

LA ENERGIA DE LAS MAREAS POSIBILIDAD DE SU APROVECHAMIENTO EN LAS COSTAS DE ESPAÑA

Por BIENVENIDO OLIVER Y ROMAN,
Ingeniero de Caminos.

El presente trabajo, que dividiremos en dos artículos, contiene una reseña de las características más destacadas del aprovechamiento de la energía potencial de las mareas en el momento actual y la posibilidad de dicho aprovechamiento en nuestras costas, basándose en las enseñanzas de algunos anteproyectos estudiados en ciertos parajes de Santander y de Galicia.

I

PREÁMBULO

Nota preliminar.

En conversaciones particulares, en periódicos, y en revistas técnicas, se trata de tarde en tarde, con mayor o menor extensión, y desde puntos de vista muy dispares, como es natural, desde los más vulgares hasta los propios de un Ingeniero, la cuestión del aprovechamiento de la fuerza de las mareas, correctamente, de su energía potencial. En las conversaciones y en los periódicos esa cuestión se examina casi siempre muy ligeramente, con profecías muy diversas, unas veces pesimistas, otras optimistas, sin fundamento serio que las justifique. En las revistas técnicas, por el contrario, se estudia el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas con toda seriedad, la mayoría de las veces desde un punto de vista muy general, sin detalles, lo cual no debe sorprender, porque de tal manantial de energía no existe aplicación alguna de importancia; hay recuerdos, ruinas y vestigios de molinos, quedando subsistentes hoy día alguno que otro, todos muy modestos.

Por lo que se refiere a proyectos para el aprovechamiento de la referida energía, en Francia, Inglaterra y Estados Unidos se han redactado unos cuantos, con potencia extraordinariamente grande y presupuesto elevadísimo, sin comparación posible con los aprovechamientos fluviales modernos.

Con objeto de adquirir algún conocimiento en relación con la posibilidad de establecer en las costas de España aprovechamientos de la energía potencial de las mareas, se ha formado el anteproyecto, muy elemental y muy escueto, de unos pocos en las rías, bahías, ensenadas, etc., que por sus circunstancias topográficas y marítimas parece, a primera vista, que compensan el trabajo y el tiempo que se dedique a la in-

vestigación de dicha posibilidad; los resultados que se obtengan constituirán el fundamento del juicio que se forme sobre la procedencia, o improcedencia, de ampliar la investigación sobre todos los elementos que intervienen en la cuestión, y sobre la justificación de los correspondientes gastos, esencialmente elevados, especialmente los inherentes a la determinación de las características de la maquinaria, ya que las turbinas han de trabajar con salto de altura pequeña y caudal de cuantía muy grande, del orden de los mil metros cúbicos por segundo.

Los anteproyectos se han estudiado sobre planos del mayor tamaño que ha podido disponerse; los de las obras propuestas en cada uno de aquéllos se han dibujado en las escalas corrientes.

Solamente se ha redactado el anteproyecto de los aprovechamientos en que la superficie de las aguas acumuladas durante el flujo tiene área mínima de 10 kilómetros cuadrados, con la condición de que el caudal en la ubicación de las obras sea inferior a los 16 m. en B. M. V. E.

Las conclusiones a que se llegue a la vista de los referidos anteproyectos no tienen carácter absoluto, ni mucho menos, debe dárseles la consideración de meras indicaciones que sirvan de fundamento para la prosecución de investigaciones complementarias de índole topográfica, marítima, mecánica, etc., o para el abandono definitivo de la cuestión.

Antecedentes históricos.

Únicamente por lo que se refiere a Inglaterra y a España es posible en el momento actual consignar alguna información sobre aprovechamientos de la energía potencial de las mareas en épocas pretéritas.

En Inglaterra. — 1. En el Catastro figura inscrito un molino situado en la entrada del puerto de Dover, que se cree utilizaría las mareas para su funcionamiento.

2. No hace aún un siglo que un molino de Wood-bridge, estuario del río Deben, trabajaba con la energía de las mareas.

3. La primera instalación para la elevación de las aguas del abastecimiento de Londres disponía de ruedas hidráulicas movidas por la acción de las mareas; estuvo situada en el Puente Viejo de Londres; prestó servicio hasta el año 1824 en que el puente fué sustituido por otro.

