

DIFERENTES TECNICAS DE PANTALANES Y PLATAFORMAS, APOYADOS SOBRE PILOTES(*)

Por JESUS L. PRESA SANTOS

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

En el presente artículo vamos a describir los diferentes procedimientos que hemos utilizado para la construcción de pantalanes, plataformas o muelles en el mar o en rías, apoyados sobre pilotes, analizando las ventajas e inconvenientes de sus diferentes procesos constructivos. Asimismo damos una idea de las posibilidades de estos procedimientos constructivos para ser empleados en la construcción de modernas instalaciones industriales e incluso de hoteles o de lugares de recreo sobre el mar.

Clasificación.

Atendiendo a la situación de este tipo de obras, podemos clasificarlas en los siguientes tipos:

- 1.º Obras en mar abierto.
- 2.º Obras en recintos abrigados.

Si atendemos a las características del terreno, podemos clasificarlas en:

- 1.º Obras realizadas con fondo arenoso o arcilloso de fácil penetración, en el que los pilotes pueden conseguir un empotramiento suficiente.
- 2.º Obras con poco recubrimiento de terreno suelto, en las que es necesario anclar los pilotes en la roca firme del fondo.

Ambas clasificaciones se pueden entremezclar, dando lugar a diferentes técnicas de eje-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de mayo de 1972.

cución, de las que daremos características y ejemplos de algunas de las construidas por nosotros.

Obras en mar abierto.

En obras realizadas en mar abierto hemos preferido utilizar el sistema de plataformas apoyadas sobre los mismos pilotes en forma progresiva, con o sin auxilio de pilotes suplementarios, los cuales, una vez terminada la estructura de arriostramiento, son extraídos.

Asimismo, y teniendo en cuenta la sobrecarga de ejecución y la de trabajo, hemos podido utilizar la misma estructura del proyecto o una estructura provisional más resistente que va avanzando a medida que progresaba la construcción, siendo sustituida por la definitiva; una vez terminada la obra, y para este último caso, se desmonta la máquina constructora en piezas de peso admisible por la estructura definitiva o se carga sobre barcaza.

Atendiendo a las características de fondo marino hemos empleado diversos procedimientos.

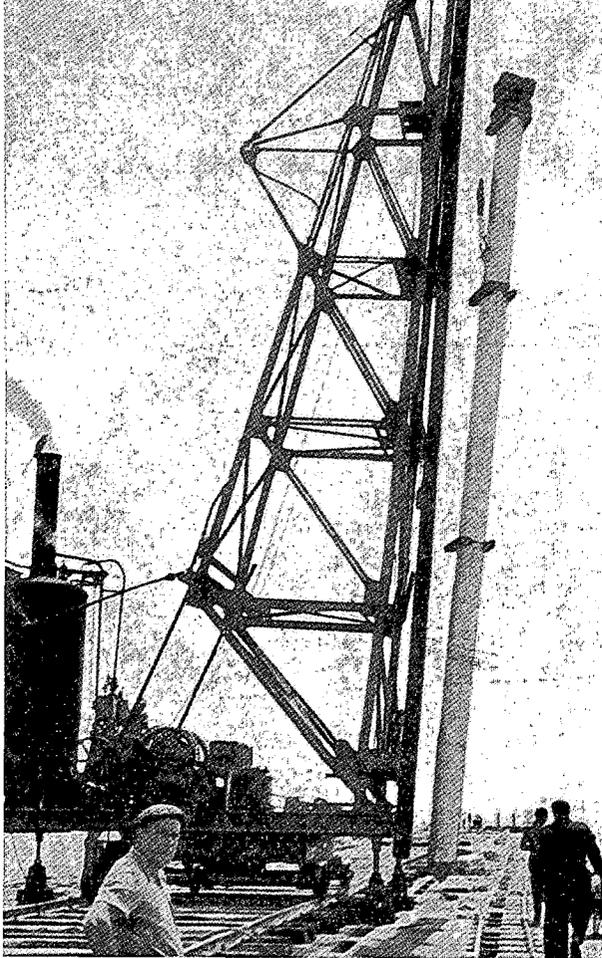


Fig. 1. —Pantalán con pilotes prefabricados de hormigón armado. Fuerzas motrices (Barcelona).

En general, si el terreno es tal que permita un empotramiento de buena calidad por hınca, hemos utilizado bien pilotes prefabricados de hormigón o bien pilotes tubulares metálicos cerrados en el fondo. Si no es posible conseguir un empotramiento suficiente, se hincan tubos con el fondo abierto con el fin de perforar pos-

teriormente por el interior del mismo, dejando el pilote suficientemente empotrado con objeto de poder soportar las tracciones y momentos que puedan producirse o bien tener en cuenta los movimientos del fondo marino que puedan llegar a descubrir peligrosamente la parte inferior de los pilotes.

Atendiendo a las diferentes técnicas de ejecución descritas anteriormente, las obras de este tipo que hemos realizado podemos describirlas como sigue:

Obras ejecutadas con pilotes en fondo marino de fácil empotramiento.

Pilotes prefabricados de hormigón armado.

