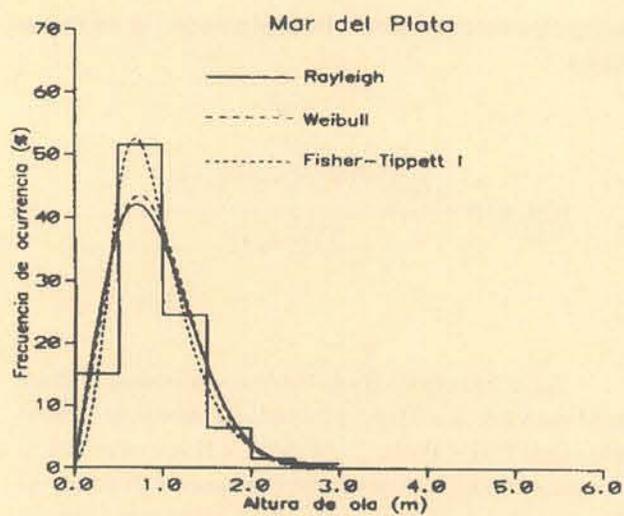
(b)



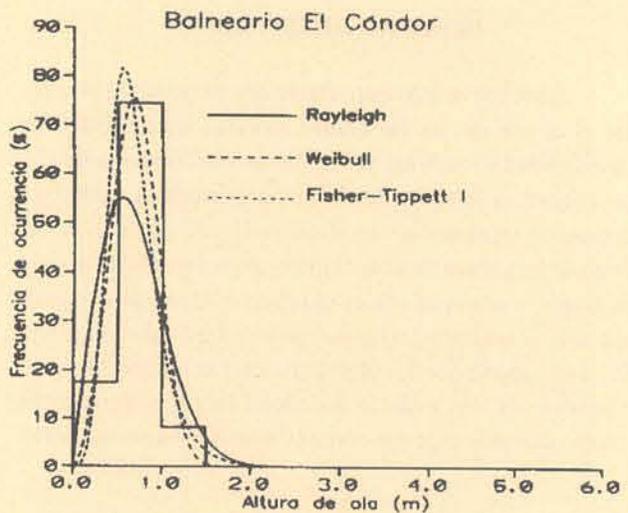
(c)



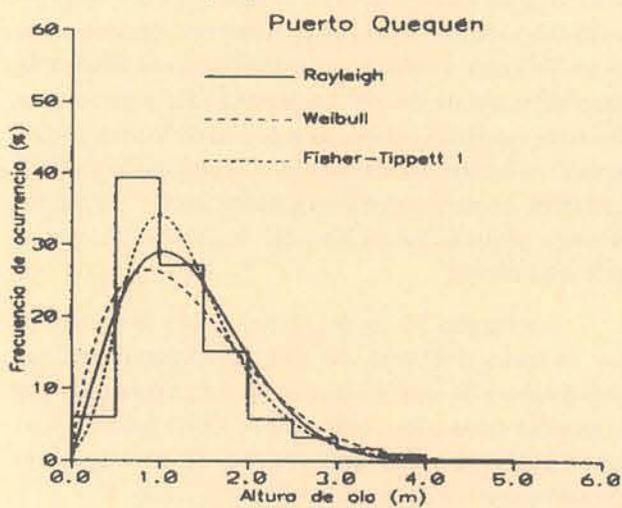
(d)



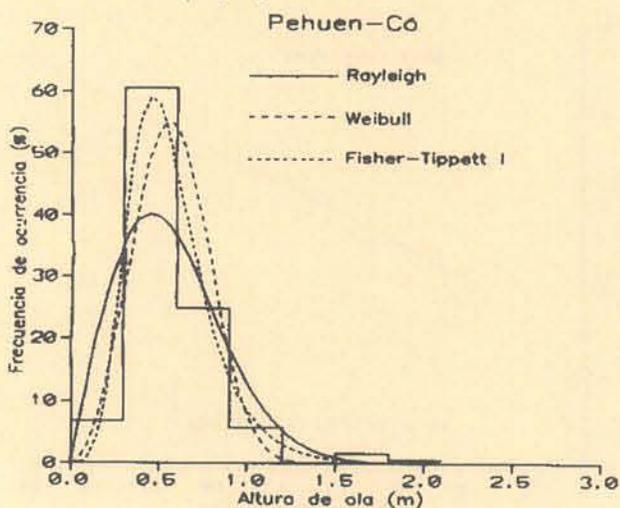
(e)



(h)



(f)



(g)

Figura 2 - Frecuencia de ocurrencia de las alturas de olas y su comparación con las funciones de Rayleigh, Weibull y Fisher-Tippett I para (a) Mar de Ajó; (b) punta Médanos (olígrafo norte); (c) punta Médanos (olígrafo sur); (d) Pinamar; (e) Mar del Plata; (f) Puerto Quequén; (g) Pehuen-Có y (h) El Cóndor.

En la Tabla 2 se presenta el error obtenido al ajustar las funciones densidad de probabilidad en cada uno de los sitios de medición. En general, todas las funciones producen un buen ajuste con errores menores al 30 %. No obstante, exceptuando Mar de Ajó y el balneario El Cóndor, la función que mejor se ajusta a los datos es la de Fisher-Tippett I. En las dos localidades mencionadas en primer término la distribución de Weibull resultó la más adecuada. De esta manera, los períodos de retorno se calcularon con la distribución de Weibull en Mar de Ajó y el balneario El Cóndor y con la de Fisher-Tippett I en los restantes sitios.