4. El año 1790 se estableció un molino para utilizar la energía de las mareas en el río Tamar, Devonshire; la correspondiente instalación la constituían un cuenco y ruedas hidráulicas; pasado algún tiempo, éstas fueron sustituidas por turbinas.

En España. — En la costa cantábrica existen ruinas de molinos que, al parecer, utilizaban la energía de las mareas para su funcionamiento. En el Plano de la Ría de Santoña, publicado en 1929 por el Servicio Hidrográfico de la Armada con el núm. 24 B, se representa el Molino Villa (ruinas), con indicación de dos diques que con la costa forman un pequeño cuenco situado en las inmediaciones de los barrios Ancilla y Pedrigos, del Ayuntamiento de Argoños, en el extremo N-O de la ría; probablemente se trata de un molino que funcionó con la energía de las mareas.

Recientemente, en 21 de marzo de 1950, por la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas del Ministerio de Obras Públicas, se ha autorizado a don Félix Echeita Zugadi para rectificar el malecón del embalse del molino de mareas denominado "Gaste-luendo" mediante la construcción de tres tramos de malecón en la ría de Plencia (Vizcaya); la disposición legal correspondiente se inserta en el *Boletín Oficial del Estado* del 12 de abril, página 1.592.

En cuanto a instalaciones importantes para la utilización de la energía potencial de las mareas, ya se ha dicho que no hay noticia de la construcción de alguna hasta el momento presente; se tiene conocimiento de varios proyectos, todos de importancia extraordinaria por la magnitud de sus elementos y la cuantía de sus respectivos presupuestos; es probable, sin embargo, que tanto en Francia como en Inglaterra y Estados Unidos se hayan estudiado aprovechamientos marítimos relativamente modestos.

En el estado que se inserta en la página siguiente se especifican las características más destacadas de los proyectos antes apuntados.

Las obras del situado en la bahía de Passamaquoddy en las costas de Maine (Estados Unidos) comenzaron el año 1935, suspendiéndose en 1936 para redactar un proyecto reformado que se terminó en 1941; al parecer no se han reanudado las obras, posiblemente por disponerse de aprovechamientos fluviales sin construir y baratos.

Posibilidad que ofrecen las costas de España en relación con el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas.

Se empezó el estudio de esta posibilidad con la formación de una relación de las bahías, rías, estuarios y ensenadas existentes en las costas españolas del Cantábrico y del Atlántico que, por sus peculiares circunstancias, pudieran utilizarse para el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas.

Provincia de Guipúzcoa:

Núm.	1. Ría de Pasajes	1,2 Km. ²
"	2. Bahía de San Sebastián	0,9 "
"	3. Ría de Orio	0,6 "
"	4. Ría de Zumaya	0,4 "
"	5. Ría de Deva	— "
"	6. Ensenada de Motrico	— "

Provincia de Vizcaya:

Núm.	7. Ría de Ondárroa	0,5 Km. ²
"	8. Ría de Lequeitio	0,4 "
"	9. Ría de Guernica	4,0 "
"	10. Ría de Plencia	0,7 "
"	10 ^b . Ría de Bilbao	— "

Provincia de Santander:

Núm.	11. Ría de Santoña	20,0 Km. ²
"	12. Ría de Cabo Quejo	0,6 "
"	13. Ría de Ajo	1,0 "
"	14. Bahía de Santander	26,0 "
"	15. Ría de Pas	1,7 "
"	16. Ría de Suances	3,5 "
"	17. Ría de San Vicente	4,2 "
"	18. Ría de Tina Menor	1,1 "
"	19. Ría de Tina Mayor	0,8 "

Provincia de Oviedo:

Núm.	20. Ría de Ribadesella	1,0 Km. ²
"	21. Ría de Villaviciosa	2,8 "
"	22. Ría de San Esteban de Pravia ...	1,6 "
"	23. Ría de Ribadeo	8,5 "
"	24. Ría de Vivero	10,5 "
"	25. Ría del Barquero	6,0 "

Provincia de La Coruña:

Núm.	26. Ría de Santa Marta de Ortigueira	14,0 Km. ²
"	27. Ría de Cedeira	5,0 "
"	28. Ría de El Ferrol del Caudillo ...	21,0 "
"	29. Bahía de La Coruña	19,0 "
"	30. Ría de Betanzos. Solución "A" ...	43,0 "
"	30 ^b Idem id. id. "B"	60,0 "
"	31. Ensenada de Insúa	3,0 "
"	32. Idem de Camariñas	15,0 "
"	33. Ría de Corcubión	4,0 "

Características principales de los proyectos más importantes para el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas.

