

IMAGINANDO SOLUCIONES

Guía de estudio Anclajes adhesivos postinstalados en concreto

Lectura integrada de NSR-10, ACI 318-19 y Hilti Anchor Fastening Technical Guide

Propósito del documento

Presentar de manera sencilla el marco conceptual y documental para estudiar un anclaje adhesivo postinstalado cuando trabaja como ANCHOR. El objetivo es comprender qué se verifica, qué documento respalda cada dato y por qué un producto adhesivo no se diseña únicamente con la resistencia de la resina.

Preparado por Imaginando Soluciones SAS

Documento técnico de estudio | Versión 1.0 | Septiembre de 2026

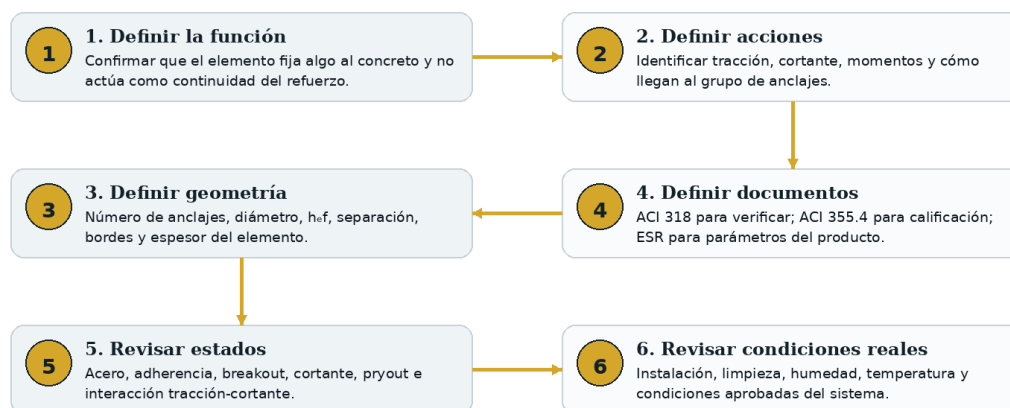
Nota: material de estudio y consulta. No reemplaza el diseño estructural del proyecto, la revisión del reglamento vigente ni la evaluación específica del producto instalado.

Índice

1. Objetivo y alcance
2. Tres documentos, tres funciones diferentes
3. Qué es un anclaje adhesivo
4. Diferencia entre “Adhesive Anchor” y barra de refuerzo postinstalada
5. Qué dice la NSR-10 y cuál es su limitación
6. Qué aporta ACI 318-19
7. Modos de falla que deben entenderse
8. Resistencia por adherencia: lo particular del adhesivo
9. Influencia de geometría, concreto e instalación
10. Ruta sencilla para revisar un anclaje adhesivo

Ruta sencilla para revisar un anclaje adhesivo

Secuencia práctica para estudiar un caso cuando trabaja como ANCHOR



Objetivo del estudio: comprender qué se verifica, qué documento respalda cada dato y cómo se arma una revisión responsable

Elaborado por Imaginando Soluciones

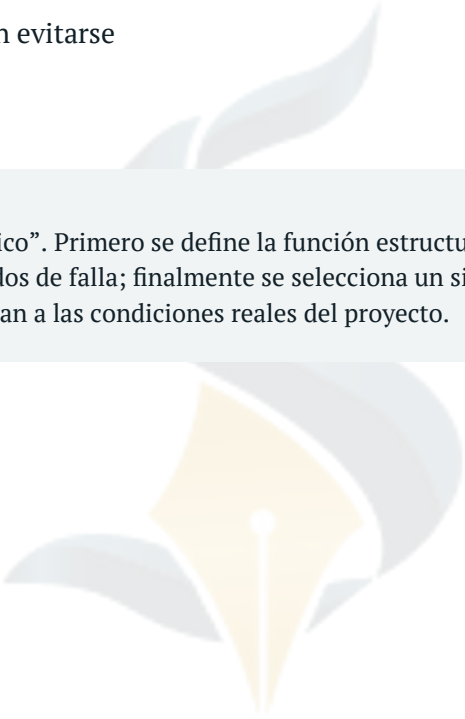
Figura 6. Ruta práctica de revisión para estudiar un anclaje adhesivo cuando trabaja como ANCHOR. Elaborado por Imaginando Soluciones.

11. Ejemplo conceptual: placa con cuatro anclajes adhesivos
12. Lista de verificación para estudio o diseño
13. Ruta de lectura recomendada
14. Enfoque de cálculo: de la carga a la resistencia
15. Distribución de cargas en grupos de anclajes

-
16. Verificaciones a tracción
 17. Verificaciones a cortante
 18. Interacción tracción-cortante
 19. Parámetros que deben venir del ESR
 20. Ejemplo numérico ilustrativo
 21. Errores de cálculo que deben evitarse
 22. Referencias documentales

Idea guía

No se comienza escogiendo “un epóxico”. Primero se define la función estructural de la conexión; después se identifican acciones, geometría y modos de falla; finalmente se selecciona un sistema adhesivo calificado cuyos parámetros de evaluación correspondan a las condiciones reales del proyecto.



Imaginando
Soluciones

1. Objetivo y alcance

Esta guía se enfoca en el caso en que una varilla roscada, barra o elemento de acero se instala después del endurecimiento del concreto mediante un sistema adhesivo y funciona como ANCLAJE de una fijación. El ejemplo típico es una placa metálica fijada a un pedestal, muro, viga o losa existente.

La guía no pretende reemplazar las ecuaciones completas del ACI 318 ni los reportes de evaluación del producto. Su propósito es construir una ruta de estudio que permita entender qué información debe buscarse y cómo se relacionan la NSR-10, ACI 318-19, ACI 355.4 y la documentación técnica del fabricante.

Propósito práctico: explicar de manera sencilla qué se verifica, qué documento respalda cada dato y por qué un anclaje adhesivo no se diseña únicamente con la resistencia de la resina.

Pregunta inicial

¿El elemento postinstalado está transfiriendo cargas como ANCLAJE de una fijación, o debe comportarse como una barra de refuerzo que continúa el sistema resistente? La respuesta cambia la ruta de diseño.

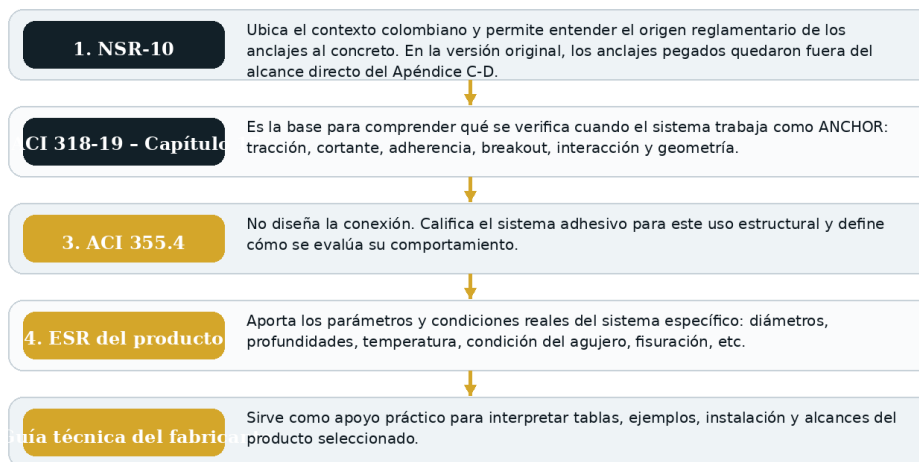
2. Tres documentos, tres funciones diferentes

Documento	Papel dentro del estudio
NSR-10 - Título C, Apéndice C-D	Marco colombiano histórico para anclajes al concreto. En su texto original excluye los anclajes pegados o inyectados con mortero.
ACI 318-19 - Capítulo 17	Marco de diseño moderno de anclajes al concreto. Incluye expresamente los anclajes adheridos (adhesive anchors).
ACI 355.4	Documento de calificación de anclajes adhesivos postinstalados: ensayos, desempeño, sensibilidad a instalación y condiciones de uso.
ICC-ES / ESR del producto	Aporta parámetros y limitaciones específicas del sistema adhesivo evaluado.
Hilti Anchor Fastening Technical Guide	Explica la aplicación práctica y organiza los datos de producto utilizando ACI 318 y reportes ESR.

