Contribuciones españolas recientes a la Ingeniería de Costas

PEDRO SUÁREZ BORES

1. INTRODUCCIÓN

Alguien señaló hace ya algunos años que los puertos más importantes del mundo no tienen obras de abrigo. ¡Y tenía razón!. Las obras marítimas realmente exteriores, abiertas a los oleajes oceánicos y formando dársenas abrigadas no son frecuentes en ninguna costa del planeta. Generalmente, la construcción de puertos se realiza en áreas naturalmente abrigadas, “harbours”. Solo en España y algunos otros, pocos, países esto no sucede, a pesar de que las costas españolas, incluso las del Mediterráneo son, salvo excepciones, muy batidas.

La climatología, geografía y una larga historia: con agricultura muy temprana y tácticas guerreras de tierra calcinada, junto con costas muy poco articuladas, son elementos fundamentales que han comprometido a España en una pugna con el mar que ha perdurado durante milenios. Antes de nuestra Era los protogallegos –megalíticos ó célticos, pero seguro preromanos– habían ya construido un refugio, **Bares**, cuyo largo pasado resistiendo la acción del mar se manifiesta en la esfericidad y pulimento de sus desgastados cantos. Los restos del puerto de **Ampurias** –quizá griegos, probablemente romanos– nos muestran en sus ruinas la dureza de los Levantes, mientras que el puerto de Ostia, su coetáneo, se encuentra intacto, enterrado entre los aluviones del Tiber.

Desde tan lejanos tiempos y mucho más en la actualidad el uso de la costa en la Península Ibérica es variadísimo: recreativo (balneario, náutico), industrial (pesca, transporte, etc.) etc...

Respondiendo a esta necesidad la Ingeniería de Costas ha tenido y tiene en la actualidad una gran vitalidad.

2. OLEAJE Y DIQUES

Hace ya más de medio siglo que en la revista de Obras Públicas de Abril de 1934 se publicaba un artículo del entonces Catedrático de Puertos de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, **Don Eduardo J. de Castro**, titulado **Diques de Escollera**, en el que este eminente ingeniero proponía una fórmula para el cálculo del peso de los cantos del manto principal de los diques de escollera. Junto con las fórmulas de Sainflou (1928) y Lira (1929), para diques verticales, la contribución del Prof. Castro sobre diques de escollera vino a constituir la base tecnológica de la naciente ingeniería de Costas, hasta entonces puramente artesanal, al estar limitados los criterios de dimensionamiento de los diques a una serie de rutinas y recomendaciones.

No tenemos conocimiento del método seguido por Castro para la deducción de su fórmula pero el término correspondiente a la densidad:

$$d / (d-1)^3$$

nunca ha sido discutido y se perpetúa en todas las fórmulas propuestas posteriormente, Iribarren (1938), Hedar (1953), Hudson (1959), (1961), Iribarren (1965), Losada (1980), etc. Incluso el término correspondiente a la altura de la ola:

$$H^3$$

es también conservado en todas las formulaciones posteriores, con una sola variable climática, Iribarren (1938), Hedar (1953), Hudson (1961), Iribarren (1965), etc. Solamente el término en (α) ha sido objetado, Iribarren (1938), Hedar (1953), Iribarren (1965), etc.

Su sucesor en la Cátedra de Puertos, nuestro querido maestro e insigne ingeniero, **Don Ramón Iribarren**, metodiza el cálculo de las obras marítimas exteriores, pasando de unas soluciones más o menos empíricas a una auténtica Ingeniería de Costas. Sobre bases deterministas Iribarren investiga la estructura de la fórmula para diques de escolleta, (1938), (1965), deduce nuevas fórmulas de aplicación a los diques verticales con y sin rotura del oleaje y, lo que es quizás más importante, metodiza la determinación de la altura de onda, determinista, de cálculo y normaliza el dimensionamiento de la sección de los diques: verticales, mixtos y de escollera (1956).

