

Cincuenta años del parámetro de Iribarren (1949-1999)

ANTONIO LECHUGA ÁLVARO (*)

RESUMEN Este trabajo tiene por objetivo el conmemorar los cincuenta años desde que por primera vez apareció el hoy llamado parámetro o número de Iribarren. Fue presentado en primer lugar en el Congreso de Lisboa del PIANC en 1949. Se estudian a continuación las modernas formulaciones en las que se encuentra actualmente en la literatura técnica sobre todo a partir del trabajo del profesor Battjes.

FIFTY YEARS OF THE IRIBARREN'S PARAMETER (1949-1999)

ABSTRACT *The main aim of this paper is to commemorate the fifty years since appeared for the first time the, so-called, Iribarren's parameter. First of all we analyze the Congress of PIANC at Lisbon in 1949 where this parameter was presented. Then we studied the modern versions of this parameters we use it today, mainly after the work of professor Battjes.*

Palabras clave: Playas; Parámetro de rotura; Pendiente.

1. INTRODUCCIÓN

Se cumplen este año 1999 50 años desde que por primera vez apareció en la literatura técnica internacional el actualmente llamado, parámetro de Iribarren. En una comunicación al XVII Congreso de Navegación de Lisboa D. Ramón Iribarren y D. Casto Nogales y Olano introdujeron una sencilla fórmula para discriminar la rotura de la reflexión en una ola ascendiendo por una pendiente. Con el paso del tiempo esta fórmula dio lugar al parámetro de Iribarren y al día de hoy este es ampliamente utilizado en los estudios de playas en todo el mundo, por lo cual nos debemos sentir orgullosos. Este artículo pretende ser un testimonio de admiración aprovechando el cincuentenario de esta aparición pública.

Como veremos la forma oficial de presentación fue algo distinta a la que conocemos hoy por lo cual conviene señalar las oportunas comparaciones. Primeramente vamos a hacer una breve introducción histórica al Congreso de Navegación de Lisboa (XVII International Navigation Congress, Lisbon 1949), para establecer las coordenadas espacio-temporales donde apareció el hoy famoso parámetro de Iribarren.

2. EL CONGRESO DE NAVEGACIÓN DE LISBOA

El XVII International Navigation Congress, Lisboa 1949, como el resto de los Congresos de Navegación es promovido por la "Permanent International Association of Navigation Congresses" (PIANC) y se celebran cada cuatro años. La estructura de cada uno de ellos es similar: Se componen de dos secciones (Section I.: Inland Navigation and Section II:

Ocean Navigation). Cada una de estas secciones se subdivide a su vez en dos, a) Communications and b) Questions. Las Comunicaciones en general constan de un "Rapport Général" y de varios "rapports" y esto para cada una de las comunicaciones (cuatro, en general, en cada sección). Para cada Sección y Comunicación los autores aparecen agrupados por países ordenados alfabéticamente.

La Comunicación de D. Ramón Iribarren Cabanilles y D. Casto Nogales y Olano en donde aparece por primera vez el parámetro se encuadraba en la Section II (Ocean Navigation) and Communication 4 (SII-C.4). El título en inglés del "General Report" de esta sección es: "Penetration of waves and swells into Harbours. Means of predicting them and limiting their action. Reference to model experiments; y su autor fue M. Viriato Cannas (Lisboa).

La Comunicación tenía por título:

Protection des Ports y, aparece en el tomo cuatro de las Comunicaciones (Seccion II) en las páginas 31-80. Es una comunicación bastante extensa con profusión de figuras y tablas (el idioma es el francés con un sumario en inglés). Los epígrafes de este trabajo eran los siguientes:

- I. Plans de Houle
 - II. Variation de Hauteur de la Houle dans L'hypothese de Conservation de l'energie.
 - III. Plans de Houle en deuxieme approximation.
 - IV. Courants et Oscillations de Ressac a L'interieur des Ports.
 - V. Conditions d'entree des Ports.
- Summary

Como vemos el contenido principal de este trabajo estaba dirigido a la exposición de los celeberrimos "planos de oleaje" y fue en el desarrollo de las condiciones en las que la

(*) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe del Área de Costas del CEDEX (Ministerio de Fomento).

onda rompía (Déferlement des Lames) cuando primeramente aparece la expresión que dará lugar al parámetro de Iribarren.

