

Instalación e inspección de anclajes con adhesivos químicos en estructuras de concreto

Jorge Alberto Rendón O.,
Ingeniero de Rehabilitación de Estructuras de Sika Colombia S.A.S.
rendon.jorge@co.sika.com



↑ Foto 1. Anclaje de una Grúa.
FLICKR - OMAR BÀRCENA

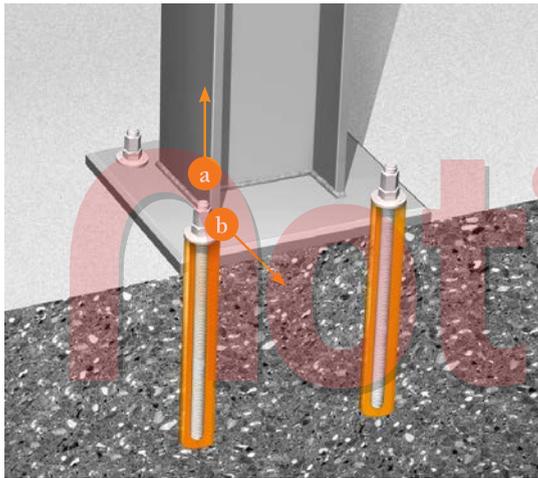
Los anclajes con adhesivos son muy utilizados en todo el mundo para conexiones en estructuras de concreto y mampostería. También se les conoce como anclajes químicos o anclajes adheridos con adhesivos y pertenecen a la clasificación de anclajes post-instalados que son los que se colocan después de que el concreto se ha endurecido. Los elementos que se anclan son normalmente pernos roscados o barras de refuerzo corrugadas. Es común ver los anclajes químicos en fachadas flotantes, cielos rasos, escaleras y cualquier estructura que deba soportar un esfuerzo de tensión o cortante en su unión con el elemento estructural de concreto.

Para este tipo de anclajes es definitiva la instalación, la cual debe incluir el correcto taladrado y limpieza de la perforación, la adecuada inyección del adhesivo y la precisa inserción del perno o barra.

Para que un anclaje funcione de manera eficiente deben cumplirse tres condiciones:

1. La elección del adhesivo adecuado para el anclaje, ensayado para las cargas que debe soportar: estáticas, sísmicas, de viento, carga sostenida.
2. Un diseño correcto, elaborado por un ingeniero con experiencia y con base en una normativa avalada por la Comunidad de Ingenieros.
3. La correcta ejecución del anclaje desde la perforación, la limpieza, la inyección del adhesivo hasta la inserción de la barra o perno en el orificio.

Este artículo hace énfasis en la correcta instalación de los anclajes químicos para que no se presenten fallas que puedan comprometer la vida de las personas; en la normativa vigente para la evaluación de los adhesivos y en la certificación de los aplicadores de anclajes químicos.

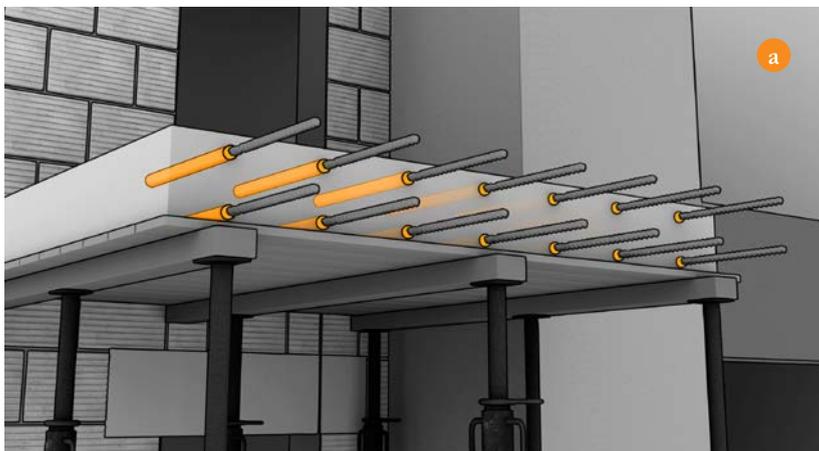


← Figura 1. Dirección de las cargas en los anclajes químicos: (a) Tensión, (b) cortante. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.

