

Diseño de fijaciones mediante anclajes químicos en ladrillo, de acuerdo con la Normativa Europea

Design of fastenings in masonry with metal injection anchors according to European Regulation

Rodrigo Maia^a, Antonio Cardo Fernández^b, María de la Luz España Villanueva^c

^a MSc. Civil Engineer. Hilti Corporation. Technical Marketing BU Anchors. Rodrigo.Maia@hilti.com

^b MSc. Civil Engineer. Hilti Española S.A. Engineering Competence Center Manager. Antonio.Cardo@hilti.com

^c MSc. Civil Engineer. Hilti Española S.A. Technical Engineer. Mariadelaluz.Espana@hilti.

RESUMEN

Hasta el año 2013 no existía una guía oficial para el diseño de anclajes en mampostería, por lo que los ingenieros solían considerar cargas recomendadas de anclajes, obtenidas de la información técnica de los mismos y aplicar un coeficiente de seguridad. El objeto de este artículo es analizar el diseño profesional y acreditado, de fijaciones mediante anclajes químicos en mampostería. Del mismo modo, se pretende aclarar los diferentes documentos de referencia relacionados con este tema y su utilidad.

ABSTRACT

This paper introduces and explains the concept for the design of metal injection anchors in Masonry. It provides information on applications, regulation framework, the qualification of the base material and a quick insight on the design technical procedure.

PALABRAS CLAVE: ladrillo, fijación, OST, documento de idoneidad técnica, documento de evaluación

KEYWORDS: masonry, fastening, On Site Tests, ETA, EAD.

1. Antecedentes

La mampostería se encuentra entre los sistemas de construcción más antiguos. Todas las civilizaciones la han empleado en sus construcciones. Puede describirse como el procedimiento de construcción empleado en estructuras de edificios (muros, pilares, techos, suelos, etc) la cual consiste en alinear/superponer unidades individuales (ladrillos, bloques de hormigón, piedra...), enlazándolos entre sí, con o sin mortero.

En la actualidad, se sigue empleando con una gran variedad de elementos: ladrillos de arcilla, hormigón, silicato cálcico, roca, etc. En casi todos los tipos de estructuras y edificios pueden encontrarse elementos de mampostería (Figura 1).

Las aplicaciones de fijación de anclajes en mampostería se necesitan tanto en nuevos proyectos de construcción como en proyectos de rehabilitación (Figura 2).

Hasta hace unos años no existía una guía oficial para el diseño de anclajes en mampostería, por lo que, los ingenieros solían considerar

cargas recomendadas de anclajes, obtenidas de la información técnica de los mismos y aplicar un coeficiente de seguridad “razonable”, en base a su juicio ingenieril, ensayos en obra y experiencia acumulada. La publicación de la guía ETAG 029 [1] supuso un nuevo y ansiado documento para la cualificación, ensayos en obra y diseño de anclajes químicos en ladrillo. El diseño profesional y acreditado, que ha sustituido a la guía ETAG 029 [1], se basa en el



Figura 1. Diferentes tipos de estructuras y edificios



Figura 2. Aplicaciones de anclajes en mampostería

datos técnicos de los anclajes instalados con diferentes configuraciones sobre ladrillos de diversas geometrías. Los materiales de ladrillo cubiertos por el documento EAD 330076-00-0604 [2] son: arcilla, silicato cálcico, hormigón ligero y hormigón estándar (Figura 4).

2. Primera pregunta: ¿Cuál es el material base existente?

Los documentos europeos de idoneidad técnica (ETA) para la fijación en mampostería, aportan

Tipo	Macizo	Hueco
Ladrillos de arcilla		
Ladrillos de silicato cálcico		
Ladrillos de hormigón ligero		
Ladrillos de hormigón estándar		

