

EJECUCIÓN DE MICROPILOTES EN OBRAS DE RED ELÉCTRICA





EJECUCIÓN DE MICROPILOTES EN OBRAS DE RED ELÉCTRICA

INTRODUCCIÓN

Los micropilotes tienen como función estructural la resistencia a compresión-tracción y a flexión; ésta dependerá del diámetro y sección de acero y de la longitud de la barra del micropilote, así como las características del tipo de terreno existente y la calidad del acero. Es importante también la resistencia del cemento utilizado para el recubrimiento de la barra, ya sea para el cálculo estructural o para proteger de la corrosión de la armadura.

Los trabajos a realizar consisten en la ejecución de perforaciones de diámetros pequeños y profundidades medianas. Los diámetros de perforación habituales se encuentran entre 150mm hasta 250mm. Las profundidades son variables con una media habitual de 15m. El número y longitud de micropilotes depende de las características del terreno existente y de las dimensiones y carga de las torres eléctricas. Es habitual la ejecución de micropilotes inclinados (entre 4 y 7 grados), en la disposición llamada pata de elefante, para minimizar los momentos flectores.

La ejecución de micropilotes se realizará siguiendo las indicaciones de las siguientes normativas:

- UNE-EN 14199. Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Micropilotes.
- Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carreteras. Ministerio de Fomento (en adelante GPEMOC)

CONDICIONES PARTICULARES DE LOS MICROPILOTES

1. MATERIALES:

- Armadura:

El material a utilizar está compuesto por tubos de acero roscados empalmados mediante manguitos roscados externos sin disminución de sección y una boca de perforación. El acero es de calidad mínima TM-80 según norma EN-ISO 11960 o API 5CT. En tramos de 3-4m pudiendo ser necesario algún tramo más corto para ajustar a la longitud total necesaria del micropilote.

- Lechada de cemento:

Se define lechada de cemento a la mezcla de cemento, agua y aditivos en su caso.

De acuerdo a la GPEMOC, el cemento empleado cumplirá lo exigido por las vigentes:

Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-08).

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) en su Artículo 26.- Cementos.

Artículo 202.- "Cementos" del PG-3.

El cemento a emplear será el especificado para cimentaciones de hormigón armado por la EHE-08 y su clase resistente será al menos 42,5 N. En caso de existir sustancias agresivas en el terreno, el cemento a utilizar deberá ser resistente al ataque de las mismas.

La resistencia característica a compresión de la lechada de cemento a utilizar deberá cumplir:

A veintiocho días de edad (28 d) será superior o igual a veinticinco megapascuales ($f_{ck} \geq 25$ Mpa).

A siete días de edad (7 d) será superior o igual que el sesenta por ciento de la requerida a los veintiocho días ($f_{ck,7} \geq 0,6 f_{ck}$).

Los ensayos para determinar la resistencia de la lechada se efectuarán con probetas cilíndricas fabricadas, curadas y ensayadas a compresión a veintiocho días (28 d) de edad, según lo indicado en el Artículo 86.- "Control del hormigón" de la vigente Instrucción EHE-08.