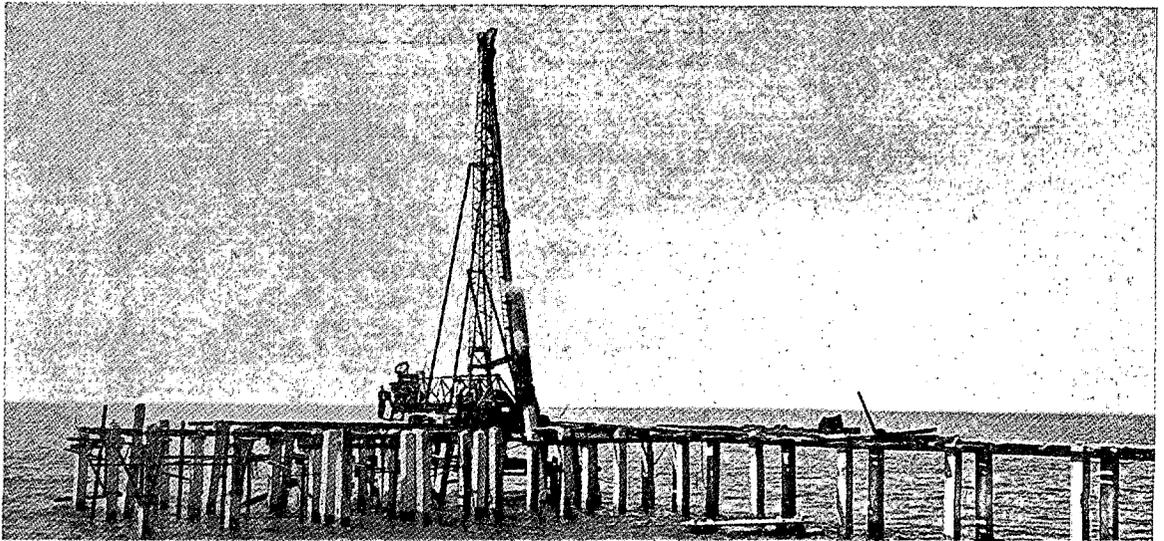
La técnica utilizada con este tipo de pilote ha sido la tradicional, es decir, de fabricación bien en obra o en factoría, procediendo a continuación a la hınca por sistema de martinete de caída libre o diesel.

Esta técnica de pilotaje requiere el empleo de elementos pesados tales como grúas sobre orugas, las cuales muchas veces producen una carga superior a la sobrecarga del proyecto. Es por ello muy importante hacer el cálculo de la distribución de pilotaje, teniendo en cuenta estos estados intermedios de carga, colocando, si es necesario, pilotes auxiliares que pueden ser metálicos.

Por lo demás, las dimensiones de los pilotes y su armado deberá realizarse de acuerdo con las cargas provisionales y definitivas, teniendo en cuenta además los fenómenos de pandeo que pueden ser muy importantes.

En cuanto a la calidad del hormigón, hemos visto que los hormigones compactos, con ele-

Fig. 2. — Pantalán para prácticos. J. O. P. en Mazagón (Huelva).



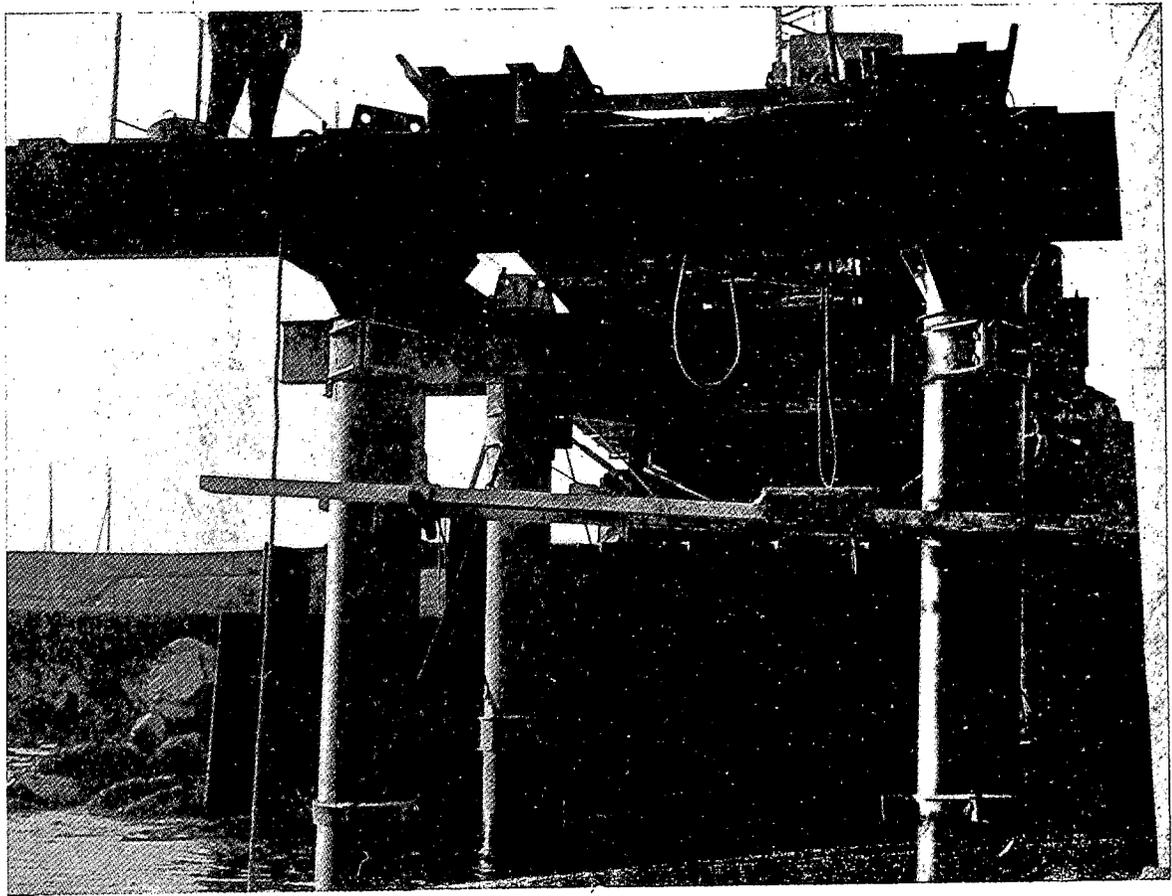


Fig. 3. — Pilotes tubulares metálicos con sección de acero resistente para la totalidad de la carga. Pantalán para la térmica de San Adrián del Besós.

vada dosificación de cemento normal o supercemento de buena calidad y con un curado prolongado y cuidadoso, produce excelentes resultados, incluso para ambiente marino.

