

EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LOS VERTIDOS AL MAR

FERNANDO RUIZ BAUZA (*)

RESUMEN. Los estudios de contaminación de las aguas litorales requieren la unificación de criterios para valorar las distintas situaciones que se presentan por la incidencia de los vertidos así como predecir el impacto sobre el medio de los vertidos dimanantes de las instalaciones marítimas en proyecto.

El trabajo presenta la metodología de evaluación de impacto ambiental producido por los vertidos sobre la calidad de las aguas costeras. Como primer paso se han considerado veinte indicadores ambientales atendiendo a su importancia, representatividad, incidencia sobre el medio, peligrosidad y medibilidad.

Estos indicadores son ponderados espacialmente para la obtención de un valor representativo para toda la zona del estudio. Para ello previamente se discretiza la zona y se clasifican las celdas en función de sus usos y características quedando fijado un valor de ponderación para cada indicador en cada una de las celdas.

Se ha realizado en base a datos de diferentes estudios, normativas, etc., las funciones de equivalencia que nos transforman el valor físico del indicador ambiental en su respectivo índice de calidad, valor adimensional comprendido entre 0 y 10 que nos permite comparar la incidencia de los diferentes parámetros así como sumar sus efectos. Se define para el cálculo de EIA, la ponderación relativa de los índices de calidad y las unidades de impacto.

Dos aspectos fundamentales queremos abordar. Uno es la evaluación del impacto ambiental ante un proyecto que incida sobre la calidad de las aguas costeras de forma que puedan ser evaluadas las alternativas de dicho proyecto y minimizados por sus efectos sobre el entorno. Es evidente su aplicación a los proyectos de emisarios submarinos. En base a los resultados obtenidos por medio de los modelos de transporte y dispersión que nos dan la predicción de las situaciones futuras de la zona, en las distintas alternativas que consideramos, se podrá aplicar la presente metodología que nos cuantificará los efectos degradantes sobre el medio, en cada caso.

De otra parte conviene resaltar la importancia de las unidades de impacto que sirven para determinar el grado de incidencia de los vertidos de una zona sobre la calidad de las aguas costeras y posibilidad de comparación por un método sistemático las distintas zonas del litoral.

ABSTRACT. *The contamination works of the coastal waters require the unification and clarification of the criteria for the evaluation of the different situations appearing by the incidence of the disposals as well as the forecast of the impact on the environment because of the future disposals deriving from the maritime works in project.*

In the present study it is developed a model systemizing the methodology to assess, on one side, the incidence of the already existing disposals in a zone and, on the other, the prediction of the environmental physical impacts produced by the disposals on the sea environment.

At present, in order to optimize the project of a submarine sewage outfall it is only considered the influence of the disposal through it from a bacteriological point of view. Although in many cases this is sufficient, nevertheless certain projects attending to the contaminating charge to be disposed and to the particular features of the coastal stretch may put forward the necessity of viewing other parameter.

We will proceed describing the present state of the model on which we are working on to widen and optimizing it. We include a list of twenty environmental indicators studying their influence on the medium.

(*) Licenciado en Ciencias Físicas. Jefe de la División de Contaminación del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX).

The methodology for the assessment of the impact begins with the discretization of the zone being the object of the study and classification of every cell in which it gets divided in function of its uses and characteristics.

Initially, it must be obtained a value for every indicator and cell statistically representative, which bears a series of determinations in nature all time long. Once those values have been determined average values spatially weighted are obtained, used on the typification of every cell, all throughout the study.

A fundamental part of the present model are the equivalence functions. They provide us with quality indexes in function of the physical values of the indicators. These quality indexes varying from 0 to 10 homogenize all the parameters in such a way that they can be measured among themselves. To carry out these functions national and international studies have been considered and analyzed, the toxicity of the indicators and norms in force as well in Spain in other countries.

Finally an specific ponderation of the quality indexes is carried out by means of an evaluation of them among themselves in based on their relative importance and the unities of environmental impacts are calculated as well as the evaluation of the environmental impact comparing the unities of impact with and without project.

1. INDICADORES AMBIENTALES

Inicialmente se han elegido veinte indicadores de la influencia de los vertidos, tanto urbanos como industriales, sobre la calidad de las aguas. Estos veinte parámetros han sido elegidos en función de su representatividad como indicadores de la perturbación de la calidad de las aguas, por su importancia específica, toxicidad, persistencia, y, en general, por su incidencia clara en el desequilibrio de los ecosistemas marinos y su posibilidad de medida.

Es evidente que son muchos los parámetros que se pueden contemplar, si bien habrá que considerar que sean relativamente exclusivos para evitar introducir de forma reiterada la misma perturbación.

Indicadores ambientales considerados:

- pH.
- Transparencia.
- Oxígeno disuelto.
- Sólidos en suspensión.
- Ortofosfatos.
- Amonio.
- Nitratos.
- Coliformes fecales.
- Clorofila a.
- Fenoles.
- Cromo.
- Cadmio.
- Plomo.
- Cobre.
- Níquel.
- Zinc.
- Arsénico.
- Mercurio.
- Incremento de temperatura del agua.
- Detergentes aniónicos.

2. DATOS DE ENTRADA. DETERMINACION DE ZONAS ESPECIFICAS EN EL LITORAL. PONDERACION ESPACIAL

Inicialmente se dividirá la zona a estudiar en celdas o subzonas de igual tamaño, éstas deberán ser lo más pequeñas posible siendo limitadas por la capacidad operativa y analítica del equipo investigador. En cada celda se analizarán los indicadores ambientales en la columna de agua, obteniéndose un valor representativo para la misma.

Dadas las grandes variaciones existentes en el tiempo para los parámetros indicadores, deberá de obtenerse una muestra lo más amplia posible, que en función de las características que presente, distribución, dispersión de los valores, etc., recibirá el tratamiento estadístico adecuado para obtener el valor más representativo. Este será la entrada al modelo de evaluación.

