

# UN NUEVO PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE PILOTES DE HORMIGON ARMADO "IN SITU"

Por S. MONTAGUT CUADRAT, Ingeniero de Caminos

*Presentamos a continuación una descripción del original tipo de pilotes fabricados "in situ", ideado por el autor, del que se han hecho últimamente muy interesantes aplicaciones en España, y especialmente en Cataluña.*

Hace algún tiempo que se están aplicando en nuestro país, con magníficos resultados, las patentes españolas "Capblanch", que utilizan el aire comprimido para la construcción de pilotes de hormigón armado *in situ*.

La convicción de que este nuevo procedimiento representa un importante progreso, especialmente en terrenos malos, en la técnica de la cimentación con pilotes, sumado a que todavía no es conocido en los

demás países, me ha movido a redactar estas notas, para evitar que un sistema español llegue a conocimiento de los técnicos nacionales a través de revistas o publicaciones extranjeras, y también con la esperanza de que su contenido pueda interesar a cuantos, en su labor profesional, tienen que luchar con terrenos malos y con el agua para construir los cimientos de sus obras.

## Descripción.

Esencialmente, el sistema "Capblanch" aplica a la construcción de pilotes *in situ* el fundamento de los cajones de aire comprimido, con las modificaciones y ventajas derivadas de sus menores dimensiones, bien entendido que este procedimiento se aplica igualmente a la construcción de cajones de hormigón armado por aire comprimido, con lo que se evita el trabajo humano dentro de las cámaras de presión; pudiéndose así alcanzar cualquier profundidad.

Para la construcción de pilotes se perfora el terreno con cualquier tipo de sonda, y, a medida que se profundiza, se entuba el hueco con tubos roscados que cierran herméticamente.

Conseguida la profundidad prevista para el pilote, se coloca dentro de los tubos la armadura (fig. 1.<sup>a</sup>), formada por estribos soldados exteriormente a las barras longitudinales, disposición necesaria, por lo que más adelante se expondrá. A continuación se acopla a los tubos hincados una campana, representada en la figura 2.<sup>a</sup>.

La campana (2) tiene en su interior un cabrestante especial (5), que acciona una maza o martillo apisonador (4), de unos 450 Kg. de peso, mediante unos mandos exteriores (6).

Al cuerpo cilíndrico inferior de la campana va unida una esclusa (3) para el vertido de materiales. Ésta tiene una compuerta exterior para la entrada de hormigón y una válvula para paso de éste al interior de los tubos. Todo ello está debidamente conectado con un depósito de aire comprimido o compresor.

Cerrada la válvula interior de la esclusa, se inyecta aire comprimido al conjunto campana-tubos; expulsando así el agua del hueco perforado. Mientras tanto, se llena de hormigón la esclusa y se cierra su com-

