

Pilotes preexcavados

Artículo 621 – 22

621.1 Descripción

Esta especificación hace referencia a la construcción de pilotes de concreto vaciados *in situ*, con o sin bases acampanadas, cuya ejecución se efectúa excavando previamente el terreno y rellenando la excavación con concreto fresco y las correspondientes armaduras, con los diámetros, las longitudes y las profundidades indicadas en los documentos del proyecto.

De acuerdo con las condiciones del suelo y de instalación, la ejecución de pilotes preexcavados puede requerir la instalación de camisas metálicas de soporte que pueden o no ser retiradas al final de la colocación del concreto. También, puede requerir la ejecución de la perforación y el vaciado del concreto bajo agua o bajo lodos de perforación.

621.2 Materiales

621.2.1 Concreto

El concreto que se utilice en la fabricación de pilotes debe cumplir los requisitos aplicables del artículo 630, Concreto estructural.

Se deben definir la clase de concreto, los requisitos por clase y los requisitos de durabilidad de los pilotes de acuerdo con el artículo 630,

incluyendo la resistencia a la compresión del concreto, relación agua/material cementante (a/mc) y tamaño máximo nominal del agregado. Una vez definidos los aspectos anteriormente mencionados, se debe dejar un registro documentado de la definición de estos parámetros. El concreto utilizado en la construcción de los pilotes no debe tener una resistencia a compresión menor de veintiocho megapascuales (28 MPa) a veintiocho días (28 d), la relación a/mc no debe ser mayor a cero coma cuarenta y cinco (0,45) y el agregado no debe tener un tamaño mayor de treinta y dos milímetros (32 mm).

Cualquier acelerante o aditivo que se use para el concreto debe estar libre de cloruros u otros materiales corrosivos, y solo se puede usar si es aprobado por el interventor, se aclara que su uso es responsabilidad del constructor. Igualmente, se prohíben los aditivos ricos en álcalis, a menos que se demuestre que no causan efectos que comprometan la resistencia y durabilidad del concreto. En caso de usarse, deben ser aprobados por el interventor.

El concreto debe tener una fluidez suficiente para garantizar continuidad en su colocación. En la Tabla 621 — 1 se establecen los requisitos de asentamiento para el concreto de pilotes preexcavados, medido según la norma de ensayo INV E-404/NTC 396.

Tabla 621 — 1. Requisitos de asentamiento para concreto de pilotes preexcavados

Tipo de colocación	Límites de aceptación para construcción (mm)	
	Mínimo	Máximo
En seco	152	203
Construcción con camisa de acero o por método tremie	203	245

En caso de usar concretos autocompactantes, se debe verificar su idoneidad y seguir las indicaciones de la ACI 237R.

621.2.2 Acero de refuerzo

El acero empleado en la construcción de las canastas de refuerzo debe cumplir las características indicadas en el artículo 640, Acero de refuerzo.

Las armaduras transversales se sujetan a las longitudinales, por amarres o soldadura. En pilotes hasta de diez metros (10 m) de longitud se pueden admitir los amarres, pero a partir de esta longitud, las armaduras deben estar soldadas entre sí, al menos en uno (1) de cada dos (2) puntos de contacto. En caso de usar soldadura para sujetar el refuerzo transversal con el longitudinal, el acero de refuerzo debe cumplir la norma ASTM A706 y la soldadura debe ser puntos en electrodos 70XX o 60XX. Esta solo puede ser utilizada cuando sea requerida por temas constructivos mas no estructurales. Las soldaduras que cumplan una función estructural deben ser establecidas en el diseño estructural y construidas de acuerdo con los requisitos estructurales presentados en los documentos del proyecto.

La soldadura debe reemplazar únicamente el amarre, brindando mayor estabilidad. Es

importante aclarar que esta no reemplaza la longitud de traslapo, ni los ganchos.

621.2.3 Camisas de acero

El acero estructural empleado en la fabricación de las camisas de contención debe ser de calidad AASHTO M 270, grado treinta y seis (36), a no ser que los documentos del proyecto exijan algo diferente. Toda conexión soldada se debe realizar de acuerdo con los requisitos de conexiones soldadas establecidos en AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications*.

Los revestimientos o camisas deben ser metálicos, lisos, sin residuos de concreto endurecido en la superficie interna, herméticos y suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos de manejo e hincado, lo mismo que la presión ejercida por el concreto y el material de terreno circundante. El diámetro interior de las camisas no debe ser inferior al tamaño especificado del pilote.

621.2.4 Lodos de perforación

Se permite el uso de lodos con contenido mineral y/o polimérico. El lodo de perforación mineral empleado debe ser una suspensión de mineral arcilloso procesado, consistente en bentonita o atapulgita, con agua limpia. El

lodo de perforación debe tener la viscosidad suficiente y las características reológicas apropiadas para transportar el material excavado hasta un sistema de cernido adecuado; el porcentaje del mineral arcilloso en la suspensión y la densidad del lodo debe ser suficiente para mantener la estabilidad de la excavación y permitir el vaciado del concreto. En la Tabla 621 — 2 se indican los valores aceptables para las propiedades físicas de la suspensión mineral.