CARACTERÍSTICAS	PROYECTOS				
	Severn 1944	Petitcodiac 1945	Passamaquoddy 1941	Mont. St. Michel 1946	Rance 1946
Régimen	1 cuenco Reflujo	2 cuencos Reflujo	1 cuenco Reflujo 2 cuencos Reflujo 2 cuencos Regn. Elev.	2 cuencos Reflujo	1 cuenco Reflujo
Carrera de marea, m.	6,7 - 14,3	6,3 - 15,7	3,3 - 7,8	3,5 - 12,4	3,2 - 11,4
Turbinas.	Kaplan	Rodete con álabes fijos	»	»	Kaplan
Número de unidades.	»	»	10	»	»
Potencia unitaria, kw.	»	»	12 500	»	»
Idem global, íd.	»	»	125 000	»	»
Número de unidades.	32	30	10	»	18
Potencia unitaria, kw.	25000	9 000	11 000	»	20 000
Idem global, íd.	800 000	216 000	110 000	3 000 000	360 000
Número de unidades.	»	»	10	»	»
Potencia unitaria, kw.	»	»	11 000	»	»
Idem global, íd.	»	»	110 000	»	»
Factor de carga.	»	0,8	»	»	»
Presupuesto, millones	40 £	156 \$	41 \$ (2) 68 \$ 89 \$	»	»
Gastos anuales, por ciento	4,74	10,23	4,3	»	»
Plazo de construcción, años.	8	6	2,5 3,5 3,5	»	»
Producción: a } b } Millones de kw./h. c }	2 294 » »	1 310 » 291	340 625 578 (3)	» 25 000 »	700 » »
Coste unitario: a	0,20 d.	0,0122 \$	0,00544 \$	»	»
b	»	(1)	0,00468 \$	»	»
c	»	0,0547 \$	0,00665 \$ (1)	»	»
Situación.	Inglaterra	Canadá	EE. UU. - Maine	Francia	Francia

a, Sin regulación.

b, Regulación en cada marea con producción constante.

c, Producción constante toda la marea.

(1) 1 £ = 4 \$.

(2) Sin incluir obras ejecutadas con valor de 6×10^6 \$.

(3) Factor de cargas = 0,60.

Núm. 34.	Ría de Noya	19,0 Km. ²
" 35.	Ensenada de Carballeira (Ría de Arosa)	37,0 "
" 36.	Ría de Padrón, idem	37,0 "

Provincia de Pontevedra:

Núm. 37.	Ensenada del Grove (Ría de Arosa)	51,0 "
" 38.	Idem de San Simón (Ría de Vigo)	19,0 "
" 39.	Ría del Miño	

Provincia de Sevilla:

Núm. 40. Ría del Guadalquivir.

Provincia de Cádiz:

Núm. 41. Bahía de Cádiz.

En la relación anterior figuran varios parajes en los que la extensión de la superficie ocupada por las aguas en pleamar viva es tan pequeña que, evidentemente, son inadecuados para establecer en ellos aprovechamiento alguno de la energía potencial de las mareas con resultado financiero satisfactorio; se estima que el límite mínimo del área de dicha superficie tiene que ser de 12 a 14 Km.² para que sea razonable la redacción del anteproyecto correspondiente que ha de servir de fundamento a la resolución que se adopte sobre la cuestión, en favor o en contra de la conveniencia de preparar un proyecto formal del respectivo aprovechamiento.

Por lo expuesto en el párrafo anterior procede apartar de la relación los parajes números 14, 29, 40 y 41, por corresponder a puertos de primer orden, cuyo régimen actual de explotación no admite las limitaciones que en su normal funcionamiento introduciría el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas.