DETERMINACION DE ZONAS LITORALES. PONDERACION ESPACIAL

Es evidente que los indicadores ambientales que estamos considerando adquieran una importancia diferente según las zonas de litoral contempladas desde el punto de vista de sus usos y de la dispersión que se alcanza en ellos. Así la presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal es más grave en zonas de playas y cultivos marinos que en otras de diferentes usos o la presencia de sustancias bioacumulables en zonas de cultivos marinos.

A estos efectos se han considerado en el litoral respecto a sus usos y características cuatro apartados:

- A. Zonas de baños.
- B. Zonas de cultivos marinos.

C. Zonas de poca renovación de las aguas.

D. Aguas litorales.

En el apartado de baños se comprenden aquellas zonas utilizadas para el uso y disfrute por el hombre, como son las playas, zonas de deportes náuticos y todos aquellos lugares donde existe un contacto directo habitual del hombre con las aguas.

Las zonas de cultivos marinos son aquellas dedicadas a los usos que su propio nombre indica. Pueden ser artificiales como los polígonos de bateas de mejillones o bancos naturales como los de almejas entre otros.

A efectos de no realizar excesivos apartados en la zonificación del litoral hemos introducido dos grandes grupos como son las zonas de aguas de poca renovación y las litorales. En las primeras incluimos aquellas que por las características topográficas naturales del litoral o por obras realizadas por el hombre presentan una renovación lenta de sus aguas, lo cual dependerá también de la dinámica de éstas en la zona. Estas características se presentan en puertos, bahías, rías, etc. No toda una bahía tiene por qué ser zona de poca renovación, ello dependerá de su bocana o comunicaciones con aguas libres, batimetría, naturaleza y circulación de las corrientes marinas. Es evidente que una fuerte corriente mareal produce una alta renovación en las aguas de estas zonas, sin embargo es habitual encontrarse «vórtices» que introducen una alta permanencia de las aguas en las zonas afectadas. Es por ello que para la correcta aplicación de la ponderación espacial a considerar se debe de realizar un estudio de las corrientes marinas y de estructura de las masas de agua que nos describan un conocimiento profundo del medio receptor de las sustancias contaminantes.

En el apartado de aguas litorales introduciremos aquellas zonas que por sus usos, características topográficas y dinámicas no presentan ninguna singularidad. Estas aguas son las que normalmente discurren paralelas a la costa siguiendo los vaivenes típicos de las corrientes litorales.

Así para obtener los valores representativos de la zona del estudio para cada indicador ambiental se procederá inicialmente a la división de ésta en celdas o subzonas de igual tamaño, asignándosele a cada una de ellas el tipo al que pertenecen dentro de los cuatro descritos anteriormente.

Dentro de cada tipo de zona se le han asignado a los indicadores ambientales unos valores que oscilan entre 1 y 4 en función de su importancia específica, para la ponderación espacial de los mismos y obtención del valor medio ponderado de cada uno de ellos para toda la zona a evaluar.

Si una misma subzona presenta diferentes aspectos a considerar, el valor que tome la ponderación de cada uno de los indicadores será el mayor de los existentes en los tipos considerados. Así si una zona es de baños y cultivos marinos las ponderaciones consideradas se realizarían en base a los valores dados para zonas de cultivos por ser mayores en su totalidad.

Como puede observarse en la tabla 1 se ha asignado el valor 1 a todos los parámetros en la zona de aguas litorales. En la zona de aguas de poca renovación se han considerado como más importantes, con valor 3 la transparencia, oxígeno disuelto, ortofosfatos, nitratos, clorofila, estos indicadores reflejan la influencia de la carga orgánica sobre el medio y el posible desequilibrio del mismo. Al igual se consideran los metales pesados más tóxicos cadmio, plomo y mercurio.

En las zonas de baño se consideran de máxima importancia, valor 4, los coliformes fecales como indicadores de contaminación fecal y probabilidad de presencia de bacterias patógenas, así como la transparencia de las aguas.

Las zonas de cultivos marinos son las que presentan unos índices mayores dado que son las zonas más peligrosas, pues a través de la cadena trófica es como pueden llegar al hombre productos tóxicos, sobre todo por medio de filtradores.

	BAÑOS	CULTIVO	POCA RENOVACION	AGUAS LITORALES
p1-pH	3	3	2	1
p2-Transparencia	4	4	3	1
p3-Oxígeno disuelto	2	4	3	1
p4-Sólidos suspensión	3	3	2	1
p5-Ortofosfatos	1	3	3	1
p6-Amonio	1	2	2	1
p7-Nitratos	1	3	3	1
p8-Coli fecales	4	4	2	1
p9-Clorofila a	2	4	3	1
p10-Fenoles	2	4	2	1
p11-Cromo	1	4	2	1
p12-Cadmio	2	4	3	1
p13-Plomo	2	4	3	1
p14-Cobre	1	4	2	1
p15-Níquel	1	4	2	1
p16-Zinc	1	4	2	1
p17-Arsénico	1	4	2	1
p18-Mercurio	2	4	3	1
p19-Temperatura agua	2	3	2	1
p20-Detergentes	3	3	2	1

TABLA 1. Ponderación espacial (1, 2, 3, 4 = al)

3. FUNCIONES DE EQUIVALENCIA. INDICES DE CALIDAD

Una vez obtenido el valor medio ponderado para cada indicador en base a los datos representativos de cada subzona en la que se ha dividido el ámbito

de estudio, se debe de abordar el transformar dichos valores de los indicadores ambientales en sus correspondientes índices de calidad.

Para el cálculo de dichos índices se han determinado las funciones de equivalencia que nos transforman los valores físicos de los distintos parámetros en sus índices de calidad, los cuales varían entre 0 y 10, siendo 10 el índice óptimo y 0 el pésimo.

La determinación de las funciones de equivalencia, representa un punto básico del presente modelo y se han determinado subjetivamente por el equipo investigador atendiendo a su experiencia en trabajos realizados, como son los estudios ambientales en Guipúzcoa, Cartagena, Valencia, Pontevedra, asimismo de los trabajos que se realizaron en la Bahía del Sena, costa de Marsella y algunos otros datos puntuales.

