

## **REMODELACIÓN DEL FRENTE LITORAL EN EL BALUARTE DE SAN ROQUE (CÁDIZ)**

**M. Figueres<sup>1</sup>, D. Ponce de León<sup>1</sup>, J.M. Garrido<sup>1</sup>  
G. Gómez-Pina<sup>2</sup>, J.J. Muñoz<sup>2</sup>, A. De la Casa<sup>2</sup>**

*1. Iberport Consulting S.A., C\Cardenal Benlloch, 75, 1º-1ª, 46021, Valencia.  
secretaria@iberport.com. Tel. 963 161 595.*

*2. Demarcación de Costas de Andalucía Atlántico. Ministerio de Medio Ambiente y  
Medio Rural y Marino. Tel. 956 200 090.*

### **INTRODUCCIÓN**

La playa de Santa María del Mar, situada en el frente urbano litoral de la ciudad de Cádiz, puede considerarse como una playa de nueva creación formada por dos espigones de cierre y aportación de arena.

Aprovechando el apoyo del espigón norte de cierre de Santa María del Mar, es posible la creación de una playa frente al Baluarte de San Roque, cuya misión será proporcionar una nueva zona de esparcimiento y baño a los ciudadanos y visitantes de Cádiz, y proteger el talud existente de la acción conjunta del oleaje y las mareas.

En la actualidad, el pie de dicho talud consiste en una obra de defensa de la línea costa de 225m de longitud, que va desde el espigón norte de cierre de Santa María del Mar hasta el Baluarte de San Roque, cuyo manto está formado por bloques cúbicos de 8Tn (Figura 1).

La sustitución de la defensa de costa actual por una playa protege de forma natural mediante una obra blanda la zona del entorno del Baluarte de San Roque. Como consecuencia, surge la necesidad de reubicar los cubos de hormigón, problema al que se da solución con la actuación propuesta en el proyecto.



Figura 1.- (De derecha a izquierda) Playa de Santa María del Mar, espigón de cierre, defensa de costa y Baluarte de San Roque.

De las diferentes alternativas planteadas para la creación de la playa de Baluarte de San Roque, se toma como solución aquella que consiste en reconstruir el espigón actual situado al norte de la playa de Santa María del Mar, a la vez que prolongar 190m la alineación perpendicular a la costa del mismo hasta la batimétrica de nivel -5m.



Figura 2.- Alternativa seleccionada

Otras alternativas estudiadas consisten en la creación de un espigón norte en la playa del Baluarte o la eliminación del espigón de cierre de la playa de Santa María del Mar para la creación de una única playa junto la construcción de dicho espigón norte, alternativas que requerían un mayor volumen de obra.