En el caso de tener que prever impactos producidos por embarcaciones, es necesario proteger convenientemente los pilotes por medio de un encamisado protector, defensas de madera, etc., si el impacto es pequeño, o por duques de Alba aislados si los impactos pueden ser importantes.

Si los pantalanes son pequeños puede realizarse una disposición vertical de los pilotes, rematando convenientemente los nudos con objeto de conseguir un empotramiento suficiente o bien proveyéndoles de tirantes de arriostamiento; pero si los empujes pueden ser importantes, es conveniente recurrir a los pilotes inclinados.

En cuanto a la superestructura, puede ser bien prefabricada, debiendo estudiarse conve-

nientemente la ligazón con objeto de llegar a conseguir un monolitismo lo mayor posible; o bien, sobre todo para pantalanes y plataformas pequeños, es recomendable recurrir a una superestructura metálica envolviéndola posteriormente en hormigón, con objeto de evitar los fenómenos de corrosión.

Uno de los inconvenientes más importantes de los pilotes prefabricados es el de la limitación de su longitud. Normalmente, y salvo el caso de pilotes tubulares de hormigonado de gran diámetro, con los que es necesario utilizar máquinas muy especiales y pesadas que no sirven para ir apoyadas sobre estructura progresivamente, en el caso de emplear elementos de hincas normales, como es el nuestro, resulta prohibitivo pasar de unas longitudes y secciones superiores a unos 16 m.l. y 40×40 cm, pues el armado y el peso de los pilotes nos lleva a la imposibilidad de realizar este procedimiento; esto está resuelto actualmente, por ejem-

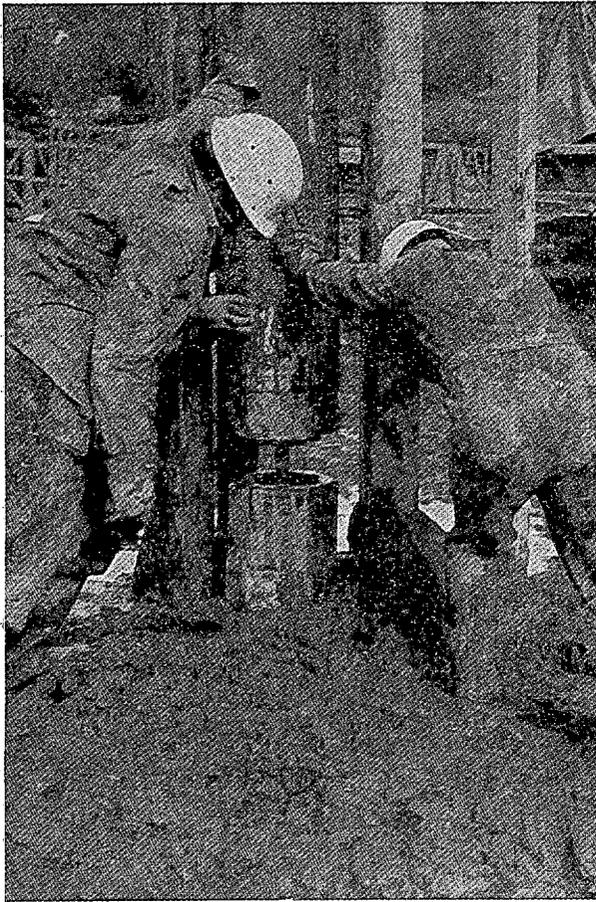


Fig. 4. — Aspecto del empalme del pilote HK con junta metálica.

plo, con el empleo de pilotes fabricados en trozos empalmables por medio de junta metálica tipo Herkules de invención sueca. La junta quedará sumergida en el terreno y podrá pintarse con resinas epoxi, con lo que quedará garantizada su duración. Este procedimiento permite el empleo de máquinas pequeñas, pues las piezas que se manejan pueden ser cortas y el armado de las mismas puede ser también muy reducido, pues el pilote no ha de soportar los esfuerzos de izado y puesta en obra que tendrá que sufrir un pilote largo y pesado.

A esta técnica se le puede incorporar la del empleo de un azuche especial tipo Oslo de gran penetración, que permite, en la mayoría de los casos, en terrenos sueltos, alcanzar las cotas de empotramiento necesarias.

Pilotes metálicos con sección de acero resistente para la totalidad de la carga.

Es en realidad una variante de los pilotes prefabricados de hormigón. Los pilotes prefabricados metálicos formados por tubos resistentes o perfiles cajones de tablestacas, etc., con ellos se puede emplear la misma técnica de hincá, debiendo recurrir bien a una protección catódica posterior o bien a una camisa envolvente en la zona donde el ataque de las aguas y oxidación puede ser mayor, además de la pintura correspondiente; el relleno interior o recubrimiento exterior no se considera a efectos resistentes.

Damos información fotográfica de dos obras ejecutadas con pilotes prefabricados de hormigón armado, así como de los pilotes empalmables tipo HK (fotos 1, 2, 3, 4 y 5).

