

PILOTAJES EN PANTALLA

Por FERNANDO OLIVEROS RIVES,
Ingeniero de Caminos.

Se reseñan en este artículo muy interesantes particularidades que se presentan en la ejecución de pantallas constituidas por pilotes fabricados in situ, de lo que se viene ocupando el autor en su trabajo sobre el tema del epígrafe.

III

EJECUCION

Emplazamiento de los equipos.

Una gran dificultad que se encuentra para la ejecución de las pantallas es el emplazamiento de las máquinas, ya que algunas veces hay que hacerlo sobre rellenos recientes, poco consolidados, que asientan y producen movimientos en las patas de la cabria, dando lugar a vicios de descentramiento en la hinca de la tubería. Con frecuencia, el relleno va haciéndose en el sentido longitudinal de la pantalla, ya que conviene a veces utilizarlo como encofrado del pilote, pero como se trabaja en sitios expuestos, alguna vez lo hemos visto desaparecer por efecto de riadas o golpes de mar; por esta razón, en ocasiones, se protege el pie, operación que resulta más económica que el vertido repetido del mismo.

Las máquinas se colocan en plataformas de madera apoyadas sobre puntales, debiendo a veces formarse un andamiaje resistente, ya que el material acopiado para una máquina de 700 mm. de diámetro puede ser de 25 Tn.

Perforación. — La obtención de una pantalla eficaz depende esencialmente de la forma en que se introduce la tubería que ha de formar los elementos que constituyen el conjunto; ésta forma el encofrado unitario de la pantalla y su verticalidad es el factor decisivo para conseguir la tangencia de los pilotes que será, a su vez, la base de impermeabilidad de la pantalla. Este aspecto es el que constituye la base fundamental de ejecución, y nos ha obligado a centrar la máxima atención a lo largo de las veintiocho obras realizadas en la especialidad.

En las obras del dique seco construido en el puerto de Sevilla, la inyección de cierre corrió paralela a la pantalla longitudinalmente 16 m., sin atravesar aquélla. Naturalmente, cuanto más profunda sea, mayores serán los inconvenientes que se encontrarán para evitar la solución de contacto de las columnas; esta circunstancia se agrava con la existencia de bolos en el terreno, que habrán de ser que-

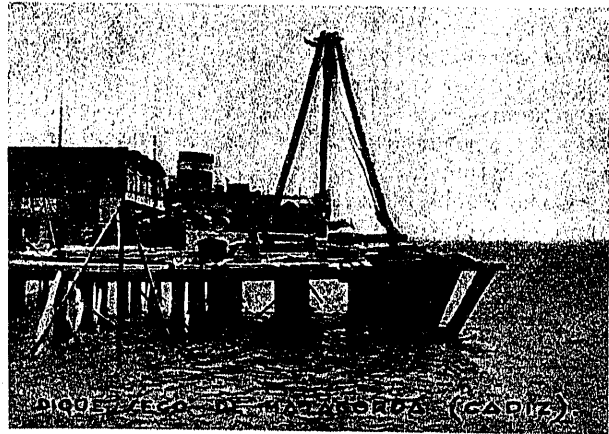


Figura 16.

brantados con el trépano para proseguir la hinca. En el Cargadero de la Sal (Puerto de Santa María) la magnitud de aquéllos era tal, que a veces habían de ser atravesados por la tubería. La pantalla de Río Martín (Tetuán) se ejecutó para sustituir una línea de cajones que habían sido volcados por el mar, y durante su ejecución hubo que atravesar, en algunas zonas, el hormigón armado de aquéllos.

Es obligado efectuar la perforación con trépano guiado por varillaje, comprobando insistentemente la verticalidad y posible desviación lateral que pudiera tener la tubería durante el descenso.

Las excavaciones se efectuarán con la sonda, protegida por la tubería, y nunca aquélla trabajará a cotas inferiores a las que se encuentre la corona; en suelos arcillosos ha de tenerse muy en cuenta el posible efecto de expansión que presentan algunas arcillas, así como los esfuerzos cortantes que se crean en la base, según ha experimentado Terzaghi (1948).

