

Propósito de la Revista de Obras Públicas

La Revista de Obras Públicas es, básicamente, una revista de carácter técnico, que pertenece al mundo cultural de la Ingeniería Civil.

Órgano Profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, su ámbito de divulgación es, pues, tanto el colectivo de éstos como el de su entorno técnico, científico, económico, cultural y social directamente ligado al mismo, de manera que los artículos que en ella se publican presenten el máximo interés para todos sus potenciales lectores.

Tal ha sido su línea editorial desde su fundación en 1853, y su objetivo sigue siendo continuar e innovar esa línea de reflexión sobre el oficio.

Así, la ROP, dentro de su contenido técnico, se adentra en un mundo más amplio que el de las revistas puramente científicas (cuyo objetivo, de mayor especialización, es el de dar a conocer de manera exclusiva tecnologías muy específicas y trabajos de investigación), atendiendo al ingeniero proyectista y al constructor, al mundo de las enseñanzas técnicas y al de las actividades profesionales, así como a las relaciones de la ciencia, la técnica y la cultura con la política sectorial y la sociedad civil.

Sumario

nº 3.469 • Año 153 • Septiembre 2006

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS



Foto de portada: Playa de Cala Agulla en Mallorca.

Editorial

5

La lluvia artificial
[Artificial rain]

Política de Obras Públicas



7-10

La ingeniería invertebrada.
Un homenaje, con intención,
a José Ortega y Gasset
[Invertebrate Engineering.
In homage of Ortega y Gasset]
Javier Muñoz Álvarez

Secciones

Actividad del Ingeniero	55
La ROP hace 150 años	57
La ROP hace 100 años	58
La ROP hace 50 años	58
Informaciones [páginas amarillas]	73

Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil

11-20

El nuevo sistema de abastecimiento
de Cantabria: El bitrasvase Ebro-Besaya-Pas
y la Autovía del Agua
[The new supply system to Cantabria:
The Ebro-Besaya-Pas twin transfer
and the water highway]
Francisco L. Martín Gallego,
José Fernández Ruiz,
Eduardo García Alonso



21-54

Las playas y su proceso genético
[Beaches and their formation]
Carlos Garau Sagristá



Obras y Proyectos de Actualidad

61-71

Teatro del Canal.
Centro de las Artes
Escénicas de la Comunidad de Madrid
[Teatro del Canal.
Madrid Centre
for the Performing Arts]
Alfredo Hernández Ayuso,
Álvaro Serrano Corral,
Antonio Tabera Atienza

Se admiten comentarios a los artículos publicados en el presente número, que deberán ser remitidos a la redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2006

Director:
Juan Antonio Becerril Bustamante

Redactores Jefes:
Juan A. Sánchez Rey
Juan Pablo Mañueco Grinda

Maquetación:
José Luis Saura

Redacción:
Jesús Benito Torres
Gloria Martín Sicilia

Redacción y Publicidad:
Almagro, 42.
28010 Madrid.
Tel.: 91.308.19.88
Fax: 91.319.15.31

Edita:
Colegio de Ingenieros
de Caminos,
Canales y Puertos.

Imprime:
Grafoffset SL impresores.

Depósito Legal: M-156-1958.
ISSN: 0034-8619.
rop@ciccp.es
www.ciccp.es/rop/index.htm

Suscripciones:
suscripcionesrop@ciccp.es

Esta revista no se hace
necesariamente solidaria
de las opiniones expresadas
por sus colaboradores.

Publicación decana de la prensa española no diaria. Fundada en 1853

CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Presidente:

D. José Antonio Torroja Cavanillas

Vocales:

Miguel Aguiló Alonso

Luis Berga Casafont

Íñigo Losada Rodríguez

Julio Martínez Calzón

Edelmiro Rúa Álvarez

Florentino Santos García

Benjamín Suárez Arroyo

Director:

Juan Antonio Becerril Bustamante

COMISIÓN DE EXPERTOS

Federico Bonet Zapater

Javier Botella Atienza

Gerardo Cruz Jimena

Javier Díez González

José Luis Gómez Ordoñez

Santiago Hernández Fernández

Antonio Huerta Cerezuela

Ernesto Hontoria García

Javier Manterola Armisén

Manuel Melis Maynar

Felipe Mendaña Saavedra

Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra

Carlos Oteo Mazo

Mariano Palancar Penella

Santiago Pérez-Fadón Martínez

Ángel Pérez Jamar

José Polimón López

José Rubio Bosch

Javier Rui-Wamba Martija

Fernando Sáenz Ridruejo

Andrés Sahuquillo Herraiz

Francisco Javier Samper Calvete

Vicente Sánchez Gálvez

Antonio Soriano Peña

Pedro Suárez Bores

Ignacio Tejero Monzón

Javier Torres Ruiz

Santiago Uriel Romero

Eugenio Vallarino y

Cánovas del Castillo

COMITÉ EDITORIAL

Francisco Javier Asencio Marchante

Antonio de las Casas Gómez

Juan Antonio Becerril Bustamante

Rafael Izquierdo de Bartolomé

Juan Rodríguez de la Rúa

Editorial

La lluvia artificial

Con frecuencia hemos manifestado, hasta convertirlo casi en un tópico, que la *Revista de Obras Públicas* es fuente inagotable de información sobre todo lo acaecido en el mundo de la ingeniería desde 1853.

Es habitual que al hablar de cualquier asunto en ese mundo que lleve aparejado el marchamo de novedad, encontremos en la *Revista* algún artículo o referencia que recoja aspectos del mismo precursores de la nueva técnica.

Estas reflexiones son las que brotaban esta primavera cuando, con motivo de un viaje a Israel de la Presidenta de la Comunidad de Madrid, los medios de comunicación prestaban especial atención a las experiencias llevadas a cabo en aquel país en relación con la lluvia artificial, “descubriendo” sus dotes milagrosas y augurando toda serie de beneficios en caso de éxito.

La renuncia que estamos haciendo los españoles tanto a conocer nuestra historia común, como a ejercitar nuestra memoria, explican probablemente el que nadie se haya hecho eco de que nuestro país fuera pionero hace sesenta años, en 1947, de unos estudios iniciales sobre esta apasionante y no resuelta nueva tecnología.

En efecto, en aquel año, un brillante alumno de la Escuela de Caminos publicaba en esta *Revista de Obras Públicas* (ver números 2784 a 2787 en ROP DIGITAL), cuatro espléndidos artículos sobre las posibilidades de la lluvia artificial en España que constituían, además, un verdadero tratado de Climatología. El cuarto de ellos finalizaba con la promesa de relatar en uno posterior los resultados que se trataban de alcanzar al poner en práctica, en el verano siguiente, los conocimientos teóricos desarrollados. El proyecto estaba financiado por un destacado banco industrial, muy en boga en aquellos años.

El prometido artículo no llegó a publicarse; el autor se subió a la avioneta preparada al efecto, atravesó la nube seleccionada y el efecto no pudo ser más negativo: al bombardear la nube con yoduro de plata, la capa de hielo que se formó en las alas hizo que el aparato se precipitase hacia el suelo, siendo la rápida acción solar sobre las mismas la causa de que, casi instantáneamente, la situación se resolviese y pudiese remontarse el vuelo.

Siete años más tarde, en diciembre de 1954 (número 2876) el mismo autor seguía tratando el tema, cuando estaba a punto de constituirse en el Ministerio de Industria el Servicio de Investigación y Ensayos de Lluvia Artificial (SIELLA), con la colaboración de las empresas hidroeléctricas privadas encuadradas en UNESA y las empresas del INI.

Todo aquello no prosperó, pero sí se estableció una base teórica inicial que hubiese permitido, en caso de que alguien hubiese recogido el testigo, continuar los estudios pertinentes.

El alumno de referencia fue un brillantísimo ingeniero, hombre de extraordinaria cultura, que desarrolló sus actividades en empresas hidroeléctricas y banca privada, y fue el lanzador de las empresas catalanas de gas.

Se llamaba Pedro Durán Farell.

Nihil novum sub sole.

FE DE ERRATAS: Como habrá comprendido fácilmente el lector, en el cuarto párrafo del editorial correspondiente al pasado mes de julio-agosto, se ha deslizado un grave error, cuando aparecen distorsionados de forma notable (decuplicados), los diferentes porcentajes que en él se recogen. Pedimos disculpas por ese involuntario y demasiado evidente desliz.

La ingeniería invertebrada

Un homenaje, con intención, a José Ortega y Gasset

Invertebrate Engineering. In homage of Jose Ortega y Gasset

Javier Muñoz Álvarez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
C.I.C.C. y P. Secretario de la Demarcación de Castilla y León. 06jma@ciccp.es

Resumen: El pasado año se conmemoró el 50 aniversario de la muerte de José Ortega y Gasset, sin duda el filósofo que mayor atención ha prestado a la Técnica. En este artículo, de la mano de algunos de sus textos, se reflexiona sobre nuestra profesión en el momento actual. Una invitación a *pensar*, a *vertebrar* la ingeniería del siglo XXI.

Palabras Clave: Fama, paisajismo; Política, asamblea; Universo, enseñanza; Amor propio, rebelión

Abstract: Last year saw the 50th anniversary of the death of Jose Ortega y Gasset, a philosopher concerned with technology more than any other. This article refers to a number of his essays and considers the state of our profession today, while offering the reader the chance to reflect on and piece together the "backbone" of 21st engineering.

Keywords: Fame, landscape; Politics, assembly; Universe, teaching; Self-esteem, rebellion

Contra el silencio de la Técnica

Con el nombre de *Meditación de la técnica*, Ortega impartió el mismo año de su inauguración, en 1933, un curso en la Universidad de Verano de Santander. En la lección V leemos: "Tal vez tenga que ver esto con el extraño hecho de que la técnica es casi siempre anónima, o por lo menos que los creadores de ella no gocen de la fama nominativa que ha acompañado siempre a aquellos otros hombres"¹. Se refería a *aquellos otros hombres*: poetas, filósofos, políticos... cuyos desvelos sí obtenían, y obtienen, un general reconocimiento público. Sin embargo, tampoco conviene olvidar que, incluso en la edad de oro de los ingenieros, cuando el filósofo incluía nuestro hacer en el núcleo del Progreso: "Esta civilización del siglo XIX, decía yo, puede resumirse en dos grandes dimensiones: democracia liberal y técnica"², rara vez algún ingeniero gozaba de la *fama nominativa*. Una feliz excepción. Leopoldo Alas *Clarín* escribía en 1893: "Merece, a mi parecer, plácemes, y ser animado en su empresa, el reputadísimo artista de Bilbao don Pablo Alzola, por la campaña noble, generosa y simpática que ha emprendido a favor de lo que pudiéramos llamar la democracia estética (...). Libros como *El arte industrial en España*, contribuyen mu-

cho a librar al país de semejantes oscuridades, ofreciéndole la luz de la belleza"³. (Nótese que el severo y *afamado* crítico no trata a Alzola de ingeniero, sino de artista: eran otros tiempos, y acaso otros ingenieros, que se preocupaban, además de por la ingeniería, de la luz y de la belleza. O, sin más, de la *buena* ingeniería). No obstante, el mayor culpable de que nuestras actuaciones alcancen tan escaso eco público quizá sea nuestro propio silencio, atribuido unas veces al pecado original, el *esprit de corps*, y otras al monopsonio o a la formación en las Escuelas. En cualquier caso, no deja de ser cierto que más allá de tratados y artículos técnicos, sin duda relevantes, casi ningún ingeniero ha escrito meditaciones, ensayos o reflexiones de altos vuelos así reconocidos por *aquellos otros hombres*. Frente a otros profesionales, que han cultivado *in extenso* la crítica *higiénica* de su razón de ser –y en relación con los demás–, en nuestra profesión apenas se han escrito gramáticas sustantivas contra nadie o contra el Todo. Y tal vez haya llegado la hora de que nuestros ingenieros *mejores* piensen, vertebrén la ingeniería del siglo XXI, pues "a toda hora se habla hoy de los progresos fabulosos de la técnica; pero yo no veo que se hable, ni por los mejores, con una conciencia de su porvenir suficientemente dramático"⁴. Todo menos el silencio.

Nuevos principios de inercia

A Ortega y Gasset, por encima de todo, se le debe distinguir como insuperable agitador cultural, empeñado en abrir la caja de Pandora de unos vientos más modernos, más sanos, en unos tiempos en que el catedrático de Griego urgía a *españolizar* Europa y le preocupaba nada que inventaran ellos. El conocido principio de inercia de nuestra *razón histórica*...: "El aldeano vive en un mundo muy reducido que se compone de objetos sumamente concretos, para él habituales y de sobra sabidos. Ahora bien, el aldeano cree que todo el mundo es de su aldea y que, por tanto, las cosas de que él habla son para todo el mundo *consabidas*"⁵. Precisamente, en otro título clásico y siempre actual, el filósofo hacía referencia a ese principio: "Todo oficio u ocupación continuada arrastra consigo un principio de inercia que induce al profesional a irse encerrando cada vez más en el reducido horizonte de sus preocupaciones y hábitos gremiales. (...) Es preciso, pues, mantener viva en cada clase o profesión la conciencia de que existen en torno a ella otras muchas clases y profesiones, de cuya cooperación necesitan, que son tan respetables como ella y tienen modos y aun manías gremiales que deben ser en parte tolerados o, cuando menos, conocidos"⁶. La ingeniería, quizá, en alguna época, en algún momento, ha pecado de vanidad, de corporativismo, o al menos ésa ha sido la sensación percibida por otros: "El actual delegado del gobierno en la confederación del Duero, teniente general Latorre, es un hombre completamente íntegro, y está empeñado en una lucha desesperada con los intereses creados que, desde hace mucho tiempo, defiende el personal de ingenieros de las confederaciones. No creo que este señor gane la partida, pues en España es difícil vencer a esta masonería de intereses aconchabados en los diferentes organismos de nuestra administración"⁷. Y *no es eso, no es eso*, pero tampoco esto, lo de ahora, pues asistimos impasibles a un espectáculo variopinto, tal vez merecido en parte por nuestros propios errores, pero en ningún caso justo hacia nuestro hacer ni benéfico para el Progreso, para la sociedad. Señalaremos aquí, como una pequeña muestra, tres de estos nuevos *espectaculares* principios.

Principio de mando. Últimamente, y cada vez con más fuerza, se impone el principio aristotélico de que quien gobierna, manda: "Mandar y obedecer no sólo son cosas necesarias, sino también convenientes, y ya desde el nacimiento algunos están destinados a obedecer y otros a mandar. (...) Por eso dicen los poetas: *justo es que los helenos manden sobre los bárbaros*"⁸. Por supuesto que el ingeniero ha de conocer su función social, tan distinta de la del político: "Por definición, el técnico no puede mandar, dirigir en última instancia. Su papel es magnífico, venerable, pero irremediabilmente de segundo plano"⁹, pero ello no debe implicar que deje de ejercer su cometido, y aun que critique las injerencias, tan abundantes en nuestros días, de los políticos. En 1936, poco antes de su muerte, José Eugenio Ribera titulaba de esta significativa manera: *La política y los contratistas*, un artículo publicado en esta misma revista. "La intervención de los políticos, grandes y chicos, en las más importantes incidencias que se presentan en el curso de las construcciones de una obra de alguna magnitud, es casi siempre nefasta para los contratistas. Considero oportuno demostrarlo y, hombre de realidades y no de literatura, lo probaré con algunos hechos personales que, por lo tanto, son incontrovertibles"¹⁰. (Conviene recordar que Ribera fue contratista, y sin duda hubo de soportar el tan pernicioso -¿o no?- monopolio; sin embargo, le parecía decente no callar ante lo que consideraba injusto). En resumen, está bien que los *bárbaros* obedezcan, pero siempre que la orden no contravenga la Técnica. De ocurrir así, en bien del interés público, debería alzarse la voz. ¿Pero quién grita? A título de ejemplo: el ciudadano desconoce que los plazos de ejecución de las obras no se fijan al albur, ni mucho menos para que todas ellas estén acabadas un poco antes de las elecciones. Aunque a veces, muchas veces, coincide.

Principio de incompetencia. En el apartado de solvencia técnica de muchos pliegos de contratación se exigen equipos multidisciplinares. Así, la competencia, o incompetencia, de los distintos profesionales intervinientes, a veces queda desdibujada. Ortega hacía la siguiente observación: "Aprovecho el conexo para hacer observar a ustedes que la técnica, al aparecer por un lado como capacidad, en principio ilimitada, hace que al hombre puesto a vivir de fe en la técnica y sólo en ella, se le vacíe la vida. Porque ser técnico y sólo técnico es poder serlo todo y consecuentemente no ser nada determinado"¹¹. Ahora, aun sin tener excesiva fe, o así



José Ortega y Gasset

"El aldeano vive en un mundo muy reducido que se compone de objetos sumamente concretos, para él habituales y de sobra sabidos. Ahora bien, el aldeano cree que todo el mundo es de su aldea y que, por tanto, las cosas de que él habla son para todo el mundo consabidas".
(José Ortega y Gasset)

En el apartado de solvencia técnica de muchos pliegos de contratación se exigen equipos multidisciplinares. Así, la competencia, o incompetencia, de los distintos profesionales intervinientes queda desdibujada.

parece, vamos por el camino de no ser nada determinado, de que se nos vacíe la vida *competencial*, y aceptamos participar en equipos multidisciplinarios para todo. Se ha pasado de la Nada al Todo. Y a nadie debería de extrañar que algún día (¿lejano?) se exija la firma de un paisajista como autor, en igualdad de condiciones con el ingeniero hidráulico, del proyecto de una presa.

Principio asambleario. Un compañero, ingeniero de provincias convicto y confeso, y dado a la broma, cuenta que no hace mucho acudió a un acto de *ingeniería asamblearia* en un pueblo de Castilla. El alcalde-decisor político y los ciudadanos-votantes se reunieron en asamblea para elegir democráticamente el trazado de su variante de carretera. Se acordó repartir una encuesta para conocer las preferencias de todo el pueblo. Y en las carnicerías, y en los cafés, y los domingos por la tarde, se debatía, se diseñaba, se proyectaba. Finalmente, como se trataba de un pueblo civilizado, no fue a más la cosa, y aceptaron presentar durante el período de información pública, como corresponde según ley, diversas alegaciones al trazado propuesto, y justificado técnicamente, por el ingeniero. Nuestro compañero bromista exagera pero... Ortega ya advertía de que "el público de los espectáculos y conciertos se cree superior a todo dramaturgo, compositor o crítico, y se complace en cocear a unos y otros. Por muy escasa discreción y sabiduría que goce un crítico, siempre ocurrirá que posee más de ambas cualidades que la mayoría del público"¹². Precisamente por ello, nunca está de más recordar a ese público nuestras discretas, en exceso, cualidades.

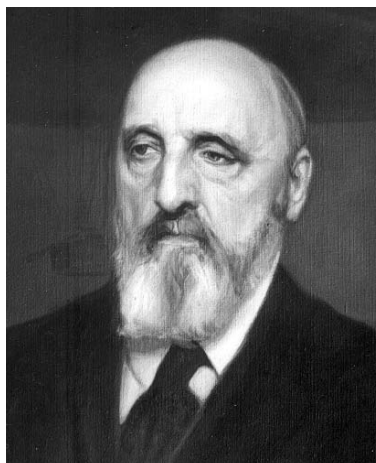
Enseñanza casi universal

Ortega, en *Misión de la Universidad*, reconocía: "El problema de universalizar la Universidad supone, en consecuencia, la previa determinación de lo que sea ese saber y esa enseñanza universitarios"¹³. En nuestra profesión, una vez universalizada su enseñanza, y en fase de expansión el Universo, ¿alguien se atreve a reflexionar, en voz alta, sobre qué sea nuestro saber? No cabe duda de que, en efecto, las numerosas Escuelas, públicas y privadas, que otorgan el título académico imparten una enseñanza acorde a la ley (concretamente, al Real Decreto nº1425/1991, de 30 de agosto). Pero, ¿basta con acatar, y cumplir, el ordenamiento jurídico vi-



Leopoldo Calvo Sotelo

"En suma: los Ingenieros, como colectividad, no cuentan hoy ni parecen tener interés en contar para las más altas empresas de la Nación. Y esto, cuando se reclutan las vocaciones técnicas entre lo mejor de la juventud estudiantil, según dicen los entendidos, es un hecho muy grave que debe solicitar la meditación de todas las Escuelas Especiales" (Leopoldo Calvo Sotelo)

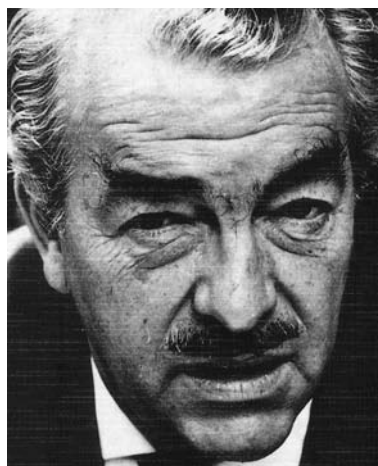


Leonardo Torres-Quevedo

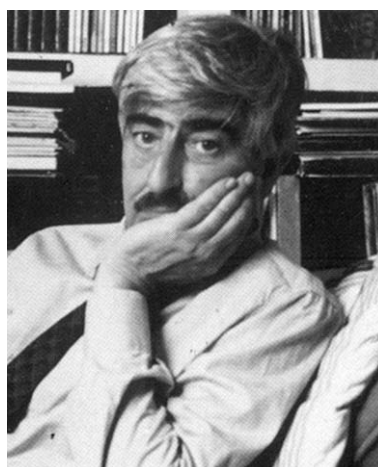
gente para asegurar una buena educación? El mismo Ortega proponía soluciones *botánicas*: "No hay más remedio que volverse ahora contra esa inmensidad y usar del principio de economía, por lo pronto, con un hacha. *Primero*, poda inexorable. (...) Hay, pues, que sacudir bien de ciencia el árbol de las profesiones, a fin de que quede de ella lo estrictamente necesario, y pueda atenderse a las profesiones mismas, *cuya enseñanza se halla hoy completamente silvestre*"¹⁴. Unos años antes de esta bélica exhortación, don Leonardo Torres-Quevedo titulaba una de sus magníficas conferencias de este modo: *La enseñanza de la ingeniería en España*, y a propósito reconocía: "Tengo respeto y cariño a esas Escuelas en que se ha formado nuestro pensamiento, y por eso mismo, lejos de proponer su destrucción, pido que se perfeccionen, pido que se introduzcan en ellas las reformas necesarias para adaptarlas al nuevo plan de enseñanza de la ingeniería. Y quien pide reformas, forzosamente ha de señalar y aun ha de poner de relieve los defectos que pretende corregir"¹⁵. En nuestros días, sin embargo, nadie parece estar dispuesto a abrir, con el rigor que requiere, ningún debate acerca de la enseñanza en las Escuelas, e incluso acerca de la razón de ser de todas las Escuelas: el silencio, nuevamente. Leopoldo Calvo Sotelo, allá por los años cuarenta del pasado siglo, escribía en *Arco*, una revista editada por los alumnos de la Escuela: "En suma: los Ingenieros, como colectividad, no cuentan hoy ni parecen tener interés en contar para las más altas empresas de la Nación. Y esto, cuando se reclutan las vocaciones técnicas entre lo mejor de la juventud estudiantil, según dicen los entendidos, es un hecho muy grave que debe solicitar la meditación de todas las Escuelas Especiales"¹⁶. (Actualmente, para ingresar en alguna Escuela la nota de corte exigida es 5,0... o ninguna). Nosotros, desde luego, no compartimos el pesimismo de Ortega: "¿Por qué empeñarse en lo imposible? No lo comprendo. A mí me produce repugnancia ese prurito de hacerse ilusiones (hay que tenerlas, pero no hacérselas), esa constante megalomanía, ese utopismo obstinado en fingirse que se consigue lo que no se consigue. El utopismo lleva a la pedagogía de Onán"¹⁷, pero hace falta, con urgencia, en voz alta, reflexionar acerca de qué sea nuestro saber y nuestra enseñanza universitarios.

Epílogo para ingenieros avisados

En 1945, después de unos años de exilio en Francia, Países Bajos, Argentina y Portugal, José Ortega y Gasset volvía, en silencio, definitivamente a España. Cruzó la frontera portuguesa subido en un Packard gris perla: conducía José Torán, un ingeniero insólito. Los dos, a su manera, y en fechas distintas, advirtieron del peligro de que el hombre-ciencia fuera el prototipo de hombre-masa... o algo peor. Así, el que después fuera calificado de *maestro en el erial*¹⁸, se preguntaba en 1930: "¿Se ha pensado en todas las cosas que necesitan seguir vigentes en las almas para que pueda seguir habiendo de verdad *hombres de ciencia*? ¿Se cree en serio que mientras haya dólares habrá ciencia? Esta idea en que muchos se tranquilizan no es sino una prueba más de primitivismo"; y más adelante señalaba: "La técnica contemporánea nace de la copulación entre el capitalismo y la ciencia experimental. No toda técnica es científica"¹⁹. Por su parte, en 1979, durante el acto de inauguración del *Aula Libre*, el ingeniero hidráulico apostillaba: "Sobran ingenieros, desde luego, pero, claro, cambiar la sociedad no va a ser posible; sin embargo, llenar de contenido esta inflación estudiantil, darle contenido, darle sentido, rellenar el globo de algo, sí que es fundamental. El globo hay que rellenarlo de dos dimensiones: la vertical, como he dicho, formar vocaciones; después, permitir que se imparta docencia en las alforjas del que algo aprendió en la vida y no sólo en los libros; y luego una horizontal, que es el humanismo. No se pueden montar carreras, profesionalizarlas como la nuestra, que no conduzcan a otro apetito que el ver el escalafón para ver (*sic*) cuándo se puede suceder al jefe. Hay que llevar al ingeniero a un



José Torán



Juan Benet

sentido de su libertad facultativa, que es mucho más importante que su rango profesional"²⁰. Precisamente, otro hidráulico ingeniero, Juan Benet, ejerció la libertad facultativa de juicio como ningún otro. En *Epístola moral a Laura* leemos: "En las crisis de confianza es cuando se ve a dónde conducen uno y otro; el orgullo siempre para en lo mismo, una retracción sobre sí, un desprecio hacia un prójimo que no sabe comprender el valor de su personalidad ofendida; mientras que el amor propio –por su propia lucidez– comprende con dolor que no tiene más remedio que rectificar la conducta que le obligaba a amar unos hechos por propios pero no por dignos de tal sentimiento"²¹. ¿Para cuándo, pues, el *mejor* amor propio de los ingenieros? ¿Para cuándo, en fin, la *rebelión* de los ingenieros?

Nota bene.– Hemos de reconocer nuestra escasa afinidad con una parte importante del pensamiento orteguiano, y muy especialmente con la que pasa por ser su obra mayor: *La rebelión de las masas*. No obstante, hemos querido rendirle sincero homenaje por una razón principal: su indiscutida valentía para decir lo que pensaba, para despertar de su letargo a quienes dormían, a quienes callaban. También ha sido ésta nuestra intención, aun a riesgo de saber que "es lo más probable que sobre esta opinión heterodoxa caiga el diluvio de tonterías que sobre cualquier asunto amenaza siempre desde el horizonte, torrencial como panza de nube gorda. No dudo de que existan objeciones serias a mi tesis; pero antes de que éstas lleguen se producirá la habitual erupción en el volcán de lugares comunes que es todo hombre cuando habla de una cosa sin haber pensado antes en ella"²². ♦

Referencias

- (1) JOSÉ ORTEGA Y GASSET, *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*, Ed. Alianza, Madrid, 2004, pág. 56.
- (2) JOSÉ ORTEGA Y GASSET, *La rebelión de las masas*, Ed. Espasa Calpe, Madrid, 1993, págs. 154-155.
- (3) LEOPOLDO ALAS CLARÍN, *Obras completas, tomo VIII, Artículos (1891-1894)*, Ed. Nobel, Oviedo, 2005, pág. 492.
- (4) *La rebelión...*, pág. 133.
- (5) *Meditación...*, págs. 119-120.
- (6) JOSÉ ORTEGA Y GASSET, *España invertebrada*, Ed. Calpe, Madrid, 1922, págs. 70-71.
- (7) FRANCISCO FRANCO SALGADO-ARAÚJO, *Mis conversaciones privadas con Franco*, Ed.

- Planeta DeAgostini, Barcelona, 2006, pág. 185.
- (8) ARISTÓTELES, *Política*, Ed. Gredos, Madrid, 2000, págs. 14 y 5.
- (9) *Meditación...*, pág. 56.
- (10) JOSÉ EUGENIO RIBERA, "La política y los contratistas", *Revista de Obras Públicas*, n° 2690, Madrid, 1936, pág. 139.
- (11) *Meditación...*, pág. 83.
- (12) *España...*, págs. 114-115.
- (13) JOSÉ ORTEGA Y GASSET, *Misión de la Universidad y otros ensayos sobre educación y pedagogía*, Ed. Alianza, Madrid, 1992, pág. 32.
- (14) *Id.*, págs. 49 y 59.
- (15) LEONARDO TORRES-QUEVEDO, "La enseñanza de la ingeniería en España", *Revista de*

- Obras Públicas*, n° 1991, año LXI, Madrid, 1913, pág. 573.
- (16) LEOPOLDO CALVO SOTELO, "Una reflexión sobre la ingeniería y los ingenieros al empezar el siglo XXI", discurso de ingreso a la *Real Academia de Ingeniería*, Madrid, 2003, pág. 16.
- (17) *Misión...*, pág. 57.
- (18) GREGORIO MORÁN, *El maestro en el erial. Ortega y Gasset y la cultura del franquismo*. Ed. Tusquets, Barcelona, 1998.
- (19) *La rebelión...*, págs. 135 y 155.
- (20) Intervenciones, publicadas en edición novenal, de José Torán en el *Aula Libre* del CICCIP; agradezco la gentileza de Marisa Marco.
- (21) JUAN BENET, *Puerta de tierra*, Ed. Cuatro, Valladolid, 2003, pág. 63.
- (22) *Misión...*, pág. 54.

El nuevo sistema de abastecimiento de Cantabria: El bitrasvase Ebro-Besaya-Pas y la Autovía del Agua

The new supply system to Cantabria:

The Ebro-Besaya-Pas twin transfer and the water highway

Francisco L. Martín Gallego. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director General de Obras Hidráulicas y Ciclo Integral del Agua
Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de Cantabria. martin_fl@gobcantabria.es

José Fernández Ruiz. Ldo. en Ciencias Químicas
Jefe de Servicio de Planificación Hidráulica. Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de Cantabria.
fernandez_j@medioambientecantabria.com

Eduardo García Alonso. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Asistencia técnica. Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de Cantabria. edelwar@gmail.com

Resumen: En este artículo se describen las soluciones de abastecimiento adoptadas en Cantabria, una región situada en la España húmeda, tratando de conjugar las demandas de crecimiento económico y bienestar social con la conservación y recuperación de los ecosistemas acuáticos, de acuerdo con la Directiva Marco del Agua europea. Para ello se plantea una infraestructura que transporta agua a un gran embalse, situado en la cuenca del Ebro, durante el invierno, para luego retornarla en la época estival, así como el aprovechamiento global de los principales recursos fluyentes. Todo el sistema, incluyendo las principales fuentes de aportación y de puntos de demanda, queda conectado mediante una red primaria de abastecimiento denominada popularmente Autovía del Agua. El aprovechamiento integral del sistema debe estar ligado a la implantación progresiva de un régimen de caudales ecológicos en los ríos de la región.

Palabras Clave: Abastecimiento, Trasvase, Bitrasvase, Caudal ecológico, Caudal de mantenimiento, Sistemas de abastecimiento, Embalses laterales

Abstract: The main problems regarding water resources management and ecosystem conservation in Cantabria, a small mountainous region in the humid zone of Spain, are presented, together with the selected solution, which tries to integrate river habitat conservation with water consumption needs. The selected alternative consists of a combination of two measures: pumping water from the coastal basins to a large reservoir during the winter, and back in the dry season; and taking profit of daily available flowing resources, bearing in mind maintenance discharges. A main distribution branch, colloquially named Water Highway of Cantabria, connects the available sources with the demand nodes. It is extremely important to apply a maintenance discharge regime in the different river reaches, in order to optimize the outcome of the whole system.

Keywords: Water supply, Out-of-basin diversion, Ecological discharge, Maintenance discharge, Water supply systems, Lateral reservoir

1. Introducción y situación de partida

Cantabria es una región de aproximadamente 5300 km² y una población fija de unos 530.000 habitantes, que pueden llegar a duplicarse durante la época estival debido al turismo y a las segundas residencias. La mayor parte de su territorio es de naturaleza abrupta, debido a la presencia de la Cordillera Cantábrica, una formación joven de origen alpino que se alinea de este a oeste, en sentido paralelo a la costa y poca distancia de ella, configurando

un conjunto de cuencas hidrográficas de pequeña extensión surcadas por ríos rápidos y torrenciales (figura 1). Un 20 % del territorio de la región, en concreto la zona más meridional, da origen al río Ebro, el más caudaloso de España y que desemboca, tras atravesar buena parte del nordeste del país, en el mar Mediterráneo; en la cuenca del Ebro en Cantabria, y dada la importancia estratégica de este río, se construyó, en la década de 1940 a 1950, un gran embalse de cabecera de 540 Hm³ de capacidad, denominado embalse del Ebro. Esta obra hidráulica tendrá un papel

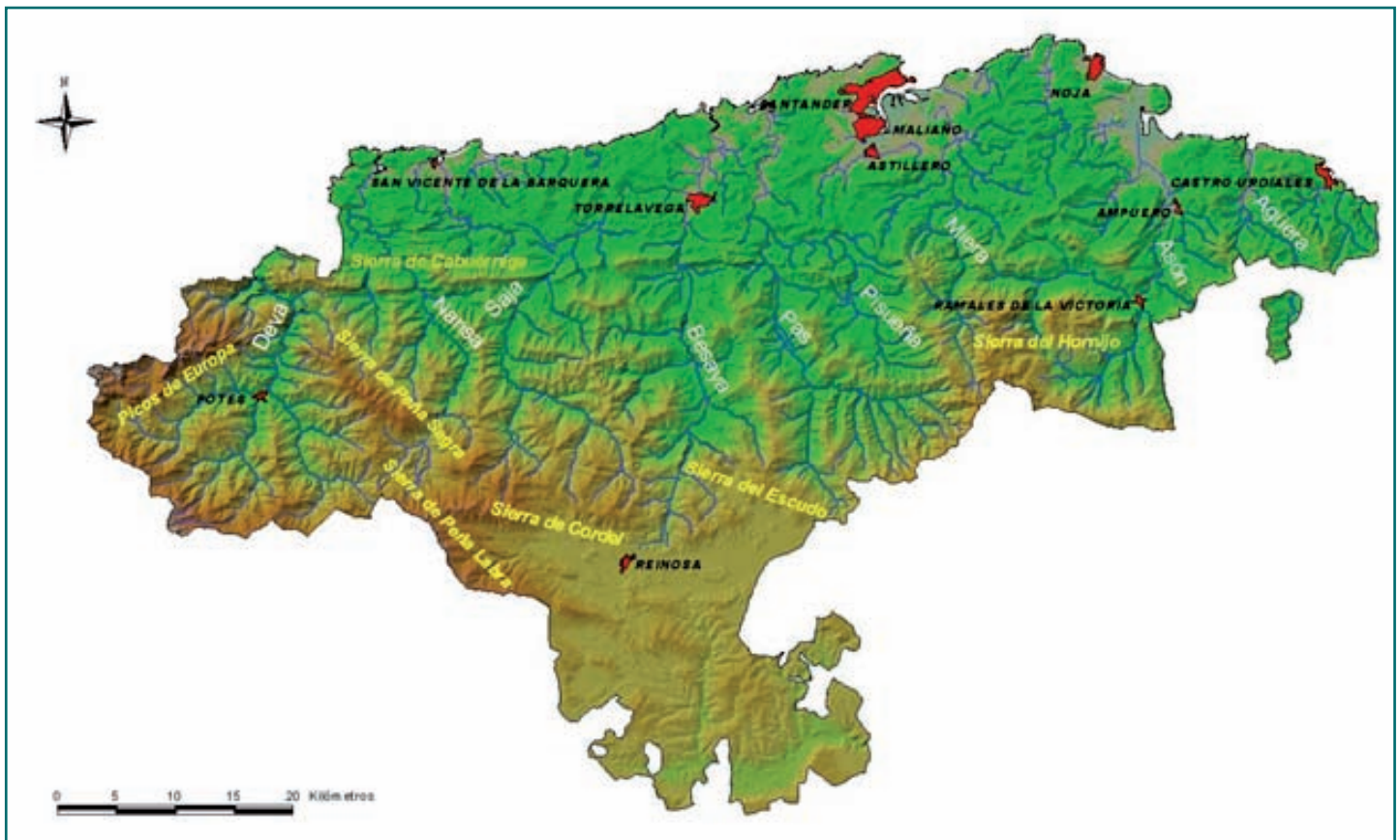


Fig. 1. Mapa físico de Cantabria (España).

clave, como se describirá más adelante, en el futuro sistema de abastecimiento de la región.

La pluviometría media anual de Cantabria es de 1300 mm, aunque muy desigualmente repartidos a lo largo del año, siendo la época más seca el verano (meses de junio a septiembre). El hecho de que se trate de un territorio relativamente poco poblado, aislado en cierta medida hasta hace poco tiempo y con abundancia de agua durante buena parte del año ha forjado paulatinamente la percepción social de que en Cantabria no hay problemas de agua; buena muestra de este hecho es que durante el periodo desarrollista español, entre 1940 y 1980, no se construyeran apenas embalses en la vertiente norte de Cantabria, salvo para usos industriales o hidroeléctricos, ya que bastaba el agua que bajaba por el río más cercano. Sin embargo, durante las últimas décadas, el aumento de la población, sobre todo la estacional, junto con la intensificación de los consumos industriales, han conducido a una situación insostenible, no sólo por la baja garantía de abastecimiento urbano, sino también por la presión a que se ven sometidos los ecosistemas acuáticos durante los meses estivales.

Cantabria, como el resto de las regiones de la Unión Europea, tiene la obligación de cumplir con los objetivos con-

tenidos en la Directiva Marco del Agua (Comisión Europea, 2000), ya transpuesta a la legislación española en diciembre de 2003. El objetivo principal de esta pieza legal innovadora, ambiciosa y compleja, es la consecución del buen estado de todas las masas de agua del territorio europeo antes de 2015; se entiende por masa de agua un tramo o sector de río, acuífero, estuario o costa, definido siguiendo determinados criterios ecológicos y de gestión. Asimismo, y como pilares complementarios, el texto de la Directiva Marco del Agua (en adelante DMA) establece para la consecución de este objetivo principal dos condiciones: la participación pública en los procesos de decisión y la recuperación de todos los costes, incluidos los ambientales y los del recurso, asociados a los usos y servicios del agua. Por lo tanto, se trata de una directiva que, en cuanto ámbito de influencia, abarca todo el ciclo del agua, incluyendo las aguas marinas y las subterráneas, y en cuanto a método o enfoque de resolución de problemas, apela tanto a criterios técnicos como sociológicos y económicos.

La meta de técnicos, gestores y políticos de la Comunidad de Cantabria, en colaboración con los del Gobierno Central español y con la propia Comisión Europea, es tratar de conjugar las exigencias de la DMA con el problema satisfacer la demanda urbana e industrial de la región, permiti-

tiendo y promoviendo un crecimiento racional y sostenible. Como se verá, se trata de un conjunto de actuaciones que requieren importantes cifras de inversión y que resultan, hasta cierto punto, poco convencionales, si bien se harán cada vez más habituales, sobre todo en los países desarrollados. Dicho proceso no se encuentra aún finalizado, por lo que sin duda habrá que seguir evaluando y controlando la eficiencia de todas las medidas que están en fase de ejecución. Antes de describir las infraestructuras que se están ejecutando y su modo de funcionamiento, se hará un breve resumen de los estudios básicos que han permitido diagnosticar la situación inicial de forma cuantitativa y llevar a cabo el análisis de las alternativas disponibles.

2. Estudios básicos y análisis de alternativas

Es de entender que, en una región donde la disponibilidad de recursos hídricos nunca se había considerado un problema, y donde no se habían llevado a cabo obras de regulación reseñables (al menos en la vertiente norte), existiera también una carencia de conocimientos cuantitativos y fidedignos del ciclo del agua. Asimismo, y esto ya no es un problema específico de Cantabria sino de toda España y del resto del mundo, el conocimiento de la función y estructura de los diferentes ecosistemas acuáticos, por otra parte muy variados, es por lo general escaso al inicio del siglo XXI.

Tales circunstancias motivaron que el gobierno regional contratara un conjunto de estudios a la Universidad de Cantabria en el año 2003, destinados a caracterizar el ciclo del agua y sus ecosistemas asociados; en este trabajo, se actuó de forma coordinada con el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno Central, que también es autoridad competente en la materia, y en especial con la Confederación Hidrográfica del Norte y con la Dirección Gral. de Costas. Entre los estudios realizados destacan, para los objetivos de este artículo, cuatro, que se describen brevemente en orden lógico de redacción, y que resultan interdependientes:

- Estudio de cuantificación de los recursos hídricos
- Estudio de caudales ecológicos
- Plan integral de ahorro de agua de Cantabria
- Documentación técnica para la redacción del Plan Director de Abastecimiento en Alta de Cantabria 2006-2010

2.1. Estudio de cuantificación de los recursos hídricos

Para poder evaluar la cantidad disponible de agua en las diferentes cuencas de Cantabria, se deben estimar, por un lado, los regímenes naturales de descarga y, por otro, el

mínimo flujo que debe ser garantizado para no causar daños irreversibles a los ecosistemas fluviales. Desafortunadamente, como usualmente ocurre en cuencas pequeñas, el número de estaciones de aforo de caudal disponibles es muy bajo (ocho estaciones en todo el ámbito de estudio), y en algunos casos con escasa fiabilidad. La red del pluviómetros en la región, generalmente con datos diarios, era muy densa en comparación con la de caudales, aunque todavía insuficiente en algunas zonas: un total de 140 registros pluviométricos, en muchos casos con huecos, fue analizado para llegar a obtener un conjunto de 43 series completas fidedignas de datos con precipitaciones diarias entre los años 1971 y 2003 (33 años).