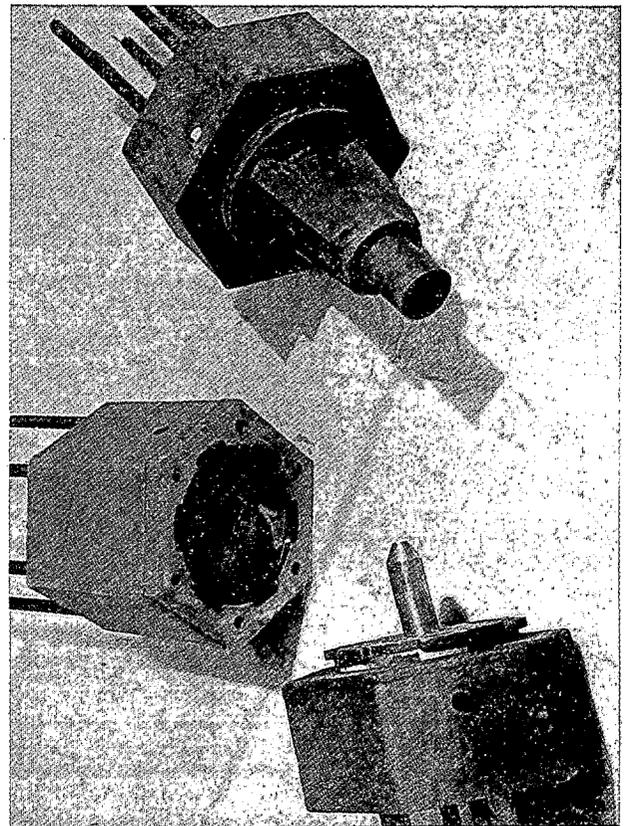
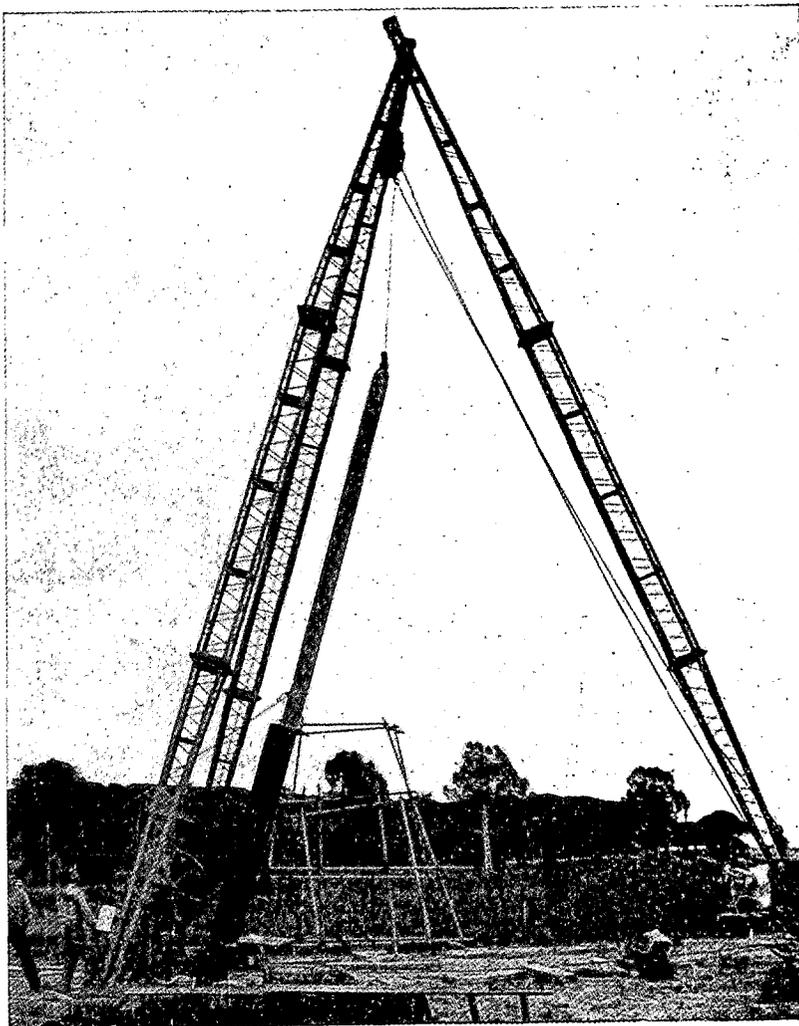


Fig. 5. — Detalle de la junta y el azuche del pilote prefabricado, empalme HK.

Fig. 6. — Cimentación de torres de alta tensión por el sistema de hinca de tubos metálicos con fondo cerrado en las marismas del río Tinto, en Huelva, para la Compañía Sevillana de Electricidad.



Pilotes metálicos con sección de acero insuficiente, pilotes encamisados.

Este sistema, muy utilizado donde el coste de la mano de obra es caro, presenta una serie de ventajas sobre los pilotes prefabricados normales. Lo podemos clasificar en dos grandes grupos, que son:

- a) Con el fondo del tubo cerrado.
- b) Con el fondo del tubo abierto. Este sistema se utiliza principalmente cuando el fondo marino es rocoso, por lo que es difícil conseguir un empotramiento suficiente, y lo trataremos en el capítulo correspondiente.

El primer sistema es muy apropiado en sustitución del pilote prefabricado, pues pueden al-

canzarse grandes profundidades con muy poco peso de la camisa de chapa, que, dicho sea de paso, no es necesario que sea de mucho espesor, pues trabaja a tracción durante la hinca.

La hinca se realiza por medio de un pisón que golpea el fondo del tubo; existen procedimientos de protección de aquél por medio de hormigón seco y toda una técnica de hinca donde se van comprobando rechazos hasta conseguir la resistencia suficiente.

Una vez hincado el tubo se introduce la armadura, pues hay que prever la oxidación de la camisa exterior y se hormigona *in situ* con hormigón de cemento especial, aunque sea de curado lento, pues la operación de curado puede realizarse perfectamente al abrigo del ataque de agua de mar durante largo tiempo (foto 6).