La jerarquía práctica es sencilla: el reglamento define cómo verificar la conexión; el estándar de calificación establece cómo se demuestra el desempeño del sistema adhesivo; y el reporte del producto entrega los valores que corresponden al adhesivo, al elemento de acero y a las condiciones de instalación realmente evaluadas.

¿Qué documento respalda cada dato?

Mapa sencillo del marco documental para estudiar un anclaje adhesivo



a práctica: se entiende el problema con la norma, se valida el sistema con ACI 355.4 y se alimenta el cálculo con el ESR del producto.

Elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 1. Mapa documental simplificado elaborado por Imaginando Soluciones con base en NSR-10, ACI 318-19, ACI 355.4 y documentación técnica de producto.

3. Qué es un anclaje adhesivo

ACI 318-19 define el anclaje adherido como un anclaje postinstalado colocado en una perforación ejecutada en concreto endurecido y que transmite cargas al concreto por adherencia entre el elemento de anclaje y el adhesivo, y entre el adhesivo y el concreto.

Imaginando
Soluciones

ACI 318-19 – extracto

lizados para interconectar la cimentación que actúe como una unidad. Los elementos vigas sobre el terreno, losas sobre el terreno, etc. de una losa sobre el terreno.

Elementos finitos (Finite element analysis) — El modelaje analítico en el cual la estructura se divide en elementos discretos para el análisis.

Anclaje (anchor) — Un dispositivo de acero ya sea preinstalado o postinstalado en un concreto endurecido, y usado para transmitir fuerzas.

anclaje (anchor) — Los anclajes preinstalados incluyen tornillos con cabeza, tornillos con extremo con gancho (J o L) y pernos con cabeza. Los anclajes postinstalados incluyen anclajes de expansión, anclajes con sobreperforación en su base, anclajes de tornillo y anclajes adheridos. Los elementos de acero para anclajes adheridos incluyen barras roscadas, barras corrugadas de refuerzo, o camisas roscadas internamente y con deformaciones externas. Los tipos de anclaje se muestran en la Fig. R2.1.

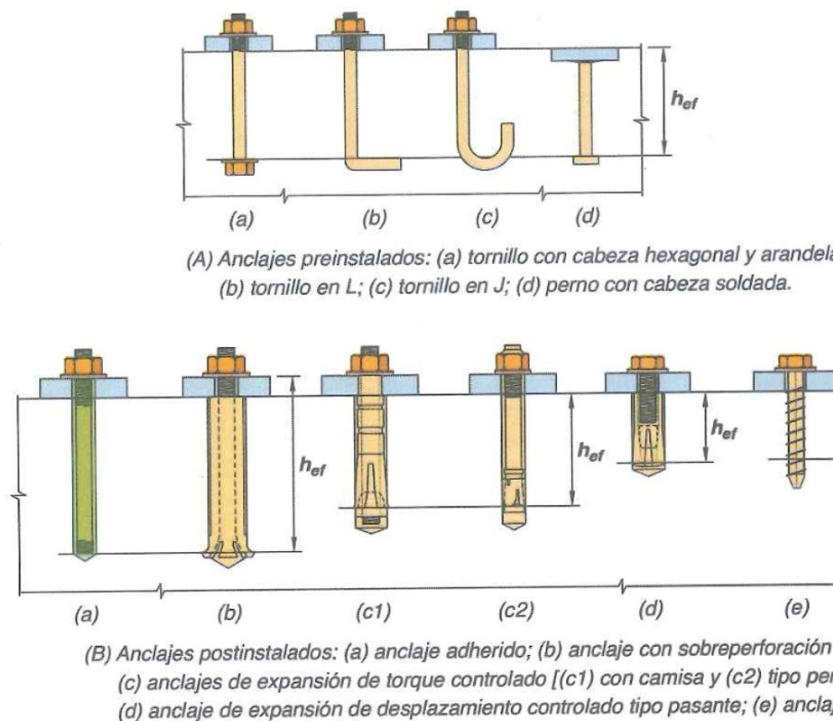


Fig. R2.1 — Tipos de anclajes

Anclaje adherido (adhesive anchor) — Un anclaje se inserta en una perforación realizada en concreto de un diámetro no mayor de 1.5 veces el diámetro del anclaje y que transfiere cargas al concreto por el anclaje y el adhesivo y entre el adhesivo y el

anclaje adherido (adhesive anchor) — El modelo contenido en el Capítulo 17 para anclajes adheridos se aplica en el comportamiento de anclajes colocados en perforaciones cuyo diámetro no excede 1.5 veces el diámetro del anclaje. Los anclajes colocados en perforaciones con un diámetro mayor de 1.5 veces el diámetro del anclaje se comportan de manera diferente y por esta razón están excluidos del alcance del Reglamento y del ACI 355.4. Para limitar la resistencia y reducir el desplazamiento bajo carga, la mayoría de los sistemas de anclajes adheridos requieren que el

Recorte de ACI 318-19: definición de anclaje adherido y esquema de tipos de anclajes. Fuente: ACI 318-19, terminología, página impresa 84.

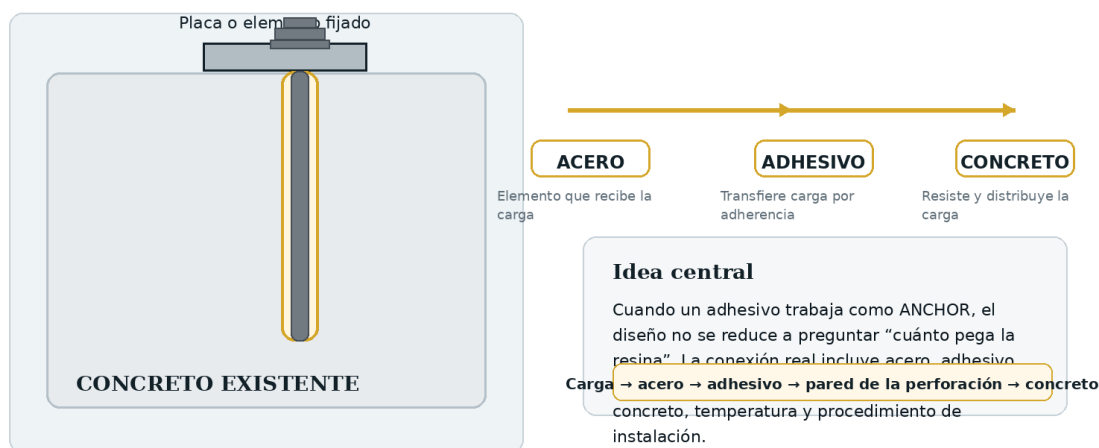
La transferencia de fuerza puede visualizarse así:

ACERO → ADHESIVO → PARED DE LA PERFORACIÓN → CONCRETO

Por lo tanto, la capacidad no depende solo del acero ni solo de la resistencia a compresión del concreto. También depende de la adherencia calificada del sistema, de la geometría y de la instalación.

¿Qué es un anclaje adhesivo?

Visualización simple del sistema y de la transferencia de carga



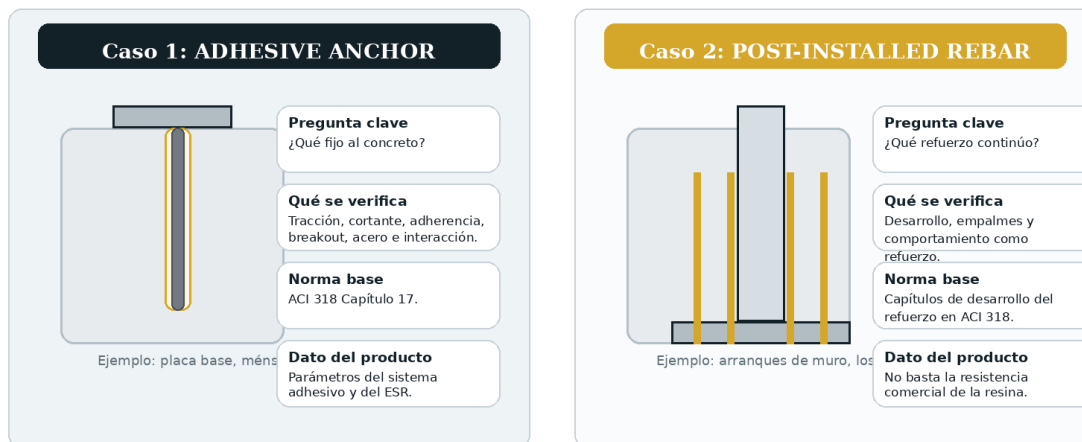
Elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 2. Explicación conceptual del sistema de anclaje adhesivo cuando trabaja como ANCHOR. Esquema elaborado por Imaginando Soluciones a partir del marco normativo estudiado.

