



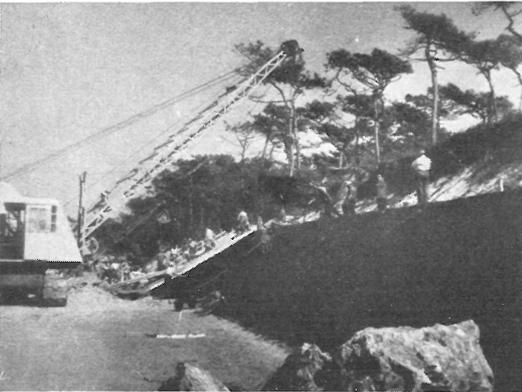
538 - 5

el "mastic" bituminoso en las obras hidráulicas y marítimas

GEORGES VIÉ, ingeniero

SINOPSIS

En este trabajo, el autor estudia, y pone de relieve prácticamente, el amplio campo de aplicaciones que se le ofrecen a los productos mixtos, conocidos con el nombre de mastics, en las construcciones hidráulicas y marítimas. Para hacer más comprensible estos tipos de aplicaciones se exponen dos casos concretos donde se han empleado estos aglutinantes impermeabilizadores: uno de ellos en la protección de márgenes del litoral costero y otro en el vaso de embalse de una presa dedicada a la explotación en período de puntas.



En el año 1860 se decidió abandonar la idea de defensas ligeras sólo en el sentido perpendicular a la margen costera, introduciendo una protección longitudinal, completada, eventualmente, por los espigones rompeolas sumergibles de Les Huttes (1853-1897) y los de Saint-Nicolas (1913), los de La Claire (1896) y los revestimientos de dunas del litoral en La Claire, destruidos en algunos años por el retroceso de la costa.

Las deducciones que se pueden sacar de estas obras se pueden resumir como sigue: a) Los revestimientos de dunas de tipo ligero, no protegidos por una defensa avanzada, están destinados a una rápida destrucción; b) Un espigón sumergible no es suficiente para parar la erosión de dunas y, por tanto, éstas deben protegerse también.

Después de la guerra de 1914-1919 se continuó la defensa por medio de dos rompeolas sumergibles conjuntamente asociados con revestimientos de dunas, barreras transversales (obras de Arres, 1930, y Les Huttes, 1935). Estas obras, que sufrieron desperfectos durante los bombardeos de la segunda guerra mundial, se han recrecido en 1945.

En 1949 ha vuelto a las suyas la erosión en Les Huttes, y los rompeolas antiguos han desaparecido. Este mismo fenómeno ha sido observado en el espigón Saint-Nicolas y el rompeolas de La Claire, donde el espigón número 14 amenazaba se pudiese separar de la costa, es decir, fuera destruido por encercamiento.

Las defensas realizadas bajo el principio de células arenadoras se han construido de hormigón y bloques formando una especie de enchado en el primer sector antes indicado, mientras que en el segundo se han previsto bloques y piedra con huecos rellenos de mastic bituminoso.

La erosión de la costa proviene únicamente de un empobrecimiento de consistencia de la playa, ya que las arenas puestas en suspensión y transportadas por las mareas y olas de dirección y amplitud imprevisibles desaparecen.

Rompeolas de Pointe Grave.

Penetración de mastic bituminoso entre los bloques de ofita.

La extremidad de la península Bas-Médoc, a unos 96 km al noroeste de Burdeos (Francia), está constituida, geológicamente, por terrenos sedimentarios recubiertos por arenas que se apoyan sobre arcillas grises pliocénicas con capas intercaladas de arena.