Los lodos de perforación con un contenido de polímeros o polímeros con bentonita pueden ser usados como lodos de estabilización, con base en la experiencia exitosa de casos previos, en condiciones geotécnicas

similares, o en el caso de realizar excavaciones de ensayo a escala natural *in situ* que demuestren un comportamiento satisfactorio. Los lodos de perforación deben cumplir lo especificado en la Tabla 621 — 2. Por su parte, las suspensiones con polímeros se deben usar siguiendo las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

Se pueden usar nuevas tecnologías de estabilización bajo la aprobación del interventor, previo sustento técnico de su funcionamiento y siguiendo las indicaciones y requisitos consignados en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante. Se debe realizar un acompañamiento técnico muy riguroso.

Tabla 621 — 2. Características de la suspensión mineral para lodos de perforación

Propiedad	Rango de resultados a 20 °C	Método de prueba (Nota 1)
Densidad antes de colocar el concreto, máximo (kg/m ³)	1 200	(Balanza de lodos) API RP 13B-1 Sección 4 o ASTM D4380
Viscosidad antes de colocar el concreto (s/qt)	26 – 45	(Cono Marsh) API RP 13B-1 Sección 6.2 o ASTM D6910
Contenido de arena por volumen antes de colocar el concreto (%)	≤ 4	(Medidor de contenido de arena) API RP 13B-1 Sección 9 o ASTM D4381
pH, durante la excavación	8 – 12	(Medidor pH o electrodo) API RP 13B-1 Sección 11 o ASTM D4972

Nota 1: API, *American Petroleum Institute*

Nota 2: en caso de ser aprobado el uso de lodos con agua salada, los valores de densidad pueden aumentar trescientos kilogramos por metro cúbico (300 kg/m³). No se debe permitir el uso de agua salada en caso de usar refuerzo o de no tomar medidas para garantizar la protección del acero de refuerzo.

Nota 3: el cono de Marsh especificado corresponde al modelo de ciento cincuenta y dos milímetros (152 mm) en boca de entrada y cuatro coma setenta y seis milímetros (4,76 mm) en boca de salida, embudo de trescientos cinco milímetros (305 mm) de altura y salida de cincuenta milímetros (50 mm) de altura.

Nota 4: las pruebas de viscosidad y pH se deben realizar durante la excavación del pozo, para establecer un patrón de trabajo consistente.

Nota 5: antes de colocar las armaduras del pilote de concreto armado, se deben tomar muestras del lodo de perforación a partir del fondo de la excavación y a intervalos que no excedan los tres metros (3 m) para la altura total del lodo de perforación. Cualquier lodo de perforación altamente contaminado que se haya acumulado en el fondo de la excavación del pilote debe ser reemplazado. Las características del lodo de perforación deben estar dentro de los requisitos especificados en la tabla al momento del vaciado.

621.3 Equipo

La construcción de pilotes preexcavados requiere de equipos para la elaboración de agregados pétreos y la fabricación del concreto, los cuales deben estar de acuerdo con el artículo 630.

En relación con el resto del equipo requerido, depende del sistema de construcción adoptado, pero básicamente incluye grúas, taladros, barrenos, baldes de achique, equipo desarenador, equipo de muestreo, tuberías de vaciado, tuberías de revestimiento, bombas de concreto y, en general, cualquier otro equipo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

621.4 Ejecución de los trabajos

621.4.1 Procedimiento constructivo

Para la ejecución de los trabajos el constructor debe seguir las indicaciones del estudio geotécnico y del diseño estructural de los documentos del proyecto. Este estudio debe definir si la perforación previa es estable en forma natural o si, por el contrario, se requiere estabilizarla con lodo mineral o polimérico, con entibado o encamisado. Los estudios, los diseños y las especificaciones deben estar avalados y firmados por el ingeniero geotecnista.

Se recomienda seguir las indicaciones en cuanto a procedimiento constructivo del documento ACI 336.3R, *Report on design and construction of drilled piers*. Es importante aclarar que los requisitos presentes en esta especificación se deben cumplir por encima de los encontrados en el documento ACI 336.3R. Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el constructor debe presentar para aprobación del interventor el procedimiento constructivo. El informe debe contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Procedimiento de fabricación.
- Lista, descripción y documentos técnicos del equipo.
- Detalles de la secuencia de construcción.
- Detalles de los métodos de excavación de pozos.
- Detalles del método por utilizar para garantizar la estabilidad de la excavación y el plan de verificación de la idoneidad del método.
- Detalles del método propuesto para mezclar, recircular y desarenar el lodo de perforación, en caso de que se requiera.
- Detalles de los métodos de limpieza.
- Plan de disposición de material resultante de la excavación y lodos.
- Métodos para verificar la profundidad del pilote.
- Métodos para verificar la forma de las campanas, si ellas se requieren.

- Detalles de la colocación del refuerzo.
- Detalle de instalación y extracción de camisas temporales; instalación de camisas permanentes, en caso que se requieran.
- Detalles de dosificación, colocación, curado (cuando sea necesario) y protección del concreto.
- Detalles de las pruebas de carga requeridas, o pruebas especiales.
- Plan detallado de control de calidad.
- Información adicional requerida por el interventor.

Dentro de dicho informe se debe registrar la localización de los pilotes, las dimensiones generales de las perforaciones, las fechas de perforación y de vaciado, la profundidad y los espesores de los estratos y las características del material de apoyo. Durante la perforación se debe verificar que el material encontrado coincida con el estudio de suelos, para así hacer una verificación de la validez de los diseños de los documentos del proyecto, de acuerdo con lo encontrado en obra.

El constructor no puede iniciar la construcción de pilotes preexcavados mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos. En caso de realizar algún cambio al plan del proceso constructivo, este debe tener la aprobación del interventor y los especialistas involucrados.

621.4.2 Protección de estructuras existentes

El constructor debe tomar las precauciones necesarias para evitar daños en las estructuras e instalaciones existentes en vecindades de la zona de los trabajos. Estas medidas

incluyen, pero no se limitan, a la selección de los métodos y procedimientos de construcción que eviten socavación excesiva en la excavación de pozos, monitoreo y control de vibraciones provenientes del hincado de camisas y de la perforación del pozo o de las voladuras, en caso de que estas se permitan.

Todos los daños y las molestias que se produzcan por este motivo son de su única y absoluta responsabilidad y, por tanto, todas las acciones técnicas y de cualquier otra índole que se deban acometer para enfrentar y resolver la situación planteada, deben ser ejecutadas por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

621.4.3 Métodos de excavación

Se debe construir una guía antes de iniciar la perforación con el objetivo de preservar la seguridad del personal y la calidad del pilote. El proceso de excavación se debe realizar de forma continua hasta que se complete la excavación y solo se permiten pausas para realizar empalmes de camisas o eliminación de obstrucciones. Se debe seguir el procedimiento constructivo determinado por el estudio geotécnico y se debe garantizar una zona de trabajo idónea, capaz de resistir el peso del equipo utilizado para la excavación.

Toda excavación de fundaciones en las cuales existan pilotes preexcavados o perforados, debe ser terminada antes de iniciar la construcción de los pilotes. Cuando se deban instalar pilotes preexcavados en conjunto con la colocación de terraplenes, los pilotes se deben construir después de la colocación del relleno, a menos que los documentos del proyecto o el interventor indiquen lo contrario.

Se debe llevar un registro continuo de la perforación de cada pilote, donde se consignen la profundidad y la calidad del terreno excavado, además de los rendimientos obtenidos durante el proceso, consecutivo de pilotes, localización (coordenadas), especificaciones de la estabilización, tipo de armadura de refuerzo, método constructivo y demás datos necesarios para la posterior construcción del pilote.

En caso de realizar excavaciones para pilotes a corta distancia entre sí o respecto a otro tipo de estructuras, se deben tomar las medidas necesarias para evitar colapsos, pilotes fuera de posición o daños de estos. El estudio geotécnico debe determinar las distancias mínimas entre pilotes, además del proceso constructivo. Se debe garantizar que en obra se siguen dichas indicaciones.

Las excavaciones de pilote no se deben realizar demasiado cerca de otra excavación en la que el concreto colocado no ha alcanzado la resistencia de diseño.

Para el caso de perforaciones para pilotes con ampliación de la base (campana), esta se debe realizar vertical en los primeros veinte centímetros (20 cm) y luego formar con la horizontal un ángulo no menor de sesenta grados (60°).

Las excavaciones para pilotes acampanados se deben efectuar de acuerdo con las dimensiones y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. El método por utilizar es el señalado en dichos documentos y debe ser el adecuado para los fines propuestos y los materiales existentes. Si no se indica ningún método en particular, el constructor puede seleccionar y utilizar el sistema que

considere apropiado para realizar el trabajo, el cual debe someter a la aprobación del interventor.

621.4.4 Verificación del fondo de la excavación

Antes de la fundida, se debe realizar la inspección directa o indirecta del fondo de la perforación (donde se apoya el pilote) para evaluar sus características y verificar que todos los materiales derrumbados han sido removidos. La cota de fondo del pilote mostrada en los documentos del proyecto se puede ajustar durante el proceso de construcción, si se determina que el material de fundación encontrado no es adecuado y difiere del considerado en el diseño de los pilotes.

El constructor debe tomar las muestras o núcleos de roca indicados en los documentos del proyecto u ordenados por el interventor para determinar las características del material que se encuentra por debajo de la excavación del pilote. El interventor debe determinar, una vez inspeccionados los núcleos o las muestras, la profundidad final de la excavación del pozo.

Los materiales provenientes de la excavación y los líquidos utilizados en la perforación deben ser retirados, de acuerdo con las disposiciones establecidas en los documentos del proyecto o según lo ordene el interventor.

Cuando los documentos del proyecto indiquen cimientos acampanados, estos deben ser excavados para conformar un área de apoyo de la forma y el tamaño indicados en dichos documentos. La forma de campana se obtiene mediante la utilización de métodos mecánicos de excavación.

621.4.5 Hinca de camisas

Las camisas, que pueden ser temporales o definitivas, se deben hincar con un procedimiento adecuado, empleando equipos previamente aprobados por el interventor.

En el caso de camisas definitivas, al término de la excavación, el encamisado se debe recortar a la cota indicada en los documentos del proyecto. Luego del vertimiento del concreto, todos los espacios entre la camisa y la excavación se deben llenar con material que se aproxime a las propiedades geotécnicas del suelo *in situ*. Cuando se presenten desplazamientos del terreno, se deben realizar mediciones frecuentes del diámetro en al menos dos direcciones; también, verificar las elevaciones de la camisa.

En el caso de camisa permanente y al término de la excavación, el encamisado se debe recortar a la cota indicada.

Las camisas temporales se deben retirar mientras el concreto sea manejable. Generalmente, el retiro de las camisas temporales no se debe iniciar hasta tanto el concreto no se encuentre al nivel o por encima de la superficie del terreno. Se permite el empleo de un movimiento de rotación de la camisa ejerciendo presiones hacia arriba para facilitar su extracción o la utilización de un implemento vibratorio. La extracción de la camisa se debe realizar lentamente, a una velocidad uniforme, con una tracción paralela al eje del pilote. Sobre el fondo de la camisa se debe mantener una cabeza de concreto suficiente para vencer la presión hidrostática ejercida por el agua o el líquido de perforación que esté por fuera de la camisa.

621.4.6 Lodos de perforación

Cuando se requiera emplear la suspensión, cuyas características se han definido en el numeral 621.2.4, su nivel se debe mantener a una altura adecuada para garantizar la estabilidad de la excavación. El nivel debe estar siempre, como mínimo:

- Uno coma cinco metros (1,5 m) por encima del nivel freático y zonas inestables para el caso de lodos minerales.
- Tres metros (3 m) por encima del nivel freático y zonas inestables para lodos con contenido de polímeros. Esta dimensión puede ser menor si la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante del lodo lo indica y el interventor lo aprueba.

La suspensión mineral debe ser premezclada con agua dulce y permitírsele suficiente tiempo de hidratación, antes de introducirla en la excavación del pozo.

Cuando lo indiquen los documentos del proyecto, se deben proporcionar tanques adecuados para la suspensión, pero en este caso no se permiten pozos excavados de suspensión, a menos que el interventor lo apruebe por escrito. Se deben tomar las medidas que se requieran, tales como agitación, circulación y ajuste de las propiedades de la suspensión, con el fin de evitar el fragüe de esta en la excavación del pozo.

Antes de colocar el concreto del pilote, se deben tomar muestras de la suspensión desde el fondo y a intervalos que no superen los tres metros (3 m) en toda la altura de la suspensión. Cualquier suspensión altamente contaminada que se haya acumulado en el fondo del pozo, debe ser renovada.

Inmediatamente antes de iniciar el vaciado del concreto para el pilote, la suspensión mineral o polimérica debe estar dentro de los requisitos establecidos en la Tabla 621 — 2. Si estos requisitos no se cumplen, la suspensión se debe renovar hasta obtenerlos para poder iniciar el proceso de colocación del concreto.

621.4.7 Inspección de la excavación

El constructor debe suministrar equipo para verificar las dimensiones y alineamientos de cada excavación de pilotes. Tal verificación la debe hacer bajo la dirección del interventor. La profundidad final del pozo se debe medir luego de completar la limpieza final.

La excavación del pozo se debe limpiar hasta que el cincuenta por ciento (50 %) de la base, como mínimo, tenga menos de un centímetro (1 cm) de sedimento y, en ningún lugar de la base, más de cuatro centímetros (4 cm) de sedimento.

La limpieza del pozo debe ser aprobada por el interventor.

621.4.8 Construcción y colocación de la canasta de refuerzo

La canasta de refuerzo comprende el acero indicado en los documentos del proyecto, adicionado de las varillas de refuerzo de la canasta y de espaciadores, centralizadores y otros accesorios necesarios completamente ensamblados y colocados como una unidad, inmediatamente después de que el interventor inspeccione y acepte la excavación del pozo, y antes de la colocación del concreto. La canasta de refuerzo se debe construir de acuerdo con las especificaciones y los

detalles presentados en los documentos del proyecto, incluyendo requisitos para traslapes de armadura, estribos, soldaduras y demás especificaciones de la canasta.

El acero de refuerzo dentro del pozo se debe amarrar y soportar dentro de las tolerancias permitidas, hasta que el concreto lo soporte por sí mismo.

Cuando se coloque el concreto por medio de tubería de vaciado, se deben utilizar dispositivos de anclaje temporales, para evitar que la canasta se levante durante la colocación del concreto.

Los espaciadores de concreto o cualquier otro dispositivo de separación no corrosivo aprobado, deben ser utilizados a intervalos que no excedan de uno coma cinco metros (1,5 m) a lo largo del pozo, para garantizar la posición concéntrica de la canasta dentro de la excavación. Cuando las varillas de refuerzo longitudinal exceden de veinticinco milímetros (25 mm) (nro. 8), dicho espaciamiento no debe ser mayor de tres metros (3 m).

621.4.9 Colocación, curado (cuando sea necesario) y protección del concreto

El concreto debe ser vaciado dentro del pozo, tan pronto como sea posible, luego de colocar la canasta de acero de refuerzo con todos sus aditamentos. La colocación del concreto se debe realizar con procedimientos que eviten la segregación de este y su contaminación. Esta contaminación puede ser con el lodo estabilizador de la perforación o con derrumbes de las paredes de la excavación.

El constructor debe cuidar que, en ningún momento, la altura de caída del hormigón sea mayor de un metro (1,0 m). En caso de que el concreto vaya a ser colocado bajo agua o suspensión, debe ser colocado mediante un tubo de vaciado (tubo tremie) o por medio de bombeo. El tubo tremie se debe mantener en todo momento con su punta hundida a lo menos dos metros (2 m) en el hormigón fresco. De esta forma, se debe garantizar la salida del hormigón contaminado a la superficie para su eliminación.

Se permite realizar la excavación y la construcción de los pilotes, mediante la metodología CFA (*Continuous Flight Auger*). El procedimiento constructivo y pruebas requeridas para los pilotes CFA deben ser presentadas al interventor y evaluadas por él mismo para su aprobación. Solo se puede iniciar la construcción una vez sea aprobado por el interventor.

La colocación del concreto debe ser continua hasta la cota superior del pozo y seguirse una vez llenado este, hasta que se evidencie la buena calidad del concreto. No se deben aceptar, en ningún caso, interrupciones, motivando el rechazo del pilote si esto sucediera.

Para pozos con diámetros inferiores a dos coma cuarenta metros (2,40 m), el tiempo transcurrido desde el comienzo de colocación del concreto hasta su terminación no debe exceder de dos horas (2 h). Para pozos de diámetro igual o mayor, la rata de colocación de concreto no debe ser inferior a nueve metros (9 m) de altura del pozo por cada periodo de dos horas (2 h).

La mezcla del concreto debe ser de un diseño tal, que permita mantener su estado plástico durante el límite de colocación de dos horas (2 h).

Cuando la cota superior del pilote queda por encima del terreno, la porción que sobresale debe ser conformada con una formaleta removable o una camisa permanente, cuando así lo establezcan los documentos del proyecto.

Cuando se desplante la cimentación sobre el concreto sano del pilote se debe dejar, en la parte superior, una longitud adicional de concreto equivalente al noventa por ciento (90 %) del diámetro de este. El concreto que acarrea las impurezas durante el proceso de vaciado, puede ser retirado con un equipo neumático hasta un nivel no menor de veinte centímetros (20 cm) arriba de la cota de desplante. Estos últimos veinte centímetros (20 cm) se deben retirar manualmente evitando que se produzcan fisuras en el concreto del pilote que recibe el resto de la cimentación. En el caso de pilotes excavados manualmente y vaciados en seco, la longitud adicional puede ser hasta de cincuenta por ciento (50 %) del diámetro del pilote, evitando remover el concreto en estado fresco. Esta parte se debe retirar siguiendo los lineamientos previamente indicados.

Se debe garantizar que las varillas de refuerzo del pilote descabezado tengan la longitud necesaria para su anclaje a los elementos estructurales que se deben conectar al pilote.

El concreto del pilote debe ser vibrado o manipulado con una varilla, hasta una profundidad de cinco metros (5 m) debajo de la superficie del terreno, con los equipos de vibrado del concreto necesarios, excepto cuando el material blando o suspensión que permanezca en la excavación se pueda mezclar con el concreto.

Luego de la colocación, las superficies expuestas transitoriamente del pilote de concreto

deben ser curadas. No se deben ejecutar operaciones de construcción por lo menos durante cuarenta y ocho horas (48 h) después de la colocación del concreto, para evitar movimientos del terreno adyacente al pilote. Solamente se permite un vibrado moderado.

Las partes de pilotes expuestas a cuerpos de agua deben ser protegidas contra la acción del agua, dejando las formaletas por lo menos siete días (7 d) después de la colocación del concreto.

Se debe realizar un control del volumen real colocado, es decir, se debe calcular el volumen teórico y compararlo con el volumen real instalado. En el caso en que el volumen real colocado sea apreciablemente menor que el volumen teórico, esto puede indicar que se presentaron colapsos de paredes laterales o contaminación del concreto, por lo cual el constructor debe tomar medidas al respecto.

621.4.10 Perforación de prueba para pilotes preexcavados

Se deben ejecutar perforaciones de prueba para pilotes preexcavados, cuando se establezca de esta forma en los documentos del proyecto o lo ordene el interventor. Dichas pruebas se deben utilizar para determinar si los métodos, el equipo y los procedimientos empleados por el constructor son suficientes para lograr excavaciones de pilotes que cumplan con los requisitos establecidos en los documentos del proyecto.

Durante la ejecución de las perforaciones de prueba, el constructor debe revisar en forma permanente el comportamiento de la excavación y el tipo de suelo obtenido de la

excavación, para verificar la información del estudio de suelos. El constructor debe realizar una comparación general entre el perfil de suelos reportado en el estudio de suelos de los documentos del proyecto y el obtenido en la excavación. Si es necesario, de forma oportuna debe solicitar la verificación de los diseños o realizar los ajustes necesarios de los métodos o, el equipo o los procedimientos empleados, con el fin de completar satisfactoriamente la excavación.

La localización de los sitios para la ejecución de las perforaciones de prueba de pilotes debe ser la indicada en los documentos del proyecto o la ordenada por el interventor. El diámetro y la profundidad de las perforaciones de prueba deben ser los mismos de los pilotes preexcavados definitivos mostrados en los documentos del proyecto u ordenados por el interventor. Las perforaciones se deben llenar de la misma manera que los pilotes definitivos, a menos que se muestre en los documentos del proyecto o se indique por el interventor un material diferente de relleno.

621.4.11 Pruebas de carga

En los documentos del proyecto, el diseñador debe establecer las pruebas de carga por realizar para la evaluación de los pilotes de concreto. Para la realización de las pruebas el constructor debe seguir las indicaciones del diseñador consignadas en los documentos del proyecto y aquellas impartidas por el interventor.

La localización de los pilotes de prueba y los pilotes de reacción, las cargas máximas por aplicar, el equipo de prueba que debe suministrar el constructor y la ejecución de las

pruebas de carga, corresponden a lo indicado en los documentos del proyecto, por el diseñador o en las disposiciones especiales allí establecidas. Los tipos de prueba son los establecidos en los documentos del proyecto.

Se debe utilizar el procedimiento que corresponda de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 621 — 3, según el tipo de prueba.

Tabla 621 — 3. Normas de referencia para pruebas de carga de pilotes

Tipo de prueba de carga	Norma ASTM
Carga de compresión axial estática	D1143
Carga de tensión axial estática	D3689
Carga lateral estática	D3966
Prueba de carga dinámica de alta deformación	D4945
Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo <i>Statnamic</i>	D7383

Luego de completar la prueba, los pilotes de reacción que no han de ser utilizados como pilotes definitivos, se deben cortar a un metro (1 m) por debajo de la superficie del terreno, y la parte cortada debe ser retirada por el constructor.

El constructor debe suministrar las cotas de punta especificadas para los pilotes definitivos dentro de las dos (2) semanas posteriores a la última prueba de carga, lapso dentro del cual el interventor debe analizar la información de las pruebas. Las cotas de punta reportadas deben ser las establecidas y obtenidas durante la construcción del pilote.

Se debe llevar registro por lo menos de los siguientes aspectos:

- Condiciones del subsuelo en el lugar de la prueba.
- Descripción del pilote.
- Información obtenida durante la instalación y pruebas, incluyendo observaciones e incidentes.

- Datos y descripción del sistema de carga y del método de prueba.
- Tabla de cargas y deformaciones durante las etapas de carga y descarga del pilote.
- Gráfica de la curva asentamientos-tiempo para cada incremento de carga.

621.4.12 Pruebas de integridad

En los documentos del proyecto, el diseñador debe establecer el método (ASTM D5882 o ASTM D6760) para evaluar la integridad de los pilotes de concreto. Igualmente, se debe garantizar que el método es adecuado técnicamente para la relación diámetro profundidad del pilote. El porcentaje de pilotes a ser ensayados debe estar definido por el diseñador en los documentos del proyecto, pero no puede ser inferior del veinte por ciento (20 %) de los pilotes y la cantidad de pilotes a ser ensayados tampoco debe ser menor de dos (2) pilotes.

Para la realización de las pruebas, el constructor debe seguir las indicaciones del diseñador

consignadas en los documentos del proyecto. Se debe utilizar el procedimiento que corresponda de los establecidos en las nor-

mas indicadas en la Tabla 621 — 4, según el tipo de prueba.

Tabla 620 — 4. Normas de referencia para pruebas de integridad de pilotes

Tipo de prueba de integridad	Norma ASTM
Prueba de integridad de baja deformación por impacto	D5882
Prueba de integridad por ultrasonido mediante probetas introducidas en tubos paralelos instalados dentro del pilote (<i>crosshole testing</i>)	D6760

621.4.13 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de pilotes preexcavados de concreto se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Para la disposición de desechos tales como material terreo, lodos (bentonítico o polimérico) y escombros como los obtenidos del descabece de los pilotes, el constructor debe destinar un área para recolectar dicho material y transportarlo a algún lugar autorizado por la autoridad ambiental. Para realizar el proceso de disposición de desechos, se debe

contar con los certificados de las entidades regulatorias de los botaderos donde se pretenden disponer estos. No se permite hacer vertimientos del lodo en el drenaje urbano.

621.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

621.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantan los siguientes controles principales:

- Comprobar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Vigilar que se apliquen métodos de trabajo apropiados para el tipo de obra en ejecución.
- Realizar métodos para verificar la verticalidad de la excavación en caso de ser solicitados por el interventor.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad establecidos en el numeral 621.2.

Adicionalmente, el interventor, en particular, debe adelantar los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del constructor.
- Verificar que el constructor emplee el equipo aprobado.
- Exigir al constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Ordenar las pruebas necesarias para comprobar la integridad y la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el constructor, en acuerdo con la presente especificación.

621.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

621.5.2.1 Calidad del concreto

En relación con la calidad de los ingredientes y de la mezcla de concreto, rige todo lo aplicable del artículo 630.

No se deben aceptar los pilotes cuya calidad de concreto resulte defectuosa.

El constructor debe ejecutar, sin costo adicional para INVÍAS, las verificaciones técnicas, los diseños y las obras que se requieran para sustituir los pilotes defectuosos por nuevos y reforzar las estructuras que se apoyen en estos, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original.

Las modificaciones propuestas por el constructor deben ser aprobadas por el interventor.

621.5.2.2 Acero de refuerzo

La calidad del acero de refuerzo debe cumplir lo establecido en el artículo 640.

En relación con las canastas de refuerzo, se deben aceptar las tolerancias indicadas en el mismo artículo.

Las canastas de refuerzo que no cumplan estos requisitos no pueden ser instaladas en los pilotes del proyecto.

621.5.2.3 Calidad de la suspensión

Sus características se deben ajustar, en todo, a las exigencias del numeral 621.2.4.

No se puede iniciar la construcción de los pilotes si la suspensión mineral o con polímero que está lista para su uso no cumple con los requisitos establecidos en el mencionado numeral para el momento de introducirla en la perforación; tampoco se debe autorizar el inicio del vaciado del concreto si la suspensión dentro de la perforación no cumple con los requisitos establecidos para el momento del vaciado.

La toma de muestras de la suspensión se debe realizar en presencia del interventor y se debe tomar registro de la fecha, hora, nombres de las personas que tomaron la muestra y los resultados obtenidos.

621.5.2.4 Camisas de acero

Su calidad debe satisfacer las exigencias del numeral 621.2.3. Su diámetro debe ser el establecido en los documentos del proyecto, con las tolerancias que se indican en el siguiente numeral.

Las camisas que no cumplan los requisitos no pueden ser instaladas en los pilotes del proyecto.

621.5.2.5 Tolerancias de construcción

En la construcción de los pilotes preexcavados se deben aceptar las siguientes tolerancias de construcción:

- El desplazamiento horizontal de los pilotes preexcavados, con respecto a la posición indicada en los documentos del proyecto, no debe exceder el menor valor entre el diez por ciento (10 %) del diámetro del pilote y siete coma cinco centímetros (7,5 cm), en cualquier dirección, en el nivel proyectado para la cabeza del pilote.
- El alineamiento vertical de la excavación del pilote no debe variar del alineamiento proyectado en más de dos centímetros por metro (2 cm/m) de profundidad.
- Luego de colocado el concreto, el extremo superior de la canasta de refuerzo no debe quedar más de quince centímetros (15 cm) por encima ni más de siete coma cinco centímetros (7,5 cm) por debajo de la posición proyectada.
- Cuando se utilicen camisas, su diámetro exterior no debe ser inferior al diámetro del pilote indicado en los documentos del proyecto. En caso contrario, el diámetro mínimo del pozo perforado debe ser igual al diámetro indicado en dichos documentos para diámetros de sesenta centímetros (60 cm) o menos, y hasta dos coma cinco centímetros (2,5 cm) menor de dicho diámetro, para pozos de diámetro superior a sesenta centímetros (60 cm).
- El área de apoyo de pilotes acampanados debe ser excavada, como mínimo, igual al área de apoyo proyectada. Cualquier otra

dimensión indicada para cilindros acampanados puede variar para ajustarse al equipo utilizado, siempre que lo apruebe el interventor.

- El nivel superior del pozo no debe exceder de dos coma cinco centímetros (2,5 cm) del nivel superior especificado.
- El fondo de la excavación del pozo debe quedar perpendicular a su eje, con una desviación máxima de seis centímetros por metro (6 cm/m) de diámetro del pozo.

No se debe aceptar ningún pilote que no cumpla con las tolerancias estipuladas. En tal caso, el constructor debe remitir para aprobación del interventor los métodos correctivos y no puede continuar con la construcción del pilote, hasta obtener la aprobación respectiva.

621.5.2.6 Ensayos no destructivos

Cuando el pilote se construya por el método húmedo y cuando lo exijan los documentos del proyecto o el interventor, el pilote terminado se debe someter a pruebas no destructivas para determinar el alcance de los defectos que se puedan presentar en este.

El trabajo para tales pruebas se debe realizar de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, y los materiales, equipos y personal calificado necesarios, deben ser suministrados por el constructor.

Si los resultados de los ensayos no destructivos, tales como ensayos sónicos o de impedancia mecánica, revelaran posibles anomalías, el interventor puede ordenar la comprobación del diseño teórico del pilote o la comprobación de la continuidad del pilote mediante sondeos, de cuya interpretación

puede establecer la necesidad de realizar pruebas de carga, la reparación del pilote o su rechazo, siendo los costos, en cualquier caso, a cargo del constructor.

Si las pruebas realizadas descubren la presencia de vacíos o discontinuidades que, a criterio del interventor, indiquen que el pilote no es estructuralmente adecuado, o que disminuyan su capacidad estructural en más del diez por ciento (10 %), este debe ser rechazado y suspendida la construcción de pilotes adicionales hasta que el constructor repare, reemplace o suplemente el trabajo defectuoso, y el interventor apruebe el trabajo de reparación. La suspensión en la construcción de pilotes preexcavados debe permanecer hasta que el interventor apruebe las modificaciones que se deban hacer a los métodos de construcción de los pilotes, presentadas por el constructor.

Todo defecto de calidad de los materiales, de ejecución o terminación de los pilotes preexcavados debe ser corregido por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y su aprobación.

621.6 Medida

621.6.1 Pilotes preexcavados

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de pilotes preexcavados de cada diámetro, construidos de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobados por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se debe realizar a lo largo del eje del pilote, a partir de las cotas de punta y de corte señaladas en los documentos del proyecto.

En la medida se deben incluir los pilotes empleados en las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del interventor, así ellos no queden incorporados en la estructura permanente. No se deben medir para pago los pilotes empleados en las pruebas de carga ordenadas por el interventor por dudas en la calidad de algún pilote, como tampoco los empleados en las pruebas que se efectúen por solicitud del constructor.

621.6.2 Bases acampanadas

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la centésima (0,01), de base acampanada de concreto construida de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobada por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se debe calcular con base en las dimensiones y formas especificadas en los documentos del proyecto y corresponde al volumen por fuera de las dimensiones del pilote que se extiende hasta el fondo de la campana.