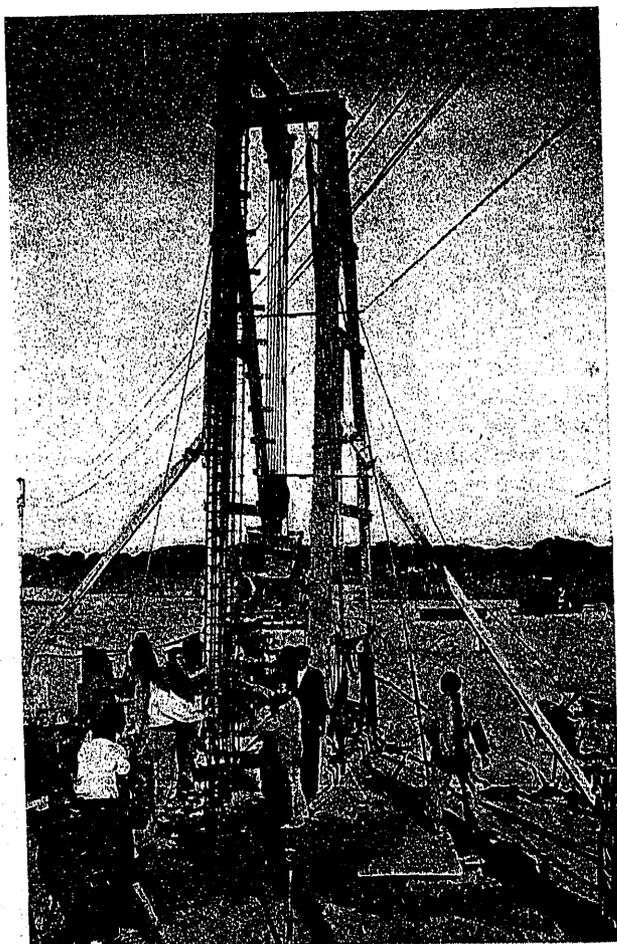


Figura 1.<sup>a</sup>

puerta exterior. Con los dispositivos apropiados se equilibran las presiones en la esclusa y en el conjunto campana-tubos, y se vierte el hormigón de la esclusa.

A continuación se pone en marcha el martillo apisonador que, cayendo por el interior de la armadura, golpea el hormigón vertido, incrustándolo materialmente contra el terreno, tanto vertical como horizontalmente, debido a la forma ojival de su punta. En su caída, el martillo apisonador roza o puede rozar las barras longitudinales de la armadura, lo que produciría la rotura de las ataduras de los estribos y su consiguiente deslizamiento, si no estuvieran soldados a las barras longitudinales como antes se ha indicado.

Mientras se apisona el hormigón, se llena de nuevo la esclusa. Cuando aquél está suficientemente apisonado, se da entrada al que contiene ésta, y así sucesivamente.

El terreno circundante al pilote en construcción va comprimiéndose con el apisonado y aumentando, por lo tanto, su resistencia, hasta que llega un momento que, por la compacidad del terreno y del hormigón, la maza es rechazada. Cuando así ocurre, el nuevo hormigón vertido queda dentro del tubo, lo que se conoce fácilmente porque el golpe de la maza repercute ahora en los tubos, mientras que antes era absorbido por el terreno.

Al suceder esto, se levanta lentamente el conjunto campana-tubos mediante un castillete y un cabrestante con su correspondiente polipasto, hasta que, por los golpes del apisonado, se nota que el hormigón queda nuevamente por debajo del borde inferior de los tubos. Esta operación de arranque es simultánea con el apisonado, lo que permite precisar exactamente la posición del hormigón con relación al borde inferior de los tubos.

En la figura 3.<sup>a</sup> se aprecia, en la derecha, una máquina en pleno trabajo. El obrero de la parte superior acciona los mandos del cabrestante que mueve la maza, operación que no interrumpe mientras el obrero que está debajo de él llena la esclusa de hormigón. El que está en el suelo, a la derecha, entre los tornapuntas del castillete, maneja el cabrestante que arranca el conjunto campana-tubos, operación simultánea con las dos anteriores.

Repitiendo las operaciones descritas anteriormente, se va construyendo el pilote, del que se conoce con toda exactitud el diámetro a todo lo largo del fuste, por el volumen de hormigón que se emplea.

En la figura 4.<sup>a</sup> se recoge el momento de bajar la campana para acoplarla a los tubos hincados, de los que sobresale la armadura. Para que pudiera apreciarse la forma del martillo apisonador, se ha bajado

éste hasta dejarlo fuera del cuerpo cilíndrico de la campana, en el que normalmente se aloja.

Es fácil comprender, después de lo que antecede, que el *hormigonado se realiza siempre en seco* y que la construcción del pilote se ejecuta con toda garantía, eliminándose el peligro de "lavado" del hormigón, tan frecuente cuando se emplean hormigones sumergidos.

La velocidad de hormigonado de los pilotes es de 2,50 a 3,00 m. lineales a la hora.

En la figura 5.<sup>a</sup> se aprecia la maquinaria con más detalle, así como la operación de llenar la esclusa de hormigón.