El ideal en la construcción de las pantallas sería hincar primeramente la tubería de todas las columnas y posteriormente efectuar su relleno con hormigón, sistema poco económico, ya que habría que disponer de gran número de metros lineales de tubería; por esta causa, hay que alternar la hinca de la tubería con el hormigonado de las ya hincadas y tratar de obtener, al mismo tiempo, el mínimo de movimien-

tos de la cabria, compatible con el aspecto económico de la ejecución. Se comprenderá que al final del hormigonado del grupo de columnas que se haya fijado, creamos una junta en la pantalla, ya que la soldadura futura habrá de realizarse cuando el fraguado de ésta ya haya comenzado.

Para conseguir un replanteo perfecto, se suelen colocar, exactamente en los puntos estratégicos, pilotes que quedarán después incorporados a la pantalla y habrán servido de comprobación.

Como formas prácticas de realización de pantallas, mostraremos las siguientes:

Tipo A. — Se trata de la pantalla simple a tope, que se puede reforzar con inyecciones en el trasdós (figura 19). Se efectuará en primer lugar la hincia de las columnas en el orden 1, 2, 3, y se hormigonarán las 1 y 2; posteriormente se hará la hincia de las 4 y 5 y se hormigonarán las 3 y 4, y así sucesivamente.

Como se observará, dejamos los pilotes 3, 5, etc., como elementos aisladores que impidan la succión por la sonda durante la excavación inmediatamente posterior, del hormigón de la inmediata anterior.

Con objeto de conseguir un mayor contacto entre



Figura 17.

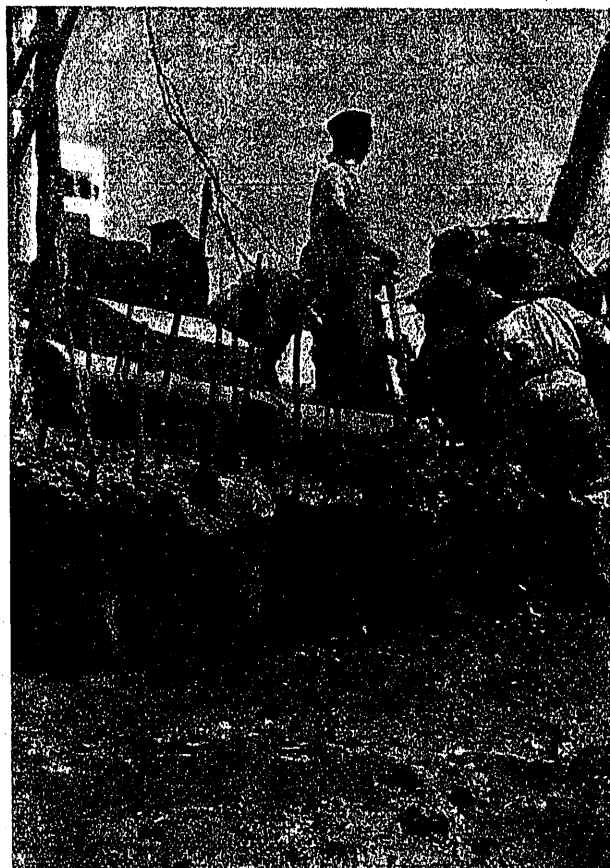


Figura 18.

los pilotes, se pueden colocar los ejes a distancias menores del diámetro, con lo cual la perforación de la tubería siguiente morderá al pilote anteriormente ejecutado, pero esta posibilidad es más limitada de lo que parece.

Tipo B. — Se persigue de esta forma el cierre de la pantalla primaria por medio de pilotes que puedan ser de igual o menor diámetro (fig. 21). La ejecución se efectuaría en la forma siguiente: hincia de las columnas 1, 2, 3 y 4; hormigonado de las 1 y 2; hincia de las 5 y 6; hormigonado de las 3, 4, etc.



Figura 19.

De esta forma se ve que constituimos barreras elementales, con parejas de pilotes, que cumplen los efectos aislantes que antes hemos indicado.

A veces se ejecuta la pantalla secundaria después de haber construido la primaria. No aconsejamos la

adopción de esta práctica, porque el hormigón de la pantalla secundaria encuentra ya fraguado el de la primaria y la soldadura de ambas no se efectúa con la misma uniformidad que hemos indicado anteriormente.