4. “Adhesive Anchor” vs. barra de refuerzo postinstalada

ANCHOR vs. barra de refuerzo postinstalada

La diferencia no está en el epóxico; está en la función estructural



Dos barras con epóxico pueden verse iguales, pero se diseñan distinto si su función estructural es distinta.

Elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 3. Diferencia funcional entre un Adhesive Anchor y una barra de refuerzo postinstalada. Síntesis pedagógica elaborada por Imaginando Soluciones.

Pregunta	Adhesive Anchor / Anchor	Post-installed Rebar
Función	Fijar un elemento o transmitir una acción desde una conexión al concreto.	Continuar o desarrollar refuerzo estructural.
Ejemplo	Placa base o ménsula fijada con varillas adhesivas.	Barras de arranque de un muro o ampliación de una losa.
Lectura principal	ACI 318 Capítulo 17 + datos del sistema adhesivo.	Disposiciones de desarrollo/empalme y metodología aplicable a la barra postinstalada.
Pregunta de diseño	¿Qué modo de falla controla la resistencia del anclaje?	¿La barra desarrolla el esfuerzo requerido y transfiere adecuadamente la fuerza?

Clave de interpretación

Dos barras pueden instalarse con el mismo adhesivo y en perforaciones similares, pero no necesariamente se diseñan igual. Lo que manda es la función estructural del elemento dentro de la conexión.

5. Qué dice la NSR-10 y cuál es su limitación

En el Apéndice C-D de la NSR-10 original se desarrollan requisitos para anclajes al concreto; sin embargo, la propia sección C-D.2.2 excluye expresamente los “anclajes pegados o inyectados con mortero”. El comentario C-RD.2.2 reconoce que estos anclajes se usan ampliamente y pueden comportarse adecuadamente, pero indica que se encuentran fuera del alcance de ese apéndice.

NSR-10 – extracto	
REGLAMENTO	COMENTARIO©
transmitir las cargas estructurales por medio de tracción, cortante o combinación de tracción y cortante, entre (a) elementos estructurales conectados; o (b) aditamentos y elementos estructurales relacionadas con la seguridad. Los niveles de seguridad especificados están orientados a las condiciones durante la vida útil más que a situaciones durante la construcción o manejo de corta duración.	estructurales relacionadas con la resistencia, estabilidad o seguridad de vida. Se contemplan dos tipos de aplicaciones. La primera, son las conexiones entre elementos estructurales donde la falla de un anclaje o de un grupo de anclajes puede tener como resultado una pérdida de equilibrio o de estabilidad de una parte cualquiera de la estructura. La segunda, donde los aditamentos relacionados con la seguridad que no son parte de la estructura (como los sistemas de aspersión, tuberías muy pesadas en suspensión, o rieles de barandas) se encuentran fijas a elementos estructurales. Los niveles de seguridad dados por las combinaciones de los factores de carga y los factores ϕ son adecuados para aplicaciones estructurales. Otras normas pueden exigir niveles de seguridad más rigurosos durante el lapso de manipulación temporal.
C-D.2.2 — Este apéndice se refiere tanto a los anclajes preinstalados antes de la colocación del concreto como a anclajes postinstalados. No se incluyen insertos especiales, tornillos pasantes, anclajes múltiples conectados a una sola platina de acero en el extremo embebido de los anclajes, anclajes pegados o inyectados con mortero, ni anclajes directos como pernos o clavos instalados neumáticamente o utilizando pólvora. El refuerzo utilizado como parte del anclaje debe diseñarse de acuerdo con otras partes de este Título C del Reglamento NSR-10.	C-RD.2.2 — La gran variedad de formas y configuraciones de los insertos especiales hacen difícil prescribir ensayos generalizados y ecuaciones de diseño para los diferentes tipos de insertos. De ahí que han sido excluidos del alcance del apéndice C-D. Los anclajes pegados se utilizan ampliamente y pueden comportarse en forma adecuada. Sin embargo, por el momento, esos anclajes se encuentran fuera del alcance de este apéndice.
C-D.2.3 — Se incluyen los pernos con cabeza y tornillos con cabeza, los cuales poseen una geometría que ha demostrado tener una resistencia a la extracción por deslizamiento en concreto no fisurado igual o superior a $1.4N_p$ (donde N_p está dado por la ecuación (C-D-15)). Se incluyen los tornillos con gancho que tienen una geometría que ha demostrado dar una resistencia a la extracción por deslizamiento en concreto no fisurado igual	C-RD.2.3 — Se han ensayado pernos con cabeza y tornillos con cabeza preinstalados con geometrías que cumplen con ANSI/ASME B1.1 ^{C-D.1} , B.18.2.1 ^{C-D.2} y B.18.2.6 ^{C-D.3} y se han comprobado que tienen un comportamiento predecible, por lo tanto, las resistencias a la extracción por deslizamiento calculadas son aceptables. Los anclajes postinstalados no poseen una resistencia de extracción por deslizamiento predecible y, por lo tanto, deben ser ensayados. Para poder utilizar un anclaje postinstalado cumpliendo con los requisitos

Recorte de NSR-10, Apéndice C-D, C-D.2.2 / C-RD.2.2. Fuente: NSR-10, página impresa C-486.

Consecuencia para el estudio

La NSR-10 es útil para comprender el lenguaje de anclajes, los estados límite del concreto, distancias al borde y la lógica de diseño; pero su texto original no contiene el tratamiento completo moderno del anclaje adhesivo. Para ese caso, ACI 318-19 y ACI 355.4 aportan el desarrollo posterior que sí incluye el sistema adherido.

6. Qué aporta ACI 318-19

ACI 318-19 incorpora el tema dentro del Capítulo 17 “Anclaje al concreto”. El índice del documento ubica allí el alcance, generalidades, límites de diseño, resistencia requerida, resistencia de diseño, tracción, cortante, interacción, distancias y requisitos sísmicos.



ACI 318-19 · índice Cap. 17

CAPÍTULO 15

NUDOS VIGA-COLUMNA Y LOSA-COLUMNA

- 15.1 — Alcance, p. 219
- 15.2 — Generalidades, p. 219
- 15.3 — Detallado de los nudos, p. 220
- 15.4 — Requisitos de resistencia para nudos viga-columna, p. 221
- 15.5 — Transmisión de la fuerza axial de la columna a través del sistema de piso, p. 222

CAPÍTULO 16

CONEXIONES ENTRE MIEMBROS

- 16.1 — Alcance, p. 225
- 16.2 — Conexiones de miembros prefabricados, p. 225
- 16.3 — Conexiones a cimentaciones, p. 230
- 16.4 — Transferencia de las fuerzas de cortante horizontal en miembros de concreto compuesto resistentes a flexión, p. 233
- 16.5 — Ménsulas y cartelas, p. 236

CAPÍTULO 17

ANCLAJE AL CONCRETO

- 17.1 — Alcance, p. 241
- 17.2 — Generalidades, p. 242
- 17.3 — Límites del diseño, p. 243
- 17.4 — Resistencia requerida, p. 245
- 17.5 — Resistencia de diseño, p. 245
- 17.6 — Resistencia a la tracción, p. 254
- 17.7 — Resistencia al cortante, p. 270
- 17.8 — Interacción tracción-cortante, p. 280
- 17.9 — Distancias al borde, espaciamientos y espesor para inhibir fallas por hendimiento, p. 281
- 17.10 — Requisitos de diseño sismo resistente de anclajes, p. 283

Índice de ACI 318-19: Capítulo 17 – Anclaje al concreto. Fuente: ACI 318-19, índice general, página impresa 6. El capítulo 17 inicia en la página impresa 241.

El mismo ACI 318-19 incluye ACI 355.4 entre sus normas de referencia para la calificación de anclajes adhesivos postinstalados. Esto separa claramente la calificación del producto del cálculo estructural de la conexión.

ACI 318-19 · normas citadas	
3.2.1 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) LRFDUS-8—LRFD Bridge Design Specifications, 8th Edition, 2017, Artículos 5.8.4.5, 5.8.4.4.2 y 5.8.4.4.3 LRFDCONS-4—LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, 2017, Artículo 10.3.2.3	3.2.1 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) R3.2.1 Se citan tres artículos de la AASHTO LR Specifications for Highway Bridge Design y un artículo de AASHTO LRFD “Construction Specifications” en Capítulos 2 y 25 de este Reglamento.
3.2.2 American Concrete Institute (ACI) ACI 301-16 — Specifications for Structural Concrete, Artículo 4.2.3. ACI 318.2-19 — Building Code Requirements for Concrete Thin Shells and Commentary. ACI 332-14 — Residential Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. ACI 355.2-19 — Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete and Commentary. ACI 355.4-11 — Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete. ACI 369.1-17 — Standard Requirements for Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings (369.1-17) and Commentary. ACI 374.1-05 — Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing. ACI 423.7-14 — Specification for Unbonded Single-Strand Tendon Materials. ACI 437.2-13 — Code Requirements for Load Testing of Existing Concrete Structures and Commentary.	R3.2.2 American Concrete Institute (ACI) R3.2.2 El Artículo 4.2.3 del ACI 301 referente al método de dosificación de la mezcla se cita en 26.4.3.1(b). Antes de 2014 los requisitos de ACI 318.2 se especificaban en el Capítulo 19 del Reglamento ACI 318. ACI 355.2, contiene los requisitos para el ensayo y evaluación de anclajes expansivos postinstalados, de tornillos de sobreperforación en su base para utilizarse tanto en concreto fisurado como no fisurado. ACI 355.4 contiene requisitos para el ensayo y evaluación de anclajes adheridos utilizados tanto en concreto fisurado y no fisurado. ACI 423.7 requiere la utilización de sistemas de tendones encapsulados para aplicaciones dentro del alcance de este Reglamento.

Recorte de ACI 318-19: referencia a ACI 355.4-19 para anclajes adhesivos postinstalados. Fuente: ACI 318-19, página impresa 51.

En términos de estudio, el flujo general es: determinar la resistencia requerida; calcular la resistencia de diseño para cada modo de falla aplicable; tomar la condición controlante; y verificar posteriormente la interacción cuando actúan simultáneamente tracción y cortante.

$$N_u \leq \phi N_n \quad \text{y} \quad V_u \leq \phi V_n$$

7. Modos de falla que deben entenderse

La resistencia de un anclaje no se resume en un único número. El diseño compara varios mecanismos posibles y el menor valor de diseño aplicable gobierna la conexión.

Hilti Guide – modos de falla

3.1.4 ANCHOR BEHAVIOR UNDER LOAD

When loaded in tension to failure, anchors may exhibit one or more identifiable failure modes. These include:

- steel failure in tension
- anchor pullout or pull-through failure
- adhesive bond failure
- concrete breakout failure
- concrete splitting failure
- side-face blowout failure

Failure modes associated with anchors loaded to failure in shear may be characterized as follows:

- steel failure in shear/tension
- concrete edge breakout failure
- pryout failure

PRESTRESSING OF ANCHORS

In general, properly installed anchors do not exhibit noticeable deflection at the expected service load levels due to the application of the prescribed installation torque. External tension loading results in a reduction of the clamping force in the connection with little increase in the corresponding bolt tension force. Shear loads are resisted by a combination of bearing and friction resulting from the anchor preload forces.

At load levels beyond the clamping load, anchor deflections increase and the response of the anchor varies according to the anchor force-resisting mechanism. Expansion anchors capable of follow-up expansion show increased deflections corresponding to relative movement of the cone and expansion elements. Adhesive anchors exhibit a change in stiffness corresponding to loss of adhesion between the adhesive and the base material whereby tension resistance at increasing displacement levels is provided by friction between the uneven hole wall and the adhesive plug. In all cases, increasing stress levels in the anchor bolt/element result in increased anchor displacements.

LONG TERM BEHAVIOR

Following are some factors that can influence the long-term behavior of post-installed anchoring systems.

Adhesive anchoring systems:

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| • Pretensioning relaxation | • Fatigue |
| • Chemical resistance/durability | • Concrete cracking |
| • Creep | • Corrosion |
| • Freeze/thaw conditions | • Fire |
| • High temperature | • Seismic loading |

Mechanical anchoring systems:

- | | |
|----------------------------|-------------|
| • Pretensioning relaxation | • Corrosion |
| • Fatigue | • Fire |

loading conditions as per ACI 355.4 and ICC-ES Acceptance Criteria AC308.

3.1.5 ANCHOR DESIGN

The design of anchors is based on an assessment of the loading conditions and anchorage capacity. Strength design (SD), limit state design (LSD), and allowable stress design (ASD) methods are currently in use in North America for the design of anchors.

Strength Design: The Strength Design Method for anchor design has been incorporated into several codes such as IBC and ACI 318. The method assigns specific strength reduction factors to each of several possible failure modes, provides predictions for the strength associated with each failure mode, and compares the controlling strength with factored loads. The Strength Design Method is a more accurate estimate of anchor resistance as compared to the ASD approach. The Strength Design Method, as incorporated in ACI 318 Chapter 17, is discussed in Section 3.1.6. Strength Design is state-of-the-art and Hilti recommends its use where applicable.

Limit State Design: The limit state design method for anchor design is described and included in the CSA A23.3 Annex D. In principle, the method follows the strength design concept with the application of different strength reduction factors. The limit states design method generally results in a more accurate estimate of anchor resistance as compared to the ASD approach. This approach is discussed further in 3.1.7.

Allowable loads: Under the Allowable Stress Design Method, the allowable load, or resistance, is based on the application of a safety factor to the mean result of laboratory testing to failure, regardless of the controlling failure mode observed in the tests. The safety factor is intended to account for reasonably expected variations in loading. Adjustments for anchor spacing and edge distance are developed as individual factors based on testing of two- and four-anchor groups and single anchors near free edges. These factors are multiplied together for specific anchor layouts. This approach is discussed further in section 3.1.9. Allowable Stress Design is typically used today for masonry applications.

3.1.6 ACI 318 Chapter 17 Strength Design — SD (LRFD)

Strength Design of anchors is referenced in the provisions of ACI 355.2, ACI 355.4, ACI 318 Chapter 17 and the ICC-ES Acceptance Criteria AC193 for mechanical anchors and AC308 for adhesive anchors.

STRENGTH DESIGN (SD) TERMINOLOGY

Hilti Anchor Fastening Technical Guide: comportamiento bajo carga, modos de falla y referencia al diseño por resistencia de ACI 318 Capítulo 17.
Página 19 del PDF compartido.

Acción	Modos principales a estudiar
Tracción	Falla del acero; falla por adherencia del adhesivo; arrancamiento del concreto; extracción/pullout cuando aplique; hendimiento; desprendimiento lateral cuando aplique.
Cortante	Falla del acero; arrancamiento de borde del concreto; pryout o desprendimiento por cabeceo.
Tracción + cortante	Además de las verificaciones independientes, debe revisarse la interacción exigida por ACI 318 Capítulo 17.

Para un anclaje adhesivo con varilla roscada convencional, la guía Hilti resume la resistencia a tracción asociada al concreto como el menor valor entre el arrancamiento del concreto y la resistencia por adherencia; la resistencia del acero se verifica de forma separada. En consecuencia, el diseño final debe considerar el mínimo entre todos los estados límite aplicables.

¿Qué se verifica en un anclaje adhesivo?

Resumen visual de los principales estados que deben entenderse



El diseño final compara varios mecanismos. La resistencia que controla es la menor entre los estados aplicables.

Elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 4. Resumen visual de los principales estados de verificación en tracción y cortante para fines de estudio. Elaborado por Imaginando Soluciones.

8. Resistencia por adherencia: lo particular del adhesivo

La falla por adherencia diferencia al anclaje adhesivo de muchos sistemas mecánicos. El sistema puede perder adherencia en la interfaz adhesivo-concreto o desarrollar un mecanismo combinado con el concreto

circundante. Por eso el parámetro de adherencia no debe suponerse a partir de la resistencia comercial de la resina.

ACI 318-19 introduce parámetros de adherencia característicos para anclajes adheridos en concreto fisurado y no fisurado. Esos parámetros deben proceder de la evaluación del sistema y de las condiciones cubiertas por el reporte del producto.

Regla práctica

No confundir “resistencia del epóxico” con “resistencia de diseño del anclaje”. El sistema estructural incluye adhesivo, elemento de acero, concreto, perforación, limpieza, condición de humedad, temperatura, profundidad de empotramiento y procedimiento de instalación.