### Características de los pilotes.

Expuesto detalladamente el proceso de construcción de los pilotes, es fácil deducir las características esenciales de los mismos, resumidas a continuación:

- 1.<sup>a</sup> En cada pilote se obtiene un conocimiento exacto del terreno durante la perforación.
- 2.<sup>a</sup> El hormigón se apisona *siempre contra el terreno* de una manera enérgica, lo que asegura, a la vez,

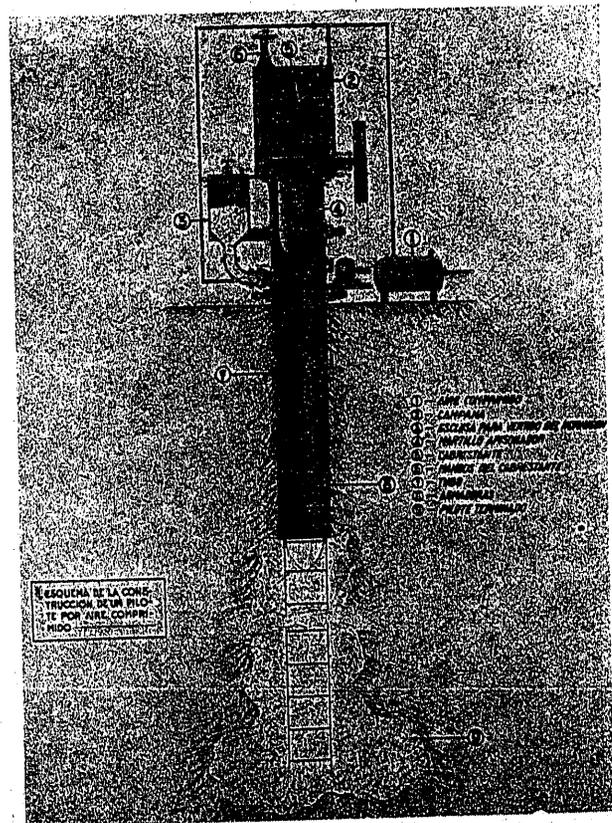


Figura 2.<sup>a</sup>

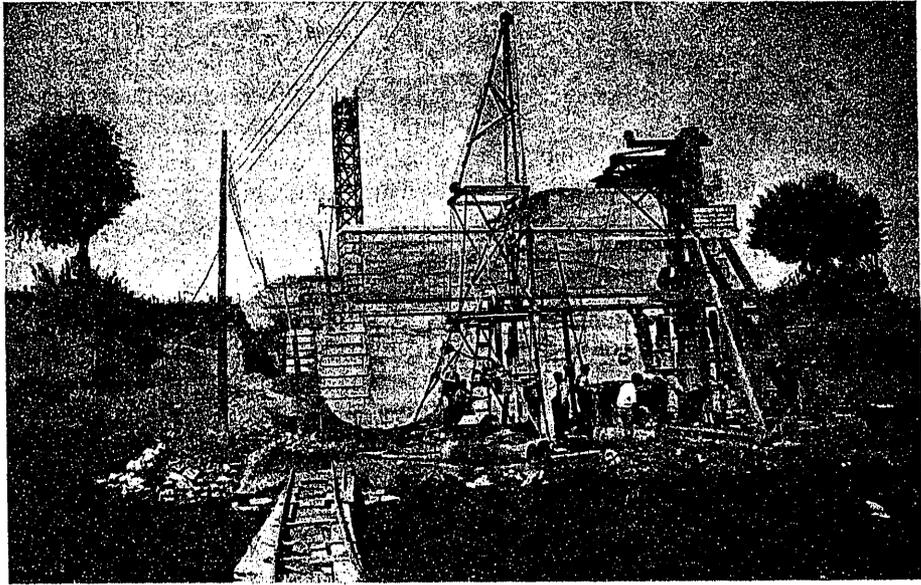


Figura 3.<sup>a</sup>

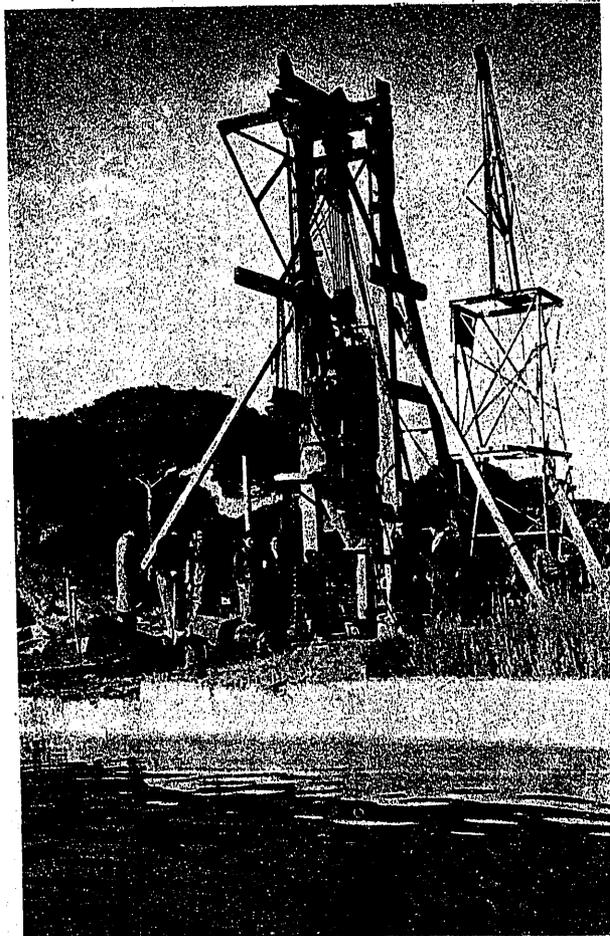


Figura 4.<sup>a</sup>

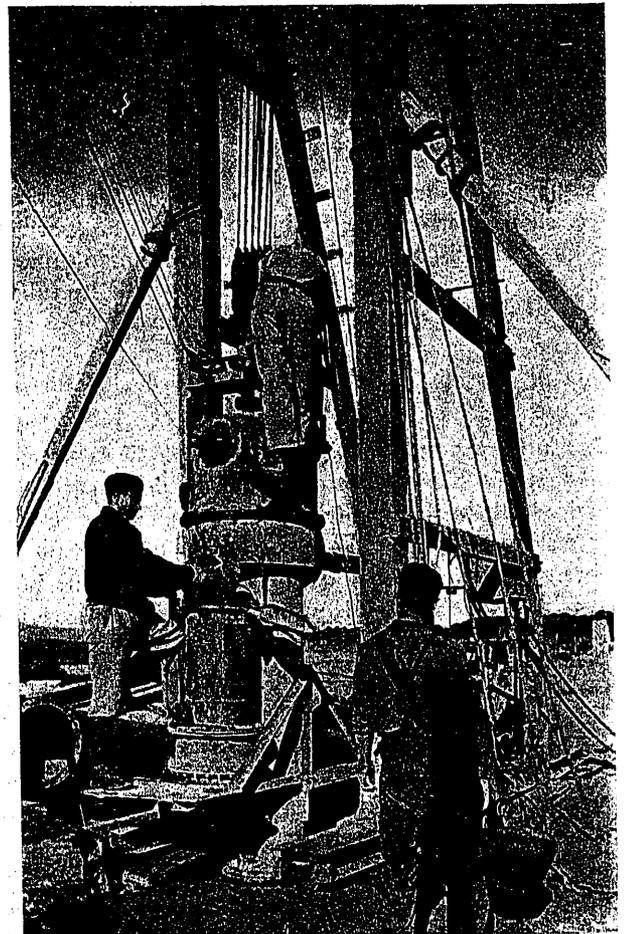


Figura 5.<sup>a</sup>

una gran compacidad para el hormigón y una consolidación del terreno que rodea el pilote.