El Gobierno Regional proporcionó un modelo digital del terreno a escala 1:5000, conjuntamente con los mapas litológicos, edafológicos y de vegetación oficiales. Esta información fue usada, con la precipitación y los datos de aforos, para calibrar un modelo hidrológico agregado, en concreto el *Soil Moisture Account* (SMA) (Bennett, 1998) integrado en el conocido paquete HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (USACE, 2003), que se explotó con incremento de tiempo diario; el número de ríos seleccionados para la simulación fue de doce, incluyendo todos los principales y algunos menores que soportan presiones importantes. Los primeros veinte años de datos sirvieron para propósitos de calibración, mientras el resto sirvió de validación del conjunto de parámetros que definen las características de cada subcuenca. Se construyó un modelo diferente para cada cuenca, con un total de 102 subcuencas consideradas.

Dado que el objetivo principal de este estudio era generar las series temporales sintéticas de caudales en régimen medio, y no los episodios de avenida, se prestó especial atención al ajuste de las curvas de recesión de los hidrogramas en los períodos de verano. Los criterios de optimización que sirvieron para la calibración modelo fueron, por un lado, las descargas por debajo de un cierto umbral (régimen de aguas bajas), y por otro lado el ajuste del valor medio del coeficiente de escurrimiento. Puesto que los aforos disponibles reflejan obviamente condiciones de caudal modificadas debido a las actividades aguas arriba, se llevó a cabo la tarea de restitución, basada en una investigación de los usos principales de agua en cada cuenca: el suministro urbano, la industria y los embalses. Se pueden destacar los siguientes resultados generales del estudio del comportamiento hidrológico en régimen medio de las cuencas de Cantabria:

- El coeficiente anual término medio de escurrimiento es de 0,6, con variaciones medias entre 0,5 y 0,7.
- Los caudales medios de verano son un 10% de los de invierno.

- Un verano seco (con periodo de retorno 25 años) aporta una décima parte del agua de un verano medio. Por lo tanto, las sequías son muy acusadas.

2.2. Estudio de caudales ecológicos

Una vez que han sido caracterizados los regímenes naturales de caudales en los ríos principales, se han estimado los caudales de mantenimiento en 63 estaciones (un promedio de 5 para cada río). Dos métodos han servido para este objetivo: uno basado en criterios hidrológicos, adaptado del método de Palau (CEDEX, 1998) y otro con base biológica, en concreto una versión del *in-stream flow incremental methodology* (IFIM), originalmente propuesto por Bovee (1982). Este último método conlleva trabajo detallado de campo y ha sido aplicado únicamente en seis estaciones, con el objetivo de validar el primer método, que es más simple. Como resultado de este análisis, los regímenes mensuales de caudal de mantenimiento han sido obtenidos en cada estación. Los resultados globales muestran que los caudales mínimos necesarios durante el verano para el mantenimiento de los ecosistemas fluviales de la vertiente norte de Cantabria, deben valer aproximadamente entre el 15 y el 25 % del caudal medio interanual en régimen natural de cada tramo; los caudales de mantenimiento necesarios en los meses más húmedos son del orden del doble que en el periodo de estiaje; los meses de transición son junio y octubre. Los recursos disponibles de agua en un tramo concreto de río para usos consuntivos serán el resultado de sustraer el caudal de mantenimiento obtenido de los regímenes de caudal fluyente.

2.3. Plan integral de ahorro de agua de Cantabria

El Plan integral de ahorro de agua (PIAA) de Cantabria tiene su origen en un Convenio entre el Gobierno de Cantabria y la Fundación Ecología y Desarrollo de Zaragoza (España), orientado a conseguir un uso más racional y eficiente de este recurso (Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria, 2006). Los trabajos para la elaboración del Plan se han llevado a cabo a lo largo de 2005 y han requerido la elaboración previa de unos datos básicos del uso del agua de abastecimiento en Cantabria, con la finalidad de paliar la falta de información que existía y que resulta imprescindible no sólo para elaborar el citado Plan sino para su posterior seguimiento.

El PIAA de Cantabria se ha elaborado siguiendo la metodología de los planes de gestión de la demanda, y se ha estructurado en torno a Programas Operativos con medidas que, en mayor o menor grado, afectan a los diferentes aspectos que intervienen en el ciclo del agua en

las ciudades. Los programas contienen medidas o intervenciones a realizar a lo largo de los cuatro años de duración previstos para el Plan. Éstas se han elaborado bajo el criterio de la viabilidad, es decir, se han propuesto medidas perfectamente asumibles tanto desde un punto de vista ambiental, como social o económico.

Los objetivos específicos de los programas que forman el PIAA son:

- Sensibilizar al conjunto de la población sobre la necesidad de asumir comportamientos responsables en el uso del agua.
- Reducir el volumen de agua de abastecimiento hasta situarlo en 72 Hm³ anuales, frente a los 80 Hm³ actuales (consumo total de abastecimiento urbano en Cantabria en 2003).
- Frenar el crecimiento de la demanda unitaria en los diferentes sectores de usuarios.
- Reducir sensiblemente los volúmenes de agua no registrada en los sistemas de distribución.
- Mejorar los sistemas de medición y control de los volúmenes captados, tratados y distribuidos en los distintos municipios de Cantabria.

2.4. Documentación técnica para la redacción del Plan director de abastecimiento en alta de Cantabria 2006-2010

En la fecha de redacción de estas líneas (junio de 2006) la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria se encuentra inmersa en el proceso de elaboración y tramitación del Plan Director de abastecimiento en alta de Cantabria 2006-2010, así como la evaluación ambiental estratégica del mismo. Los contenidos del Plan y el resultado final del proceso dependen en gran medida de factores socio-políticos, por lo que, en este contexto, se considera más pertinente describir la documentación técnica que se ha venido elaborando hasta la fecha para justificar las soluciones propuestas.

La documentación técnica del Plan tiene como principal misión determinar cuáles son las medidas (estructurales, normativas y de gestión) más adecuadas en términos económicos, ambientales y sociales para satisfacer las demandas hídricas actuales y futuras de la región, minimizando los impactos en los ecosistemas acuáticos. Los contenidos de la misma responden al siguiente índice:

1. Introducción
2. Descripción de la situación de partida
3. Diagnóstico de la situación de partida
4. Estudio de alternativas y análisis de escenarios
5. Programas de medidas
6. Análisis económico y de recuperación de costes



Fig. 2. En algunos de los tramos de la Autovía del agua se ha utilizado maquinaria de alto rendimiento, con el fin de acelerar la puesta en servicio de las obras.

Se trata por tanto de recopilar y elaborar la información necesaria para llevar a cabo una comparación de las opciones disponibles (*alternativas*), y a continuación determinar el efecto que determinados procesos exógenos, poco modificables desde la administración ambiental, pueden tener en el sistema diseñado (*escenarios*).

Entre las alternativas que se consideran figuran las siguientes:

- Alternativas para incrementar los recursos hídricos disponibles:
 - Alternativas basadas en recursos fluyentes: conexión de ríos a la red primaria de abastecimiento, reutilización.
 - Alternativas basadas en recursos regulados: trasvases, bitrasvases, nuevos embalses, lagunas laterales de almacenamiento de agua, desaladoras, etc.
- Alternativas de diseño de la red primaria de abastecimiento
 - Alternativas de trazado y diseño del eje este-oeste de abastecimiento (autovía del agua).
 - Alternativas de conexión del eje este-oeste con el nuevo bitrasvase Ebro-Besaya-Pas.

Los posibles escenarios que se analizan son:

- Nivel de implantación del régimen de caudales ecológicos. El dimensionamiento de las distintas infraestructuras depende de los caudales ecológicos que se adopten por ley, y su nivel de cumplimiento. Este es un proceso difícil de predecir *a priori*, puesto que depende de numerosos factores, más allá de los meros criterios ecológicos.

- Evolución de la actividad industrial en la región. Esta variable, de difícil predicción a medio y largo plazo, influye en el agua disponible para usos urbanos, incluso en el caso de que las nuevas industrias no se conecten a la red de abastecimiento.
- Efecto de las medidas de gestión de la demanda y renovación de redes existentes. Es evidente la importancia de estas variables a la hora de determinar los déficit futuros (ver el epígrafe anterior sobre el Plan integral de ahorro de agua)
- Posible efecto del cambio climático. Dado que se están diseñando infraestructuras con larga vida útil (al menos 50 años para la obra civil), las posibles alteraciones climáticas pueden tener influencia en el agua fluyente disponible.
- Variables de gestión y explotación. Existen algunas opciones, relativas a criterios de gestión y explotación del sistema, que dependen de acuerdos de naturaleza económica y política, difíciles de predecir.

La solución finalmente seleccionada en el Plan de abastecimiento se describe más adelante, junto con la descripción de las principales infraestructuras que conlleva.

3. Descripción de la alternativa seleccionada

Como se ha expresado anteriormente, Cantabria, a pesar de ser una región húmeda en términos generales, no puede satisfacer de manera natural, es decir, sin soluciones de ingeniería, la demanda de agua concentrada en los grandes núcleos costeros durante los meses de verano, menos aún si se respeta un cierto nivel de caudales ecológicos. La solución adoptada finalmente para el abastecimiento de la región consta de dos componentes complementarios: regulación e interconexión. Se entiende por regulación el proceso de almacenar agua durante el invierno para utilizarla en la época estival; la interconexión consiste en comunicar cualquier núcleo urbano con, al menos, una fuente de recursos hídricos regulada, además de los posibles aportes de aguas fluyentes.

La opción de construir nuevos embalses en Cantabria no resulta socialmente viable, por lo que se ha optado por obtener el agua necesaria para cubrir el déficit de demanda de abastecimiento a partir de tres fuentes principales:

- El bitrasvase Ebro-Besaya-Pas: es el elemento principal de regulación, y se describe en el epígrafe siguiente.
- Aprovechamiento de las principales fuentes fluyentes, actualmente no conectadas a una red general; es decir, disponibilidad global de recursos locales.
- Construcción o utilización de lagunas o embalses laterales de regulación: se prevé derivar agua durante

Tabla 1. Características de los remotes del bitrasvase Ebro-Besaya-Pas

	Hirvienza	Alto Besaya	Corrales
Altura manométrica en sentido norte-Ebro	104 m.c.a.	248 m.c.a.	871.5 m.c.a.
Altura manométrica en sentido Ebro-Norte	210 m.c.a.	210 m.c.a.	210 m.c.a.
Altura manométrica total	314 m.c.a.	458 m.c.a.	1081.5 m.c.a.
Diámetro	600 a 700 mm	600 a 1000 mm	600 mm
Caudal máximo	0,65 m ³ /s	1,55 m ³ /s	0,7 m ³ /s
Capacidad media anual estimada	2,6 Hm ³	6,7 Hm ³	10,4 Hm ³

la temporada húmeda de los ríos principales a embalses construidos en zonas situadas fuera de cauce, para luego retornarla en el verano. Representan un suplemento de recursos hídricos para ciertas zonas.

La interconexión se va a materializar mediante una conducción que comunique la mayor parte de las actuales redes de abastecimiento en alta de la región, y por lo tanto los principales ríos con sus aportaciones fluyentes. A esta nueva red primaria de abastecimiento se le ha denominado popularmente "Autovía del Agua" de Cantabria. En la figura 2 se presenta un esquema de la solución adoptada, con sus dos elementos principales: el bitrasvase y la red primaria.

3.1. El bitrasvase Ebro-Besaya-Pas

Se denomina bitrasvase Ebro-Pas-Besaya (en adelante bitrasvase EPB) a un conjunto de infraestructuras hidráulicas de captación, bombeo, conducción y depósito, destinadas a transportar agua durante los periodos húmedos desde la cuenca del río Besaya (una de las más extensas de la vertiente norte de Cantabria) hacia el embalse del Ebro, para posteriormente retornarla canalizada hasta la costa, durante el estiaje. Se trata, por tanto, de la piedra angular del futuro sistema de abastecimiento en alta de la región, y su funcionamiento se basa en almacenar agua durante el invierno en un embalse ya existente situado en otra cuenca, para luego bombearla en sentido inverso, en dirección a la costa, durante los meses de verano.

El bitrasvase capta el agua de tres puntos diferentes de la cuenca del río Besaya, situados a distinta cota. Las características de los tres remotes se recogen en la tabla 1.

Cabe señalar que en los remotes de Lantueno e Hirvienza, toda la energía consumida en el bombeo se puede recuperar turbinando el agua en sentido sur-norte y generando un excedente de explotación, mientras que el remote de Corrales es deficitario; por lo tanto, está previsto que este remote sólo se utilice en los años más secos, o en situaciones de emergencia. A la vista de esta tabla, se puede deducir que la capacidad de la nueva instalación para

trasegar agua asciende a unos 20 Hm³, en un año medio. Las tuberías asociadas son de acero, tienen un diámetro entre 1,6 y 0,6 m y una longitud total de más de 60 km; existen tramos en túnel y varias estaciones de bombeo, algunas de ellas reversibles. La inversión asociada a las obras del bitrasvase Ebro-Besaya-Pas asciende a unos 62 millones de euros de 2006, comenzaron a ejecutarse en el año 2004 y se prevé que estén finalizadas en 2007.

3.2. La Autovía del Agua de Cantabria

Las infraestructuras descritas anteriormente aportan el volumen de agua necesario para suplir el déficit existente, pero cada una de ellas se encuentra situada en una zona de la región, y en ocasiones lejos de los puntos de demanda. Por lo tanto, la solución completa a los problemas de abastecimiento y ecológicos en Cantabria requiere una infraestructura que conecte todos los puntos productores de agua, incluidos los ríos principales con posibles sobrantes, con las aglomeraciones urbanas.

Se denomina Autovía del Agua a una conducción continua, con sus instalaciones asociadas, que conectará en sentido paralelo a la costa todas las cuencas internas de Cantabria, desde Unquera (límite oeste) hasta Castro Urdiales (límite este). Se trata, por tanto, de una infraestructura que permitirá trasvasar agua procedente de cualquiera de los valles de la región al resto, de manera totalmente flexible y adaptada a las variaciones de la demanda en el espacio y en el tiempo. A este eje longitudinal se le incorporarán en sentido perpendicular tanto las fuentes de agua existentes, y en especial el bitrasvase, como las conducciones de derivación a las distintas redes de abastecimiento secundarias de la región. Así, la Autovía del Agua permitirá conectar, en lo que a recursos hídricos se refiere, las zonas costeras con mejor dotación con aquellas que sufren escasez, sin provocar perjuicios en las cuencas donantes.

Descripción de la infraestructura

La tubería es de fundición y tiene un diámetro que varía entre 1,2 m en las zonas centrales a 0,5 m en las zonas

ponibles en el río más cercano, tal y como se ha procedido tradicionalmente en la región. Para este balance local, que es viable durante buena parte del año en muchos enclaves, no interviene la Autovía del Agua. Nótese que cuando se habla de fuentes disponibles, se hace referencia al caudal fluyente menos el caudal ambiental estipulado para cada tramo.

2) Balance global de fuentes fluyentes. En un alto porcentaje del año, los principales ríos de la región (Deva, Nansa, Saja-Besaya y Asón) poseen un excedente de agua, una vez satisfechas las demandas locales asociadas. Este excedente puede ser aprovechado para abastecer otras zonas deficitarias, a través de la Autovía del Agua, siempre y cuando el coste de transporte se mantenga por debajo de cierto valor.

3) Balance global de fuentes reguladas. Una vez que se ha aprovechado el agua fluyente, primero a escala local y luego global, se debe recurrir a las fuentes de agua reguladas, y en especial al nuevo bitrasvase EPB, para cubrir el déficit restante, si es que existe. Para ello, se inyecta a la red primaria el agua necesaria de los lugares más cercanos a los puntos de demanda (en la zona más oriental, se recurre al embalse del Juncal antes que al bitrasvase).

Para poder optimizar el funcionamiento del sistema, se prevé la creación de un centro de control, así como una red de medida de parámetros de gestión, que incluyen caudales fluyentes en los ríos, caudales de demanda, niveles de depósitos e indicadores de calidad. Se dispone de un modelo numérico que simula el funciona-

miento del sistema, en la actualidad a partir de series sintéticas de demandas y aportaciones, generadas mediante análisis de series temporales y simulación hidráulica, respectivamente (Martín F.L. *et al.*, 2005; García E. *et al.*, 2006).

En la actualidad (junio de 2006) se encuentra en explotación el tramo más oriental de la conducción, entre el río Agüera (Oriñón) y Castro Urdiales. Las obras del tramo que une Oriñón con el Plan Asón (Laredo, Santoña y Noja, principalmente) se prevé que finalicen durante el último trimestre de 2006, al igual que las que conectan el río Deva con el Plan Valdáliga, que abastece los núcleos de San Vicente de la Barquera y Comillas, entre otros. Asimismo, se encuentran iniciadas, aunque con plazo de ejecución hasta 2007, las obras que conectan Ampuero (Plan Asón) con Santander. El resto de la Autovía, que corresponde al tercio centro-occidental de la región, zona que plantea menos problemas de abastecimiento a corto plazo, se encuentra aún en fase de estudio.

El ejemplo del nuevo sistema de abastecimiento de Cantabria, en la España húmeda, muestra que, en algunos casos, es posible conjugar la conservación ambiental con el desarrollo socioeconómico mediante soluciones tecnológicas más o menos complejas, que deben surgir de un buen conocimiento del medio natural y de un proceso riguroso de planificación hidrológica. El coste de este tipo de soluciones, tanto en términos de inversión inicial como de gastos de explotación, suele ser relativamente alto, en este caso en torno a 300 millones de euros de 2004, para una población de menos de un millón de habitantes, por lo que pueden no estar al alcance de todos los países y regiones. ♦



Fig. 3. El río Agüera es uno de los que se incorporan a la Autovía del agua en la zona oriental de Cantabria. En su cuenca se sitúa el embalse del Juncal.

situadas en los extremos. Su longitud total es del orden de 150 km y conlleva un conjunto de instalaciones asociadas como bombeos, depósitos y numerosos arquetas de diversos tipos. La Autovía del agua tiene un coste total estimado de inversión de 175 millones de euros de 2004, y llevará asociado un centro de telecontrol desde el que se podrá operar la totalidad del sistema. La obra se comenzó a construir en 2004 y se prevé su conclusión en 2007, de forma simultánea con el bitrasvase, con el que operará de manera integrada.

El trazado de las conducciones, tanto en planta como en alzado, está condicionado por la ubicación de los puntos a conectar y las características técnicas del tipo de tubería elegida, fundición con junta “acerrojada”, que permite desalineaciones máximas de 2° hasta diámetros de 800 mm y de 1.5° para diámetros hasta 1.600 mm, con lo cual los radios mínimos que se pueden conseguir son de 172 m y 230 m, respectivamente. Para radios de curvatura menores se está obligado a colocar piezas especiales, que obligan a dimensionar macizos hormigonados. Todas las zanjas tendrán forma trapezoidal con una anchura en la base igual al diámetro exterior de la tuberías que alojan más 1,50 metros, taludes variables en función de la calidad de los terrenos que atraviesan y altura variable dependiendo de la orografía.

Se prevén tres tipos de zanja:

- Zanja Tipo Normal: Se utilizará cuando la conducción circule por praderas y montes. Se extenderá una cama de arena de cantera de 30 cm de espesor para asiento de la tubería y se rellenará con material seleccionado procedente de la excavación o de préstamo.
- Zanja Tipo Camino: Se utilizará en caminos y vías secundarias rodadas. Se extenderá una cama de arena

de cantera de 30 cm de espesor para asiento de la tubería y se rellenará con todo-uno de cantera hasta la coronación.

- Zanja Tipo Cruce Carretera: Se utilizará en el cruce o recorrido por cualquier vía de circulación rodada (carretera local, autonómica o nacional). Toda su sección se rellenará de hormigón en masa.

Aprovechando la entidad de las obras a realizar y su forma lineal, se pretende expropiar la zona por donde transcurre la traza para formar una senda peatonal que circule la misma, que sirva como infraestructura de comunicación lúdica y a la vez como vía de servicio y mantenimiento de la propia conducción. El pavimento de la senda será en su gran mayoría el de un camino peatonal acabado en materiales granulares compactados, con una anchura variable en función de la orografía que atravesase, teniendo en cuenta que circulará principalmente por zonas rurales.

Modo de explotación del nuevo sistema

Uno de los aspectos más interesantes del sistema de abastecimiento planteado es su capacidad de optimizar los recursos hídricos disponibles en la región, permitiendo un funcionamiento de las infraestructuras adaptable a las condiciones meteorológicas y de demandas. La autovía del agua, desde el punto de vista operativo, se basa en tres tipos de balances, que se realizan a escala de uno o varios días en el siguiente orden de prioridades:

- 1) Balance local. Se satisfacen, en la medida de lo posible, las demandas mediante las aportaciones dis-



Fig. 4. El río Asón es uno de los más salmoneros de Cantabria y posee un buen estado general en cuanto a calidad química y ecológica.

Referencias:

–BENNETT, T.H. (1998). *Development and application of a continuous soil moisture accounting algorithm for the HEC-HMS*. MS thesis, Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis.

–BOVEE, K.D. (1982). *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. U.S. Fish & Wildlife Service In-stream Flow Information Paper N° 12, FWS/OBS-82/26, 248 pp.

–CEDEX (1998). *Metodología de cálculo de regímenes de caudales de mantenimiento*. Informe

técnico del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para el Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 155 p.p.

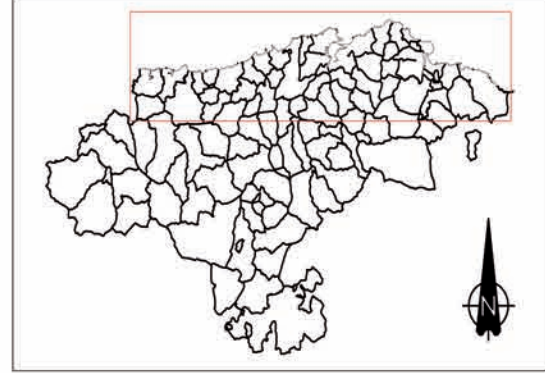
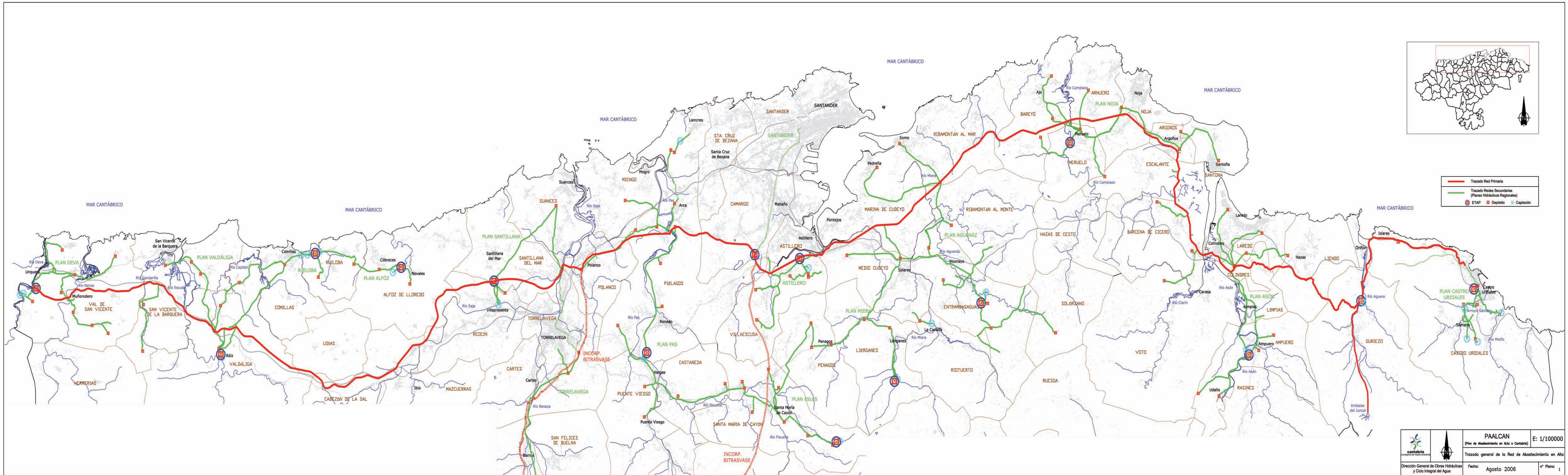
–COMISIÓN EUROPEA (2000). *Directiva 2000/60/EC, Establishing a framework for community action in the field of water policy*. European Commission PE-CONS 3639/1/00 Rev 1, Luxembourg.

–CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. GOBIERNO DE CANTABRIA (2006). *Plan Integral de ahorro de agua de Cantabria*. CIMA. Gobierno de Cantabria. España.

–U.S.A.C.E. (2003). *Hydrologic Modelling System* (HEC-HMS). Version 2.2.2.

–MARTÍN F. L., GARCÍA E., REVILLA J. A. y MEDINA R. (2005). *Integrated water and ecosystem management in an Atlantic region of Europe using stochastic analysis and numerical modeling*. XXXI Congreso de la IAHR. Seúl, Corea. Septiembre de 2005.

–GARCÍA E., MARTÍN F. L., REVILLA J. A. y MEDINA R. (2006). *Soluciones avanzadas para la gestión del agua y sus ecosistemas en zonas con marcada estacionalidad climática. El caso de Cantabria (España)*. Presentado al XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Ciudad Guayana, Venezuela. Octubre 2006.



- Trazado Red Primaria
- Trazado Redes Secundarias (Planes Hidráulicos Regionales)
- ETAP Depósito Captación

Las playas y su proceso genético

Beaches and their formation

Carlos Garau Sagristá. Dr. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos.

Ex Jefe de Costas de Cataluña y de Baleares.

Ex. Catedrático de Puertos y Costas de la Escuela Técnica Superior de I.C.C.P. de Barcelona. cgarsag@ciccp.es

Resumen: El presente artículo tiene por objeto poner de relieve la importancia de contestar a diversas preguntas sobre el por qué de la existencia de una playa y de cuál fue su proceso genético, antes de plantear cualquier actuación sobre ella. En este sentido, se presentan varios ejemplos de la gran influencia que en la génesis de muchas playas tuvo la última elevación del nivel del mar que conocemos como transgresión Holocena: el caso de las playas del Maresme (Barcelona), constituida por materiales litoclásticos y los casos de playas con sistema dunar y materiales bioclásticos de las Baleares. Se analiza la producción de bioclastos en la plataforma litoral correspondiente a los sistemas playa-duna de Cala Agulla (Capdepera) y Cala Millor (Sant Llorenç des Cardessar) en Mallorca. Finalmente se resalta la necesidad de evitar varios errores, ampliamente difundidos en la información y opinión pública Balear: a) considerar la posidonia oceánica como planta generadora de las playas de estas islas; b) presumir dañina para esta fanerógama cualquier aportación de arena para corregir pérdidas sedimentarias de una playa; c) atribuir a la acción antrópica lo que son problemas erosivos naturales de diversas playas.

Palabras Clave: Transgresión Holocena, Pendiente de la playa sumergida,
 Pendiente de la zona de reflexión de la ola residual, Límite del transporte significativo, Litoclasto, Bioclasto

Abstract: The article underlines the need to respond to various questions concerning the reasons behind the existence of a beach and how these were formed, before considering any action regarding the same. Along these lines, various examples are presented of the considerable influence of the last raising of the sea level, known as the Holocene transgression, on the formation of many beaches. This being the case of the Maresme beaches (Barcelona), formed by lithoclastic materials and that of Balearic beaches with dune systems and bioclastic materials. A study is made of the production of bioclasts on the shore platform at the beach-dune systems of Cala Agulla (Capdepera) and Cala Millor (Sant Llorenç des Cardessar) in Majorca. The article concludes by highlighting the need to review and correct the misinformation widely circulating in the Balearics and namely: a) the opinion that the posidonia oceanica seagrass serves to generate the beaches on these islands; b) the idea that any supply of sand to correct sedimentary losses of a beach is damaging to this seagrass; c) attributing the natural erosive problems of various beaches to human action.

Keywords: Holocene transgression, Slope of shoreface, Slope in the area of reflection of incident waves, Significant transport limit, Lithoclast, Bioclast

Introducción

Como podrá ver el lector, si examina la bibliografía que figura al final, el tema de las playas ha sido objeto de mi atención y estudios desde el año 1964 en que asumí la responsabilidad de los problemas que aquejaban a las formaciones arenosas de la variada costa catalana, desde Port Bou, lindando con Francia, a Casas de Alcanar, lindando con Castellón. La variedad de sus distintas unidades fisiográficas fue mi estímulo, y el conocimiento y contraste con las playas de Mallorca, mi isla natal, y de las restantes islas

Introduction

On examining the bibliography at the end of this paper, the reader will readily appreciate that the subject of beaches has been the focus of my attention and studies ever since 1964 when I first took on the responsibility for the problems affecting the sandy formations of the varied Catalan coast, running from Port Bou, on the French border, down to Casa de Alcanar, bordering with Castellon. The variety of their different physiographic units has served as a stimulus and the knowledge and contrast with the beaches

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 diciembre de 2006.

Recibido: julio/2006. Aprobado: julio/2006

del archipiélago Balear (recorridas en barco por placer pero observando y tomando muestras de arena) han constituido mi escuela y mi laboratorio.

Cuando, en los primeros años, busqué literatura sobre el tema, no encontré prácticamente nada más que las enseñanzas del profesor Iribarren, que si bien representaban lo mejor del conocimiento internacional sobre obras portuarias, el tema de las playas apenas figuraba en ellas. No obstante, las nociones básicas sobre oleajes y, muy especialmente, lo que Iribarren llamaba "talud límite de rotura", serían para mí, y siguen siendo fundamentales.

El primer avance que hice en el conocimiento de las playas, en 1973, se refería a las formas en planta, y conduciría a lo que yo llamo "compás de playas" (espiral logarítmica, $\varphi=30^\circ$). Casi al mismo tiempo me di cuenta de la importancia de lo que llamé "altura de la ola residual" (1974), la cual no pude cuantificar hasta el año 1981, al conocer los resultados de R. Gourlay (1980), aunque el mismo investigador no se percatase del significado de sus ensayos en tal sentido. Hasta el año 1990 fui perfeccionando el modelo de perfil de equilibrio. Fue a raíz del Estudio de las playas de levante de Barcelona, en el año 1983, cuando me vi obligado a analizar el proceso genético de las playas del Maresme y comprender la importancia de la transgresión Holocena en tal proceso. Más adelante vería también la trascendencia de dicha transgresión en la génesis de las playas bioclásticas de las Baleares.

Algunos conceptos de la naturaleza de las playas y su génesis

Como **definición general**, podemos decir que una playa es una formación sedimentaria que resiste la acción del mar sobre la costa ofreciendo un perfil sumergido que induce la **rotura de la ola** y un perfil emergido que permite la **reflexión** de la **ola residual** que finalmente incide sobre la orilla.

Su **comportamiento** es **dinámico**, ya que su masa sedimentaria es removida por la acción de los oleajes: en la zona de rotura el sedimento es puesto en suspensión al paso de las crestas de fuertes olas y vuelto a depositar antes de la ola siguiente; algo similar ocurre con la ola residual al reflejarse en la orilla, induciendo el talud de reflexión en función del tamaño del sedimento, el período del oleaje, y la altura de la ola residual, ya que el sedimento es puesto en suspensión con el ascenso de la ola y depositado en su descenso. La pendiente de reflexión es siempre mucho mayor que la de rotura. Si el nivel del mar varía (marea astronómica o meteorológica y entumecimiento de temporal), la pendiente del frente de playa (zona de reflexión) se suaviza (Figura 1). Para apreciar la importancia de la ola residual, nótese que en las playas de arena fina ($D_{50} \approx 0.25$

of Majorca, my native island, and the other islands in the Balearic archipelago (discovered by boat by way of pleasure, but subject to observation and the taking of sand specimens) has served as my school and laboratory.

In the early years when I first sought texts on the subject, there was little else beside the teachings of Professor Iribarren. While the writings of this author were at the forefront of international knowledge and expertise in port works, the subject of beaches received very little mention. However, the basic notions regarding wave action and, particularly that referred to by Iribarren as "the limit breaking slope" would and continue to be fundamental.

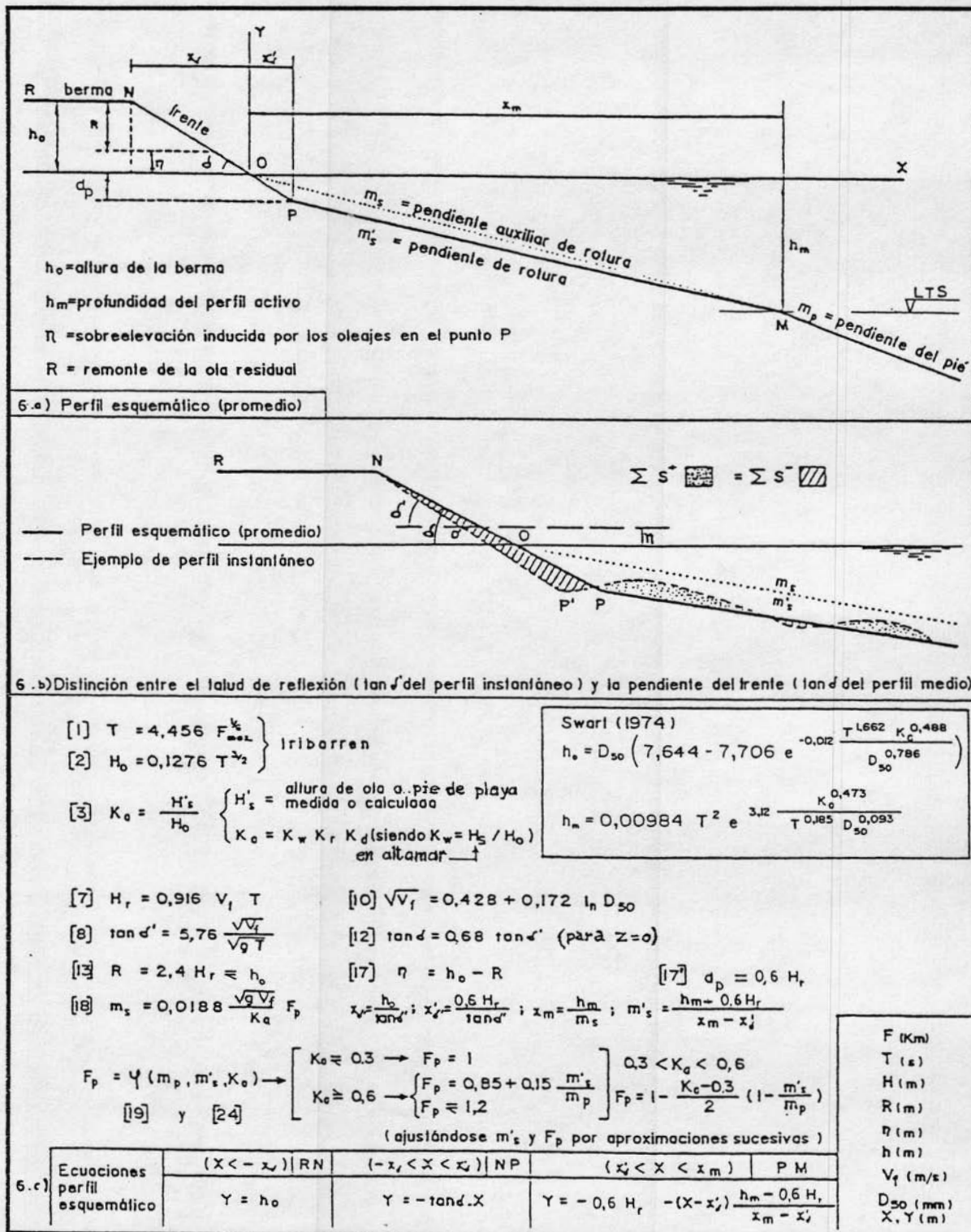
My first progress in the knowledge of beaches was made in 1973 and referred to the plan formations and led to what I would referred to as "beach divider" (logarithmic spiral, $\varphi=30^\circ$). At almost the same time I came to realise the importance of what I referred to as the "height of the residual wave" (1974). However, I was unable to quantify this until 1981 on the publication of the results of R. Gourlay (1980) even though the said researcher was not himself aware of the significance of his tests in this particular area. Up to 1990 I continued to perfect the equilibrium profile model. As a result of the Study on the Levant beaches of Barcelona in 1983, it was necessary to analyse the formation process of the Maresme beaches and it was then that I understood the importance of the Holocene transgression in this process. I would later also appreciate the significance of this transgression in the formation of the bioclastic beaches of the Balearics.

Some notions of the nature of beaches and their formation

As a **general definition** we may say that a beach is a sedimentary formation which resists the action of the sea on the coast and which has a submerged shoreface profile that induces the **breaking of the waves** and a beach face profile **reflecting** the incident wave finally reaching the shore.

The beach has a **dynamic behaviour** as its sedimentary mass is moved by the action of the waves. In the area of the breakers the sediment rises on the passing of the crests of strong waves and is redeposited before the next wave. A somewhat similar action occurs with the wave reflected by the beach and where a reflecting slope is formed in accordance with the size of the sediment, the wave period and the height of the reflected incident wave. In this area the sediment is raised on the rising of the wave and deposited during its fall. The reflecting slope is always much greater than that in the area of the breakers. If the sea level varies (astronomical or meteorological tides and storm surge), the slope at the beach face (reflection area) is more gentle (figure 1). In order to fully understand the

Fig. 1. Perfil esquemático de equilibrio de una playa (C. Garau, 1990).
Schematic profile of beach stabilization (C. Garau, 1990).



Carrera de marea + entumecimiento de temporal = z :

$$1/\tan \delta'' = 1/\tan \delta + (1/m_s - 1/\tan \delta) \cdot 0,2 \cdot z \cdot [h_0 + 0,6 \cdot H_r]^{-1}$$

Factor de transporte frontal: $F_q = m_s^9/m_s^0 = [1 - q/25]$ (q en m^3 por m lineal y año)

mm) la cota de la berma sólo excede de las variaciones de nivel en poco más de un metro, mientras en las de arena gruesa ($D_{50} \approx 2$ mm. como en Lloret de Mar y Tossa, por ejemplo) excede en casi cinco metros. Téngase presente que en estos ejemplos se trata de playas sometidas a un clima marítimo limitado por el *fetch*, a un periodo de unos 12 segundos en los mayores oleajes.

Tanto la pendiente del perfil sumergido como las características de la playa emergida dependen de la acción de los máximos oleajes y del tamaño mediano del sedimento (D_{50}). Los oleajes menores alteran las formas de la playa, tanto en su planta como en su perfil, pero si hablamos de una playa con volumen sedimentario estable (lo que generalmente se denomina "unidad fisiográfica estable"), se trata de movimientos reversibles que equivalen a variaciones entorno al perfil o a la forma en planta medios.

Los movimientos y procesos que determinan la existencia, el equilibrio y el comportamiento de una playa son excesivamente complejos para resumirlos aquí. Sin embargo, vamos a contemplar diversos aspectos sobre la génesis de una playa que son muy importantes a la hora de actuar sobre ella con objeto de corregir algún problema o alteración.

Las playas deben su **razón de ser** a tres hechos fundamentales:

- a) Existencia de un cuenco receptor, o cuando menos un sustrato que permite el apoyo de la masa sedimentaria con sus posibles oscilaciones.
- b) Aportación de la masa sedimentaria en algún momento o época del pasado histórico.
- c) Existencia de un balance sedimentario. Siendo T_e el caudal de sedimento que entra en la unidad fisiográfica y T_s el caudal que sale por transporte frontal o longitudinal. Así tendremos:

$T_e < T_s$	playa en regresión
$T_e = T_s$	playa en equilibrio
$T_e = T_s = 0$	playa encajada en equilibrio (caso particular)
$T_e > T_s$	playa en acreción

Cuando hablamos de caudal sedimentario no nos referimos exclusivamente al debido al transporte de los oleajes, sino también al eólico. Estos hechos que deben darse o haberse dado para que hoy exista una determinada playa, no se limitan al concepto de historia reciente, como puede creerse erróneamente, sino que incluye expresamente la **transgresión Holocena**. Se trata del fenómeno iniciado hace unos 16.500 años, época en que el nivel del mar estaba a unos 90 m por debajo del actual, y que terminó hace unos 2.500 años, cuando aproximadamente se alcanzó el nivel actual (Figura 2). Como se verá, para la mayoría de

importancia de la residual wave, it should be noted that in fine sand beaches ($D_{50} \approx 0.25$ mm) the berm height only exceeds the level variations by little over a metre, whereas in coarse sand beaches ($D_{50} \approx 2$ mm such as those of Lloret de Mar and Tossa, by way of example) this can be high on five metres higher. In these examples the beaches are subject to a maritime climate restricted in terms of fetch to maximum wave periods of around 12 seconds

The slope profile of the shoreface under water and the characteristics of the emergent backshore depend on the action of the maximum waves and the average size of the sediment (D_{50}). Smaller waves affect the form of the beach in both plan formation and profile, but when referring to beaches with a stable sedimentary volume (generally referred to as "stable physiographic unit"), this entails reversible movements which are reflected by changes in the measured profile or arrangement.