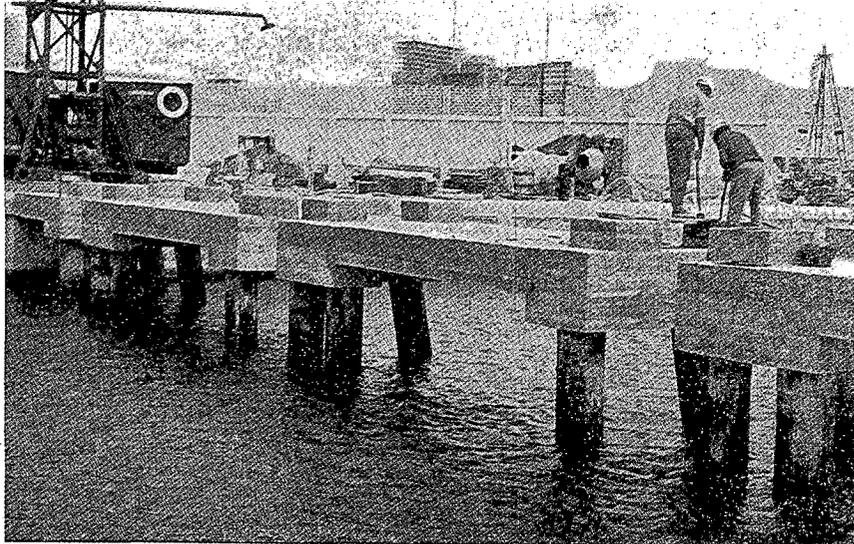


Fig. 7. — Elevador para barcos en Alicante con pilotes anclados en roca.

Obras ejecutadas con pilotes en fondo marino rocoso.

El segundo sistema indicado en el apartado b) anterior, o sea, de pilotes hincados con tubo abierto, como ya hemos indicado anteriormente, se utiliza cuando el empotramiento conseguido al hincar la camisa de chapa es insuficiente y es necesario completar la hincada del tubo con un vaciado del mismo, produciendo, a continuación de la limpieza del terreno suelto, la perforación del fondo por medio de trépanos, triconos con circulación directa e inversa, perforadoras helicoidales, etc., hasta alcanzar la cota definitiva.

La hincada de tubos se realiza bien con martinete de golpeo o bien con vibrohincador, el cual presenta la gran ventaja de que pueden realizarse hincadas y extracciones sucesivas atravesando el recubrimiento de terreno suelto que suele haber, hasta dejar el tubo perfectamente centrado en su posición definitiva.

A continuación se procede a la limpieza y perforación en el interior del tubo. Una vez conseguida la profundidad conveniente, se procede al hormigonado del pilote por medio de hormigón sumergido.

Este sistema puede también ejecutarse progresivamente avanzando la superestructura sobre la obra ejecutada, como en el caso de los pilotes prefabricados, pudiendo incluso, una vez realizada la hincada de tubos, ir avanzando provisionalmente sobre la misma, realizando des-

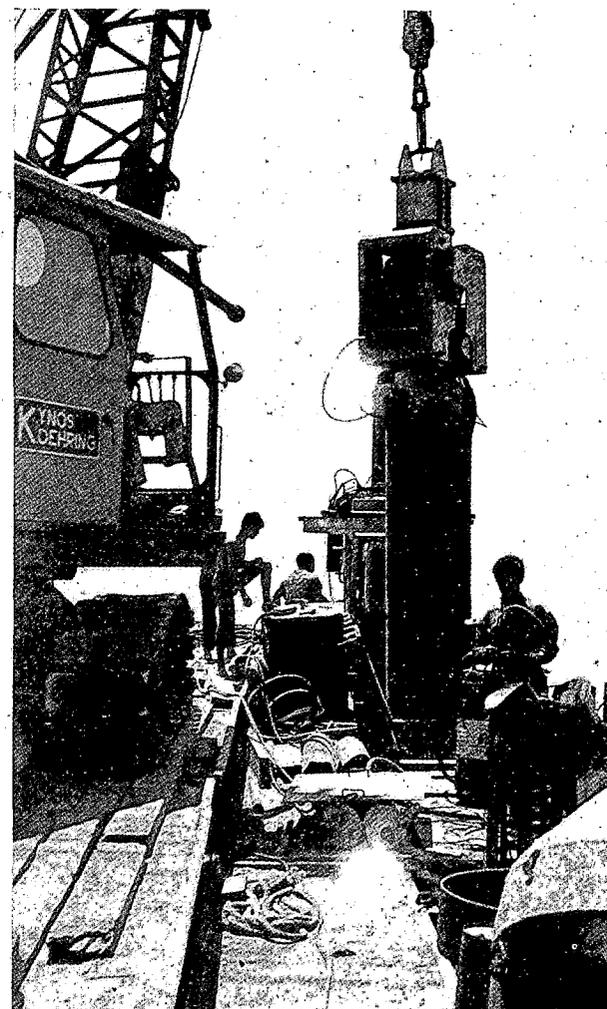


Fig. 8. — Hincada de la camisa tubular con vibrohincador. Pantalan para la central térmica de Algeciras.

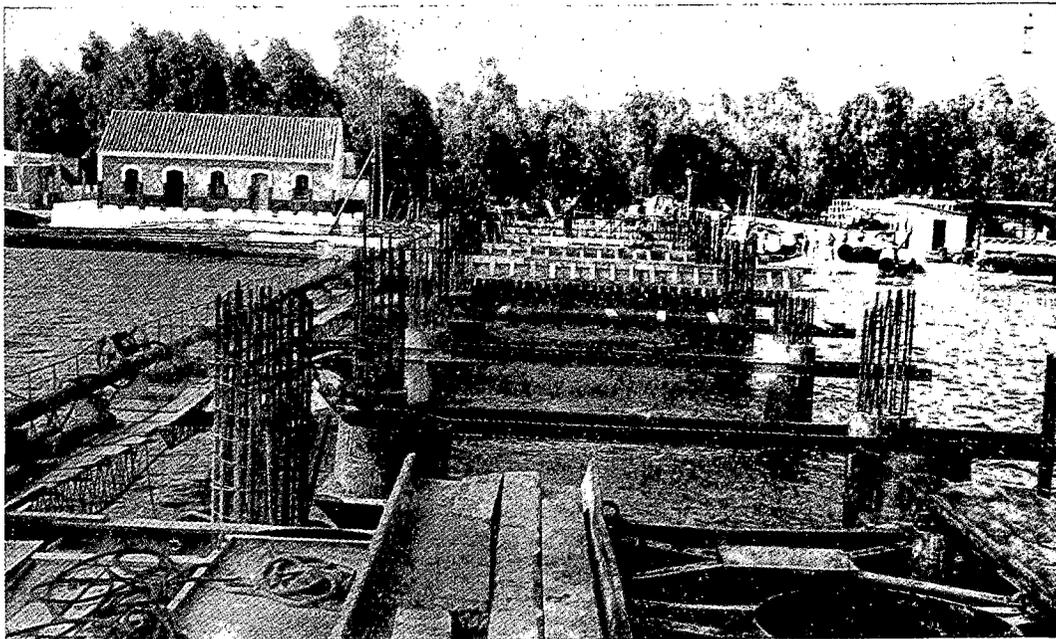


Fig. 9.—Aspecto de los pilotes una vez hincados y hormigonados. Pantalán para la Central Térmica de Algeciras.

pués e independientemente la perforación y hormigonado de los pilotes (fotos 7, 8, 9 y 10).