Fotografía con los materiales utilizados

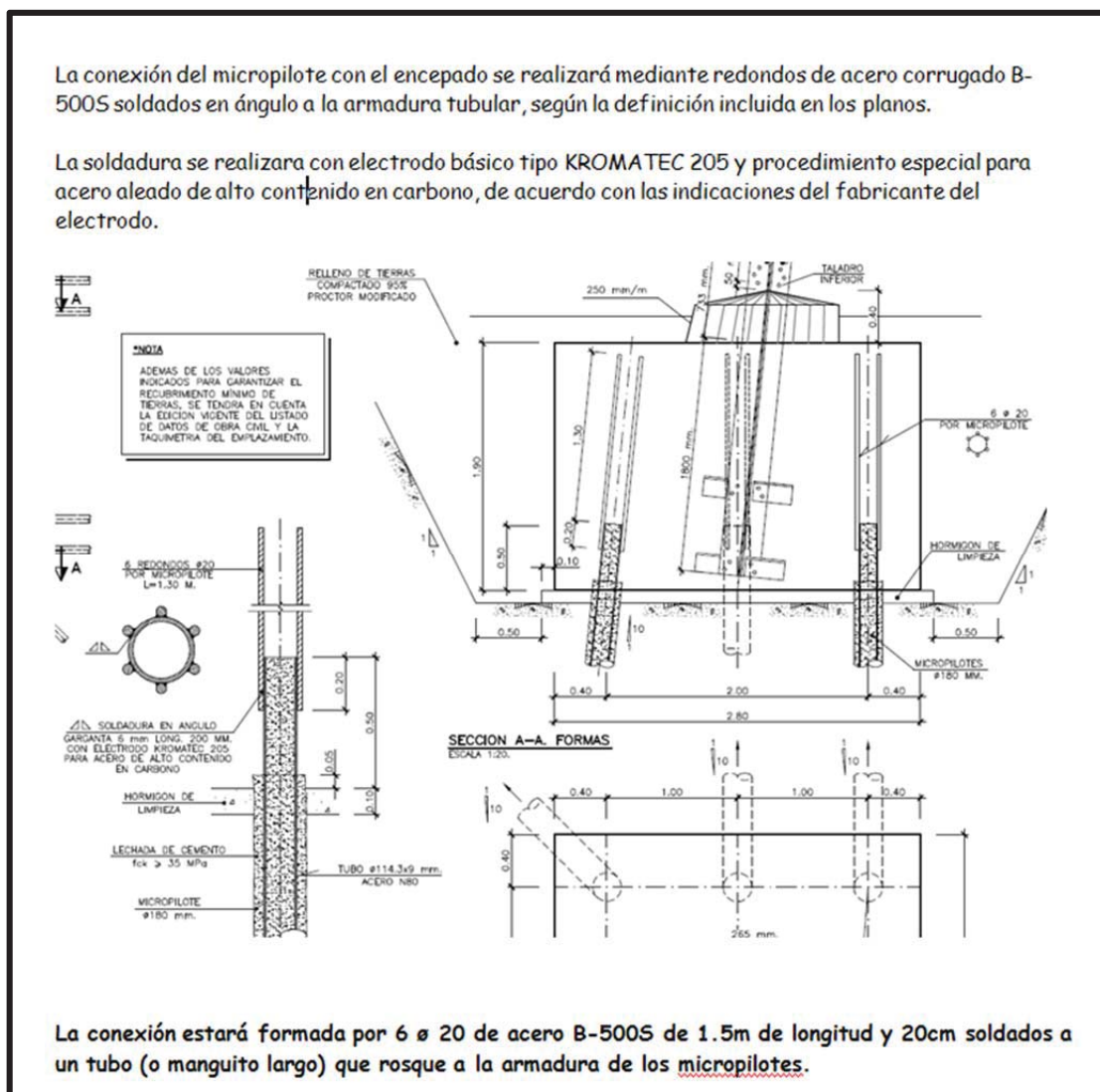
Respecto a su dosificación, las lechadas de cemento deberán alcanzar la resistencia a compresión requerida (comprobada mediante los ensayos referidos) y la relación agua /cemento en peso deberá mantenerse aproximadamente entre 0,4 y 0,55.

La exudación de la lechada (EHE anejo 6) será menor o igual que el 3% en volumen, transcurridas 2h desde la preparación de la mezcla.

- Conexiones al encepado:

Una vez efectuada la inyección del micropilote, se deberá proceder a la conexión de éste con la estructura, o con el resto de micropilotes mediante un encepado o viga de atado.

Es habitual soldar los conectores del encepado a la armadura del micropilote, en este caso se deberá limpiar de lechada la zona de la armadura tubular que vaya a quedar en contacto con el hormigón armado. No obstante existe una solución de más sencilla ejecución e igual o superior fiabilidad técnica, que consiste en roscar (sin disminución de sección) en la parte superior del micropilote un tramo de tubo con las conexiones ya soldadas (en fábrica y con los certificados correspondientes). Se adjunta un esquema a modo de ejemplo.



Esquema de la conexión de los micropilotes al encepado

2. MAQUINARIA

Dado que los materiales del subsuelo que atravesaran las perforaciones, a menudo tienen características geotécnicas variables, es habitual la utilización de más de un tipo de máquina perforadora, para valerse de la técnica de perforación adecuada en cada tipo de terreno.

La maquinaria utilizada se compone de una perforadora hidráulica con un martillo en cabeza para poder trabajar a roto-percusión, empleando el agua como fluido de barrido, con la posibilidad de entubar simultáneamente a la perforación así como de una perforadora con martillo en fondo, equipada con un compresor, capacitada para perforar terrenos cohesivos y muy competentes.