## ACTUACIÓN PROPUESTA

### Reparación y prolongación del espigón

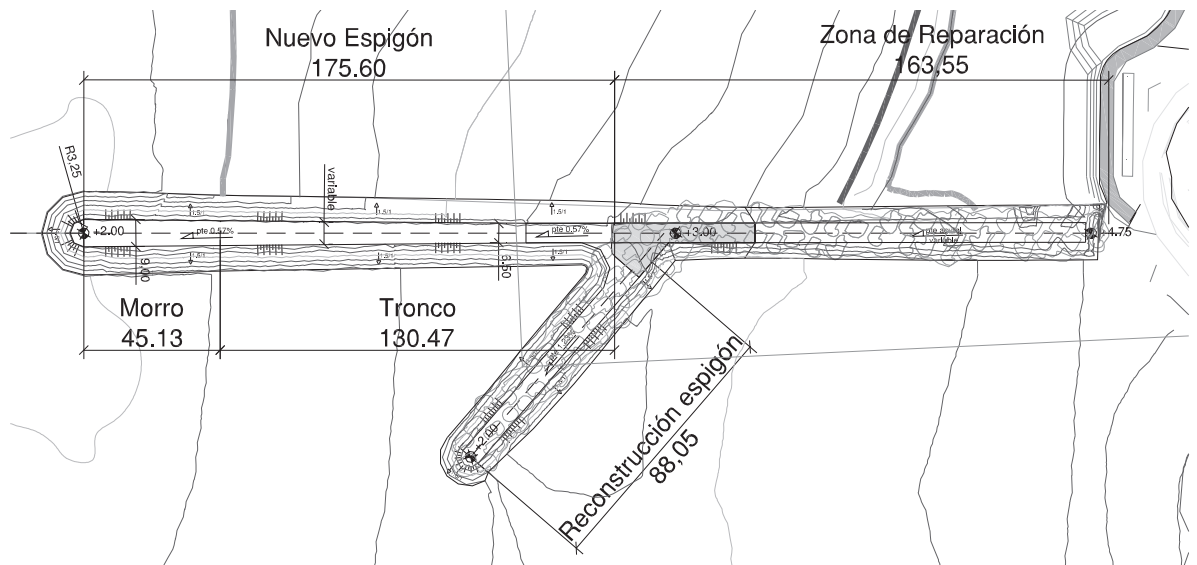


Figura 3.- Planta del espigón de protección

El espigón de protección, de cota de coronación variable, que va desde la cota +4.5m en el arranque hasta la cota +2m en el morro, consta de tres tramos. El arranque del espigón, con una longitud de 163m, requiere una recolocación de la escollera existente y reparación con escollera de 2Tn. El segundo tramo, correspondiente al cambio de alineación del espigón existente, de 88m de longitud, será reconstruido con escollera de 2Tn.

Finalmente, para conseguir la forma en planta adecuada de la playa, es necesaria la prolongación del espigón en 175m, con cota de coronación variable, hasta la cota en el pie de -5.00m, y con una altura de ola de cálculo de 5.5m en situación de marea alta. Se definen dos secciones tipo, para el tronco y morro de la prolongación, en las que se reutilizan parte de los bloques cúbicos de hormigón de 8Tn procedentes de la defensa de costa. La sección tipo del tronco, con una longitud de 130m, está formada por bloques cúbicos de 8Tn en el núcleo y escollera de 2Tn. El núcleo de hormigón es la parte de la sección resistente frente a la acción de las corrientes y el oleaje. El recubrimiento con escollera de 2Tn cumple una doble función de regularización y de reducción de la permeabilidad frente al posible trasvase de la arena desde la playa de Baluarte a la de Santa María del Mar, provocado por la diferente cota del pie de playa a uno y otro lado del espigón. El tramo final del espigón o morro, está definido por una sección homogénea de bloques cúbicos de hormigón de 8Tn.

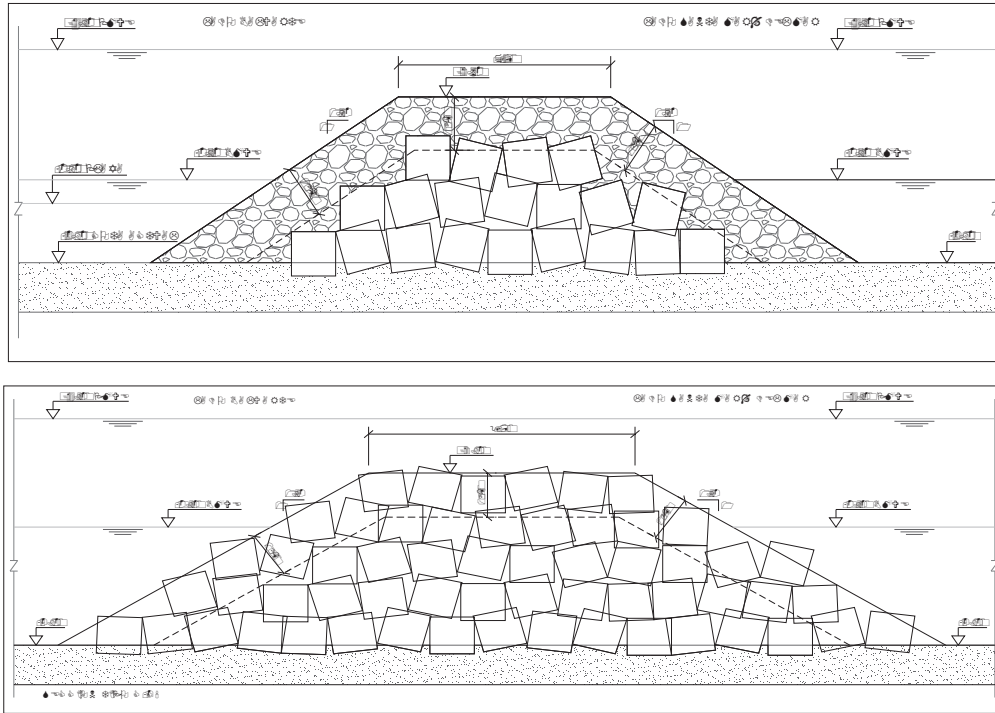


Figura 4.- Secciones tipo del tronco y morro de la prolongación del espigón de cierre

## Defensa de costa

Actualmente, la defensa de costa consiste en un dique en talud que hace a su vez la función de pie del talud del borde litoral, como puede observarse en la Figura 5.