Es oportuno destacar aquí, que algunas de las comunicaciones en el Congreso de Lisboa tenían relación directa o indirectamente con la movilidad del sedimento, su transporte y las playas. Así por ejemplo la Comunicación I está prácticamente dedicada a la defensa de la costa incluyendo el (General Paper): Protective works adopted to limit erosion along the open coast; how they work - Reference to model experiments by C.K. Abecasis. Es notable el trabajo de Luis Dicenta Vera, Aurelio González Isla y Vicente Caffarena Acena sobre diversos estudios de defensa de costas en donde destaca el Sur del Puerto de Valencia. No es extraño que

esto ocurriera así teniendo en cuenta que en el año 1949 la Ingeniería de Costas como tal era prácticamente inexistente. Es por ello que las comunicaciones más relevantes sobre playas se presentan en este foro.

3. PRIMITIVA FORMA DEL PARÁMETRO DE IRIBARREN

En el subapartado h (Déferlement des lames) del I (Plans de houle) aparece por vez primera el cálculo de la pendiente que en primera aproximación, produciría el límite de la rotura a la reflexión del oleaje en una playa. Los autores (Iribarren y Casto Nogales) citan las figuras 19, 20 y 21 en las "Communications" del Congreso en Lisboa para ilustrar sus razonamientos (vease las figuras).

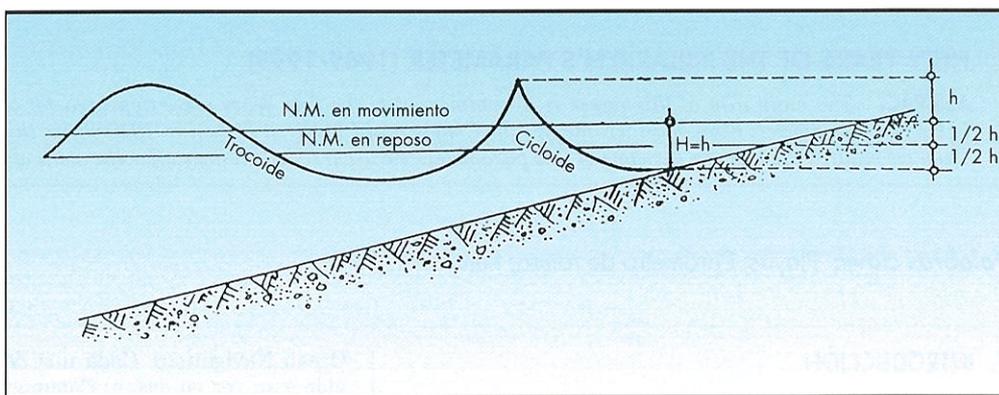


FIGURA 1. Onda aproximándose a una playa con fuerte pendiente (Fig. 19 en el original de Iribarren).

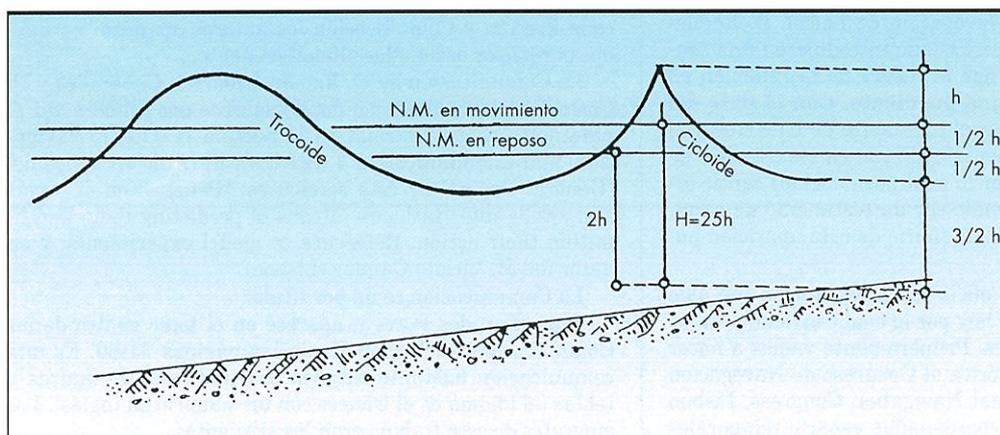


FIGURA 2. Onda aproximándose a una playa de pendiente suave (Fig. 20 en el original de Iribarren).