Y, por último, se aparta también el paraje número 39, ría del Miño, por el carácter internacional del mismo, circunstancia que lleva consigo complicaciones de alguna importancia.

Por consiguiente, la relación definitiva queda constituida por los parajes siguientes:

Provincia de Santander:

N.º Prim. 11. N.º Defín. 1. Ría de Santoña.

Provincia de La Coruña:

N.º Prim. 26.	N.º Defín. 2.	Ría Santa Marta de Ortigueira.
" "	28 "	" "
" "	30 "	3. Ría de El Ferrol del Caudillo.
" "	30 "	4. Ría de Betanzos. Solución A.
" "	30 "	5. Ría de Betanzos. Solución B.

N.º Prim. 32.	N.º Defín. 6.	Ensenada de Camariñas.
" "	34 "	7. Ría de Noya.
" "	35 "	8. Ensenada de Carballeira. Ría de Arosa.
" "	36 "	9. Ría de Padrón. Ría de Arosa.

Provincia de Pontevedra:

N.º Prim. 37.	N.º Defín. 10.	Ensenada del Grove. Ría de Arosa.
" "	38 "	11. Ensenada de S. Simón. Ría de Vigo.

Los anteproyectos correspondientes a los once aprovechamientos marítimos en los parajes especificados en la última relación se describen a continuación en el orden de su respectiva numeración, en la forma que se considera más eficaz para el conocimiento de las características peculiares de cada uno de ellos y para fundamentar la resolución definitiva que procede adoptar, consistente en la redacción de un proyecto formal, o en el abandono definitivo de la cuestión.

Regulación.

La energía producida por un aprovechamiento marítimo es intermitente y variable, de carácter periódico, por cuyas circunstancias son varios los procedimientos que se han propuesto para su regulación; unos, directos, que tienen por fundamento el mismo fenómeno de las mareas, y otros, indirectos, consistentes, sencillamente, en asociar al marítimo otro aprovechamiento, fluvial o térmico, o en dedicar una fracción de la energía obtenida de las mareas a llenar un depósito elevado que en momento oportuno se vacía a través de turbinas.

Dadas las características especiales de los aprovechamientos marítimos que pudieran establecerse en las costas de España, parece que no procede considerarlos como unidades aisladas capaces por sí mismas de satisfacer una demanda de energía permanente, con variaciones de poca importancia, durante períodos relativamente largos; su misión fundamental ha de ser, en nuestra opinión, reducir el suministro de agua por los embalses a las centrales fluviales, o de carbón a las calderas de las térmicas, durante las horas en que es posible obtener energía de las mareas, mediante el enlace de la marítima con la línea eléctrica de la red nacional de interconexión más próxima.

Por las circunstancias expuestas, en los anteproyectos estudiados no se ha dedicado atención alguna a la regulación de la energía obtenida de los respectivos aprovechamientos.

El servicio que prestarían estos últimos, en su día, sería valiosísimo para la economía nacional por tratarse de una energía con la que se puede contar con toda seguridad en épocas previstas, claro está, que con

las variaciones derivadas del carácter del fenómeno que constituye su origen, variaciones perfectamente conocidas de antemano y que nunca constituirían sorpresa; además, con la circunstancia especialísima de que no existe fuerza humana que pueda perturbar lo más mínimo el expresado fenómeno, el cual no es elemento de importación; es, real y efectivamente, una primera materia de producción nacional, inviolable e indestructible.

II

ANTEPROYECTOS

NÚM. I. — RÍA DE SANTOÑA.

Descripción sucinta de la ría de Santoña.

La ría de Santoña es el tramo inferior del río Asón, tramo que empieza en el paraje en que la corriente de este río penetra en aquella ría, esto es, en zona a la que llegan las aguas del mar en mareas vivas equinocciales, paraje situado frente a la villa de Limpias, en las inmediaciones del puente con que cruza el referido río la carretera de dicha villa a la de Gama.

En la ría de Santoña destacan tres Secciones:

1.^a Desde Limpias hasta Treto, denominada *Canal de Limpias*.

2.^a Desde Treto hasta la "Canal de Jorge", denominada *Canal de Treto*.