Se consideró los resultados obtenidos en diferentes estudios sobre toxicidad de los indicadores ambientales principalmente de metales pesados (Marine Pollution and Sea Life. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations by Fishing News (Books) Ltd., y Journal Water Pollution Control Federation, 35). Asimismo se analizaron las legislaciones europeas sobre la calidad de las aguas marinas. De esta forma se intentó en los casos que ha sido posible hacer corresponder el Índice de Calidad cinco con el límite dado para la zona de cultivos marinos.

Así pues se ha obtenido una función de equivalencia para cada indicador ambiental tal que:

$$I_i = f_i(\lambda_{mi})$$

siendo λ_{mi} el valor medio ponderado para la zona del estudio, e I_i el índice de calidad correspondiente. Estas funciones son:

1. pH

- $\text{pH} < 6$
 $I = 0$
- $6 \leq \text{pH} < 7,5$
 $I = 3,33 \lambda_{mi} - 20$
- $7,5 \leq \text{pH} < 7,8$
 $I = 16,66 \lambda_{mi} - 120$
- $7,8 \leq \text{pH} < 8,2$
 $I = 10$
- $8,2 \leq \text{pH} < 9,5$
 $I = -7,69 \lambda_{mi} + 73,08$
- $\text{pH} \geq 9,5$
 $I = 0$

2. Transparencia. (m)

- $\lambda_{mi} < 1$
 $I = 0$
- $1 \leq \lambda_{mi} < 15$
 $I = \ln(110,1 \lambda_{mi}^2 - 189,4 \lambda_{mi} + 86,7)$
- $\lambda_{mi} > 15$
 $I = 10$

3. Oxígeno disuelto. (mg/l)

- $\lambda_{mi} < 4$
 $I = 0$
- $4 \leq \lambda_{mi} < 7$
 $I = 10/3 \lambda_{mi} - 40/3$
- $7 \leq \lambda_{mi} < 11$
 $I = 10$
- $11 \leq \lambda_{mi} < 16$
 $I = -2 \lambda_{mi} + 32$
- $\lambda_{mi} \geq 16$
 $I = 0$

4. Sólidos en suspensión. (mg/l)

- $0 \leq \lambda_{mi} \leq 50$
 $I = -0,2 \lambda_{mi} + 10$
- $\lambda_{mi} > 50$
 $I = 0$

5. Ortofosfatos. ($\mu\text{g-at/l}$)

- $\lambda_{mi} < 0,1$
 $I = 10$
- $0,1 \leq \lambda_{mi} \leq 50$
 $I = -3,7 \lg \lambda_{mi} + 6,3$
- $\lambda_{mi} > 50$
 $I = 0$

6. Amonio. ($\mu\text{g-at/l}$)

- $0 < \lambda_{mi} \leq 2$
 $I = -5/2 \lambda_{mi} + 10$
- $2 < \lambda_{mi} \leq 30$
 $I = -5/28 \lambda_{mi} + 150/28$
- $\lambda_{mi} > 30$
 $I = 0$

7. Nitratos. ($\mu\text{g-at/l}$)

- $0 \leq \lambda_{mi} \leq 8,61$
 $I = 100/(0,4 \lambda_{mi} + 4,4) - 51/4$
- $\lambda_{mi} > 8,61$
 $I = 0$

8. Coliformes fecales. (n.º org/100 ml)

- $0 \leq \lambda_{mi} < 10$
 $I = 10$
- $10 \leq \lambda_{mi} \leq 1.000$
 $I = -1/99 \lambda_{mi} + 1.000/99$
- $\lambda_{mi} > 1.000$
 $I = 0$

9. Clorofila a. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{\text{m}} \leq 10$
 $I = -\lambda_{\text{m}} + 10$

b) $\lambda_{\text{m}} > 10$
 $I = 0$

10. Fenoles. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{\text{m}} < 5$
 $I = 10$

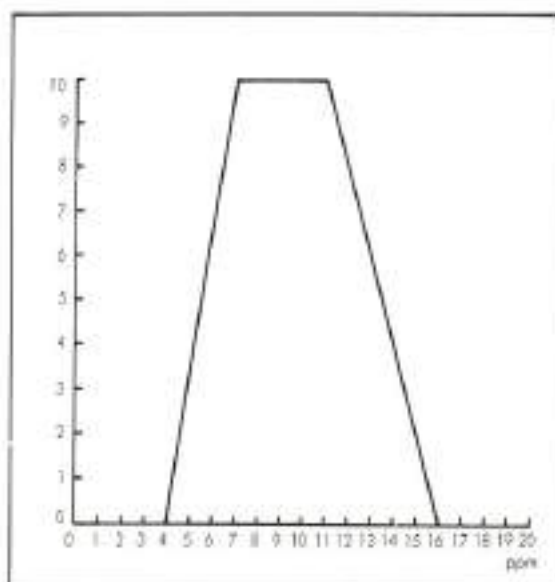


FIGURA 1. Función de equivalencia del oxígeno disuelto.

b) $5 \leq \lambda_{\text{m}} \leq 50$

$I = 50 / (0,25 \lambda_{\text{m}} + 2,5) - 10/3$

11. Cromo. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{\text{m}} \leq 10^{-4}$
 $I = 10$

b) $10^{-4} < \lambda_{\text{m}} \leq 5 \cdot 10^{-2}$
 $I = -1,85 \lg \lambda_{\text{m}} + 2,6$

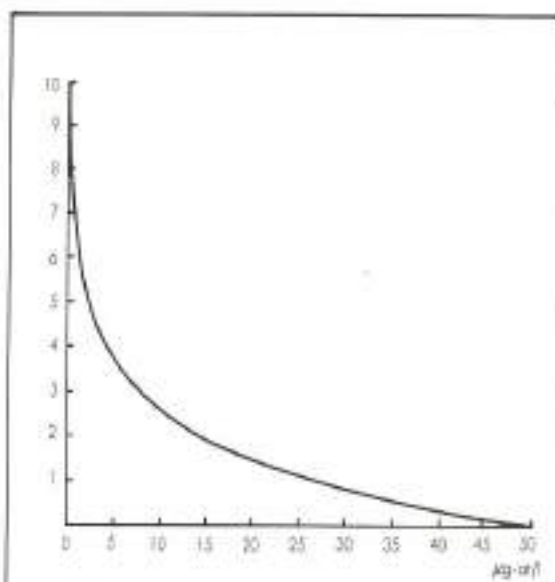


FIGURA 2. Función de equivalencia de los ortofosfatos.