Una variante de este sistema consiste en el

empleo de camisas tubulares de hormigón, lo cual resulta más pesado y generalmente más costoso.

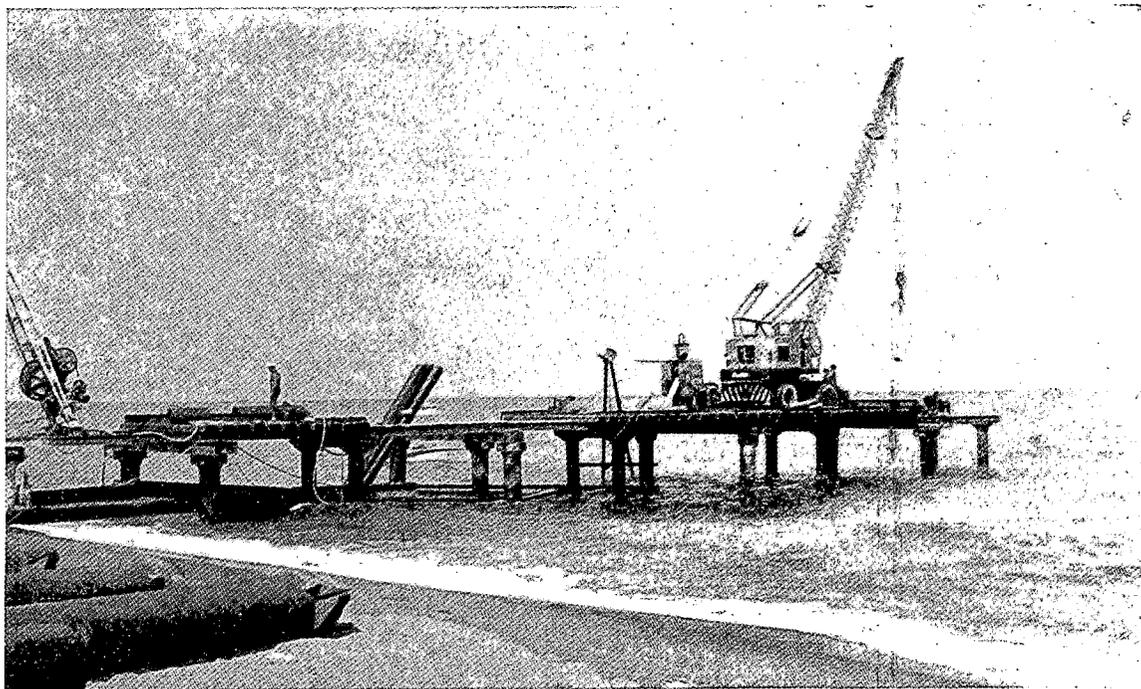


Fig. 10.—Sistema de hincado de tubos por vibración y vaciado con cabria de pilotaje. Pantalán para el hotel Pez Espada (Málaga).

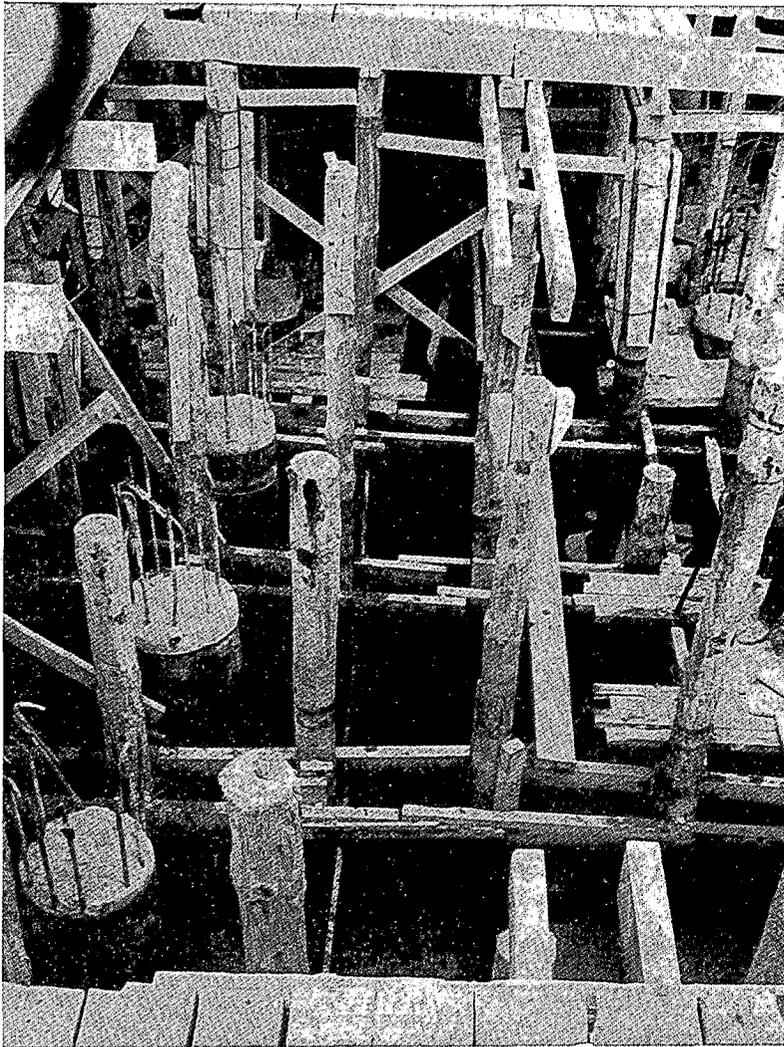


Fig. 11. — Vista de la plataforma provisional de madera y de los pilotes terminados para el muelle. Pantalán para apoyo de una cinta transportadora. Metal-química (Bilbao).