Cemento. — Hay que huir de los cementos rápidos, ya que pueden alcanzar a las tuberías adyacentes, con peligro de inmovilizarlas, lo que obliga a los especialistas a ejecutar maniobras aceleradas, con la derivada influencia en la calidad del trabajo.

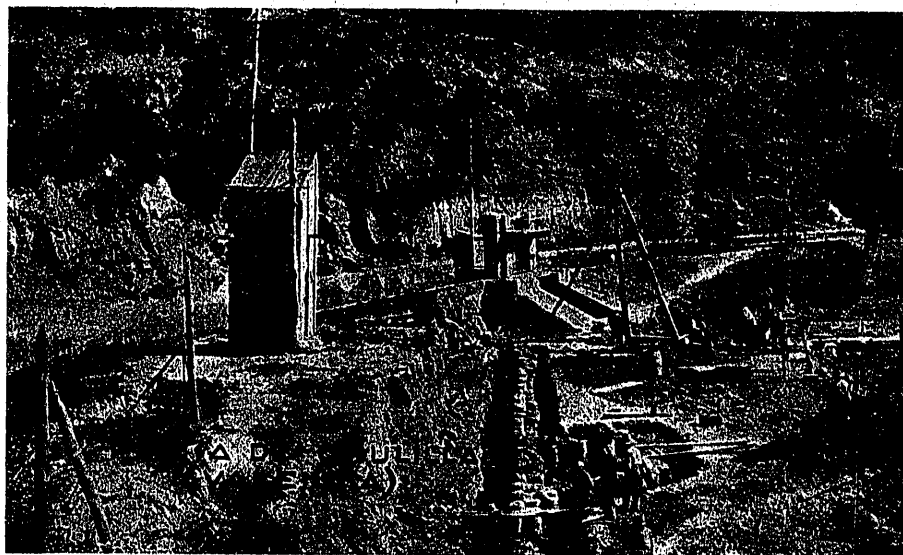


Figura 20.

Tipo C. — La hinca se efectúa en el orden 1, 2, 3; se hormigona la 1; se hincan la 4; se hormigona la 2; se hincan la 5; se hormigona la 3, etc. (fig. 22).

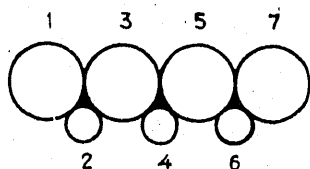


Figura 21.

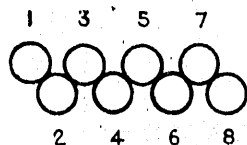


Figura 22.

Este sistema es el más difícil de ejecución y el menos recomendable, ya que, como se comprenderá, si bien aporta ventajas económicas, puesto que sus pantallas primaria y secundaria, que constituyen el tipo B han sido desplegadas, los inconvenientes de orden constructivo no compensan los resultados, salvo en terrenos con tendencias impermeables.

La dosificación de la pantalla resistente debe ser superior a 350 Kg. por m.², y en trabajos marítimos no debe ser inferior a 375. Las pantallas secundarias tendrán siempre dosificaciones superiores a 250 kilogramos por m.².



Figura 23.

En las regiones de la pantalla sometidas a la carrera de mareas, conviene elevar la dosificación de cemento en un 8 por 100.

La relación agua/cemento no debe ser superior a 0,60, y en los casos de hormigón vibrado debe rebajarse hasta 0,50.

Aridos. — Hay que utilizar una granulometría cuidada que dé al hormigón la máxima impermeabilidad. La mayor dimensión de la grava no deberá exceder de 5 cm., pues con diámetros mayores hemos observado que se dificultó la penetración del hormigón a través de la armadura, pudiendo provocar coqueas y, en mayor escala, peligros de estrangulamiento.

En cuanto a la arena, debe dosificarse en la proporción de 1 a 2 con relación a la grava. Hemos utilizado distintas dosificaciones, pero aconsejamos para esta clase de obras la de 900 litros de grava y 450 litros de arena por m.³.

Debe proscribirse la utilización de la arena de machaqueo y, en general, el empleo de tamaños superiores a 1 mm., ya que forman hormigones porosos.