Figura 5.- Defensa de costa y talud del borde litoral

La sección actual, está constituida por un dique en talud con manto y núcleo. El manto consiste en 4569 bloques cúbicos de hormigón de 8Tn que se reutilizan en la prolongación del espigón de protección de la playa.

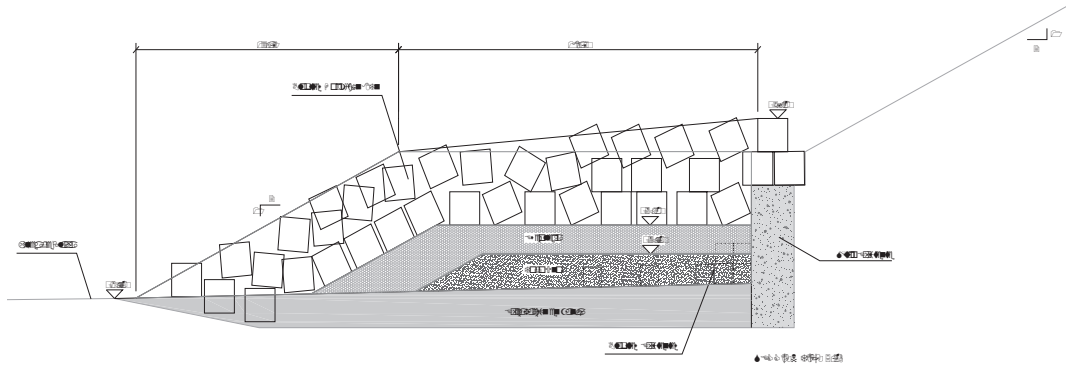
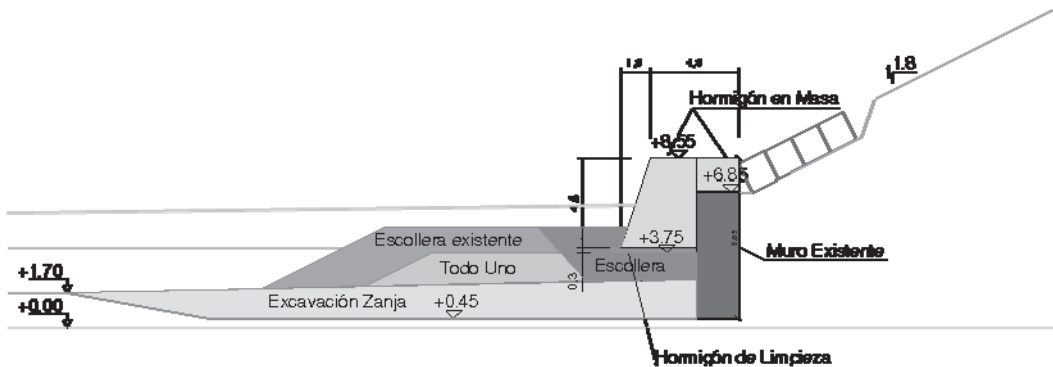


Figura 6.- Sección tipo de la defensa de costa actual

Dicha sección se sustituirá por un muro de contención y revestimiento del talud que garantiza la estabilidad del conjunto una vez retirados los cubos de hormigón, y genera una superficie que permite el acceso a la playa de Baluarte. El muro de contención, una vez realizado el aporte de arena de la playa, quedará en condiciones normales embebido dentro de la arena, pero en condiciones de fuertes temporales, se puede ver expuesto al oleaje por lo que se ha calculado su resistencia frente a dicho agente.

La elevada carrera de marea (de +0.00 a +4.00m) y cota de inundación (+9.00) requiere la colocación de un revestimiento en la parte inferior del talud, formado por el resto de cubos de hormigón no empleados en el espigón.