Figura 4. Ejemplo- Tipos de ladrillos considerados en la guía EAD

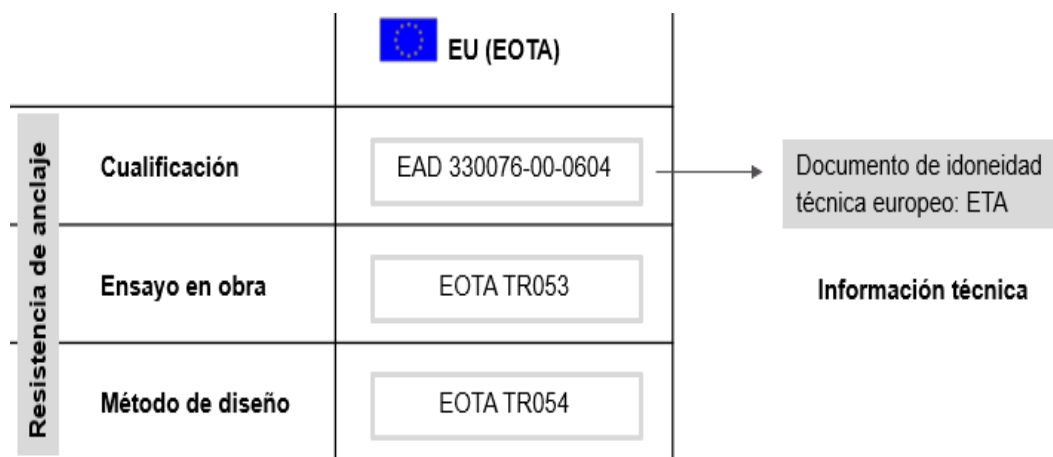


Figura 3. Se necesita un documento de idoneidad técnica europeo del sistema de fijación en mampostería (ETA) que permita el diseño de acuerdo con TR054

Antes de comenzar el diseño, el ingeniero debe conocer la geometría y propiedades del ladrillo en el que se van a instalar los anclajes y seguir el proceso definido en la Figura 5.

Si el ladrillo existente está incluido en la ETA pueden tomarse, directamente, los datos indicados en dicho documento (resistencias, distancia a borde, separación entre anclajes, profundidades de empotramiento, propiedades de instalación) para el diseño. En caso contrario se requerirán ensayos en obra (OST) para evaluar la resistencia del ladrillo.

3. ¿Cómo realizar y evaluar ensayos en obra (On-Site Test, OST)?

EOTA TR053 [3] aporta recomendaciones para la ejecución y evaluación de los ensayos en obra. El análisis detallado de este tema queda fuera del objeto de este artículo, pero los aspectos fundamentales son los siguientes:

- Sólo se realizarán ensayos de tracción. La resistencia a cortante podrá obtenerse a través de los resultados de tracción.

- Dos tipos de ensayos: Ensayos a extracción (destructivos, carga última) y ensayos de verificación (no destructivos, carga de prueba).
- Se seleccionará un ladrillo de referencia que esté incluido en el documento de idoneidad técnica (ETA), que presente el mismo tipo y material que el existente en la aplicación estudiada. Este ladrillo de referencia fijará la carga máxima ($N_{r,ETA}, V_{r,ETA}$) que puede considerarse en la evaluación y servirá como base para los parámetros necesarios en el diseño de la fijación.
- EOTA TR053 [3] define el número de ensayos a realizar (de 5 a 15) y diferentes ecuaciones/métodos estadísticos para evaluar los resultados en función del número y tipo de ensayos. En la mayoría de estas ecuaciones existe un factor de influencia β , que tiene en cuenta las condiciones de instalación/uso. Este factor se aporta en la ETA para cada uno de los ladrillos de referencia.