The movements and processes determining the existence, equilibrium and behaviour of a beach are far too complex to summarise here. However, we shall consider certain aspects regarding the formation of a beach as these are very important when taking any action to correct problems or changes to a beach,

The formation of a beach is due to three **basic factors**:

- a) The presence of a depression or, at least, a substratum allowing the support of the sedimentary mass with all its possible oscillations.
- b) The provision of sedimentary mass at some moment in time or period.
- c) The presence of sedimentary balance. Where T_e is the flow of sediment entering the physiographic unit and T_s the flow removed by cross shore or longshore transportation. This then gives:

$T_e < T_s$	eroding beach
$T_e = T_s$	stable beach
$T_e = T_s = 0$	permanently stable beach (particular case)
$T_e > T_s$	beach in accretion

When referring to the sedimentary flow, we are not only referring to that transported by the waves, but also to wind-deposited sediments. All of these factors which must or must have arisen in order to give rise to any specific beach, are not solely limited to their recent history, as is often mistakenly believed, but also and more specifically include the **Holocene transgression**. This, the most recent geological epoch, began some 16,500 years ago, at which time the sea level was some 90 m below the current level, and concluded around 2,500 years ago when the sea level was approximately at current levels (Figure 2). As we shall see, this was a transcendental factor for the majority of beaches

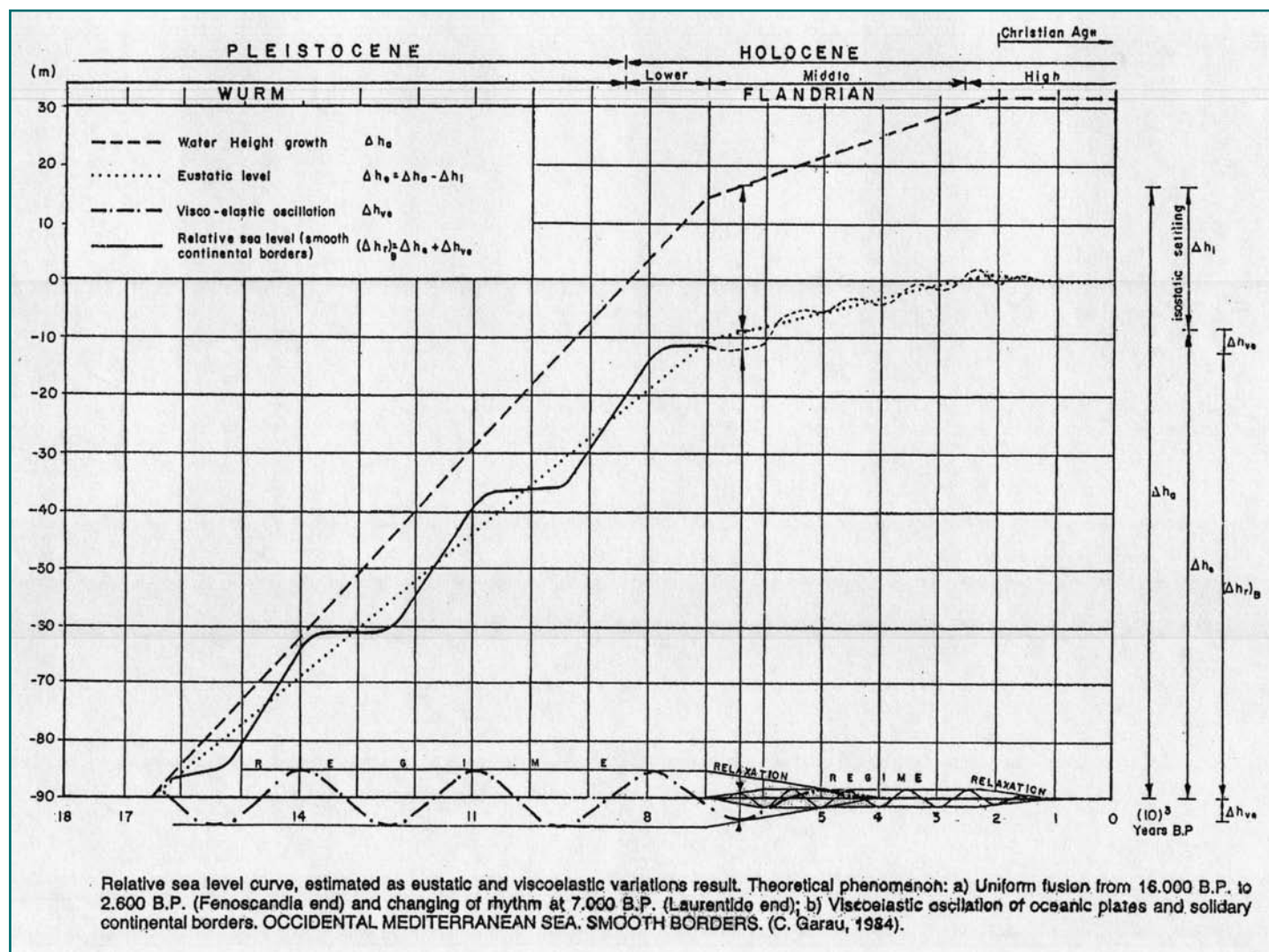


Fig. 2. Curva de evolución del nivel del mar relativo durante la transgresión Holocena (C. Garau, 1984)/Development curve of the relative sea level during the Holocene transgression.

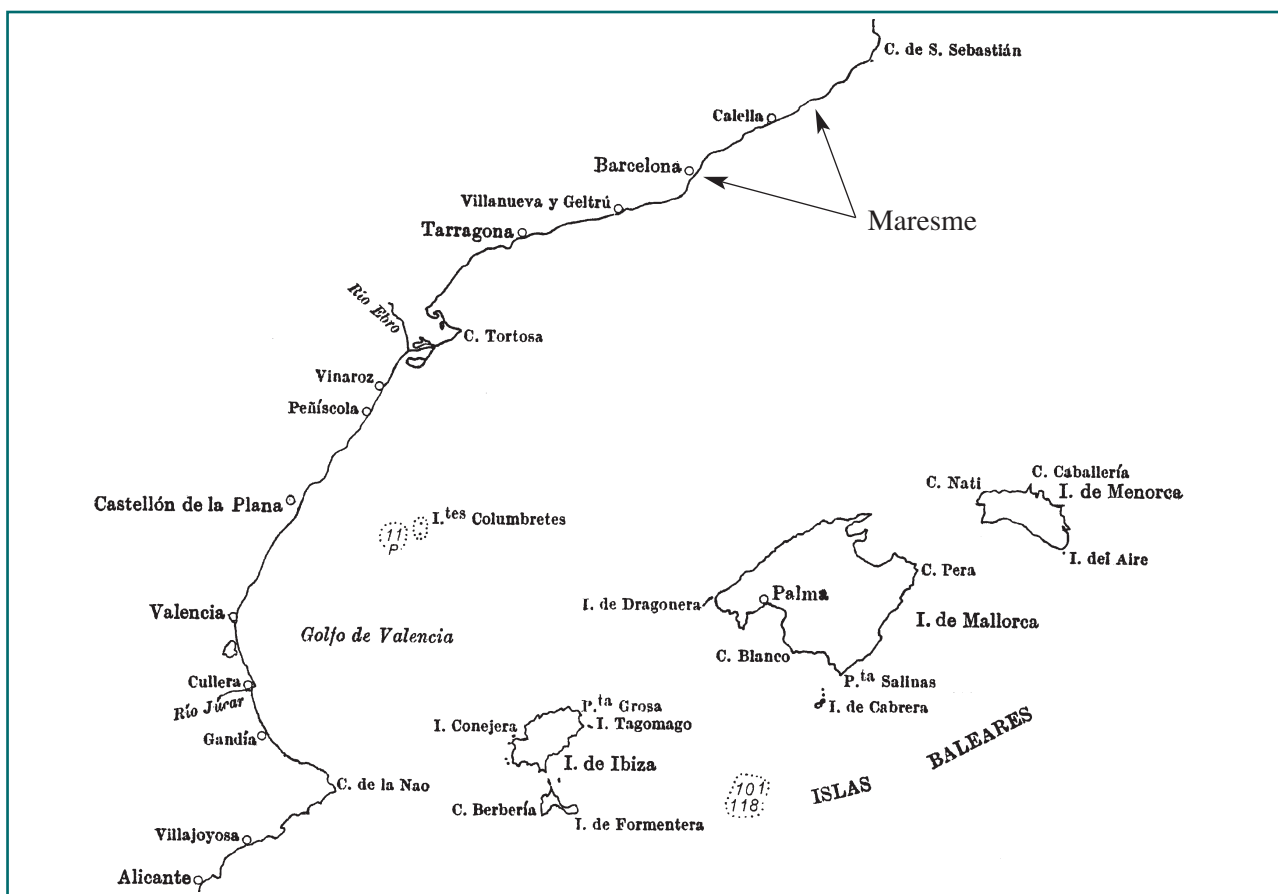
las playas es un hecho trascendental que implicó procesos de formación, transporte y elevación de masas sedimentarias en cantidades enormes, en comparación a los volúmenes sedimentarios que, sujetos a la acción de los oleajes, constituyen las playas actuales.

Es preciso tener presente que, en la mayoría de los casos, y muy especialmente cuando se trata de materiales bioclásticos, las masas arenosas de los sistemas dunares contiguos a playa deben su origen al proceso transgresivo. Si bien los sistemas de playas y dunas del Plioceno que estuvieron emergidas durante decenas de miles de años sufrieron los efectos de calcificación y consolidación que los transformó en areniscas, los sistemas post holocenos no sólo han tenido escaso tiempo para ello, sino que las dunas, en los sistemas ligados a playas vírgenes, están aún sujetas al transporte eólico procedente de la playa. Así pues, en estos casos, las correspondientes playas están generalmente sujetas a un proceso erosivo ($T_e < T_g$) debido al transporte

and implied the formation, transport and raising of vast quantities of sedimentary mass when compared with the sedimentary volumes, subject to wave action, which form beaches today.

It is necessary to bear in mind that in the majority of cases and particularly when dealing with bioclastic materials, that the sand masses forming the dune systems on the backshore arose as a result of the transgressive process. While the beach and dune systems of the Pliocene epoch, emerging over thousands of years, suffered the effects of calcification and consolidation which transformed them into sandstone, the post-Holocene systems have not had sufficient time in which to do so and the dunes in systems associated with virgin beaches are still subject to aeolian deposit from the beach. As such, in these cases, the corresponding beaches are generally subject to an erosive process ($T_e < T_g$) due to cross shore transport as the sand carried by the

Fig. 3. Litoral de Barcelona. El Maresme queda comprendido entre Punta Palomera (Gerona) y el Puerto de Barcelona. El archipiélago balear, el Cabo de La Nao y la orientación de la costa determinan el transporte litoral hacia el SO/Barcelona coastline. The Maresme is set between Punta Palomera (Gerona) and the Port of Barcelona. The Balearics, the Cabo de La Nao and the orientation of the coast determine a littoral drift towards the southwest.



frontal, ya que la arena llevada por el viento a las dunas es sujeta por la vegetación, mientras la que es llevada hacia el mar es devuelta por los oleajes a la playa seca.

La naturaleza del sedimento nos da una primera pista sobre el **proceso genético de una playa**. Si es predominante el material litoclástico, es muy probable que el material proceda del aporte fluvial (actual o del pasado geológico); si por el contrario predomina el bioclástico, es presumible que la masa sedimentaria se generase durante la transgresión Holocena.

El caso singular del Maresme

Puede parecer que cuando se trata de arenas litoclásticas la transgresión Holocena no haya jugado un papel importante en la génesis, evolución y comportamiento de este tipo de playas. Aunque en muchos casos puede ser así, fue precisamente el estudio de las playas del Maresme (Barcelona) lo que me obligó a recurrir al último proceso transgresivo para comprender su existencia, su génesis, su evolución y su comportamiento. Muy resumidamente, el problema que se planteaba era el siguiente:

wind to the dunes is held by the vegetation while that carried out to sea is returned by the waves to the dry beach.

The nature of the sediment gives us a first clue of the **formation process of a beach**. If this is predominantly lithoclast material, it is very probable that the material has been carried by water (current or from the geological past), while if the material is predominantly bioclast, the sedimentary mass was most probably generated during the Holocene transgression.

The particular case of the Maresme

The Holocene transgression would not appear to have a great deal of importance in the formation, development and behaviour of beaches formed by lithoclast sands. However, this is not always the case and throughout the study of the Maresme beaches (Barcelona) it was necessary to resort to the final transgressive process in order to fully understand the existence, formation, development and behaviour of these beaches. The problem raised may be briefly summarised as follows:

1. A partir de los años 40, las playas del Maresme, unos 60 km de formaciones arenosas que van desde el Río Tordera hasta el puerto de Barcelona, incluyendo el Río Besós y diversas rieras, presentaba graves problemas erosivos, principalmente desde el Puerto de Arenys hasta Montgat. Dado que las erosiones se detectaron con posterioridad a la construcción del puerto de Arenys, se atribuyeron los efectos nocivos a la realización de tal obra portuaria (Figura 3).

2. A raíz de la construcción del puerto de Barcelona, en sucesivas fases desde el inicio del primer espigón en el año 1439, la playa situada al norte fue creciendo paulatinamente con cada nueva fase hasta llegar a un avance de unos 900 metros en su punto máximo, y dando lugar a la estructuración del barrio de "La Barceloneta" en los terrenos ganados al mar (Figura 4).

3. El estudio del transporte litoral, tanto desde el punto de vista de las capacidades de transporte de los oleajes como del análisis cuantitativo de los sucesivos procesos de crecimiento de las playas de La Barceloneta hasta el río Besós, indicaba que antes de la construcción del Puerto de Barcelona, el transporte neto hacia el suroeste en aquel punto era de unos 210.000 m³ por año y que la capacidad de transporte neto en dicho sentido crecía desde unos 60.000 m³ por año en el extremo noreste (Río Tordera y Punta Palomera de Blanes, ya en provincia de Gerona) hasta el indicado caudal frente al punto en que se construyó el Puerto de Barcelona.

4. El análisis de los aportes de ríos y rieras del tramo puso de relieve que el caudal de aporte sedimentario del conjunto era del orden de unos 40.000 m³ por año.

5. La diferencia entre el caudal transportado frente a la futura Barceloneta (los 210.000 m³ por año) o retenido en aquella zona a raíz de las sucesivas obras portuarias, y el caudal portado al tramo (los 40.000 m³ por año) explica el proceso erosivo de las playas del Maresme. Le retención del dique del puerto de Arenys, junto con otras obras de estabilización (en Canet y en San Pol, principalmente y la nativa barra de Santa Susana), favoreció la estabilización de las playas del tramo NE, pero acusó el proceso erosivo que paulatinamente se fue extendiendo a todo el tramo SO, situado aguas abajo del transporte longitudinal neto de sedimentos inducido por los oleajes.

Pregunta fundamental

Ante esta situación se me planteó la **pregunta fundamental**: si durante siglos el Maresme había estado sometido al mismo clima marítimo, y por tanto sujeto al proceso de pérdida de enormes volúmenes de sedimento ¿Cómo, por qué y cuándo se había podido formar el sistema de playas

1. The Maresme beaches are sandy formations stretching 60 km from the Tordera River to the port of Barcelona and include the Besos River and various streams. Serious erosion problems appeared in these beaches from the 40's onwards, mainly from the Arenys Port to Montgat. As the erosion had been detected after the construction of the Arenys Port, this was always considered to be the cause of the same (Figure 3).

2. Following the construction of the port of Barcelona, dating back over successive phases to the first jetty built in 1439, the beach set to the north had gradually grown with each additional construction until advancing some 900 metres at its maximum point. The "La Barceloneta" suburbs were subsequently erected on the land gained from the sea in this area (Figure 4).

3. A study of littoral transport, both in terms of transport rate and in the quantitative analysis of the successive growth processes of the beaches of La Barceloneta up to the river Besos, reveal that prior to the construction of the Port of Barcelona, the net transport rate towards the southwest at this point was around 210,000 m³ per year and that the net transport rate rose from around 60,000 m³ per year at the north-easterly point (Tordera River and Punta Palomera de Blanes, in the province of Gerona) to the said flow at the site of the port of Barcelona.

4. A study of deposits from rivers and streams on the coast, show that the total sedimentary load would be around 40,000 m³ per year.

5. The difference between the flow transported off the future Barceloneta (210,000 m³ per year) or retained in the area after the successive port works, and the sedimentary flow provided to the coast (the 40,000 m³ per year) explain the erosion process of the Maresme beaches. The retention by the breakwater at the port of Arenys and other coastal defences (Canet, San Pol and the bar at Santa Susana) helped the stabilization of the beaches on the NE section but heightened the erosive process which was gradually extending over the whole SW section, and set downstream from the net longshore transport of sediments induced by the waves.

Fundamental question

In the light of this situation it was then necessary to ask a **fundamental question**. If the Maresme has been subject to the same maritime climate for centuries and, subsequently, to the loss of enormous volumes of sediment, how, why and when was it originally possible to form a beach system with such a large volume of sediment? After much consideration, I could only find one explanation which, in turn, depended on two factors:

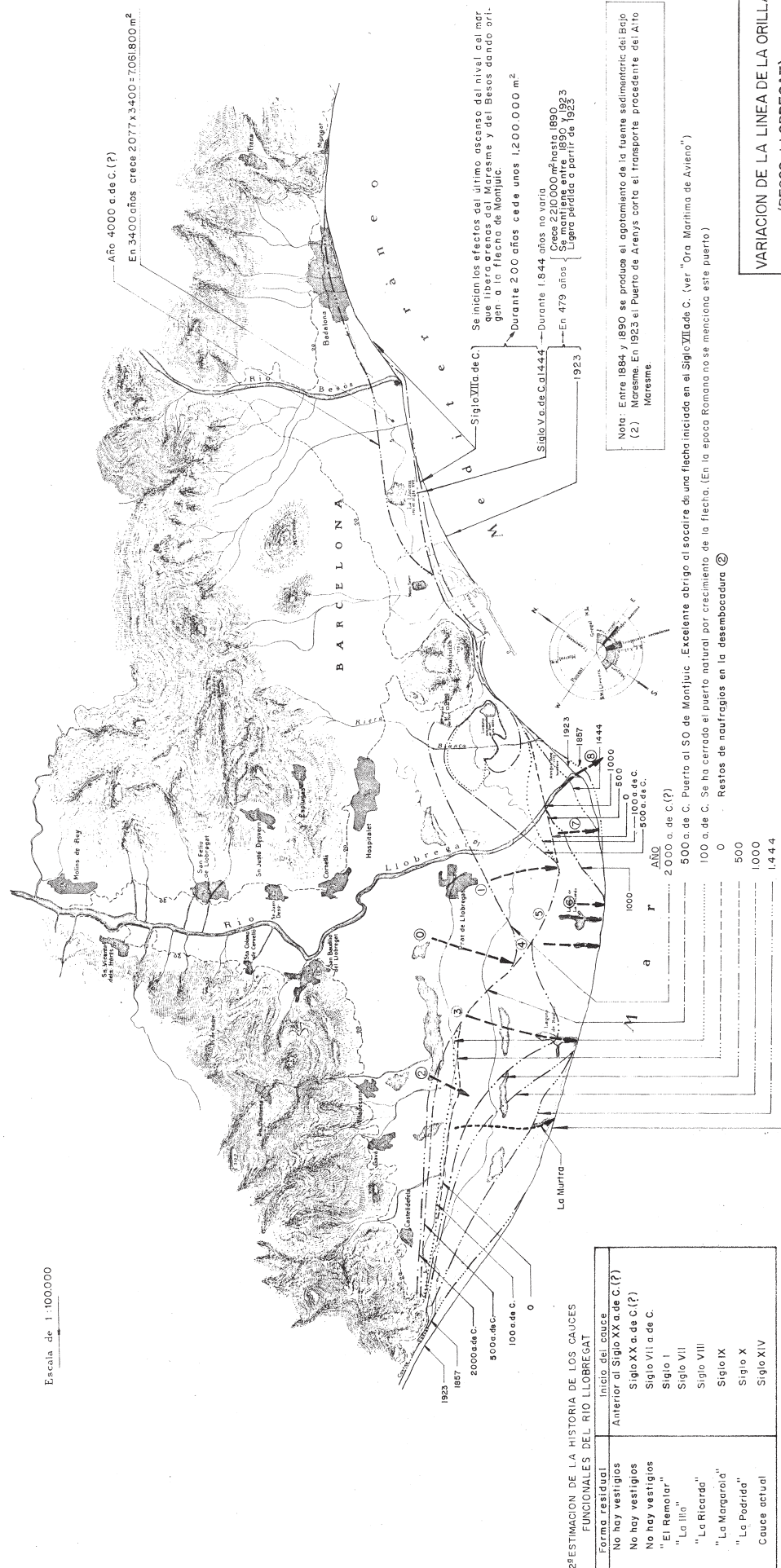


Fig. 4. Variaciones de la línea de costa desde Mongat al macizo de Garraf, estimada según datos de las Memorias de sucesivos proyectos del Puerto de Barcelona, sondeos del estudio hidrográfico del delta del Llobregat, y análisis del proceso genético y evolutivo de las playas del Maresme. (Tomada de C. Garau, 1983) *Variations in the coastline from Montgat to the Garraf massif, calculated from information contained in the Reports on successive projects at the Port of Barcelona, depth readings taken from the hydrographic study of the Llobregat delta and analysis of the formation and development process of the Maresme beaches (Taken from C. Garau, 1983).*

con tal volumen de sedimentos? Tras darle muchas vueltas, sólo encontré una explicación que requería dos hechos:

- a) Que a lo largo de esta costa existiesen diversos bajos rocosos, los cuales, en situación de nivel del mar más bajo que en la actualidad, funcionasen a modo de diques y tómbolos capaces de cortar el transporte longitudinal en varios puntos.
- b) Que hace como mínimo unos 27 o 26 siglos (según los volúmenes y caudales estimados), el nivel del mar estuviese mas bajo que en la actualidad y poco después hubiese alcanzado el nivel actual.

Las dos hechos hipotéticos eran verificables, y en el primer momento pensé que difícilmente serían reales. Sin embargo, la presunta existencia de los bajos rocosos adecuados fue rápidamente confirmada al observar sobre la Carta Marina las siguientes formaciones recosas: la barra de Santa Susana (-3 m de profundidad actual, unos 3000 m de longitud y a una distancia de unos 700 m de la actual orilla); Niñ Armat Gran y Niñ Armat Petit frente a Mataró (-5 m de profundidad actual, unos 1300 m de longitud y a una distancia de 920 m de la orilla actual); Els Colls frente a Masnou (-5 m de profundidad actual, unos 1100 m de longitud, y a unos 1010 m de la orilla actual); y finalmente Las Tascas y la Isla de Mayans frente a Barcelona (citadas en documentos históricos –memorias de los proyectos de las primitivas obras portuarias–, aunque hoy absorbidas por los terrenos ganados al mar; con unos 800 m de longitud y situadas a unos 100/150 m de la orilla antes de ser alterada por las obras portuarias). Puedo asegurar que desconocía la existencia de estas singularidades y la verificación de la primera condición o hecho necesario fue una experiencia emocionante.

En cuanto al supuesto de un final de la transgresión Holocena relativamente reciente (como mínimo unos 6 o 7 siglos a. C.), resultó también real, tras examinar las curvas de Möner que recogía datos de otros muchos investigadores sobre la evolución del nivel del mar durante los últimos 16500 años. Un análisis más detallado, a la vista del artículo de Clark, Farrel y Peltier (*Global changes in Postglacial Sea Level: A Numerical Calculation*, 1978, *Quaternary Research*, V.9, pp.265-287) permite admitir que, tras una etapa final de lento ascenso (unos 2 mm/año) desde los -10 m hace unos 7000 años, el nivel del mar alcanzó la posición actual aproximadamente hace unos 2500 años, unos 5 siglos a. C. (Figura 2). Así pues, es perfectamente lógico que, hace unos 27 o 26 siglos, empezase el balance negativo entre aportaciones fluviales y transporte litoral.

Durante varios miles de años estuvieron pasando por delante del futuro puerto de Barcelona del orden de 210.000 m³ por año de sedimentos, desde el Maresme hacia lo que sería el delta del Llobregat. Esto significó presumi-

a) That there had been various rocky shallows scattered off the coast which at lower sea levels than present would have acted as breakwaters and bars and cutting off longshore transport at various points.

b) That at least 27 or 26 centuries ago (according to estimated volumes and drifts), the sea level was lower than present and reached its current level shortly afterwards.

Both of these hypothetical events could be verified and, at the outset, I doubted whether they would be true. However, the presumed presence of suitable rocky shallows was soon confirmed when observing the following rocky formations on the Sea Charts: the Santa Susana bar (-3 m the current depth, stretching some 3000 m and set 700 m from the current shore); Niñ Armat Gran and Niñ Armat Petit off Mataró (-5 m the current depth, 1300 m long and set 920 m from the current shore); Els Colls off Manou (-5 m the current depth, about 1100 m long and set 1010 m from the current shore); and finally Las Tascas and the Isla de Mayans off Barcelona (referred to in historic documents and projects for early port works, though now absorbed within the ground regained from the sea. These were 800 m long and set 100/150 m from the shore before being altered by the port works). I was previously unaware of these circumstances and the verification of the first condition or necessary factor was gratifying to say the least.

With regards to the relatively recent ending of the Holocene transgression (at least 6 or 7 centuries B.C.), this also proved correct on examining the Möner curves which included data from many other researchers into the evolution of sea level over the last 16,500 years. A more detailed analysis, in the light of the article by Clark, Farrel and Peltier (*Global changes in Postglacial Sea Level: A Numerical Calculation*, 1978, *Quaternary Research*, V.9, pp. 265-287) reveals that, after a final stage of slow increase (some 2 mm/year) following the - 10 m of around 7000 years ago, the sea level reached its current position some 2500 years ago, around 5 centuries BC (Figure 2). It is then perfectly logical that the negative balance between fluvial deposits and littoral transport began around 27 or 26 centuries ago.

For thousands of years around 210,000 m³ of sediment was passing the future port of Barcelona, from the Mareme to what would eventually be the delta of Llobregat. This presumably led to the formation of a spit to the southwest of the Montjuich promontory which would provide shelter to the early Roman port and later serve as the site of the city of Barcino. Various silos and other port remains to the southwest of Montjuich confirm this fact, as the Roman coastal cities, such as Barcino, Tarraco and Palma, tended to be set around sheltered waters dominated by a promontory (Figure 4). While in Tarraco and Palma this

blemente la formación de una flecha al suroeste del saliente de Montjuich que proporcionaría abrigo al primitivo puerto romano que serviría de base para la fundación de Barcino. Varios silos y otros restos portuarios al suroeste de Montjuich confirman este hecho; era típico de las ciudades romanas costeras, como Barcino, Tarraco y Palma, que se ubicaran en el entorno de una zona de abrigo dominada por un promontorio (Figura 4). Mientras en Tarraco y en Palma el abrigo consistía en sendos estuarios, hoy desaparecidos por el aterramiento y desvío del río Francolí y de la Riera de Palma, respectivamente, en lo que sería Barcino no existía entrante alguno al noreste de Montjuich, y la costa del llano comprendido entre este macizo y el de Garraf tenía su frente muy retrasado. Cuando comenzó el transporte importante por delante de Montjuich, hace unos tres o cuatro milenios, se formó una flecha, según muestra la granulometría gruesa de las sedimentos de aquella zona, típica de los sedimentos del Maresme (sauló), y como se deduce de los sondeos y estudios geológicos allí realizados con fines hidrológicos. Las arenas de las actuales playas del delta del Llobregat, y las de su llanura deltaica, son mucho más finas que las del Maresme.

Lo más relevante del análisis del proceso genético y evolutivo del Maresme, es, de un lado, la constatación de que se produjo la interacción de dos procesos naturales independientes: a) los ligados a las aportaciones fluviales y al transporte litoral de sedimentos; y b) la transgresión Holocena.

De otro lado la constatación de que tal interacción diese lugar a la formación de los grandes sistemas arenosos del Maresme, que alcanzaron los máximos volúmenes hace unos 3 ó 4 mil años, y que, a partir de un momento dado, el proceso natural acumulativo pasó a un proceso natural regresivo a causa de la elevación del nivel del mar. Todo ello por las circunstancias antes descritas.

El reconocimiento de estos hechos es altamente ilustrativo e importante, toda vez que durante mucho tiempo se achacó el proceso erosivo (y probablemente se sigue achacando por muchos expertos en Ingeniería de Costas) a la construcción del puerto de Arenys. Si bien es cierto que la interrupción del transporte litoral por estas obras aceleró el proceso erosivo en las playas de aguas abajo (suroeste), es igualmente cierto que, gracias a esta acción antrópica, se preservaron las playas situadas al noreste: Arenys, Canet, San Pol, Calella, Pineda, Santa Susana, Malgrat y Blanes (Playa del Sabanell).

Lo más importante, desde el punto de vista del mejor conocimiento de los procesos litorales, es partir del diagnóstico correcto. Comparando el tema con otros de la Medicina, podemos decir: las alteraciones producidas por las obras portuarias de Arenys fueron en realidad un "síntoma" de un problema natural; interpretar que los efectos nocivos al suroeste eran una "enfermedad" causada por tal ac-

shelter was provided by a number of estuaries which have since disappeared as a result of infilling and the deviation of the river Francolí and the Palma Estuary respectively, in the case of the future Barcino there was no inlet whatsoever to the northeast of Montjuich and the coastal plain between this massif and that of Garraf has a very receding shoreline. When large littoral drift began to pass off Montjuich, some three or four millenniums ago, a spit was formed as may be seen from the course grained sediment in the area, typical of the Maresme sediment and as shown by the geological studies and soundings carried out in the area for hydrological purposes. The sands of the current beaches in the Llobregat delta and those of the deltaic plain are much finer than those of the Maresme.

The most relevant aspects of the analysis of the formation and development process of the Maresme may be seen by the verification of the interaction of two independent natural processes: a) those associated with the fluvial deposits and the littoral transport of sediments; and c) the Holocene transgression.

This analysis also verifies that this interaction gave rise to the formation of the large sandy systems of the Maresme which reached maximum volumes some 3 or 4 thousand years ago and after which time the natural accretion process changed to a natural regressive process as a result of the rising sea level. All of which being due to the circumstances described above.

The verification of these factors is highly illustrative and very important as for many years the erosion process has been attributed to the construction of the port of Arenys (and will probably continue to be so by many expert coastal engineers). While it is true that the interruption of littoral transport caused by these port works served to accelerate the erosive process of down water beaches (southwest), it is also true that this man-made action served to preserve the beaches to the northeast: Arenys, Canet, San Pol, Calella, Pineda, Santa Susana, Malgrat and Blanes (Sabanell beach).

In order to gain a better knowledge of littoral processes it is essential that these be based on correct diagnosis. When continuing with the medical metaphor, it may be said that the deterioration caused by the Arenys port works were really a "symptom" of a natural problem and the consideration that the detrimental effects to the southwest were the "disease" caused by human action then leads to an incorrect diagnosis and the ensuing corrective measures were not the most suitable. The intention to replenish the beaches at the head (south of the port of Arenys) and transfer from the pleasure harbours, imitating the natural process, is apparently reasonable but is not sustainable and in the long term implies the infilling of the pleasure harbours in

ción antrópica conduce a un diagnóstico equivocado, y por consiguiente las medidas correctoras no han sido las más adecuadas. Pretender alimentar las playas en cabecera (sur del puerto de Arenys), e ir trasvasando en los puertos deportivos, imitando el proceso natural, es aparentemente razonable, pero no es sostenible e implica, a la larga, el aterramiento de los puertos deportivos próximos al dique de levante del puerto de Barcelona. Es mucho más lógico realizar obras de estabilización que se complementen con las obras de los puertos deportivos, y una vez hecho esto aportar los volúmenes de arena adecuados a cada tramo. De no haberse realizado el puerto de Arenys, los diversos espigones para retención de arenas, y los puertos deportivos, la mayor parte de las playas del Maresme habrían desaparecido, quedando la orilla del mar en la escollera de protección del ferrocarril, y la línea de costa de levante de Barcelona estaría adelantada varios centenares de metros frente a la Barceloneta. Creer, como es muy frecuente, que es la acción antrópica la causante de los problemas de las playas, sin una adecuada justificación, no conduce al correcto diagnóstico.

Lo más inesperado y sorprendente de esta experiencia personal sobre la importancia de la transgresión Holocena para la comprensión y explicación de los procesos sedimentarios naturales del Maresme, es que sería crucial para entender la génesis, evolución y comportamiento de las playas de las Baleares, en su mayoría de arenas bioclásticas, de los voluminosos sistemas dunares ligados a ellas, y de los enormes volúmenes de arena que quedaron relictos en sus plataformas litorales.

Las formaciones de arenas bioclásticas de las Baleares

Tasas de producción bioclástica

Para entrar en el tema, es conveniente conocer los interesantes resultados que los investigadores M. Canals y E. Ballesteros exponen en su artículo "Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Mallorca-Menorca shelf, northwestern Mediterranean Sea" (Deep-Sea Research II, Vol. 44, Nº. 3-4, pp. 611-629, 1997). Estos autores (p. 622) afirman que "...a pesar de la triple variación en el contenido de carbonato de las diferentes áreas estudiadas, la producción media es muy similar, mostrando una estrecha franja de valores centrados alrededor de 100 g·m⁻²·año⁻¹". Finalmente (P. 626) llegan a las siguientes

"CONCLUSIONES E IMPLICACIONES:

(1) La producción de carbonatos algales modernos en la plataforma litoral de Mallorca-Menorca depende de

the vicinity of the eastern breakwater of the port of Barcelona. It is far more logical to carry out stabilization works compatible with the works on the pleasure harbours and, once this is completed, to provide the necessary volumes of sand for each section. If the Arenys port, the various groins constructed to retain the sands and the pleasure harbours had not been constructed, the majority of the Maresme beaches would have disappeared and the shoreline would be level with the railway embankment and the eastern coastline of Barcelona would have advanced several hundred metres off Barceloneta. The common and unjustified belief that human interference was the cause of the beach problems does not lead to a correct diagnosis.

The most unexpected and surprising aspect of this enquiry into the importance of the Holocene transgression and one made in order to understand and explain the natural sedimentary processes of the Maresme, is that this is also essential to understand the formation, development and behaviour of the generally bioclast sand beaches of the Balearics, the large dune systems associated with the same and the enormous volumes of sand left on the Balearic littoral shelves.

The bioclast sand formations of the Balearics

Bioclast production rates

By way of introduction it is pertinent to discuss the results provided by the researchers M. Canals and E. Ballesteros in their article "Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Majorca-Minorca shelf, northwestern Mediterranean Sea" (Deep-Sea Research II, Vol. 44, No. 3-4, pp. 611-629, 1997). These authors (p. 622) state that "...in spite of the triple variation in the carbonate content of the different study areas, the average production is very similar and shows a close band of values centred around 100 g·m⁻²·year⁻¹. On p.626, the authors come to the following

"CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS:

(1) The production of modern algal carbonates on the littoral shelf of Majorca-Minorca depends on the variable carbonate production rates of the different benthic communities and the total area covered by each community. These communities, in turn, depend on the depth conditions and for and the type of substrate.

(2) The production of algal carbonate on the littoral shelf of Majorca-Minorca is mainly due to the maerl corallines and crusts belonging to the Peyssonnelia

las variables tasas de producción de carbonatos por las diferentes comunidades bentónicas y del área total cubierta por cada comunidad, siendo estas comunidades expresión de las condiciones de la profundidad, del tipo de sustrato y de la batimetría.

(2) La producción de carbonato algal en la plataforma litoral de Mallorca-Menorca se debe principalmente a encostramientos y corallinas de maërl, especies pertenecientes al género de algas rojas *Peyssonnelia* y, con menor proporción, al alga verde *Hallimeda tuna*.

(3) La producción de carbonatos en áreas rocosas es generalmente más alta que la de los fondos blandos, a excepción de los lechos de maërl, florecientes en aguas de profundidad moderada. La más alta producción de carbonatos se observa en los fondos rocosos coralígenos, fondos rocosos de comunidades algales fotófilas, y lechos de maërl, mientras las tasas más bajas se observan en las praderas de vegetación marina y fondos arenosos. No obstante, la contribución de los lechos de vegetación marina a la producción de carbonatos bentónicos en la plataforma continental de Mallorca-Menorca es preponderante, a causa de las grandes áreas que ocupan estos lechos.

(4) La mayor parte del carbonato algal en la plataforma de Mallorca-Menorca está restringida a las aguas someras o de profundidad moderada, inferior a 85-90 m. la producción de carbonatos en la plataforma litoral inferior es despreciable a causa de los bajos niveles de luz que impiden el desarrollo de lechos densos en algas.

(5) La producción media de carbonatos por encima de los 100 m en la plataforma continental de Mallorca-Menorca es de unos $100 \text{ g CO}_3\text{Ca m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, variando entre 90 y $124 \text{ g CO}_3\text{Ca m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, dependiendo de las áreas estudiadas.

(6) Las similitudes oceanográficas y fisiográficas entre la plataforma continental de Mallorca-Menorca y la de otras áreas Mediterráneas sugiere que nuestros resultados pueden extrapolarse a la producción de carbonatos en otras comunidades bentónicas.

De este artículo se derivan varias implicaciones importantes, útiles para la interpretación de los antiguos y modernos sedimentos de carbonatos, y para su modelización. Primero, la producción de carbonatos no muestra un decremento lineal con la profundidad del agua. Segundo, las tasas de producción de carbonatos cambia de una zona a otra en la plataforma, dependiendo de la distribución de las comunidades bentónicas controladas por la profundidad. Tercero, los cambios relativos de nivel, en el pasado geológico, pueden influir enormemente en la producción total a lo largo y ancho de la plataforma, no sólo a causa del crecimiento o decrecimiento asociado a su área total, sino principalmente a causa de la migración arriba y

group of red algae and, to a lesser extent, the green seaweed *Hallimeda tuna*.

(3) The carbonate production in rocky areas is generally higher than that from soft sea bottoms with the exception of the maërl beds, florescent in waters of moderate depth. The highest carbonate production is observed in coralline rocky beds, rocky beds of photophile algae populations and maërl beds, while the lower rates are seen in sea grass meadows and sandy bottoms. However, the contribution of the sea grass bottoms to the production of benthic carbonates on the Majorca-Minorca continental shelf is notable as a result of the large areas occupied by these meadows.

(4) The majority of the algal carbonate on the Majorca-Minorca shelf is restricted to shallow waters or those of moderate depth, and less than 85-90 m. The production of carbonates on the lower littoral shelf are negligible as a result of the low light levels which prevent the development of thick seaweed beds.

(5) The average carbonate production above the 100 m level on the Majorca-Minorca continental shelf is around $100 \text{ g CO}_3\text{Ca m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, and varies between 90 and $124 \text{ g CO}_3\text{Ca m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, in accordance with the study areas.

(6) The oceanographic and physiographic similarities between the Majorca-Minorca continental shelf and other areas of the Mediterranean suggest that our results may be extrapolated to the carbonate production of other benthic communities.

Various implications may be drawn from this article which help interpret both old and modern carbonate sediments and to model the same. Firstly, the carbonate production does not show a lineal decrease according to water depth. Secondly, the carbonate production rates changes from one area to another on the shelf, according to the depth controlled distribution of benthic communities. Thirdly, the relative changes in level over the geological past may have an enormous influence on the total production throughout the length and breadth of the shelf, not only as a result of the growth or decrease associated with their total area, but mainly as a result of upward and downward migration of benthic communities and the increase/decrease of the surface which is successively covered when adapting to the variations in water depth. Fourthly, the production of benthic carbonates may be significant up to depths of around 90 m. Fifthly, in order to explain the large accumulation of sediment in the study areas, it is necessary to resort to the redistribution of

debajo de las comunidades bentónicas y el aumento/disminución de la superficie que sucesivamente cubren para adaptarse a las variaciones de la profundidad del agua. Cuarto, la producción de carbonatos bentónicos puede ser significativa hasta una profundidad de unos 90 m. Quinto, para explicar la gruesa acumulación de sedimento encontrada en las zonas estudiadas, es necesario recurrir a una redistribución de los carbonatos, producidos 'en exceso' en las profundidades someras, hacia el extremo de la plataforma y el talud."

Con ser todas estas afirmaciones muy interesantes y adecuadas al tema que nos ocupa, conviene destacar algunos puntos y hacer algunas puntualizaciones. En primer lugar, la gran diferencia entre la regular producción de bioclastos (de 90,60 a 123,89 g·m⁻²·año⁻¹) y la "triple variación en el contenido" (de 314,20 a 953,56 g·m⁻²) entre unas áreas y otras se debe, más que a las razones expuestas por los autores, a los procesos de transporte litoral que experimentaron las formaciones arenosas que acompañaron el ascenso del nivel del mar durante el Holoceno; muy especialmente las formas de la topografía (hoy batimetría) y su orientación respecto a los oleajes dominantes, que puede llevar arenas desde una a otra área de las estudiadas. En cuanto a las conclusiones e implicaciones, destaca lo siguiente:

a) Las conclusiones (2) y (3), ponen de relieve que las praderas de Posidonia no son las áreas del fondo marino más productoras de bioclastos, como se ha difundido ampliamente ante la opinión pública de las Baleares, irresponsablemente y sin base científica alguna. Lo que sí se destaca en la conclusión (3) es que la abundancia de tales praderas, en estos litorales, implica que su contribución a la génesis de las masas sedimentarias, a lo largo del proceso transgresivo del Holoceno, haya sido importante. Esto no basta para atribuir los problemas de las playas al posible deterioro de algunos fondos colonizados por esta fanerógama, pues su repercusión en proporción a las grandes extensiones de tales praderas es prácticamente despreciable. Por otra parte, en profundidades relativamente someras (menos de 15 m en estas aguas mediterráneas) las llamadas praderas de Posidonia generalmente se asientan en sustratos rocosos muy rugosos, en cuyos huecos es retenida cierta cantidad de arena que permite el crecimiento de la planta, la cual puede extenderse y colonizar casi todo dicho fondo rocoso y rugoso, pues las raíces de la propia planta retienen el sedimento. Ello no obsta para que la Posidonia merezca la debida protección, reconocida universalmente, por su contribución a la clarificación y transparencia de las aguas y a la proliferación

"excess" carbonates produced in shallow waters, towards the outer edge of the shelf and the slope".