Obras en recintos abrigados.

Las técnicas indicadas anteriormente, que hemos utilizado en zonas de mar abierto, las hemos empleado también, como es lógico, en recintos abrigados. Pero, además de estos sistemas, hemos utilizado los otros tipos de soporte más tradicionales, tales como las barcazas y las palizadas provisionales de madera.

La técnica sobre barcaza no difiere en esencia en los procedimientos de hincá y ejecución de pilotes, bien sean prefabricados de hormigón o tubulares hincados o vaciados, de lo cual damos información de algunas de las obras realizadas.

Tiene la ventaja este procedimiento de poseer una mayor movilidad y rapidez de maniobra que el indicado anteriormente, con el prin-

cipal inconveniente que, repetimos, es de ser de muy difícil empleo en mar abierto.

Una variante de este procedimiento es el de utilización de islas con patas, pero esto resulta costoso y también relativamente peligroso en mar abierto, salvo que se utilice una isla de este tipo sobredimensionada.

Como procedimiento que nos ha resuelto obras difíciles con relativa economía, damos a continuación una descripción del procedimiento de apoyo de las máquinas de ejecución de pilotes sobre una plataforma fabricada con madera.

En muchos casos, y sobre todo si la obra no es lineal, sino más bien superficial, y cuando se prevé un empleo abundante de trépano para conseguir el suficiente empotramiento de los pilotes en el fondo rocoso, se recurre a la utilización de las cabrias tradicionales, las cua-

les se colocan sobre una plataforma, generalmente de madera o combinación de madera y metálica, apoyada sobre pilotes también de madera o metálicos hincados provisionalmente. Esta plataforma puede servir además como encofrado para la losa de estructura definitiva.

En estos casos también hemos recurrido al empleo de un tubo de perforación muy resistente, que permitía golpes y que el trépano no lo dañaba, colocando interiormente una camisa más fina que envolvía a la armadura y que se dimensionaba sin tenerla en cuenta, formando en realidad el encofrado posterior del pilote, que se hormigonaba *in situ*. Una vez realizado el hormigonado, se efectuaba un relleno posterior, entre la camisa-encofrado y la de perforación, sujetando además el pilote a la plataforma hasta que el hormigón haya endurecido lo suficientemente, pues el tubo empleado para la perforación se extraía inmediatamente.

Damos información fotográfica de algunas de las obras realizadas por estos procedimientos (figura 11).

Aplicaciones de las palizadas sobre pilotes.

Además de las utilizaciones de estas plataformas o pantalanés para fines industriales, tales como tomas de agua, muelles de atraque como los que hemos descrito, pueden tener una gran aplicación en otras instalaciones de este tipo, tales como en los modernos muelles de carga y descarga rápida, así como otras instalaciones del futuro, como la que indicamos en el dibujo adjunto, para una gran cinta que cargará 4.000 Tm por hora (foto 12), o ya que tenemos noticia que ha sido ya montada en El Aaiún para carga de fosfatos.

Otro de los aspectos que ha de cobrar también en un futuro inmediato gran desarrollo es el deportivo, pues estas instalaciones son fundamentales para el atraque y abastecimiento a yates y pequeñas embarcaciones de recreo, cada día más frecuentes.

También queremos destacar un aspecto de gran interés: se trata de la construcción de plataformas dentro del mar, sobre las cuales se

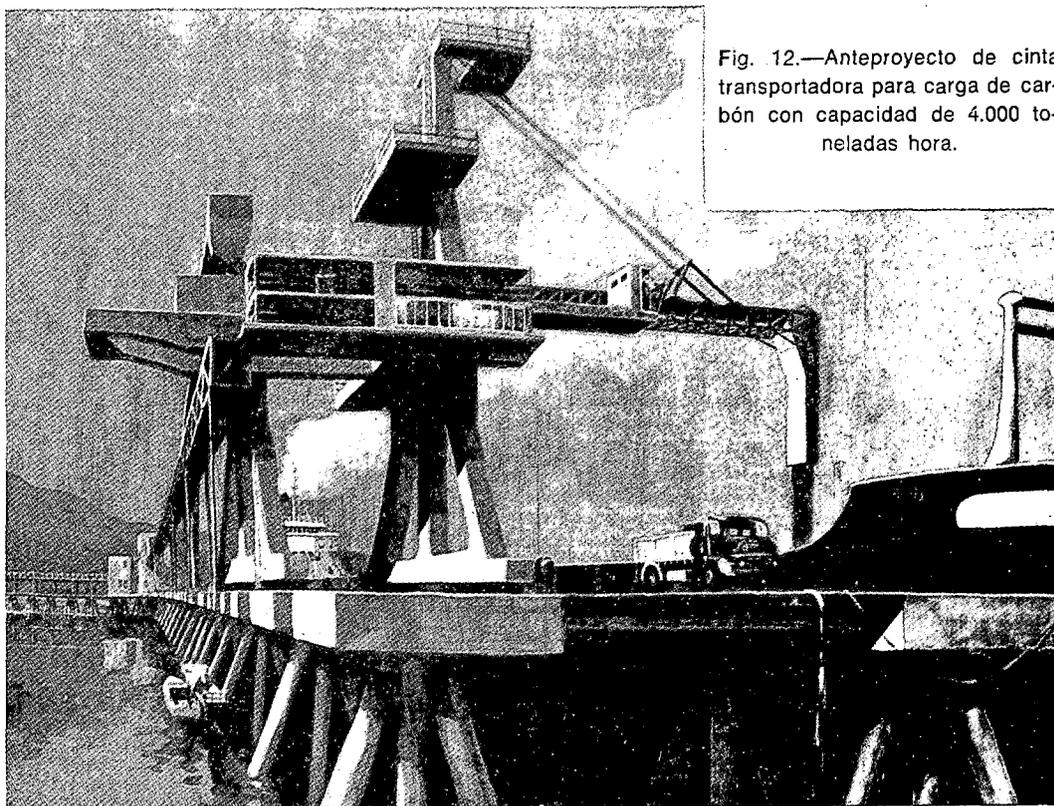


Fig. 12.—Anteproyecto de cinta transportadora para carga de carbón con capacidad de 4.000 toneladas hora.