Aunque la teoría de las ondas había sido totalmente desarrollada, tanto en profundidades indefinidas como reducidas, ya en el siglo pasado –Gerstner (1809), Airy (1845), Sotkes (1880), etc.– y su aplicación a la propagación del oleaje en el mar había sido ya considerada por el gran geomorfólogo norteamericano Davis y recogida por Johnson (1919), Benezit (1924), etc., su aplicación metódica al proyecto de las obras marítimas estaba por hacer. Sin duda su **Método de los Planos de Oleaje**, (1941), (1949), constituye una posibilidad práctica de determinar una onda de cálculo en cualquier punto de costa, habida cuenta de la posible refracción –expansión frontal– y difracción –expansión lateral– que pudiera existir. Una buena parte de su contribución en este campo se encuentra compendiada en un **Tratado de Obras Marítimas Exteriores: Oleaje y Diques**, (1956), redactado con la colaboración de Don Casto Nogales.

Al iniciarse la segunda mitad del presente siglo se introducen los métodos estadísticos en el estudio del oleaje: Geometría estadística, Longuet-Higgins (1952), Análisis espectral, Pierson (1952), Distribuciones medias y extremales de estados del mar, Saville (1953), etc. El oleaje deja de ser tratado como una onda teórica para ser considerado como un proceso estocástico de dos componentes: Uno de largo período –descrito por los correspondientes distribuciones de sus variables en el año medio–, otro de fluctuación, de corto período –descrito por las distribuciones de las variables para un estado del mar–.

Siendo el registro directo el método más adecuado para la observación de las diversas variables estocásticas, tanto del oleaje como otros agentes climáticos, nuestra solución consistió en el Proyecto e instalación de la **Red Exterior de Registro del Oleaje**, Bores (1973), (1974), formada por un sistema de registro constituido por un conjunto de estaciones de observación situadas sobre el litoral, tanto de la península como de las islas, Baleares y Canarias, cumpliendo las siguientes especificaciones fundamentales:

- Ausencia de refracción en el lugar de emplazamiento de los registradores.
- Ausencia de efecto de configuración del fetch local.

- Ausencia de singularidades climáticas entre cada dos registradores, permitiendo la interpolación lineal de las observaciones entre los datos de registradores consecutivos.
- Posibilidad de correlación entre los puntos de observación de la red y los restantes puntos de la plataforma costera.

Desde un punto de vista informático la Red Exterior de Registro del Oleaje fue diseñada como un sistema centralizado, Tejedor (1974), directamente conectado cada estación de la Red con una Central de Proceso y registro de datos instalada en el Laboratorio de Puertos de Madrid.

El proyecto de un nuevo pantalán en el Puerto de Sagunto, encargado por Cubiertas y Tejados en Abril de 1976. así como el estudio de las averías del Dique de Punta Lucero, encargado por la Junta del Puerto de Bilbao en Agosto de 1976, nos planteó el problema general de la estabilidad de las obras marítimas con varios componentes de fallo, cada uno de ellos con sus correspondientes clases, modos, etc. de fallo y cada uno de ellos con sus variadas variables aleatorias.

La definición general del Método Sistemático Multivariado, contribución resultante de estos estudios, Bores (1977), (1978), (1979), sintetiza su alcance:

“Todas las realizaciones del hombre –obras, operaciones e ideas– se ejecutan y, previamente, se diseñan para cumplir una determinada función durante un cierto tiempo, vida previsible o de servicio, debiendo poder resistir sin ninguna clase de fallo, tanto de sus componentes como de la realización como un conjunto, la acción combinada de todas las variables de todos los agentes ambientales –climáticos, geodinámicos, etc.– antrópicos, etc. con unas determinadas especificaciones de las variables de diseño –precisión/vulnerabilidad/rango/certidumbre– y para una fiabilidad admisible ó de diseño.”

Los ensayos realizados en el Danish Hydraulic Laboratory y en el Hovercraft Corporation Laboratory, por encargo de la Junta del Puerto de Bilbao durante los años 1977 y 1978 nos ha permitido la estima de las curvas caracterís para el manto principal de los diques de escollera.