All these affirmations are extremely interesting and pertinent to the question in hand, and it is, subsequently, necessary to underline certain points and make a number of clarifications. Firstly, the large difference between the regular production of bioclasts (from 90.60 to 123.89124 g·m⁻² year⁻¹) and the "triple variation in the carbonate content" (from 314.20 to 953.56 g·m⁻²) between some areas and others is due, over and above that indicated by the authors, to the littoral transport processes undergone by the sand formations as a result of the rising sea level throughout the Holocene period and particularly the topographic forms (nowadays the bathymetric form) and orientation with regards to the dominant waves, which could carry sands from one study area to another. In terms of the conclusions and implications it is necessary to state:

a) Conclusions (2) and (3) indicate that the Posidonia meadows are not the most productive areas of bioclasts in the sea bottom. This opinion has been widely divulged among the population of the Balearics in an irresponsible manner and one entirely lacking in scientific grounding. What is of note in conclusion (3) is that the abundance of these seagrass meadows on these shores implies that their contribution to the formation of the sedimentary masses throughout the Holocene transgression has been important. This, in itself, is insufficient to attribute all problems of the beaches to the possible deterioration of certain seabed populated by this seagrass, as their repercussion in proportion to the large extension of these meadows is almost negligible. Furthermore, in relatively shallow waters (less than 15 m in these Mediterranean waters) the Posidonia meadows are generally set on very coarse rocky substrate, and the cavities in these rocks retain a certain amount of sand to allow the plant to grow and extend over almost the entire rocky bottom as the roots of the plant itself serve to retain the sediment. This does not mean to say that the Posidonia is not worthy of protection as this seagrass is universally renowned for its contribution to the clarification and transparency of waters and the proliferation of marine fauna, which enhance the beauty of the shore and fishing. However, the conclusions of Canals and Ballesteros underline that if the sea bottoms colonized by Posidonia had been populated by photophile algae or by maerl, the sand on the beaches, dune systems and relict formations of the Balearics would have been far more abundant, and to say, as certain

de la fauna marina, favoreciendo a la belleza del litoral y a la pesca. Sin embargo, las conclusiones de Canals y Ballesteros ponen de relieve que si los fondos colonizados por la posidonia lo hubiesen sido por comunidades algales fotófilas o por maërl, la arena de las playas, sistemas dunares, y formaciones relictas de las Baleares sería mucho más abundante; decir, como afirman ciertos biólogos, que "las playas de Baleares existen gracias a la posidonia" es un grave error que hasta puede parafrasearse, con base científica, diciendo que "existen a pesar de la posidonia".

b) La implicación tercera corrobora el presente análisis de la influencia de la transgresión Holocena en la génesis de las playas. El hecho de que no se tenga en cuenta al sacar la implicación quinta se debe, presumiblemente, a la falta de experiencia de los autores sobre los procesos de transporte sedimentario litoral (por el viento y por los oleajes) que estudia la Ingeniería de Costas.

c) En la implicación quinta se recurre a un transporte de sedimentos desde las actuales zonas someras hacia el extremo de la plataforma para explicar el grosor de las formaciones sedimentarias relictas (transporte hacia el mar). Ello merece varios comentarios, pues a mi juicio es el único fallo de los autores. En primer lugar, como veremos más adelante, el balance de la producción global durante la última transgresión justifica tales espesores de las masas sedimentarias relictas y por tanto no se necesita tal supuesto mecanismo. Precisamente el mecanismo de transporte es predominantemente el contrario (hacia tierra y no hacia el mar), pues durante el ascenso del nivel del mar por las suaves pendientes de las áreas estudiadas (inferior al 1% en grandes tramos), el transporte frontal (eólico y marino) en el perfil activo de las playas arrastró hacia la ascendente orilla de cada época (y hacia su trasdós) notables cantidades de sedimentos, quedando no obstante relictas en determinadas zonas enormes volúmenes que superaban la capacidad de elevación de la masa al ritmo de la transgresión y al encontrar pendientes más fuertes que las del perfil de equilibrio de la playa sumergida. Las áreas de mayor profundidad estuvieron alimentadas por la producción de bioclastos durante varios miles de años más que las más próximas al nivel actual. En segundo lugar, en Ingeniería de Costas, basada en una amplia investigación sobre el movimiento sedimentario en general, se admite que, por debajo del límite del transporte significativo (LTS), el transporte frontal de sedimentos es generalmente despreciable, y son excepciones los casos de pendiente muy suave de la plataforma de asiento (caso de transporte hacia tierra) o de pendiente muy fuerte (caso de

biologists maintain that "the Balearic beaches only exist as a result of the Posidonia" is a serious error which may even be paraphrased with scientific grounding, by saying that "these exist in spite of the Posidonia".

b) The third implication corroborates the present analysis in terms of the influence of the Holocene transgression in the formation of beaches. The fact that this is not taken into account when establishing the fifth implication is presumably due to the lack of experience of the authors regarding littoral sediment transport processes (by wind or wave action) and which is studied in Coastal Engineering.

c) In the fifth implication the thickness of relict sedimentary formation (transported offshore) are explained by the transport of sediment from current shallow areas to the edge of the shelf. This requires various comments as, in my opinion, it is the only mistake by the authors. First of all, and as we shall see later on, the balance of global production during the last transgression justifies the thicknesses of the relict sedimentary masses and this does not subsequently require any such transport. Furthermore, the form of transport is predominantly the opposite (towards land and not out to sea), as during the rising of the sea level by the gentle slopes in the study areas (less than 1% over large sections), the cross-shore transport (wind and sea) at the active profile of the beaches brought sizeable quantities of sediments to the rising foreshore (and backshore) over each epoch. However, in certain areas enormous volumes remained relict and exceeded the elevating capacity of the mass during the transgression on encountering far steeper slopes than that of the balanced profile of the beach face. Deeper areas were nourished by the production of bioclasts for several thousand years more than those closer to current levels. Secondly, coastal engineering, based on wide-ranging research into sedimentary movement, accepts that, below the significant transport limit (STL), the cross-shore transport is generally negligible and the exceptions to the rule are those cases with very gentle sloping settlement platforms (in the case of transport towards the shore) or very steep slopes (in the case of offshore transport), but none of these circumstances are generally observed in the areas studied by the authors.

d) It is important to understand the reason behind the mistake in the fifth implication and the surprise at the variable content of bioclasts in the four areas in the excellent work of Canals and Ballesteros. On the one hand it would appear that, to this effect, the authors did not realize the importance of their third implication, perhaps on account of an underlying presumption and,

transporte hacia el mar); pero ninguna de estas circunstancias se da con carácter general en las zonas estudiadas por los autores.

d) Es importante comprender la causa del error de la implicación quinta y la extrañeza ante el variable contenido de bioclastos de las cuatro áreas, en el excelente trabajo de Canals y Ballesteros. De un lado parece que, a estos efectos, no se dieron cuenta de la importancia su propia implicación tercera, quizás por un inconsciente prejuicio: la presunción de que la mayor parte de la masa sedimentaria de bioclastos, de toda la plataforma litoral estudiada por ellos, se generó con el nivel actual, cuando éste sólo se alcanzó hace unos 2500 años. Hace unos 16500 años se encontraba a unos 90 m más abajo, como ya se ha dicho, precisamente la cota que estos autores asumen como límite de la producción efectiva de bioclastos. De otro lado, es presumible que los autores careciesen de los conocimientos adecuados sobre el transporte litoral de sedimentos. Este segundo aspecto es tan complejo que no se puede resumir aquí, si bien conviene señalar unos rasgos: i) Las playas se deben a la acción de los oleajes, especialmente a su capacidad de transporte hacia tierra si el talud de la plataforma litoral es suave, de manera que el perfil arenoso adopta una cierta pendiente para mantener el equilibrio de los movimientos reversibles de las partículas, según los diferentes momentos de la acción de la ola y de los diferentes oleajes; de no existir este efecto constructor de los oleajes, no existirían las playas. ii) El pie del perfil activo de la playa viene determinado por diversos factores y se define como el LTS antes mencionado (Figura 1); no quiere decir que por debajo de la correspondiente profundidad no exista movimiento de las partículas, sino que no se produce transporte neto hacia tierra ni hacia el mar, en el supuesto de que no se alteren las circunstancias que determinan el perfil de equilibrio de la formación arenosa. iii) Las propias pendientes de dicho perfil de equilibrio y la de la plataforma sobre la que asciende y avanza hacia tierra el nivel del mar, determinan el tamaño medio de la masa arenosa ascendente y el de las partículas que deben escaparse hacia el mar; con carácter general hay que distinguir entre el tamaño de las partículas que se mueven en saltación, constitutivas de las playas, de las que se mueven predominantemente en suspensión y son llevadas hacia alta mar; el tamaño que las separa es del orden de unas 7 micras (0,007 mm). iv) Lo más fundamental para explicare la variabilidad del contenido de carbonatos estriba en que las formas de las líneas de costa en cada momento de la transgresión (hoy isóbatas) posibilitaron el trasvase de arenas de unas zonas a otras por transporte longitudinal de los oleajes.

namely, that the majority of the bioclast sedimentary mass throughout the littoral shelf studied was generated by the current level though this was only reached some 2500 years ago. Around 16,500 years ago the sea level, as already indicated, was some 90 m lower and precisely at the level that these authors consider to be the limit of the effective production of bioclasts. On the other hand, it is possible that these authors lack suitable knowledge of littoral transport. This second aspect is so complex that it cannot be summarised in just a few words, though certain essential elements may be referred to: i) Beaches are formed by the action of the waves and particularly their capacity to transport sediment towards the shore when there is a gentle slope to the littoral shelf. In this way the sand profile adopts a certain slope to maintain the equilibrium of the reversible movements of the particles, according to the different moments of wave action and differing waves. If this wave construction effect did not exist there would be no beaches. ii) The base of the active profile of the beach is determined by various factors and is defined as the STL as indicated above (Figure 1). This does not mean to say that there is no particle movement below the corresponding depth, but that no net transport occurs either to shore or offshore, where there be no changes in the circumstances establishing the equilibrium profile of the sandy formation. iii) The slopes of this equilibrium profile and that of the shelf over which the level of the sea rises and advances towards land, determines the mean size of the rising sandy mass and that of the particles which escape out to sea. It is generally necessary to distinguish between the size of particles moving by saltation, and forming the beaches, and those that predominantly move in suspension and are carried out to sea. The size separating these being around 7 micras (0.007 mm). iv) The reason behind the variability of carbonate content essentially lies in the fact that the forms of the coastline during each stage of the transgression (isobaths) allow the transfer of sands from one area to another by longshore transport.

e) When returning to the matter of the budget of bioclastic production of marine sediment in these areas, it is necessary to underline the statement made by the authors indicating that production rates hardly vary with depth (first implication) down to the -90 m benchmark (fourth implication). As such, in the lower areas invaded by the sea over 16,500 years ago, bioclast have been produced throughout the entire ensuing period and which represents an average depth of around 0.95 metres ($(16,500 \cdot (100/1,000,000)/1.75)$, where 1.75 is the corresponding density of these calcareous sands). While this figure may seem low, it is necessary to consider that

e) Volviendo sobre el tema del balance de la producción bioclástica del sedimento marino en estas áreas, hay que remarcar la propia afirmación de los autores, en el sentido de que las tasas de producción varían escasamente con la profundidad (implicación primera) hasta la cota -90 m (implicación cuarta). Por consiguiente, en las zonas inferiores que el mar invadió hace más de 16500 años, se han estado produciendo bioclastos durante todo el período, lo cual representan un espesor medio de unos 0,95 metros ($16500 \cdot (100/1000000)/1,75$), siendo 1,75 la densidad correspondiente a estas arenas calcáreas). Aunque esta cifra pueda parecer baja, debe tenerse en cuenta que los sedimentos se acumulan en las hondonadas, y que éstas representan proporciones reducidas de los irregulares sustratos rocosos de los fondos marinos, por lo que los espesores de las formaciones sedimentarias relictas pueden alcanzar valores varias veces superiores a este valor medio.

Producción de bioclastos y su incorporación a las playas actuales. Casos de Cala Agulla y Cala Millor en Mallorca

Las dos playas y sus problemas

Las playas de Cala Agulla y Cala Millor son formaciones muy similares en su origen, aunque de muy diferente comportamiento en la actualidad. Ambas están ligadas a sendos sistemas dunares de arenas bioclásticas casi en su totalidad, de génesis simultánea al final de la transgresión Holocena y posterior a ella. La de Cala Agulla, a pesar de la fuerte presión turística, es casi virgen en el sentido de que la urbanización próxima apenas ha alterado el sistema dunar (Figuras 5.A y 5.B). La de Cala Millor se ha convertido en una playa urbanizada en su trasdós; parte del área ahora urbana era antiguamente (hasta hace pocos años según muestra la ortofoto de 1956) una porción del sistema dunar, del cual aún quedan hoy importantes áreas vírgenes (Figuras 6.A y 6.B). Ambas playas presentan problemas de afloramientos rocosos.

La playa de Cala Agulla, de unos 500 m de longitud, es del tipo bien encajado, por los salientes del entorno. En su trasdós presenta una fuerte pendiente en gran parte rocosa y, a pesar de ello, la playa seca pierde arena hacia el sistema dunar. Para paliar este problema, desde hace años se instalan series de cañizos al finalizar la temporada de verano y se retiran antes del comienzo de la siguiente, devolviendo la arena retenida a la playa seca. A pesar de ello, lentamente la playa ha retrocedido, de manera que hoy se considera necesario proceder a su alimentación artificial.

sediments accumulate in basins and that these represent reduced proportions of the irregular rocky substrates of the sea bottom and, subsequently, the thicknesses of relict sedimentary formations may reach values several times over this average value.

Bioclast production and incorporation within current beaches. The cases of Cala Agulla and Cala Millor in Majorca.

The two beaches and their problems

The beaches of Cala Agulla and Cala Millor are formations which are very similar in terms of origin, but very different in terms of current behaviour. Both beaches are associated with large dune systems, almost entirely formed of bioclastic sands and simultaneously formed at the end of the Holocene transgression and after. The Cala Agulla beach, in spite of heavy tourist presence, is almost virgin as the buildings backing onto the beach barely encroach on the dune system (Figures 5A and 5B). The backshore of the Cala Millor beach has become an urban beach with part of this urban area previously being a part of the dune system (as may be seen from the relatively recent orthophotograph of 1956), though sizeable areas of virgin beach still remain today (Figures 6A and 6B). Both beaches have problems with rocky outcrops.

The 500 m long Cala Agulla beach is well confined by the surrounding points. The backshore of the beach slopes steeply and is largely rocky though, in spite of this, the drying beach loses sand towards the dune system. In order to offset this problem, sand fences have been installed for a number of years now at the end of the summer and are removed at the beginning of the following summer and the retained sand is returned to the dry beach. In spite of this, the beach has slowly receded and it is now considered necessary to artificially replenish the beach.

Though the Cala Millor is sufficiently confined to prevent the loss of sand through oscillations, the points of Cap Pinar and Punta de N'Amer do not clearly define the shore of this 1900 metre long beach. As a result, the drying beach shifts in accordance with the dominant wave climate for each year and rocky outcrops subsequently appear at various points on the beach though mainly on the southern section known as Sa Mâniga. Part of the sand to the dune area subject to beachfront development, was provided prior to 1968. It is presumed that this replenishment, estimated at around 75,000 m³, was carried out in order to extend the shore and cover the rocky outcrops existing at the time. The construction of the promenade, with a seawall rising 2 m above the level of the berm and a small cantilever at the crest, prevented the loss of sand towards the dune system



Fig. 5.A. Vista aérea de Cala Agulla, playa, sistema dunar y su entorno/*Aerial view of the Cala Agulla beach, dune system and surroundings..*



Fig. 5.B. Playa de Cala Agulla/ Cala Agulla beach.

En la playa de Cala Millor, aunque encajada suficientemente para no perder arena en sus oscilaciones, los salientes de el Cap Pinar y de la Punta de N'Amer no determinan una forma definida de su orilla, de unos 1900 metros de longitud. En consecuencia, la playa seca sufre desplazamientos en función de los oleajes dominantes de cada año y, debido a ello, frecuentemente se producen afloramientos rocosos en diversos puntos, si bien el problema afecta principalmente en el tramo sur conocido como Sa Màniga. Se da la circunstancia singular de que parte de la arena de la zona dunar que iba a ser urbanizada, se aportó a la playa antes de 1968. Es presumible que esta aportación, estimada en unos 75.000 m³, se realizase con el fin de hacer avanzar la orilla y cubrir los afloramientos rocosos que ya entonces existían. A consecuencia de la construcción del paseo marítimo, con un muro coronado a unos 2

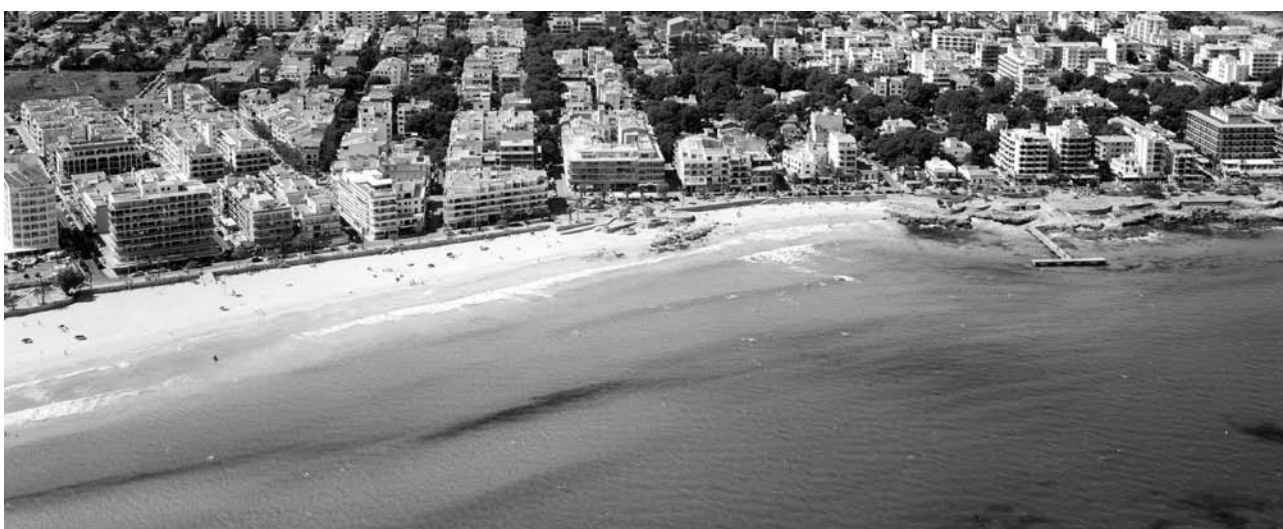
which naturally occurs on all beaches of this type. This barrier effect is shown by the fact that it is not necessary to clear up sand deposits on the promenade and that there are no disturbances to the tourist developments on the beach front. However, in spite of the sand replenishment indicated above, the shoreline oscillations and the ensuing rocky outcrops are very detrimental to the local tourist trade. This began to be of some concern in 1989 and a total 58,000 m³ of sand has subsequently been replenished at various stages, with the last being provided in 2002. However, the problem still has a serious affect on the tourist trade.

It is necessary to underline that the problem of the Cala Agulla beach arises from the natural process affecting the beach and, namely, the loss of sand towards the dune system. The problem of the Cala Millor is also the result of



Fig. 6.A. Vista aérea de Cala Millor, playa, sistema dunar, y urbanización. (Extremo sur)/Aerial view of the Cala Millor beach, dune system and developed areas. (South end).

Fig. 6.B. Vistas de
la playa de Cala
Millor/ Views of
the Cala Millor
beach).



m por encima de la cota de la berma y con un pequeño voladizo en su coronación, se cortó la pérdida de arenas hacia el sistema dunar que experimentan de forma natural todas las playas de este tipo. Prueba de ello es que no es preciso retirar acumulaciones de arena en el paseo, ni se producen molestias en los establecimientos turísticos de primera fila. Sin embargo, a pesar de la aportación de arena antes mencionada, las oscilaciones de la orilla y los consiguientes afloramientos rocosos resultan muy perjudiciales para la industria turística. Ello comenzó a preocupar a partir de 1989, y en sucesivos momentos se aportaron en total unos 58.000 m³ de arena, la última en el año 2002. Sin embargo el problema sigue afectando gravemente a la industria turística.

Es preciso insistir en que al problema de Cala Agulla se deriva del proceso natural a que está sometida la playa, consistente en la pérdida de arena hacia el sistema dunar. El problema de Cala Millor es también consecuencia del retroceso de la playa debido a la antigua formación y crecimiento del sistema dunar, y si bien es evidente que la urbanización hizo desaparecer parte de dicho sistema, con respecto a la playa ha detenido tal proceso eólico erosivo; sin embargo, las variaciones de la playa que no preocupaban en 1968, y que probablemente se estimaron evitadas con la aportación de la arena extraída de las dunas, dejan eventualmente sin arena ciertos tramos, con el consiguiente desencanto para los clientes que hoy acuden al correspondiente hotel.

No es posible verter aquí la justificación completa de la descripción expuesta sobre el carácter natural del problema. En ambos casos de Cala Agulla y Cala Millor se han realizado análisis del proceso genético, y en esta última se ha comprobado que las variaciones en la superficie de la playa, tras cada aportación y tras su reajuste del perfil, se corresponden con los volúmenes de arena vertidos, y no se han producido pérdidas de arena hacia el exterior de la unidad fisiográfica.

La producción de bioclastos

Al analizar el proceso genético de cada una de estas dos playas, se evaluó la producción de bioclastos en el correspondiente tramo de la plataforma litoral. Para ello se dividió en franjas de 15 m de altura, y a cada área se le aplicó la tasa determinada por Canals y Ballesteros de 100 gr·m⁻²·año⁻¹, durante el tiempo transcurrido desde que el nivel del mar alcanzó el punto medio de cada franja. De esta forma se obtuvieron los resultados de la Tabla 1, para cuya mejor comprensión y significado se aclara lo siguiente:

1. En la primera fila se indica el resultado de la producción total a lo largo de los últimos 16.500 años. No se tienen en cuenta las posibles fugas hacia otras cuencas o

the receding of the beach due to its former formation and the growth of the dune system. While it is evident, in this latter case, that beach front development has eliminated part of this dune system and that the erosive wind process has been detained with regards to the beach, the variations of the beach were not considered a problem in 1968 and these were probably considered to be prevented by the provision of sand taken from the dunes. This subsequently left a number of areas without sand to the dismay of those tourists staying at the beachfront hotel.

It is not possible to provide a complete justification on the basis of the foregoing description of the natural aspect of the problem. An analysis of the formation process has been carried out for both the Cala Agulla and the Cala Millor beach, and with regards to this latter it has been verified that the variation of the beach surface after each successive replenishment and the realignment of the beach profile correspond to the volumes of sand provided and that there have been no losses of sand outside the physiographic unit.

Bioclast production

On analyzing the formation process of each of these two beaches, an evaluation was made of the bioclast production over the corresponding section of the littoral shelf. This was carried out by dividing the area into 15 m high bands and applying the rate established by Canals and Ballesteros of 100 gr·m⁻²·year⁻¹ to each area over the time from which the sea level had reached the average point of each band. This then gave the results indicated in Table 1, which requires the following clarifications:

- 1. The first row of the table indicates the result of total production throughout the last 16,500 years. No account is taken of possible transfer to other basins or sections of the littoral shelf, though the lateral borders of each basin do imply a certain difference on account of the possible raising of material by cross-shore transport. Further details shall be provided later on to explain the large differences in production between both basins.*
- 2. The second row provides an estimate of all the sandy formation (beaches and dunes) on the coast section. In the case of Cala Agulla this also includes the dunes of Cala Mesquida and other small coves. In the case of Cala Millor this includes the Son Moll beach and other small coves.*
- 3. The third row indicates the total of relict masses, when taking there to be no escape of materials by longshore transport throughout the transgressive process.*
- 4. The fourth row gives an estimate for each section of the total volumes of active beach, when taking this to*

Tabla 1. Producción de bioclastos en las cuencas litorales de Cala Agulla y Cala Millor, barridas por la transgresión Holocena. Estimación de las masas arenosas emergidas actualmente en todo el tramo definido por el Morro de Aubarca y el Cap de Pera (unos 9,2 km), y por éste y la punta de N'Amer (unos 16,5 km), respectivamente. Tasa de producción: $100 \text{ gr}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ / Table 1. Bioclast production in the littoral basins of Cala Agulla and Cala Millor, swept by the Holocene transgression. Estimate of currently emerged sandy masses throughout the section defined by the Morro de Aubarca and the Cap de Pera (some 9.2 km), and between this and the point of N'Amer (some 16.5 km), respectively. Production rate: $100 \text{ gr}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$

Definición de la masa sedimentaria/Definition of sedimentary mass	Masa total/Total mass (m ³) Cala Agulla	Masa total/Total mass (m ³) Cala Millor
1) Total generado posterior a -16.500 años/Total generated after -16,500 years	350.000.000	191.000.000
2) Masas emergidas en el tramo (estimación)/Emergent mass in the section (estimate)	5.000.000	2.050.000
3) Masas relictas/Relict mass	345.000.000	188.950.000
4) Masas de playa activa (estimación)/Mass of active beach (estimate)	400.000	600.000

tramos de la plataforma litoral, aunque los límites laterales de cada cuenca supone cierta separación en la posibilidad de elevación de materiales por transporte frontal. Más adelante se darán más datos para explicar unas grandes diferencias entre la producción de ambas cuencas.

2. En la segunda fila se da una estimación de todas las formaciones arenosas (playas y dunas) del tramo de costa. En el caso de Cala Agulla incluye también las dunas de Cala Mesquida y otras pequeñas calas. En el caso de Cala Millor incluye la playa de Son Moll y otras pequeñas calas.

3. En la tercera fila se indica la totalidad de las masas relictas, en el supuesto de que no se hubiesen escapado materiales por transporte lateral de los oleajes, a lo largo del proceso transgresivo.

4. En la fila cuarta se da una estimación en cada tramo de los volúmenes totales de playa activa, entendida como el volumen de arena que puede ser removida por los oleajes en la actualidad, ya sea por acción frontal o longitudinal, en el entendido de que en ambos casos se trata de movimientos reversibles.

Hechas estas aclaraciones procede señalar las siguientes observaciones:

a) Si dividimos la producción total en cada cuenca por la longitud del tramo, observamos que para la cuenca de Cala Agulla da 38.043 m^3 por metro lineal de costa, mientras para Cala Millor sólo da 11.576 m^3 por metro lineal. Esta diferencia no guarda relación directa con la variación de contenido de carbonatos de que hablan Canals y Ballesteros. Se trata de las diferentes características topográficas de la plataforma litoral de una u otra cuenca. La distancia de la orilla actual a la isóbata -90 m es de unos 16 km para el tramo de Cala Millor, mientras que para el de Cala Agulla llega a superar los

be the volume of sand that may be currently moved by the waves, whether by longshore or cross-shore action, and on the basis that this concerns reversible movements in both these cases.

After providing these clarifications, the following observations may be made:

a) If we divide the total production of each basin by the length of the section, we may then see that the Cala Agulla basin provides $38,043 \text{ m}^3$ per lineal metre of coast, while the Cala Millor only gives $11,576 \text{ m}^3$ per lineal metre. This difference does not bear a direct relation with the variation in carbonate content referred to by Canals and Ballesteros. This depends on the different topographical characteristics of the littoral shelf of each basin. The distance from the current shoreline to the -90m isobath is around 16 km for the Cala Millor section and over 22 km for that of Cala Agulla (in reality this depth is not reached as this is a now submerged isthmus between Majorca and Minorca, and where a dividing line was taken between the basins of both islands, with maximum depths of around 75 m). The length of the inner contour (isobath -90m) of the Cala Millor basin is some 17 km long while the equivalent contour of the Cala Agulla is around 46 km. It is necessary to recall that this is an island with other islands in the vicinity and that the slopes of the littoral shelf and, particularly, the forms of the isobaths (in parallel to the coast) imply these variations in the production rate per lineal metre of the coast, while the variations in content per cubic metre (Canals and Ballesteros) are essentially due to the transfers between one basin and another on account of longshore transport.

22 km (en realidad no se llega a tal profundidad, ya que se trata del istmo, hoy submarino, entra Mallorca y Menorca, en el cual se toma una línea divisoria de cuencas entre ambas islas, con profundidades máximas de unos 75 m). La longitud del contorno inferior (isóbata -90 m) de la cuenca de Cala Millor es de unos 17 km de longitud, mientras el contorno equivalente de Cala Agulla es de unos 46 km. No olvidemos que se trata de una isla, con otras islas próximas; las pendientes de la plataforma litoral y, sobre todo, las formas de las isóbatas (al igual que la costa) implican estas variaciones en la tasa de producción por metro lineal de costa, mientras las variaciones de contenido por metro cuadrado (Canals y Ballesteros) se deben, esencialmente a los trasvases de una a otra cuenca por transporte longitudinal de los oleajes.

b) A pesar de estas diferencias, a título de orden de magnitud se puede estimar que en las costas de las Baleares, desde el inicio de la transgresión Holocena, se han producido arenas de carbonato a razón de unos 25.000 m³ por cada metro lineal de costa. De esta producción ha quedado en formaciones relictas el 98,65 %. Tan sólo el 1,35 % de la producción ha alcanzado la costa y formado las playas y sistemas dunares. Y tan sólo el 0,19 % de la producción constituye las masas activas de las playas actuales.

c) Si aplicamos a los 300 km de costa de Mallorca la tasa media de producción de carbonatos habida desde el inicio de la transgresión Holocena, resulta una producción total de unos 7,5·10⁹ m³. Se trata tan sólo de una evaluación grosera, naturalmente, pero pone en evidencia la ínfima importancia de la extracción de arena para resolver los problemas de las actuales playas, que precisen necesariamente una alimentación artificial. Baste pensar que un millón de m³ serían suficientes para todas las necesidades, y que esta cantidad ni tan siquiera altera cifra alguna de la evaluación efectuada. Ello no quiere decir que todos los problemas de las playas requieran aportación artificial. Por ejemplo, el caso de la bahía de Alcudia, que afecta a la playa de Can Picafort (T.M. de Santa Margarita), se debe resolver trasvasando las arenas que el proceso de transporte longitudinal lleva de sureste a noroeste, y ello también se deduce del análisis del proceso genético de las playas de dicha bahía y se ha contrastado con otros estudios de dinámica litoral. Naturalmente, las extracciones de arena deben hacerse en las condiciones necesarias para minimizar las alteraciones en los ecosistemas marinos. En cuanto a su vertido, lo más importante es tener la garantía de que no se producirán pérdidas fuera de la unidad fisiográfica cuyo problema se pretende resolver, pues cumplida esta condición, las aportaciones artificiales tardan en ajustar el perfil si se

b) In spite of these differences, in terms of magnitude it may be estimated that from the start of the Holocene transgression, roughly 25,000 m³ of carbonate sands have been produced per lineal metre of the Balearic coastline. 98.65% of this production has remained as relict formations and only 1.35% of the production has reached the shore and formed the beaches and dune systems, and only 0.19% of the production forms the active masses of today's beaches.

c) If the average carbonate production rate is applied to the 300 km Majorcan coastline, this would then give a total production from the start of the Holocene transgression of some 7.5·10⁹ m³. This is naturally only a very rough estimate but it reveals the negligible importance of the extraction of sand to resolve the problems of modern-day beaches that necessarily require artificial replenishment. One could consider that a million cubic metres would be sufficient for all the needs and that this quantity would in no way affect the estimate made. This does not mean to say that all problems of beaches may be resolved by artificial nourishment. By way of example, in the case of the bay of Alcudia which affects the beach of Can Picafort (Santa Margarita), the problem should be resolved by transferring the sands carried by longshore drift from the southeast to the northwest, and this may also be deduced from the analysis of the formation process of the beaches of this bay which have been verified by other studies of littoral dynamics. The extraction of sand should naturally be made under the necessary conditions to minimize adverse affects to the marine ecosystems. With regards to the depositing of the same, the most important factor is to ensure that there be no losses outside the physiographic unit requiring remedial action, as on complying with this condition, the artificial replenishment will take time to adjust to the profile if deposited on the drying beach and this will allow the Posidonia and other benthonic communities to readily adjust to the rise of a few centimetres.

d) There is a very important concept concerning the behaviour of bioclast sand beaches when the level is invariant. This being the surface of the littoral shelf and its capacity to incorporate bioclasts generated from the active beach. This surface corresponds to the depth of the significant transport limit (datum h_m of point M in Figure 1), with a certain margin in accordance with the slope of the substrate (m_p of Figure 1). When the said surface is smoother than the breaker profile (m'_s in Figure 1) one may take, in the absence of more precise studies, the depth of

vierte en la playa seca, de manera que la posidonia y otras comunidades bentónicas soportan perfectamente el recrecido en pocos centímetros al año.

d) Hay un concepto muy importante para el comportamiento de las playas de arenas bioclásticas, cuando el nivel es invariante. Se trata de la superficie de la plataforma litoral cuyas características permiten la incorporación de los bioclastos generados a la playa activa. Esta superficie corresponde a la profundidad del límite del transporte significativo (cota h_m del punto M en la Figura 1), con cierto margen en función de la pendiente del sustrato (m_p de la Figura 1); cuando tal superficie es más suave que la del perfil de rotura (m'_s en la Figura 1) se puede tomar, a falta de estudios más precisos, la profundidad de producción de bioclastos capaces de ser incorporados a la playa con un incremento del 20 %, es decir, $1.2h_m$. De ser $m_p > m'_s$, tal profundidad se limita a la del LTS, es decir a h_m .

e) Debe tenerse en cuenta que, durante el proceso transgresivo, todo el transporte eólico y la formación de sistema dunar asociado a la playa es positivo para el crecimiento de la masa de las formaciones sedimentarias; los volúmenes dunares de arena son removidos por los oleajes al elevarse el nivel del mar, y todo el sistema tiende a elevarse y a crecer, si las pendientes de la plataforma que se va invadiendo lo permiten. Por el contrario, cuando el nivel deviene invariante, como ocurrió desde hace unos 2.500 años, el sistema dunar siguió creciendo a costa de los volúmenes de la playa, y la orilla de ésta retrocediendo. Una muestra de ello la tenemos en la Punta de La Alfabia, que se ve en la fotografía de la Figura 7; esta punta separa las playas de Es Carbó y Ses Roquetes, (T.M. de Ses Salines, Mallorca) y consiste en una duna cortada en un frente de unos 15 m de altura; la formación típica del sistema dunar consta, en primer término de una pequeña línea dunar de escasa cota (foredune), seguida de una zona llana antes de iniciarse el campo de altas dunas. Por lo tanto, la duna cortada por la erosión marina tuvo que generarse a más de un centenar de metros de la orilla. Un análisis del proceso y de los volúmenes de aquel sistema dunar, indica que al final de la transgresión Holocena, las playas mencionadas estaban avanzadas unos 200 m hacia el mar, respecto a la situación actual, y la mencionada punta correspondía a un clásico tómbolo al amparo de la isla de Na Moltóna.

f) Todo lo anterior pone de relieve que a nivel constante, el transporte eólico neto hacia tierra es bastante más cuantioso que el de aportación de bioclastos. Para tener una idea aproximada de la producción de carbonatos capaces de ser incorporados a la playa, asumimos una pendiente $m_p = 0.01$, algo inferior a la m'_s de una playa de arena fina típica de Baleares; si la

bioclast production capable of being incorporated in the beach with a 20% increase, that is $1.2h_m$. Where $m_p > m'_s$, this depth should be restricted to the STL of h_m .

e) During the transgressive process, all wind transport and the formation of the dune system associated with the beach is positive for the growth in mass of sedimentary formations. The sand dune volumes are moved by the waves on the raising of the sea level and the entire systems tends to rise and grow if the slopes of the encroached shelf so allow. However, when the level is invariant as has been the case for the last 2,500 years, the dune system continues to grow at the expense of the beach and this leads to the erosion of the shore. An example of this may be seen at the Alfabia Point shown in the photograph in figure 7. This point separates the beaches of Es Carbo and Ses Roquetes (Ses Salines, Majorca) and consists of a dune scarped on one face and some 15 m high. The typical formation of the dune system consists of a small line of foredunes of little height which back on to a flat area followed by an area of high dunes. The dune scarped by marine erosion must then have been formed over a hundred metres from the shore. An analysis of the process and the volumes of this dune system show that at the end of the Holocene transgression, the said beaches were set a further 200 metres out to sea with regards to their current position and that the said point corresponds to a classical tombolo in the lee of the Island of Na Moltóna.

f) The above underlines that at a constant level, the net aeolian deposit towards land is far more abundant than the provision of bioclasts. In order to gain an approximate idea of the carbonate production capable of being incorporated within a beach, we shall take a slope of $m_p = 0.01$, somewhat lower than the m'_s of a typical fine sand beach in the Balearics. If the beach is one of complete profile (the base of the sandy mass reaching the datum of h_m), accepting the 20% indicated in (d) and for typical h_m values of the fine sand Balearic beaches of 12.5 m, this would then give a 250 m wide production strip which could be incorporated on the beach by wave action and representing some 13.9 litres of sand ($250 \cdot 100 / 1000 \cdot 1.8$, where 1.8 is the density of sand) per lineal metre of shore per year. It is sufficient to observe the quantities of sand accumulating in the sand fences at the Cala Agulla beach after just one wind storm, to appreciate how small this production is when compared with aeolian deposits. Even when

Fig. 7. Vista de la Punta de la Alfabia que, al abrigo de la isla Na Moltana, separa las playas de Es Carbó y Ses Roquetes/View of the Alfabia Point separating the beaches of Es Carbo and Ses Roquetes, in the lee of the Na Moltana island.



playa es de perfil completo (el pie de la masa arenosa alcanza la cota de h_m), aceptando el 20 % indicado en (d) y para valores $h_m = 12,5$ m, típicos de las playas de arena fina en el clima marítimo balear, tendríamos 250 m de anchura de la franja productora capaz de ser incorporada a la playa por los oleajes, lo cual representa unos 13,9 litros de arena ($250 \cdot 100 / 1000 \cdot 1,8$, siendo 1,8 la densidad de la arena) por metro lineal de orilla y año. Baste ver la arena que se acumula en los cañizos de Cala Agulla en un solo temporal de viento, para comprender la escasez de tal aportación, despreciable frente al transporte eólico. Aún asumiendo que el pie de la formación esté a la cota -5 m, como ocurre en Cala Millor y en otras muchas playas con sistema dunar anejo (Es Trenc, Es Carbó, Ses Roquetes, Playa de Palma, Palma Nova, Magaluf, Santa Ponsa, -estas cuatro últimas antes de ser urbanizadas en su trasdós-, etc...), la aportación sería de unos 41,7 litros por metro lineal y año, igualmente despreciable a estos efectos. Con mayor razón si recordamos que aquí hemos utilizado la tasa de producción de $100 \text{ gr} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$, no aplicable a los fondos colonizados por la posidonia, los cuales tienen una tasa mucho menor y son precisamente las más abundantes en las áreas de pie de playa que contemplamos.

g) No se puede olvidar que las comunidades bentónicas que dan origen a los bioclastos extraen sus carbonatos del entorno. Por ello, y por lo anteriormente expuesto, si no existen pérdidas hacia tierra (generalmente alimentando un sistema dunar o rellenando humedales) se admite que la producción de bioclastos es prácticamente mantenedora del volumen de la masa sedimentaria de la playa.

assuming that the base of the formation is set at a datum of -5 m, as is the case of Cala Millor and many other beaches with associated dune systems (Es Trenc, Es Carbó, Ses Roquetes, Palma beach, Palma Nova, Magaluf, Santa Ponsa, - these four latter prior to beachfront development), the contribution would be some 41.7 litres per lineal metre per year, which is equally negligible for these effects. This is even further emphasized when considering that we have employed a production rate of $100 \text{ gr} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$, which is not applicable to sea bottoms populated by *Posidonia* which have a much lower production rate. These seagrass populations being precisely the most abundant type of sea bottom at the foot of the beaches subject to study.

g) The benthonic populations producing bioclasts extract their carbonates from the surroundings. As such, and in accordance with that indicated above, if there are no losses towards shore (generally feeding a dune system or filling wetlands) it can be taken that the bioclast production practically maintains the volume of the sedimentary mass of the beach.

The need to prevent incorrect diagnosis and public misinformation.

I hope that this article serves of some assistance to those technicians responsible for the study and treatment of beaches, but above all I would like biologists, geologists, geographers and physicists to reflect on the fact that

Necesidad de evitar diagnósticos equivocados, y su difusión a la opinión pública

Espero que este artículo sirva de ayuda a los técnicos responsables del estudio y tratamiento de las playas, pero sobre todo quisiera hacer reflexionar a los biólogos, geólogos, geógrafos y físicos que, en las Baleares, han difundido ideas equivocadas sobre efectos nocivos de las aportaciones de arena, sobre su presunta falta de sostenibilidad, y sobre los graves peligros de las extracciones.

Vaya por delante que lo primero que es preciso garantizar es que en cada actuación el diagnóstico sea correcto y la actuación diseñada la adecuada. Es cierto que en el pasado se han cometido muchos errores por falta de conocimiento de los procesos litorales. También es verdad que en ciertos casos, por presiones económicas transformadas en políticas, se ha pretendido alimentar algunas playas cuyo cuenco receptor carecía de capacidad retentiva. Pero hoy en día no tiene por qué ser así. Puedo asegurar que los grupos ecologistas me tendrán de su lado cuando se plantee una actuación inadecuada, pero quisiera que se diesen cuenta de que su oposición injustificada (por si acaso) ante actuaciones adecuadas y necesarias, aunque difíciles de comprender para los no expertos, no es en absoluto positiva. Dicho esto creo conveniente resaltar varios puntos ya expuestos anteriormente:

La posidonia y la producción de carbonatos

El hecho de que la *posidonia oceánica* merezca la protección, reconocida universalmente, por su contribución a la purificación y transparencia de las aguas y a la proliferación de la fauna marina, no justifica la afirmación de que "las playas de Baleares existen gracias a la posidonia". Según los estudios de Canals y Ballesteros los fondos vegetados son los menos productores de bioclastos, por lo que más bien puede decirse que "existen a pesar de la posidonia".