Además se dispone de un equipo de inyección que reúne las características necesarias, para dar la presión y el caudal requeridos para la correcta ejecución de los micropilotes. Este equipo está constituido por una mezcladora, un agitador y una bomba de inyección hidráulica que permite realizar el tipo de inyección señalado en el proyecto.

Normalmente se emplea la Inyección Única Global con una presión de inyección mínima de 0.5Mpa, que variará según la presión límite del terreno.



Fotografías de las perforadoras con martillo en cabeza (Comaccho MC600) y martillo en fondo (Titon 500), respectivamente.

PERFORACIÓN

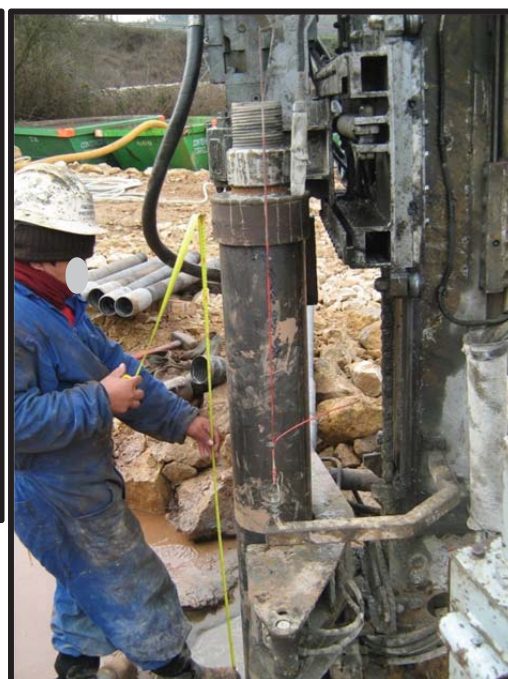
El manejo de la máquina perforadora hidráulica incluye el bajarla del camión que la transporta, situarla en la zona de trabajo y emplazarla en posición para proceder a la

ejecución de la perforación y controlar la correcta realización de la misma. Se utiliza un nivel y un goniómetro, para ajustar los grados en todas las direcciones.

- Perforación con martillo en cabeza:

Una vez la máquina queda emplazada y nivelada se colocará el primer tubo de acero junto con la boca de perforación. Ésta queda roscada con la ayuda de unas mordazas a la campana, en su defecto directamente al cabezal de inyección. Después se encuentra la espiga que queda roscada al cabezal de inyección y es el encargado de dar fuerza de rotación. Todo este dispositivo queda fijado bajo el platillo que es el encargado de desplazarse hacia arriba y hacia abajo a través del mástil. Sobresaliendo por el platillo, pero conectado a todo el dispositivo está el martillo percusor, gracias a este se trabaja a rotopercusión. La perforación es directa con barrido e inyección de agua simultánea. Se puede trabajar a rotación o a rotopercusión en función de la resistencia de los materiales a perforar. El agua se inyecta a la vez que se perfora, por el cabezal de inyección a través de la parte interna del tubo que está vacía, llegando a la boca de perforación y saliendo a través de los agujeros que tiene ésta.

El detritus de perforación pasa por la parte externa del tubo arrastrado por el agua, de manera que se crea un circuito abierto donde el agua entra por la parte interna del tubo y sale por el vacío externo (entre la parte externa del tubo y la perforación hecha en el martillo).



Fotografías de la colocación de la armadura del micropilote

Una vez el tubo ya se ha introducido por completo, se desenrosca del cabezal y queda sujeto por las mordazas por el extremo mas alejado de la boca de manera que se sube toda la cabeza hacia arriba. Se coloca el primer manguito enroscándolo al primer tubo y al segundo de manera que los dos