Tabla 2 - Error del ajuste de las funciones densidad de probabilidad de Rayleigh, Weibull y Fisher-Tippett I a los diagramas de frecuencias de ocurrencia.

Lugar	Error ϵ (porcentual)		
	Fisher-Tippett I	Weibull	Rayleigh
Mar de Ajó	9,7	3,9	26,8
Olígrafo Norte	6,2	20,2	24,7
Olígrafo Sur	7,8	17,5	19,5
Pinamar	4,5	12,9	15,4
Mar de Plata	3,7	11,1	14,3
Puerto Quequén	10,8	15,5	15,3
Pehuen-Có	4,4	17,9	25,4
El Cóndor	12,6	2,3	33,1

PERIODO DE RETORNO

El objetivo más importante que se persigue al realizar el ajuste de las funciones teóricas de densidad de probabilidad a los datos de las alturas significativas de ola, es pronosticar la altura de ola con un período de retorno (o tiempo de recurrencia) de 50 años, H_{50} . El período de retorno de una altura dada es el intervalo promedio de tiempo en el que la altura de ola es igualada o superada al menos una vez. Si la altura de ola se registra a intervalos regulares Δt , y se supone que las alturas de olas entre dos registros consecutivos son eventos independientes, el período de retorno se puede expresar como (Carter & Challenor, 1981).

$$T_r = \frac{\Delta t}{1 - P(H)} \quad (2)$$

CALCULO DE LOS VALORES DE RETORNO DE LA ALTURA DE OLA

Método de Battjes

Battjes (1970) dedujo la distribución marginal de las alturas de olas individuales del método de cruce de cero, H_z , a partir de los histogramas bidimensionales de las alturas significativas versus los períodos de cruce de cero. La distribución marginal está dada por

$$P(H_z < H) = \int \text{Prob}(H_z < H/H_s) p(H_s) dH_s \quad (3)$$

donde $\text{Prob}(H_z < H/H_s)$ es la distribución de Fisher-Tippett I, Weibull o Rayleigh, y $p(H_s)$ es la función densidad de probabilidad de H_s . En el método original, Battjes utilizó la distribución de Rayleigh; no obstante, en este trabajo se creyó conveniente utilizar la distribución que menor error produce en el ajuste con los datos. En la práctica, la integral se reemplaza por una sumatoria, $\text{Prob}(H_z < H/H_s)$ se toma de la distribución teórica que mejor ajuste produce, y $p(H_s)$ se estima de los histogramas bidimensionales de las alturas significativas versus los períodos de cruce de cero como sigue:

$$p(H_s) = \frac{\sum_j n_{ij} T_{zj}^{-1}}{\sum_i \sum_j n_{ij} T_{zj}^{-1}} \quad (4)$$

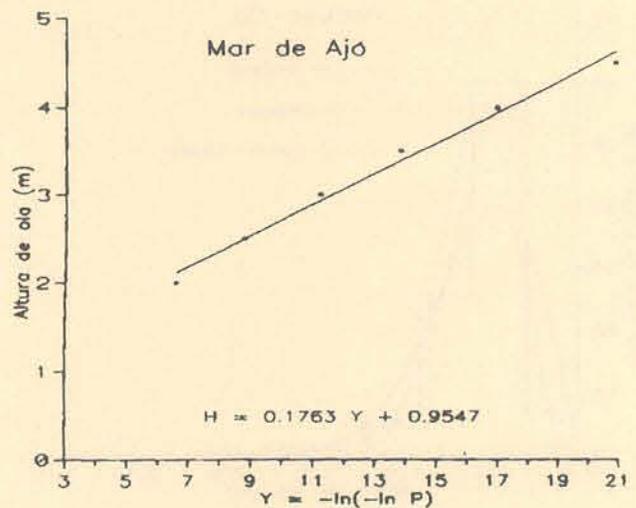
donde n_{ij} es el número de ocurrencias de H_{si} y T_{zj} en el