ERROR: typecheck  
OFFENDING COMMAND: image

STACK:

-dictionary-  
-mark-  
-savelevel-  
-mark-  
-savelevel-

Los cubos de hormigón y su reutilización en el espigón de protección, se traduce en una eliminación de riesgo para usuarios, ya que estos se encontraban en una zona accesible.

### Playa de nueva creación

La creación de la playa de Baluarte requiere un aporte de arena con un volumen de  $398.000\text{m}^3$ , de los cuales  $330.000\text{m}^3$  se emplean en la playa de Baluarte San Roque,  $31.250\text{m}^3$  en la transición con la playa Santa María del Mar, y se prevé un 10% pérdidas por materiales más finos.

La cota de coronación de la berma se fija en la +5.50m, dando lugar a una planta de equilibrio con una anchura mínima de 35m en situación de pleamar.

El material de aportación se obtiene a partir de un dragado de arena uniforme de tamaño  $D_{50} = 37\text{mm}$ , procedente de bajos arenosos de Placer de Meca.

La estimación de la forma en planta de la playa se basa en la existencia de un patrón en la forma de las playas ubicadas al abrigo de un cabo o saliente, desarrollado en el procedimiento propuesto por González y Medina et al. (2001), y que se encuentra implementado en el Módulo de Modelado del Terreno del Sistema de Modelado Costero (SMC).

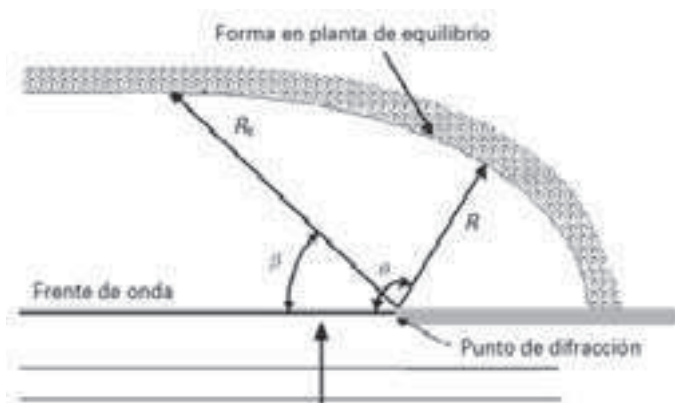


Figura 8.- Esquema de forma en planta de playa en equilibrio (González y Medina et al., 2001)

El perfil teórico de equilibrio de la playa, dada la amplitud de la carrera de marea de 4m, es de tipo bipolarabólico, por lo que se ha modelizado siguiendo la formulación propuesta por Gómez-Pina (2000) (Figura 9).

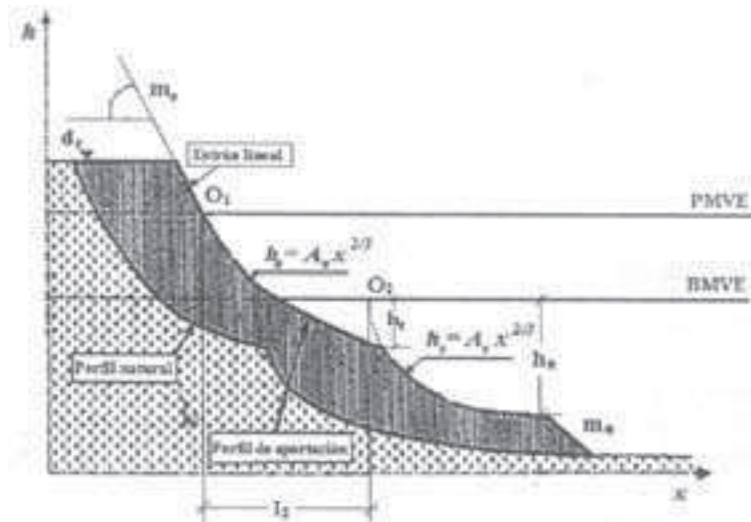


Figura 9.- Perfil biparabólico (Gómez-Pina, 2000)

Los parámetros de dicho perfil de equilibrio (' $A_e$ ' de la parábola emergida, ' $A_s$ ' de la parábola sumergida, ' $I_2$ ' distancia horizontal entre polos de las parábolas), se han calibrado (Figura 10) a partir de los perfiles analizados en la playa de Santa María del Mar, regenerada con arena procedente del yacimiento de Placer de Meca, del cual también se extraerá la arena para la nueva playa.