La posidonia y la alimentación de playas erosionadas

Las aportaciones de arena a una playa se deben hacer siempre, y así se hacen, en la playa seca. El ajuste del perfil, que significa un avance final en paralelogramo, tarda años en producirse. El estudio de la evolución de la playa tras la aportación de arena a Cala Millor con anterioridad a 1968, revela que el proceso tardó más de 20 años. El consiguiente aumento de cota en menos de tres centímetros al año, en las zonas colonizadas al pie de la playa, no pudo perjudicar a la Posidonia, en el supuesto de que tal fanerógama es tuviese justo al pie de tal formación. En cualquier caso es perfectamente controlable el supuesto peligro.

mistaken assumptions have been spread in the Balearics regarding the negative effect of sand provisions, their presumed lack of sustainability and the serious dangers of the extractions.

It goes without saying that the essential aspect to be guaranteed in each action concerning a beach is that a correct diagnosis be made and that all ensuing action duly correspond to this diagnosis. In the past many errors were made due to a lack of knowledge of littoral processes, though it also true that in certain cases economic pressure, and ensuing policy, has pretended to feed certain beaches even though their receiving basins lacked the necessary retaining capacity. This does not have to be the case today. I can assure ecologist pressure groups that I will be on their side when any unsuitable action is raised, but I would like them to realize that their unjustified opposition (if so be) of suitable and necessary actions is entirely negative, even though these actions are difficult to comprehend by anyone who is not an expert in the matter. On saying this I consider it necessary to underline various points indicated earlier on:

Posidonia seagrass and carbonate production

The fact that Posidonia Oceanica requires protection is universally acknowledged on account of its contribution to the purification and transparency of waters and the proliferation of marine fauna. However this does not justify the statement that "Balearic beaches exist on account of the Posidonia". According to the studies of Canals and Ballesteros the seagrass bottoms are the smallest producers of bioclasts and it may then be said that the beaches "exist in spite of the Posidonia".

Posidonia and the nourishment of eroded beaches

Sand contributions to a beach should always be made and this is provided to the dry beach. Any change in profile, indicating a final parallel advance, will take years to occur. The study of the development of the Cala Millor beach after the replenishment of sand prior to 1968, reveals that the process took over 20 years. The ensuing increase in level of less than three centimetres per year in the colonized areas at the shoreface could not harm the Posidonia in the case that this seagrass were set right at the shoreface. In any case this supposed hazard may be perfectly controlled.

Removal areas and operations

The problem of recuperating a beach in the Balearics, when this requires sand replenishment, may

Las zonas y las operaciones de extracción

El problema de recuperación de una playa de Baleares, cuando lo que precisa es aportación de arena, se puede resolver con un volumen de sedimento que puede variar entre varias decenas de miles de metros cúbicos y unas pocas centenas. Globalmente no cabe pensar en una cantidad que exceda del millón, cubriendo las necesidades para decenas de años, si no siglos. El volumen de arenas relictas es del orden de varios miles de millones de metros cúbicos. Por lo tanto no existe razón para plantear sin más una oposición a una operación de este tipo, desde el punto de vista de los volúmenes necesarios. Lo que si es preciso es un estudio de la zona de extracción, y un control adecuado de la operación, para evitar daños a las comunidades bentónicas próximas, si existen. Según los estudios realizados con posterioridad a varias extracciones realizadas en Mallorca, la biodiversidad se recupera rápidamente, e incluso aumenta gracias a los sedimentos finos que se escapan generalmente del material dragado. Los temores planteados respecto a la pesca (caso del chanquete, por ejemplo), han resultado injustificados.

Sostenibilidad de las aportaciones de arena

Creer que la arena aportada a las playas se pierde porque el aumento inicial de superficie de playa seca disminuye posteriormente, es un claro error de inexperto. Si una vez producido el ajuste del perfil de equilibrio, el aumento de superficie es el correspondiente a las características del perfil de equilibrio, no hay por que temer pérdida alguna de sedimento. Es muy frecuente la afirmación de que las alimentaciones de las playas son insostenibles, y lo extraño es que se hagan en Mallorca, donde son prueba palpable de lo contrario tantas playas: Playa de Palma, Can Pera Antoni, Cala Mayor, Es Carregador, Palma Nova, Son Matias, Magaluf, Santa Ponsa, Els Morts, Paguera, Palmira, cuyo comportamiento, sin pérdidas hacia el mar, es excelente. Tan sólo Santa Ponsa presenta problemas en sentido contrario, ya que, por su gran anchura y la inexistencia de muro alto de paseo marítimo, induce transporte eólico hacia tierra que requiere medidas paliativas. El caso de la Bahía de Alcudia es muy diferente, como se ha dicho, y la solución de sus problemas no está en una aportación externa de sedimento.

Diagnóstico correcto: ¿Acción antrópica o proceso natural?

Como ya se ha repetido, es un grave error confundir el proceso natural erosivo que aqueja a muchas playas, con los presuntos efectos de las actuaciones del hombre. La construcción en primera línea del trasdós de la playa, y

be solved by a volume of sediment which may vary between tens of thousands or just a few hundred cubic metres. It is impossible to consider quantities over a million to cover the needs of decades, if not centuries. The volume of relict sands is in the region of thousands of millions of cubic metres. While there is no reason to oppose an operation of this type in itself, it is necessary to make a study of the removal area and to suitably control the operation to prevent damage to the flora and fauna in the area, where these exist. According to studies made after several removal operations of this nature carried out in Majorca, the biodiversity recovered rapidly and even increased on account of the fine sediment that generally escapes from the dredged material. The concerns raised about fishing (this being the case of whitebait) have turned out to be unjustified.

Sustainability of sand provisions

The belief that the sand used to nourish a beach is lost because of the subsequent reduction following the initial increase of the drying beach, is a common error among non-experts. If the increased surface corresponds to the characteristics of the equilibrium profile, following the adjustment to the same, there is no reason to fear any loss of sediment. It is frequently said that beach nourishment is unsustainable and it is surprising to hear this in Majorca where there is so much proof to the contrary at the beaches of Palma, Can Pera Antoni, Cala Mayor, Es Carregador, Palma Nova, Son Matias, Magaluf, Santa Ponsa, Els Morts, Paguera and Palmira which have performed excellently without losses to the sea. Only Santa Ponsa poses problems in the opposite sense as on account of its breadth and the lack of a sea wall to the promenade, this induces aeolian deposits on shore which require remedial measures. The case of the Alcudia bay is very different, as indicated above, and the solution to its problems does not lie in the external provision of sediment.

Correct diagnostic: Human intervention or natural process?

As indicated above, it is a serious error to confuse the natural erosive process affecting many beaches with the presumed effects of human intervention. Beach front development, and often excessive development, has been an obvious error but in terms of the stability of beaches this development is harmless or even favourable as it helps prevent losses caused by wind transport towards land.

además en exceso, ha sido un error evidente, pero respecto a la estabilidad de las playas es más bien inocua o favorable, al haber contribuido a cortar las pérdidas del transporte eólico hacia tierra.

Colofón

Cuando ya había terminado el presente artículo, e incluso interesada su publicación en esta *Revista de Obras Publicas*, llegó a mis manos el suplemento "Brisas" del periódico local "Última Hora" (sábado, 17-06-06), en cuya portada se destaca el mal augurio para el turismo balear con el título "La arena está en peligro" y la aclaración "Nuestras playas de blanca y fina arena, comparable a las del Caribe, serán un recuerdo si el hombre no aprende a convivir con ellas sin someterlas". Se trata de una muestra de lo que he querido rebatir: el temor divulgado en base a ideas totalmente erróneas. Por ello me veo obligado a rebatir las tesis que se sustentan en las nueve primeras páginas de tal revista. La dura crítica que debo hacer no va contra el periódico ni contra su suplemento "Brisas", ya que es de alabar la preocupación por los problemas de las playas. Por el contrario, las críticas se refieren a las opiniones vertidas por el geógrafo J.S., con quien ya he tenido fuertes discusiones, y contra quienes apoyan la idea de que a su titulación académica une la de "especialista en geomorfología litoral", si como tal se entiende el conocimiento de lo que es una playa, su génesis y la de los sistemas dunares finí o post Holocenos ligados a ella. A continuación reproduciré en cursiva algunos párrafos y, tras la cita, el comentario.

"El punto de partida para entender qué es una playa se aleja, y mucho, del concepto que la generalidad tenemos de ella."

Esta afirmación es muy cierta. Sin embargo es este geógrafo quien más lejos está del concepto ajustado a la realidad. El texto continúa poniendo en su boca lo siguiente:

"Son espacios muy frágiles y dinámicos y su preservación depende de la posibilidad que tengan de adaptarse a los cambios que provoca el oleaje y de conservar la reserva de arena que forman las dunas en su parte posterior"

En primer lugar, las playas naturales no son frágiles bajo la acción de los oleajes. De ser así, no existirían. Sin embargo, el transporte eólico, cuando el terreno posterior es llano o suave, da una resultante neta hacia tierra y genera un sistema dunar: evidentemente, si existe sistema dunar asociado, ello ha producido en el pasado y produce actualmente el retroceso de la playa, pues los volúmenes de arena de las dunas, decenas de veces superiores a la masa actual de tal playa, proceden de ella. Así, la tendencia natural de este tipo de playa es a desaparecer lentamente, si

Closing note

When the present article had been completed and was ready for publication in this Revista de Obras Publicas, I received a copy of the supplement "Brisas" from the local newspaper "Ultima Hora" (Saturday, 17.06.06). The front cover of the magazine carried a headline predicting a poor future for tourism in the Balearics: "Sand in danger" and the sub-title "Our fine white sandy beaches, comparable to those in the Caribbean, will be just a memory if we do not learn to coexist alongside these beaches without subjecting them to our will". This is yet another example of what I have attempted to dissuade and, namely, the publication of fears based on totally erroneous ideas. I therefore feel obliged to refute the theory behind the article extending over the first nine pages of the magazine. The strong criticism which has to be made does not go against the newspaper or the "Brisas" supplement, as their concern for the problems affecting beaches can only be praised. However, the criticism is directed against the opinions given by the geographer J.S., with whom I have already had heated debate, and against those who maintain that their academic qualification automatically ensures that they are "specialists in littoral geomorphology" and that they, subsequently, have knowledge of what a beach is, its formation and the associated dune systems formed at the end of the Holocene period or after. A number of paragraphs from this supplement are quoted below and followed by the pertinent comments.

"The starting point to comprehend what forms a beach is very far removed from the general concept we have of the same".

This statement is very true. However, it is the geographer who is more further removed from the concept of reality. The text then continues by saying:

"These are very fragile and dynamic spaces and their conservation depends on their capacity to adapt to the changes caused by wave action and to conserve the sand reserves forming the dunes on the backshore"

First of all, natural beaches are not fragile under wave action and they would not exist if this were otherwise. However, when the backshore is flat or gently sloping, the aeolian transport provides a net resultant towards land and generates a dune system. Where an associated dune system exists, this has been produced in the past and it currently leads to receding of the beach, as the sand volumes of the dunes, tens of times greater than the actual mass of the beach, proceed from the same. As such, the

no es alimentada artificialmente o se toman otras medidas. El problema se acusa con varios síntomas:

- a) La reducción de la profundidad del pie de la formación arenosa, muy por debajo del LTS (la h_m correspondiente al clima marítimo local y al tamaño del sedimento, Figura 1), de la cual ya se han dado numerosos ejemplos.
- b) El afloramiento del sustrato rocoso en algunos tramos o proximidad de la orilla (casi todas las playas baleares de este tipo).
- c) El retroceso de la orilla si hay referencias fijas (caso de Es Trenc de que hablaremos más adelante).
- d) El frente erosivo de alguna duna alta (caso de la Punta de la Alfabia).
- e) La clara constatación del transporte de arena hacia el sistema dunar (caso de Cala Agulla, que excepcionalmente no acusa el síntoma "a") o hacia la zona urbana actual (caso de Santa Ponsa).
- f) El aterramiento por la arena del tronco de algunos pinos existentes en lo alto de las dunas, en varios metros (caso de la playa de Ses Salines, en Ibiza).

Conviene señalar que estamos hablando de sistemas dunares cuya arena tiene una naturaleza y un tamaño prácticamente idéntico al de la playa seca actual. El sistema dunar se podría considerar la gran reserva de las playas, si estamos dispuestos a devolver la arena a la playa (seca y sumergida). Si no es así, el transporte eólico seguirá superando con creces (decenas de veces) la producción de bioclastos bentónicos. El problema es que los sistemas dunares, que no han sido destruidos, constituyen evidentes bienes de interés ecológico y paisajístico. Su preservación aconseja prescindir de sus arenas para la conservación de las playas, pero inevitablemente será preciso recurrir a los yacimientos relictos en el fondo del mar, cuya enorme abundancia se ha puesto de relieve anteriormente. De lo contrario, el proceso natural dará la razón a una visión pesimista de las playas vírgenes con sistema dunar. También puede ser aconsejable adoptar medidas que limiten tal proceso, pero la evaluación del impacto paisajístico y del coste económico debe preceder a la elección de alternativas en cada caso concreto.

Más adelante se dice: "Una playa natural tiene una parte sumergida, en cuyas praderas de posidonia se genera la arena, y una parte emergida, aquellas dunas posteriores que permiten, en caso de temporal, que la playa se pueda volver a equilibrar con su arena."

Respecto a la función de la posidonia, baste recordar lo ya expuesto: los fondos vegetados son los menos productores de bioclastos, tal como muestran los estudios de Canals y Ballesteros (1997), y por tanto, si la posidonia no

natural tendency of this type of beach is to slowly disappear if it is not artificially nourished or if other measures are not taken. The problem is reflected by other symptoms:

- a) A reduction of the depth of the base of the sandy formation, well below the STL (the h_m corresponding to the local maritime climate and the sediment size, Figure 1), for which we have already given numerous examples.
- b) The surface expose of bare rock in certain sections or close to the shore (almost all beaches in the Balearics have these types of outcrops).
- c) The receding of the shore where there are fixed references (the case of Es Trenc which shall be referred to later on).
- d) The erosive face of a high dune (the case of the Punta de la Alfabia).
- e) Clear evidence of the transport of sand towards the dune system (the case of Cala Agulla, which occasionally is not reflected by symptom "a") or towards the current built-up area (the case of Santa Ponsa).
- f) The trunks of pine trees buried in several metres of sand at the tops of the dunes (case of the Ses Salines beach in Ibiza).

It should be noted that we are referring to dune systems formed in sand practically identical in nature and particle size to that of the current dry beach. The dune system may be considered as a large reserve of the beaches, if we wish to return the sand to the beach (dry and submerged). Where this is not the case, wind transport will continue to exceed (by tens of times) the production of benthonic bioclasts. The problem is that those dune systems which have not been destroyed, constitute evident items of interest to the ecology and landscape. The conservation of these dunes advises against the use of their sands for the replenishment of the beach, and it will inevitably be necessary to resort to the enormous abundance of the relict beds at the bottom of the sea as indicated earlier. If this is not the case, natural processes will add weight to the pessimistic view of virgin beaches with dune systems. It may also be advisable to adopt measures which restrict this process, but an evaluation of the impact to the landscape and the cost entailed should prevail when selecting any potential alternative.

The article goes on to say: "A natural beach has a submerged area with Posidonia meadows which generate sand and an uncovered area with dunes at the backshore which, in the case of storms, allow the beach to rebalance its sand".

fuese invasora frente a los corales, las comunidades algales fotófilas y el maërl, la producción de bioclastos sería mucho mayor. Respecto al supuesto efecto de reserva de las dunas, es cierto que en las playas vírgenes, como Es Carbó, parte de la arena del sistema dunar se ha reintegrado a la playa, pero desgraciadamente ésta sigue retrocediendo por ser mayor la cantidad de arena que se incorpora al sistema dunar por transporte eólico, neto hacia tierra, en otros puntos de aquel conjunto de playas. Dicho con otras palabras: esta reintegración, aunque producida por los oleajes (síntoma), no es consecuencia de un proceso erosivo atribuible a la acción marina (error de diagnóstico), sino a la eólica en el conjunto de la playa seca (enfermedad). Y el texto continúa:

"Si estos excedentes de arena no existen porque tienen un paseo de cemento, una construcción... con el tiempo el sedimento se agota y la erosión del oleaje se agudiza."

No hace falta repetir que no entramos en la cuestión del indebido consumo del dominio público para paseos o edificaciones, que por otra parte va contra la vigente Ley de Costas. La construcción a costa de sistemas dunares, como ha ocurrido en tantos lugares (Playa de Palma, grandes tramos de la Bahía de Alcudia, Palma Nova, Magaluf, Santa Ponsa, Paguera, Camp de Mar, etc.) ha sido en grave detrimento del paisaje. Sin embargo, las barreras que con el "cemento de los paseos marítimos" y las edificaciones se han formado contra el viento, han cortado las pérdidas por transporte eólico hacia el sistema dunar y, de esta forma, las playas alimentadas artificialmente (exceptuando las de la Bahía de Alcudia, por las razones ya expuestas) se mantienen perfectamente. Con la última frase volvemos a lo de siempre: *"la erosión del oleaje se agudiza"*, es decir: el oleaje, el gran destructor de las playas, ya no tiene la oposición del sistema dunar. Nada más lejos de la realidad.

Hablando del uso de la playa se dice: *"de acuerdo con los estudios realizados por el laboratorio de Ciencias de la Tierra de la Universidad, por término medio cada persona que va a la playa se lleva en los zapatos, bolsas, toallas... unos treinta gramos de arena. (...)En Es Trenc, la playa natural más simbólica de Mallorca con una extensión de 93.000 metros cuadrados recibe de término medio 5.700 visitantes al día. Esto significa que cada día pierde unos 170 kilogramos de arena de término medio. Servera explicó que uno de los ejemplos más evidentes de la pérdida de sedimentos de Es Trenc lo encontramos en las construcciones de vigilancia y defensa que se construyeron en la década de 1940 en la arena. Por aquel entonces, hace apenas 65 años, estaban prácticamente enterradas en la arena, hoy, en*

With regards to the function of the Posidonia seagrass, it suffices to refer to that indicated earlier and, namely, that the seagrass bottoms are the smallest producer of bioclasts, as demonstrated by the studies of Canals and Ballesteros (1997) and that, subsequently, in those cases where the seagrass has not populated the corals, the photophile algal communities and the maërl, the bioclast production will be much greater. With regards to the supposed dune reserve effect, it is true that in virgin beaches, such as El Carbo, part of the sand from the dune system has been reincorporated within the beach, though unfortunately the beach continues to recede as the quantity of sand incorporated in the dune system by aeolian deposit is greater at other points of this group of beaches. In other words, this reincorporation while produced by wave action (symptom) is not a result of the erosive process attributed to marine action (incorrect diagnosis) but, instead, down to wind action throughout the drying beach (condition). The text continues:

"If these sand surpluses do not exist due to the construction of concrete promenades... the sediment will eventually run out and the erosion by wave action will be more severe".

We shall not enter the question of undue public access or development which would go against the current Coast Act. Construction at the expense of dune systems, which has occurred in so many places (Palma beach, large sections of the bay of Alcudia, Palma Nova, Magaluf, Santa Ponsa, Paguera, Camp de Mar, etc.) has been very detrimental to the landscape. However the wind barriers, posed by the "concrete promenades" and buildings, have prevented losses by wind transport towards the dune system and, in this way, the artificially fed beaches (with the exception of those in the bay of Alcudia, and for the reasons indicated above) have been perfectly maintained. With the final statement to the effect that "erosion by wave action will be more severe" we go back to where we started and, namely, that wave action, the great destroyer of beaches, no longer has the opposition of the dune system. This could not be further from the truth.

When referring to the use of the beach, the article states: "in accordance with studies carried out by the university laboratory of Earth Sciences, on average each person going to the beach carries away in their shoes, bags and towels ... some thirty grams of sand. (...)The Es Trenc beach, the most symbolic natural beach in Majorca, with an extension of 93,000 square metres, receives an average 5,700 visitors per day. This then implies that the beach loses around 170 kilos of sand each day. Servera explained that one of the clearest examples of the loss of sediment on the Es Trenc beach may be seen in the coastguard constructions built on the

cambio, sobresalen al descubierto y casi lindando con el agua”.

Aquí tenemos una muestra de cómo la falta de cuantificación de las propias afirmaciones de J.S. le conduce a una interpretación de los hechos errónea y a un diagnóstico equivocado. Si asumimos 30 años de utilización masiva de Es Trenc (en realidad esta playa hace unos 30 años era prácticamente desconocida por el turismo) y 90 días al año de uso (lo cual es probablemente exagerado), tendríamos un total de 255 metros cúbicos de arena, los cuales, repartidos en una playa de unos 2000 metros de longitud, equivale a unos 0,125 metros cúbicos por metro lineal. Si contamos con una altura de 7 metros para el paralelogramo de avance o retroceso, se está hablando de un retroceso total (medio a lo largo de la playa) de 1,5 centímetros. Es evidente que la causa del retroceso de la playa de Es Trenc, en unos 20 metros en 65 años, no se debe a la acción antrópica. Sólo el transporte eólico hacia el sistema dunar explica tal retroceso. Si el geógrafo “especialista en geomorfología litoral” se hubiese molestado en cuantificar la acción antrópica evaluada por el laboratorio de Ciencias de la Tierra, se habría dado cuenta de que es absolutamente ridícula frente al proceso natural detectado por él mismo en Es Trenc. Frente a una extracción involuntaria de los usuarios de unos 255 metros cúbicos en toda la historia reciente, el retroceso de la playa habido en los últimos 65 años representa del orden de $2000 \cdot 20 \cdot 7 = 280000$ metros cúbicos.

Junto al texto que comentamos, aparece una fotografía que muestra el efecto de retención de un cañizo, cuyo pie dice así: *“Sistema de regeneración ‘natural’.* En Cala Agulla se lleva a cabo una experiencia de bajo impacto consistente en la instalación de unas barreras de cañizo, para evitar el desplazamiento de la arena. Fue un éxito.” Es extraño que esta experiencia no le abriese los ojos a J.S., al ver la enorme capacidad del transporte eólico hacia el sistema dunar. Por otra parte, llamar *experiencia de bajo impacto* y *sistema de regeneración natural* a lo que no es más que una vieja manera de minimizar el transporte eólico no deseado, es un eufemismo, aunque al geógrafo “especialista en geomorfología litoral” le pareciese el invento del siglo.

No quiero extenderme más. Pido excusas al lector por el tono ácido de los comentarios, pero el tema es muy grave, ya que ha conducido a la divulgación de ideas, contrapuestas a la realidad, que ponen a los grupos ecologistas y a gran parte de la opinión pública en contra de las necesarias actuaciones para el cuidado de nuestras playas Baleares. Y ello por ignorancia sobre los complejos procesos litorales. ♦

beach in the 40's. Just 65 years ago these installations were almost buried in the sand and now they are completely exposed and almost at the beach face”.

Here we have an example of how the lack of quantification in the statements made by J.S leads to a misinterpretation of the facts and an incorrect diagnosis. If we assumed that the Es Trenc beach had attracted mass tourism over the last 30 years (even though the beach was practically unknown by tourists 30 years ago), we would then obtain a total of 225 cubic metres of sand which distributed over a 2000 metre long beach, would then be equivalent to 0.125 cubic metres per lineal metre. If we consider a height of 7 metres for the advancing or receding parallelogram, we are then talking about a total erosion (measured along the beach) of 1.5 centimetres. It is evident that the reason for the receding shoreline of the Es Trenc beach, of some 20 metres in 65 years, is not down to human activity and only wind transport towards the dune system would explain any such erosion. If the geographer and “specialist in littoral geomorphology” had taken the time to quantify the human action evaluated by the Earth Science laboratory, he would have realized how totally ridiculous this was when compared to the natural process detected by himself in Es Trenc. In comparison with the involuntary removal of sand by beachgoers of some 255 cubic metres throughout its entire recent history, the receding shoreline over the last 65 years represents around $2000 \cdot 20 \cdot 7 = 280,000$ cubic metres.

In the article there is a photograph which shows the retaining effect of a fence and which bears the caption “‘Natural’ regenerating system. A low impact system installed in Cala Agulla using fences to prevent the displacement of sand. The programme was a success”. It is strange that this programme did not make J.S more aware of the enormous capacity of aeolian transport towards the dune system. Furthermore, this traditional form of restricting undesirable drift is referred to as “a low impact and natural regenerating system” which is nothing more than a euphemism, though as far as euphemisms go the term geographer “specialist in littoral geomorphology” is difficult to surpass.

I do not wish to go on. I apologise to the reader for the harsh tone of these comments, but the matter is very serious as it is one that has given rise to misleading ideas voiced by ecologist groups and others opposing the necessary action required by the beaches in the Balearics. This all on account of a lack of knowledge of the complex littoral processes. ♦

Referencias/References

- AHRENS, J.P. AND TITUS, M.F., 1985. "Wave runup formulae form smooth slopes". Journal of Watrway, port, Coastal and Ocean Engineering. Vol III n.1, jan: pp. 128-133.
- ANTIA, E.E., 1996. "Rates and Patterns of migration of shoreface-connected sandy ridges Along the southern North Sea coast". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 12(1).
- BATTJES, J.A., 1974. "Surf similarity". Proceedings 14 th Coastal Engineering Conference: pp. 466-480.
- CANALS, M., Y BALLESTEROS, E., 1997. "Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Mallorca-Menorca shelf, northwestern Mediterranean Sea". Deep-Sea Research II, Vol.44, Nº. 3-4, pp. 611-629.
- CESNUT, CH.B. and GALVIN, C.J. Jr., 1974. "Lab. Profile and reflection Changes for $H/L=0.02$ ". Proceedings 14 th Coastal Engineering: pp. 958-977.
- CLARK, J. A., FARREL, W. E., & PELTIER, W. R., 1978. "Global changes in Postglacial Sea Level: A Numerical Calculation". Quaternary Research, V. 9. pp. 265.-287.
- CUERDA-BARCELÓ, J., 1975. "Los tiempos Cuaternarios en las Baleares". Gráficas Miramar. Palma de Mallorca. 350 pp.
- DILLENBURG, S.R.; ROY, P.S.; COWELL, P.J.; and TOMARELLI, L.J., 2000. "Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface traslation-barrier model (STM)". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 12(1).
- EITNER, V., 1996. "Morphological and sedimentological development of a tidal inlet and its catchment area (Otzumer balje, southern North Sea)". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 12(1).
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1973a. "Aplicación de los principios del método de los Planos de Oleaje al estudio de los movimientos de arenas". Revista de Obras Públicas, julio: pp. 643-664.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1973b. "El rozamiento y la estabilidad de las playas". R.O.P., agosto: pp. 777-788.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1974. "Reflexión del oleaje sobre la playa". R.O.P., diciembre: pp. 869-882.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1981. "Condiciones de la estabilidad de las playas. Análisis de la función polar de los salientes". R.O.P., enero: pp. 29-48.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1982a. "Algunas consecuencias y aplicaciones del conocimiento de la función polar de los salientes". R.O.P., julio: pp. 463-478.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1982b. "Afecciones por y sobre los procesos litorales". I Curso sobre Puertos e Instalaciones Deportivas. Palma de Mallorca, octubre. (Servicio de Publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos).
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1983. "Evolución histórica de las formaciones arenosas del Maresme y deltas del Besos y del Llobregat". Estudio previo para el diseño de las playas de levante de Barcelona, INYPSA. (MOP y Ayuntamiento de Barcelona. No publicado).
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1984a. La forma de una playa cuando existe una dirección claramente predominante de los oleajes". R.O.P., enero: pp.15-24.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1984b. "Laspendientes de la playa y el tamaño de la arena". R.O.P., diciembre: pp. 943-960.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1985a. "Discusión sobre el artículo anterior". R.O.P., marzo: pp. 195-198.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1985b. "Littoral Processes on the Maresme Coast: Man's Impact or Natural effects?". Thalassas, Revista de Ciencias del Mar, Vol. 4, Nº 1, 1986, (Proceedings/Symposium on: Man's Impact on Coastal Environment, Barcelona, 1985).
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1986a. "Las pendientes de la playa y el tamaño de la arena (2)". R.O.P., agosto: pp. 601-612.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1986b. "Un model de perfil de platja". Espais nº2 (Generalitat de Catalunya): pp. 71-78.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1989a. "Perfil de la playa y tamaño de la arena (3)". R.O.P., marzo: pp. 161-175
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1989b. "Ingeniería de Costas: soluciones duras o blandas versus condiciones genéticas". R.O.P., mayo: pp. 341-357.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1990. "El perfil de la playa y sus factores de equilibrio". R.O.P., mayo: pp. 35-42.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1992. "Investigación sobre la zona de reflexión. Confirmación de una teoría". R.O.P., diciembre: pp. 21-32.
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 1993. "Análisis tridimensional de una playa". JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS (III).
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 2001. "Efectos de la transgresión Holocena en la génesis de las actuales masas sedimentarias litorales". JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS (VI).
- GARAU-SAGRISTÁ, C., 2005. Estudio de la playa de Cala Agulla, su génesis y sus actuales problemas". Demarcación de Costas en lles Balears. (No publicado).
- GOURLAY, M.R., 1980. "Beaches: Profiles, processes and permeability". Proceedings 17 th Coastal Engineering, febr.: pp. 1320-1339.
- GRAAFF, J. VAN DE, 1986. "Probabilistic design of dunes; an example from the Netherlands". Coastal Engineering, febr., pp. 479-500.
- GRANJA, H.M. and DE GROOT, T.A.M., 1996. "Sea-level rise and neotectonism in a Holocene coastal environment at Cortegaça Beach (NW Portugal): A case of study". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 12(1).
- INMAN, K., 1983. "Application of coastal Dynamics to the Reconstruction of Paleocoastlines in the vicinity of La Jolla, California". Quaternary Coastlines and Marine Archaeology. Academic Press, pp. 1-49
- IRIBARREN, R., 1954. "Obras marítimas. Oleajes y diques". Dossat, S.A.
- JONSON, D.L., 1983. "The California Continental Borderland: Landbridges, watergaps and biotic dispersals". Quaternary Coastlines and Marine Archaeology. Academic Press: pp. 481-527.
- KHUN, T. S., 1962. "The Structure of Scientific Revolutions". (Trad. de A. Cotín, México, FCE-Breviarios, 1992).
- KRIEBEL, D.L. and DEAN, R.G., 1984. "Beach and dune response to severe storms" Proceedings 19 th Coastal Engineering, Houston
- KRIEBEL, D.L. and DEAN, R.G., 1985. "Numerical simulation of time-dependent beach and dune erosion". Coastal Engineering, sep.: pp. 221-245.
- MÖRNER, N., 1971. "Eustatic changes during the last 20000 years and a metod of separating the isostatic and eustatic factors in an uplifted area". Palaeogeografy. Palaeoclimatology. Palaeoecology, pp. 153-481.
- PSUTY, N.P. and MOREIRA, M.E.S.A., 2000. "Holocene sedimentation and sea level rise in the Sado Estuary, Portugal". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 16(1).
- RASCH, M., 2000. Holocene sea level changes in Disko Bugt, West Greenland". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 16(2)
- ROY, P. S. & STEEPLE'S, A. W., 1980. "Geological controls on processes-response, S. E. Australia". Proceedings 19th. Coastal Engineering Conference, pp. 913-933.
- SCHWAB, W.C.; THIELER, E.R.; ALLEN, J.R.; FOSTER, D.S., SWIFT, B.A.; and DENNY, J.F., 2000. "Influence of inner-continental shelf geologic framework in the evolution and behavior of the barrier-island system between Fire Island Inlet and Shinnecock Inlet, Lon Island, New York". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 16(1).
- SCHWAB, W.C.; RODRIGUEZ, R.W.; DANFORTH, W.W.; and GWEN, M.H., 1996. "Sediment distribution on a storm-dominated insular shelf: Luguillo, Puerto Rico, U.S.A." JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 12(1).
- SCRUTTON, C. T., 1978. "Periodic Growth Features in Fossil Organisms and the Length of Day and Month". Tidal Friction and the Earth's Rotation I. Ed. by Brosche/Sündermann. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1978, p. 154-196.
- SIMPSON, G. G., 1983. "Fósiles e historia de la vida". Editorial Labor, 240 pp.
- SULIVANOV, A.O., 1996. "Morphological changes on Russian Coasts under Rapid sea-level changes: Examples from Holocene History and implications for the future". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 12(1).
- SUNAMURA, T. and OKAZAKI, S., 1996. "Breaker types and wave reflection coefficient: laboratory relationships". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 12(1).
- SWART, D.H., 1974. "A schematisation of onshore-offshore transport". Proceedings 14 th Coastal Engineering: pp. 884-900.
- THIELER, E.R.; PILKEY, O.H. JR; YOUNG, R.S.; BUSCH, D.M.; and CHAI, F., 2000. "The use of mathematical models to predict beach behavior for U.S. Coastal Engineering: A critical review". JOURNAL OF COASTAL RESEARCH, 16(1).
- TOOLEY, M. J., 1978. "Sea-Level changes in north-west England during the FLANDRIAN STAGE". Oxford Research Studies in Geog. Clarendon Press, Oxford, 232 pp.
- U.S. Army, C.E.R.C. 1973-1977-1984. "SHORE PROTECTION MANUAL".
- VELLINGA, P., 1984. "A tentative description of universal erosion profile for sandy beaches and rock beaches. Coastal Engineering, 8: pp. 177-188.

Creación del Consejo Mundial de Ingenieros Civiles (WCCE)

Los ingenieros civiles representan más del 50% de la profesión de ingeniería en el ámbito mundial y han unido esfuerzos para forjar una nueva alianza, el Consejo Mundial de Ingenieros Civiles o World Council of Civil Engineers (WCCE por sus siglas en inglés). La Asamblea Constituyente se llevó a cabo en la Ciudad de Méjico el 15 de julio de 2006 y en ella se reunieron ingenieros civiles de numerosos países, quienes firmaron el Acta de fundación y expresaron su compromiso con las metas y objetivos de la organización.

Entre las citadas metas y objetivos de dicho Consejo Mundial se destacan:

1. Promover el intercambio de tecnología de forma gratuita y libre
2. Aplicar los conocimientos y destrezas de la ingeniería civil en los esfuerzos de combatir y reducir la pobreza en armonía con las Metas de Desarrollo del Milenio esbozadas por Naciones Unidas.
3. Promover la profesión de ingeniería y la ética

José Medem Sanjuan, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos quien está al frente

de diversas organizaciones tales como la Federación Mundial de Organizaciones de Ingeniería (FMOI), fue elegido presidente por unanimidad.

José Medem expresó: al firmar este estatuto se ratifica nuestra convicción de que los ingenieros civiles en todo el mundo pueden fácilmente trabajar juntos ya que las técnicas y enfoques que utilizamos son casi idénticos y las diferencias estriban en el ambiente físico, social, económico, medioambiental y político en las distintas partes del mundo.

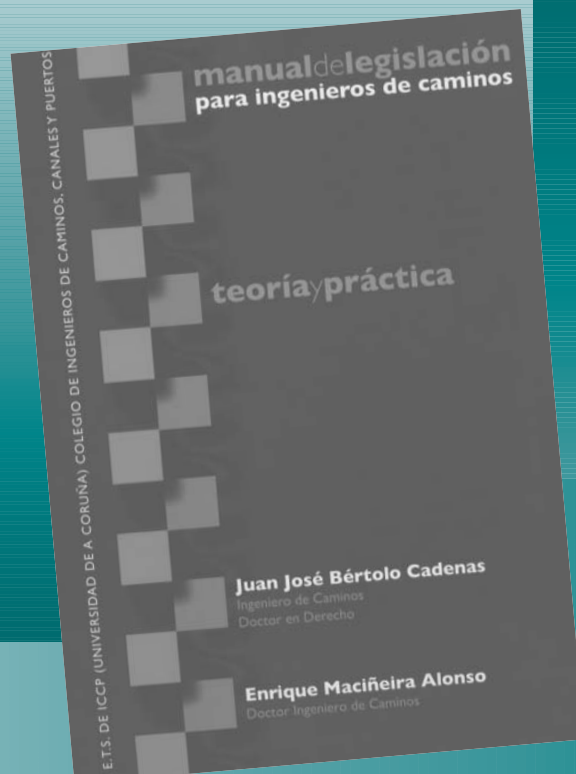
El WCCE contempla diversos tipos de miembros: organismos nacionales y regionales de Ingeniería Civil así como otros sectoriales y no-gubernamentales que promueven la profesión, instituciones académicas, empresas relacionadas con la ingeniería civil, y por primera vez, miembros profesionales individuales. El WCCE es líder en el ámbito de organismos de ingeniería mundial con la categoría de miembros individuales al permitir estimular y hacerla muy accesible a los ingenieros civiles que practican la profesión.

Los miembros nacionales y fundadores del WCCE incluyen organismos de ingeniería de Alemania, Chipre, Costa Rica, Cuba, Es-

paña, Grecia, Méjico, Puerto Rico, Portugal, Turquía, Tanzania y Zimbabwe. El Consejo Europeo de Ingenieros Civiles (ECCE) es miembro fundador en la categoría internacional. El Foro de Ingenieros de Africa (AEF) y la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid se unen como grupos no-gubernamentales e instituciones académicas respectivamente. Finalmente en la propia Asamblea, un grupo de ingenieros civiles se unió como miembros profesionales individuales.

Una vez aprobados los estatutos del WCCE, se establecieron dos comités permanentes de trabajo. El Comité de Construcción establecido en Puerto Rico y el Comité Permanente de Educación, Preparación y Capacitación en Zimbabwe.

Europa está representada en el Comité Ejecutivo del WCCE por el presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Edelmiro Rúa Álvarez. Asimismo, el Secretariado está ubicado en el domicilio de la sede nacional del mismo Colegio en Madrid donde reside también la Dirección Ejecutiva de nuevo Consejo a cuyo frente figura Jette Bohsen. ◆



A LA VENTA EN LA LIBRERÍA
DEL COLEGIO DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Tel.: 91.308.19.88 (Ext. 272-298).
Fax: 91.319.95.56.
libreria@ciccp.es

DISPONIBLES EN PRÉSTAMO
EN LA BIBLIOTECA DEL COLEGIO
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS
Tel.: 91.308.34.09 (Ext. 271-242).
Fax: 91.319.95.56.
biblioteca@ciccp.es

Necrológica José María Pérez

Nota de la Redacción en 2006

La nota necrológica que la *Revista* recogía en su número de septiembre de 1856 se refiere a un ingeniero, José María Pérez que debió ser un buen profesional, desarrollando una función eficaz y participando en obras importantes en diversas provincias españolas. Pero lo que llama la atención, y de ahí nuestro interés en reproducir dicha nota, es el tono en que está escrita, haciendo una sinopsis extraordinaria de las vicisitudes que hubieron de abordar quienes en aquellas épocas ejercieron nuestra profesión, escrito todo ello con un estilo atractivo del que son piezas notables los dos últimos párrafos, vivo ejemplo de humanidad y de afecto al amigo desaparecido.

Estos criterios son los que nos han llevado a reproducir esta necrológica, lamentando no poder conocer el nombre de su autor.

El día 16 de este mes falleció en esta Corte el Sr. D. José María Pérez, Inspector de distrito del cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, después de una larga y penosa enfermedad.

Nació en la Coruña en 1802 y desde sus primeros años se dedicó con aplicación al estudio de las ciencias exactas en el real colegio de San Isidro hasta el año de 1820.

Instalada entonces la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos y Canales se presentó a examen e ingresó en ella en clase de alumno en 19 de junio de 1821, y siguió ganando los cursos correspondientes hasta la extinción de la escuela debida a la violenta reacción de 1823.

En ese año, y siguiendo Pérez el ejemplo de toda la juventud ilustrada, corrió los peligros que exigía entonces el sostenimiento de las primeras ideas de libertad, que defendió hasta sus últimos momentos en el Rocadero y la Isla de León.

Siguió una época de infausto recuerdo para el desarrollo de las ciencias y de las obras públicas completamente paralizada en todo el reino, hasta que las crecientes necesidades de la Corte hicieron necesario el estudio de la conducción de aguas, que fue confiado al antiguo Inspector general de Ingenieros de caminos D. Francisco Javier Barra en 1827. El estudioso Pérez fue elegido para ejecutar a sus ordenes las operaciones de ese estudio, y apenas concluido se aplicó por primera vez en España el sistema de los puentes colgantes, dirigiendo el de Arranques el Sr. D. Pedro Miranda, a cuyas órdenes estaba también Pérez, completando su educación práctica estableciendo en el mismo real sitio la primera sierra mecánica que tanto desarrollo dio a ese género de industria.

No existía entonces propiamente el cuerpo de Ingenieros de caminos, ni para ingresar en clase de ayudantes había escuela especial ni reglas fijas. Pérez, que había sido alumno de la primitiva desde 1821 hasta 1823, y que desde entonces no se había separado de las obras, fue admitido como apañador de la carretera de Cabrillas a las órdenes del inge-

niero D. Ramón del Pino, director entonces de ella, hasta que en consideración a sus estudios, a sus antecedentes y a su práctica fue admitido a examen en 1836 y declarado ayudante 2º. del cuerpo.

Entonces fue destinado ya como ingeniero a la provincia de Vigo, en la que desempeñó comisiones difíciles y honrosas, siendo entre ellas notable el proyecto de la nueva población de Vigo.

Trasladado después a la de Zamora, estudió los proyectos de las carreteras de Benavente y de Requejo e hizo un mapa muy exacto de aquella provincia, que ofreció a su diputación provincial y que es consultado con frecuencia; y sobre todo señaló su mando con la notable obra del puente de Ricobayo, sobre el Esla.

Trasladado luego a Valladolid y poco después a Vigo, ascendió a jefe del distrito de Orense cuyo mando conservó hasta noviembre de 1853, en que fue trasladado con igual carácter al de Valladolid.

Sus servicios y la vida activa empezaron entonces a quebrantar su salud y bien pronto su traslación de jefe del distrito de Burgos le hizo contraer la gran enfermedad que durante ocho meses le ha tenido al borde del sepulcro, al que ha bajado teniendo ya el empleo de inspector de distrito, pero sin haber podido desempeñar un solo día sus funciones.