histograma bidimensional. Reemplazando (4) en (3) se llega a

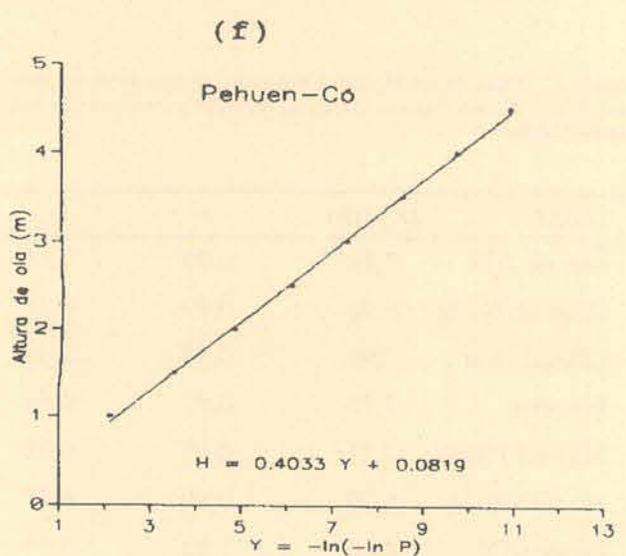
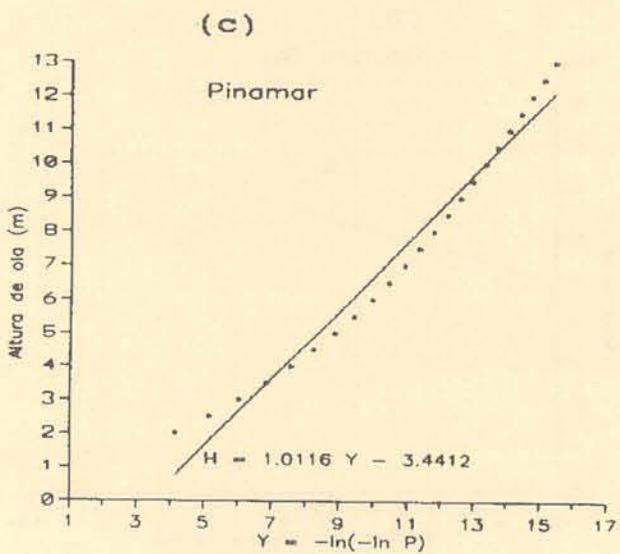
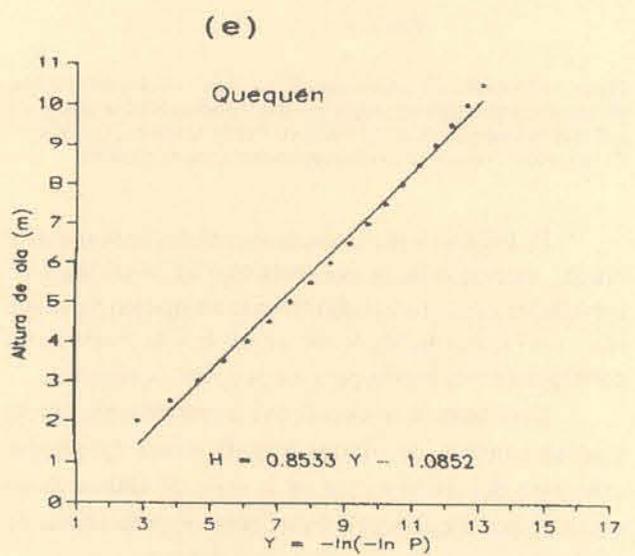
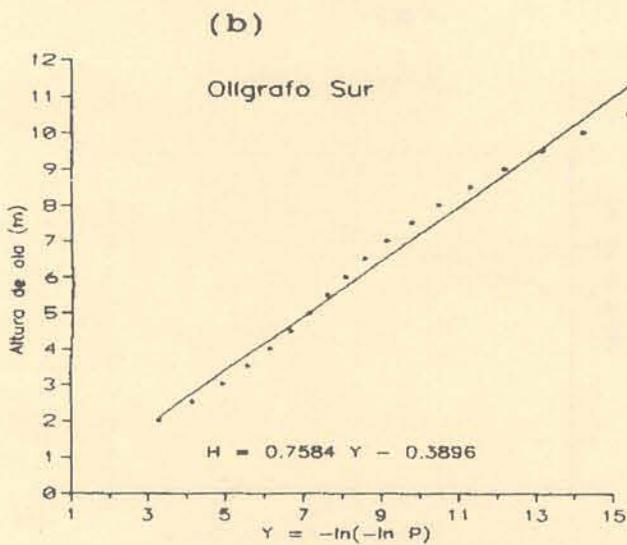
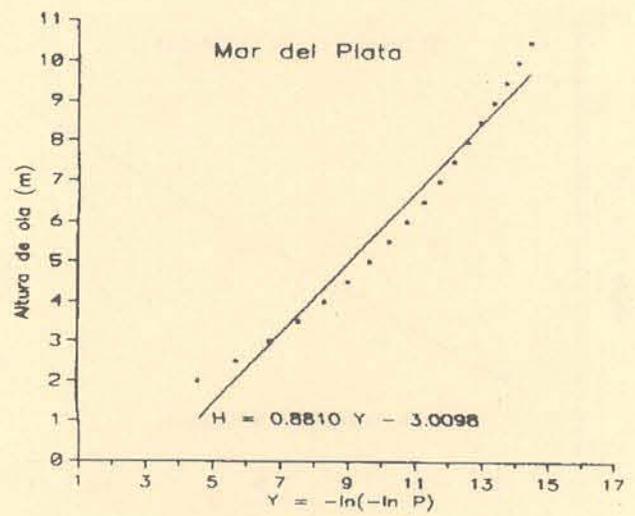
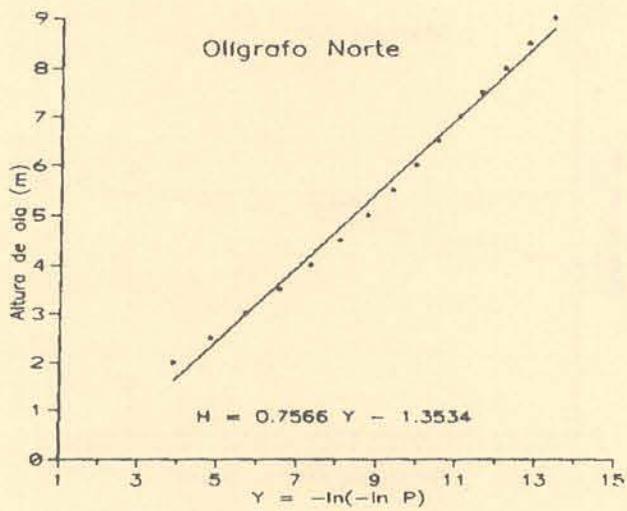
$$P(H_z < H) = \frac{\sum_i \sum_j \text{Prob}(H_z < H/H_{si}) n_{ij} T_{zj}^{-1}}{\sum_i \sum_j n_{ij} T_{zj}^{-1}} \quad (5)$$