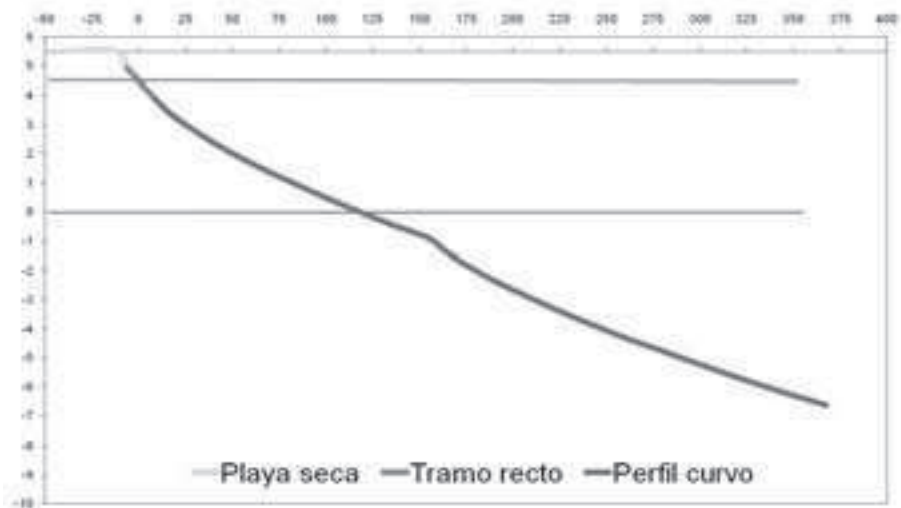
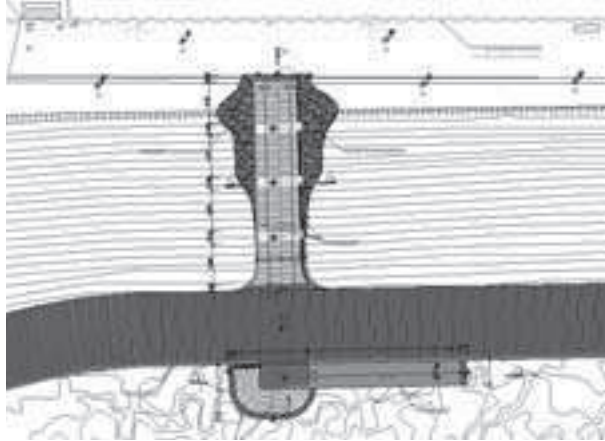


Figura 10.- Perfil resultante del ajuste

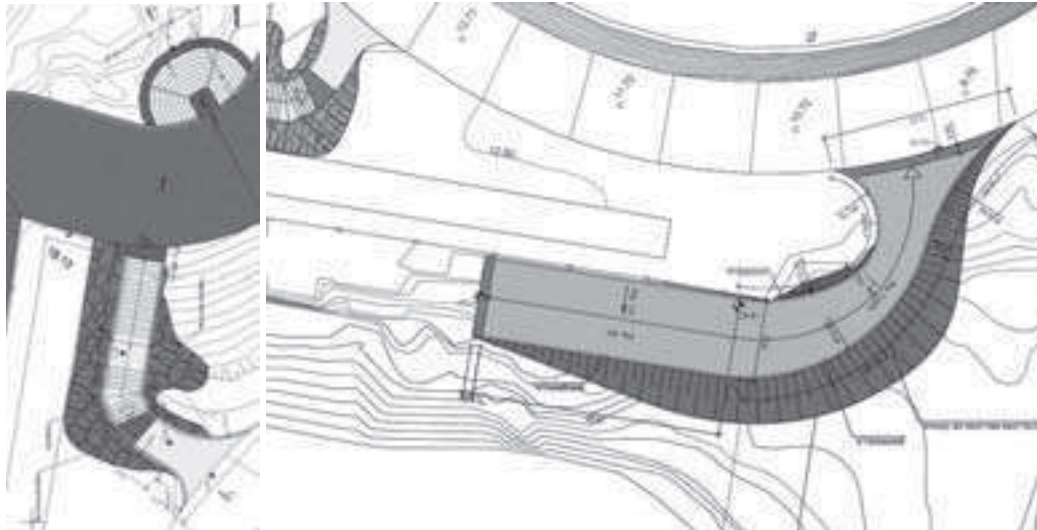
## Acondicionamiento del borde litoral

El acceso a la nueva playa se puede realizar por tres puntos diferentes. El primero de ellos es el acceso a través de la escalera norte, que se encuentra frente calle Barcelona y mantiene su alineación (Figura 11).