9. Influencia de geometría, concreto e instalación

La guía Hilti enfatiza que el comportamiento de un anclaje adhesivo cambia con las condiciones del proyecto. Entre los factores que deben revisarse se encuentran:

- Profundidad efectiva de empotramiento, h_{ef} .
- Diámetro del elemento de anclaje y diámetro de perforación.
- Distancias al borde y separación entre anclajes.
- Espesor disponible del elemento de concreto.
- Concreto fisurado o no fisurado.
- Resistencia a compresión del concreto.
- Condición del agujero: seco, saturado, húmedo o con agua, según la aprobación del producto.
- Método de perforación y limpieza.
- Temperatura durante instalación y servicio.
- Cargas sostenidas, creep, fatiga, fuego, corrosión y acción sísmica cuando correspondan.

Imaginando
Soluciones

¿Por qué no basta con la resistencia de la resina?

Factores que cambian el desempeño real del anclaje adhesivo



Por eso un adhesivo estructural se estudia como parte de un sistema completo, no como un material aislado.

Elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 5. Factores que muestran por qué la verificación no depende únicamente de la resistencia de la resina. Esquema elaborado por Imaginando Soluciones.

Hilti señala que una instalación correcta es uno de los factores más influyentes sobre la adherencia y el desempeño del sistema. Esta observación es coherente con la necesidad de utilizar sistemas evaluados conforme a ACI 355.4 y seguir las instrucciones publicadas por el fabricante.

Imaginando
Soluciones

Hilti Guide - HIT-RE 500 V3

Anchor Fastening Technical Guide, Edition 22

MATERIAL SPECIFICATIONS

Table 1 — Material properties of fully cured Hilti HIT-RE 500 V3

Bond Strength ASTM C882-13A ¹ 2 day cure 14 day cure	10.8 MPa 11.7 MPa	1,560 psi 1,690 psi
Compressive Strength ASTM D695-10 ¹	82.7 MPa	12,000 psi
Compressive Modulus ASTM D695-10 ¹	2,600 MPa	0.38 x 10 ⁶ psi
Tensile Strength 7 day ASTM D638-14	49.3 MPa	7,150 psi
Elongation at break ASTM D638-14	1.1%	1.1%
Heat Deflection Temperature ASTM D648-07	50°C	122°F
Absorption ASTM D570-98	0.18%	0.18%
Linear Coefficient of Shrinkage on Cure ASTM D2566-86	0.008	0.008

¹ Minimum values obtained as the result of tests at 35°F, 50°F, 75°F and 110°F.

DESIGN DATA IN CONCRETE FOR ACI 318

ACI 318 Chapter 17 design

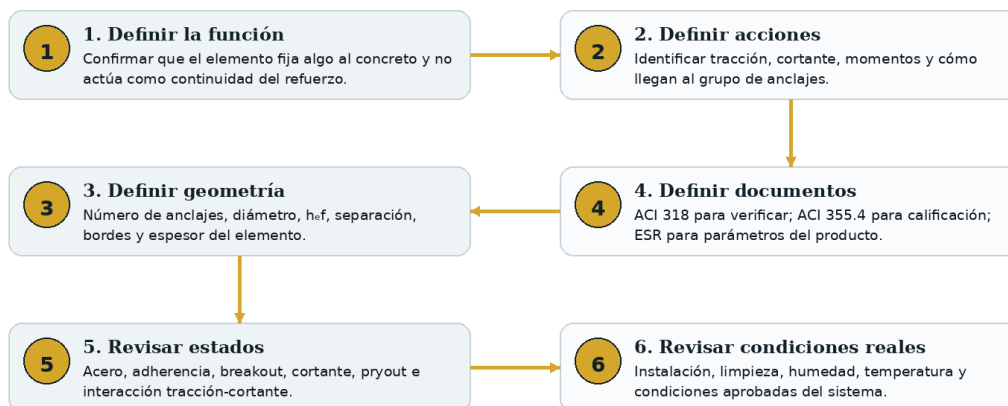
The load values contained in this section are Hilti Simplified Design Tables. The load tables in this section were developed using the strength design parameters and variables of ESR-3814 and the equations within ACI 318 Chapter 17. For a detailed explanation of the Hilti Simplified Design Tables, refer to Section 3.1.8. Data tables from ESR-3814 are not contained in this section, but can be found at www.icc-es.org or at www.hilti.com.

Ejemplo de documentación de producto: HIT-RE 500 V3. La guía indica que sus tablas se desarrollan con parámetros del ESR-3814 y ecuaciones de ACI 318 Capítulo 17. Fuente: Hilti Anchor Fastening Technical Guide, página impresa 107.

10. Ruta sencilla para revisar un anclaje adhesivo

Ruta sencilla para revisar un anclaje adhesivo

Secuencia práctica para estudiar un caso cuando trabaja como ANCHOR



Objetivo del estudio: comprender qué se verifica, qué documento respalda cada dato y cómo se arma una revisión responsable

Elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 6. Ruta práctica de revisión para estudiar un anclaje adhesivo cuando trabaja como ANCHOR. Elaborado por Imaginando Soluciones.

Paso	Tema	Pregunta sencilla
1	Definir la función	Confirmar que el elemento trabaja como anclaje de una fijación y no únicamente como continuidad del refuerzo.
2	Definir acciones	Obtener tracción N_u , cortante V_u y efectos de momento/excentricidad sobre el grupo de anclajes.
3	Definir geometría	Número de anclajes, diámetro, separación, distancia a bordes, espesor del concreto y h_{ef} .
4	Caracterizar el concreto	f'_c , condición fisurada/no fisurada y requisitos sísmicos si aplican.
5	Seleccionar sistema calificado	Escoger adhesivo + varilla/barra con evaluación aplicable; revisar ACI 355.4 / AC308 y el ESR correspondiente.
6	Revisar tracción	Acero, arrancamiento del concreto,

		adherencia y demás modos aplicables.
7	Revisar cortante	Acero, borde de concreto y pryout, además de los estados límite particulares aplicables.
8	Revisar interacción	Aplicar la condición de interacción de ACI 318 cuando existan tracción y cortante simultáneos.
9	Revisar instalación	Perforación, limpieza, inyección, curado, temperatura y condiciones del agujero conforme a la aprobación.
10	Documentar	Registrar producto, ESR, lote cuando sea necesario, geometría, procedimiento, controles y resultados de cálculo.

11. Ejemplo conceptual: placa con cuatro anclajes adhesivos

Supóngase una placa metálica que se fija a un pedestal de concreto existente mediante cuatro varillas roscadas instaladas con adhesivo estructural. La placa recibe una combinación de tracción y cortante.

El análisis no consiste en dividir la carga total entre cuatro y compararla con un valor de catálogo. Primero debe determinarse la distribución de acciones en el grupo, especialmente si existe excentricidad o momento. Luego se revisa cada anclaje o grupo frente a los estados límite correspondientes.

- En tracción: comprobar resistencia del acero, arrancamiento del concreto y resistencia por adherencia; revisar otros mecanismos si la geometría los hace aplicables.
- En cortante: comprobar acero, arrancamiento del borde y pryout.
- Aplicar reducciones por cercanía a bordes, separación, espesor o condición de fisuración cuando corresponda.
- Comprobar interacción entre tracción y cortante.
- Confirmar que el adhesivo y el elemento de acero utilizados estén cubiertos por el reporte de evaluación y por las condiciones de instalación del proyecto.

Resultado esperado

El “valor del anclaje” es el menor valor de diseño que resulta después de revisar todos los estados límite aplicables y sus condiciones geométricas, de material e instalación; no es simplemente la capacidad nominal anunciada por el fabricante.

12. Lista de verificación para estudio o diseño

- ☐ ¿Está claro que el elemento trabaja como Anchor?
- ☐ ¿Se conocen N_u , V_u y los momentos/excentricidades?

- ☐ ¿Se definieron número, diámetro, h_{ef} , separaciones y distancias al borde?
- ☐ ¿Se conoce f'_c y la condición fisurada/no fisurada?
- ☐ ¿Se identificó la edición de ACI 318 aplicable al proyecto?
- ☐ ¿El sistema adhesivo está calificado conforme al criterio requerido?
- ☐ ¿Se revisó el ESR vigente del producto específico?
- ☐ ¿Se verificó resistencia del acero?
- ☐ ¿Se verificó arrancamiento del concreto?
- ☐ ¿Se verificó resistencia por adherencia?
- ☐ ¿Se verificaron los estados límite de cortante?
- ☐ ¿Se verificó interacción tracción-cortante?
- ☐ ¿Se revisaron requisitos sísmicos cuando aplican?
- ☐ ¿Las condiciones reales de perforación, limpieza, humedad y temperatura están dentro de la aprobación?
- ☐ ¿El procedimiento de instalación quedará documentado e inspeccionado?