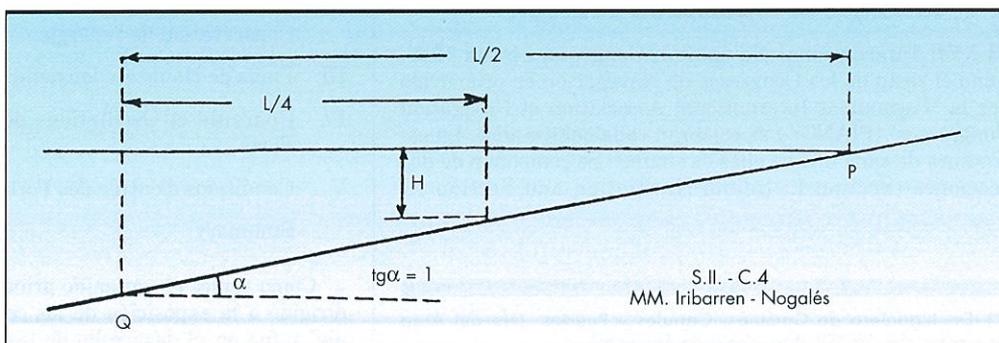


FIGURA 3. Relación entre la profundidad, H, la pendiente de la playa, i, y la semilongitud de onda L (Fig. 21 en el original de Iribarren).

S.II. - C.4
MM. Iribarren - Nogales

La primera parte de la argumentación es establecer la celeridad de la onda en profundidades reducidas. Partiendo de la forma exacta de la celeridad de la onda en teoría lineal,

$$c = \sqrt{\frac{g}{\pi} \cdot L \cdot th \frac{\pi H}{L}}$$

Iribarren aplica la aproximación,

$$th \frac{\pi H}{L} = \pi \frac{H}{L}$$

Para obtener,

$$C = \sqrt{gH}$$

En donde L es la semilongitud de onda y H es la profundidad. Hay que señalar que Iribarren siguiendo la costumbre de la época, llamaba 2h la altura de la onda, 2L, la longitud de onda y 2T el periodo. En este apartado, nosotros seguiremos el mismo criterio para evitar innecesarias complicaciones.

La pendiente límite teórica cuando la onda es reflejada en la playa (figura 19 en el original de Iribarren) es cuando la profundidad H sea igual a la semialtura de onda, es decir la distancia entre la cresta y el nivel del mar en movimiento (incluyendo set-up diríamos hoy). El esquema teniendo en cuenta el "cuadrilátero de avance" es el de la Fig. 21,

$$H = \frac{L}{4} \cdot i$$

siendo i la pendiente de la playa.

Teniendo en cuenta que

$$L = T \cdot c = T \cdot \sqrt{gH}$$

Iribarren obtiene;

$$H = \frac{gT^2 i^2}{16}$$

y por lo tanto

$$i = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{16 \cdot H}{g}}$$

pero teniendo en cuenta la hipótesis hecha de que H = h se obtiene finalmente,

$$i = \frac{4}{T} \sqrt{\frac{h}{g}}$$

que es la expresión del parámetro de Iribarren tal y como apareció en el Congreso de Lisboa de 1949.

Los autores no solamente se limitaban a proponer este parámetro sino que incluso efectuaron una serie de ensayos en laboratorio con los resultados que aparecen en la tabla 1.

En el apartado IV Courants et Oscillations de ressac a l'interieur des Ports. Iribarren y Nogales incluso aplican el parámetro obtenido a una onda de resaca de 100 seg de periodo e incluso para la onda de marea de semiperiodo T = 22.350 seg.

En el siguiente apartado transformaremos el parámetro de Iribarren en su forma conocida al día de hoy.