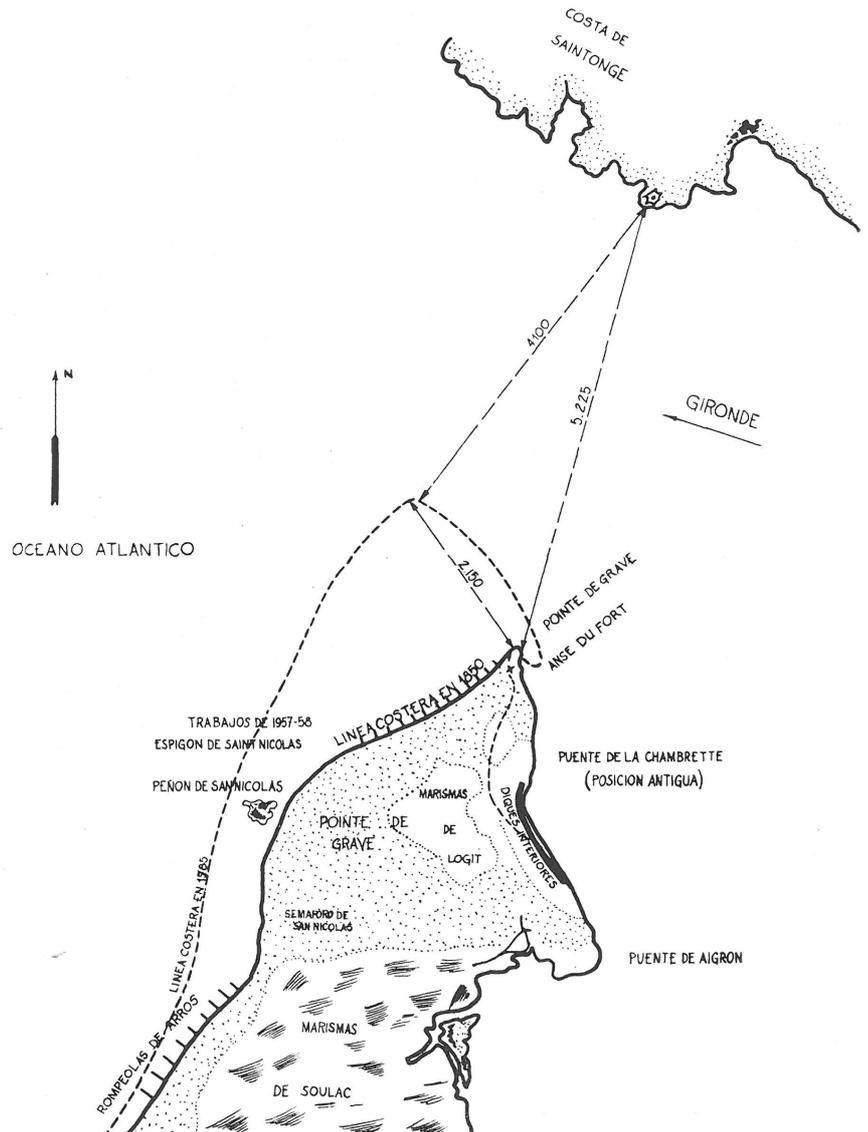
La punta de esta Península, extremidad del brazo que forma la desembocadura del río Gironde, siempre se halló sometida a los ataques de tempestades que le azotaban por los dos costados y, además, por las erosiones de carácter eólico.

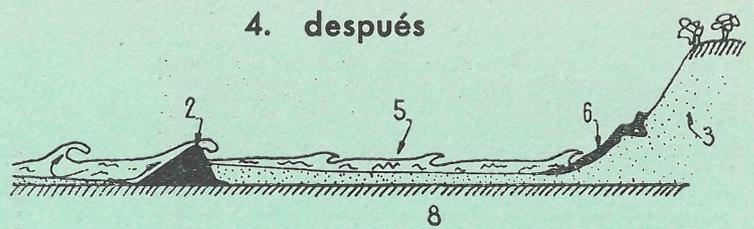
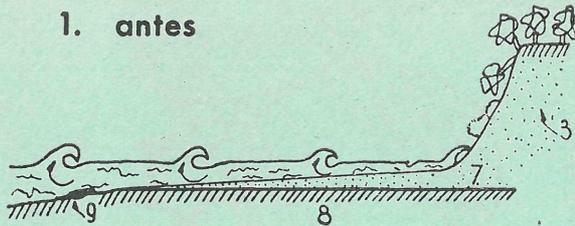
Con anterioridad histórica, el banco calizo del tramo luteciano en que se apoya el faro Cordouan formaba parte de la margen costera. Actualmente se halla a unos 7 km de ella. La recesión de este margen se ha venido verificando a razón de unos 500 m por siglo. La iglesia de Soulac, construida en el siglo XIV, detrás del cordón de dunas, fué enterrada y nuevamente emerge por la acción dinámica de las corrientes de arenas.