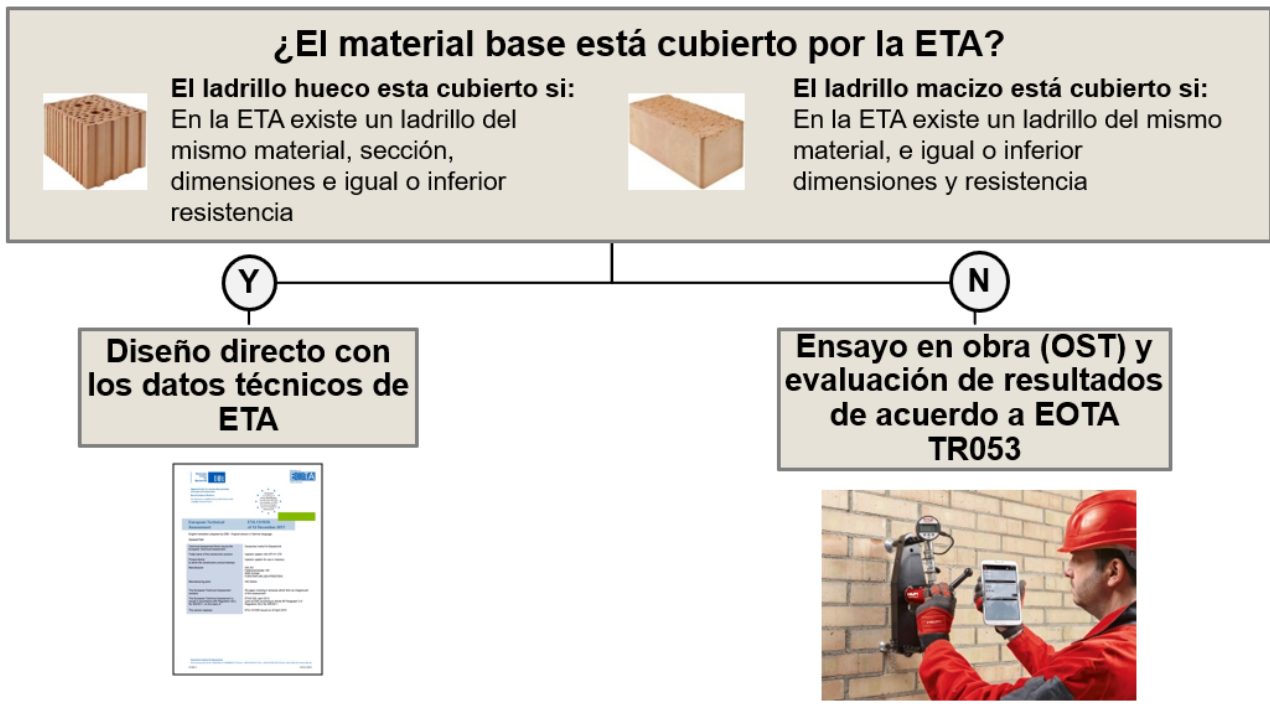


Figura 5. Proceso de decisión – dos fuentes de datos técnicos: ETA o ensayos en obra (OST)

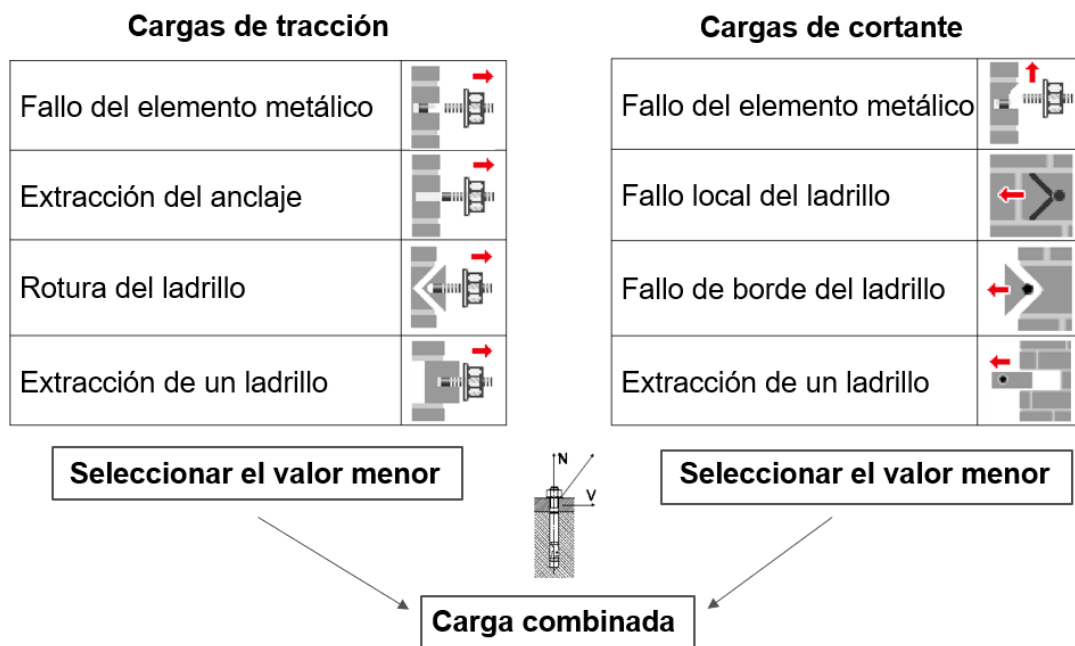


Figura 6. Modos de fallo de tracción, cortante y combinado que deben verificarse

4. Una vez conocida la resistencia del ladrillo, ¿cómo se diseña la fijación?

EOTA TR054 [4] establece el concepto de diseño de anclajes químicos fijados en mampostería. Se aporta una definición detallada del proceso de cálculo considerando ocho