Se utilizó el método de Battjes para estimar la altura significativa de la ola con un período de retorno de 50 años calculando $P(H_z < H)$ de (5). El valor de H se incrementó en intervalos de 0,5 m hasta aproximadamente el doble del máximo valor de H_s observado en el histograma. Luego se graficaron los pares de valores (P, H) utilizando una escala doble logarítmica en abscisas, $Y = -\ln(-\ln(P))$, y se ajustó una distribución de Fisher-Tippett I efectuando una regresión lineal. La recta resultante se extrapoló hasta obtener la altura de la ola de diseño. La probabilidad pertinente se obtuvo de estimar el número total de olas en 50 años, lo cual depende de las características del histograma bidimensional. El método es independiente del intervalo de muestreo Δt , pues supone que las condiciones del oleaje son estacionarias entre mediciones.

Las Figuras 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3g y 3h presentan, con la transformación de ejes correspondiente, las distribuciones de probabilidad acumulativa para cada uno de los sitios estudiados. A cada una de estas Figuras se le ha superpuesto la recta que resultó de la regresión, conjuntamente con la ecuación de dicha recta.

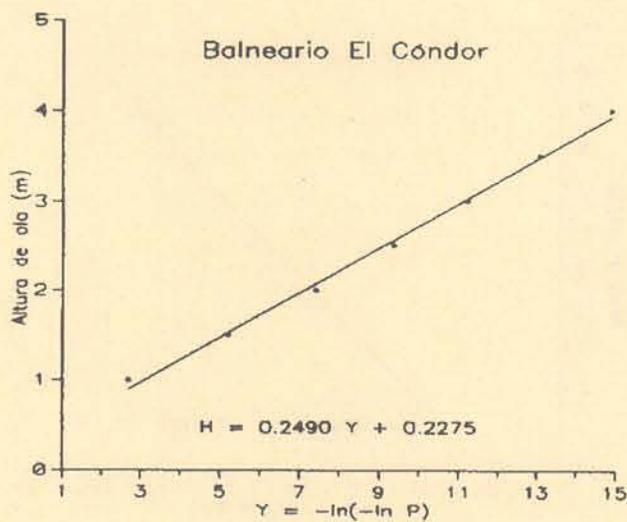


(a)

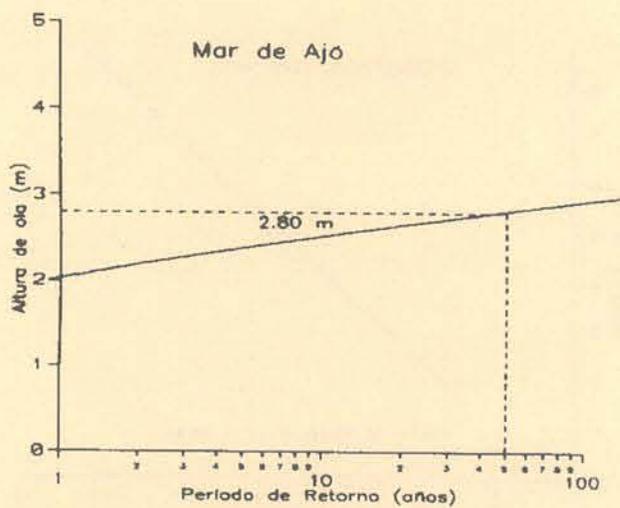


(d)

(g)



(h)

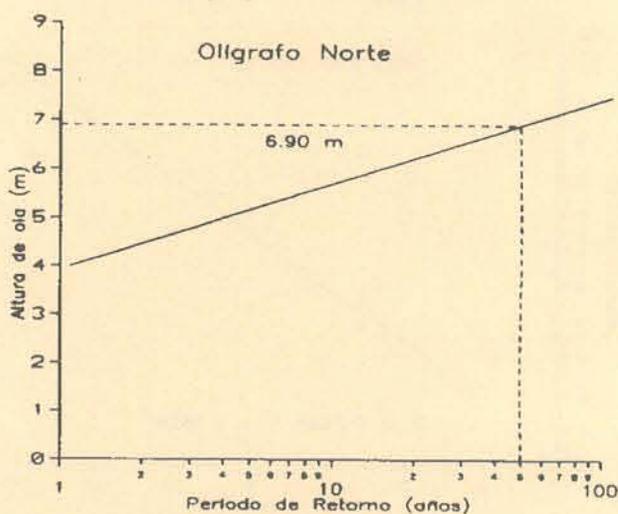


(a)

Figura 3 - Probabilidad acumulativa de las alturas de olas para (a) Mar de Ajó; (b) punta Médanos (olígrafo norte); (c) punta Médanos (olígrafo sur); (d) Pinamar; (e) Mar del Plata; (f) Puerto Quequén; (g) Pehuen-Có, y (h) El Cóndor, con su correspondiente recta de regresión.