En el siglo XIX, el ingeniero Brémontier logró detener los efectos de la erosión eólica, pero las tempestades, particularmente sensibles al norte de Soulac, amenazaban la posibilidad de cortar el cordón de dunas a la altura de Hutter. La recesión de este cordón llegó, en los años 1785 a 1845, a 630 m, y quedaron sumergidas las llamadas localmente «mates», especie de polders holandeses que se hallaban protegidos por diques del lado del río Gironde que, a su vez, vió sus corrientes desviadas. El resultado de estos fenómenos podría haber sido una iniciación resultante en la formación de un delta que hubiese hecho imposible la navegación, lo que comprometía la existencia del puerto de Burdeos.

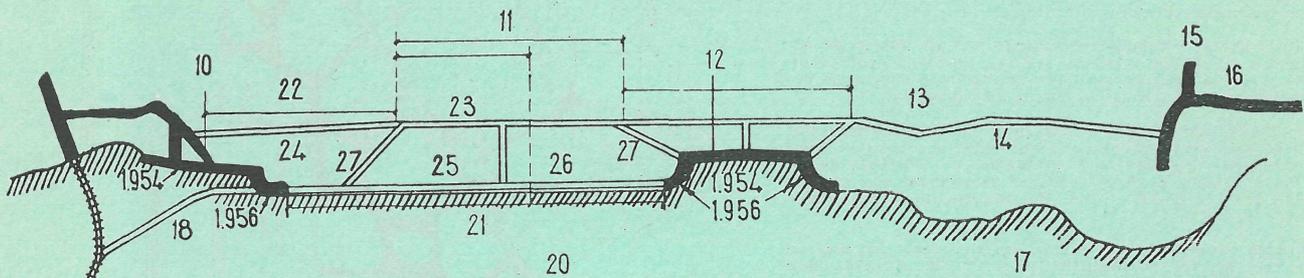
Con objeto de evitar estos peligros, las autoridades portuarias tomaron la decisión de proteger la zona costera afectada por estos fenómenos.

De las primeras obras de protección—hace ciento veinte años—, sólo queda el espigón Grave, obra masiva constantemente conservada y recrecida. La existencia de los otros espigones fué corta, dada la extirpación del raigamen de anclaje por las tempestades oceánicas.





replanteo de las defensas



2. Rompeolas.—3. Duna.—5. Célula original.—6. Revestimiento de duna.—7. Arena.—8. Arcilla.—9. Arcilla atacada.—10. Encachado del rompeolas.—11. Trabajos de primera urgencia.—12. Espigón núm. 14.—13. Programa complementario.—14. Rompeolas aligerado.—15. Espiga de La Claire.—16. Rompeolas de La Claire.—17. Zona protegida por el espigón núm. 14.—18. Carretera.—19. Ferrocarril.—20. Margen atacada.—21. Revestimiento aligerado (565 m).—22. Programa complementario.—23. Rompeolas normal (445 m).—24. Rompeolas aligerado (316 m).—25. Primera célula.—26. Segunda célula.—27. Rompeolas aligerado (100 m).