Los anclajes con adhesivos

Estos anclajes obtienen de la adherencia al sustrato, su resistencia para soportar las cargas que se les aplican. Dependiendo de la dirección de las cargas, éstas pueden ser de tensión, cortante o una combinación de ambas. Ver figura 1.

Adicionalmente, estas cargas pueden ser de tipo estructural y no estructural.



↓ Figura 2. (a) Anclajes químicos de tipo estructural. Continuación de una losa maciza en un edificio la cual soportará cargas verticales (estáticas) y carga de sismo. (b) Anclajes químicos de tipo no estructural. Soportes para elementos de poco peso. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.

Los anclajes estructurales deben soportar cargas provenientes de movimientos sísmicos o de cargas gravitacionales importantes (peso de elementos estructurales como vigas, columnas, muros, losas, etc.) por lo tanto los adhesivos para estas aplicaciones se ensayan para soportar cargas de sismo, estáticas (cargas muertas y vivas) y de viento.

Los anclajes no estructurales se refieren a cargas menores y son aquellos que se utilizan para soportes de herramientas, televisores, bicicletas, barandas, etc. Los adhesivos para este tipo de aplicaciones no se someten a ensayos tan exhaustivos como los de adhesivos estructurales. Es el ingeniero estructural quien determina si el anclaje es de tipo estructural o no estructural. Ver figura 2.

Los adhesivos para anclajes pueden ser de varias familias químicas. Los más comunes son los epóxicos y los hay acrílicos, poliéster y viniléster. Los anclajes epóxicos normalmente son de fraguado lento y, dependiendo de la temperatura ambiente, se pueden cargar después de dejarlos endurecer durante medio día o un día completo. A mayor temperatura endurecen más rápido pero requieren de una temperatura mínima (unos 5 °C) para que empiecen el proceso de a fraguado. Los adhesivos acrílicos, poliéster y viniléster son de fraguado rápido y normalmente se dan al servicio o se pueden cargar en 1 hora, aproximadamente.

El punto de partida es la elección de un producto adecuado para la aplicación. Al escoger el adhesivo para anclajes deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

1. El tipo de anclaje. Si es de tipo estructural o no estructural. Los adhesivos para anclajes estructurales tienen un reporte de evaluación que certifica su uso para estas aplicaciones.
2. La temperatura ambiental en el momento de la aplicación. En climas cálidos se prefieren los adhesivos de fraguado lento que dan tiempo suficiente para inyectarlos y completar el proceso, los adhesivos de





↑ Foto 2. Aplicación de adhesivo químico dentro de una perforación (adhesivo epóxico de dos componentes) mediante el uso de una pistola manual. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.

fraguado rápido deben aplicarse con mucha rapidez para que no se endurezcan dentro de la boquilla o en la perforación sin que se haya insertado el perno o la barra.

3. El tiempo en que debe empezar a trabajar. Cuando el anclaje debe cargarse o ponerse en servicio en corto tiempo (en una hora o menos) se debe escoger un adhesivo de fraguado rápido. Los adhesivos de fraguado lento necesitan varias horas (medio día o un día entero) para que se puedan cargar y darse al servicio.

Los anclajes químicos están disponibles en cartuchos o en cápsulas con dos componentes en su interior: una resina base y un endurecedor. El cartucho se monta en una pistola de aplicación, que al ser operada combina los dos componentes del adhesivo en la boquilla de mezclado. Ver la foto 2.

Es importante no modificar la boquilla de mezclado cortándola o retirando el helicoidal de su interior. De lo contrario los dos componentes del adhesivo no se mezclarán en la proporción exacta, dando como resultado que no fragüe o endurezca dentro de la perforación. Es común encontrar relaciones de mezclado de la resina base y endurecedor de 1:1, 1:3 ó 1:10.

Calificación de los anclajes químicos

Antes de 1995 no había criterios escritos para el ensayo y calificación de anclajes adhesivos. Fue entonces cuando el ICBO ES (*Internacional Conference of Building Officials Evaluation Service*) pidió a la industria elaborar estas recomendaciones o criterios.

En 1994 se formó un comité para esta labor que empezó a trabajar en un borrador de los criterios de aceptación de anclajes adhesivos. El equipo desarrolló unos protocolos de ensayo que se podían usar para precalificar los anclajes adhesivos para uso en las provisiones de diseño del UBC (*Uniform Building Code*).