Desde el año 1821 que entró en la escuela especial de Ingenieros de caminos hasta el momento de su muerte, es decir en el espacio de 35 años, la vida de ese laborioso ingeniero ha estado consagrada constantemente al estudio y a la aplicación de las ciencias. Como particular no cabe un amigo más leal, una persona más modesta, y un padre más amante de su familia. Al término de su carrera, a los 35 años de servicio, y llegado al último punto del cuerpo de Ingenieros, la herencia que ha dejado a sus hijos es un nombre puro, y una honrosa pobreza.

A quien así ha sabido llenar sus deberes de funcionario público, de padre de familia, y de buen amigo, no puede menos de serle la tierra leve. ◆

◆ La ROP hace... 100 años ◆

Año LIV • N° 1.618. Septiembre de 1906

La Helada y el Hormigón Armado

El *Engineering New* publicó no ha mucho, los diferentes medios empleados para combatir los efectos de la helada, durante la construcción de los edificios con hormigón armada de la Foster-Armstrong-Piano C.º, en Rochester (New York).

Estos medios que, aparte de la adición de una cierta cantidad de sal en el agua empleada, necesitan la calefacción de los elementos del hormigón y aún el mantenimiento, durante el fraguado, de una envolvente de aire caliente entre las mamposterías y un encofrado especial, parecen bastante complicadas. Esto es lo que manifiesta la *Revue du Genie* (Marzo 1906) la que hace notar que son suficientes, al menos en climas más templados que el del Estado de New York, procedimientos más sencillos. En Francia se limitan, generalmente, a proteger las construcciones de hormigón armado, rodeándolas, hasta el fraguado completo, con esteras o telas que las ponen al abrigo del contacto exterior y de la radiación.

Es interesante a este propósito, recordar los resultados de las experiencias ejecutadas por el *Genio Militar* sobre macizos espesos de hormigón de cemento en Lille, en 1891, y en Joul en 1905. Se ha confirmado que durante el fenómeno del fraguado la combinación de los elementos del hormigón de cemento desarrolla una elevación de temperatura bastante grande y que aumentando gradualmente durante tres o cuatro días, llega a rebasar de 20° la temperatura de los materiales combinados, y decrece lentamente durante el período de un mes. Esta particularidad permite continuar las operaciones de la fabricación del hormigón aun cuando la temperatura exterior descienda a 5 o 6 grados bajo cero, con tal que se tomen ciertas precauciones en la confección.

Los efectos de este desprendimiento de calor son evidentemente mucho menos aparentes en los macizos de poco espesor,

como ocurre en las construcciones de hormigón armado –como lo han igualmente demostrado las experiencias de Lille–, lo que justifica el uso de precauciones especiales.

En particular, no se recomendará nunca demasiado la conveniencia de la continuidad en la fabricación del hormigón, pues este material, armado o no, no presenta todas sus ventajas sino cuando constituye un verdadero monolito, sin solución de continuidad; lo necesario entonces es que no transcurra, entre la fabricación de dos capas sucesivas, un tiempo superior a la duración del fraguado del cemento, o sea de tres a cuatro horas. Esta prescripción obliga implica la obligación de no interrumpir el trabajo durante la noche, lo que será sin duda difícil de conseguir en la mayoría de los trabajos.

La Colocación minuciosa de las armaduras en el hormigón armado lleva consigo interrupciones bastante largas, contra las cuales no se pueden tomar más que paliativos: 1º, lavando con gran cantidad de agua y barriendo con escobas metálicas las superficies de enlace y cubriéndolas de un enlucido de cemento suficientemente mojado; 2º, terminando partes enteras de obra, de modo que se limiten las superficies de empalme a los puntos los menos desfavorables.

Es bueno, por otra parte, no contar jamás con la resistencia del hormigón al arranque.

Por lo que se refiera más esencialmente a los efectos de la helada, éstos tienen por resultado la suspensión del fenómeno del fraguado; pero este fenómeno vuelve a su marcha cuando la temperatura vuelve a elevarse. Conviene entonces resaltar la duración de la helada del tiempo previsto para el fraguado y no hacer ensayos en los suelos, por ejemplo, hasta después del lapso de tiempo así calculado. ◆

◆ La ROP hace... 50 años ◆

Año CIV • N° 2.897. Septiembre de 1956

Sobre la Formación de los Ingenieros en España

por José Soto Burgos,
Profesor de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Ofrece el autor una solución al problema actualmente en discusión de la formación de los Ingenieros en España. La solución del Sr. Soto Burgos tiene, a su juicio, la ventaja de acortar el período de estudio de los futuros ingenieros, a la vez que la de permitir a éstos adquirir en cualquier momento de su vida especialidades que les puedan interesar, e incluso en todo momento convertirse en doctores de determinadas especialidades, si así lo desean.

Es tema de gran actualidad hoy día de la formación de ingenieros. Se presenta este problema con carácter de urgencia en todos los países del mundo de gran desarrollo científico e industrial. En España también se hace sentir la necesidad de más ingenieros, al irse creando centros de investigación y Empresas industriales que dan lugar a una elevación del nivel de vida de los españoles, lo que lleva consigo, a su vez, un notable aumento del consumo, y por lo tanto, una demanda de mayor

◆ La ROP hace... 50 años ◆

producción. Vamos a tratar en este artículo de cómo podemos formar los ingenieros que necesita España.

La formación profesional de una persona culta empieza verdaderamente en la enseñanza primaria y adquiere mayor importancia aún en la secundaria. Durante este tiempo hay que cuidar tanto de la formación del individuo, en sus aspectos moral y de aptitud psicológica para la vida, como de proporcionarle la cultura indispensable. Entre los cinco y los quince años tiene lugar el verdadero desarrollo de la inteligencia y de la personalidad; en esta época hay que procurar que el alumno se someta como complemento de sus estudios a una intensa gimnasia formativa de su modo de pensar, como se hace ya en algunos países con la inclusión, por ejemplo, de concursos entre los estudiantes de la misma edad, de determinados juegos que contribuyen en alto grado a desarrollar la capacidad analizadora del individuo y a frenar sus impulsos y sus corazonadas. Por ser puntuales para la calificación final de los estudios, se presta gran atención por todo el alumnado a los resultados de estos concursos. Por otra parte, las estadísticas demuestran que tanto la delincuencia como el revolucionarismo irresponsable se nutren casi exclusivamente de jóvenes de edad comprendida entre los quince y los veinticinco años. El Estado debe, por lo tanto, procurar, por todos los medios a su alcance, que todos estos jóvenes tengan poco tiempo para la holganza, verdadera incubadora de los malos instintos, obligándoles a dedicar el tiempo que les deje libre sus estudios o trabajos al aprendizaje, en plan recreativo, de algún oficio o de algún arte, a la adquisición de alguna cultura científica, a la colaboración activa en deportes, especialmente en los que mejor desarrollen el espíritu de equipo, o a cualquier ocupación simpática, física o intelectual, que les sirva de distracción en las horas de ocio; en definitiva, a cualquier actividad que logre dar al individuo ocupación agradable, pero obligada e intensa. La orientación de estos estudios primarios y secundarios es tema interesantísimo que requiere mucha meditación, pero que no se va a trata aquí.

Daremos por hecho el que los españoles terminen actualmente su enseñanza secundaria hacia los diecisiete años de edad: En este momento, y si sus aficiones les empujan hacia el estudio de las aplicaciones técnicas, se les obliga a tomar una decisión tan difícil como es la de seleccionar la especialidad de la Ingeniería a la que hayan de dedicar el trabajo de toda su vida. El estudio de una carrera de ingeniero o de arquitecto supone, normalmente, ocho o diez años entre preparación y carrera propiamente dicha, por lo que es corriente que un español logre su título de ingeniero después de veintiséis o veintisiete años aún habiendo sido un alumno brillante. Al que la experiencia nos demuestra constantemente que un ingeniero joven, sea cual sea su especialidad, se adapta rápidamente, generalmente en un año, a una especialidad distinta de la que él había elegido para su formación. Pasado este corto período de aprendizaje, suele ser tan brillante como los de la propia especialidad al trabajar durante los años siguientes, y ya con suficiente conocimiento de materia, en esta

nueva técnica distinta de la de su título académico. Se debe esto a que tanto los arquitectos como los ingenieros tienen una formación básica común, que les permite estudiar nuevas especialidades con relativa facilidad. Esta formación común resulta ser la asimilación de los conocimientos físico-matemáticos que normalmente se suelen adquirir durante los años de preparación para el ingreso en las Escuelas Especiales y en los primeros tiempos de estudio de la carrera. Mucha gente cree que los temas matemáticos que suelen servir de base actualmente a los exámenes de ingreso en las Escuelas Especiales y en los primeros tiempos de estudio de la carrera. Mucha gente cree que los temas matemáticos que suelen servir de base actualmente a los exámenes de ingreso en las Escuelas Especiales, son únicamente necesarios para la selección de los futuros técnicos. Quienes así opinan olvidan que si bien la Matemática es un magnífico elemento de selección, aunque no el único para recoger las inteligencias brillantes, su conocimiento y su fácil manejo son indispensables para poder realizar los subsiguientes estudios físico-matemático, base de cualquier carrera técnica, que deben comprender el esqueleto de la Mecánica de Fluidos, de los Fundamentos físicos de la Electricidad, de la Termotecnia, etcétera. Si estos estudios comunes a las distintas carreras se realizaran en escuelas de Física Matemática, oficiales o particulares, sin examen de ingreso, pero con la debida sistematización y con un control oficial para lograr que sea de garantía, e incluso con la ayuda del Estado, facilitando medios económicos a todos los suficientemente datados pero económicamente débiles, habríamos conseguido tener una juventud que a los veintiuno o veintidós años estaría suficientemente capacitada para especializarse, si los desea, pudiendo entonces, con mejor conocimiento de las distintas profesiones, elegir la especialidad que más le interese y que podría adquirir normalmente en uno o en dos años, en una Escuela Especial.

Los estudios básicos a que nos hemos referido, necesarios para adquirir a los veintiuno o veintidós años el título de Licenciado de tal o cual Escuela de Física Matemática, deben complementarse con el de idiomas, por lo menos el inglés, que debe poderse leer fácilmente, ya que esto es una ayuda valiosísima para mantener los conocimientos técnicos al día estudiando los últimos adelantos, y a su vez para poder adquirir en cualquier momento de la vida una especialización con la que aumentar su capacidad de trabajo como ingeniero.

Para el estudiante, este sistema le ofrece la ventaja de hacer desaparecer el fantasma del examen de ingreso, de retrasar el momento de elegir especialidad y de acortar la duración total de los estudios. Para los ingenieros tiene la ventaja de poder adquirir en cualquier momento de su vida y con un esfuerzo relativamente pequeño otra especialidad cualquiera que les pueda interesar; hemos suprimido en su favor las limitaciones actuales y hemos abierto para él amplios horizontes, como es nuestro deber. Desde el punto de vista del Estado, éste puede disponer en tan sólo uno o dos años de grandes masas de ingenieros con las especializaciones que más le interesen para cu-

◆ La ROP hace... 50 años ◆

brir los puestos de especialistas en nuevas técnicas, o para aumentar los de una técnica los de una técnica determinada, cuando por cualquier razón fueran necesarios el país (militares, siderúrgicos, mecánicos, hidráulicos, constructores, nucleares, etc.) Este sistema tiene, además, la ventaja de poder incorporar a la vida nacional a elementos más jóvenes, entre los veintidós y los veinticuatro años y por lo tanto, con mayor capacidad de adaptación a las necesidades del momento, siempre distintas a lo largo del tiempo.

Pero todavía tiene otra ventaja este método. Para el mejor y más rápido desarrollo de la Ciencia y de la Técnica, es necesario disponer de algunos ingenieros con conocimientos físico-matemáticos todavía más profundos. Su formación, aunque accesible siempre a todos los licenciados e ingenieros, no se debe lograr normalmente por quien tiene vocación desde joven, mediante un doctorado que realice después de la terminación de unos estudios de especialización (que pueden incluso no ser necesarios), y por lo tanto, después de un período de olvido de los fundamentos físico-matemáticos, y tras una pérdida de entrenamiento en la técnica de su aplicación. Esta formación superior debe adquirirse en Escuelas Superiores, donde el reducido número de alumnos permita la enseñanza en plan de seminario. Se iniciará este doctorado al conseguirse el título de -Licenciado en Física-Matemática, lográndose,

así un interrumpido desarrollo de los estudios físico-matemáticos, que van alcanzando poco a poco el elevado nivel que permite dominar campos totalmente diferentes de los normales de trabajo en la práctica de la profesión de ingenieros.

Este procedimiento consiente también seleccionar estos futuros doctores entre los que han demostrado mayor capacidad a la terminación de su carrera de Física-Matemática; por lo tanto, la selección se hace con mucho mayor conocimiento de causa que cuando se realiza en un examen de ingreso, como se hace actualmente en las Escuelas Especiales, en un momento en el que la formación del individuo no ha llegado todavía a un nivel próximo a la madurez.

Actualmente las carreras de ingeniero suelen abarcar muchas especialidades, lo que alarga los estudios innecesariamente cuando el individuo no pretende ejercer su profesión más que dentro de un ámbito relativamente reducido. El sistema que proponemos, permite, generalmente, adquirir en un año o en dos una determinada especialidad, suficiente, en la mayoría de los casos, para el ejercicio profesional. Tan sólo el que desee ejercer determinado puesto que requiera más amplios conocimientos deberá adquirir dos o más especialidades, no retrasando de este modo la incorporación a la vida nacional del 90 por 100 de los futuros ingenieros, con estudios que no les son indispensables. ◆



A. BIANCHINI, Ingeniero, S.A.

Nuevo revestimiento GALFAN®

**gaviones metálicos
gaviones recubrimiento
enrejados triple torsión
alambres y fibras**



Comercial: Gran Vial, 8 · Tel. 93568 65 15 · Fax 93 568 65 11 · 08170 · Montornès del Vallès
Diputació, 279, 1.ª, 3.ª · Tel. 93 496 13 00 · Fax 93 496 13 01 · 08007 Barcelona
E-mail: bianchini@abianchini.es - comercial@abianchini.es www.abianchini.es

Teatro del Canal

Centro de las Artes Escénicas de la Comunidad de Madrid

Teatro del Canal. Madrid Centre for the Performing Arts

Alfredo Hernández Ayuso. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Dragados. teatrodelcanal@yahoo.es

Álvaro Serrano Corral. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

MC2 Estudio de Ingeniería. mc2@mc2.es

Antonio Tabera Atienza. Arquitecto

atabera@dragados.es

Resumen: Madrid hasta la actualidad, no contaba con ningún espacio moderno y funcional para acoger la actividad teatral propia de su posición, teniendo que acudir en la mayoría de las ocasiones a teatros de origen decimonónico, que por sus raíces, poseen una gran belleza artística, pero que no cuentan con la comodidad, funcionalidad, visibilidad, acústica, ni situación adecuada para las más exigentes producciones teatrales actuales y futuras.

Para solucionar esta carencia y buscando un espacio cómodo, moderno y funcional, en junio del año 2000 la Comunidad de Madrid, con el patrocinio del Canal de Isabel II, convocó un concurso restringido para el proyecto del Centro de Artes Escénicas de la Comunidad, Teatro del Canal, del que resultó ganadora, por unanimidad, la propuesta del arquitecto Juan Navarro Baldeweg. Esta estructura se compone de tres edificios: dos teatros y un centro coreográfico con estructuras de hormigón armado y pretensado, metálicas y mixtas.

En el año 2002, las obras fueron adjudicadas a la UTE formada por las empresas Dragados (entonces ACS) y OHL.

Palabras Clave: Teatro, Hormigón pretensado, Pantallas, Estructura colgada, Postproceso

Abstract: Madrid has for many years lacked a modern and functional centre for the performing arts worthy of the name and in the majority of occasions the city has had to resort to nineteenth century theatres of great architectural merit but offering little in the way of comfort, functionality, visibility and acoustics or even location for the more demanding theatre productions of the present and future.

In order to overcome this shortfall and obtain a comfortable, modern and functional centre, the Comunidad de Madrid (Madrid Regional Council), put out to restricted tender in June 2000 a project for the Teatro de Canal (Canal Theatre) Centre for the Performing Arts. The successful tender by unanimous vote was the project presented by the architect Juan Navarro Baldeweg. This structure is composed of three areas: two theatres and a coreographic centre with reinforced concrete, prestressed concrete, steel and composite structures.

Keywords: Theatre, Prestressed concrete, Shear walls, Suspended structure, Postprocessing

1. Descripción general

Situado en un solar de 8.750 m², el edificio se compone de tres piezas bien diferenciadas funcionalmente por el objeto de su uso, y arquitectónicamente por los volúmenes que generan y los espacios intermedios que determinan. La superficie construida es de 35.200 m² de los que 29.400 m² son útiles.

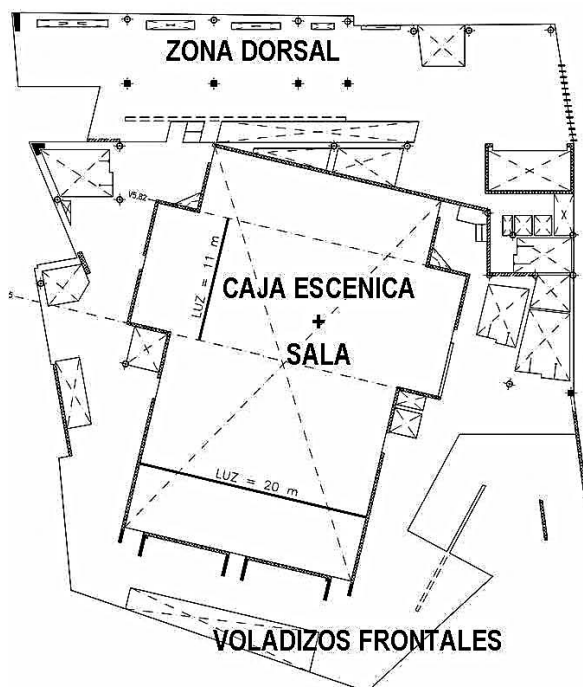
El Teatro Principal constituye la pieza central del edificio. Consiste en una sala para 928 espectadores situados

en dos niveles, con un escenario de 40 m de ancho y 20 m de fondo de escena. El foso de orquesta, usualmente cerrado, dispone de una plataforma móvil que permite, en caso necesario, emplear a una orquesta de hasta 83 músicos. Sobre esta sala principal, el teatro cuenta con una amplia zona de ensayos de 28 x 25 m² completamente diáfana.

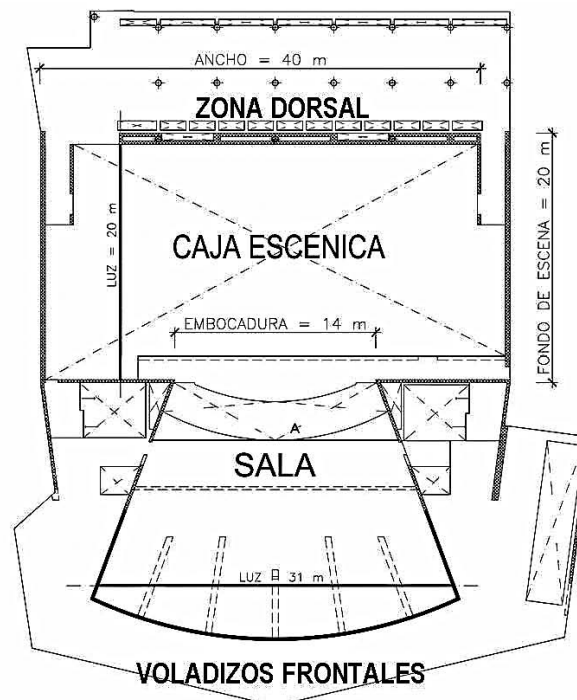
Complementariamente, se ha construido una segunda sala de carácter polivalente, libremente configurable en función del espectáculo que se represente en cada

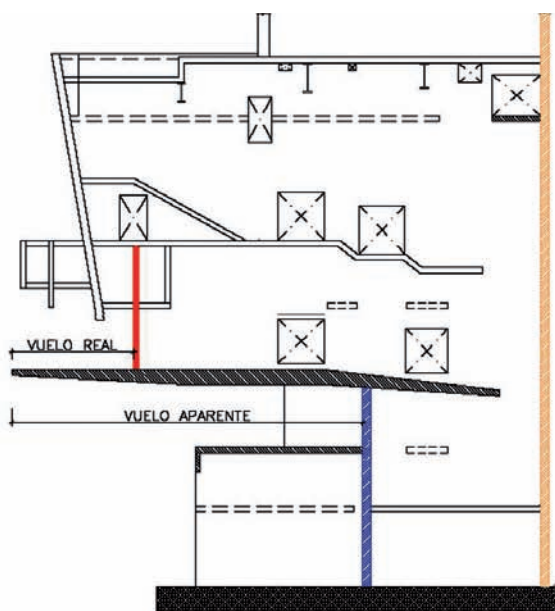


Fig. 1. Imagen de los edificios: Teatro Configurable, Teatro Principal y Centro Coreográfico (de izquierda a derecha).



Figs. 2. Plantas esquemáticas de los Teatros Configurable (izqda) y Principal (dcha).





momento. Dispone de techo y suelo técnicos, que permiten situar el escenario en el centro de la sala o en posición frontal y distribuir a los espectadores en la forma que más convenga al espectáculo mediante el uso de gradas telescópicas. Su aforo puede variar entre 450 y 694 personas.

La tercera componente del edificio consiste en un Centro Coreográfico, dedicado al desarrollo y promoción de la danza como expresión artística, con salas de baile, aulas, estudios, camerinos, salas de entrenamiento, una unidad de documentación y una oficina para la promoción y difusión de la danza.

Estas tres zonas están unidas en su parte dorsal por una zona común de servicios, que permite la utilización de las salas de forma individual o conjunta.

Exteriormente el edificio está rodeado por una piel de cristal colgada de las zonas superiores de la construcción. Igualmente, la zona dorsal de servicios cuenta con un lucernario que proporciona luz natural a dicha zona y da una mayor dignidad a estos espacios interiores alejados del público.

2. Tipología y descripción estructural

Por su tipología estructural se puede separar la parte correspondiente a los teatros y la correspondiente al Centro Coreográfico.

Ambos teatros se han diseñado con una solución estructural común consistente en grandes pantallas y losas macizas de hormigón armado en general, y pretensado en los grandes voladizos del frente del edificio. La estructura se completa con pilares de hormigón armado (en las



Fig. 3. Esquema e imagen de la estructura colgada del Teatro Principal.

plantas inferiores), metálicos (en las superiores), y vigas, celosías y entramados mixtos autoportantes que permiten cubrir los grandes espacios de las cajas escénicas y las salas sin necesidad de apeos durante su construcción, que se realizan a gran altura; así mismo de ellos cuelga toda la maquinaria escénica de los teatros.

Los edificios, a nivel de calle pretenden ser una prolongación del espacio público exterior, por lo que, a la transparencia de su piel de cristal, se une la necesidad de una completa ausencia de soportes en la zona frontal de ese nivel (cotas -1.00 y +1.00), estando la entrada a las salas unos 6 metros por encima de la calle (cota +6.00), facilitándose el acceso mediante escaleras mecánicas.

2.1. Teatro Principal

En el teatro principal, lo anterior implica que el conjunto de pantallas verticales de hormigón que salen de las que forman la caja escénica tienen menor longitud en el nivel inferior que en los superiores, dando una configuración general en forma de "pescante" o "en bandera", y esto lleva a que, estructuralmente, tanto el patio de butacas, el anfiteatro y las zonas exteriores de entrada a la sala surgen hacia fuera como grandes voladizos y están colgadas de la parte trasera de las pantallas, que a su vez, están unidas y estabilizadas por las pantallas que sirven de cierre a la caja escénica.

La entrada a la sala consiste en una gran losa pretendida con 18.20 m en voladizo aparente, observable desde la planta inferior, lo que unido su acabado previsto, con zonas en hormigón visto, da a esta estancia una espectacularidad singular. Sin embargo, dado que esta lo-



Fig. 4. Vista inferior de la gran losa volada del Teatro Principal.

sa está colgada de la estructura superior del teatro, el voladizo de la losa del forjado es de únicamente 6.00 m.

La grada superior en anfiteatro se resuelve estructuralmente como una gran viga de sección cajón, en la que el ala superior, que corresponde a la zona donde se sitúa el público, se inclina hasta converger con el ala inferior horizontal, que es el techo de la zona trasera del patio de butacas, permitiendo dejar libre toda la zona inferior, salvando una luz de 34 m y apoyándose en las pantallas laterales, de las que cuelga la losa mencionada anteriormente.

Las pantallas principales están pretensadas puntualmente, debido a las fuertes tracciones que provocan las zonas colgadas frontales.

Sobre la zona de público del teatro principal, se sitúa una sala de ensayos que está soportada por vigas armadas mixtas, a construir a gran altura sin apeos, de luz variable hasta un máximo de 31 m, y de las que cuelgan las pasarelas de acceso a las instalaciones situadas en el techo de la sala.

En la parte superior del edificio, recorriendo todo su perímetro, se dispone una viga balcón de hormi-

gón o metálica, según las zonas, que sirve de cierre formal del frente del edificio, y de la que cuelga la fachada de cristal apoyada en grandes perfiles metálicos. Esta fachada de cristal en algunos casos se separa del cuerpo del edificio, y cuelga desde una serie de costillas metálicas en voladizo de hasta 5 m, que surgen de la viga perimetral nombrada anteriormente.

Finalmente, el edificio se cubre mediante un sistema de vigas mixtas con losa maciza superior en la zona de la sala de ensayos, y una celosía mixta en la zona de la caja escénica, que además soporta el peine escénico y toda su maquinaria. Ambas son autoportantes y se construyen sin necesidad de apeos.

2.2. Teatro Configurable

El Teatro Configurable comparte tipología y concepto estructural con el Principal, pero se diferencia del anterior en que el público se sitúa dentro del recinto correspondiente a la caja escénica, que tiene forma de cruz latina. Esto no evita que una parte de



Fig. 5. Vista inferior del sistema estructural que conforma el anfiteatro.



Fig. 6. Celosías mixtas de cubierta. Anclajes de pretensado de pantallas.

esta caja cuelgue “en bandera” de la parte dorsal de la misma, dejando libre el espacio inferior, como en el Teatro Principal.

Otra peculiaridad del Teatro Configurable son los importantes voladizos de complicada geometría, que salen de la caja escénica, alcanzando en algún caso hasta 15 m. Estos voladizos se han resuelto mediante losas macizas pretensadas de canto variable. La configuración geométrica de estos voladizos con un trabajo de flexión marcadamente bidireccional, pero en el que no predomina ninguna dirección principal de forma constante en toda la losa, impide que se puedan realizar aligeramientos eficaces para todas las hipótesis de carga, que hubieran resultado muy beneficiosos por la reducción de peso que implican.

Los cierres superiores de la caja escénica se realizan, al igual que en el Teatro Principal, con vigas y entramados de tipo mixto, que soportan la cubierta y una zona de instalaciones. De la misma manera las vigas balcón que soportaban la fachada de cristal en el teatro principal, se continúan en esta parte del edificio.

2.3. Centro Coreográfico y Zona Dorsal

El Centro Coreográfico tiene unas necesidades funcionales muy diferentes a las de los teatros, lo que se refleja en su tipología estructural, que en este caso es de soportes, pórticos y losas, de hormigón en las plantas inferiores, bajo rasante; y metálicos o mixtos en las plantas superiores. Aparentemente es de tipología más convencional, pero igualmente complicada por las características geométricas de esta parte del edificio, con numerosos cambios de nivel, dobles alturas, diferentes espesores de pavimentos y la gran cantidad de instalaciones que soporta. Las acciones horizontales se recogen mediante pantallas y núcleos de ascensores, considerando los forjados como diafragmas rígidos.

Destacan en el edificio las aulas y salas dedicadas a la danza que se caracterizan por ser espacios de doble altura y gran amplitud, sin soportes intermedios.

Otro punto a destacar es la gran rampa de carácter escultórico que surge doblemente en voladizo hacia la plaza creada entre el Centro Coreográfico y el Teatro Principal. Doblemente en voladizo, porque se sostiene en

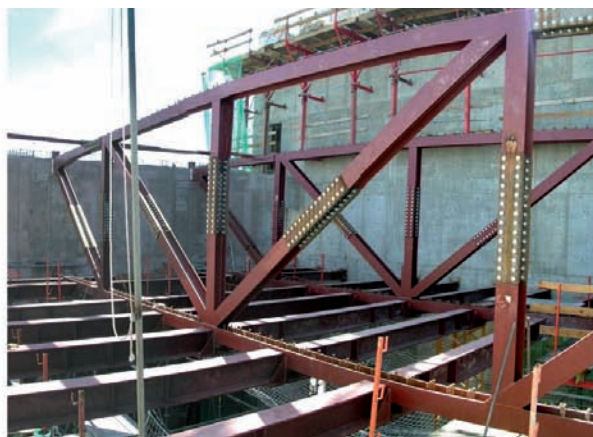
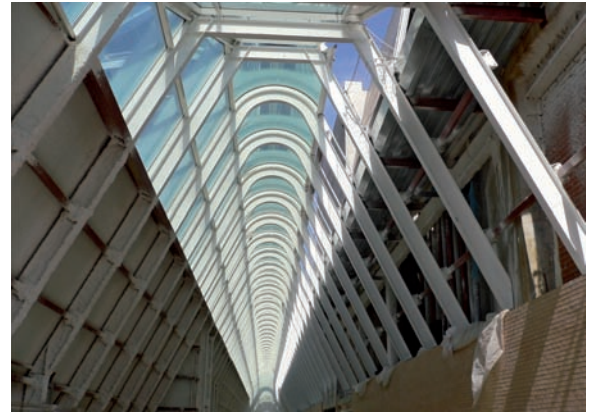
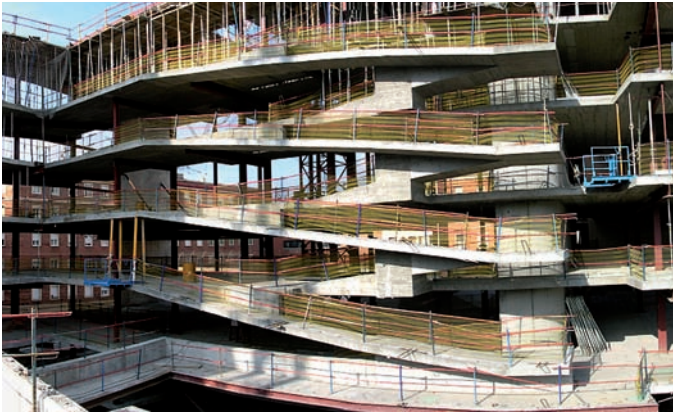


Fig. 7. Interior de la caja escénica del Teatro Configurable. Estructuras mixtas.

Fig. 8. Rampa volada del Centro Coreográfico y lucernario de la zona dorsal.



el aire mediante vigas en ménsula de 4.50 m que salen desde los pórticos principales del Centro Coreográfico, y a su vez los tramos de rampa están también volados con respecto a la parte central, de forma que la rampa queda completamente exenta. Esta rampa se puede ver aparentemente suspendida en el aire desde el exterior del edificio a través de la fachada acristalada transparente que se ha dispuesto en las plazas que se crean entre las tres piezas del edificio, y que están colgadas mediante costillas metálicas de su parte superior.

La zona dorsal de los teatros, que sirve de comunicación entre las tres piezas del edificio se resuelve con estructura de soportes de hormigón en las plantas inferiores y metálicos en plantas superiores, y losas macizas de hormigón armado. Finalmente la zona dorsal se cubre con un gran lucernario acristalado con un esqueleto metálico.

Las escaleras y rampas de los edificios son de hormigón con revestimientos en granito y madera o bien metálicas ligeras en función del uso que se les vaya a dar.

2.4. Cimentación y subestructura

La presencia en los límites del solar de edificios de viviendas, unido a la necesidad de construir sótanos, obligaba a realizar una excavación por debajo de las cimentaciones de los edificios colindantes, lo que llevó a construir una pantalla de contención realizada con pilotes de diámetro 800 mm, con separaciones y longitudes variables, dependiendo de la zona que se tratara.

La cimentación es de tipo superficial, consistente en grandes losas de hormigón, de formas complejas, en las que se apoyan las pantallas verticales; y en zapatas para los pilares y pantallas exentas menores. Su canto es de 1.30 m para el Teatro Principal y de 1.30 ó 1.60, según zonas, en el Teatro Configurable. La cota de cimentación varía según zonas, la más profunda a la cota -6.50, en las zonas dorsales, donde se aceptaban tensiones medias de hasta 0.45 N/mm² y la más superficial, en la cota -3.00,

donde la tensión admisible considerada es de 0.30 N/mm².

3. Aspectos de proyecto y cálculo estructural

El planteamiento del proyecto de una estructura tan singular como la de los teatros, exigía igualmente, una metodología también singular. La compleja configuración geométrica y arquitectónica, unida al carácter evolutivo de la estructura, las servidumbres funcionales que se le imponían y las complejas interacciones estructurales entre elementos, invalidaban una buena parte de los métodos de trabajo y de cálculo aplicados en edificios más convencionales.

Entre cada una de las partes del conjunto se dispuso una junta de dilatación, para minimizar los efectos de las acciones térmicas e higrométricas; esto, además, permitía abordar el cálculo de cada uno de los edificios por separado. Se decidió representar la estructura de cada uno de los teatros con sendos modelos de elementos finitos que representaban las pantallas, losas, pilares y vigas y entramados metálicos que componían cada edificio. Esto permitía aplicarle directamente las distintas hipótesis de carga adoptadas, y además, tenía la ventaja de que el modelo se podía segregar fácilmente en partes para hacer el estudio del proceso constructivo. En dicho modelo se incluyó la cimentación para tener en cuenta la interacción de la estructura con el terreno.

A partir de los resultados de esfuerzos en los elementos se realizó la envolvente de cálculo y de servicio de las estructuras. Con esta envolvente se realizó un postproceso automático tanto numérico como gráfico, que permitía obtener directamente las armaduras necesarias en las losas y pantallas teniendo en cuenta las interacciones entre esfuerzos de flexión y torsión, y de axil y rasante. De la misma forma se dimensionaron los pilares y vigas convencionales. De ciertas zonas singulares de la estructura, como pueden ser las principales losas en voladizo de los teatros,

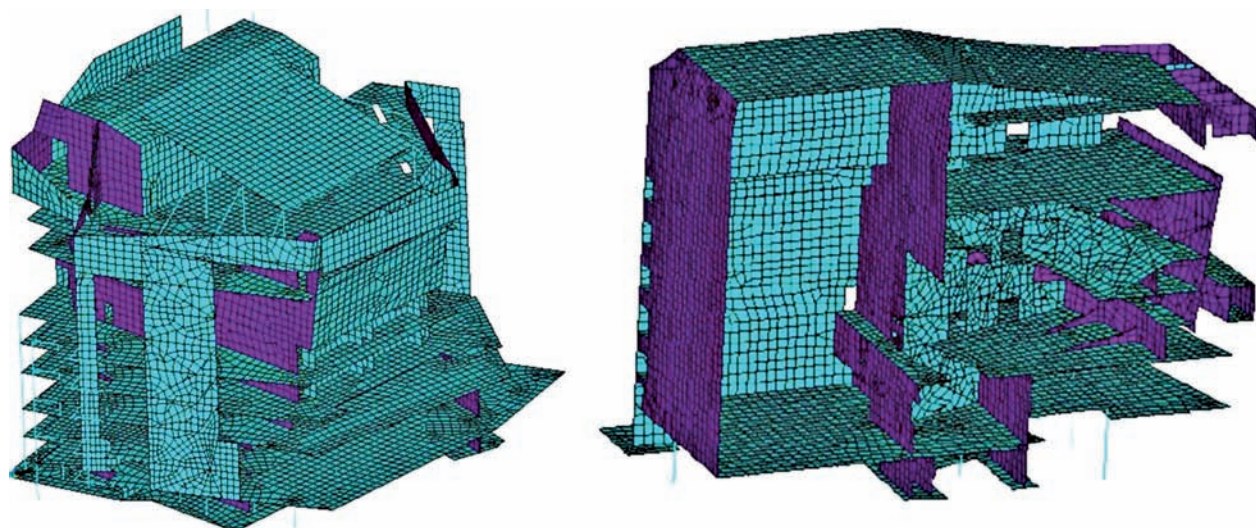


Fig. 9. Modelos de elementos finitos del Teatro configurable (izqda) y Principal (dcha).

se realizaron también, modelos locales más detallados, para comprobar la bondad de los resultados del modelo general, que resultó ser extraordinaria.

Las vigas, celosías y entramados mixtos de las zonas altas de los teatros, de carácter evolutivo, se calcularon mediante modelos locales, cuyos resultados se contrastaron con los obtenidos en los modelos generales.

4. Proceso constructivo

La estructura de los teatros presenta un gran interés constructivo, se encuentra fuertemente condicionada por su estrecha relación con una arquitectura de geometría compleja y por la interacción entre los diferentes elementos resistentes (pantallas, vigas peraltadas, losas).

Aunque los Teatros Principal y Configurable ofrecen una funcionalidad marcadamente diferente, ambas piezas presentan grandes coincidencias y similitudes en su organización estructural, en los dos pueden diferenciarse: la caja escénica, el cuerpo frontal y el cuerpo dorsal.

Las cajas escénicas son los cuerpos de mayor altura, están caracterizados por la verticalidad de las pantallas que configuran su volumen y por encontrarse prácticamente huecos en su interior. Los cuerpos frontales están constituidos por pantallas y losas de geometría variable en cada una de las plantas que, a medida que van ganando altura, incrementan su vuelo sobre los niveles inferiores, dando lugar a unos elementos volados con marcada diafanidad en el nivel de acceso. Los cuerpos dorsales tienen una organización más convencional aunque no les faltan determinados elementos estructurales de cierto interés constructivo.

El proceso de constructivo de los teatros ha estado condicionado por la exigencia del proyecto de estructura

de realizar la construcción de las zonas voladas de los teatros, únicamente cuando se hubieran completado las zonas dorsales, dos niveles por encima, de forma que dichos vuelos quedaran debidamente compensados.

4.1. Cajas escénicas

Partiendo del anterior condicionante y de una geometría verticalmente homogénea se decidió adelantar la construcción de las cajas escénicas, utilizando un encofrado trepante a dos caras para la ejecución de las pantallas principales, arrancando en la planta -1 del Teatro Principal y en la planta 0 del Teatro Configurable. La ejecución de las losas y pantallas del interior de las cajas, así como de las conexiones con las losas y pantallas de los cuerpos frontales y dorsales quedaban temporalmente desfasadas.

Este sistema constructivo, que cumplía con el requisito de compensar con la masa de las cajas escénicas el efecto de vuelco provocado por las zonas voladas frontales, ha permitido mejorar el rendimiento de la construcción, haciendo posible el trabajo simultáneo en las cajas escénicas y en los cuerpos frontales, acortando plazos y mejorando la seguridad de los operarios, al crear un único nivel de trabajo en las trepas.

La trepa de las pantallas ha planteado algunas exigencias técnicas que ha sido necesario resolver, como han sido la necesidad asegurar la estabilidad provisional de los elementos trepados y la de resolver las conexiones monolíticas con otras losas y pantallas, especialmente la de alojar los anclajes de pretensado de las grandes losas frontales dentro de las pantallas.

Las importantes dimensiones de las cajas escénicas y su provisional exposición a las acciones eólicas han obligado a realizar análisis locales sobre la estabilidad tempo-



Fig. 10. Trepado de las cajas escénicas.

ral de sus elementos más comprometidos y a incorporar refuerzos internos y elementos metálicos de acodalamiento provisional. Por otra parte, las pantallas trepadas presentaban algunos huecos de grandes dimensiones (accesos a la escena para decorados, embocaduras,...) que han obligado a la utilización de estructuras auxiliares de hormigón (también trepadas y posteriormente eliminadas mediante corte) y/o metálicas (torres de cimbra para las trepas iniciadas en altura).

Aunque las pantallas trepadas presentaban cierta independencia del resto del edificio, en numerosas secciones se ha completado la conexión con otras pantallas y losas, interiores y exteriores a las cajas escénicas. Para asegurar el monolitismo de las uniones se ha recurrido a diversas medidas adecuadas a las exigencias de cada elemento. La solución más frecuente ha sido dotar a las armaduras en espera, alojadas en las pantallas, con manguitos roscados, aunque en otros casos se han dispuesto armaduras provisionalmente dobladas o placas metálicas embebidas. Se ha ompletado la conexión con un picado superficial del hormigón de la pantalla al nivel de las losas.

Para resolver las interferencias ocasionadas por el pretensado, principalmente el alojamiento de los anclajes en

los tramos trepados de las pantallas, ha sido necesario, en algunos casos, aumentar el espesor de la pantalla o reducir las dimensiones de las trompetas, sustituyendo los cables inicialmente previstos por un número mayor con menor fuerza unitaria de tesado y adaptando todos los sistemas de pretensado y sus anclajes para facilitar el posterior tesado únicamente desde anclajes fácilmente accesibles.

Las cajas escénicas se han completado, una vez terminada la trepa, con losas y pantallas interiores a diferentes alturas; para su ejecución han sido necesarias cimbras y torres de apeo provisionales.

La cubierta de las cajas escénicas, situadas sobre un vacío de más de 35 metros de altura, están resueltas mediante celosías mixtas autoportantes y losas de hormigón, que se han encofrado sobre chapa metálica colaborante. Esta estructura de cubierta servirá en un futuro próximo para suspender de ella el peine y el equipamiento escénico.

4.2. Cuerpos frontales

Los cuerpos frontales de los teatros están formados por una superposición de ámbitos para usos diferentes: acce-



Fig. 11. Teatro Principal. Torres de apeo provisionales.

sos, salas de público, deambulatorios a varios niveles, anfiteatro y sala de ensayo (Teatro Principal), cubiertas con alojamiento de los grandes equipos de climatización, ..., y grandes vigas perimetrales en coronación para cuelgue de las fachadas. Este conjunto está organizado estructuralmente mediante una compleja imbricación de grandes pantallas laterales (crecientes hacia el frente a medida que se elevan), pantallas frontales (una vez salvado el gran ámbito del acceso) y losas macizas, suspendidas de las pantallas que nacen sobre ellas.