13. Ruta de lectura recomendada

Orden	Documento / ubicación	Qué buscar
1	NSR-10, Título C, Apéndice C-D; C-D.2.2, pág. impresa C-486	Entender el alcance original y verificar que los anclajes pegados fueron excluidos de esa versión.
2	ACI 318-19, terminología; pág. impresa 34	Leer la definición de “anclaje adherido” y observar la figura de tipos de anclajes.
3	ACI 318-19, Capítulo 17; págs. impresas 241-288	Estudiar alcance, resistencia requerida, tracción, cortante, interacción, bordes/espaciamiento y sismo.
4	ACI 355.4	Comprender cómo se califica un sistema adhesivo postinstalado.
5	Hilti Guide, §3.1.4-3.1.6	Revisar modos de falla y la lógica del diseño por resistencia de ACI 318 Cap. 17.
6	Hilti Guide, §3.2.1	Revisar condiciones que afectan adhesivos e instalación.
7	Sección del producto elegido + ESR	Tomar parámetros específicos del sistema real que se utilizará.

Nota sobre el PDF ACI compartido

El archivo digital suministrado en esta conversación contiene 150 páginas y permite verificar el índice, la terminología y las normas de referencia, pero no contiene físicamente las páginas impresas 241-288 del Capítulo 17. Para estudiar las ecuaciones completas, debe consultarse el volumen físico/completo de ACI 318-19 que contiene ese capítulo.

1. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica / Comisión Asesora Permanente. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título C - Concreto estructural, Apéndice C-D - Anclaje al concreto.
2. American Concrete Institute. ACI 318-19, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario. Versión en español. Referencia principal para el Capítulo 17 - Anclaje al concreto.
3. American Concrete Institute. ACI 355.4-19, Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete and Commentary. Referenciado por ACI 318-19 y por la guía Hilti.
4. Hilti. North American Product Technical Guide, Volume 2: Anchor Fastening Technical Guide, Edition 22. Referencia técnica de apoyo para principios, modos de falla, tablas de diseño e instalación.
5. ICC-ES Evaluation Service Reports (ESR) del producto específico. Deben consultarse según el sistema adhesivo seleccionado.

Cierre

Esta guía está pensada como mapa de estudio. El siguiente paso natural es desarrollar un ejemplo numérico completo de una placa con anclajes adhesivos, escogiendo un producto con ESR y recorriendo, uno a uno, los estados límite de ACI 318 Capítulo 17.

Imaginando
Soluciones

14. Enfoque de cálculo: de la carga a la resistencia

Hasta aquí el documento ha explicado qué es el sistema y qué documentos lo respaldan. El paso siguiente es entender cómo se transforma una carga de proyecto en una serie de verificaciones. La lógica de ACI 318-19 Capítulo 17 no consiste en asignar una única “capacidad del epóxico”, sino en comparar la demanda factorizada con la resistencia de diseño de cada modo de falla aplicable.

Demanda factorizada ≤ Resistencia de diseño = ϕ × Resistencia nominal

Forma conceptual del método de resistencia. El valor de ϕ depende del modo de falla, tipo de anclaje y condiciones definidas por ACI 318-19 y la evaluación del producto.

Símbolo	Significado práctico
N_u	Tracción factorizada que debe resistir el anclaje o grupo.
V_u	Cortante factorizado que debe resistir el anclaje o grupo.
N_n, V_n	Resistencias nominales antes del factor ϕ .
ϕ	Factor de reducción de resistencia correspondiente al estado límite.
h_{ef}	Profundidad efectiva de empotramiento.
d_a	Diámetro del elemento de anclaje.
f'_c	Resistencia especificada a compresión del concreto.
$\tau_{k,c}$	Esfuerzo característico de adherencia del sistema adhesivo para la condición evaluada.

Lectura de Imaginando Soluciones

La pregunta de diseño no es “¿cuánto soporta el adhesivo?”. La pregunta correcta es: “para esta geometría, este concreto, este producto y estas cargas, ¿qué modo de falla produce la menor resistencia de diseño?”

15. Distribución de cargas en grupos de anclajes

Antes de calcular resistencias hay que determinar la demanda que recibe cada anclaje. ACI 318-19 establece que la distribución de cargas debe basarse en análisis elástico salvo condiciones especiales. Para una placa suficientemente rígida, una aproximación útil para comprender el reparto de tracción es:

$$N_i \approx N_u/n + M_{x \cdot y_i} / \Sigma(y_j^2) + M_{y \cdot x_i} / \Sigma(x_j^2)$$

Expresión pedagógica de distribución elástica para un grupo. Debe verificarse la compatibilidad con la rigidez real de la placa, contacto, excentricidades y anclajes en compresión/tracción.

$$V_i \approx V_u/n$$

Aproximación para cortante directo sin torsión ni distribución no uniforme.

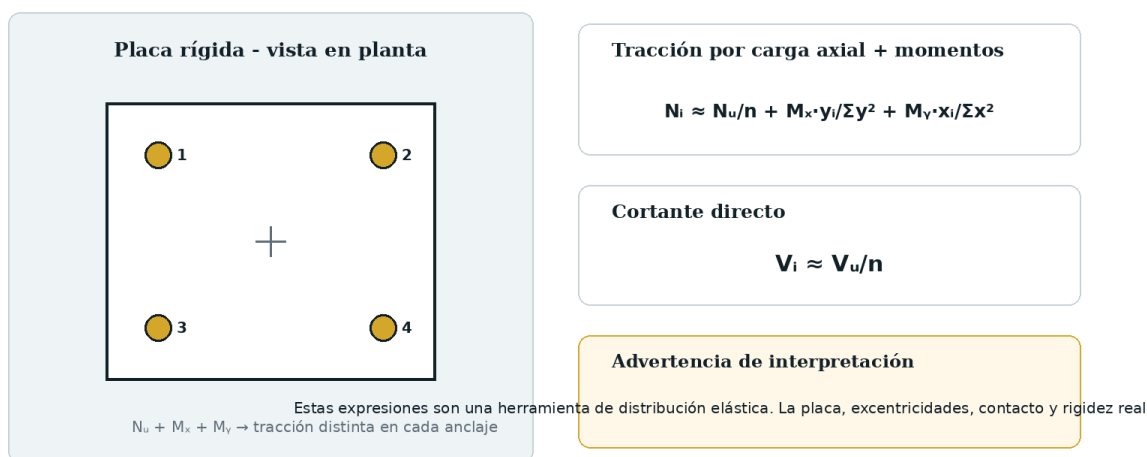
Si existe torsión M_z alrededor del centro del grupo, aparece además un cortante tangencial proporcional a la distancia r_i de cada anclaje al centroide del grupo. En una idealización elástica:

$$V_{t,i} \approx M_z \cdot r_i / \sum(r_j^2)$$

El vector de cortante tangencial se combina con el cortante directo. Esta formulación es conocimiento técnico de mecánica estructural; no sustituye las disposiciones específicas del ACI ni el análisis de la placa base.

Distribución elástica de cargas en un grupo de anclajes

Antes de verificar resistencias, hay que saber cuánto recibe cada anclaje



Complemento técnico elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 7. Distribución conceptual de cargas en un grupo de anclajes. Elaborado por Imaginando Soluciones como apoyo pedagógico.

16. Verificaciones a tracción

Para un anclaje adhesivo sometido a tracción deben revisarse, como mínimo cuando resulten aplicables, la resistencia del acero, el breakout del concreto y la resistencia por adherencia. El resultado de diseño queda gobernado por el menor valor entre los estados límite aplicables.

16.1 Resistencia del acero

$$N_{sa} = A_{se,N} \times f_{uta}$$

ACI 318-19 §17.6.1.2. Para productos evaluados, el ESR puede proporcionar directamente N_{sa} o los parámetros efectivos de acero.

$A_{se,N}$ es el área efectiva del acero en tracción y f_{uta} es la resistencia última especificada o efectiva permitida por la evaluación. En una varilla roscada no siempre debe usarse el área bruta del diámetro nominal: la sección roscada puede controlar.