Armadura. — En el pilotaje consta de dos partes: longitudinal y transversal.

Por lo que respecta a la primera, está constituida por redondos, distribuidos en forma conveniente para resistir las tensiones derivadas del cálculo. Los redondos que constituyen la armadura conviene absorban de una manera uniforme las tensiones y, a tal objeto, partiendo de la sección de hierro calculada,

la distancia entre dos redondos no será nunca inferior a 7 cm., con objeto de facilitar el paso de los áridos a su través.

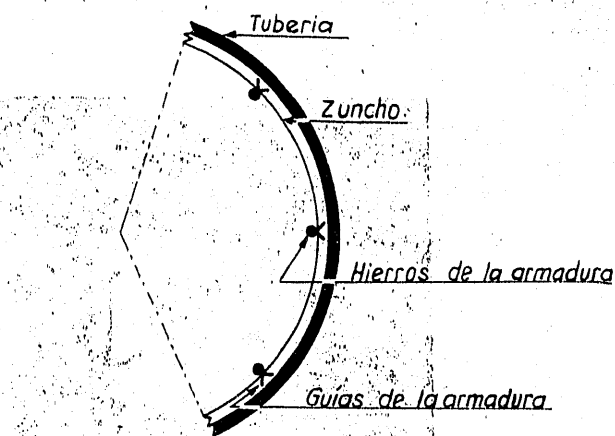


Figura 24.

En las pantallas de pilotes con diámetros superiores a 300 mm., el espesor del recubrimiento de la armadura no debe ser inferior a 2,5 cm.

Con objeto de que la armadura no se desvíe de la vertical tomando posiciones viciosas y mermando, por tanto, la resistencia del pilote, deben dejarse unas guías de alambre inoxidable que cubran el espacio del recubrimiento, como indica la figura 24, de tal forma que obligue a aquélla a conservarse en posición perfectamente vertical.

Si la longitud a armar del pilote es superior a la



Figura 25.

convendrá disponer el mayor número posible de redondos del menor diámetro posible.

El diámetro del redondo no deberá ser inferior a 12 mm. en pilotes de diámetro inferior a 500 mm., ni de 14 en los de mayor diámetro. En cualquier caso,

dada por los redondos comerciales, se procede a la introducción de las distintas partes, que se retienen en el collar por su extremo superior, con objeto de soldarlas al trozo siguiente.

La soldadura conviene sea eléctrica, y nunca se

deberá recurrir al solape por atados, ya que los pesos de las armaduras son considerables y pueden producirse en ellas movimientos relativos que ocasionen situaciones peligrosas. (En la pantalla construida en Río Martín, la armadura de un pilote pesaba 320 Kg.)

La armadura transversal estará constituida por un alambre de 6 a 8 mm. de diámetro, formando un zuncho helicoidal que abraza a la longitudinal al tiempo que la arriostra. El paso de la hélice debe estar comprendido entre 15 y 25 cm. El aumento de

parte inferior, la cual apisonará las tongadas anteriormente vertidas, con objeto de dar al hormigón la máxima compacidad. El contacto del hormigón con el agua queda protegido porque la cuchara deposita en el fondo el material, que al tener mayor densidad que aquélla, la desplaza hacia la parte superior de la tubería, impidiendo el lavado de aquél.

Es necesario, durante el hormigonado del pilote, alternar con la extracción de la tubería, calculando previamente el descenso de hormigón que debe corresponder a cada fase de extracción de aquélla. En



Figura 26.

la facultad de resistencia del pilote, por este concepto, no se tiene en cuenta en los cálculos.

Hormigón. — Aparte de las prescripciones de carácter general, indicaremos que si la tubería está en su parte externa en contacto con el agua, existe una presión, generalmente muy considerable, en la cota correspondiente al pie de la tubería, y el sifonamiento tiende a producirse inevitablemente, por lo cual hay que mirar a todos los hormigonados en estas condiciones que se pretenden ejecutar en seco, con mucha desconfianza, ya que en el caso menos desfavorable de que se consiga mantener el agua en el exterior, las inevitables interrupciones obligadas para proceder a la extracción de la tubería, provocan el lavado violento de la masa de hormigón, con los consiguientes perjuicios para su resistencia, peligro que desaparece si se rellena de agua la tubería hasta equilibrar la presión exterior.