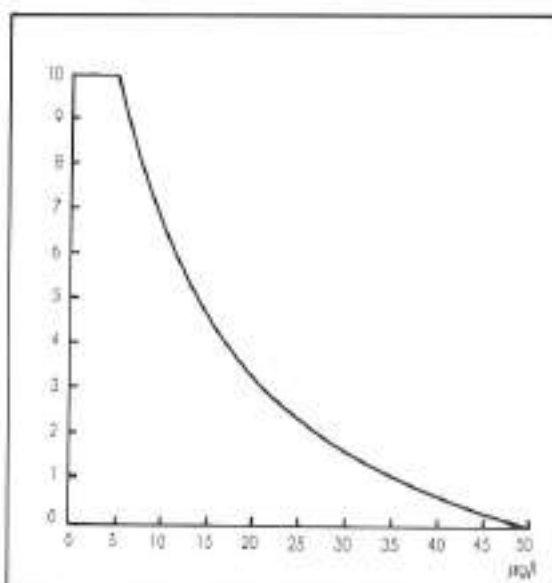


FIGURA 3. Función de equivalencia de los fenoles.

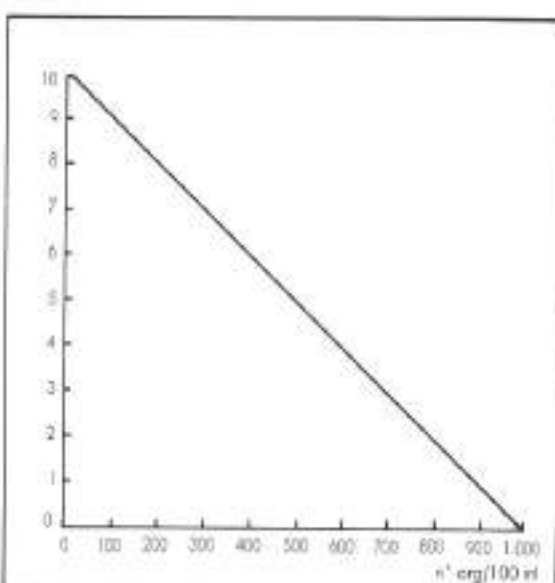


FIGURA 4. Función de equivalencia de los coliformes fecales.

c) $5 \cdot 10^{-2} < \lambda_{m1} \leq 10^{-1}$
 $I = -16,61 \lg \lambda_{m1} + 16,61$

d) $\lambda_{m1} > 10^{-1}$
 $I = 0$

12. Cadmio. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 10^{-4}$
 $I = 10$

b) $10^{-4} < \lambda_{m1} \leq 10^{-2}$
 $I = -2,5 \lg \lambda_{m1}$

c) $10^{-2} < \lambda_{m1} \leq 5 \cdot 10^{-2}$
 $I = -125 \lambda_{m1} + 6,25$

d) $\lambda_{m1} > 5 \cdot 10^{-2}$
 $I = 0$

13. Plomo. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 10^{-3}$
 $I = 10$

b) $10^{-3} < \lambda_{m1} \leq 10^{-1}$
 $I = -2,5 \lg \lambda_{m1} + 2,5$

c) $10^{-1} < \lambda_{m1} \leq 5 \cdot 10^{-1}$
 $I = -12,5 \lambda_{m1} + 6,25$

d) $\lambda_{m1} > 5 \cdot 10^{-1}$
 $I = 0$

14. Cobre. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 10^{-3}$
 $I = 10$

b) $10^{-3} < \lambda_{m1} \leq 10^{-1}$
 $I = 2,5 \lg \lambda_{m1} + 2,5$

c) $10^{-1} < \lambda_{m1} \leq 0,75$
 $I = -7,69 \lambda_{m1} + 5,77$

d) $\lambda_{m1} > 0,75$
 $I = 0$

15. Níquel. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 10^{-3}$
 $I = 10$

b) $10^{-3} < \lambda_{m1} \leq 10^{-1}$
 $I = -2,5 \lg \lambda_{m1} + 2,5$

c) $10^{-1} < \lambda_{m1} \leq 0,75$
 $I = -7,69 \lambda_{m1} + 5,77$

d) $\lambda_{m1} > 0,75$
 $I = 0$

16. Zinc. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 10^{-2}$
 $I = 10$

b) $10^{-2} < \lambda_{m1} \leq 1$
 $I = -2,5 \lg \lambda_{m1} + 5$

c) $1 < \lambda_{m1} \leq 5$
 $I = -1,25 \lambda_{m1} + 6,25$

d) $\lambda_{m1} > 5$
 $I = 0$

17. Arsénico. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 10^{-4}$
 $I = 10$

b) $10^{-4} < \lambda_{m1} \leq 10^{-1}$
 $I = -1,66 \lg \lambda_{m1} + 3,34$

c) $10^{-1} < \lambda_{m1} \leq 5 \cdot 10^{-1}$
 $I = -7,15 \lg \lambda_{m1} - 2,15$

d) $\lambda_{m1} > 5 \cdot 10^{-1}$
 $I = 0$

18. Mercurio. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 10^{-4}$
 $I = 10$

b) $10^{-4} < \lambda_{m1} \leq 10^{-2}$
 $I = -5 \lg \lambda_{m1} - 10$

c) $\lambda_{m1} > 10^{-2}$
 $I = 0$

19. Incremento de la temperatura. ($^{\circ}\text{C}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 3$
 $I = -5/3 \lambda_{m1} + 10$

b) $3 < \lambda_{m1} \leq 5$
 $I = -2,5 \lambda_{m1} + 12,5$

c) $\lambda_{m1} > 5$
 $I = 0$

20. Detergentes aniónicos. ($\mu\text{g/l}$)

a) $0 \leq \lambda_{m1} \leq 200$
 $I = -0,025 \lambda_{m1} + 10$

b) $200 < \lambda_{m1} \leq 1.000$
 $I = -5/800 \lambda_{m1} + 6,25$

c) $\lambda_{m1} > 1.000$
 $I = 0$

4. PONDERACION DE LOS INDICADORES AMBIENTALES POR SU IMPORTANCIA RELATIVA

Todos los indicadores ambientales no tienen la misma importancia sobre la calidad de las aguas, es importante por ello resaltar aquellos que inciden más directamente. Ponderaremos los índices de calidad, repartiendo 10 unidades entre los indicadores que entran en juego; los pesos serán directamente proporcionales a 12, 6, 4, 3, siendo:

- 12. Parámetro muy importante.
- 6. Parámetro con importancia media.
- 4. Parámetro con importancia débil.
- 3. Parámetro poco significativo.