3.<sup>a</sup> A causa de la forma ojival de la maza, el diámetro real de los pilotes resulta, por término medio, un 25 por 100 mayor que el de los tubos empleados, si bien este porcentaje es variable, como es natural, con la clase del terreno. En la figura 6.<sup>a</sup>, que se refiere a un pilote desenterrado por medio de un cajón indio, puede apreciarse lo que antecede.

4.<sup>a</sup> Debido a la heterogeneidad de los elementos que forman el hormigón, el apisonado produce presiones distintas contra el terreno, lo que da lugar a una rugosidad muy grande del fuste. En la figura 7.<sup>a</sup> puede apreciarse dicha rugosidad.

5.<sup>a</sup> El hormigón que se emplea es de consistencia seca, se apisona perfectamente y fragua en ambiente húmedo y sin alteraciones importantes de temperatura. Habiéndose eliminado el agua antes del empleo del hormigón, no se pierde ni un kilogramo del cemento utilizado. En estas condiciones, el hormigón resultante ha de ser forzosamente excelente.

6.<sup>a</sup> En el caso de que el terreno que sirve de apoyo a la base del pilote sea muy malo, antes de iniciar el hormigonado se introduce por la esclusa, apisonándola fuertemente, la cantidad de piedra necesaria hasta conseguir una buena consolidación de la zona que ha de servir de asiento a la base del pilote.

7.<sup>a</sup> La importancia de los cimientos en cualquier obra exige un conocimiento perfecto de cómo se construyen y cómo trabajan. Con este procedimiento desaparecen totalmente las incógnitas de la cimentación, conociéndose perfectamente las características del terreno, del hormigón y el diámetro del pilote a todo lo largo del fuste.

8.<sup>a</sup> Queda asegurada la garantía absoluta de monolitismo del pilote, así como la posibilidad de construir en el mismo los bulbos que se deseen, para lo cual basta persistir en el apisonado e introducir piedra suelta muy dura.

9.<sup>a</sup> Los pilotes ofrecen mayor resistencia al ataque del agua del mar y selenitosas, a causa de la elevadísima compacidad del hormigón.

Para mayor información, adjuntamos la figura 8.<sup>a</sup>, en la que se aprecia el aspecto de las cabezas de los pilotes que forman el cimientado de la pila de un puente.

**Pruebas de carga.**

A finales del año 1948 se realizaron en Avilés pruebas de carga de estos pilotes.

El terreno estaba formado uniformemente por are-

na fina y suelta, encontrándose el nivel del agua a un metro por debajo de la cabeza de los pilotes y oscilando con las mareas.

Fué sometido a la prueba de carga un pilote de 7,20 m. de longitud útil, construido con tubos de 0,434 m. de diámetro exterior. La cantidad de hormigón empleada fué de 219 litros por metro lineal de pilote, lo que da un diámetro medio de 0,528 m.

El pilote estaba calculado por la fórmula de Dörr para soportar 43 Tn., y fué sometido a una carga de 125 Tn., tal como se aprecia en la figura 9.<sup>a</sup>.

Las lecturas efectuadas en los flexímetros han servido para dibujar el gráfico de la figura 10.

De estos resultados se deduce que el pilote, calculado para 43 Tn., puede soportar, según H. Cambefort, 76,5 Tn. (carga que produce un asiento de 2,5 mm.), y según la "American Association of State Highways Officials", algo más de 62,5 Tn. (50 por