621.6.3 Perforación de prueba para pilotes

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de perforación de prueba para pilote del diámetro especificado, ejecutada; aprobada por el interventor.

La medida se debe realizar desde la cota del terreno al instante de iniciar la perforación, hasta el fondo de esta. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la centésima (0,01), de perforación de prueba para base acampanada ejecutada; aprobada por el interventor. El volumen se debe calcular aplicando el mismo procedimiento descrito en el numeral 621.6.2. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.5 Camisas permanentes

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de camisa permanente de cada diámetro, suministrada e instalada; aprobada por el interventor. La medida se debe realizar a lo largo de la camisa, desde el nivel superior de ella o del pilote, el que sea menor, hasta el fondo de la camisa en cada lugar donde se haya autorizado su utilización. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.6 Pruebas de carga

Las pruebas de carga se deben medir por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de carga ordenadas por el interventor por dudas en la calidad del pilote no se deben medir para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

621.6.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se pagan por separado, ellas se deben medir por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de integridad ordenadas por el interventor por dudas en la calidad del pilote no se deben medir para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

621.6.8 Descabece de pilotes

El descabece de pilotes se debe medir al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), a las cotas y niveles definidos en los documentos del proyecto, para lo cual se debe verificar el trazo y la nivelación de los pilotes conforme a los niveles establecidos en el diseño definitivo. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.7 Forma de pago

621.7.1 Pilotes preexcavados

El pago de pilotes preexcavados se debe realizar de acuerdo con el precio unitario del contrato y debe incluir todos los

costos relacionados con la excavación del pozo, retiro, cargue, transporte y disposición del material proveniente de la excavación, el suministro y la colocación del acero de refuerzo y el concreto, y el curado (cuando sea necesario) de este último, lo mismo que la mano de obra, equipo, materiales, suministro, instalación y remoción de las camisas temporales; así como la provisión de todos los demás accesorios necesarios para completar el trabajo de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobados por el interventor.

Si los documentos del proyecto así lo establecen, el precio unitario debe incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución.

El precio unitario debe incluir los costos de preparación de los planos de trabajo, así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.2 Bases acampanadas

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por todo volumen de base acampanada construido de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor. El precio unitario debe incluir los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipo y demás costos adicionales que se requieran para la correcta terminación de las bases acampanadas.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.3 Perforación de prueba para pilotes

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por toda perforación de prueba para pilotes ejecutada satisfactoriamente. El precio unitario debe incluir todos los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta ejecución de las perforaciones de prueba para pilotes de acuerdo con los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

Si los documentos del proyecto así lo establecen, el precio unitario debe incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. En caso contrario, estas pruebas se deben pagar como se indica en el numeral 621.7.7.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por toda perforación de prueba para bases acampanadas ejecutada, aprobada por el interventor. El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de excavación y remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno

por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta terminación de las perforaciones de prueba para bases acampanadas.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.5 Camisas permanentes

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, el cual debe cubrir todos los costos por concepto del suministro y la correcta instalación de las camisas permanentes en los sitios y con las dimensiones previstas en los documentos del proyecto o aprobadas por el interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.6 Pruebas de carga

Se deben pagar al respectivo precio unitario del contrato, el cual debe incluir todos los costos relacionados con su correcta ejecución, según lo determine el interventor, incluido el corte de los pilotes de reacción y el retiro y la disposición del material cortado.

Las pruebas de carga en los pilotes de trabajo realizadas porque, a criterio del interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se deben medir ni pagar, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se deben pagar por separado, el pago se debe realizar al respectivo precio unitario, el cual debe incluir todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución.

Las pruebas de integridad realizadas porque, a criterio del interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se deben medir ni pagar, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.8 Descabece de pilotes

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por toda actividad de descabece de pilotes ejecutada satisfactoriamente. El precio unitario debe incluir todos los costos de demolición, obra falsa, retiro, cargue, transporte y disposición del material; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta ejecución de las actividades de descabece de pilotes de acuerdo con los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.9 Otras consideraciones

En todos los casos, el respectivo precio unitario debe incluir los costos necesarios para

la protección de las estructuras aledañas, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el periodo de ejecución de los trabajos. Los ensayos no destructivos en los pilotes, realizados por dudas en la calidad del pilote surgidas al interventor por causas imputables al constructor, no se deben medir ni pagar, como tampoco los que se efectúen por solicitud de este último.

621.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
621.1	Pilote de concreto vaciado <i>in situ</i> , de diámetro ____	Metro (m)
621.2	Base acampanada	Metro cúbico (m ³)
621.3	Perforación de prueba para pilote, de diámetro ____	Metro (m)
621.4	Perforación de prueba para base acampanada	Metro cúbico (m ³)
621.5	Camisa permanente de diámetro exterior ____	Metro (m)
621.6	Prueba de carga tipo ____	Unidad (u)
621.7	Prueba de integridad tipo ____	Unidad (u)
621.8	Descabece de pilotes	Metro cúbico (m ³)

Nota: se deben elaborar ítems de pago independientes por cada diámetro de pilote, por cada diámetro de camisa permanente y por cada tipo de prueba de carga o de integridad que contemplen los documentos del proyecto.