3.^a Desde la "Canal de Jorge" hasta la barra, denominada *Bahía de Santoña*.

El río Asón es el más importante, por la longitud de su cauce y por el caudal de su corriente, de los que forman parte de la cuenca de la barra de la ría de Santoña; tiene sus fuentes en la región SO. de la cuenca, con orientación N. en el primer cuarto de su recorrido, orientación que conserva hasta su confluencia con el río Bustablado que llega por la izquierda; continúa hacia el E., primero, y hacia el SE, después, recibiendo en la villa de Ramales de la Victoria, por la derecha, el río Gándara, que nace en la Cordillera Cantábrica; a partir de dicha villa, el Asón cambia bruscamente de orientación, dirigiéndose francamente hacia el N., con cauce muy sinuoso, orientación que conserva hasta Limpias, donde, como ya se ha apuntado anteriormente, aparecen las aguas marinas en mareas vivas. Por la derecha, y en su último tramo, recibe el río Asón dos afluentes relativamente importantes: el río Carranza y el río Ruahermosa; por la izquierda, un poco aguas arriba de Treto, entran en la canal de este mismo nombre las aguas del río Clarín juntamente con las del río Matienzo, corriente que pasa muy cerca del pueblo de Rada y a partir del cual es ría con la denominación de *Ría de Rada*, en la que desagua, a su vez, el barranco Ocina.

Forman parte de la ría de Santoña, además de las Canales antes citadas, otras dos; son las siguientes:

Canal de Hano. — En las inmediaciones de los pueblos Gama y Escalante, al pie de la vertiente occidental del Monte Hano, tienen su origen varias canales que se reúnen al S. del Convento de San Francisco formando una sola, con ancho de 100 m. en baja mar, denominada *Canal de Hano*; termina en la bahía de Santoña, al S. de la Plaza de Toros de esta villa, frente al *Puntal*, extremo S. de la barra. En la referida canal confluye la llamada *Canal de Argoños*, reunión de dos que proceden de las vertientes septentrionales y oriental del Monte Hano, y de una tercera que empieza en los barrios Ancilla y Pedrigos del pueblo Argoños.

Canal de Bóo. — Al S. del istmo que enlaza el Monte de Santoña con los Altos del Brusco al N. de la Punta de la Arenilla, tienen su origen varias canales estrechas que, una vez reunidas, inmediatamente aguas arriba de la villa de Santoña, forman una canal de poco más de 100 m. de ancho, denominada *Canal de Bóo*, que termina frente a la Plaza de Toros, paraje en el que el ancho es 250 m. en baja mar viva, y el calado, 15.

A un kilómetro de este sitio, hacia el E., está la barra, con unos 500 m. de longitud, 16 de calado máximo y fondo de roca, limitada al N. por la *Punta de San Martín*, y al S. por *El Puntal*, extremo N. de la *Playa de Laredo*.

Todas las canales relacionadas en los párrafos que anteceden, principales y secundarias, tienen agua en baja mar viva, con calados muy diferentes, que se conservan naturalmente sin dragados de importancia; las magnitudes de esos calados son:

<i>Bahía de Santoña:</i>	Máximo Metros
Barra	16,0
Frente a la Plaza de Toros	5,0
O. de "El Puntal"	10,0

<i>Canal de Treto:</i>	
Frente a "Canal de Jorge"	3,0
Bajo de Carrancas	0,5
"Canal de Carranque"	1,5
Puente de Treto	5,0

<i>Canal de Limpias:</i>	
Frente a Colindres Alto	2,0
1 Km. aguas arriba	4,0
Puente de Limpias	0,3

<i>Ría de Rada:</i>	
Puente del Ferrocarril	4,0
Rada	0,3

Canal de Hano:

A 1 Km. de Gama	0,4
Al pie del Monte Hano	1,0
Frente al Convento de San Francisco ...	1,3
Frente a la "Punta de La Arenilla" ...	2,0
Entrada en la bahía de Santoña	4,0

Canal de Bóo:

Inmediatamente aguas arriba de la dársena de Santoña	2,0
------------------------------------------------------------	-----