Si llamamos a estos números de importancia relativa q_i , la ponderación de cada parámetro vendrá dada por:

$$H_i = 10 q_i / \sum q_i$$

OLLEARIS

**Alta tecnología en fabricación por "Filament Winding"
de Tuberías en Poliéster/Vidrio
para abastecimientos y saneamiento**

HOMOLOGADA POR EL MOPU
15-9-86 BOE n.º 228 de 23-9-86

Ventajas:

- Excelentes propiedades hidráulicas que se traduce en la reducción del diámetro con relación a los materiales convencionales.
- Ligero de peso, del orden de 5 veces inferior al de las tuberías tradicionales, lo que facilita su instalación.
- Alta resistencia mecánica, similar a la del acero según sea la dirección de la carga.
- Gran resistencia química, incluso en su superficie exterior, lo que permite su utilización en terrenos salinos o contaminados.
- Buen comportamiento al aplastamiento y frente a los asentamientos diferenciales.

Aplicaciones:

CANALIZACIONES PARA:

- Saneamiento o alcantarillado.
- Agua potable o de mar.
- Efluentes industriales.
- Industrias químicas (para química y del petróleo).

- Redes contra incendio.
- Circuitos de refrigeración.
- Sistemas de riego.
- Tratamiento de aguas y desalinización.
- Centrales hidroeléctricas.



Nuestros productos:

- Tuberías y accesorios • Tanques y depósitos
- Cisternas y contenedores de transporte, homologados ADR • Torres de levedo
- Chimeneas • Recubrimientos • Juntas y fuelles
- Pavimentos

Materiales:

- Poliéster reforzado con fibra de vidrio
- Termoplásticos (PVC, PP, PVDF, etc.)
- Termoplásticos reforzado con poliéster-vidrio
- Plomo puro y aleado
- PTFE (Politetrafluoretileno)



50 años de experiencia nos avalan

Calle Molí, s/n.
Pol. Ind. Rocca
Tel: 93 599 32 00
Telex: 97428 ALLS
Fax: 93 55 35 16
Martorelles del Vallès
(Barcelona-España)
Apart. 146 de Molí del Vallès

Fábricas en: SEVILLA y MARRUECOS

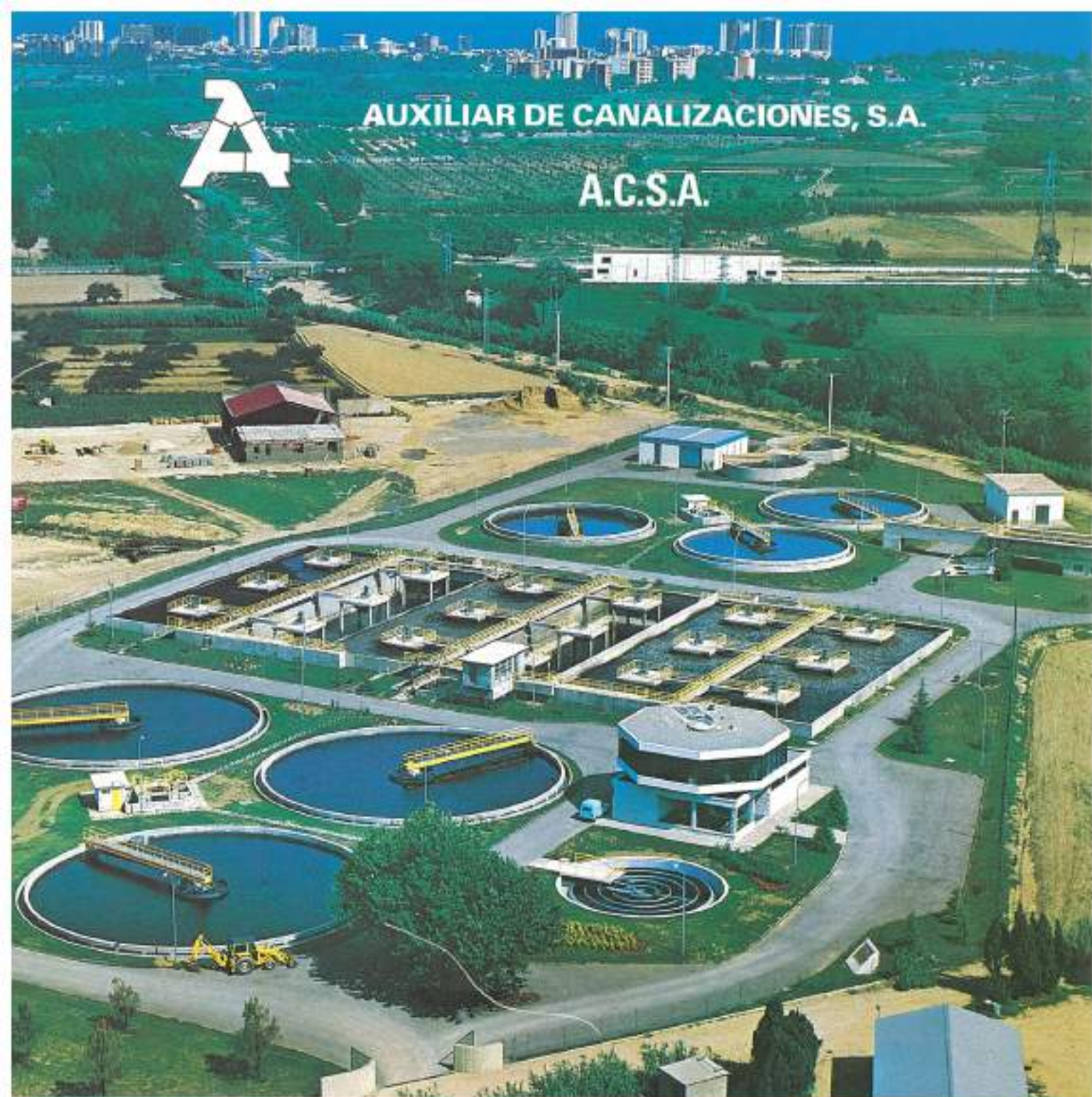
OLLEARIS, S.A.