Las losas de piso de las salas principales de ambos teatros se encuentran a una altura de unos 6 metros sobre el nivel del terreno y se hormigonaron sobre cimbra apoyada en el suelo. La sustentación definitiva de estas losas es mediante cuelgue desde las pantallas que nacen sobre ellas, aunque provisionalmente estas pantallas gravitan sobre las losas de arranque. Por otra parte, las pantallas tienen una serie de huecos de paso que desplazan las secciones resistentes a las zonas altas de las mismas, lo que creaba una fuerte acumulación de cargas sobre las losas. Para soportar temporalmente estas cargas se dispuso un conjunto de torres de apeo de gran capacidad portante situadas en la vertical de las pantallas resistentes, lo que permitió retirar la cimbra y liberar espacio para seguir ejecutando la obra permitiendo el paso por debajo de las grandes losas.

Una vez que la estructura superior hubo alcanzado un suficiente nivel de desarrollo se procedió a su puesta en carga retirando los apeos provisionales de forma controlada. Esta singular operación fue realizada mediante el empleo de 7 gatos hidráulicos de 6500 kN de capacidad máxima en el caso del Teatro Principal, y de 4 unidades similares para el Teatro Configurable. Los gatos se encontraban conectados a una unidad informática central desde la que se podía conocer en todo instante los despla-

mientos y reacciones actuantes en cada uno de los gatos. Esta operación resulta de gran complejidad, ya que debido a la gran hiperestaticidad de la estructura a desapear, la operación en uno cualquiera de los gatos, modifica de forma muy importante las cargas actuantes sobre el resto. Para estas maniobras se diseñó un protocolo de desapeo por fases con control simultáneo de cargas y movimientos, a partir de los valores obtenidos en los análisis evolutivos.

En la primera fase se realizó la valoración de la reacción actuante sobre cada torre de apeo, para ello, de forma individualizada para cada gato, se iba aplicando carga escalonadamente y anotando las fuerzas y desplazamientos (lecturas de los flexímetros) de cada gato hasta el momento del despegue, momento en el que se producía la transferencia de carga de la estructura a través del gato correspondiente y que venía marcada por un brusco cambio de la pendiente de la recta carga-desplazamiento del flexímetro.

Una vez conocida la carga real sobre cada una de las torres se pasó a la fase 2, poniendo simultáneamente en carga todos los gatos, de forma también escalonada y hasta los valores del pesaje medidos, logrando el despegue completo de la estructura con respecto a las torres. Se continuó aplicando carga hasta alcanzar una elevación de unos 5 mm. en el apoyo menos elevado.

En la fase 3, después de haber retirado de la cabeza de las torres de apeo una serie de galgas de seguridad, que permitían limitar el descenso, se hizo descender la estructura a la posición de partida. Posteriormente, se siguieron bajando los gatos controlando la carga de los mismos y eliminando las galgas necesarias de los apeos, hasta descargarlos totalmente (fase 4). En ese momento se llegó al final del proceso, que se completó con la retirada de los gatos y el desmontaje de los apeos provisionales.



Las maniobras se realizaron con éxito, y, pese a ser una estructura de hormigón sumamente compleja e hiperestática, con un excelente ajuste con las cargas y movimientos esperados en el caso del Teatro Principal, y algo menos precisa, pero del lado favorable en el caso del Teatro Configurable. Igualmente, del estudio del proceso constructivo, considerando el momento de construcción



Figs. 12 y 13. Teatro Principal. Retirada de apeos provisionales. A la derecha, Anfiteatro.

de cada parte de la estructura y su fluencia, se obtuvieron los movimientos reales en los voladizos, para definir las contraflechas necesarias.

Para la construcción de las pantallas laterales y frontales de estos cuerpos también se ha recurrido a la trepa cuando su altura era superior a la de una puesta de encofrado. Los tramos de pantallas que se encontraban en

Fig. 14. Conjunto con estructura terminada.





Fig. 15. Estructura zona dorsal.

vuelo respecto a las plantas inferiores han precisado apeos temporales que en algunas ocasiones han llegado a ser importantes torres apoyadas en el terreno al nivel de la calle. Algunas pantallas, que por su ubicación o geometría presentaban unas mayores complicaciones de ejecución (altura, inclinadas, en el vacío), cuando las exigencias arquitectónicas y estructurales lo permitían, han sido resueltas con celosías o vigas cajón metálicas. En estos casos ha sido necesario recurrir a grúas móviles de elevada capacidad de carga y alcance para el montaje.

Sobre la sala de público del Teatro Principal se ha construido un anfiteatro, organizado estructuralmente como un gran cajón monocelular de trazado curvo y sección trapezoidal, delimitado por losas y por la gran pantalla frontal del edificio, que apoya en las pantallas laterales de la sala. Las losas se han ejecutado sobre cimbras que ha sido necesario mantener hasta que la totalidad del conjunto ha adquirido capacidad resistente.

En el Teatro Principal, sobre la sala de público y el anfiteatro se encuentra la Sala de Ensayos, ocupando la totalidad de la superficie. La estructura de esta gran sala está organizada a base de grandes vigas armadas, tanto a nivel del piso como de la cubierta; ambas familias de vigas apoyan en las pantallas laterales, son autoportantes y trabajan como secciones mixtas con las losas macizas de hormigón armado que van entre ellas.

Las grandes piezas metálicas, debido a sus dimensiones y pesos, han tenido que ser transportadas y montadas por tramos con la ayuda de torres de apeo provisionales, a pesar de ser autoportantes. Aun con la gran capacidad de carga de las grúas torre instaladas ha sido necesaria la utilización de grúas móviles que operaban desde la zona frontal del edificio, ocupando la acera y la calzada cuando las dimensiones superaban las pequeñas zonas libres del solar.

Para la ejecución de las losas a gran altura y en sustitución de cimbras, la estructura metálica principal se ha complementado con un sistema de vigería metálica

secundaria y encofrado perdido a base de chapa plegada.

Para la ejecución de las pantallas voladas en bandera de las partes frontales de los teatros se ha precisado de grandes torres de apeo, arriostradas a la parte inferior de la estructura; la estabilización transversal ante la acción del viento, durante la fase de ejecución, ha obligado a incorporar diversas estructuras auxiliares.

4.3. Cuerpos dorsales

La estructura de los cuerpos dorsales es de tipo convencional, formada por pilares de hormigón o metálicos y losas macizas de hormigón apoyadas en los pilares y en las pantallas de las torres escénicas. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Canal de Isabel II. Madrid.	
Proyecto:		
Arquitecto autor del proyecto:	Juan Navarro Baldeweg	
Dirección de obra:	Juan Navarro Baldeweg, Jaime Bretón	
Arquitectos colaboradores:	Justo Ruiz, Sabina Aparicio, Val Vázquez	
Arquitectos técnicos:	Javier Reñones, Pere Puigcerver	
Asistencia Técnica:	UTE Seti-Euroconsult	
Proyecto de estructura:	MC2, Estudio de Ingeniería. Julio Martínez Calzón, Álvaro Serrano, Belén Ballesteros	
Proyecto de instalaciones:	Argu. Carlos Ara	
Coordinador Seguridad:	Francisco Povo	
Ejecución obra:		
Constructora:	UTE Dragados-OHL	
Gerente:	Romualdo Santamaría	
Jefe de Obra:	José Luis Herranz	
Jefe de Producción:	Cristina Casado	
Oficina Técnica:	Antonio Tabera Atienza, Antonio Tabera García, Mercedes Madrid Alfredo Hernández	
Estructuras:	Eduardo Suárez, Ana Martínez	
Instalaciones:	Beatriz Ciudad Real, Jesús Ranchal	
Albañilería y acabados:	Máximo Torno, Francisco Pardo, Juan Manuel Risquez	
Encargados:	José María Carrascal Ceferino Galindo, Charo Verdú	
Topógrafo:	Miriam Villena	
Administrativos:		
Delineante:		
Principales características:		
Superficie solar	8.750	m ²
Superficie construida	35.500	m ²
Superficie útil	29.400	m ²
Hormigón	25.000	m ³
Acero estructural	1.750.000	Kg
Acero corrugado	3.716.000	Kg

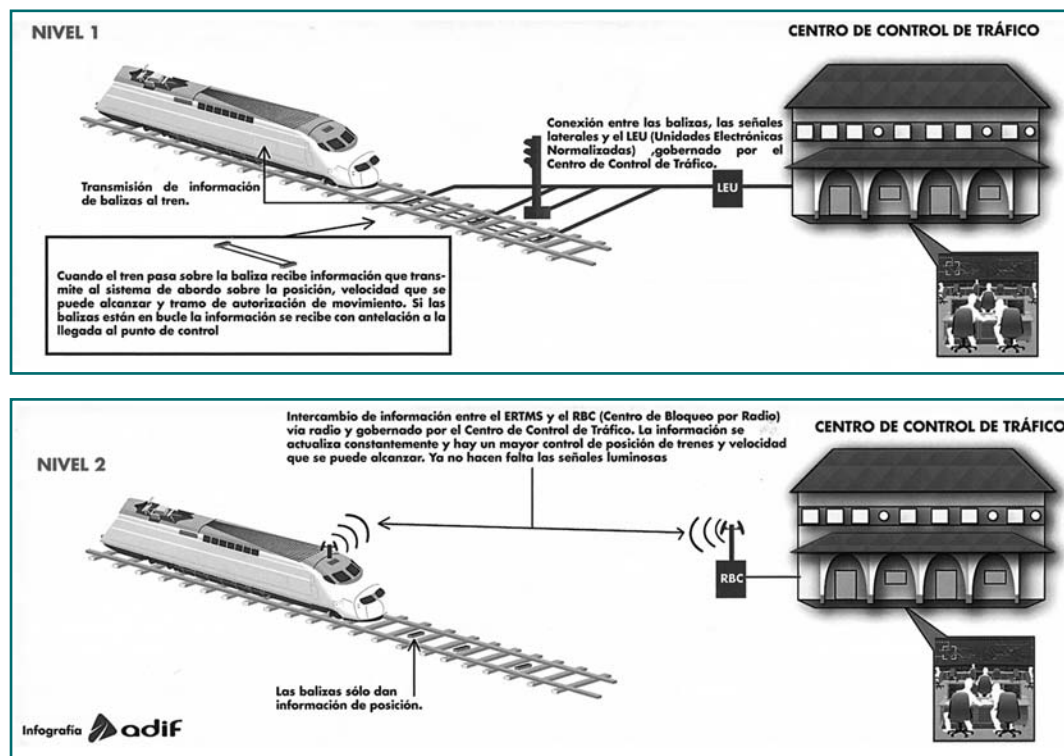
Madrid-Zaragoza-Lérida a 250 km/h. con ERTMS, Nivel 1

El pasado 4 de mayo se anunció la puesta en servicio del sistema de señalización ETCS/ERTMS nivel 1 de la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Lérida tras superar más de 400.000 kilómetros de recorridos de prueba de los que los últimos 100.000 se realizaron sin incidencias. Durante este proceso de ensayos se han llegado a alcanzar velocidades punta de 365 kilómetros por hora.

La implantación del nuevo sistema de gestión de tráfico ferroviario europeo representa un hito tecnológico en el ferrocarril español y también en el europeo, al ser la primera vez que se concreta en una línea de alta velocidad y larga distancia, 460 km, integrando además, tecnologías de distintos fabricantes.

Quince días después del anuncio, el 19 de mayo, los primeros trenes de la serie 102 comenzaron a circular a 250 km/h por la línea utilizando el nuevo sistema en sustitución del ASFA que venía usándose desde la inauguración de la línea, en octubre de 2003.

Con el incremento de la velocidad, los tiempos de viaje se



redujeron en diecinueve minutos en el trayecto Madrid-Zaragoza, para un total de una hora y veintinueve minutos sin paradas y de una hora y cuarenta para los trenes que se detienen en Guadalajara y Calatayud.

El viaje entre Madrid y Lérida cuya duración se reduce en 28

minutos, se cubre en dos horas y veinte minutos, lo que implica una velocidad comercial de 204 kilómetros por hora.

Entre Madrid y Guadalajara se tardan ahora veinticinco minutos, entre Madrid y Calatayud, una hora once minutos, dos horas y doce minutos entre Madrid y Tardienta y dos horas y

quince minutos entre Madrid y Huesca. En total la oferta diaria en el corredor está constituida por dieciséis trenes, incluidos los servicios a Huesca.

Los horarios de los trenes apenas han sufrido mínimas modificaciones con la implantación de la nueva señalización y, por lo que respecta a

El AVE a Galicia estará licitado antes de fin de año

El secretario de Estado de Infraestructuras, anunció recientemente que los tramos que faltan por ejecutar del Eje atlántico de alta velocidad entre A Coruña y Vigo estarán licitados antes de final de año, excepto el tramo de entrada en Vigo.

Morlán, aseguró que casi el 70% del total ya está en obras o en servicio.

En el tramo A Coruña-Santiago más del 50% está "servicio o en obras", en el tramo Santiago-Pontevedra existen "tres tramos en obras y el resto en proyecto", y entre Pontevedra y Vigo se licitarán los tramos que faltan antes de final de año, con excepción de la entrada en Vigo.

Esta infraestructura, de apenas dos kilómetros de longitud,

debe conjugar las necesidades ferroviarias actuales, las futuras y el desarrollo urbanístico de la ciudad, indicó Morlán, con lo que su estudio es "largo y difícil" pero, dijo, lo importante es que hay voluntad por parte de las tres administraciones para que se haga.

En el resto de actuaciones ferroviarias, Morlán destacó el fuerte impulso inversor en el

tramo Orense-Santiago, del que aseguró que pronto estarán finalizados todos los proyectos de obras en todos los tramos. En cuanto al tramo Lubián (Zamora)-Orense, el secretario de Estado explicó que los primeros contratos ya están en tramitación administrativa, con lo que antes de finalizar el verano podría haber buenas noticias. ♦

las tarifas, RENFE mantendrá por el momento las vigentes antes de la puesta en servicio.

En la puesta a punto del sistema han intervenido técnicos de Adif, de Renfe Operadora y de las empresas del sector implicadas. Adicionalmente, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Cedex) ha colaborado en el desarrollo e implantación del sistema, y certificó, el pasado 27 de abril, el correcto funcionamiento del ETCS/ERTMS en su nivel 1 y recomendó su puesta en servicio.

El sistema europeo de gestión de la circulación de trenes, ERTMS por sus siglas en inglés (European Rail Traffic Management System) es el resultado de la unión del sistema de control ferroviario ETCS con el GSM-r.

El ERTMS se presenta en tres niveles diferentes según el tipo de equipos de vía que transmiten informaciones sobre el recorrido, el tráfico y los trenes en circulación. Con ellas, el equipo embarcado, que maneja también las informaciones de posición y características del tren, elabora un perfil de velocidad al que el tren debe ajustarse. La información fluye entre tren e instalación y, en el caso de que el tren no se ajuste al perfil definido por el sistema, o por emergencias como velocidad inadecuada o rebalse de una señal, el propio sistema activa sus mecanismos de seguridad y provoca el frenado del tren.

En el nivel 1 que es el que se ha puesto en servicio en la línea, la localización del tren y su identificación se realiza por medio de circuitos de vía y de balizas situadas a lo largo del

recorrido. Estos equipos transmiten de manera puntual los datos fijos y variables, en ambos sentidos y dan al tren su perfil de movimiento.

En el nivel 2 que será el siguiente en ser implantado en el Madrid-Lérida, la transmisión de datos se realiza de forma continua por GSM-r. El equipo de control RBC (Radio Block Centre), efectúa los cálculos y define el perfil de circulación de los trenes cuya presencia y localización se detecta por medio de circuitos de vía, y autoriza sus movimientos.

En el nivel 3 del ERTMS desaparecen los circuitos de vía para la localización del tren, y son los propios trenes los que fijan su posición y envían la información por GSM-r a los RBC (Radio Block Center) que fijan cantones fijos o móviles y determinan y vigilan su ocupación.

En el Madrid-Zaragoza-Lérida el sistema cuenta con un subsistema de enclavamiento electrónico SEI, completado por un subsistema ATP (Automatic Train Protection)-ERTMS nivel 2 que cumple las especificaciones de trenes a 350 km/h e intervalos de dos minutos y treinta segundos entre trenes ERTMS nivel 1 a 300 km/h e intervalo de cinco minutos y medio, y el subsistema de protección puntual compatible ASFA a 220 km/h e intervalos de ocho minutos que es el que venía funcionando hasta ahora.

A lo largo de la línea se han instalado un total de 42 puestos intermedios llamados Apartaderos, puestos de Bloqueo en línea (PBL) y Puestos de Balización (PB). ♦

Fuente: Vía Libre

España es el país europeo que más utiliza la financiación mixta público-privada, de infraestructuras, detrás del Reino Unido

Según un informe recientemente elaborado por la consultora Pricewaterhouse Coopers, España es, después del Reino Unido, el país europeo que más recurre a la financiación mixta público-privada de infraestructuras.

El informe revela que entre 2004 y 2005 se realizaron en el mundo un total de 206 proyectos bajo este tipo de fórmulas, por valor de 42.000 millones de euros, de los cuales 152 tuvieron lugar en Europa, por un total de 21.000 millones.

Entre 2000 y 2005, al Reino Unido correspondió el 57% de los proyectos licitados con financiación mixta en la Unión Europea, frente al 10% de España.

En nuestro país, en 2003 se adjudicaron 47 proyectos con financiación mixta, por un importe total de 5.685 millones de euros. En 2004 sólo fueron 29 proyectos por 1.678 millones y en 2005 fueron 107 contratos por 6.936 millones de euros.

Una buena parte de los proyectos indicados correspondieron a las administraciones autonómicas: el 62,5% del total en el año 2005 y el 54% del total de los tres últimos años, por 7.647 millones de euros.

El Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) del Ministerio de Fomento contempla que el 20% del coste total (250.000 millones de euros hasta 2020) provenga de la financiación privada.

Según el informe, en el Reino Unido, que es el país que más

ha desarrollado este tipo de fórmulas para financiar infraestructuras, existen cálculos que estiman que los ahorros en tiempo y costes que supone el empleo de estos mecanismos frente a la financiación exclusivamente pública alcanza el 20%.

El estudio concluye que la financiación privada, o público-privada, de infraestructuras cuenta con una perspectiva de crecimiento en todo el mundo, tanto en los principales países de la Unión Europea donde ya se utiliza, como en Europa del Este y Norteamérica y sobre todo en proyectos transfronterizos.

No obstante para garantizar su generalización el informe del PWC estima que se deben impulsar políticas que favorezcan este mercado y diseñar unos modelos de pliegos de contratación que sean comunes para todos los países, con el objetivo de lograr una seguridad jurídica que atraiga a las entidades financieras para participar en las licitaciones.

La lentitud de los plazos de licitación, según el informe, es uno de los principales obstáculos para el desarrollo de las infraestructuras en Europa, ya que en muchas ocasiones, las empresas afrontan unos costes excesivos solamente para presentar las ofertas, antes de la adjudicación, por lo que un fracaso en el concurso puede significar la quiebra de la compañía, como ocurrió con la sociedad Jarvis en el mercado británico. ♦

Dos nuevos tramos de la conexión Madrid-Levante de Alta Velocidad

El Consejo de Ministros ha autorizado al Ministerio de Fomento a contratar las obras de construcción de plataforma de vía en Torrejoncillo-Abia de la Obispalía y Seseña-Aranjuez, dos nuevos tramos de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia. Los tramos, con una longitud total de 15,53 kilómetros, se encuentran situados en las provincias de Cuenca, Toledo y Madrid.

El importe total de la licitación asciende a 136.183.039,31 euros. Las obras cuentan con un plazo de ejecución que oscila entre los 20 y 24 meses, dependiendo del tramo.

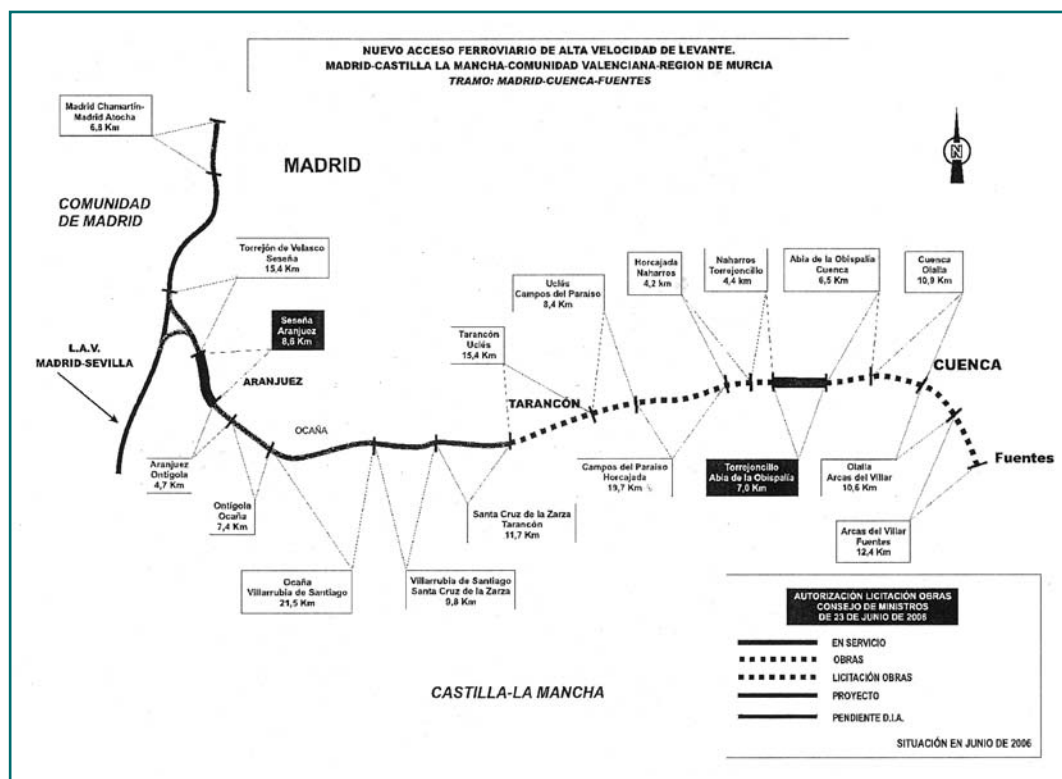
Con esta autorización, el Gobierno imprime un nuevo impulso a la conexión ferroviaria de alta velocidad Madrid-Levante.

Además, con estas dos autorizaciones, y en tan sólo cuatro meses se han licitado un total de 11 tramos, 107,9 kilómetros de alta velocidad del nuevo corredor. Todo ello, supone una inversión de 877,2 millones de euros.

Los tramos están ubicados en el trayecto entre Torrejón de Velasco (Madrid) y Fuentes (Cuenca), ya que se encuentra en fase de obra en buena parte de su trazado. Está previsto que los tramos que faltan de este trayecto se liciten a lo largo del presente año.

Tramo Torrejoncillo-Abia de la Obispalía, características técnicas:

Las obras de este tramo cuentan con un presupuesto



de licitación de 62.438.756,10 euros y con un plazo de ejecución de 24 meses.

Tiene una longitud de 6,91 kilómetros. Discurre por los municipios de Torrejoncillo del Rey y Abia de las Obispalía en la provincia de Cuenca. Como elementos singulares en su trazado hay que destacar cuatro viaductos y dos túneles ratificales:

- Viaducto de "Las Higuieruelas", de 1.060 m. De longitud.
- Viaducto sobre la carretera CUV-7032, de 110 m de longitud.
- Viaducto "Alto Molino", de 100 m de longitud.
- Viaducto sobre el río Cigüela, de 630 m de longitud
- Túnel de "Las Higuieruelas", de 254 m. de longitud

- Túnel de "Alto del Molino", de 280 m de longitud

En todos los viaductos se ha dispuesto la misma geometría en tablero y pilas. El tablero consiste en una losa aligerada fabricada in situ de canto constante de 1,90 m. de canto.

Tramo Seseña-Aranjuez, características técnicas:

El presupuesto de licitación del tramo es de 73.744.283,21 euros y cuenta con un plazo de ejecución de 20 meses.

Tiene una longitud de 8,62 kilómetros. Discurre por los términos municipales de Seseña (Toledo) y Aranjuez (Madrid). Como elementos singulares hay que destacar dos viaductos, un túnel artificial y el puesto de banalización de Seseña:

- Viaductos sobre el ferrocarril Aranjuez-Alcázar de San Juan, de 150 m. de longitud.
- Viaducto sobre el río Tajo de 1.000 m de longitud.
- Túnel artificial "Dehesa Nueva del Rey", de 1.439 m. de longitud.

Los proyectos de ambos tramos han sido diseñados para doble vía de alta velocidad en ancho internacional. Contienen las actuaciones necesarias para la ejecución de las obras de infraestructura tales como: movimientos de tierra, estructurales, túneles, reposición de los servicios y servidumbres afectados, y la construcción de conexiones transversales que aseguran la permeabilidad viaria de la línea, además de las correspondientes obras de drenaje. ♦

El déficit de hospitales genera un negocio de 2.700 millones de euros a las concesionarias

Las grandes y medianas constructoras hacen ya sus cálculos para la verdadera oleada de hospitales que saldrá a concurso. Las comunidades autónomas prevén sacar a concurso, si es posible en un año, más de 20 nuevos hospitales y ampliar otros que ya están en funcionamiento. Solo el presupuesto de construcción será de 2.743 millones de euros.

Castilla y León concentra el mayo número de centros planeados. Después adjudicar hace meses el gran hospital de Burgos a un consorcio liderado por OHL, en el que también figuran Caja Duero, Caja Burgos y Caja España, entre otros, ahora se abre un nuevo proceso con otros cinco complejos hospitalarios en León, Soria, Ávila, Valladolid y Salamanca. De hecho, recientemente las constructoras presentaron sus ofertas por el primero de ellos, que tiene un presupuesto de 58,3 millones de euros. Entre las interesadas figuran la constructora San José y Ferrovial, en consorcio con la vallisoletana Begar, entre otras.

Pero lo más interesante puede ser el de Salamanca, ya que la Junta de Castilla y León sopesa si ceder la gestión de los servicios no médicos a empresas privadas, lo que aumenta el presupuesto, ya que incluye un canon anual según la calidad del servicio prestado. Éste es otro de los negocios de servicios que han descubierto las constructoras en su camino hacia la diversificación en su

El gran plan de hospitales a concurso

Previsión de los Gobiernos regionales en un año

Obras por comunidades autónomas.

Presupuesto de construcción en millones de euros

Total presupuesto 2.743 millones de euros

(N) Nuevo (A) Ampliación (R) Reforma

Castilla y León		Presupuesto
(N) Hospital de León		58
(A)(R) Hospital de Palencia		85
(N) Hospital de Soria		35
(N) Hospital Provincial de Ávila		25
(N) Hospital de Salamanca*		180
(N) Hospital Clínico de Valladolid		110

* Construcción y gestión privada de servicios no médicos (previsión aún no aprobada)

Castilla - La Mancha		Presupuesto
(N) Hospital General de Toledo*		371
(R) H. de Paraplégicos de Toledo		40
Plan Director de Cuenca		50
Hospital de Albacete		70
(A)(R) Hospital de Guadalajara		82

* Construcción y gestión privada de servicios no médicos

C. Valenciana		Presupuesto
(N) Hospital Comarcal de Manises*		55
(N) Hospital Crevillente*		50
Hospital de Gandia		53
(A) Hospital Clínico		N/d
(N) 30 Centros de Salud		N/d

* Construcción y gestión totalmente privada.

Extremadura		Presupuesto
(N) Hospital de Plasencia		15
(N) Hospital de Cáceres (Fase I)		50
(N) Hospital pendiente de emplaz.		N/d

Cataluña		Presupuesto
(N) Hospital Comarcal de Garrotxa		46

Aragón		Presupuesto
(N) Hospital General de Teruel		N/d
(N) Hospital General de Alcañiz*		N/d

* Teruel, previsto a partir de 2008

Andalucía		Presupuesto
(N) Hospital de La Línea		36
(N) Hospital de Cádiz		19,2
(R) Hospital Virgen del Rocío*		52

* Obras y explotación parcial de las infraestructuras

Galicia		Presupuesto
(N) Hospital de Vigo		200



Baleares		Presupuesto
(N) Hospital Univ. Son Dureta II		778

Palma de Mallorca, construcción y gestión privada de servicios no médicos

Asturias		Presupuesto
(N) Hospital de Mieres		30

La Rioja		Presupuesto
(N) Hospital San Pedro		60
(R) Otras infraestructuras		27,7

Murcia		Presupuesto
(N) Hospital Mar Menor		45
(N) Hospital de Yecla		25
(N) Hospital Los Arcos		25

Melilla		Presupuesto
(N) Hospital de Melilla*		70

* Promovido por los Ministerios de Sanidad y de Defensa

sentido más amplio. El Gobierno madrileño ha sido el que más firmemente ha apostado por esta fórmula de construcción y explotación de servicios durante 30 años como forma de aplazar el pago de estas infraestructuras y ha solicitado ocho hospitales el año pasado.

Baleares lidera la mayor partida para estas infraestructuras, 778 millones, pero sólo en un hospital, el nuevo de Son Dureta en Palma de Ma-

llorca. Es la inversión que anticiparán las constructoras y que luego recuperarán en forma de canon anual ya que este hospital sigue el modelo que la Comunidad de Madrid adaptó del Reino Unido, cuna de este tipo de concesiones.

Le siguen en volumen la comunidad de Castilla-La Mancha, con un gran hospital en Toledo ya en licitación, y con una partida de 613 millones de euros, aunque en gran parte por el volumen del citado centro.

La Comunidad Valenciana, Murcia, Andalucía, Galicia, Cataluña, La Rioja y Extremadura se unen a esta fiebre de hospitales de las que pocas Regiones quedan fuera (ver gráfico). De los al menos 24 nuevos centros proyectados, dos serán totalmente privados, los que el Gobierno valenciano planea en Manises y Crevillente. Otros dos, en Palma de Mallorca y Toledo, tendrán gestión privada pero sólo en servicios no médicos. ♦

Una empresa china concesionaria de la terminal de contenedores del Puerto de Barcelona

La división de puertos de la compañía china Hutchison Wampoa, ha resultado adjudicataria de una concesión por un período de 30 años en el puerto de Barcelona.

La empresa china, líder mundial en tráfico de contenedores, tiene previsto adquirir el 70% de Terminal de Contenedores, el segundo operador portuario español- en un plazo de tres meses para empezar a construir la nueva terminal de contenedores del Puerto de Barcelona.

Dicha terminal, con un total de 93 hectáreas, permitirá incrementar el tráfico de contenedores hasta los 4,5 millones de toneladas, cifra similar a la de los grandes puertos del norte de Europa. Se prevé una inversión de 66,0 millones de euros a lo largo de la vida de la concesión.

La empresa china ha sido elegida en un concurso en el que

concurrían, Dubai Ports y TCB, líder en España por tráfico de contenedores. Una razón importante para la elección ha sido el objetivo del Puerto de Barcelona de convertirse en la puerta de entrada en el Mediterráneo de las mercancías procedentes de puertos del Sureste Asiático, teniendo en cuenta que Hutchison es el principal operador en los puertos de Singapur, Hong Kong y Shanghai. La empresa china prevé convertir el puerto de Barcelona en su centro de operaciones del Mediterráneo y participar en varios proyectos de áreas logísticas en ciudades del sur de Europa. El objetivo de la Autoridad Portuaria de Barcelona es que, cuando la terminal esté plenamente operativa, la mitad del tráfico de Barcelona llegue de los grandes puertos del sureste asiático. ♦

La inversión del Estado en infraestructuras crecerá un 6,4 por 100 en 2007

Los Presupuestos Generales del Estado para el próximo año 2007, según las cifras contempladas en el Proyecto que el Gobierno de la nación presentará para su aprobación al Parlamento en el próximo año, prevén un significativo aumento de la inversión en infraestructuras.

Las consignaciones presupuestarias para el conjunto de infraestructuras: ferrocarril, carreteras, puertos y aeropuertos, crecerán un 6,4%, hasta superar en conjunto los 13.000 millones de euros.

Hay tres proyectos que se inaugurarán a lo largo de 2007; las tres líneas ferroviarias de Alta Velocidad que unirán Madrid con Barcelona, Málaga y Valladolid. También se mejorarán las autovías más antiguas con una longitud total de 1.522 Km, para lo que se invertirán 4.500 millones de euros, mediante concesiones de peaje "en sombra" a lo largo de 20 años. Las autovías cuya concesión se licitará inicialmente serán la A-3 entre Madrid y Alicante; la A-1 entre la capital y Burgos, la A-2 hasta Zaragoza y la A-4 hasta Sevilla. ♦



Los tramos de la Autovía Cantábrica-Meseta (A-67)

Tramo	Long.	Presup.	Estado actual.	Fin de las obras
Venta de Baños-Palencia	9,0 Km	—	En servicio	
Palencia-Fuentes de Valdepero	9,0 km	30,3 Me	En servicio	
Fuentes de Valdepero-Amusco	9,6 km	24,0Me	En servicio	
Amusco-Frómista (S)	9,7 km	24,1Me	En servicio	
Frómista(S)-Marcilla de Campos	10,3 km	30,7Me	Iniciada	2008
Marcilla de Campos-Osorno	10,0 km	30,6Me	Iniciada	2008
Osorno Villaprovedo	10,6 km	22,6 Me	Iniciada	2008 Mar.
Villaprovedo-Herrera de Pisuerga	11,0 km	23,6 Me	Iniciada	2008
Herrera de Pisuerga-Alar del Rey	10,8 km	28,4 Me	Iniciada	2008
Alar del Rey-Puebla de San Vicente	5,5 km	25,5Me	Iniciada	2007 Nov.
Puebla San Vicente-Aguilar de Campoo	7,0 km	19,4Me	En obras	2007 May.
Variante Aguilar de Campoo	7,9 km	29,5 Me	En obras	2006 Dic.
Aguilar de Campoo-Límite provincial	10,9 km	26,6 Me	En servicio	
Límite provincial-Reinosa	17,0 km	76,5Me	En servicio	
Reinosa-Pesquera	8,7 km	85,3 Me	En servicio	
Pesquera Molledo	11,9 km	136,8 Me	En obras	2006 Feb.
Molledo-Los Corrales de Buelna	107 km	112,7Me	En servicio	
Los Corrales de Buelna	12,7 km	75,5Me	En servicio	
Torrelavega-Santander	25,9 km	—	En servicio	

425 millones en el Plan del Delta del Ebro

La ministra de Medio Ambiente, presentó en Tortosa el Plan Integral de Protección del Delta del Ebro, que comportará una inversión en los próximos cuatro años de más de 425 millones de euros en la zona.

La ministra destacó que el Delta del Ebro merece esta inversión pública "porque con o sin trasvase del Ebro los problemas ambientales del Delta requieren la intervención de los poderes públicos".

El plan ha sido sometido a la consideración de la comisión de la sostenibilidad de las Terres de l'Ebre y está abierto a actuaciones de mejora y a una evaluación permanente y sistemática de sus efectos.

De los 425 millones de inversión previstos, 318 corresponden a la Administración Central y el resto a la Generalitat de Cataluña. ♦

Fondos Europeos hasta 2013: 31.000 millones de euros para España

España recibirá entre 2007 y 2013 más de 31.000 millones de euros en fondos comunitarios, según el reparto provisional.

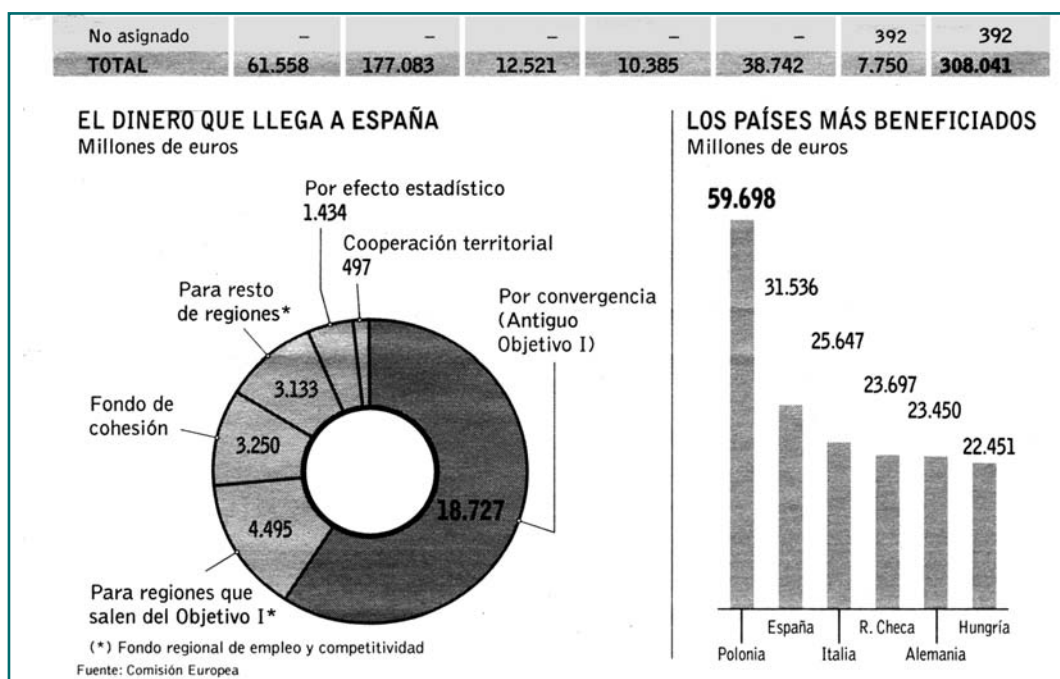
La cifra asignada a España, de acuerdo con el cuarto informe sobre política de cohesión, supone más del 10% del presupuesto total de ayudas para una Unión de 27 miembros. Sólo Polonia, con 60.000 millones de euros, obtendrá más fondos que España durante el próximo ejercicio presupuestario de la UE (2007-2013).

Aún así, España pierde el primer puesto en recepción de fondos que ocupaba hasta ahora con una asignación de 55.000 millones de euros entre 2000 y 2006.

La rebaja obedece a tres factores: la convergencia real de la economía española (a casi un punto porcentual de PIB por año) con los países más ricos de la UE; el ingreso en el club de 10 países con una renta per cápita que no llega en muchos casos al 30% de la media comunitaria; y el drástico recorte presupuestario aprobado por los líderes de la UE el pasado mes de diciembre.

Bruselas ha repartido en total 308.000 millones de euros entre 27 países (porque incluye a Rumania y Bulgaria, que ingresarán en la UE en 2007 o 2008). Las partidas más sacrificadas como consecuencia del presupuesto de mínimos aprobado por los 25 y por el Parlamento europeo han sido los fondos para la cooperación territorial, que se han reducido a la mitad, y los de competitividad y empleo, reducidos en una quinta parte.

Las estrecheces se han agravado porque hay más regiones candidatas a los fondos. En la



Reparto de fondos europeos 2007-2013 en millones de euros							
	Objetivo de Convergencia			Empleo y Competitividad			Total
	Fondo de cohesión	Convergencia (Antiguo objetivo 1)	Efecto estadístico	Regiones que salen del objetivo 1	Resto de regiones	Cooperación territorial	
Bélgica:	—	—	579	—	1.268	173	2.019
R.checa:	7.830	15.149	—	—	373	346	23.697
Dinamarca:	—	—	—	—	453	92	545
Alemania:	—	10.583	3.770	—	8.370	576	23.450
Estonia:	1.019	1.992	—	—	—	47	3.058
Grecia:	3.289	8.379	5.779	584	—	186	18.217
España:	3.250	18.727	1.434	4.495	3.133	497	31.536
Francia:	—	2.838	—	—	9.123	775	12.736
Irlanda:	—	—	—	402	261	752	815
Italia:	—	18.867	388	879	4.761	752	25.647
Chipre:	193	—	—	363	—	24	581
Letonia:	1.363	2.647	—	—	—	80	4.090
Lituania:	2.034	3.965	—	—	—	97	6.097
Luxemburgo:	—	—	—	—	45	13	58
Hungría:	7.589	12.654	—	1.865	—	343	22.451
Malta:	252	495	—	—	—	14	761
Holanda:	—	—	—	—	1.477	220	1.696
Austria:	—	—	159	0	914	228	1.301
Polonia:	19.562	39.486	—	—	—	650	59.698
Portugal:	2.722	15.240	254	407	436	88	19.147
Eslovenia:	1.239	2.407	—	—	—	93	3.739
Finlandia:	—	—	—	491	935	107	1.532
Suecia:	—	—	—	—	1.446	236	1.682
R. Unido:	—	2.436	158	883	5.439	642	9.468
Bulgaria:	2.015	3.873	—	—	—	159	6.047
Rumania:	5.769	11.143	—	—	—	159	6.047
No asignado:	—	—	—	—	—	392	392
TOTAL:	61.558	177.083	12.521	10.385	38.742	7.750	308.041

partida más generosa, que beneficia a las regiones con una renta per cápita inferior al 75% de la media, hay ahora un centenar de regiones en las que vive, en total, el 35% de la población europea. A los fondos de competitividad y empleo, hasta ahora conocidos como objetivo dos, aspiran 155 regiones, o el 51% de la población.

En el caso de España, el reparto elaborado por la Comisión Europea asigna 18.727 millones de euros a los fondos para las regiones más pobres. En este capítulo figuran Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Castilla-León.

Bruselas reserva 1.434 millones de euros para Asturias, Ceuta, Melilla y Murcia, regiones afectadas por el llamado efecto estadístico. Canarias, por su situación geográfica, recibe además un sobre de 434 millones de euros. Las restantes regiones españolas obtienen una partida total de 7.800 millones de euros.

El fondo de cohesión para el Estado ascenderá a 3.250 millones. ♦

Nuevo Reglamento Europeo de concesiones de servicios de transporte terrestre

Los veinticinco países que integran la Unión Europea han llegado a un acuerdo en relación con las normas que utilizarán las administraciones públicas de cada Estado para adjudicar al sector privado los contratos públicos para los servicios de transporte ferroviario y por carretera. De esta manera se renueva un reglamento comunitario con la práctica unanimidad de los países miembros de la Unión.