En lo que concierne a las barreras de delimitación entre dunas y rompeolas, su realización presentó las siguientes características:

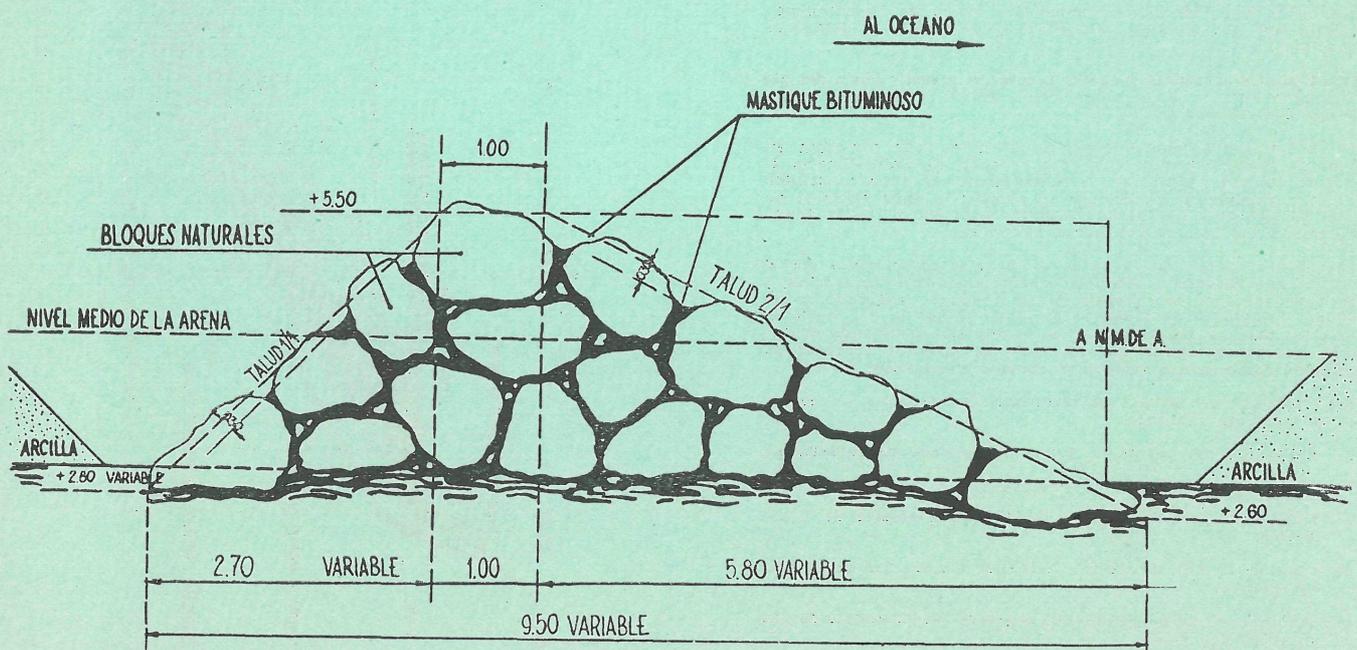
- 1) Bloques laterales anclados 0,25 m en la arcilla.
- 2) Las caras planas de los bloques dispuestas según la pendiente.
- 3) Los huecos entre bloques se rellenaron con piedra para reducir los huecos.
- 4) No se impuso limitación alguna para la dosificación del mastic, que debía rellenar completamente los huecos.