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE:
EQUIPOS, DEPÓSITOS Y TUBERÍAS EN:
MATERIALES REFORZADOS, TERMOPLÁSTICOS (PVC, PP) P.T.F.E.



AUXILIAR DE CANALIZACIONES, S.A.

A.C.S.A.



Abastecimientos de agua, Depósitos
Estaciones depuradoras, Redes de saneamiento
Emisarios submarinos
Gasoductos
Conservación de redes
Galerías, defensas de cauces, muros de contención
Instalaciones de bombeo y pavimentaciones

Central:

Manso Casanovas, s/n.
Tel.: 236 87 00 - 08026 BARCELONA

Oficina:

Marqués de la Ensenada, 14
Tel.: 410 15 50 - 28004 MADRID

Delegaciones:

Brasil, 19 - Tel.: 70 52 16
46003 VALENCIA
Escultor Galmes, 2 - Tel.: 29 25 24
07004 PALMA DE MALLORCA
Camino de Purchill, s/n.
(Fte. Molino La Torreccilla)
Tel.: 257 56 62 - GRANADA

dé una situación costera excelente la rebaja a buena y otro de aceptable a deficiente o pésima. En ambos casos la diferencia entre las unidades de impacto con y sin proyecto podrían ser igual, siendo el factor R el que corrige esta anomalía.

Se debe de considerar que una misma carga contaminante no produce siempre los mismos efectos y ello dependerá del medio receptor. Así una carga introducida en una zona exenta de contaminación podría ser asimilada por el medio sin dar lugar a procesos degradantes graves y sin embargo en un medio ya contaminado podría dar lugar a rebasar el poder de autodepuración del mis-

mo y desencadenarse procesos irreversibles de degradación.

Factor R	IUIcp
0,1	> 80
0,3	> 60
0,6	> 40
0,8	> 20
1,0	< 20

La *EIA* puede tomar valores entre 0 y 100, pudiéndose determinar para las distintas alternativas de un proyecto permitiendo una comparación entre ellos.



AEPO, S. A.

Estudios y Proyectos
Rafael Calvo, 9
Tel.: 446 64 00
MADRID-10

CAMPOS DE ACTIVIDAD

Carreteras y autopistas; ferrocarriles; presas; estudios hidrogeológicos; ingeniería sanitaria; regadíos; encauzamientos y acondicionamientos; estructuras; urbanismo.

SERVICIOS

Estudios previos económicos y de viabilidad. Anteproyectos y proyectos en las actividades mencionadas.

Programas de trabajo y asistencia técnica durante la fase de construcción.

Asesoramiento para evaluación de ofertas, informes técnicos y económicos, peritajes, etc.

ACTIVIDADES EN EL EXTRANJERO

Proyectos: Kuwait, Argelia, Irak.

Asistencia técnica: Emirato de Sharjah, Guatemala, Grecia y Nicaragua (U.N.D.P.).



GESMARINA, S. A.

- Diseño y Proyectos de Obras Marítimas.
- Gestión y Explotación de Puertos Deportivos.



Calle Pedraza, 12, 2.º I
Teléfono: 77 92 12
29600 Marbella

PUERTO DEPORTIVO
(URUGUAY)

TRANSFORMACIONES EN LA ALTURA SIGNIFICANTE DE LAS OLAS

AUTORES: S. Hugnos y H. C. Milor

IDIOMA: Inglés

REVISTA: Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering

PAGINAS: 588 a 605

FECHA: Noviembre 1987

SECCION: 71

CLASIFICACION: Puertos y Costas

RESUMIDO POR:

JOSE RAMON AMOROS SERRET

Centro de Estudios de Puertos y Costas

INTRODUCCION

La descripción de los estados del mar a través de una formulación estadística o espectral pasa a través del conocimiento de la llamada altura de ola significativa como elemento representativo de ese oleaje. Utilizada en las fórmulas de diseño de obras en ingeniería portuaria y de costas, la altura de ola significativa admite la ya conocida interpretación energética según la cual H_{ms} viene a ser el cuádruplo de la raíz cuadrada del área encerrada por el espectro. H_{ms} coincide con H_s (calculado como promedio del tercio superior de alturas salvo en el caso de aguas someras u ondas muy tendidas), con un período de oleaje asociado con el del pico de energía espectral.

El fenómeno de la transformación de estas alturas de ola entre posiciones a distinta profundidad debe conocerse para aplicar el correcto valor en las fórmulas de diseño. Esta transformación ha sido testada por los autores a través de un seguimiento de 198 pares de datos desde las profundidades de 18 m a las más someras de 8 m. Las comparaciones entre las alturas de ola predichas y medidas indican que este tipo de transformaciones presenta un comportamiento mejor que el shoaling de olas con la altura significativa calculada a través de la teoría lineal de oleaje, aunque se señala que para períodos de onda grandes no se recogen resultados agrupados en el método seguido por los autores.