El área de la cuenca del río Asón en la barra de la ría de Santoña es, en números redondos, 720 Km.². Ahora bien: en el Mapa Pluviométrico del Ministerio de Obras Públicas publicado en el año 1942, puede apreciarse que la altura media de lluvia anual en

esa cuenca es del orden de los 1 000 mm.; por consiguiente, la aportación correspondiente será:

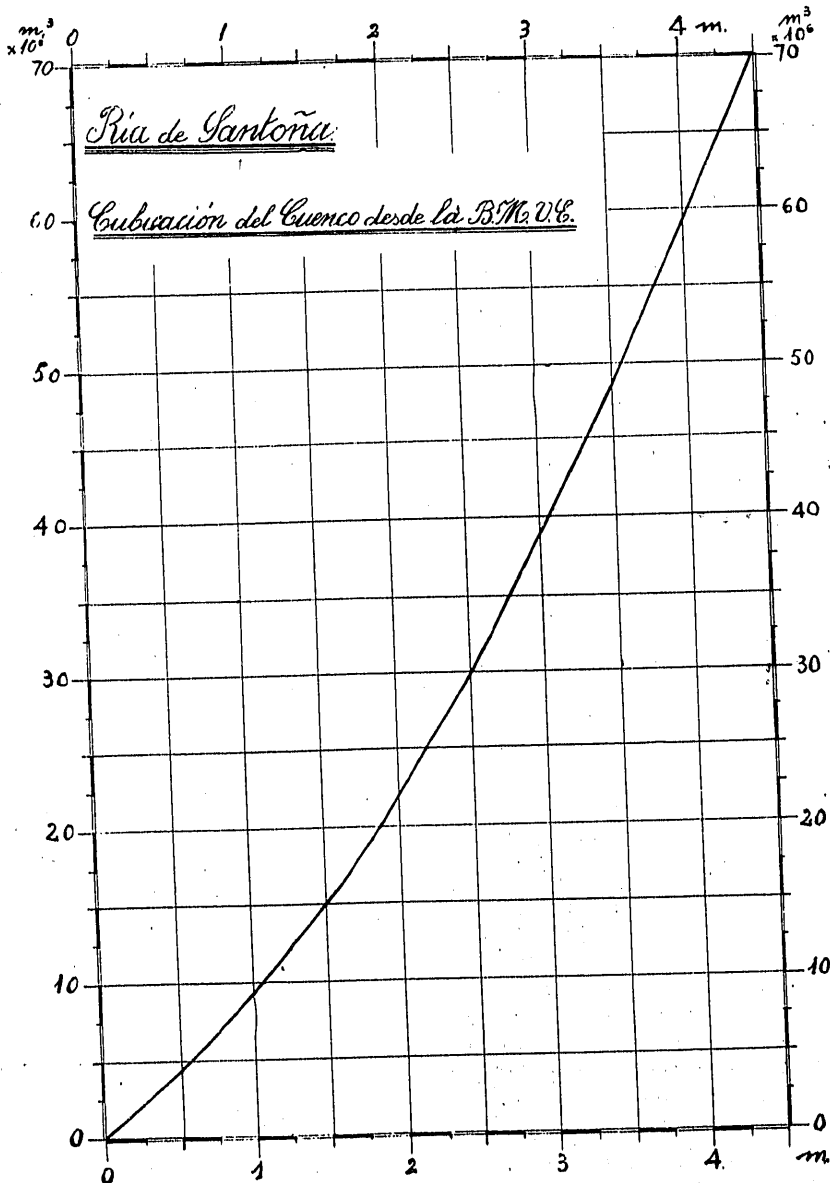
$$1,0 \times 720 \times 1\,000\,000 = 720\,000\,000 \text{ de m.}^3.$$

y la neta tendrá valor de:

$$432\,000\,000 \text{ de m.}^3$$

con coeficiente de escorrentía de 0,6; el caudal medio anual tendrá cuantía de 14 m.³/seg.

En mareas muertas, el agua que entra en la ría de Santoña durante el flujo tiene volumen del orden de 30 000 000 de metros cúbicos; en 15 mareas, esto es, en 7,5 días, el volumen total que ha entrado y salido tendrá cuantía de 450 000 000 de metros cúbicos, algo más que la aportación anual de la cuenca del río Asón.