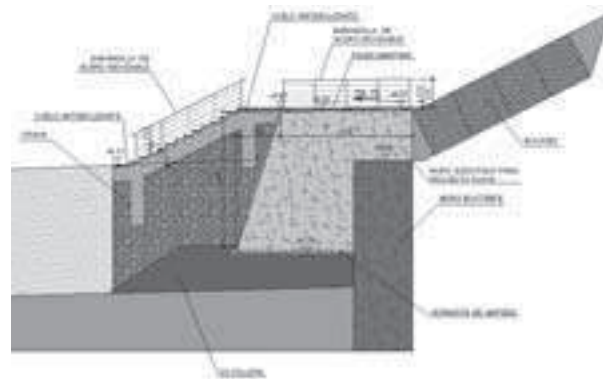
*Figura 11.- Acceso norte frente a C\Barcelona*

Entre la playa de Baluarte y la playa de Santa María del Mar, se proyecta un acceso que consiste en una escalera de acceso al paseo que transcurre por encima del muro de contención, y una rampa de acceso que tiene su origen en la rampa de acceso actual de la playa de Santa María del Mar (Figura 12).



*Figura 12.- Escalera y rampa de acceso desde rampa de la playa de Santa María del Mar*

Los tres caminos de acceso conectan con la plataforma del paseo longitudinal que transcurre por encima del muro de contención (Figura 13).



*Figura 13.- Plataforma del paseo longitudinal y escalera de acceso a la playa*

## **PLAZO DE EJECUCIÓN Y PRESUPUESTO**

El plazo previsto para la ejecución de la obra, teniendo en cuenta la afección que produce la carrera de marea sobre los rendimientos y proceso constructivo, es de 17 meses. En la recogida, transporta y colocación de los bloques cúbicos de hormigón intervienen dos equipos simultáneamente para evitar la necesidad de acopio de bloques, dada la escasez de espacio en la zona de la obra.

La secuencia de ejecución consiste en reparación y prolongación del espigón, y retirada simultánea de bloques de la defensa de costa actual, construcción del nuevo muro de contención, aporte de arena, y ejecución de accesos y plataforma del paseo longitudinal.

El Presupuesto de Ejecución Material de la obra es de unos siete millones de euros, de los cuales un millón y medio se emplean en la prolongación del espigón y construcción de la nueva defensa de costa, y cuatro millones trescientos mil euros, en la regeneración de la playa mediante aportación de arena procedente del yacimiento anteriormente mencionado.

## **CONCLUSIONES**

La actuación proyectada presenta varias ventajas. La primera de ellas es la reutilización de los cubos de hormigón, tanto en el espigón de protección de playa, que reduce la necesidad de colocar escollera de gran tamaño, como en el revestimiento del pie del talud posterior, con la eliminación del riesgo derivado de la presencia de los cubos de hormigón en una zona accesible, y que a su vez garantiza la protección del borde litoral. La segunda de las ventajas es que se consigue una solución funcional, a través de los accesos mediante escaleras, rampa de acceso y paseo longitudinal sobre la defensa de costa. Finalmente, la obra propuesta optimiza el volumen de arena necesario para obtener un ancho de playa superior a 35m en situación de pleamar, cumpliendo con el objetivo de ofrecer una nueva zona de esparcimiento y baño a los ciudadanos y turistas de Cádiz.

## **REFERENCIAS**

Gonzalez, M., Medina, R., Bernabeu, A. M., Vidal, C., Galofré, J. (2001). Modelado de la morfodinámica de playas por medio de formulaciones de Equilibrio. Física de la Tierra, 2001 (13), p. 95.

Gómez-Pina G, 2000, "Modelo Biparabólico de Cuantificación de Perfiles de Playa en Mares con Marea Basado en Datos de Campo del Litoral Español". Tesis Doctoral depositada en la E.T.S. Ingenieros de Caminos de Madrid, Departamento de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente.