

# Región Industrial

Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia



Nº51  
Octubre 2009



CONGRESO INGENIEROS  
TÉCNICOS INDUSTRIALES  
DE LA REGIÓN DE MURCIA

Ingenio Responsable

# Control de Calidad de Pilotes en Edificios Industriales

Jesús H. Alcañiz Martínez (\*)

Hablar de Control de Calidad en Naves Industriales es “tabú”. Hablar de cimentación mediante pilotes en Naves Industriales es “tabú”. Hablar de Control de Calidad de pilotes, todavía hoy sigue siendo “tabú”. El objeto de este artículo, es precisamente tratar de aclarar algunos términos para facilitar su entendimiento y que deje de ser algo complicado para el técnico, para facilitar nuestra actuación como Directores de la Ejecución de Naves u otros Edificios Industriales.

## Introducción

Ni que decir tiene que hay que empezar conociendo el terreno (para lo cual ya dispondremos del correspondiente Estudio Geotécnico), luego en los materiales estructurales (Control de Calidad del acero y del hormigón) y luego, en el proceso de la ejecución. Después, puede ser necesario el conocimiento del estado del pilote, una vez

endurecido el hormigón y previamente a su puesta en servicio.

Con estas técnicas de aplicación de los métodos de control de integridad de pilotes, considerados no destructivos, como herramienta para el control de calidad de las cimentaciones profundas, nos ha permitido conocer su estado, una vez finalizado el proceso de ejecución.

Estas técnicas son muy utilizada desde hace mucho tiempo en pilotes de gran diámetro para obra pública y cada día más, se está utilizando en obras de edificación. También en algunos casos, ya las hemos utilizado en naves y edificios industriales, lo que más directamente nos atañe.

## Normativa

En el Código Técnico de la Edificación (C.T.E.), en su Documento Básico SE – C (Seguridad Estructural: Ci-



Aspecto general del proceso de ejecución de una cimentación mediante pilotes para una Nave Industrial. Véase el equipo de perforación y el montaje de las armaduras, así como el suministro para el hormigonado

mientos) en su Artículo 5, ya se definen claramente los tipos de cimentación profunda y especialmente el correspondiente a la cimentación mediante pilotes. Se tratará de una cimentación profunda cuando "... si su extremo inferior, en el terreno, está a una profundidad superior a ocho veces su diámetro ...".

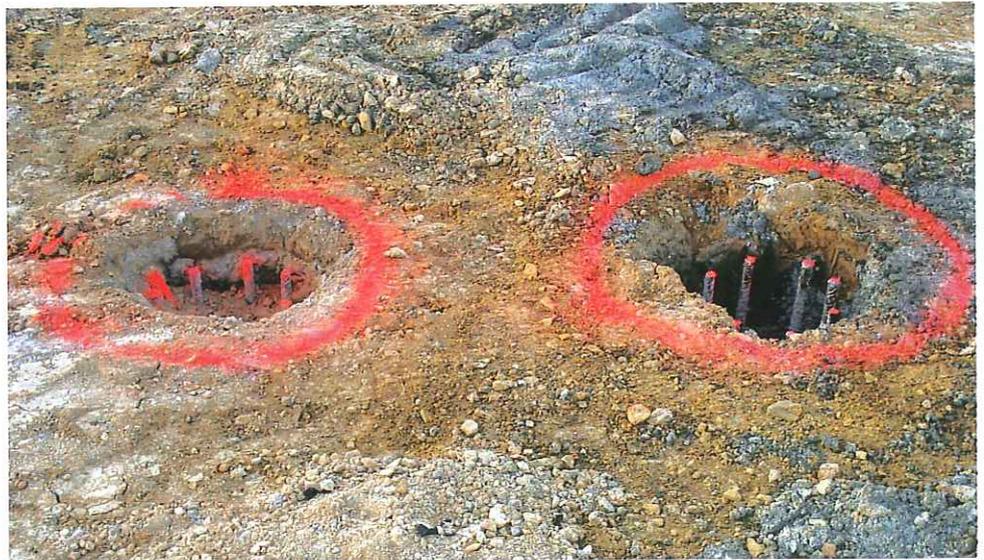
Clarifica también algunos otros aspectos de interés:

- Definiciones.
- Tipología según la forma de trabajo o por el material, por su formato, por el procedimiento constructivo.
- Acciones a considerar.
- Condiciones constructivas.
- Materias primas.
- Control de calidad.

Profundizando un poco más, en el Art. 5.4.2. Control (en el CTE. SE - C), se llegan a plantear unas recomendaciones básicas del control en el proceso de ejecución del pilote, incluyendo: Datos del pilote, longitud de entubación, tipo de terreno atravesado, presencia de agua, tipo de armadura, hormigones, tiempos de ejecución, etc. Insiste el C.T.E. en el control del replanteo, de la excavación, del lodo, de las armaduras y del hormigón.

Diferencia claramente en dos tipos de ensayos de control: Ensayos de integridad a lo largo del pilote y ensayo de carga (estática o dinámicas) y añade que "los ensayos de integridad tienen por objeto verificar la continuidad del fuste del pilote y la resistencia mecánica del hormigón", con tres tipos distintos: Transparencia sónica, impudencia mecánica y sondeos mecánicos a lo largo del pilote.

Por otro lado, todos somos ya conocedores de las especificaciones sobre pilotes que planteaba la anterior INSTRUCCIÓN EHE 98, donde encontrábamos la primera referencia en el capítulo XII: Elementos estructurales, donde en su Artículo 58.4, nos hablaba de encepados y en el 5.8.6. se refería a pilotes, donde nos recordaba que presentan un comportamiento análogo a un soporte,



*Detalles del proceso de ejecución del pilotaje, recién hormigonado y una vez descabezados y preparado el hueco para el montaje de las armaduras del correspondiente encepado*



donde el terreno reduce el efecto de pandeo.

A lo largo del cuerpo de la citada norma, se hacían referencias tangenciales, en aspectos generales relacionados con el hormigón armado (Cálculo, ejecución, control del hormigón, armadura, puesta en obra, etc.). También hacía una referencia concreta al control de las cimentaciones profundas, insistiendo en el control de las dimensiones de perforación previa al hormigonado y posteriormente, en el descabezado, donde no se provocarán daños al hormigón ni a la armadura de la cabeza del pilote. Aunque en aquella EHE - 98 si se mencionaban las Pruebas de Carga en forjados, echábamos de menos un capítulo relativo a las Pruebas de Carga de Pilotes, a la que no se hacía referencia alguna.

Pero avanzado un poco más y analizando el contenido de la nueva INSTRUCCIÓN EHE - 08, ya en vigor, seguimos echando de menos un capítulo específico, dedicado

al Control de Calidad – Ensayos No destructivos, de los pilotes ya hormigonados, previamente a su entrada en servicio.

### Las aplicaciones

Con todo esto y centrándonos ya en el Control de Calidad de los Pilotes, es imprescindible conocer que como técnicos, tenemos a nuestra disposición, distintos sistemas de control de pilotes, destacando: Sondeo Sónico, Eco - Impedancia Mecánica, Prueba Dinámica y Sísmica Paralela.

En este artículo, con un claro objetivo práctico, nos vamos a centrar en los dos métodos no destructivos habitualmente más empleados: Sondeo Sónico y el ECO (Similar a la Impedancia Mecánica), que vamos a desarrollar a continuación.

### El sondeo sónico

Se trata de un ensayo que pretende detectar de forma detallada, la continuidad y homogeneidad del hormigonado a lo largo del fuste del pilote. Este método permite detectar y localizar los posibles defectos con gran precisión.

En este momento se considera el método no destructivo más preciso, pudiendo realizar los ensayos desde tres días después de haber hormigonado, obteniéndose rápidamente los resultados, siendo posible efectuar una evaluación rápida a pie de obra. Este ensayo requiere una planificación previa a su ejecución, dado que se hace necesario dejar instalados unos tubos, junto a las armaduras, antes de proceder a su hormigonado.

### El método

El método está basado en el seguimiento a lo largo del fuste del pilote, de la propagación de las ondas, entre dos sondas, una emisora y otra receptora, que se desplazan por el interior de cada uno de los dos tubos anteriormente citados.

Las señales emitidas se modulan en una serie de líneas blancas y negras, que se registran a cada profundidad de forma continua, obteniéndose una “radiografía” del estado del pilote, al tiempo que las sondas descienden por



*Aspecto general y detalle del encabezado de un grupo de pilotes, para una losa armada, en un edificio industrial. Véase el detalle de la cabeza de unos de los pilotes, preparado para el inicio de los Ensayos de Control de Calidad*



los dos tubos metálicos verticales llenos de agua, que como ya se ha indicado, fueron fijados a la armadura.

### La instrumentación

El equipo, de gran precisión, está compuesto por una unidad de control, con osciloscopio digital, un generador de señal, una impresora, dos sondas piezoeléctrica (emisora y receptora) y un equipo mecánico de control de subida y bajada de las sondas.