3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD, CLASIFICACIÓN Y FORMULACIÓN DE PLAYAS

El año 1947 es muy importante en el análisis de estabilidad de las playas abrigadas, ya que en el número de Mayo de la Revista de Obras Públicas se publican unas reflexiones de D. Ramón Iribarren sobre la sobreelevación teórica originada por el movimiento ondulatorio de las ondas de gravedad antes de su rotura. En el número de Junio hace aplicación de esta sobreelevación teórica originada por el movimiento ondulatorio de las ondas de gravedad antes de la rotura a la playa de Fuenterrabía y posteriormente a otras del litoral guipuzcoano –Deva, etc.–, estimando las corrientes producidas por este gradiente de sobreelevación teórico. Esta contribución tiene un gran valor en lo que afecta a la posible existencia de otras corrientes y transporte sólido litoral que las originadas por la incidencia oblicua del oleaje, única considerada hasta entonces principalmente por la escuela americana, Putnan, Munk y Traylor (1949) y otros, pero de ninguna manera permite deducir la forma de estabilidad de las playas abrigadas.

Precisamente el hecho de que la sobreelevación real, física, así como las corrientes y transporte sólido asociados **Qs**, se produzca únicamente en el estrán y su inmediato entorno, lo mismo que ocurre con las corrientes producidas por la incidencia oblicua del oleaje **Qa**, Johnson y otros (1949), etc. hacen que el transporte total litoral **Qt** sea precisamente la composición de ambos transportes **Qs** y **Qa**.

Cuando el transporte total, **Qt**, es nulo en una determinada sección esta sección estará, evidentemente, en equilibrio, aunque cada uno de los transportes **Qa** y **Qs** no sean nulos. Este es el principio fundamental de nuestro **Método para el estudio de Formas Litorales Estables**, Bores (1974), aplicado por primera vez en 1968, aún en fase de investigación, en el proyecto de Playa de **Puerto Rico**, Gran Canaria.

Sobre esta base –comportamiento de las singularidades dinámicas– y tras el estudio sobre el terreno del litoral español, particularmente sobre las singularidades geométricas de las costas de Levante, de Huelva y del Ampurdan, así como las singularidades másicas de la costa mediterránea, se concretan y determinan los elementos esenciales constitutivos de las playas, tanto naturales como artificiales, que componen los criterios esenciales de nuestra **clasificación genética de playas**, Bores (1974), (1978). Estos criterios son, Bores (1978):

En planta:

- La **modalidad** de la singularidad que define la clase de la playa y que puede ser positivo ó negativa y cuyos símbolos son:

	+	-
másica	M	m
geométrica	G	g
dinámica	D	d

- La **condición de estabilidad**, indicada con los subíndices:

hiperestesia	2
estable	1
inestable	0

En alzado:

- La **naturaleza del fondo**, indicada con los subíndices:

heterogéneo	2
homogéneo	1

- El **perfil del equilibrio**, indicada con los segundos subíndices:

hipercompleto	2
completo	1
incompleto sustentado	03
incompleto submarino	04

Muy frecuentemente la **fórmula genética** de las playas evoluciona con el tiempo. La **matriz de evolución genética**, Bores (1978), permite expresar la evolución, la historia, incluyendo el futuro se éste es previsible, de las playas tanto naturales como artificiales.

Un magnífico ejemplo, bien conocido y datado, Bores (1973), lo constituye la flecha de Punta Umbría, análoga a la de Doñana, ambas en la costa de Huelva.

La evolución de la formación subaérea de Punta Umbría se inicia alrededor del quinto milenio B.P., al final de la transgresión flandiense, con aportes de gravillas y arenas gruesas, provenientes del desmantelamiento de la formación pliopleistocena Lepe/Gibraleón, avanzando esta formación como flecha libre hasta alcanzar en el segundo milenio antes de Cristo (-1200) las inmediaciones de la contraflecha de Punta Arenillas, quedando ambas flechas solo separadas por el apoyo dinámico constituido por el canal de marea. Los aportes de grano fino provenientes del Guadiana, cada vez más abundantes absoluta y proporcionalmente, particularmente a partir de finales del segundo milenio antes de Cristo facilitan la evolución rápida del depósito como flecha parcialmente apoyada, que llega ya a la Cascajera en la mitad del primer milenio antes de Cristo (-600). A partir de entonces los aportes son preponderantemente de grano fino pasando la formación a ser homogénea.