Con la sucinta descripción que se ha hecho de la ría de Santoña, se estima que hay elementos suficientes para que el lector se dé perfecta cuenta de lo que más adelante se expone en relación con el anteproyecto del aprovechamiento de la energía potencial de las mareas en dicha ría, trabajo que, por su carácter informativo preliminar, es procedente desarrollar con brevedad y precisión; otra cosa sería si se tratase de un proyecto formal y definitivo con probabilidades de realización, por haberse dispuesto para su redacción de todos los datos y antecedentes necesarios sin limitación alguna.

Cubicación del cuenco.

En los aprovechamientos de la energía potencial de las mareas se aplica la denominación de cuenco, generalmente, al espacio de la ría, estuario, bahía o ensenada, limitado por el fondo de estos parajes, por sus márgenes y por la superficie de las aguas en pleamar viva equinoccial.

Para la cubicación del cuenco correspondiente a la ría de Santoña, se empezó por la preparación de un plano de la última en escala de 1/25 000, por considerar que era demasiado grande la del plano núm. 1 y demasiado pequeña la del núm. 3; la del núm. 2 es complicada; este plano es incompleto, le falta un tramo importante de la región S. de la ría, aguas arriba de Limpias.

Se midió con planímetro las superficies del agua

en pleamar y en baja mar vivas, obteniéndose para la primera un área de 22 Km.², y para la segunda, de 6,5; para fijar las áreas de las superficies intermedias, paralelas a las primeras, y que se supone son horizontales, por tratarse de una ría relativamente corta, se adoptó para esas áreas una ley de variación con crecimiento rápido en la zona inferior del cuenco, y lento en la superior, en la forma que aparece en el correspondiente estado de cubicación; según éste, en mareas vivas el cuenco recibe y devuelve la aportación de 60 millones de metros cúbicos, en números redondos, y de 17, en las muertas.

Con los valores numéricos de dicho estado de cubicación se ha dibujado el gráfico que se acompaña, utilizado en los cálculos numéricos necesarios para la evaluación de la potencia del aprovechamiento marítimo que interesa.

Es indiscutible que en el caso que se estime procedente la prosecución de estudios e investigaciones para la redacción de un proyecto formal y definitivo del aprovechamiento de la energía potencial de las mareas en la ría de Santoña, una de las magnitudes que habrá que determinar con alguna precisión es la cubicación del cuenco; para ello es necesario conocer el área de las secciones horizontales del mismo correspondientes a altitudes comprendidas entre las de la pleamar y de bajamar vivas, finalidad que, a primera vista, parece que podría lograrse fácil y correctamente con la base de fotografías aéreas del cuenco en los momentos en que las respectivas altitudes de la superficie del agua son las previamente elegidas.

Ría de Santoña: Cubicación del cuenco.

Profundidad de las secciones horizontales. — M.	Area de las secciones. — Km. cuad.	Separación entre secciones. — M.	Area media. — Km. cuad.	Volúmenes parciales. — M. cúb.	Volúmenes acumulados. — M. cúb.
B. M. V. E.	6,5				
0,25	8,0	0,25	7,25	1.812.500	1.812.500
0,50	9,0	"	8,50	2.125.000	3.937.500
0,75	10,0	"	9,50	2.375.000	6.312.500
1,00	11,0	"	10,50	2.625.000	8.937.500
1,25	12,0	"	11,50	2.875.000	11.812.500
1,50	13,0	"	12,50	3.125.000	14.937.500
1,75	14,0	"	13,50	3.375.000	18.312.500
2,00	15,0	"	14,50	3.625.000	21.937.500
2,25	16,0	"	15,50	3.875.000	25.812.500
2,50	17,0	"	16,50	4.125.000	29.937.500
2,75	18,0	"	17,50	4.375.000	34.312.500
3,00	18,8	"	18,40	4.600.000	38.912.500
3,25	19,6	"	19,70	4.925.000	43.837.500
3,50	20,3	"	20,00	5.000.000	48.837.500
3,75	20,9	"	20,60	5.150.000	53.987.500
4,00	21,4	"	21,15	5.287.500	59.275.000
4,25	21,7	"	21,55	5.387.500	64.662.500
4,50	22,0	"	21,85	5.462.500	70.125.000

Descripción general del aprovechamiento.