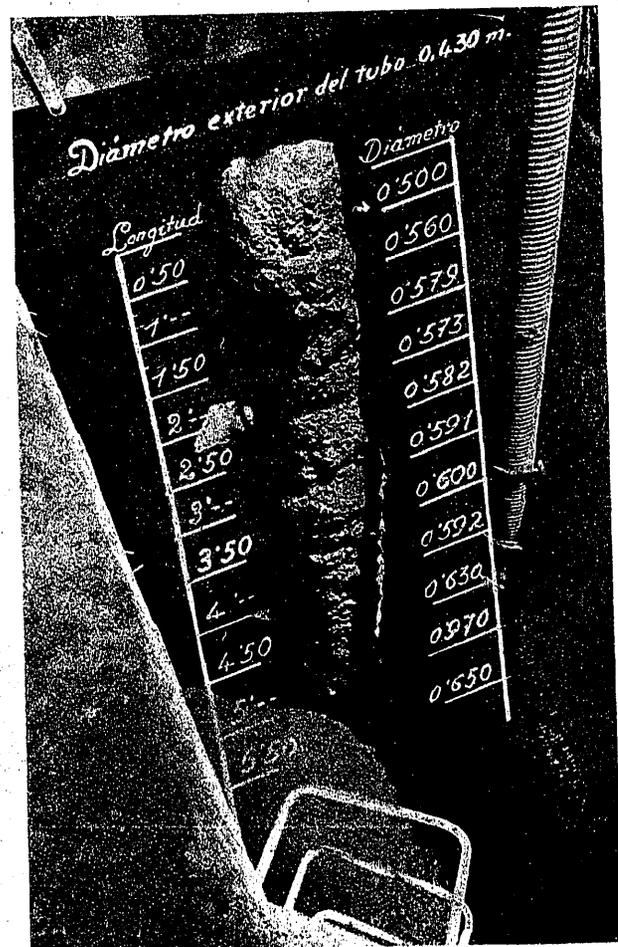


Figura 6.<sup>a</sup>

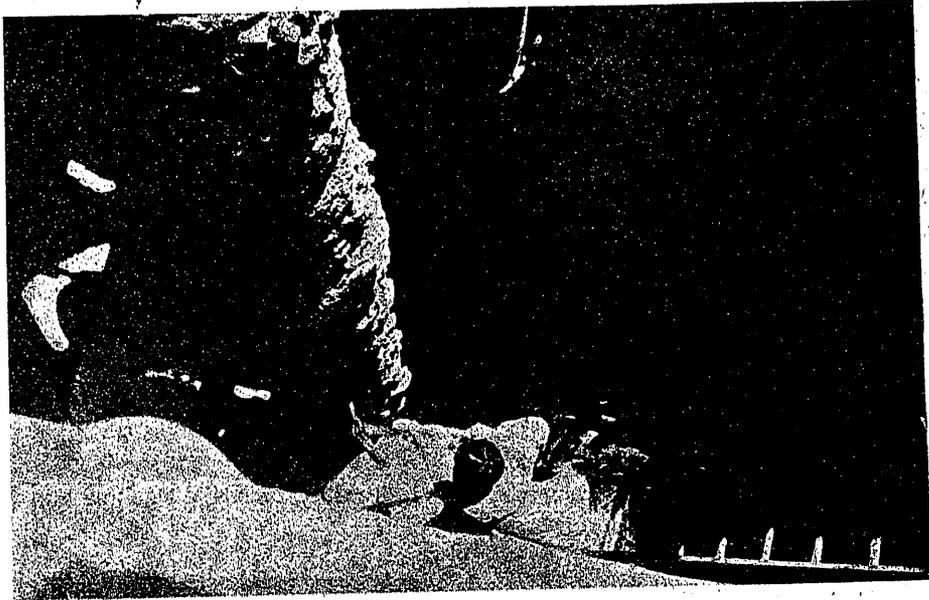


Figura 7.ª



Figura 8.ª



Figura 9.

100 de la carga que produce un asiento de  $1/4$  de pulgada = 6,35 mm.). Promediando ambas cifras, se obtiene que el pilote puede soportar, con los coeficientes de seguridad normales, una sobrecarga que re-

**Conclusiones.**

En resumen, los pilotes por aire comprimido eliminan por completo las incógnitas de las cimentaciones, conociéndose los cimientos con el mismo detalle que el resto de la obra, lo que es de la máxima importancia e imprescindible, hoy día, en parte tan importante de las obras. La calidad del hormigón es siempre excelente, debido a las condiciones de su puesta en obra.