Las obras en curso modificarán la configuración y formulación de la formación de Punta Umbría, que pasará a la clase G. Si admitimos, por ejemplo, un plazo de colmatación de veinte años la matriz de evolución de Punta Umbría sería:

	1			
Transgresión Flandiense	g			-1200
	2,2			
	1			
-1200	g	G		-600
	1,2			
	1			
-600	g	G		0= Presente
	1,2			
	1			
0		G		+20
	1			

Las fórmulas genéticas de playas permiten presentar en forma esquemática el proceso de la **contribución española** en el diseño funcional de playas artificiales.

	1			
1964 Teresitas	G	G	(sustentación)	
	1,4			
	1			
1968 Puerto Rico	dG	GD	(sustentación sumergida, abrigo+apoyo)	
	1,4			
	1			
1987 Veneguera	dd	DD	(abrigo+abrigo)	
	1,4			

4. ANÁLISIS FUNCIONAL, ESTÉTICO Y PAISAJÍSTICO

Al menos desde hace 28 siglos el hombre viene construyendo obras en el mar: Aún quedan restos apreciables de los diques de abrigo verticales de los puertos fenicios y de escollera de Bares en Galicia.

Sorprendentemente la morfología tanto de los diques verticales fenicios como la del dique, espigón, de escollera de Bares se ha mantenido substancialmente a lo largo de los siglos, proyectándose y construyéndose, incluso en casos tan insignes como Playa Malibu (en donde se concentra el mayor número de gentes famosas del mundo) para cumplir única y específicamente con la **función** a que se destinan: defensa de ribera, apoyo, abrigo, etc. descuidando otros posibles usos y/o requerimientos tan valorados en la actualidad como son su ocupación con fines recreativos, la calidad estética, adecuación al paisaje, etc.

El progreso del turismo, particularmente litoral, plantea una problemática en las orillas de los mares, lagos y ríos que seguramente van a cambiar la morfología convencional de estas obras. Intentos en este sentido los constituyen nuestras patentes, extendidas a diversos países del área mediterránea, el Caribe, Cono Sur y Japón:

Los **Diques Paisaje**, Patente española 547.141, caracterizados por estar constituidos geoméricamente por uno ó varios haces de prismáticos y/o cilindros, preferentemente verticales, y coronación, preferentemente horizontal, escalonada en graderío y/o mosaico, formados los escalones por uno o más elementos del haz, en disposición irregular, aleatoria, y/o regular o la combinación de ambas, ofreciendo un contorno articulado con caras preferentemente verticales orientadas en muy diversas direcciones, formando una serie de entrantes y salientes simulando ensenadas, cuevas, cabos y otros accidentes costeros, formando estructuralmente estos haces conjuntos monolíticos, cooperantes tanto al vuelco como al desliza-

miento, con sus aplicaciones **Dique Paisaje Basáltico Columnar**, M.U. 289.904, **Dique Paisaje Granítico**, M.U. 291.366 y el **Dique Paisaje en terraza**, M.U. 295.249.

Los **Diques rebasables anuladores de energía**, Patente 543.747, consistente el sistema en una **plataforma cota de coronación cercana** a la del **nivel medio del mar**, en la que para ciertos estados del mar y/o de marea, astronómica y/o meteorológica, parte, partes o la totalidad de la coronación es rebasable, y cuya parte superior se dispone de manera **que actúe como disipador de energía**, al dispersar la masa líquida de rebase por su lanzamiento al aire, extender el área del impacto y/o ampliar el tiempo de percusión de la masa líquida de rebase sobre la zona abrigada, con sus aplicaciones en **altorrelieve** y en **bajorrelieve** M.U. 295.248.

Los **Diques Panorama**, Patente 556.635, caracterizados por estar constituidos por elementos tabulares y/o columnares, de bases poligonales, curvilíneas ó mixtas, preferentemente planas y/o paralelas, de caras laterales planas, alabeadas y/o mixtas, estando estos elementos separados y/o adosados, apoyados y/o enlazados estática y/o hiperestáticamente, formando redes espaciales, de elementos yuxtapuestos y superpuestos en disposiciones regulares y/o irregulares, aleatorias, de coronación escalonada y contorno con entrantes y salientes, preferentemente irregulares, aleatorios, parcialmente reflectantes, formando un conjunto, generalmente, parcialmente permeable.