La colocación del hormigón se efectúa por medio de una cuchara herméticamente cerrada por su

Malasnoches (Cádiz) ha ocurrido que durante la construcción de un pozo filtrante, de cinco metros de diámetro, con este tipo de pantallas y debido a la existencia de arena fluente, se producían grandes oquedades en el terreno, que era preciso rellenar con posterioridad durante el hormigonado. Se puede dejar dentro de los pilotes una tubería de $3/4$ de pulgada, que se mueve durante el fraguado, para que el hormigonado no la aprisione, y que sirve para inyecciones posteriores, con objeto de reforzar la pantalla.

Es conveniente vibrar el pilote, bien la masa del hormigón o simplemente la armadura, para mejorar las condiciones de aquél. Respecto al curado, en general no hay que extremar los cuidados, puesto que esta clase de obras, al encontrarse parcialmente sumergidas, mantienen el resto de su superficie en ambiente húmedo.

Un aspecto que ha preocupado mucho y sobre el que tanta literatura existe, ha sido el ataque de las aguas agresivas, concretamente de las aguas marinas,

al hormigón de los pilotes; ahora bien, si se dota al hormigón de un índice de Vicat superior a la unidad, nada hay que temer a este respecto. En el conjunto de obras expuestas al efecto del agua del mar que

mismas se forma, de unos 25 cm. de espesor, hasta alcanzar el verdadero hormigón.

A continuación se construye una viga, de forma que una las cabezas de todos los pilotes, cuya eje-

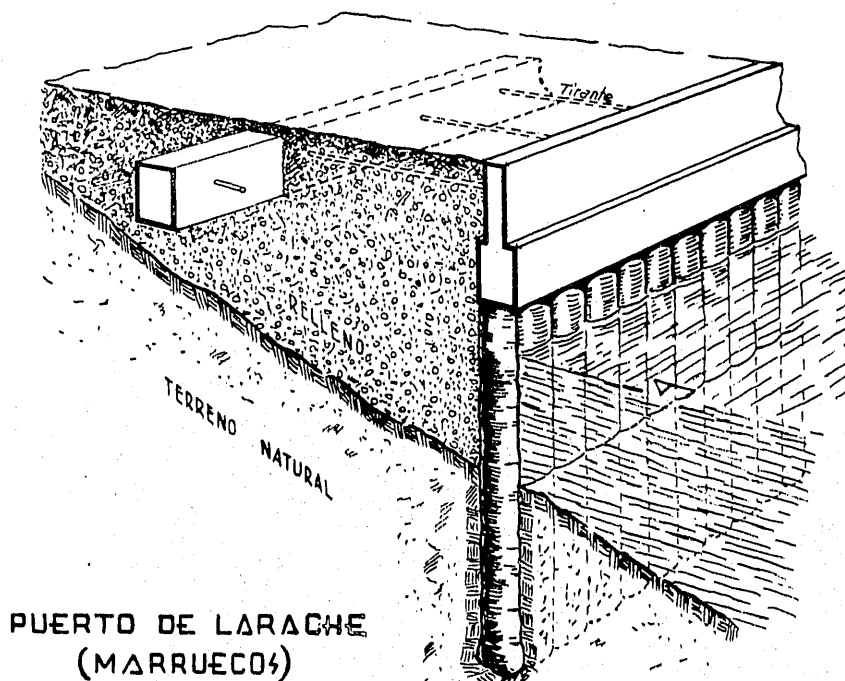


Figura 27.

se han realizado, no hemos notado ninguna influencia perjudicial sobre el hormigón, si bien hemos tratado de cumplir las indicaciones que se han expuesto anteriormente.

Elementos de sujeción de la pantalla. — Para su terminación, se sanéan primeramente las cabezas de los pilotes, eliminando el "barrillo" que sobre las

cución, aparentemente sencilla, puede originar serios trastornos. En el Puerto de Santa María, la mala ejecución de esta viga provocó filtraciones del relleno a través de su unión a las cabezas de los pilotes.

Respecto a la ejecución de tirantes y anclajes, no añadimos nada a los cuidados de orden general de trabajos con hormigón armado.