DEL DESARROLLO POR PROCEDIMIENTO. FORMULACION DE LA TRANSFORMACION DE ALTURAS DE OLA

Basándose en el desarrollo ya realizado de una forma espectral parametrizada conocida como Joint Sea Water Project para aguas profundas (JONSWAP, HASSELMANN et al., 1973) se añaden particularizaciones más actuales (BOUWS et al., 1985) que proporcionan una primera aproximación para la forma espectral en profundidades reducidas (Forma espectral TMA, obtenida parametrizando datos de TEXEL, MARSEN y ARSLOE). El resultado final es el espectro JONSWAP multiplicado por un factor que tiene en cuenta la profundidad y la frecuencia. La energía espectral total de esta formulación resulta ser (VINCENT, 1984)

$$E = C_1 \frac{\alpha}{4} N_p^{-2}$$

$$C_1 \sim 1$$

$$\alpha = 0,0078 u \left(\frac{2\pi}{g L_p} \right)^{1/2}$$

N_p número de onda asociada a la frecuencia pico. De aquí resulta

$$H_{ms} = 4(E)^{1/2} = \frac{(C_1 \alpha)^{1/2}}{\pi} L_p$$

de donde

$$\frac{H_{ms}}{L_p^{3/4}} = 0,0445 \frac{(C_1 u)^{1/2}}{g^{1/4}}$$

que denota que el término $\frac{H_{ms}}{L_p^{3/4}}$ permanece sensiblemente constante para una velocidad de viento dada.

En este orden de ideas KAITAGORADSKI (1983) presenta una forma para el equilibrio en aguas profundas análogo al espectro de KOLMORGOROFF en turbulencia. El rango de equilibrio es el resultado de un flujo energético hacia las altas frecuencias debido a interacciones no lineales entre ondas. De análoga manera al TMA este espectro encierra una energía

$$E = \frac{C_2 \alpha u}{3 g^{1/2}} N_p^{-3/2}$$

$$C_2 \sim 1$$

$$\alpha_s = 0,0045$$

resultando de aquí

$$\frac{H_{ms}}{L_p^{3/4}} = 0,0390 \frac{(C_2 u)^{1/2}}{g^{1/4}} = \text{constante}$$

De aquí que considerando dos puntos a distintas profundidades 1 y 2, se pueda escribir

$$\frac{H_{ms1}}{H_{ms2}} = \left(\frac{L_{p1}}{L_{p2}} \right)^{3/4}$$

que es la ecuación de transformación utilizada en el estudio.

De la aplicación de la teoría del shoaling para ondas lineales llegamos a

$$\frac{H_{m0,1}}{H_{m0,2}} = \left(\frac{Cg_2}{Cg_1} \right)^{1/2}$$

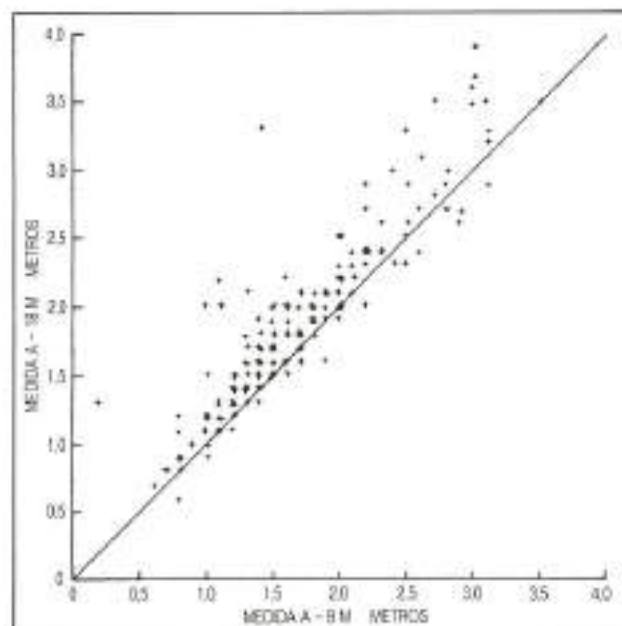


FIGURA 1. ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE MEDIDAS A 18 M DE PROFUNDIDAD VERSUS LAS MEDIDAS A 8 M DE PROFUNDIDAD.

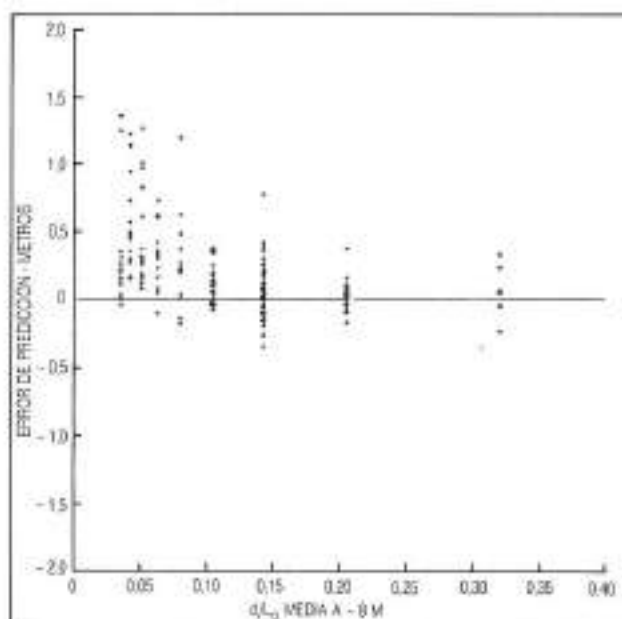


FIGURA 3. PREDICCIÓN DEL ERROR COMETIDO A 8 M DE PROFUNDIDAD (VALORES PREDICHOS MENOS VALORES MEDIDOS) EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD RELATIVA.

donde las Cg son las conocidas velocidades de grupo asociadas con la frecuencia espectral de pico para cada uno de los puntos.