El coeficiente de rozamiento del terreno con el hormigón, función de la rugosidad del fuste, es mayor que el que señalan los diversos autores, y por ello es mayor también la capacidad de carga de los pilotes.

En terrenos muy malos se puede aumentar el trabajo de la punta del pilote haciendo una consolidación previa del terreno en que ha de apoyar.

Con lo expuesto se comprenderá fácilmente que, además de cimentaciones a cualquier profundidad dentro del agua y con cualquier terreno, los pilotes "Capblanch" tienen múltiples aplicaciones en construcción de muelles, pantallas impermeables (fundadas en el aumento de diámetro a causa del apisonado), tablestacados aprovechables para cimientos, etc.

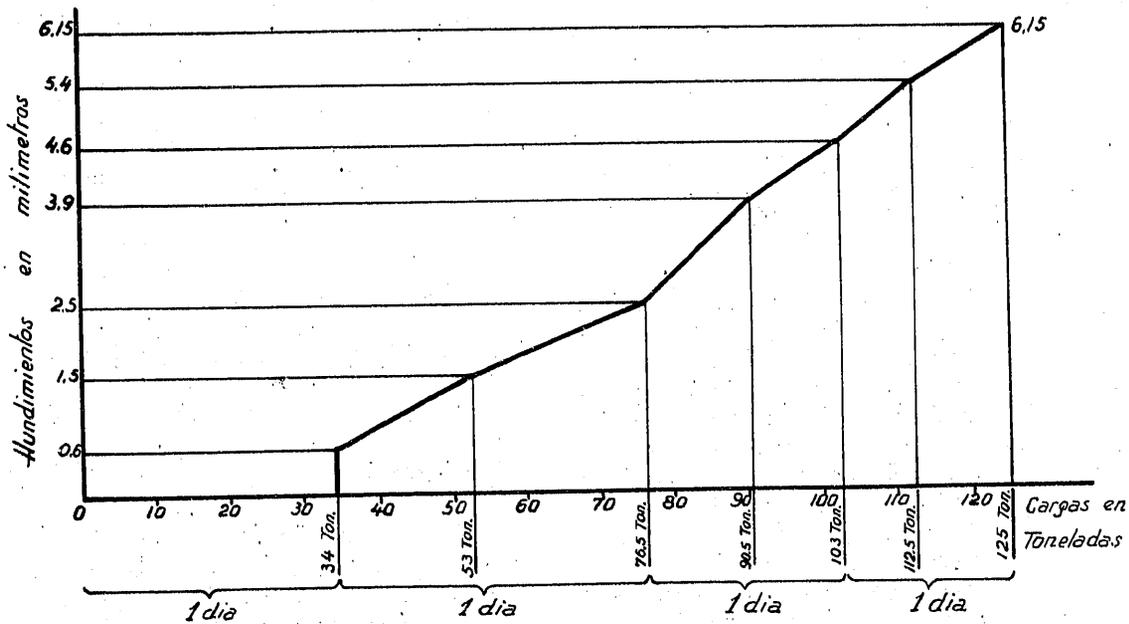


Figura 10.

basada en más del 60 por 100. Esto demuestra que la fórmula de Dörr da resultados bajos para los pilotes construidos por este sistema, lo que, lógicamente, tenía que ocurrir, debido a que la gran rugosidad que se obtiene en el fuste eleva el coeficiente de rozamiento del terreno con el hormigón,  $f'$ , que Dörr señala para sus fórmulas.

Si la convicción de que este procedimiento representa un importante progreso en la técnica de la cimentación, expresada al principio de estas notas, es compartida por alguno de los lectores después de lo expuesto, y si algo de lo que antecede resulta de utilidad a los técnicos que proyectan y construyen, será para mí una gran satisfacción.