En enero de 1995, ICBO ES adoptó el AC58 (*Acceptance Criteria for Adhesive-Bonded Anchors in Concrete and Masonry*), que contiene los métodos de ensayo (basados en el ASTM E1512) y los criterios de aceptación para la evaluación y calificación de anclajes adhesivos para uso estructural según las provisiones del UBC. *The Concrete Anchor Manufacturers' Association (CAMA)* fue establecida por los miembros del comité para asistir con los criterios futuros y el desarrollo de un Código.

El ACI 318-02 excluyó los anclajes químicos de los procedimientos de diseño (solo consideró los anclajes preinstalados y los anclajes mecánicos). Entonces CAMA aportó las recomendaciones para un nuevo procedimiento de diseño y los criterios de aceptación en el documento AC308 (*Acceptance Criteria for Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete Elements*).

AC308 fue adoptado por el ICC-ES (*International Code Council Evaluation Service*) en junio de 2005 en reemplazo del documento AC58 para las instalaciones de anclajes en el concreto. AC308 contiene los criterios de aceptación para anclajes adhesivos tanto en concreto fisurado (zona de tensión) como en concreto no fisurado de acuerdo con las provisiones del IBC (*International Building Code*).

Un adhesivo para anclajes estructurales tiene normalmente un reporte ICC-ES en que se especifica su aplicación en concreto fisurado (zonas de tensión en elementos de concreto reforzado, o en aplicaciones sísmicas) para todo tipo de cargas: estáticas (cargas muerta, viva, sostenida), cargas sísmicas y de viento.

El ACI 318 incluyó los anclajes químicos en 2011 en su apéndice D y en el año 2014 sufrió una reestructuración en sus capítulos y el capítulo de anclajes quedó en el 17. El documento ACI para la calificación de los anclajes adhesivos es el ACI 355.4-11 (*Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete*).

Requerimientos de instalación

Una vez se ha escogido el adhesivo correcto para anclajes, el siguiente aspecto crítico que se debe considerar es la instalación. Como parte del procedimiento de calificación, los anclajes son ensayados después de su instalación, según las recomendaciones del fabricante. Es muy importante seguir estas instrucciones para lograr las capacidades publicadas y las características de desempeño del anclaje.

Las instrucciones de instalación especifican:

- El método de taladrado
- El procedimiento de limpieza de la perforación
- La inyección del adhesivo dentro de la perforación
- La instalación del perno roscado o barra corrugada dentro de la perforación
- El cuidado que debe tenerse durante el curado del adhesivo

Sistema de taladrado

Usualmente se prefiere usar un taladro roto-percutor con broca de diamante de un diámetro especificado que deja una perforación cilíndrica rugosa.

Otro sistema de taladrado es el extractor de núcleos de broca de diamante (para los anclajes con diámetro grande, usualmente de más de 1") que deja una perforación más lisa que el taladro roto-percutor.

Ambos métodos afectan la capacidad de carga de tensión de los anclajes adhesivos, siendo menor la de los anclajes con broca de diamante debido a la menor rugosidad de su superficie. El método de la broca de diamante utiliza agua durante la perforación, lo cual genera una lechada de barro que debe lavarse posteriormente.

El diámetro de la perforación respecto al diámetro del perno/barra a anclar es una elección importante. Normalmente se recomienda un diámetro de broca 1/8" mayor que la barra/perno a anclar. Para pernos/barras con diámetros superiores a 3/4" (barra N° 6) deberían usarse diámetros de brocas 1/4" mayores.

La capacidad del anclaje depende de la profundidad de su empotramiento en el concreto; por lo tanto, se debe perforar hasta la profundidad indicada en los planos.



← Foto 3. Taladro roto-percutor con broca de diamante para perforar un anclaje químico. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.

Limpieza de la perforación

La apropiada limpieza de la perforación es crítica en todas las aplicaciones de anclajes con adhesivos. La limpieza deficiente perjudica el desempeño del anclaje, disminuye su capacidad de carga y en ocasiones produce falla del anclaje.

En la limpieza de la perforación deben usarse cepillos con cerdas metálicas que rayen la perforación y la dejen rugosa, seguida del uso de un soplador de limpieza cuya manguera alcance el fondo de la perforación y saque todo el polvo.