En la Tabla 3 se presentan los valores de la altura de ola H_{50} obtenidos de la extrapolación, los coeficiente de correlación y los errores estándar en la estimación para cada sitio. Las Figuras 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g y 4h muestran las correspondientes curvas para los periodos de retorno.

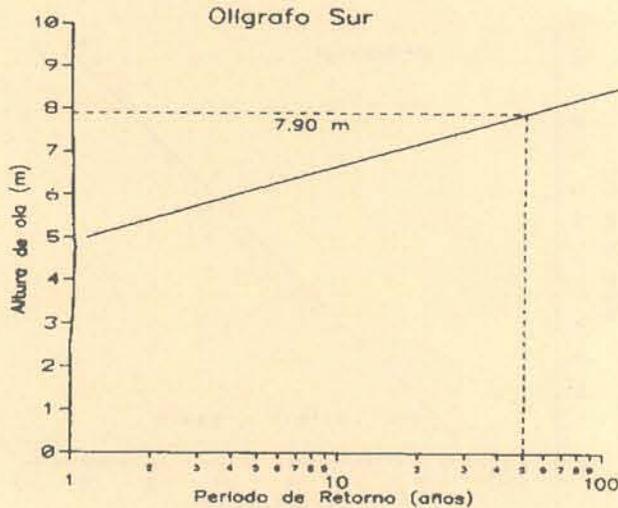
Debe tenerse en cuenta que la información que se analiza consiste de alturas significativas (promedio aritmético del tercio mayor en la serie de alturas de un registro), por lo que podría haber ocurrencia de alturas de olas mayores que las expuestas en la Tabla 3.



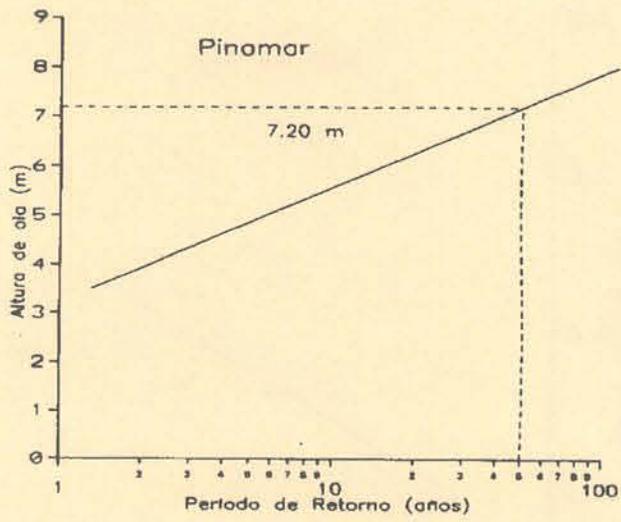
(b)

Tabla 3 - Altura de ola H_{50} con un periodo de retorno de 50 años, coeficiente de corrección r de la recta de regresión y error estándar λ_e de la estimación.

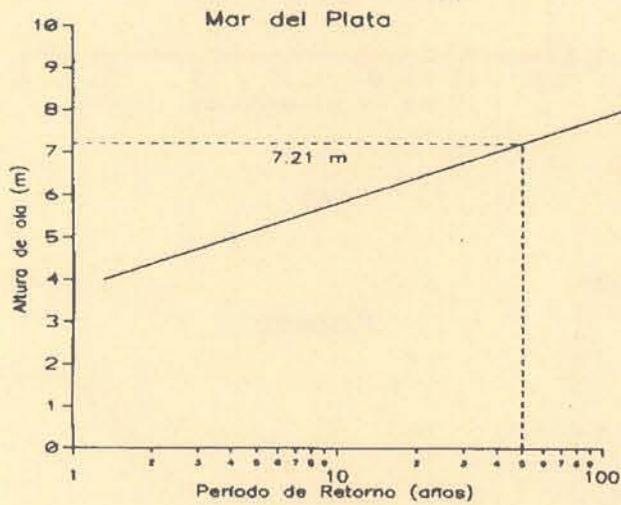
Lugar	H_{50} (m)	r	λ_e
Mar de Ajó	2,80	0,99	0,11
Olígrafo Norte	6,90	0,99	0,21
Olígrafo Sur	7,90	0,98	0,36
Pinamar	7,20	0,97	0,56
Mar del Plata	7,21	0,97	0,48
Pto. Quequén	8,20	0,99	0,27
Pehuen-Có	4,30	1,00	0,04
El Cóndor	2,84	0,99	0,07



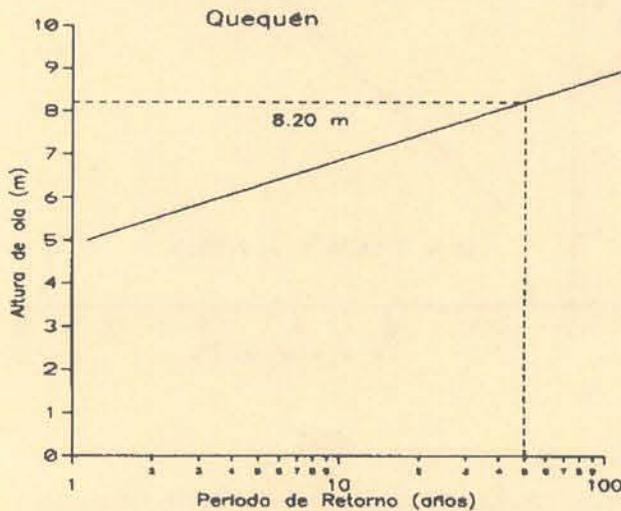
(c)



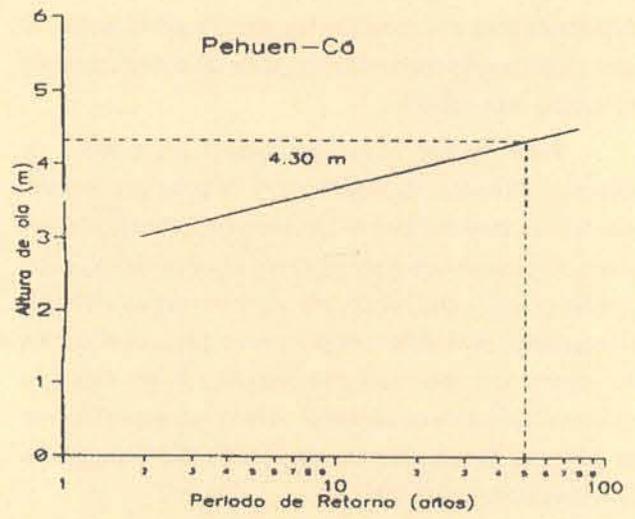
(d)



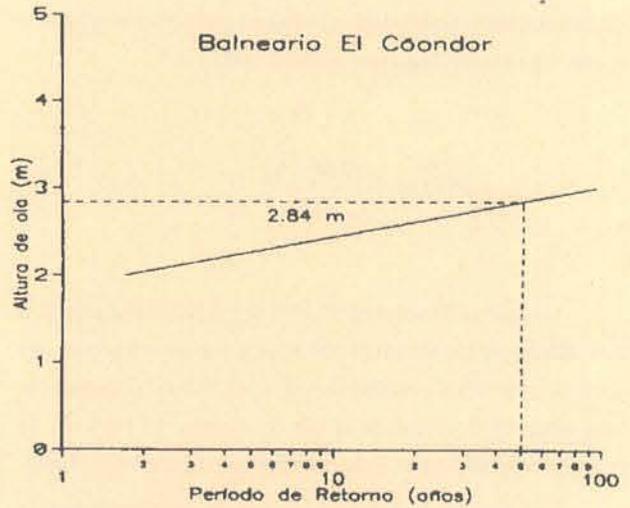
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 4 - Curvas de periodos de retorno para (a) Mar de Ajó; (b) punta Médanos (oligrafo norte); (c) punta Médanos (oligrafo sur); (d) Pinamar; (e) Mar del Plata; (f) Puerto Quequén; (g) Pehuen-Có, y (h) El Cóndor.

Teoría de valores extremos (método de Gumbel)

Cuando el volumen de la información comprende varios años de mediciones, como son los casos de Mar de Ajó y Pinamar, con 10 y 16 años de observaciones respectivamente, es posible aplicar el método desarrollado por Gumbel (1958), mediante el cual se puede estimar el período de retorno trabajando sólo con los máximos valores anuales observados. Una ventaja de este método es que no es necesario conocer la distribución de la población de la cual se extraen los valores máximos. No obstante, tiene la

desventaja de que se necesitan registros de por lo menos 10 años de duración para que la estimación de la altura de la ola de diseño sea confiable.

Para aplicar el método clásico de la teoría de extremos a los casos de Mar de Ajó y Pinamar se consideró que las máximas anuales de las alturas de ola eran eventos aleatorios. Es frecuente que en un año ocurran varias alturas de olas mayores que la máxima anual de otro año, pero la teoría clásica de Gumbel (1958) supone que la distribución de valores extremos está conformada por los máximos valores observados en cada año. Si bien esta suposición no es del todo correcta, la experiencia ha demostrado que funciona bien (Graff, 1981).

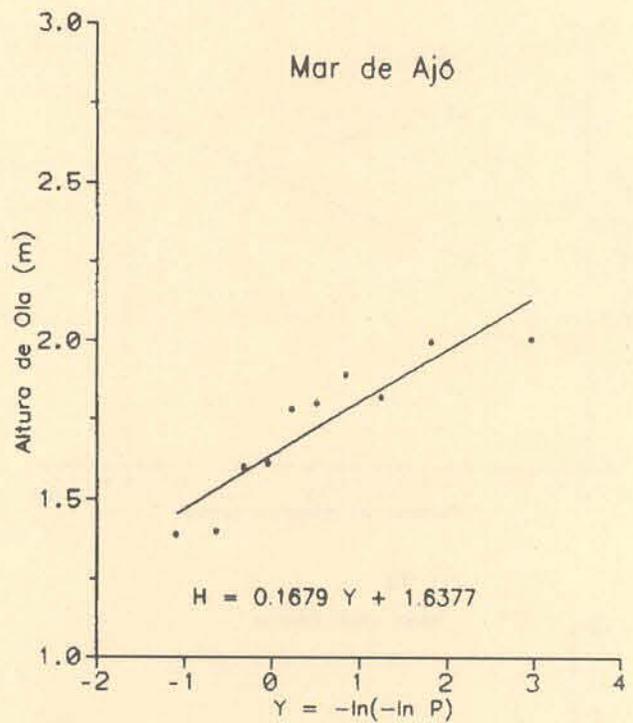
La serie de las n alturas máximas anuales de ola H_i se coloca en orden ascendente de magnitud, de tal manera que la frecuencia acumulativa real para una altura cualquiera H_m ($m < n$) estará dada por (Graff, 1981)