16.2 Breakout del concreto en tracción

$$N_{cb} = (A_{Nc} / A_{Nco}) \times \psi_{ec,N} \times \psi_{ed,N} \times \psi_{c,N} \times \psi_{cp,N} \times N_b$$

Estructura de ACI 318-19 §17.6.2. Para grupos se utiliza la formulación correspondiente N_{cbg} .

$$A_{Nco} = 9 \times h_{ef}^2$$

Área proyectada de referencia para un anclaje suficientemente alejado de bordes.

$$N_b = k_c \times \lambda_a \times \sqrt{f'_c} \times h_{ef}^{1.5}$$

Resistencia básica de breakout. k_c y otros parámetros deben tomarse de ACI/ESR según el tipo y evaluación del anclaje; no deben asumirse de forma genérica.

El cociente A_{Nc}/A_{Nco} y los factores ψ representan, de manera simplificada, lo que ocurre cuando el volumen potencial de falla queda reducido por bordes, por otros anclajes, por excentricidad o por la condición del concreto.

16.3 Resistencia por adherencia

$$N_{ba} = \lambda_a \times \tau_{k,c} \times \pi \times d_a \times h_{ef}$$

ACI 318-19 §17.6.5.2.1. $\tau_{k,c}$ procede de la evaluación del sistema adhesivo y cambia con condiciones de uso.

$$N_a = (A_{Na} / A_{Na0}) \times \psi_{ec,Na} \times \psi_{ed,Na} \times \psi_{cp,Na} \times N_{ba}$$

Forma general para un anclaje; para grupos se aplica la expresión de grupo y los factores correspondientes.

$$A_{Na0} = (2 \times c_{Na})^2$$

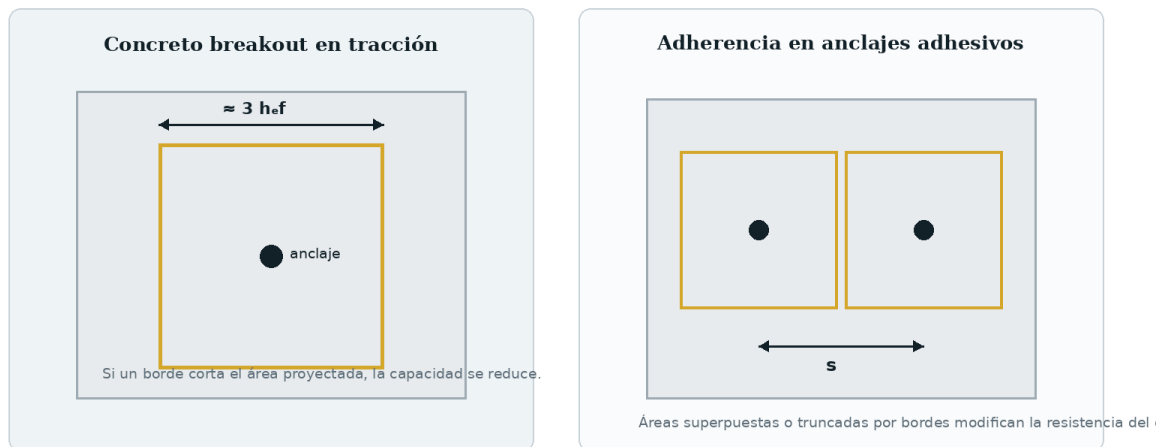
Área proyectada de referencia para adherencia.

Esta parte es la que hace especialmente importante el ESR: $\tau_{k,c}$ no es simplemente la resistencia de adherencia de una ficha comercial. Es un parámetro característico obtenido mediante la calificación del sistema bajo condiciones definidas (fisuración, temperatura, humedad, instalación, carga sostenida, etc.). ACI 355.4 es el estándar de calificación asociado.

Imaginando
Soluciones

Áreas proyectadas: por qué importan bordes y espaciamientos

Idea geométrica detrás del breakout y de la adherencia en grupos de anclajes



Complemento técnico elaborado por Imaginando Soluciones

Figura 8. Idea simplificada de áreas proyectadas para breakout y adherencia. El área efectiva puede reducirse por bordes y superposición entre anclajes.

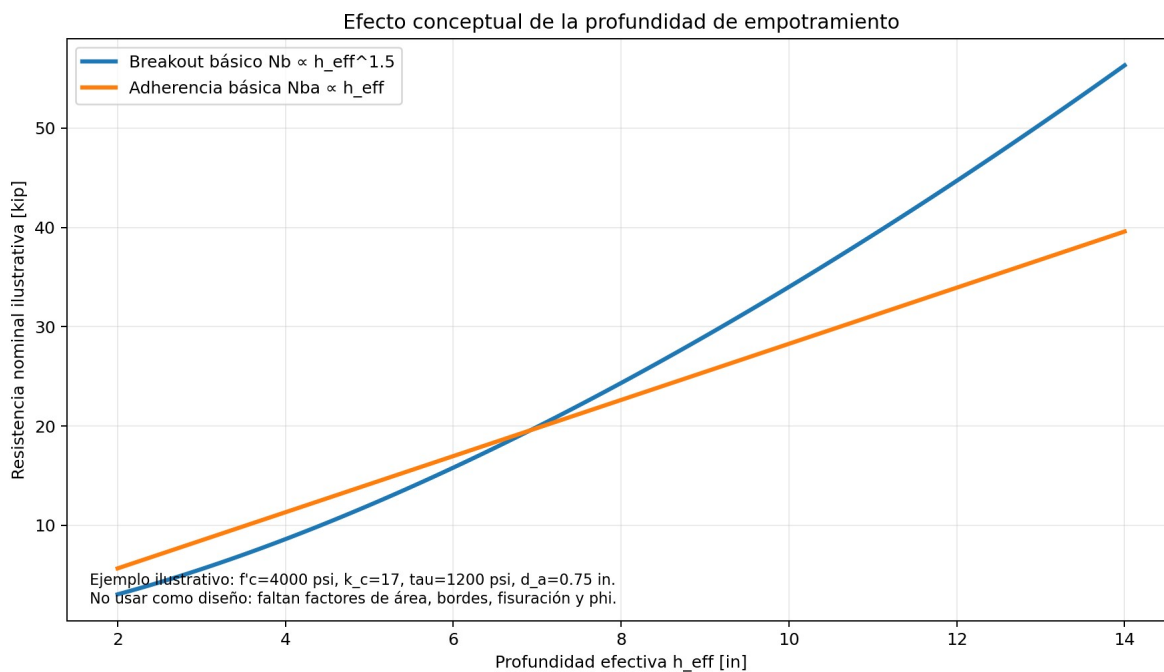


Figura 9. Ejemplo conceptual del efecto de h_{ef} : el término básico de breakout crece aproximadamente con $h_{ef}^{1.5}$, mientras la resistencia básica por adherencia crece linealmente con h_{ef} . No representa una capacidad final de diseño.

17. Verificaciones a cortante

En cortante deben revisarse la resistencia del acero, el breakout del borde del concreto y el pryout. La cercanía al borde suele ser especialmente importante: un anclaje con alta capacidad en un bloque masivo puede reducir significativamente su resistencia si se acerca a un borde libre.

17.1 Acero en cortante

$$V_{sa} = 0.6 \times A_{se,V} \times f_{uta}$$

ACI 318-19 §17.7.1.2b para el caso aplicable. Algunos productos evaluados utilizan valores de ESR; debe prevalecer el reporte del sistema.

17.2 Breakout del borde

$$V_{cb} = (A_{Vc} / A_{Vco}) \times \psi_{ec,V} \times \psi_{ed,V} \times \psi_{c,V} \times \psi_{h,V} \times \psi_{parallel,V} \times V_b$$

Estructura de ACI 318-19 §17.7.2. Para grupos se emplea V_{cbg} .

$$A_{Vco} = 4.5 \times c_{a1}^2$$

Área proyectada de referencia asociada al breakout de borde.

V_b depende, entre otros términos, de la distancia al borde c_{a1} , f'_c , el diámetro y la longitud efectiva que participa en el cortante. ACI 318-19 contempla expresiones distintas según la relación geométrica; por ello esta guía no sustituye la consulta de §17.7.2 para seleccionar la ecuación exacta.

17.3 Pryout

$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cb}$$

Conceptualmente, el pryout se relaciona con la resistencia de breakout en tracción. Para un grupo se emplea $V_{cpg} = k_{cp} \times N_{cbg}$, con el factor k_{cp} definido por ACI 318-19 según la profundidad efectiva.