Cualquiera de estos **Diques** pueden descansar sobre una o varias banquetas o sobre una o varias banquetas o sobre diques de escollera convencionales, preferentemente sumergidos, que actúan como cimentación y cuyas coronaciones quedan sustituidas por los propios Diques, que actúan así como superestructura de las obras. Motivos económicos y/o constructivos deciden la solución a adoptar.

Las **ventajas** de estos nuevos tipos de **Diques** sobre los diques, espigones, convencionales, son numerosas e importantes, pues no solo se refieren a mejoras estructurales y/o funcionales, sino también, a aspectos tan valorados en la actualidad, especialmente en ambientes residenciales, recreacionales, etc., como son los estéticos, paisajísticos, etc...

Mayor ventaja aún, funcionalmente, supone la disminución del coeficiente de reflexión pues la agitación en el entorno de la obra se reduce, debido no solo a la menor altura de la ola reflejada, sino, también a la variedad de las direcciones de la ola reflejada. Esto ocurre no solo del lado del mar, sino, también, en la áreas (dársenas, calas, radas, etc.) interiores, lo que evita las posibles resonancias y/o las posibles reflexiones múltiples dentro de estas. Todo ello procura las ventajas adicionales siguientes:

- Permite el mejor uso recreativo (baño, náutica, etc.,) en la totalidad del entorno interior y exterior del mismo.
- Facilita el atraque de embarcaciones, aunque este atraque sea recomendable, en muchas ocasiones, solo en temporada.
- Facilita, en su caso, el apoyo de las posibles playas, lo que resulta problemático en el caso de los diques, espigones, convencionales.

Todos estos nuevos tipos de diques permite su ocupación con fines recreativos: solarium, baño, pesca, tribuna de espectáculos o del propio panorama, paseo, etc., al mismo tiempo que proporciona accesos a/y desde el agua: mar, río, lago, etc. Esta ocupación para usos recreativos aumenta sustancialmente el aforo del borde costero (marino, lagunar, fluvial, etc.) lo que produce una ventaja adicional, esencial, sobre la situación actual, particularmente en ciertos casos, en que por ausencia de playas y especiales condiciones de la

costa natural, la obra puede proporcionar, incluso, la totalidad del número de plazas.

Por otra parte, el uso recreativo de la propia obra incrementa las posibilidades del borde costero, lo que no solo mejora la cantidad sino, incluso, la calidad de la oferta recreativa. Todas estas ventajas repercuten directamente sobre la rentabilidad (económica, social, etc.) de la inversión, al disminuir el corriente coste/plaza y aumentar la calidad de la oferta.

La simulación de paisajes naturales – volcánicos, graníticos, en terraza, restinga, etc. puede limitarse a las formas estructurales o extenderse al microrelieve, textura externa y coloración de estos diques.

Los **Diques Paisaje** se caracterizan porque con altura de coronación moderada o baja en relación con la dinámica litoral actuante y para ciertos estados del mar y/o de marea, astronómica y/o meteorológica, parte, partes o la totalidad de la coronación de acuerdo con el porcentaje de energía que se desee disipar y de la dinámica litoral, así como de la función de la obra y de las características morfológicas, paisajísticas y ambientales del emplazamiento, se hace rebasable, comportándose como **disipadores de energía**.

En los diques (espigones) rebasables se permite el paso de las olas más altas, solándose situar su cota de coronación a una altura del orden de la mitad de la de los diques (espigones) irrebables. Esta reducción permite el paso relativamente frecuente de caudales de rebase cuyo impacto súbito y concentrado en las dársenas abrigadas origina ondas de percusión, ondas de Cauchy, de muy corto período, lo que constituye un inconveniente grave para pequeñas embarcaciones (pesca, recreo, etc). Por otra parte, en los diques rebasables convencionales el manto principal del lado del abrigo, sometido a un flujo de agua descendente, se encuentra en unas condiciones de estabilidad muy precarias, salvo que la protección de coronación y/o la anchura de ésta se dimensiona con largueza, con los correspondientes inconvenientes de ocupación de espacio y elevación del costo.