La limpieza empieza tan pronto se termina el taladrado. Normalmente, las recomendaciones de los fabricantes de adhesivos indican una secuencia de limpieza que inicia con el uso del soplador, luego la inserción del cepillo metálico girándolo dentro de la perforación (se puede mover hacia el fondo y hacia la salida de la perforación al menos un par de veces) y después el soplador de nuevo. Las hojas técnicas de los adhesivos o las recomendaciones de instalación indican

el número de introducciones del soplador y el cepillo metálico para eliminar el polvo de la perforación.

Si hay agua dentro de la perforación por lluvia o por actividad de la construcción, el agua se debe retirar totalmente antes de inyectar el adhesivo. De lo contrario deberá aplicarse un adhesivo que haya sido calificado para aplicaciones en presencia de agua (perforación inundada de agua).

Inyección del adhesivo e instalación de la barra/perno

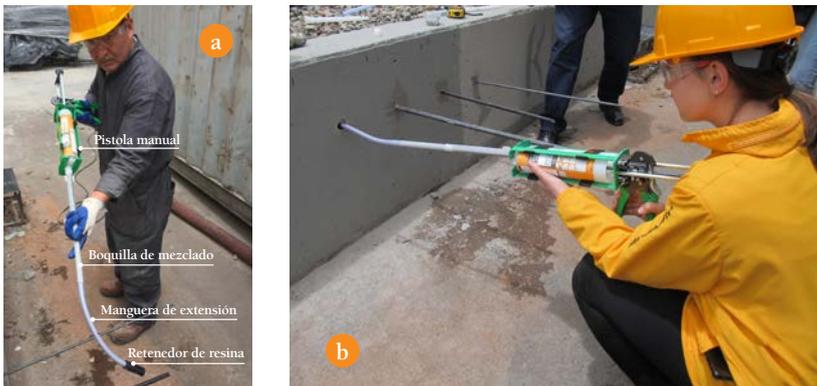
Para los sistemas de adhesivos de cartucho, se debe usar todo el sistema recomendado por el fabricante, el cual incluye la pistola de aplicación, boquillas de mezclador, mangueras de extensión y retenedores de resina.

Al empezar un cartucho nuevo es obligatorio descartar la primera porción de adhesivo que sale por la boquilla hasta que empiece a salir de color uniforme. Esto se logra después de accionar la pistola varias veces. Así se garantiza que los dos componentes del adhesivo se mezclarán en la proporción correcta y endurecerán o curarán apropiadamente. Si se incumple este procedimiento, los primeros anclajes del nuevo cartucho no lograrán su desempeño óptimo. Este es uno de los errores más comunes en la aplicación de adhesivos para el anclaje de pernos o barras.

La boquilla de mezclador debe introducirse hasta el fondo de la perforación y retirarse lentamente a medida que el adhesivo se inyecta. Si el orificio es profundo (más de 20 cm) es posible usar mangueras de extensión adaptadas a la boquilla de mezclador. Debe evitarse introducir aire a medida que se inyecta el adhesivo, por lo cual se recomienda usar un retenedor de resina colocado en el extremo de la manguera de extensión. El retenedor de resina tiene otra función muy importante, la de permitir que la manguera de extensión vaya saliendo de la perforación a medida que inyectamos el adhesivo.

↓ Foto 4. (a) Limpieza de la perforación con el uso de un cepillo metálico. (b) Uso de un soplador manual para retirar el polvo dentro de la perforación. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.





↑ Foto 5. (a) Accesorios para aplicar un adhesivo químico dentro de una perforación. (b) Inyección de un adhesivo dentro de una perforación. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.

La perforación se debe llenar con el adhesivo hasta 2/3 de su altura; de esta manera se garantiza que al insertar la barra/perno saldrá un excedente del adhesivo por la parte superior, lo cual indicará que el adhesivo recubrirá toda la barra/perno dentro de la perforación y que no quedan vacíos entre la barra y la superficie de la perforación. Ver foto 5.

El perno roscado o barra corrugada se debe insertar con un movimiento de giro asegurando que el adhesivo fluya por la rosca del perno o por las deformaciones de la barra. El perno/barra debe llegar hasta el fondo de la perforación a la profundidad requerida.

Pistola manual

Después de insertado el anclaje dentro de la perforación, no deberá moverse hasta cuando haya curado. La hoja técnica, el reporte de evaluación y las instrucciones de instalación del fabricante indican los tiempos de endurecimiento (llamados tiempos gel) y los tiempos de curado final (o tiempos de carga) para diferentes temperaturas del ambiente. A más temperatura, menor serán el tiempo gel y el tiempo de curado.