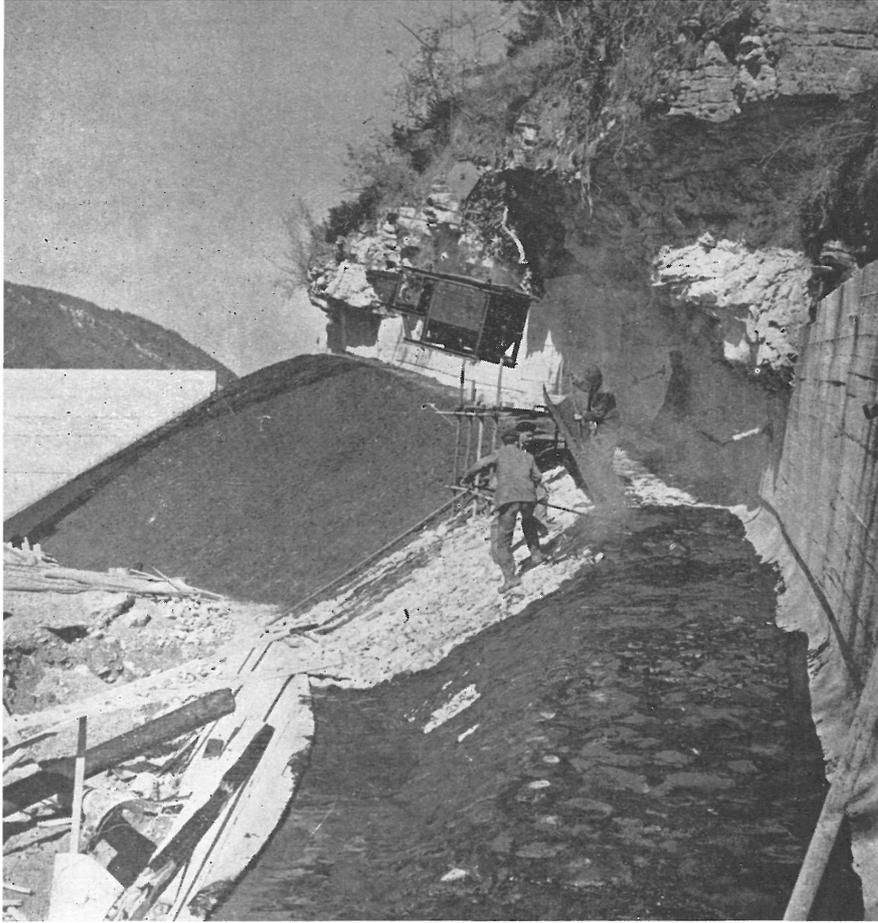
La terminación y aspecto exterior de estos revestimientos presentó un magnífico aspecto general. La eficacia de los revestimientos se ha puesto en evidencia con motivo de la tempestad de noviembre de 1957, ya que el mar se llevó la arena hasta la capa de arcilla en la parte anterior, pero la posterior sostuvo el nivel de la arena por encima del de la arcilla.

Esta protección aplicada en la Pointe de Grave constituye el primer empleo a gran escala, en Francia, del método de calar los bloques y rejuntar las mamposterías expuestas a la acción del mar.

No cabe duda de que en estos trabajos de grandes masas se podrían emplear bloques de menor volumen, ya que éstos se hallan unidos unos con otros con mastic bituminoso y, por tanto, de proceder así se podría facilitar mucho la ejecución.

En las proximidades de Grenoble, y para la presa Engins, sobre el río Le Furon, se han empleado revestimientos de este tipo para la protección de laderas del vaso de embalse.





Penetración de mastic bituminoso en la margen protegida de la presa de Engins.

Aspecto de la piedra durante le penetración de mastic.

Esta presa, de 13 m de altura, situada a 835 metros de altitud, sirve para derivar las aguas del río a una galería de abducción que alimenta la Central bajo un salto de 620 m. Sobre una longitud de aproximadamente 80 m, la margen derecha, aguas arriba, está formada por acantilados calizos que se apoyan sobre arena margosa. Se han tomado grandes precauciones para evitar la descomposición del terreno y su arrastre en detritus por las aguas corrientes o, incluso, por la posible resurgencia que se pudiera producir en el interior del propio banco calizo.

Las obras de la margen realizadas comprenden:

- 1) Un muro de pie con un colector y drenes para captar las aguas que pudieran llegar de la parte posterior.
- 2) Un relleno de piedra suelta formando talud de 3/2 y muy permeable.
- 3) Un revestimiento de mampostería con penetración de mastic bituminoso.
- 4) En la parte superior, un muro de transición con el escarpado calizo.