4. NUEVOS DESARROLLOS DEL PARÁMETRO DE IRIBARREN

Inicialmente el parámetro de Iribarren se escribía,

$$i = \frac{4}{T} \sqrt{\frac{h}{g}}$$

con la nomenclatura empleada en 1949, escribiendo esta misma expresión en términos modernos.

$$i = tg\beta = \frac{8}{T_i} \sqrt{\frac{H_i}{2g}}$$

en donde T_i sería el periodo del oleaje incidente (T_i = 2T) y H_i sería la altura de este oleaje (H_i = 2h).

Ahora bien, si efectuamos la operación inversa y ponemos el periodo en función de la Longitud de onda en aguas poco profundas, tendríamos,

$$T_i = \sqrt{\frac{2\pi L_0}{g}}$$

y sustituyendo en la anterior

$$tg\beta = 8 \sqrt{\frac{H_i}{4\pi L_0}} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{H_i}{L_0}}$$

En el año 1974, hace por tanto 25 años, el profesor Battjes en los Proceeding of the Fourteenth Coastal Engineering Conference, en un trabajo titulado "Surf Similarity" reivindica la paternidad del parámetro para sus autores Iribarren y Nogales escribiéndolo en la forma,

$$\xi = \frac{tg\beta}{\sqrt{\frac{H}{L_0}}}$$

Características de la onda		Pendientes medidas			Pendientes Calculadas
2 h cm	2T seg	Rotura total	Reflexión total	Media	$i = \frac{4}{T} \sqrt{\frac{h}{g}}$
5,5	0,66	0,42	0,86	0,64	0,66
4,5	0,92	0,29	0,59	0,44	0,42
4,5	1,00	0,33	0,49	0,41	0,38

TABLA 1. Pendiente de medidas y calculadas.

Desde entonces es internacionalmente aceptado (ξ) como parámetro de Iribarren para discriminar los distintos tipos de rotura del oleaje.

Teniendo en cuenta el valor obtenido para la pendiente de la playa, resulta que el valor del parámetro en el trabajo original de Iribarren y Nogales, valdría

$$\xi = \frac{4}{\pi}$$

En la asunción de que la profundidad en el límite es igual a altura del oleaje. En la definición del parámetro ξ hemos suprimido la i de H_i para facilitar la escritura.

El parámetro de Iribarren con la forma expresada anteriormente ha extendido su aplicación en los estudios de playas más allá de la propia discriminación de la rotura del oleaje, ya que como parámetro adimensional está relacionado con aspectos de la dinámica de la zona de rompientes de las playas en los desarrollos no lineales que se obtienen en la teoría de las perturbaciones.

En los desarrollos no lineales del oleaje, en la interacción onda-onda, y sobre todo en la excitación de las ondas de orilla por el oleaje incidente, aparecen dos parámetros,

$$\frac{a_i w^2}{g \cdot t g^2 \beta} \quad , y$$

$$\frac{a_o \sigma^2}{g \cdot t g^2 \beta}$$

que esencialmente están relacionados con el parámetro de Iribarren, el primero correspondiente al oleaje incidente y el segundo a la onda de orilla. En ambos casos la relación funcional que se establece es, salvo una constante, que estos dos pequeños parámetros de la teoría de perturbaciones son iguales a la inversa del cuadrado del de Iribarren en su formulación actual. Para comprobar esto último veanse los trabajos de Bowen, Guza, Davis y otros que aparecen en la bibliografía. Del mismo modo son notables los trabajos de Losada y Giménez-Curto sobre la incorporación del número de Iribarren al transporte de sedimentos y al cálculo de diques. Todo esto sin olvidar a Battjes, que fue el primero en establecer la paternidad del parámetro para Iribarren. Por lo tanto puede decirse que de una u otra manera el parámetro de Iribarren se encuentra presente en la actualidad en todos los estudios del oleaje, sus efectos y el transporte de sedimentos en playas y aguas poco profundas.

5. CONCLUSIONES

Para concluir es interesante resaltar los siguientes aspectos:

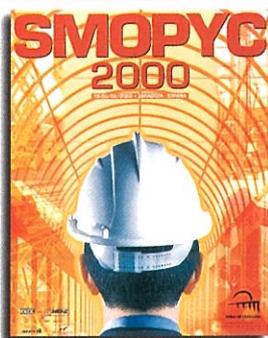
- a) El parámetro de Iribarren es universalmente aceptado como un número adimensional para discriminar distin-

tos aspectos que relacionan el oleaje en aguas poco profundas con la pendiente de una playa, en particular el tipo de rotura, pero no solo esto.