El nuevo texto normativo señala que las autoridades de cada país podrán definir con precisión las tareas específicas que deberá cumplir cualquier compañía que quiera optar a un contrato de servicio público de transporte, así como los fondos con los que se ha subvencionado.

Con el objetivo de proteger la competencia en una norma que busca optimizar

el uso de las infraestructuras públicas, los países miembros han decidido que se obligue a cada país comunitario a abrir a la competencia al menos el 50 por 100 de los servicios de transporte público. Además, las autoridades locales deberán realizar su elección "con absoluta transparencia" según reza el texto, y deberán hacer públicos sus proyectos un año antes de que se realice la concesión, además de publicar un informe anual de actividad.

Podrán adjudicarse concesiones de transporte de forma directa de aquellos recorridos que cubran menos de 500.000 Km. por año, mientras que la duración de las concesiones, tanto por adjudicación directa como por licitación pública, será de un máximo de quince años para el caso de los ferrocarriles y de 10 en los transportes por ca-

retera, es decir, el que realizan las empresas de autobuses. Las compañías que cuenten con concesiones mixtas-que incluyan trenes y autobuses-podrán optar a contratos de quince años de duración.

Hay una excepción en el caso de situaciones geográficas especiales, como las que tienen las regiones ultraperiféricas, entre las cuales se encuentran las Islas Canarias, que podrán extender la concesión en los contratos de transporte por carretera, hasta un 50% más que el plazo normal.

En cuanto a la aplicación del nuevo reglamento su entrada en vigor no se completará hasta dentro de quince años, ya que hay un período de tres años para la incorporación a las distintas legislaciones nacionales y un período de transición adicional de doce meses. ♦

La Comisión Europea considera excesivos los descuentos a usuarios habituales de las autopistas de peaje españolas

La Comisión Europea considera que el sistema tarifario español de las autopistas de peaje, por lo que se refiere a los descuentos que se aplican a los vehículos pesados que habitualmente utilizan aquellas, no son acordes con las directivas euromunitarias.

En concreto, la nueva directiva "Euroviñeta" aprobada el pasado 17 de mayo y en fase de transposición a las

legislaciones nacionales precisa que los descuentos a los transportistas usuarios frecuentes no podrán superar en ningún caso el 13 por 100 del peaje.

En consecuencia el ejecutivo comunitario ha remitido al Gobierno español un "dictamen motivado", en el que insta a limitar el alcance de esas reducciones de los peajes, que llegan hasta el 50

por 100 del importe. El mismo requerimiento ha sido enviado también al Gobierno francés, que permite descuentos de hasta el 30 por 100 a los camioneros que utilizan de forma frecuente las autopistas francesas.

La discrepancia no afecta a los descuentos que las concesionarias de autopistas conceden a los automovilistas usuarios habituales.

El Gobierno español, según la Comisión Europea, no ha justificado de forma adecuada los descuentos que se aplican en las autopistas de peaje a los camiones que las utilizan de forma habitual. Si no se llega a una solución consensuada entre el ejecutivo español y el europeo, la cuestión habrá de resolverse por el Tribunal Europeo de Justicia. ♦

Estados Unidos y China son los países más contaminantes del mundo

Estados Unidos y China representan entre los dos, más de un tercio (37 %) de las emisiones de CO₂ ligadas a las energías fósiles (carbón, gas, petróleo), según las últimas cifras correspondientes a 2002 publicadas por la Agencia Internacional de la Energía.

Un total de 22 países son responsables del 80 % de emisiones mundiales relacionadas con energías fósiles. Esos países han aumentado un 16,9 % sus emisiones de CO₂ entre 1990 y 2002, indica la AIE. Estados Unidos es de lejos el país más contaminante del mundo con un 23,5 % del total de emisiones en 2002. China ocupa el segundo lugar con un 13,6 del total, seguida de Rusia (6,2), Japón (5), India (4,2), Alemania (3,5), Canadá (2,9), Gran Bretaña (2,2), Corea (1,9), Italia (1,8) y Francia (1,6).

Entre 1990 y 2002, las emisiones chinas aumentaron un 45 %, mientras su producto interior bruto se disparaba un 196 %. Los Estados Unidos subieron un 17 % y las de la India hasta un 71 %. Ninguno de estos tres países ha suscrito el acuerdo marco de Kyoto.

La AIE prevé en cambio un aumento del 60 % de las emisiones mundiales de gas de efecto invernadero en los próximos 25 años. ♦

40 Aniversario de Ayesa

El pasado mes de febrero se ha cumplido el 40 aniversario del nacimiento de AYESA, una de las empresas españolas líderes del sector por tamaño y tecnología. Fundada en 1966 por José Luis Manzanares Japón, tiene una plantilla de 530 empleados, dispone de tres filiales (Ayniva, Act y Ayesaner) y está presente en las principales capitales españolas.

En Ayesa se han diseñado grandes proyectos emblemá-



ticos, como los Riegos de Fuente Palmera, la Expo 92, o el Puente del Cachorro, siendo galardonada con premios de la importancia del San Benito de Alcántara por su Proyecto de Encauzamiento del

Rio Segura o el Eduardo Torroja por el Estadio Olímpico de Sevilla u otros.

Desde la ROP queremos felicitar a todo su equipo directivo por este aniversario. ♦

Acciona obtiene un nuevo contrato de autovías por 63,3 millones de euros

El Ministerio de Fomento ha adjudicado a Acciona Infraestructuras un nuevo contrato para la construcción del tramo Grado(Oeste)-Doriga, correspondiente a la Autovía A-63, Oviedo-La Espina, en Asturias, por un importe que asciende a 63,3 millones de euros, y cuyo plazo de ejecución es de 26 meses.

Las obras contemplan la construcción de un tramo de

4,2 kilómetros de autovía con un enlace en el municipio de Doriga. Incluye además, la ejecución de un ramal de 1,7 kilómetros y dos glorietas que permiten la conexión con la N-634 a través de la carretera AS-15.

El nuevo trazado de la autovía estará constituido por dos calzadas de siete metros, arcenes interiores de un metro y exteriores de dos metros y medio.

Asimismo, el tramo de la autovía construido por Acciona Infraestructuras contará también con un túnel compuesto por dos calzadas; el de la izquierda tendrá una longitud de 950 metros y el de la derecha será de 920 metros. Además, dispondrá de diez estructuras, un viaducto de 195 metros de longitud, tres pasos superiores y seis inferiores. ♦

Las diez mayores empresas españolas de ingeniería en cifras

Facturación En millones de euros	Por nº de empleados
Sener 518	Técnicas Reunidas 2.000
Técnicas Reunidas 495	Eptisa 1.777
Idom 143,3	Idom 1.401
Eptisa 131,3	Sener 1.300
Typsa 83	Typsa 1.062
Prointec 50	Prointec 1.000
Intecsa-Inarsa 39	Payma-Cota 559
Payma-Cotas 36	Intecsa-Inarsa 505
Inypsa 30,6	Iberinsa 289
Iberinsa 25,5	Inypsa 165

Fuente : Expansión

Ploder construirá la variante de El Burgo de Ebro (Zaragoza) en la N-232/A-68

Ploder, S.A. ha sido la empresa adjudicataria, por parte del Ministerio de Fomento, de la ejecución de las obras de la nueva Variante de El Burgo de Ebro, de 5 kilómetros de longitud, perteneciente a la carretera nacional 232 (Vinaroz - Santander). La inversión prevista es de 14,4 millones de Euros.

Los trabajos, que comenzarán el próximo mes de octubre, han sido adjudicados a Ploder por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, y estarán concluidas en enero de 2008. Las obras tratarán de evitar el previsible "cuello de botella" que se producirá en la travesía de El Burgo de Ebro una vez entre en funcionamiento la Autovía A-68 - entre esta localidad y Zaragoza -, que actualmente se está llevando a cabo.

Esta nueva vía de comunicación, que discurrirá en paralelo a la actual N-232 desde el punto kilométrico 218,5 hasta el 223, 5, evitará el paso del tráfico por el centro de la localidad zaragozana, disminuirá los trayectos hasta la capital aragonesa y separará el tránsito de vehículos de la zona de los de largo recorrido.

Ploder ha previsto un total 3 estructuras, una de ellas para salvar el ferrocarril Zaragoza - Barcelona (vía Caspe) y 6 pasos de caminos de servidumbre existentes. Además se contemplan 2 enlaces, en el PK 223,5 - junto a la Torre del Carmen - con una glorieta donde confluirán los cuatro ramales, la vía de servicio prevista en el tramo de la Autovía A-68 (El Burgo - Zaragoza), y la actual carretera N-232 que servirá de acceso oeste a El Burgo de Ebro.

El diseño también ha tenido en cuenta el futuro desdoblamiento de la carretera nacional, ya que el tronco principal de la variante pasa sobre la glorieta mediante una estructura. El segundo de los enlaces se encuentra en el PK 188.5 y dispondrá de 2 glorietas que distribuirán el tráfico de la actual carretera N-232 - que da acceso a El Burgo de Ebro por el este, así como a su polígono industrial - y además la circulación que proviene de Belchite a través de la carretera A-22. ♦

Adif y Cedex firman un convenio para realizar trabajos de investigación y desarrollo tecnológico

El presidente del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), Antonio González Marín, y el director general del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Ángel Aparicio Mourelo, suscribieron el pasado mes de julio un Convenio de Colaboración con el objetivo de realizar trabajos de investigación y desarrollo tecnológico de interés para ambas entidades dependientes del Ministerio de Fomento. Este acuerdo tendrá vigencia durante el cuatrienio 2006-2009.

Dado que entre las funciones de Adif se encuentran la construcción de nuevas infraestructuras ferroviarias, el mantenimiento de las existentes y la gestión de la circulación, para esta entidad pública es del máximo interés contar con la colaboración técnica de CEDEX, sobre todo teniendo en cuenta el ambicioso programa de inversiones ferroviarias que prevé acometer en los próximos años.

El objeto del contrato -la realización de estudios de investigación y desarrollo tecnológico- se materializará en los siguientes estudios y trabajos:

- Estudio del comportamiento a medio y largo plazo del balasto y sub-balasto, a través de ensayos a escala real.
- Análisis de soluciones constructivas en zonas de transición para optimizar la rigidez de la plataforma en líneas de ferrocarril.
- Métodos y criterios de validación de la plataforma terminada.

-Seguimiento del comportamiento en secciones de vía y estructuras mediante técnicas de instrumentación.

-La Interoperabilidad ferroviaria, incluidos ensayos en laboratorio de componentes del sistema de comunicaciones y pruebas de recepción de equipos ERTMS.

-Estudio de los efectos de las vibraciones del balasto originadas por trenes que circulan a velocidades elevadas.

-Investigación sobre problemas específicos en temas geotécnicos relacionados con puentes y otras estructuras.

Durante la vigencia del presente convenio, cada año la Comisión de Seguimiento del mismo -que contará con representación de ambas entidades- fijará un Plan Anual de Actividades en el que se detallarán los proyectos a desarrollar durante ese período. La vigencia de este acuerdo finaliza el 15 de diciembre de 2009, aunque tanto Adif como CEDEX pueden acordar su prórroga de mutuo acuerdo.

El Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, que abonará a CEDEX un importe máximo de 5.595.000 euros en concepto de esta colaboración, dirigirá el desarrollo del convenio. CEDEX, por su parte, se hará cargo del desarrollo técnico de los trabajos contenidos en el acuerdo.

A través de esta colaboración, Adif profundiza en su línea estratégica de innovación tecnológica e investigación, en aras de la implantación de infraestructuras ferroviarias modernas, dotadas de elevados estándares de seguridad y calidad. ♦

Acciona construirá una desaladora en Torrevieja por importe de 297 millones de euros

El consejo de Administración de Aguas de las Cuenas Mediterráneas (ACUAMED), ha adjudicado a Acciona Infraestructuras y Acciona Agua, en asociación, las obras de construcción, operación y mantenimiento de la desaladora de Torrevieja en Alicante, por un importe superior a los 297 millones de euros. La adjudicación se encuentra integrada dentro del programa A.G.U.A. del Ministerio de Medio Ambiente.

Las obras adjudicadas incluyen la construcción de la planta desaladora, su obra de toma y vertido y las conducciones necesarias para transportar el agua hasta los puntos de entrega previstos: Canal del Campo en Cartagena, embalse de La Pedrera y depósito de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla.

El plazo de ejecución de las obras, cuyo comienzo está previsto para finales de este año, es de 22 meses y el período de operación y mantenimiento será de 15 años.

Esta planta será la segunda desaladora más grande del mundo y la de mayor producción de Europa con una capacidad de producción diaria de 240.000 metros cúbicos

diarios que supondrán 80 hectómetros cúbicos de producción anual. De esta cantidad, 40 hectómetros cúbicos se destinarán a riego y 40 se destinarán a la Mancomunidad de los Canales del Taibilla para el abastecimiento de municipios de Murcia y Alicante.

La planta se ubicará al suroeste del núcleo urbano, en una parcela colindante con la carretera N-332, en las proximidades de la estación depuradora de aguas residuales, actualmente en fase de ampliación.

Las obras de distribución del agua consisten en una primera impulsión hasta una cámara de carga próxima al embalse de la Pedrera desde donde parte dos conducciones que conectan con el propio embalse y con el depósito de abastecimiento de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla.

Acciona aplicará criterios de sostenibilidad económica, ambiental y social contribuyendo a proporcionar recursos hídricos garantizados. La construcción de la planta incluirá innovadores criterios de eficiencia energética y será pionera en el tratamiento arquitectónico y bioclimático y la integración paisajística. ♦

Ferrovial y Sacyr Vallehermoso adjudicatarias de la ejecución y explotación de la desaladora de Águilas-Guadalentín del Programa A.G.U.A.

Ferrovial, por medio de sus filiales de construcción Ferrovial-Agromán y de tecnología del agua Cadagua, y el grupo Sacyr Vallehermoso, a través de sus filiales de construcción Sacyr y de tecnología del agua Sadyt, han resultado adjudicatarios por parte del consejo de administración de Acuamed del concurso para la redacción del proyecto, ejecución de obras y operación y mantenimiento de la planta desaladora de Águilas/Guadalentín, en la provincia de Murcia.

El importe del contrato asciende a 238,7 millones de euros y el periodo de operación y mantenimiento de la desaladora será de 15 años. El plazo para la ejecución de las obras es de 22 meses desde la aprobación del proyecto constructivo definitivo. La desaladora de Águilas-Guadalentín tendrá una capacidad de 60 Hm³/año (180.000 m³/día). Asimismo, el consorcio adjudicatario ejecutará las obras necesarias para que la actual desaladora de la Comunidad de Regantes de Águilas eleve su capacidad en 6 Hm³/año (18.000 m³/día) gracias a una ampliación de la toma de agua y de las instalaciones de pretratamiento.

La nueva desaladora de Águilas/Guadalentín completará el suministro de las demandas de riego de la zona sur de la Cuenca del Segu-

ra, y de abastecimiento a los municipios de Lorca y Águilas. Esta planta se inscribe en el plan A.G.U.A. del Ministerio de Medio Ambiente. La captación de agua de mar se realizará a 17 metros de profundidad para minimizar el impacto y el vertido de salmueras, tras su tratamiento en la planta, se realizará en una zona en la que el oleaje favorece su difusión y disolución. La línea de tratamiento del agua salada constará de un pretratamiento físico y químico, microfiltración, impulsión a alta presión, bastidores de ósmosis inversa y afino de Boro y posttratamiento.

Las instalaciones incluyen la implantación de sistemas de energías renovables (solar térmica para la generación de agua caliente sanitaria y climatización y solar fotovoltaica para la generación de electricidad que cubrirá las necesidades de iluminación interior y exterior, riego de zonas verdes, climatización) e importantes medidas de integración arquitectónica, paisajística y ambiental mediante la utilización de materiales ecológicos, tecnologías sostenibles, vegetación autóctona, aprovechamiento del terreno y eficiencia energética, entre otras. Además se creará un Centro de Interpretación de la Desalación de uso público. ♦

La grandes constructoras se unen para impulsar document@

Aquiles, líder mundial en servicios de gestión de información de proveedores, pone a disposición del sector de la construcción español document@, un sistema conjunto de gestión de información documental de proveedores y subcontratistas al que se accede a través del portal de Obralia.

El proyecto ha sido impulsado por importantes grupos constructores como Acciona Infraestructuras, Comsa, FCC Construcción, Ferrovial, Isolux Corsán y Sacyr para facilitar a los subcontratistas y proveedores con los que trabajan, una moderna herramienta de gestión que mejore los actuales sistemas de recopilación de documentación administrativa. Una solución que proporciona grandes ventajas a todos los agentes involucrados en el proceso de la que se pueden beneficiar otras empresas constructoras interesadas en sumarse al sistema. La compañía navarra Arian Construcción y Gestión de Infraestructuras, ha sido la primera en unirse al grupo inicial.

Document@ ha sido desarrollada en colaboración con Aquiles España y Portugal, filial española de Achilles Group, compañía multinacional líder en la prestación de servicios de información documental para empresas y contrataciones, que ha implantado con éxito modelos similares en el sector energético y del transporte en España, y en el propio sector de la construcción en

otros países. Aquiles se encargará de gestionar el servicio en colaboración con Obralia, el portal de la construcción líder en Internet a través del que se accederá a document@.

La idea de document@ es sencilla: un único gestor centralizado -Aquiles- recibe periódicamente el grupo de documentos comunes acordado por las compañías constructoras y lo transforma en información documental digitalizada accesible, con sus adecuados mecanismos de seguridad y confidencialidad, a través de un portal -Obralia-.

De este modo, los subcontratistas del sector que utilizan este servicio, se evitarán la repetitiva presentación del mismo documento (certificaciones tributarlas, documentos relativos a la cotización a la Seguridad Social, seguros, escrituras, etc.) en múltiples obras de las distintas empresas a las que ofrecen sus productos o servicios, con el consiguiente ahorro de costes y recursos. Una solución que permite demostrar el correcto cumplimiento de las obligaciones de los subcontratistas frente a los clientes actuales o potenciales y abre nuevas oportunidades de negocio a través del Directorio de Empresas de Obralia.

Los responsables de la empresa constructora acceden a una base de datos permanentemente actualizada que muestra la información relevante relacionada con la documentación que cada

proveedor haya remitido al gestor del servicio. El sistema facilita la recopilación de documentación y ayuda a reducir los riesgos relacionados con las responsabilidades inherentes a la contratación.

El sistema está abierto a la participación de todas las empresas que operan en el sector de la construcción en España, ya sean contratistas, subcontratistas o proveedores de materiales, equipos o cualquier otro servicio.

Ventajas de trabajar con document@

- Un único proceso. Aporte centralizado de documentación para todas las entidades contratantes y para todas sus obras.
- Ahorro de costes por un menor empleo de tiempo y recursos.
- Información siempre disponible para empresas constructoras, subcontratistas y suministradores, desde cualquier lugar y a cualquier hora.
- Interlocutor único que reduce en una mayor facilidad para aportar la documentación y resolver las incidencias o dudas que puedan surgir.
- Muestra de cumplimiento. Medio de probar la correcta situación de la compañía a clientes habituales, no habituales e incluso potenciales.
- Máxima confidencialidad. La información está disponible únicamente para las empresas construc-

toras adscritas a document@.

- Reducción del manejo de papeles por el personal desplazado en obra.
- Mayor visibilidad comercial a través del Directorio de Empresas de Obralia.
- Acceso en línea a la información disponible, pudiendo actualizarse en cualquier momento aportando nueva documentación.

El equipo gestor de document@

Aquiles: Líder mundial en servicios de información de proveedores, con presencia en los cinco continentes y en sectores como construcción, servicios públicos, transporte o energía, en los que trabaja con muchas de las compañías más importantes del mundo.

Obralia: Portal de construcción líder en Internet, creado por las más importantes constructoras de España (Acciona Infraestructuras, Comsa, Dragados, FCC Construcción, Ferrovial Agromán, Isolux Corsán y Sacyr) y con más de 4.000 proveedores clientes.

Para más información:

www.obralia.com Tel 914 900 080/ 902 525 052
www.achilles.com/spain/documenta
Tel. 91 4321858
consultas.documenta@achilles.com ♦

ACTIVIDAD EXTERIOR

OHL obtiene en Argelia un contrato ferroviario de 248 millones

OHL en consorcio con la empresa pública argelina Infrarail, en un 85%, se ha adjudicado el contrato para construir una vía férrea entre Annaba y Ramdane Djamel (95 km.), con un presupuesto de 248,3 millones. El plazo es de 39 meses.

A esto se une que el consorcio que lidera OHL ha sido preseleccionado junto a otros de las constructoras francesas Vinci y Bouygues, las italianas Astaldi y Pizzarotti y la estadounidense Bechtel para pujar este verano por las vías de velocidad alta de Argelia. En total, 13 grupos mostraron interés por los tres tramos de Lignes Grand Vitesse, un negocio de más de 2.000 millones.

La adjudicación ferroviaria lograda es la cuarta que consigue OHL del Gobierno argelino en cuatro meses. Primero fueron dos grandes desaladoras en Mostaganem y Cap Djinet que obtuvo en octubre y noviembre a través de su filial Inima y en consorcio con su competidora Aqualia (de FCC). Invertirá 184 millones y a cambio logrará un volumen de negocio de 1.170 millones en 25 años de concesión.

A las desalinizadoras, siguió el contrato en enero para construir la segunda circunvalación de Argel por 459,34 millones, la mayor obra que Argelia ha licitado el año pasado y que se construirá en un plazo de 24 meses. La segunda circunvalación de Ar-

gel será una autovía de 65 km de longitud, que tendrá dos carriles por sentido en cada calzada, con la posibilidad de incorporar un tercero en el futuro. La circunvalación, que adopta la forma de una media circunferencia, al ser Argel una ciudad marítima, es un proyecto clave para mejorar el tráfico en el entorno de la capital argelina, una ciudad de 4 millones de habitantes. También es una obra emblemática para la Agencia Nacional de Autopistas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas argelino, ya que este contrato es el más importante de los licitados en 2005.

OHL lidera el consorcio adjudicatario de esta obra con el

55% de participación, integrado también por la portuguesa, Teixeira Duarte, con un 35%, y la empresa pública argelina Engoa, especializada en prefabricados, con un 10%. Este consorcio compitió con 4 grupos formados por empresas argelinas, italianas, canadienses, chinas y turcas. OHL superó la primera criba técnica con la mejor puntuación y batió en la oferta financiera al grupo italiano-argelino, con el que compitió en la adjudicación final.

Argelia es un país prioritario para la expansión del Grupo OHL en sus actividades de construcción internacional. ♦

Parón al Puente de Messina

En números anteriores hemos venido informando del Concurso para la construcción y explotación del Puente de Messina de 3,7 Km. entre Sicilia y la península itálica, uno de los puentes más importantes del mundo de ésta década, y en cuya adjudicación por 3.900 M€, Sacyr tiene un 18,7% del consorcio liderado por Impregilo.

Sin embargo, el Proyecto ha sido paralizado por el nuevo Gobierno italiano, que no considera prioritario dicho proyecto, como ya figuraba en su programa electoral.

Se inicia ahora un período de consulta, reclamaciones y recursos legales y económicos para compensar los costos incurridos en la larga fase de oferta y adjudicación del contrato. ♦



Cintra contrata la primera concesión de una Autopista de peaje en el proyecto Trans-Texas Corridor en Estados Unidos

Cintra, filial de Ferrovial y compañía concesionaria de autopistas de peaje y aparcamientos, ha conseguido materializar su primera concesión en el proyecto Trans-Texas Corridor, al alcanzar un acuerdo para el diseño, construcción y operación de los Segmentos 5 y 6 (64 km de longitud) de la autopista de peaje SH130 (The State Highway 130) entre las localidades de Austin y Seguin. La inversión prevista en la fase de construcción es aproximadamente de 1.300 millones de USD (aprox. 1.080 millones de euros) y el plazo de concesión se prolongará durante 50 años desde la finalización de las obras de construcción, estimadas en 5 años.

Cintra, con un 65% lidera el consorcio que desarrollará el proyecto, junto a la segunda

mayor constructora local Zachry (35%). El inicio de la construcción está previsto para principios de 2007 después del cumplimiento de diversos trámites, en particular la obtención de permisos medioambientales actualmente en tramitación. Las obras de construcción de la autopista serán realizadas al 50% por Ferrovial Agromán (filial constructora de Ferrovial) y Zachry.

La nueva autopista representará una alternativa a la IH35 (Interstate Highway 35) entre San Antonio y el norte de Austin y permitirá circunvalar la altamente congestionada zona central de Austin a los viajes de medio y largo recorrido. La nueva vía de alta capacidad absorberá los incrementos de tráfico de largo recorrido de vehículos pesados previstos, como consecuencia

del desarrollo de los acuerdos comerciales entre Estados Unidos, México y los países centroamericanos.

La operación es coherente con los objetivos estratégicos de Cintra para la expansión de su negocio: se trata de una inversión de importe significativo, en la economía más desarrollada del mundo, en una concesión a largo plazo (50 años) y ostentando una participación de control en la sociedad concesionaria.

La TIR estimada para el accionista es de aproximadamente el 12%. Además, la autopista cuenta con un esquema tarifario atractivo. Las tarifas se han fijado en \$0,125 por milla para vehículos ligeros y \$0,50 por milla para los pesados (año 2006) y se actualizarán según el crecimiento del Producto Interior Bruto

(PIB) nominal per cápita del Estado de Texas.

En marzo de 2005, un consorcio liderado por Cintra (85%) y Zachry (15%) firmaban con el Estado de Texas el contrato para el desarrollo, durante los próximos cincuenta años, del proyecto TTC-35 High Priority Trans Texas Corridor. De esta forma, ambas compañías se convertirán en "socios estratégicos" del Departamento de Transporte del Estado de Texas (TxDOT) para diseñar y planificar el desarrollo del mayor plan de infraestructuras promovido en Estados Unidos, con una inversión de entre 29.000 millones de USD y 36.700 millones de USD.

En su oferta inicial al TxDOT, Cintra propuso además el desarrollo directo de cinco proyectos (autopistas de peaje), por un

El Grupo OHL construirá un tramo de la Autopista Baku-Frontera rusa en Azerbaiyán

El Grupo OHL, a través de su filial checa OHL ZS, ha resultado adjudicatario de un importante contrato para la reconstrucción de la vía de comunicación más importante de la República de Azerbaiyán, la autopista que une la capital del país, Baku, con la frontera rusa.

El presupuesto de adjudicación de la obra asciende a un total de 55,7 millones de euros y su objeto es la reconstrucción de un tramo de 24 km de la autopista Baku-Frontera rusa, en Azerbaiyán, construida en los años 70. Esta es la vía de comu-

nicación más importante de este país transcaucásico que formó parte de la antigua URSS y que ha iniciado un importante proceso de desarrollo económico que pasa por la mejora de sus infraestructuras de transporte para potenciar sus exportaciones, apoyado en sus abundantes reservas de recursos naturales, entre las que destacan el petróleo y el gas.

El tramo adjudicado a OHL ZS-nueva denominación, desde marzo de este año, de la filial checa ZS Brno- entre los kilómetros 111 y 134 de la autopis-

ta, incluye como actuaciones más destacadas las nuevas circunvalaciones de las ciudades de Divici y Sjazan y la construcción de cinco nuevos grandes puentes para salvar el cruce de un oleoducto y un gasoducto.

Este es el primer tramo que se ha puesto en marcha dentro del proyecto que el Gobierno de la República de Azerbaiyán inició hace tres años para la rehabilitación total de la autopista Baku-Frontera rusa, de 200 km de longitud. Para la financiación de las obras de esta im-

portante infraestructura, el Gobierno azerbaiyano seleccionó al Banco Europeo de Inversiones y al Banco de Exportación Checo, CEB, como entidades crediticias.

La primera de esas entidades financiará las obras de los primeros 65 km. de la autopista desde Baku. El banco checo, el resto del trazado hasta la frontera rusa, incluido el tramo adjudicado a OHL ZS, que en el concurso se impuso a otras dos empresas checas. Firesta y DIS, con una mejor oferta tanto económica como técnica. ♦

ACTIVIDAD EXTERIOR

valor aproximado de 6.000 millones de USD. Bajo los términos del contrato, se podrá negociar cada uno de estos cinco proyectos sólo con el previo acuerdo entre el consorcio y TxDOT. Los segmentos 5 y 6 de la SH130 se convierten así en el primer proyecto.

En Estados Unidos también. Cintra lidera el consorcio que gestiona desde enero de 2005 y por un período de 99 años la Autopista Chicago Skyway (1.830 millones de USD) última-mente se ha producido la transferencia de Indiana Toll Road (3.800 millones de USD), que Cintra gestionará con un período de concesión de 75 años.

Cintra, uno de los principales promotores privados de infraestructuras de transporte en el mundo Cintra, filial concesionaria de Ferrovial, es uno de los principales promotores privados de infraestructuras de transporte en el mundo, con una inversión comprometida en el capital de las concesionarias superior a los 2.000 millones de euros. Cintra opera más de 2.000 kilómetros de autopistas con una inversión gestionada total superior a 15.000 millones de euros.

Con este proyecto, Cintra pasaría a participar en sociedades concesionarias que gestionan un total de 23 autopistas en España (9), Irlanda (2), Italia (1), Grecia (1), Portugal (2), Chile (4), Canadá (1) y Estados Unidos (3). En la actualidad, tres de sus proyectos de concesión (Italia, Grecia y una autopista en Irlanda) se encuentra en proceso de adjudicación definitiva.

En el área de aparcamientos, Cintra lidera el mercado nacional con la gestión de más de 240.000 plazas. ♦

La estación de Zaragoza-Delicias obtiene el Premio Internacional Dédalo Minosse de arquitectura

Adif, como administración promotora de la Estación de Zaragoza-Delicias, ha recibido un Premio Especial en la sexta edición de los Premios Dédalo Minosse (2005/2006), uno de los más valorados de la arquitectura internacional. La obra, proyecto de los arquitectos Carlos Ferrater y José María Valero, ha sido galardonada junto a otras grandes administraciones como las ciudades de Ámsterdam, Berlín e Innsbruck, entes públicos como el Aeropuerto de Viena y las Universidades de Baltimore y Tsinghua, o arquitectos del nivel de Mario Botta, entre otros.

La Estación de Zaragoza-Delicias responde al protagonismo creciente que asume el ferrocarril y que se materializa en

las vanguardistas terminales de viajeros que se construyen por toda Europa, configurándose como nuevos hitos urbanos y referencias obligadas en el futuro del transporte público. Al igual que las estaciones de Santa Justa (de los arquitectos Antonio Cruz y Antonio Ortiz) y Atocha (de Rafael Moneo), Zaragoza-Delicias ya había recibido el premio Brunel a la arquitectura ferroviaria.

El Premio Internacional Dédalo Minosse que conceden la Región del Véneto, la asociación Ala-Assoarchitecti y la revista de arquitectura L'Arca destaca a aquellos promotores públicos y privados de iniciativas que, en colaboración con los arquitectos y los autores de los proyectos, contribu-

yen de forma decisiva a la realización de obras de prestigio que resultan emblemáticas para las ciudades implicadas y las áreas urbanas en las que se ubican.

En una exposición que permaneció abierta al público hasta el pasado 30 de julio en la Basílica Palladiana de Vicenza se recogió información, imágenes y maquetas de las obras premiadas. En esta muestra se pudo observar el diseño de la Estación Zaragoza-Delicias, punto neurálgico de la nueva línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa, junto a una extensa muestra de obras arquitectónicas procedentes de más de 30 países de todo el mundo. ♦

convocatorias

III Congreso Obras Públicas Romanas Astorga, del 5 al 7 de octubre de 2006

Organiza: El Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

El Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas viene organizando desde hace varios años congresos específicos orientados al conocimiento de la ingeniería antigua, en donde, se ha puesto de manifiesto el alto nivel técnico de que disfrutaban las obras públicas de la antigüedad y la gran capacitación profesional que poseían sus artífices.

Estos ingenieros de la época romana tenían conocimientos que les permi-

tieron construir una gran red de carreteras tecnológicamente avanzadas, largos acueductos que abastecían a las poblaciones de agua potable, puentes de impecable factura y puertos de mar.

En los congresos que ya se han celebrado se ha puesto de manifiesto el interés de los ingenieros modernos por los avances técnicos de la antigüedad y se ha establecido una conexión positiva gracias al análisis y a la interpretación

de sus obras por los técnicos modernos.

Se han desarrollado, hasta el momento, dos congresos específicos de este tipo, en 2002 y en 2004, siendo el segundo de ellos de carácter europeo. En este tercer congreso pretendemos seguir avanzando en el conocimiento de las obras de ingeniería romana con especial interés en las que nos han sido legadas en el noroeste peninsular ibérico. ♦

Premios ATEG de Galvanización en Construcción 2006

El Jurado calificador de estos premios, instituidos por la Asociación Técnica Española de Galvanización (ATEG) para distinguir obras destacadas de Edificación, Obra Civil y Equipamientos Urbanos en las que se haya hecho un uso significativo o novedoso del acero galvanizado, en su reunión del pasado 28 de Junio ha concedido tres Premios y cuatro Menciones Honoríficas a siete proyectos seleccionados entre 14 proyectos finalistas, de un total de 60 obras presentadas.

El Primer Premio (dotado con 6.000 Euros) ha recaído sobre la obra "Sede Central Foro Europeo, Navarra", de la que son autores D. Antonio Vaíllo y D. Juan Luis Irigaray - SAS ARQUITECTURA.

El Segundo Premio (dotado con 3.000 Euros) ha sido concedido al proyecto titulado "Adecuación de Nave existente para taller de neumáticos "Sanz Sport", cuyo autor es D. Javier Peña Galiano.

El Tercer Premio (dotado con 1.500 Euros) se otorgó al proyecto "Ampliación de la Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid", de la que son autores D. Javier Fresneda y D. Javier Sanjuán.

Igualmente, el Jurado concedió cuatro Menciones Honoríficas a las siguientes obras:

- "Espacio Urbano entre Avd. Zumalakarregi y C/. José Mardones, Llodio-Llodio", cuyo autor es D. Luís María Uriarte Aldaiturriaga.

- "23 Viviendas de Realajo VPO-R.E, Madrid", del que es autora Dña. Carmen Espgel Alonso.
- "Escuela de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones, Bilbao", del que es autor D. José Ignacio Unazaso Rodríguez.
- "Instituto de Educación Secundaria, Barrio del Carmen, Murcia", cuyo autor es D. José María Torres Nadal.

Esta cuarta convocatoria de los Premios ha gozado de una magnífica acogida, no solo por el elevado número de obras presentadas sino también por la gran calidad de la mayoría de ellas.

La galvanización en caliente es uno de los sistemas más eficaces de protección frente a la corrosión de toda clase de piezas y elementos de hierro y acero que se utilizan en la construcción, tales como estructuras, carpintería metálica, cubiertas y fachadas, barandillas, puertas, cerramientos y cerrajería en general. Los recubrimientos galvanizados proporcionan protección a todos estos elementos frente a la acción corrosiva de la atmósfera y las aguas, lo que permite garantizar su durabilidad durante decenas de años sin necesidad de mantenimiento.

En el año 2005, el consumo de materiales galvanizados en España ascendió a unas 3.100.000 toneladas, lo que representa el 16% del consumo total de acero en nuestro país ♦



Historia de los poblados ferroviarios en España

Coordinadores:
Domingo Cuéllar Villar.
Miguel Jiménez Vega
y Francisco Polo Muriel

Esta publicación ha sido editada con el patrocinio del Ministerio de Cultura (Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales-Subdirección General del Instituto del Patrimonio Histórico Español), del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, de la Consejería de Cultura de la Junta de Extremadura y de la Consejería de Cultura y Turismo del Gobierno de Navarra.

La obra tiene como objetivo el estudio en perspectiva histórica de los poblados ferroviarios en España. Es el resultado de una investigación que se inició en el Programa de Historia Ferroviaria de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE) en los primeros meses de 2002 con la elaboración del Inventario de Poblados Ferroviarios de España, realizado por encargo del

Instituto del Patrimonio Histórico Español (IPHE) y que se concluyó en enero de 2003. El Inventario de Poblados Ferroviarios fue fruto de un exhaustivo trabajo de campo en el que se visitaron más de un centenar de lugares susceptibles de ser incluidos en el inventario, que fueron documentados por amplios reportajes fotográficos, y mediante el cual se recopilaban cerca de medio centenar de entrevistas realizadas a ferroviarios que han aportado su testimonio de vida en estos poblados. De todo este trabajo de campo y del subsiguiente análisis comparado de casos se estimó en 47 los núcleos que podían acogerse con plenitud al concepto de poblado ferroviario y a las variadas tipologías que presentan y que han sido objeto de estudio en la presente publicación.

Ha sido coordinadas por los historiadores Domingo Cuéllar Villar y Francisco Polo Muriel (investigadores de la FFE y profesores de la Universidad Autónoma de Madrid) y por el geógrafo Miguel Jiménez Vega (investigador también de la FFE). Junto a ellos han colaborado las historiadoras de arte Dolores María Marmol Marín y Elena María de Luis, así como María Linarejos Cruz Pérez, arqueóloga del Instituto del Patrimonio Histórico Español.

La obra, profusamente ilustrada, se desarrolla en dos bloques claramente definidos. Por un lado, cuatro monografías que analizan las claves históricas, territoriales, arquitectónicas y sociales de los poblados. Y, por otro, dos anexos en los que se aporta,

por una parte, información descriptiva y la reseña histórica de cada uno de los poblados, aldeas y barrios ferroviarios estudiados y, por otra, contextualiza a estos poblados ferroviarios dentro de las acciones de recuperación promovidas desde el Plan Nacional de Patrimonio Industrial.

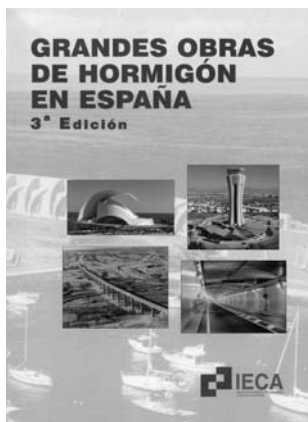
La incidencia del ferrocarril sobre el territorio es objeto de debate en este libro. Y así, la forma de nuestra malla ferroviaria, con sus múltiples nudos, y la influencia de diversos accidentes topográficos en combinación con vastos vacíos demográficos, han pesado de forma crucial en la propia creación y existencia de los poblados ferroviarios.

La obra presta especial atención al legado arquitectónico que atesoran estos núcleos ferroviarios y a su rico y variado mundo social y cultural, hasta ahora poco conocido.

47 núcleos urbanos nacidos por y para el ferrocarril. Algunos han sido el germen de importantes poblaciones (Castejón en Navarra, Venta de Baños en Palencia, Villanueva del Río y Minas en

Sevilla y Estación de Linares-Baeza en Jaén, por citar sólo una muestra) pero otros no han sobrevivido al nuevo ciclo económico que, finalmente, los tomaría inútiles para la misión para la que fueron creados y, por ello, han desaparecido casi completamente.

Como apunte final se ha de remarcar la fragilidad del legado ferroviario. Como si de un análisis DAFO se tratara, los poblados ferroviarios tienen sobre ellos sombras, debilidades y amenazas sobre la pervivencia de algunos de estos núcleos y que es urgente proteger, pero también luces, fortalezas y oportunidades, que aventuran el desarrollo próximo de intervenciones en defensa y puesta en valor de estos espacios. Entre ellas merece ser destacado el Plan Director del Poblado Ferroviario de Monfragüe (Malpartida de Plasencia, Cáceres), redactado por la propia FFE dentro de las acciones del Plan Nacional de Patrimonio Industrial, que impulsa el Ministerio de Cultura a través de la Subdirección General del Instituto del Patrimonio Histórico Español (IPHE). ♦



Grandes obras de hormigón en España 3ª Edición

Carlos Jofré

El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones ha publicado recientemente una nueva edición de "Grandes

Obras de Hormigón en España", colección iniciada en 1998 con objeto de servir de tribuna para que los constructores y proyectistas puedan exponer sus principales realizaciones.

En este tercer número se proporcionan datos sobre ocho obras de puentes y viaductos, tres de puertos, una de aeropuertos, dos de construcciones hidráulicas, dos de túneles y cuatro de edificios.

Al igual que en números anteriores se ha pretendido dar una presentación uniforme a las distintas obras, mediante fichas que incluyen información sobre las características generales de las mismas, las unidades más importantes, los hormigones utilizados y el proceso constructivo.

Los interesados en dicha publicación deberán consultar nuestra página WEB: www.ieca.es ♦



■ **Luis Berga Casafont**, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido elegido presidente del Comité Internacional de Grandes Presas, durante la celebración del XXII Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado en Barcelona en junio de 2006. Además de ser vocal de la Junta de Gobierno del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, es miembro de su Comisión de Agua y Energía, y presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presas.



■ **Rafael Izquierdo de Bartolomé**, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado recientemente presidente de Desarrollo y Asistencia, ONG dedicada al voluntariado social y asistencial en

Madrid. Es miembro de la Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y presidente del Foro de Infraestructuras y Servicios.



■ **Hugo Corres Peiretti**, Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido elegido miembro del Presidium de la FIB para los próximos cuatro años, durante la celebración en Nápoles el pasado mes de

junio del congreso de la FIB. Es profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid

■ **Enrique Díaz-Rato Revuelta**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido designado Consejero Delegado de Cintra, filial de autopistas y aparcamientos de Ferrovial. Ha sido Gerente General de Cintra en Chile.



■ **Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra** ha sido reelegido Presidente de la Internacional Association for Computational Mechanics (IACM) (www.iacm.info) por un nuevo período de cuatro años. La

reelección tuvo lugar durante el congreso mundial de la IACM celebrado en Los Angeles (USA) el mes de Julio de 2006. La IACM agrupa asociaciones científicas de 48 países en el ámbito de los métodos de cálculo en ingeniería y ciencias aplicadas. ♦