La carga hidrostática en el pie es del orden de 8 m en periodo de aguas altas, pero varía diariamente de 0 a 6 m en régimen normal de explotación.

La pendiente del talud y la imposibilidad de acceso en la parte superior ha motivado se abandone toda posibilidad de una solución con hormigón asfáltico.

El talud de revestimiento, de piedra, se ha formado por capas sucesivas que se iban consolidando, a excepción de la extremidad de aguas arriba, donde la ejecución era muy difícil. El talud de 3/2 corresponde al ángulo de rozamiento del tipo de piedra suelta empleado, condición que complicó el trabajo.

Este revestimiento se apoya en un rediente del muro de pie, y termina en el muro superior.

La colocación de piedra formando talud se facilitó materializando el enrase por medio del andamiaje tubular, que previamente se montó siguiendo la línea de máxima pendiente, con lo cual se ha conseguido una superficie muy regular.

Para la colocación de piedra y formación del revestimiento de mampostería con mastic se instaló una grúa, de 20 m de radio de acción, al lado del muro de pie y montada sobre una vía de 3 m de trocha.

Voluntariamente, las juntas se dejaron anchas, es decir, de 0,05 m; pero la tolerancia excesiva las llevó hasta 0,10 m y, como consecuencia, ha exigido rellenarlas previamente con grava y gravilla.

Los mampuestos utilizados tenían 0,25 de asta y 0,40 de tizón. La profundidad de los huecos donde podía llegar la penetración era de 0,60 m en las inmediaciones del muro de pie, y de 0,30 a 0,40 m en el conjunto del revestimiento, salvo en el paso dejado en coronación, donde las juntas se rellenaron con gravilla los tres cuartos de altura, no dejando más que 0,05 m de profundidad para rellenar con mastic bituminoso.

El mastic bituminoso se preparó utilizando arena silicea fina, y dosificando el betún 40/50 a 22 %, en peso, del mastic, es decir, el 28 %, en peso, de la arena. Esta pasta penetraba bien hasta los 3 m del lugar donde se vertía. Una superficie de 900 m² se trató con 252 toneladas de mastic, que corresponde a una media de 280 kg/m². Esta cantidad, relativamente elevada, tiene su explicación por la luz de las juntas y profundidad de penetración de hasta 0,60 metros.





Fotos: SOCIÉTÉ ROUTIÈRE COLAS

Vista general de la margen protegida en el embalse de Engins.

Para asegurar la impermeabilización de la zona de transición entre el revestimiento con penetración de mastic de betún y la mampostería del muro de pie de la presa o de la parte rocosa superior del talud, las juntas se recubrieron en la forma siguiente:

- a) Con una capa de imprimación de 400 g de Flintkote HPC3 (Shell), con un 5 % de agua.
- b) Cuatro capas de 1 kg/m² de Flintkote en mezcla a razón de 1 litro de cemento, 1 litro de agua y 12 litros de Flintkote cada 12 m², interponiendo entre capas sucesivas un tejido de fibra de vidrio impregnado de Flintkote en la fábrica, incrustado a mano en la capa fresca precedente.
- c) En los 76 m de la junta del muro de pie, el conjunto de las tres capas de Flintkote armado se protegió con losetas de 1 cm de espesor, cuyo material se compone, por metro cuadrado, de: 1 volumen de cemento equivalente a 3 litros; 2 volúmenes de Flintkote HPC3, equivalentes a 6 litros, y 3 volúmenes de arena lavada de 0-2 mm, equivalentes a 9 litros.

Estas cubrejuntas son de 0,60×0,80 m. En total se recubrieron 140 m de junta, de los que 76 corresponden al muro de pie.

La presa ha entrado en servicio en 1958. El embalse se vacía dos veces al día y, por tanto, el revestimiento emerge dos veces diariamente. Esta forma de trabajar de la central justifica las precauciones tomadas en la ejecución de los revestimientos.

J. J. U.