La velocidad de propagación de la onda en un hormigón homogéneo es constante entre 3.500 y 4.000 m/seg, pero disminuye rápidamente cuando aparece un defecto (deslavados, huecos, roturas de la pieza, fisuras, inclusiones, etc.). Con este método se detectan lesiones o defectos de construcción desde 1,25 cm de longitud o anchura de la discontinuidad. Si fuera posible la reparación de los daños del pilote, posteriormente, con la misma instrumentación, se puede conocer la calidad y efectividad de la reparación, previamente a su puesta en servicio.

### Preparación del pilote

Previamente a la ejecución del pilote es necesario conocer el tipo de tubo, el empalme del tubo, la fijación de los tapones y la disposición de los tubos en el pilote. Los tubos que se utilizan para la auscultación por el método del Sondeo Sísmico deben ser metálicos, con diámetros entre 30 y 100 mm, según los casos, de acero negro de calefacción, llenos de agua limpia hasta que rebose, asegurándose que no existan pérdidas.

Los tubos deben empalmarse entre sí con maguitos roscados y nunca por medio de soldadura, ya que no aseguran una buena continuidad para las sondas de auscultación.

Los tubos deben estar cerrados herméticamente, por medio de tapones metálicos en su extremo inferior, para impedir cualquier entrada de sedimentos del fondeo, lechada o incluso hormigón e impedir la pérdida del agua que debe introducirse en su interior para realizar los ensayos.

Los extremos superiores de los tubos deben cerrarse, para evitar caídas de material y pueden ser de PVC o metálicos. Los tubos deben estar bien fijados a la ferralla, para resistir el “empuje” del hormigón sobre los tubos durante el proceso de hormigonado, para evitar así la deformación de los tubos, tanto durante la bajada de la armadura, como durante el hormigonado.

Para realizar una buena auscultación, los tubos deben cumplir además, las siguientes condiciones:

- Deben llegar a la base de la armadura, porque es en ese extremo donde se produce un mayor número de defectos.
- Los tubos sobresaldrán un metro aproximadamente por encima de la cabeza del pilote sin descabezar, con el fin de facilitar la puesta a nivel de las sondas y evitar la caída de material en su interior.
- La disposición y número mínimo de tubos que se deben instalar, estará en función del diámetro del pilote, entre dos y cuatro tubos, según los casos.

### Impedancia Mecánica. Ensayo ECO

Se trata de un ensayo más elemental y de más fácil ejecución, que se realiza sobre la cabeza del pilote de hormigón y tiene como objetivo también, detectar y locali-



*Aspecto general del proceso de ensayo de un grupo de pilotes. Véase el procedimiento que se sigue, localización de la cabeza del pilote y la instrumentalización para el inicio del ensayo (Método Eco)*

zar posibles defectos en su interior. También nos permite detectar - estimar la longitud del fuste del pilote. Para ello se requiere que el pilote ya esté descabezado y generar dos superficies pulidas, una central para golpear y una exterior para la colocación del sensor - receptor, todo ello en la sección - superficie horizontal de la cabeza del pilote a ensayar.

### El Método

El método consiste en golpear la cabeza del pilote con un martillo, generando una onda que se desplaza a lo largo del pilote, hacia el extremo opuesto, hasta llegar a la punta. En ese momento se refleja en sentido contrario hacia la superficie. Si el pilote presenta una discontinuidad o defecto importante, el rebote ocurriría a partir de ese punto y conoceríamos así su situación y por tanto, la profundidad de la lesión.

### La instrumentación

El equipo lo compone una unidad de control y lectura digital, con su correspondiente sensor y un martillo independiente con el que se realiza el golpeo.

Conociendo la velocidad de propagación de la onda y controlando el tiempo empleado en propagarse a lo largo del pilote, se calcula su longitud hasta la punta y/o hasta la posición del defecto que pudiera presentar.