$$P(H_m) = \frac{(2m - 1)}{2n} \quad (6)$$

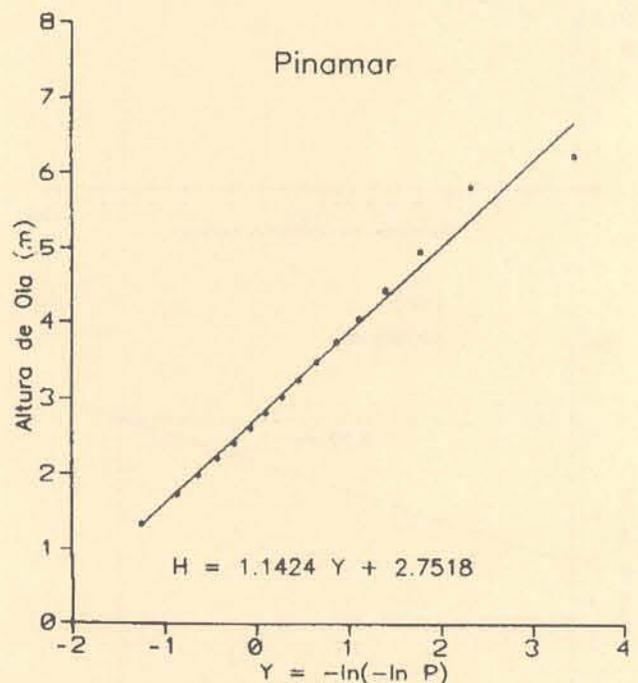
Los pares de valores (P, H_m) se graficaron utilizando la escala doble logarítmica introducida anteriormente y se ajustó una recta por mínimos cuadrados, la cual se extrapoló hasta obtener la altura de la ola de diseño. El periodo de retorno se calculó a partir de la expresión (2) con $\Delta t = 1$ año.

Las Figuras 5a y 5b presentan las distribuciones de probabilidad acumulativa para Mar de Ajó ($n=10$) y Pinamar ($n=16$), a las que se les ha superpuesto la línea recta que resultó del ajuste por mínimos cuadrados y la ecuación de dicha recta. Las Figuras 6a y 6b muestran las correspondientes curvas para los periodos de retorno.

Como puede verse en las Figuras 6a y 6b, las alturas de ola H_{50} obtenidas para Mar de Ajó y Pinamar fueron 2,30 y 7,20 m, respectivamente. El valor obtenido para Pinamar coincide con aquel dado por el método de Battjes (ver Figura 4d y Tabla 3), mientras que en Mar de Ajó la altura resultó 0,50 m inferior (ver Figura 4a y Tabla 3). Estos resultados son promisorios porque muestran que el método de Battjes y la teoría de extremos arrojan valores similares cuando la longitud del registro es de al menos 10 años; no obstante, el primer método tiene la ventaja de que se puede aplicar a registros de 1 año de duración.

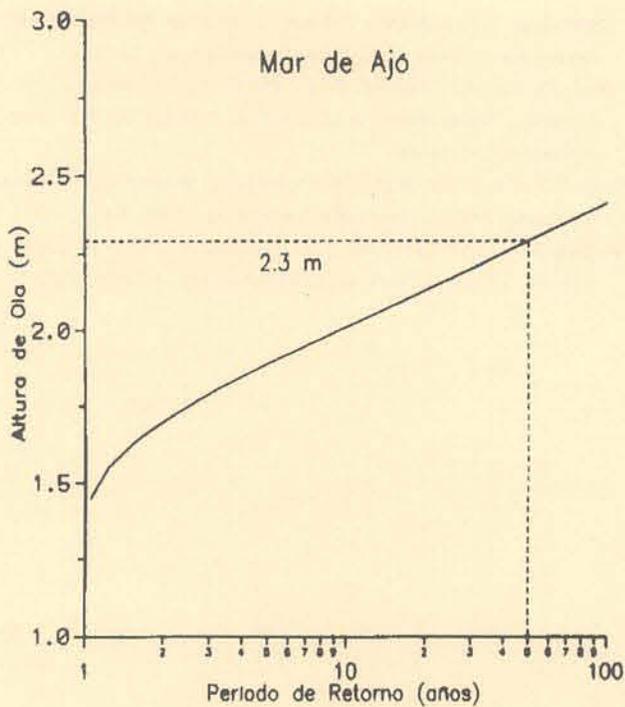


(a)