El tiempo gel se refiere al tiempo después del cual no se debe mover el anclaje, ya que el adhesivo ha empezado a fraguar o endurecer. Si el perno se mueve, habrá que repetir el anclaje después de limpiar la perforación.

El tiempo de curado se refiere al tiempo en el cual ya podemos cargar el anclaje. Algunos adhesivos se pueden cargar una hora después de instalados y otros a las 24 horas, dependiendo de si son resinas de fraguado rápido o de fraguado lento.

La certificación del instalador de anclajes adhesivos del ACI-CRSI

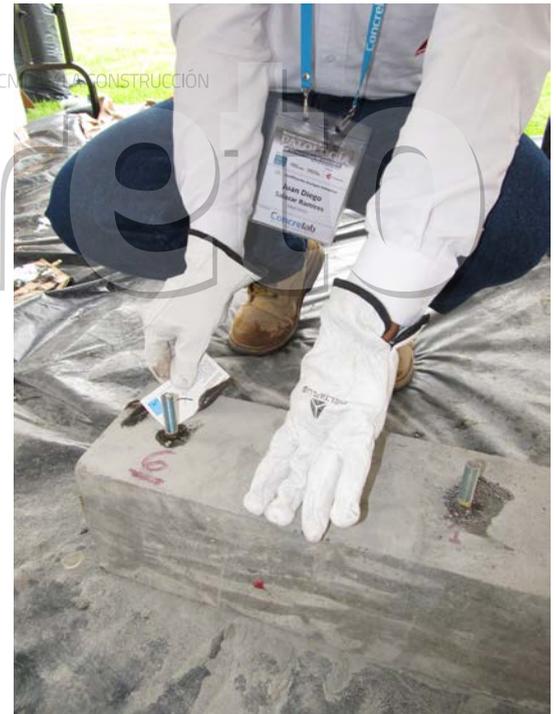
El 10 de julio de 2006 se desplomó un tramo del techo de concreto de un túnel en Boston (USA), matando a un conductor e hiriendo a otro. La falla se presentó en unos anclajes en el techo del túnel de los cuales colgaban unos cables que sostenían la placa de concreto. Se encargó de investigar el accidente la Junta Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB). Poco después se publicó un informe

con recomendaciones a varias entidades, entre ellas el Instituto Americano del Concreto (ACI), para que utilizara sus códigos de construcción, materiales educativos, foros y publicaciones en la información a las compañías de diseño y construcción sobre los riesgos de falla de los anclajes químicos, sobre todo cuando la aplicación no ha sido correcta.

Entonces el ACI se asoció con el Instituto del Concreto Reforzado con Acero (*Concrete Reinforcing Steel Institute*, CRSI) en la creación de un programa de certificación para instaladores de anclajes adhesivos. Este programa tiene como objetivo verificar que las personas certificadas posean los conocimientos necesarios para instalar correctamente los anclajes adhesivos en concreto.

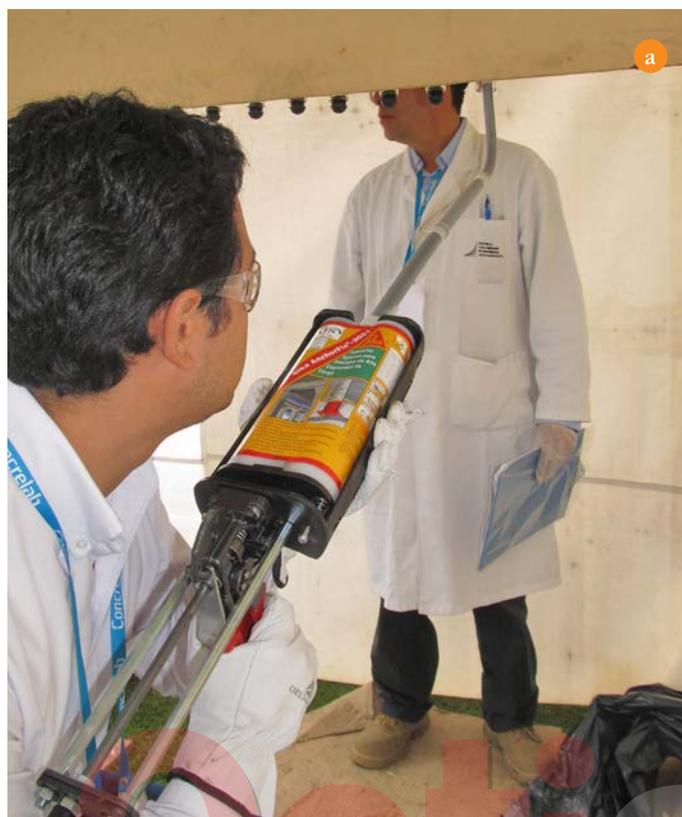
La certificación ACI-CRSI como instalador de anclajes adhesivos brinda el reconocimiento internacional de un grupo independiente de expertos en el concreto, mejora las posibilidades de progreso y brinda más oportunidades de empleo para las personas que se dedican a los anclajes químicos.