Este método presenta algunas limitaciones en su ejecución, sobre todo en pilotes de gran longitud, al perder intensidad la onda, resultando más difícil la interpretación de sus resultados, por lo que tiene que ser realizado

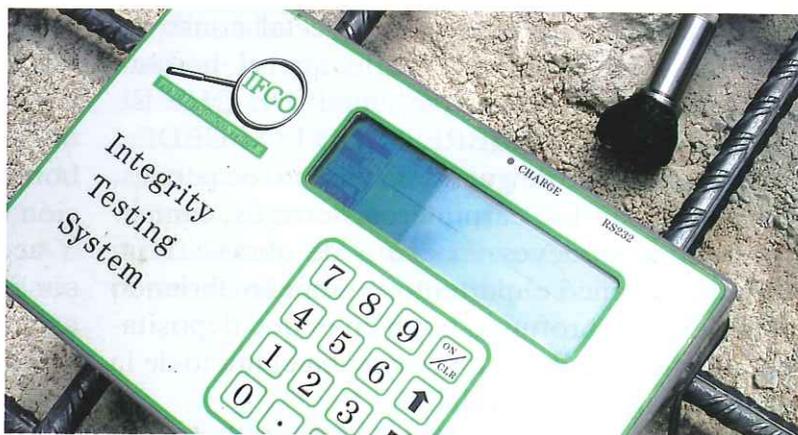
siempre por especialistas, habituados a este tipo de diagnóstico.

### Patologías más habituales

Para clasificar las lesiones que podríamos encontrar en la inspección, debemos analizar el tipo de defecto y la causa que lo ha provocado. A la hora de realizar una clasificación de defectos, se pueden seguir dos criterios fundamentales: Por el tipo de defecto o por la causa que los ha provocado, tras haber sido detectado. Esta es la más sencilla, pues a través del parte de hormigonado, de la propia ejecución de la obra, se conoce la "historia evolutiva" del mismo.

Las empresas de control generalmente no disponen de los proyectos, ni de los partes de hormigonado, ni del resultado de los sondeos realizados previamente al proyecto, lo que hace que la mayoría de los casos se tengan que limitar a una descripción de los defectos, sin poder precisar las causas que los han provocado, aunque por distintas experiencias profesionales, tenemos claro que son muy diversas, destacando por su importancia las roturas en cabeza, interrupciones de hormigonado, desprendimientos, contaminaciones en extremos, inclusión de residuos, etc. Todo ello podrían agruparse en:

- Defectos relacionados con problemas constructivos: Rotura en cabeza, deslavados, inadecuados movimientos de la maquinaria, perturbaciones al introducir la armadura, etc.
- Defectos relacionados con la excavación: Es importante la calidad del terreno, variaciones de calidad de los estratos, maquinaria inadecuada, entubación incorrecta, desprendimientos, inclusiones, etc.
- Defectos provocados por la manipulación de la camisa: Arrastre de hormigón al extraer la camisa (pérdida de sección útil), discontinuidad del hormigón por la extracción de la camisa, falta de contacto entre el tubo y el terreno, influencia del nivel freático en el interior del tubo y corte del hormigón, etc.
- Defectos por la utilización de lodos betoníticos: Uso inadecuado del lodo en terrenos de aluvión o en terrenos colapsables, que debían haberse entubado, aparición de sedimentaciones en el fondo de la excavación, bolas de bentonita flotando en el hormigón (futuras coqueas interiores en el fuste del pilote), etc.



Detalles del proceso de ensayo de un pilote, donde se aprecia la posición del sensor en la cabeza del elemento a diagnosticar. Detalle del equipo de ensayo (Método Eco). Véase su pantalla digital donde aparecen los resultados del proceso de ensayo, para su posterior interpretación

Para finalizar nuestro artículo, debemos plantear dos claras conclusiones: Por un lado, la necesidad de cimentar mediante pilotaje en terrenos de comportamiento dudoso (especialmente terraplenados y otros rellenos, según recomendaciones del pertinente Estudio Geotécnico previo), aun en edificación industrial. Por otro lado, la necesidad de aplicar técnicas de control de calidad de pilotes por su sencillez y por la seguridad que nos da como proyectistas y sobre todo como Directores de Obra, que nos permitirá asegurar un adecuado nivel de calidad de la cimentación, a un bajo coste para nuestro cliente.

(\*) *Jesús H. Alcañiz Martínez, autor del presente artículo, es Arquitecto Técnico, por la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA (U.P.V.) Director del "GABINETE DE CONTROL" (Organización de Control, Estudios del Terreno, Asistencia Técnica, Informes Periciales y Patología de Obras), Profesor de la ESCUELA DE ARQUITECTURA E INGENIERIA DE EDIFICACION, Director del LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES de la UNIVERSIDAD CATÓLICA "SAN ANTONIO" DE MURCIA (UCAM) y Especialista de Materiales del COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TÉCNICOS DE LA REGIÓN DE MURCIA (COAATMU).*  
[www.gabinetedecontrol.com](http://www.gabinetedecontrol.com)