En líneas generales, se constituye el aprovechamiento con las obras siguientes:

- a) Un dique de escollera en la barra de la ría, barra que tiene el fondo de roca en toda su longitud, unos 400 m.
- b) Una batería de compuertas sobre la coronación del dique.
- c) Una casa de máquinas en el extremo N. del dique.
- d) Una esclusa para la navegación en el extremo S. del dique.
- e) Dos diques de escollera al E. de la barra para formar un antepuerto en el que la altura de las olas sea pequeña, en favor del funcionamiento de las compuertas, de las turbinas y de la esclusa.

Régimen para el funcionamiento del aprovechamiento.

Cuatro son los principales regímenes que pueden aplicarse al funcionamiento del aprovechamiento que interesa:

- A. — Una sola marea en la fase de reflujó.
- B. — Dos mareas sucesivas, reflujó y flujo, con independencia total.
- C. — Dos mareas sucesivas, reflujó y flujo, asociadas.
- D. — Doble cuenco en fase inicial de reflujó.

Los regímenes *B* y *C* poseen tales inconvenientes desde el punto de vista de su establecimiento práctico, que nunca se adoptan.

El régimen *D* se aparta desde el primer momento porque exige condiciones especialísimas en la configuración del terreno para que su realización sea posible, tanto desde el punto de vista técnico como desde el económico, condiciones que no reúne la ría de Santoña, y crearlas artificialmente llevaría consigo un gasto muy considerable.

El régimen *A* que se adopta para el aprovechamiento de la energía potencial de las mareas en la ría de Santoña, consiste en lo siguiente: las compuertas establecidas sobre la coronación del dique están completamente abiertas durante el flujo, cerrándose en la estoa de pleamar al quedar lleno el cuenco; pasado algún tiempo desde el cierre de las compuertas, se ha-

brá establecido una diferencia entre las altitudes de las superficies del agua en el cuenco y en el mar; cuando esa diferencia tenga la magnitud necesaria para el funcionamiento normal de las turbinas, se abre la admisión, momento en el que pueden recibir estos motores todo el caudal previsto.

Este caudal puede ser constante o variable, pudiendo a su vez ser variable o constante, correlativamente, la velocidad del descenso de la superficie del agua acumulada en el cuenco; se ha adoptado lo primero, fijándose la correspondiente cuantía después de algunos tanteos cuya finalidad era que la energía producida fuese la máxima posible; en los correspondientes resultados tienen influencia varios factores, entre ellos, altura mínima del salto, carrera de marea, duración del período de funcionamiento de la instalación, etcétera.

A medida que baja la marea, la altura del salto disponible aumenta, alcanza un valor máximo, y disminuye seguidamente, cerrándose la admisión en el momento en que dicha altura tiene el valor mínimo compatible con el trabajo normal de las turbinas, circunstancia que se presenta corrientemente poco después de la estoa de bajamar; entonces el cuenco queda aislado del mar, situación que determina la permanencia de la superficie del agua remanente; al coincidir esta superficie con la del mar en su fase de flujo, se abren las compuertas para que el cuenco se llene de nuevo, repitiéndose el ciclo descrito, con las modificaciones resultantes de la variabilidad de la carrera de marea.

La cuestión del régimen de los aprovechamientos de la energía potencial de las mareas no tiene solución concreta y determinada en cada caso particular, puesto que además de ser consecuencia obligada de las características específicas del paraje respectivo, topográficas, marítimas, climatológicas, etc., tiene influencia grande en aquélla la ley que se adopte para el suministro a las turbinas del agua acumulada en el cuenco; en los anteproyectos preparados se supone que el caudal alimentador de esos motores es constante en cada ciclo de marea, sin dejar por eso de reconocer que el factor demanda de energía, compatible con las posibilidades del aprovechamiento, será el decisivo; la última palabra sobre el particular queda reservada al proyecto definitivo, caso de que proceda su redacción en vista de los resultados de los estudios, investigaciones, ensayos, experimentos, etc., de todo orden realizados, absolutamente necesarios para que la solución que se proponga tenga las mayores probabilidades de ser correcta.

(Continuará.)