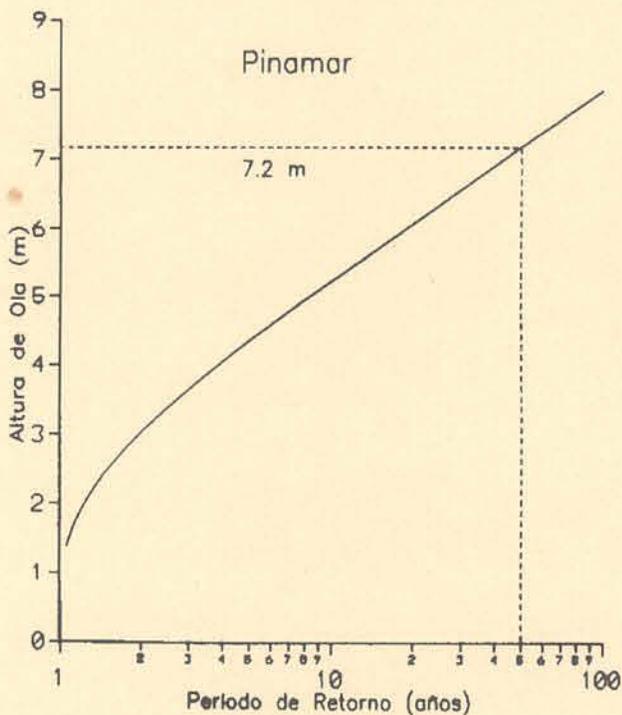


(b)

Figura 5 - Probabilidad acumulativa de los máximos valores anuales de la altura de ola para (a) Mar de Ajó y (b) Pinamar con su correspondiente recta de regresión.



(a)



(b)

Figura 6 - Curvas de periodos de retorno para (a) Mar de Ajó y (b) Pinamar obtenidas aplicando la teoría de extremos.

CONCLUSIONES

Los resultados del cálculo de la altura de la ola de diseño para un conjunto de localidades ubicadas a lo largo de la costa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, utilizando el método de Battjes y la teoría clásica de Gumbel han permitido establecer que ambos métodos arrojan valores similares cuando la longitud de los registros comprende, al menos, 10 años de mediciones. En aquellos casos en los que tal condición no se cumplía, y por lo tanto la teoría de Gumbel no podía ser aplicada, debió emplearse el método de Battjes exclusivamente.

Agradecimientos - Los autores agradecen a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires la financiación de este trabajo, y al Servicio de Hidrografía Naval y al Departamento de Hidráulica de la UNLP por haber facilitado los datos de olas. También valoran los aportes brindados por el Dr. Carlos Mazio, el Lic. Walter Dragani y el Ing. Dardo Guaraglia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Battjes, J.A. 1970. Long-term wave height distribution at seven stations at seven stations around the British Isles. NIO Internal Report No. A.44.
- Blackman, D.L. 1985. New estimates of annual sea level maxima in Bristol Channel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20: 229-232.
- Caló, J.E.; Fernández, E.M. & Aldacour, H.E. 1995. Factores geoambientales para el manejo costero: un caso de la Provincia de Buenos Aires. In: REUNIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. 1, 1995. RíoCuarto, Córdoba, (en prensa).
- Carter, D.J.T. & Challenor, P.G. 1980. Return wave heights estimated from monthly maximum values. *Proceedings of Sea Climatology/ Climatology de al Mer*, Paris: 271-294.
- Carter, D.J.T. & Challenor, P.G. 1981. Estimating return values of wave height. Institute of Oceanographic Sciences Report No. 116 (unpublished manuscript), 111 p.
- Dattatri, J. & Renukaradhya, P.S. 1971. Wave forecasting for west coast of India. *J. Waterw. Harbors Coastal Eng. Div.*, ASCE, 97: 505-515.
- Dean, R.G. & Dalrymple, R.A. 1984. Wave statistics and spectra. In: Prentice-Hall, Inc. (ed.) *Water wave mechanics for engineers and scientists*. Englewoog Cliffs, New Jersey. p. 187-211
- Graff, J. 1981. An investigation of the frequency distributions and annual sea level maxima at ports around Great Britain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 12: 389-449.
- Gumbel, E.J. 1958. *Statistics of Extremes*. Columbia University Press. New York and London. 375 p.
- Sahul Hameed, T.S. & Baba, M. 1985. Wave height distribution in shallow waters. *Ocean Engineering*, 12(4), 198: 309-319.
- Schneider, C. & Weggel, J.R. 1980. Visually observed wave data at Pt. Mugu, California. *Proceeding of the 17th Coastal Engineering Conference*, ASCE, Sidney: 381-393.

- Schneider, C. 1981. **The Littoral Environment Observation (LEO). Data Collection Program.** CETA 81-5. Coastal Engineering Research Center, U.S. Army, Corps of Engineers, 23 p.
- Smith, E.R. & Wagner, S.E. 1991. Littoral Environment Observation program. **Journal of Coastal Research**, 7(3): 595-605.
- Sorensen, R.M. 1993. Wind-generated waves. In: **Basic wave mechanics: for coastal and ocean engineers.** New York, John Wiley & Sons p. 115-168.
- Sunrise Technical Consultants Co. Ltd. 1968. **Estudio mediante ensayo hidráulico sobre modelo del puerto de Mar del Plata y sus alrededores.** Informe Final, Tomo II, Tokio, Japón. 141 p.
- UNLP (Universidad Nacional de La Plata) 1995. Laboratorio G.C. Céspedes. Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería. Comunicación personal.
- Walton, T.L. & Bruno, R.O. 1989. Longshore transport at a detached breakwater, Phase II. **Journal of Coastal Research**, 5(4): 679-691.
- Wyland, R.M. & Thornton, E.B. 1991. Extremal statistics using three hindcasts. **J. Waterw. Port Coastal Ocean Eng. Div., ASCE**, 117(1): 60-74.