- b) El parámetro de Iribarren está íntimamente ligado a la no linealidad del oleaje y su interacción entre sí o con otras ondas.
- c) El parámetro fue concebido por un compatriota nuestro del que nos debemos sentir legítimamente orgullosos.
- d) Sirva este artículo para conmemorar el cincuenta aniversario de la publicación del parámetro de Iribarren en el Congreso del PIANC de Lisboa.

BIBLIOGRAFÍA

- BATTJES, J. A., (1974), "Surf similarity" Proc., 14th Coast. Engrg. Conf., ASCE, Vol. 1, pp. 466-480.
- GUZA, R. T. and BROWEN, A. J., (1976), "Finite amplitude edge waves", J. Mar. Res., 34, pp. 269-293, 1976a.
- GUZA, R. T. and BROWEN, A. J., (1976), "Resonant interaction for waves breaking on a beach", in Proceedings of the 15th Coastal Engineering Conference, pp. 560-572, American Society of Civil Engineers, New York, 1976b.
- GUZA, R. T. and DAVIS, R., (1974), "Excitation of edge waves by waves incidente on a beach", J. Geophys. Res., 79, pp. 1285-1291.
- GUZA, R. T. and INMAN, D. L., (1975), "Edge waves and beach cusps", J. Geophys. Res., 80, pp. 2997-3012.
- GUZA, R. T. and BROWEN, A. J., (1981), "On the amplitude of beach cusps", J. Geophys. Res., pp. 4125-4132.
- IRIBARREN, C. R. and NOGALES, C., (1949), "Protection des Ports, Section II, Comm. 4, XVIIth Int. Nav. Congress, Lisbon, pp. 31-80.
- KOBAYASHI, N. and REECE, A. M., (1983), "Irregular wave overtopping on gravel islands". ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 109 (4), pp. 429-444.
- KOBAYASHI, N. and KARJADI, E. A., (1994), "Surf-similarity parameter for breaking solitary-wave runup". ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 120 (6), pp. 645-650.
- LECHUGA, A., (1985), "Resonancia en playas". Revista de Obras Públicas. Febrero, pp.97-106.
- LECHUGA, A., (1986), "Formas rítmicas en Playas: su relación con la evolución costera. CEDEX. Madrid.
- LECHUGA, A., (1988), "Modulación de las ondas de orilla". Revista de Ing. Civil N° 66, pp.9-17.
- LECHUGA, A., (1991), "A new solution to the equation of the edge waves on beaches with non uniform slope". XXIV IAHR Congress-Madrid.
- LECHUGA, A., (1995), "Subharmonic edge waves". Stability analysis. Coastal Dynamics, 6 dansk.
- LOSADA, M. A. and JIMÉNEZ-CURTO, L. A., (1979), "The joint effect of the wave height and period on the stability of rubble mound breakwaters using Iribarren's number". Coastal Engineering, 3, pp.77-96.
- LOSADA, M. A. and JIMÉNEZ-CURTO, L. A., (1981), "Flow characteristics on rough, permeable slopes under waves action". Coastal Engineering, 4, pp.187-206, Elsevier.
- MINZONI, A. A. and WHITHAM, G. B., (1977), "On the exitation of edge waves on beaches" J. Fluid Mech., 79, pp.273-287.



SMOPYC 2000 se prepara para batir su propio récord

Del 16 al 20 de febrero del año 2000 se celebrará en Zaragoza la XI Edición de **SMOPYC**, Salón Internacional de Maquinaria para Obras Públicas, Construcción y Minería.

La bonanza económica que se "respira" en el ambiente, tanto en la construcción como en el mercado de maquinaria, propicia las condiciones necesarias para que la edición de **SMOPYC** en el año 2000, sea todo un éxito.

Para más información:

SMOPYC (Salón Internacional de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción Minería)

Apartado de Correos 108 • 50080 Zaragoza (España)

Teléfono: +34 976 76 47 00 • Fax: +34 976 33 06 49

e-mail: comunicación@feriazaragoza.com • Web: <http://www.feriazaragoza.com/smopyc>