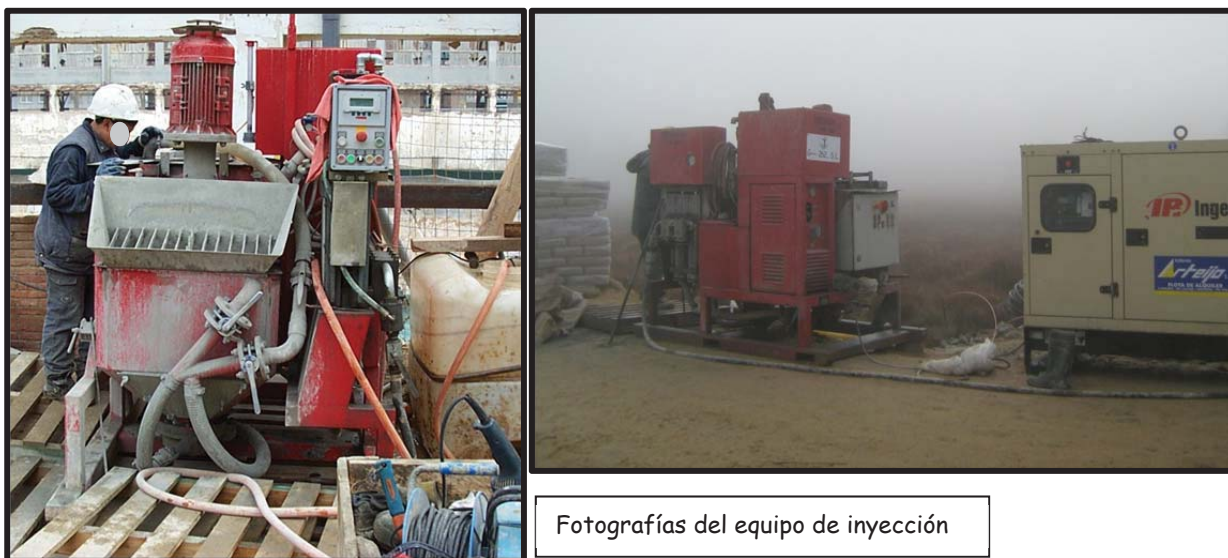
tramos quedan unidos. Con la ayuda de las mordazas y de la rotación de la máquina el segundo tubo queda roscado al cabezal y la unión entre los dos tubos bien fijada. El proceso es idéntico en todos los casos de manera que se va perforando por tramos y uniendo los tramos a través de manguitos, hasta finalizar justo cuando se llega a la profundidad determinada.

- Perforación con Martillo en fondo:

Una vez la máquina queda emplazada y nivelada, se inicia la perforación con la introducción de la primera varilla que lleva roscado el martillo en fondo en su extremo inferior, de manera que queda en la primera posición en el avance de la perforación. En este caso el fluido que refrigera y barre el detritus es el aire que proviene de un compresor instalado en la máquina. A medida que la perforación profundiza en el terreno, se van uniendo más varillas (normalmente en tramos de 5m) hasta alcanzar la cota requerida.

3. INYECCIÓN

Como se ha comentado, para ejecutar la perforación es necesario un fluido que refrigere y retire el detritus de perforación. El equipo de inyección que impulsa el agua de perforación (caudal máximo 165l/m y presión máxima 100Kg/cm²) se conecta al cabezal de la máquina de perforación mediante mangueras de presión de una pulgada.



Fotografías del equipo de inyección

La máquina perforadora queda conectada mediante una manguera con un equipo de inyección con el que se inyecta agua y/o lechada (mezcla de agua/cemento: 0,5, cemento tipo I42,5) sustituyendo el fluido de perforación por la lechada mencionada de manera que pueda asegurarse que el micropilote ha quedado totalmente inyectado. La inyectora es un equipo combinado de mezcla y bombeo. Consta de tres partes: la mezcladora, donde se realiza la lechada, la batidora o agitador donde se realiza la



mezcla de cemento y agua para hacer la lechada que fijará las barras y la bomba que impulsa el líquido durante la perforación

Habitualmente existe un tramo superior de materiales de relleno o cuaternarios, poco cohesivos, con espesor variable. Para garantizar la estabilidad de la perforación en este tramo y evitar las inconcreciones en el consumo de cemento, es recomendable (para delimitar el volumen máximo de inyección) utilizar un entubado metálico o de PVC no recuperable en la parte superior de los micropilotes.

Previamente al inicio de las perforaciones, se realiza un cálculo del volumen teórico de lechada de cemento, teniendo en cuenta el diámetro de perforación y la sección de la armadura. La cantidad real variará en función de las características de permeabilidad de los materiales perforados, pudiendo llegar a incrementarse en más de un 200% el volumen teórico. La GPEMOC establece el máximo volumen entre un 125 y un 150% del volumen teórico calculado.

4. CONTROL PERFORACIONES

Para el control de ejecución de micropilotes se utiliza el sistema de partes de trabajo diarios dónde se especifica la maquinaria y el personal en obra, la referencia del micropilote, la longitud de la armadura y de la perforación, el diámetro, así como los sacos de cemento empleados para la inyección.

La documentación habitual que se entrega al finalizar los trabajos es la siguiente:

- Partes de trabajo.
- Control de calidad del cemento.
- Control de calidad del acero.