→ Foto 6. Excedente de adhesivo saliendo por la parte superior de la perforación, después de la inserción de un perno roscado. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.



→ Foto 7. Dos actividades de la prueba en el piso, (a) taladrado de la perforación y (b) aplicación del adhesivo en la perforación. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.





Esta certificación se ofrece en los Estados Unidos y en otros países. En nuestra región, este programa de certificación ha sido organizado en los últimos años por el Capítulo Colombiano del ACI.

La certificación ACI-CRSI como instalador de anclajes adhesivos consta de dos partes, una teórica y otra práctica.

En la parte teórica se presenta un examen en de 75 preguntas que deben resolverse en 90 minutos, con el cual se evalúan los conocimientos sobre instalación de anclajes con adhesivos. En el componente práctico deben realizarse dos tipos de anclajes: uno en el piso y otro sobre cabeza. Para el anclaje en el piso, además del taladro, deben utilizarse los accesorios de limpieza (cepillos metálicos y el soplador manual). Ver la foto 7.

Para el anclaje sobre cabeza, se debe hacer uso de los accesorios para inyectar el adhesivo dentro de la perforación, como son las mangueras de extensión y los retenedores de resina. Ver la foto 8.

En la prueba práctica en el piso, el evaluador pone especial atención sobre los siguientes aspectos de la realización del anclaje: manipulación del taladro (que se haga con firmeza y seguridad), desviación de la perforación, profundidad de la perforación, limpieza de la perforación, inyección del adhesivo (en la cantidad suficiente), inserción de la barra (que no quede con una inclinación superior a 3°).

En la prueba de anclaje sobre cabeza, el evaluado debe llenar las 2/3 partes de la longitud de un tubo acrílico transparente, simulando la inyección de un

↑ Foto 8. (Dos vistas de la prueba sobre cabeza, llamada la prueba con el retenedor de resina: (a) desde el punto de vista de quien presenta la prueba. (b) desde el punto de vista del evaluador. Se utilizan pistola manual, boquilla de mezclado, manguera de extensión y retenedor de resina en el extremo de la manguera de extensión. CORTESÍA SIKA COLOMBIA S.A.S.

adhesivo en una perforación en concreto. Al día siguiente se cortan los tubos acrílicos con el adhesivo en su interior para verificar la cantidad de burbujas (entre menos burbujas, mejor) y determinar si el evaluado pasó la prueba.

La certificación es válida por 5 años y el anclador recibe un carné que lo acredita como de instalador de anclajes adhesivos avalado por el ACI-CRSI.

Otra consecuencia del accidente en el túnel de Boston es la inspección continua que se hace en Estados Unidos a los anclajes sobre cabeza. Un inspector comprueba todo el tiempo las actividades del instalador para la realización del anclaje, desde la ejecución de la perforación hasta la inyección del adhesivo y la posterior inserción de la barra/perno. También se verifican la ubicación del anclaje con sus distancias a los bordes y a otros anclajes, equipo de taladrado, tipo y diámetro de la broca, profundidad, limpieza de la perforación y fecha de expiración del adhesivo.

Referencias

1. Wollmershauser, R., y Mattis, L., "Adhesive Anchor Installation and Inspection", Concrete International, V.30, No.12, Dic.2008, pp. 36-40.
2. Grosser, P., Werner F., y Eligehausen, R., "A Field study of Adhesive Anchor Installation", Concrete International, Enero 2011, pp. 57-63.
3. CP-80S(15), Instalador de Anclaje Adhesivo, ACI (American Concrete Institute) y CRSI (Concrete Reinforcing Steel Institute). 2015.