Idea importante

Aumentar la profundidad de empotramiento no garantiza por sí sola una mejora ilimitada. Puede cambiar el modo que controla: por ejemplo, de adherencia a acero, de breakout a acero, o de cortante de borde a otra limitación geométrica.

18. Interacción tracción-cortante

Cuando N_u y V_u actúan simultáneamente, no basta con demostrar que cada uno es menor que su resistencia de diseño por separado. Debe revisarse la interacción de la Sección 17.8. Una forma útil de leer el problema es mediante índices de utilización:

$$\beta_N = N_u / (\phi N_n) \quad ; \quad \beta_V = V_u / (\phi V_n)$$

Cada β expresa qué fracción de la capacidad de diseño se está utilizando en una dirección de carga.

ACI 318-19 establece la relación de interacción aplicable según los niveles relativos de tracción y cortante. Reportes de diseño como Hilti PROFIS muestran esta comprobación directamente. En casos donde aplica la

relación lineal, puede aparecer la comprobación $(\beta_N + \beta_V)/1.2 \leq 1$. En otros casos el software puede utilizar una forma con exponente, de acuerdo con la Sección 17.8. Por esta razón el exponente o relación exacta no debe escogerse “de memoria”: debe verificarse contra la edición de ACI y el caso de carga.

19. Parámetros que deben venir del ESR

El cálculo normativo y el producto comercial se conectan mediante el reporte de evaluación. Los siguientes valores no deberían inventarse ni sustituirse por propiedades generales del epóxico:

Parámetro / dato	Por qué importa
$\tau_{k,c,cr} / \tau_{k,c,uncr}$	Resistencia característica de adherencia en concreto fisurado o no fisurado.
$A_{se,N}$ y $A_{se,V}$	Área efectiva del elemento de acero, particularmente relevante en varillas roscadas.
f_{uta} / resistencia de acero	Define las verificaciones de falla del acero.
$h_{ef,min}$ y $h_{ef,max}$	Rango de profundidades que la evaluación permite utilizar.
d_0 / broca	Diámetro y método de perforación aprobados.
c_{min} , s_{min} , h_{min}	Geometría mínima de borde, separación y espesor del elemento.
Condición del agujero	Seco, húmedo, saturado, con agua, perforación diamantada u otras condiciones cubiertas.
Rango de temperatura	Condiciones de instalación y servicio que modifican el desempeño.
Factores por carga sostenida / instalación	Reducciones o condiciones asociadas a creep, instalación vertical/sobrecabeza e inspección.

Regla de trazabilidad

Cada dato de producto usado en la memoria de cálculo debería poder rastrearse hasta una tabla o condición del ESR vigente y de las instrucciones de instalación del fabricante.

20. Ejemplo numérico ilustrativo

El siguiente ejemplo no corresponde a un diseño real ni a un producto específico. Su objetivo es mostrar la secuencia de cálculo. Para evitar mezclar constantes entre sistemas de unidades, se usa la forma inch-pound de las ecuaciones consultadas y al final se convierten los resultados a kN. En un proyecto real debe utilizarse la edición y sistema de unidades correspondiente de ACI 318 y los datos del ESR del producto seleccionado.

Dato	Valor ilustrativo
Configuración	1 anclaje adhesivo, suficientemente alejado de bordes para ilustrar factores geométricos = 1.0
d_a	0.75 in

h_{ef}	8.0 in
f'_c	4000 psi
A_{se}	0.334 in ²
f_{uta}	80 ksi
$\tau_{k,c}$	1200 psi (valor hipotético para el ejercicio; en diseño debe venir del ESR)
N_u	10 kip
V_u	5 kip

20.1 Acero a tracción

$$N_{sa} = 0.334 \times 80 = 26.72 \text{ kip}$$

Con $\phi_{steel} = 0.75$ solo para ilustración: $\phi N_{sa} = 20.04 \text{ kip} = 89.1 \text{ kN}$.

20.2 Breakout básico del concreto

$$N_b = 17 \times \sqrt{4000} \times 8^{1.5} = 24.33 \text{ kip}$$

Se usa $k_c = 17$ únicamente como hipótesis pedagógica del caso. Con factores geométricos = 1.0 y $\phi_{conc} = 0.65$ para ilustrar: $\phi N_{cb} \approx 15.81 \text{ kip} = 70.3 \text{ kN}$.

20.3 Adherencia

$$N_{ba} = 1200 \times \pi \times 0.75 \times 8 = 22.62 \text{ kip}$$

Con factores geométricos = 1.0 y $\phi_{bond} = 0.65$ para ilustrar: $\phi N_a \approx 14.70 \text{ kip} = 65.4 \text{ kN}$.

Comparación a tracción:

Modo	Resistencia de diseño ilustrativa	Utilización con $N_u = 10 \text{ kip}$
Acero	20.04 kip	49.9 %
Breakout concreto	15.81 kip	63.2 %
Adherencia	14.70 kip	68.0 % - controla

20.4 Cortante e interacción

$$V_{sa} = 0.6 \times 0.334 \times 80 = 16.03 \text{ kip}$$

Con $\phi_{steel, V} = 0.65$ para ilustración: $\phi V_{sa} \approx 10.42 \text{ kip} = 46.4 \text{ kN}$.

Si el borde está suficientemente lejos para que el breakout de borde no controle y el pryout resulta mayor que la resistencia del acero, el acero puede gobernar el cortante. Con $V_u = 5 \text{ kip}$, $\beta_V \approx 5/10.42 = 0.480$. Para la tracción, $\beta_N \approx 10/14.70 = 0.680$.

$$(\beta_N + \beta_V) / 1.2 = (0.680 + 0.480) / 1.2 \approx 0.967 \leq 1.0$$

Ejemplo de la forma lineal de interacción cuando resulte aplicable según ACI 318-19 §17.8. El caso real debe confirmar la expresión exacta aplicable.

Lectura del resultado

En este ejemplo pedagógico controla la adherencia en tracción, pero la interacción tracción-cortante queda muy cerca del límite. Esto demuestra por qué no es suficiente revisar solo la “capacidad a tracción” de una tabla de producto.

21. Errores de cálculo que deben evitarse

- Dividir la carga total entre el número de anclajes cuando existe momento o excentricidad.
- Usar la resistencia comercial del adhesivo como $\tau_{k,c}$ sin verificar el ESR.
- Ignorar si el concreto debe tratarse como fisurado o no fisurado.
- Usar el área bruta de la varilla roscada cuando el área efectiva de la rosca controla.
- No reducir áreas proyectadas por cercanía a bordes o superposición entre anclajes.
- Aplicar un ϕ genérico a todos los modos de falla.
- No revisar interacción tracción-cortante.
- Aumentar h_{ef} sin comprobar espesor mínimo del elemento, interferencia con refuerzo existente o límites del ESR.
- Dar por válido un resultado de software sin revisar entradas, ESR seleccionado, condición del concreto y modo de falla gobernante.

Cierre de la Parte II

La memoria de cálculo debe poder responder tres preguntas: (1) ¿qué carga recibe cada anclaje?, (2) ¿qué modo de falla controla?, y (3) ¿de dónde salió cada parámetro de resistencia utilizado? Si cualquiera de las tres respuestas no es trazable, el cálculo está incompleto.

22. Referencias documentales

1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título C - Concreto estructural, Apéndice C-D - Anclajes al concreto. Para esta guía se usa especialmente C-D.2.2/C-RD.2.2 para identificar el alcance de la versión original respecto a anclajes pegados.
2. American Concrete Institute. ACI 318-19, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario. Base principal para el Capítulo 17 - Anclaje al concreto y las verificaciones de resistencia utilizadas en este estudio.
3. American Concrete Institute. ACI 355.4-19, Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete and Commentary. Documento de calificación citado por ACI 318-19 para anclajes adhesivos postinstalados.
4. Hilti. North American Product Technical Guide, Volume 2: Anchor Fastening Technical Guide, Edition 22. Referencia técnica de apoyo para principios de comportamiento, modos de falla, datos de producto, instalación y relación con ACI 318 Capítulo 17.
5. ICC-ES Evaluation Service Report (ESR) del sistema adhesivo específico utilizado en el proyecto. Fuente de parámetros propios del producto, límites geométricos y condiciones de instalación.
6. Reportes de cálculo Hilti PROFIS Engineering basados en ACI 318-19, utilizados únicamente como contraste técnico de la estructura de ecuaciones y de la secuencia de comprobación.