Aplicando esta teoría a los datos de campo (Figs. 1, 2 y 3) obtenemos un error de predicción (H_{m0} predicha - H_{m0} medida) en función de la profundidad relativa d/L_0 . Como media la

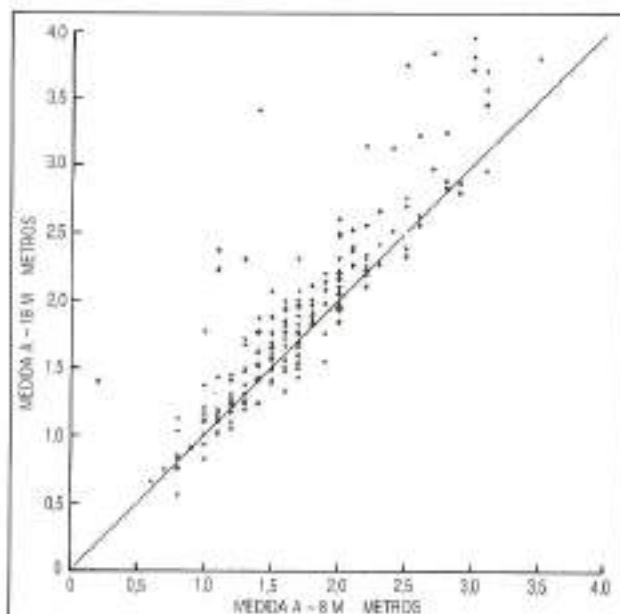


FIGURA 2. ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE PREDICHAS A 18 M DE PROFUNDIDAD USANDO TEORÍA LINEAL VERSUS LAS MEDIDAS EN PROTOTIPO.

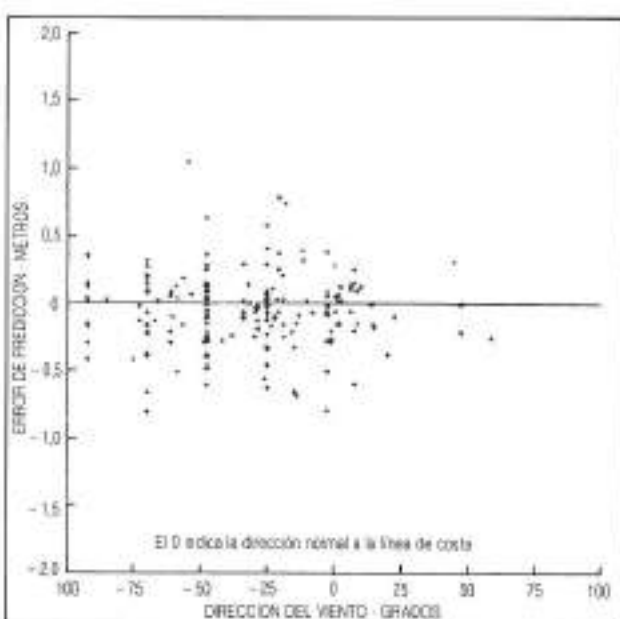


FIGURA 4. ERROR DE PREDICCIÓN TMA A 8 M DE PROFUNDIDAD (ALTURA PREDICHA MENOS ALTURA MEDIDA) EN FUNCIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO.

teoría lineal para el shoaling predice un 14 % por exceso, mientras utilizando la fórmula de transformación encontrada se puede realizar sobre el mismo ensayo un análisis de regresión mostrando

$$H_{m0}(\text{predicha}) = -0,058 + 1,006 H_{m0}(\text{medida})$$

cuyo promedio proporciona una estimación de solamente un 1,2 % en exceso de los valores reales.

Examinando el valor de la predicción con relación a las direcciones del viento (Fig. 4) no parecen encontrarse efectos direccionales en el resultado. Un análisis similar indica que el error de predicción no se altera con la variación en duración del viento.

CONCLUSIONES

Los autores señalan que con las salvedades inherentes a la metodología utilizada, la aplicación de la ecuación de transformación parece cumplir con los requisitos exigidos para la transformación de altura de ola significativa, salvo para su utilización en periodos de onda elevados ($d/L_0 < 0,1$) donde el método produce incertidumbres que deben ser estudiadas con mayor profundidad.

REFERENCIA DE CONSULTA

1

Normas para la presentación de artículos técnicos en la revista INGENIERIA CIVIL

1. Los artículos técnicos que se proponen para ser publicados en **Ingeniería Civil** se deberán ajustar a las presentes normas.
Han de ser inéditos y versar sobre alguna de las materias habituales de esta revista.
2. Las colaboraciones deben dirigirse al Comité de Redacción de **Ingeniería Civil**, Gabinete de Formación y Documentación del CEDEX, Calle Alfonso XII, 3, 28014 Madrid (España), el cual examinará los trabajos presentados, procediendo bien a su aceptación o a la devolución a sus autores, señalando en este caso posibles modificaciones o su rechazo total.
3. Los originales deben presentarse mecanografiados a doble espacio, paginados en hojas de tamaño UNE-A4 y escritos por una única cara.
Se recomienda una extensión total de originales entre 10 y 20 páginas.
4. Los gráficos, figuras o fotos han de ir numerados y señalados con la palabra FIGURA. Los cuadros y tablas se numerarán independientemente de las figuras y se señalarán con la palabra TABLA. Todos ellos han de presentarse por separado del texto principal, pero su posición en el mismo debe señalarse en el margen.
5. Las figuras o tablas habrán de ser originales debidamente delineados, las fotografías o diapositivas se presentarán también en original y en la mayor calidad posible. Todas ellas deberán ir acompañadas de su correspondiente pie mecanografiado.
6. Todas las figuras o tablas deben ser definitivas, por lo que su ortografía y lenguaje han de ser correctos. Las dimensiones de las figuras o tablas deben plantearse de manera que abarquen todo el espacio del texto o el de una columna, de forma que el tamaño de los rótulos o leyendas de las mismas, si es preciso reducirlos, sea legible.
7. Las referencias bibliográficas citadas en el texto se recogerán al final del mismo, en un apartado titulado BIBLIOGRAFIA, irán catalogadas según la normativa vigente (ISO 30, Identificación Bibliográfica de Publicaciones Seriadas).
8. Los títulos han de ser concisos y deben reflejar exactamente el contenido del trabajo.
9. Los autores indicarán su nombre y sus dos apellidos, el Organismo o empresa a que pertenezcan, el cargo y sus titulaciones.
10. Todo artículo debe acompañarse, en su comienzo, de un resumen analítico de extensión entre 100 y 200 palabras, que recoja de una manera sucinta los resultados y conclusiones del artículo, y señale especialmente la información novedosa del mismo.