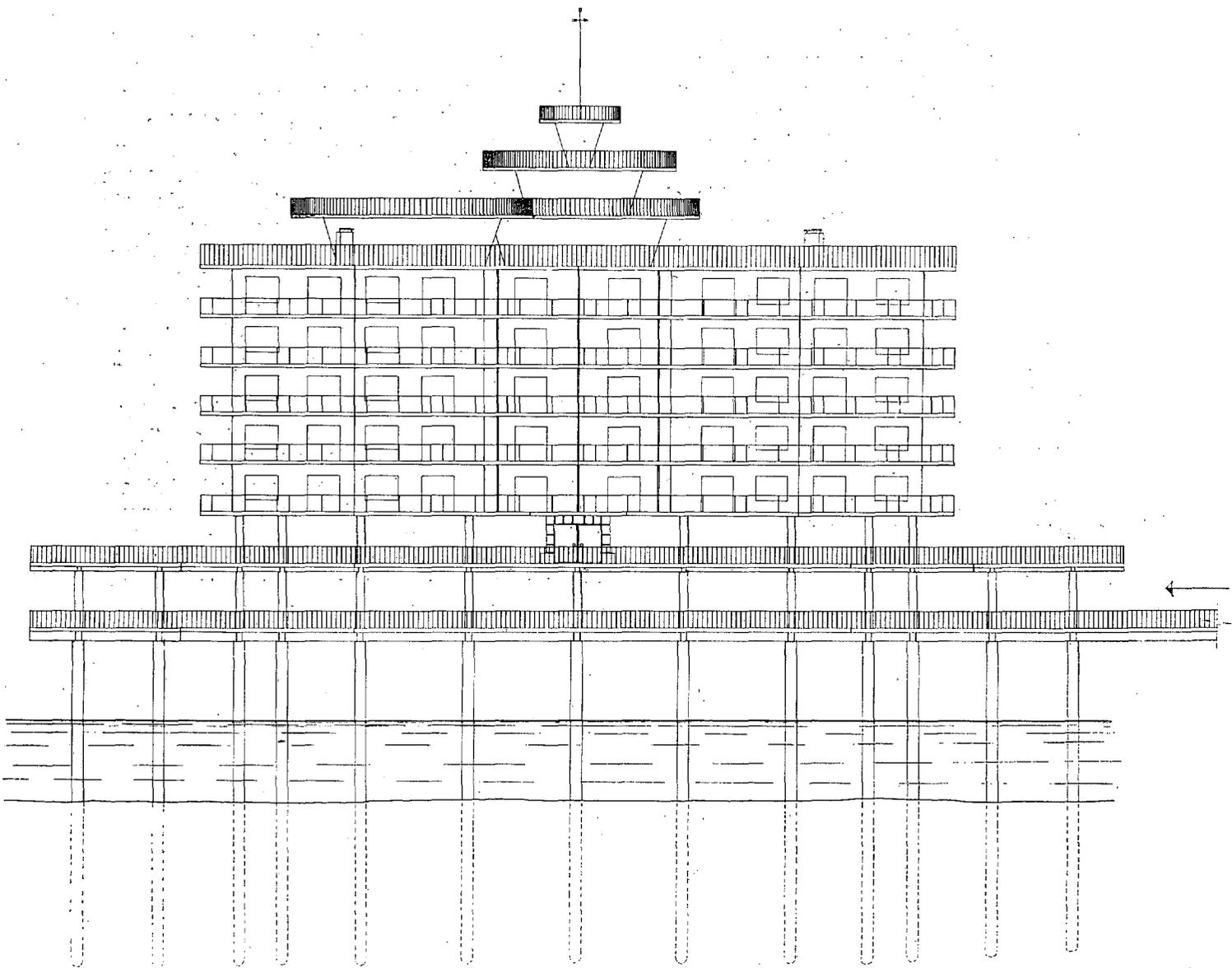


Fig. 13. — Anteproyecto de hotel sobre el mar.

podrán edificar hoteles, residencias, restaurantes, salas de recreo, etc., debido a que los precios de estas estructuras por metro cuadrado pueden resultar mucho más económicos que las de los solares de zonas de gran desarrollo turístico. Distribuyendo estas plataformas en lugares que no rompan el conjunto urbanístico, sino que sirvan de fondo del paisaje costero, pueden embellecer, dar categoría y permitir que sobre ellas se construyan edificios con cierta independencia que den albergue al turismo selecto. Damos también una idea de lo que podría ser un hotel sobre el mar (foto 13).

De todas formas, para poder ejecutar estas

construcciones, que serán muy frecuentes en un futuro inmediato, deberá hacerse un esfuerzo desarrollando convenientemente las leyes casi inexistentes actualmente sobre volúmenes, emplazamientos y ordenación en general de estos espacios, dándoles una rápida y cómoda tramitación burocrática, pues hemos de organizarnos de acuerdo con una época en la que la conquista de la plataforma continental, con éstos y otros fines, es de absoluta necesidad.

* * *

Las obras aquí reseñadas han sido realizadas por Agromán hasta el año de 1970.