Debido a su baja cota de coronación los nuevos diques evitan la formación de **“pantallas visuales”**.

Faciliten ó al menos no impiden la libre **circulación del aire** sobre las superficies inmediatas al nivel del mar, evitando el **“efecto pozo”**, particularmente grave en dársenas de pequeñas dimensiones.

Mejoran la **renovación del agua en el área abrigada** obteniéndose un flujo continuo que garantice la oxigenación de las aguas y evite el depósito de fangos y el establecimiento de condiciones anaerobias, totalmente indeseables tanto en dársenas portuarias, etc., como en playas abrigadas.

5. URBANISMO LITORAL

El avance tecnológico, estructural y funcional, logrado en España en este medio siglo, permite ya el tratamiento integrado de las fachadas marítimas, naciendo así lo que podemos denominar, ya, Urbanismo Litoral.

6. PLAYAS DE LEVANTE DE BARCELONA

Cuatro criterios fundamentales, presididos por una orientación básicamente social y estética, han decidido el dimensionamiento, trazado y ordenación de la costa: Variedad, Armonía, Funcionalidad y Capacidad.

Así, de Norte a Sur, se divide el tramo en tres sectores. El septentrional, o de POBLE NOU, con una decidida especialización deportiva, los otros dos – BARCELONA SIGLO XXI y de la BARCELONETA – recreacional. Con un trazado geo-

métrico transversal los canales de pluviales, más que aislar, conectan los tres sectores.

El SECTOR DE POBLE NOU se extiende desde la riera de Horta hasta el canal del Bogatell, quedando incluido dentro de él el canal de la Llacuna. Su frente marítimo se resuelve en tres amplias playas de concha colgadas dobles, separadas por la BASE NÁUTICA DE POBLE NOU al norte y el canal de la Llacuna, al Sur.

Formando la fachada marítima de la populosa barriada del mismo nombre –prácticamente desprovista de jardines y áreas de recreo– la vocación natural de este SECTOR DE POBLE NOU es la deportiva. Con esta finalidad su ZONA DE SERVICIOS se destina, específicamente, a estas instalaciones en variado género: Fútbol, atletismo, etc.

Los deportes acuáticos son, lógicamente, los más generosamente dotados, con una extensa BASE NÁUTICA y tres amplias playas.

Aunque también destinado a uso público, muy distinto en el enfoque dado al sector central.

Barcelona, adelantada de las Artes y de las Ciencias, con tantos y tan bellos ejemplos de la evolución artística de Occidente es, sin duda, el mejor lugar para una “experiencia del siglo XXI”.

A este fin, ocupando más de medio km. de costa, al abrigo de los temporales, pero en el mar, situamos un conjunto arquitectónico decididamente orientado al futuro. Aunque formas y volúmenes han de concretarse en el Concurso Internacional convocado a tal fin, en este Estudio, y sólo como boceto, sugerimos tres esbeltas estructuras, ligadas a tierra por una solución viaria aérea.

En el borde de la misma dársena se sitúa un PALACIO DE LOS DEPORTES ACUÁTICOS como el PARQUE MARINO deberán ser tratados por especialistas y ser motivo el primero de ellos, al menos, de un Concurso Internacional. Así para el PALACIO DE LOS DEPORTES ACUÁTICOS solo sugerimos una gran concha cubriendo un graderío. La “pista” debe incluir la posibilidad de una fuente luminosa excepcional –viejo sueño de los barceloneses– y facilidad para la exhibición de los animales marinos residentes del PARQUE.

La ciudad dispone en la actualidad de una playa muy concurrida, la Playa de la Barceloneta, que apoyada parcialmente en el Rompeolas, con una anchura variable, se extiende hasta el Paseo Marítimo.

Desafortunadamente los trabajos en la costa y en los ríos –obras, extracciones y vertidos– y muy particularmente las obras futuras de los emisarios de pluviales y las que aquí se estudian afectarán decisivamente a esta playa, por lo que se considera su estabilización y ampliación.

7. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Airy G.B. (1945) – Tides and Waves – Enciclopedia Metropolitana.
- Benizat M. (1921) – Ports et Travaux Maritimes – Ecole Spéciale des Travaux Publics, Paris.
- Bores P.S. (1973) – Geomorfología y Dinámica Litoral – Análisis, Planeamiento y Gestión del Medio Litoral – Colegio de Ingenieros de Caminos.
- (1974)a – Formas Litorales Estables Playas Artificiales – Análisis, Planteamiento y Gestión del Medio Litoral II – Colegio de Ingenieros de Caminos.
- (1974) – Sea Observation in Coastal Areas: The Spanish Offshore Network, Proc. A.S.C.E. Waves 74.
- (1977) – Análisis Aleatorio Multivariado. Terminología y Conceptos Básicos – R.O.P., Madrid.

(1978) – Shore Classification – Proc. III International Congr. I.A.E.G.

(1979) – Sistemas Aleatorios Multivariados. Aplicación a Obras Marítimas – R.O.P., número extraord. Abril.

(1980) – Central Térmica de Cubelles: Una nueva solución para la Toma y Descarga de Refrigeración – Prog. Wat. Tech. vol 12, Pergamon Press, London.

Castro E. (1934) – Diques de Escollera – R.O.P. Abril.

Gerstner F. (1809) – Theorie der Wellen, Abhandlungen der königlichen Bohmischen Gesell – Schaft der Wissenschaften, Prague.

Hedar A. (1960) – Stability of Rock-fill Breakwaters – Chalmers Techn. Hog. Goteborg.

Hudson R.Y. (1959) – Laboratory Investigation of Rubblemound Breakwaters – A.S.C.E. Journal of Waterways & Harbors Divisions 85 (WW3).

Iribarren R. (1938) – Fórmula para el cálculo de los Diques de Escollera – San Sebastian.

(1941) – Método de los Planos de Oleaje – R.O.P.

(1947) – Corrientes y transporte de arenas originados por el oleaje – R.O.P., Mayo.

– Corrientes y transporte de arenas originados por el oleaje – R.O.P., Junio.

(1956) – Obras Marítimas. Oleaje y Diques. Dosat, Madrid.

(1965) – Formule pour le calcul des Dignes en Anrochement Naturels ou Elements Artificiels – P.I.A.N.C. Int. Congress, Estocolmo.

Johnson D.W. (1919) – Shore Processes & Shoreline development – Hatner Publish. Co., New York.

Joly M.G. (1923) – Travaux Maritimes, La Mer et les Cotes – Librairies J.B. Bailliere et Fils, Paris.

Laval M.D. (1955) – Cours de Travaux Maritimes – Ecole Nationale del Ports et Chaussées, Paris.

Longuet-Higgins M.S. (1952) – On the Statistical Distributions of the Heights of Sea Waves – Journal Mar. Research II.

Longuet-Higgins M.S. & Stewart R.W. (1963) – A note on Wave Setup – Journal Mar. Research, 21.

Pierson W.J. (1952) – A Unified Mathematical Theory, Parts I & II – College of Eng. Research Division, New York Univ.

Savege R.P. (1957) – Model tests of Wave Runup for the Hurricane Protection Project – Bull. Beach Erosion Board, 11.

Saville TH. (1953) – Techn. Memo. nos. 36, 37 y 38 Beach Erosion Board.

(1961) – Experimental Determination or Wave setup. Natl. Hurricane Research Project – Report no. 50.

Stokes G.G. (1880) – On the theory of Oscillatory Waves – Mathematical & Physical Papers I, Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Tejedor L. (1974) – A Teleprocess System, The Spanish Offshore Network – Proc. A.S.C.E. Waves 74.

MUELLE SUR

Centro Logístico Sur.
líneas Regulares.
Tráfico de Conenedores y Ro-ro.
Plataforma para el transporte hortofrutícola.

- 750 metros de línea de atraque
- 13 metros de calado en bajamar
- 280.000 m² disponibles en primera, segunda y tercera zona
- Conexiones ferroviarias
- Tasas y tarifas portuarias muy competitivas