posibles modos de fallo, reflejados en la Figura 6.

4.1 Modo de fallo: fallo del elemento metálico (tracción /cortante)

- Se evalúa en el anclaje más solicitado (Figura 7).
- Similar a la verificación que se realiza en anclajes en hormigón.
- γ_{Ms} , $N_{Rk,s}$, $V_{Rk,s}$ y $M_{Rk,s}$ se tomarán de la ETA.

4.2 Modo de fallo: extracción del anclaje y rotura del ladrillo (tracción)

- Se evalúa en el anclaje más solicitado y/o en la totalidad del grupo de anclajes (Figura 8).
- Similar al fallo combinado de extracción y cono en anclajes instalados en hormigón.
- $N_{Rk,p}$, $N_{Rk,b}$, γ_M se tomarán de la ETA.
- El documento de idoneidad técnica, ETA, aporta un único valor para ambos modos de fallo, considerando $N_{Rk,p} = N_{Rk,b}$ (carga de fallo, sea cual sea el modo de fallo que sucede primero).

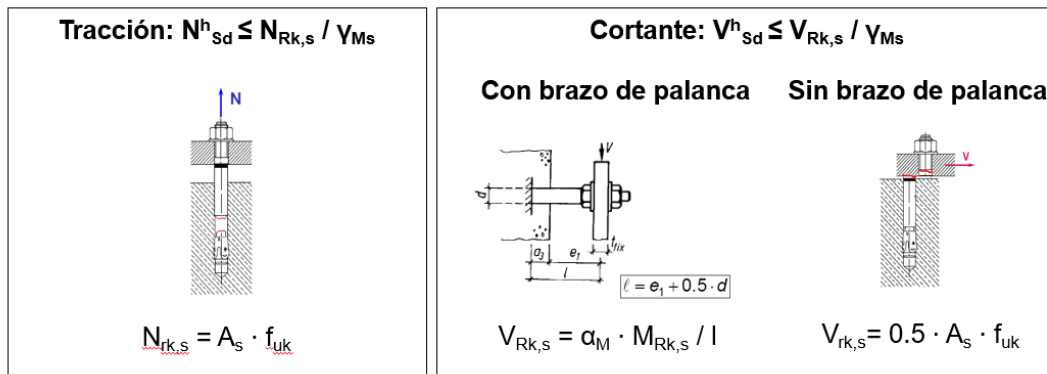


Figura 7. Fallos del elemento metálico: tracción y cortante

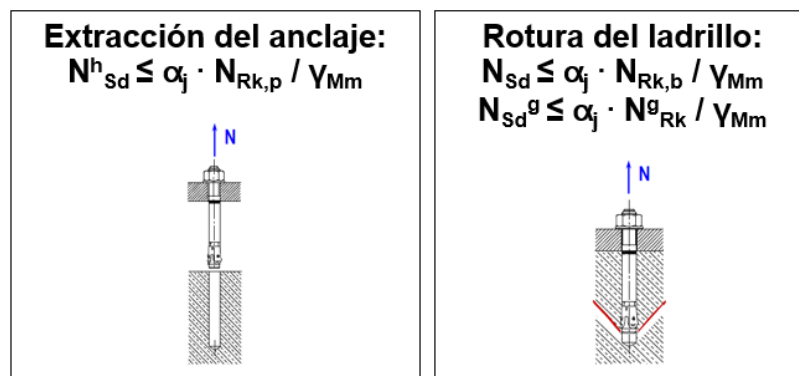


Figura 8. Extracción del anclaje y rotura del ladrillo (tracción)

Existen multitud de factores que influyen en la resistencia de diseño frente a extracción del anclaje y rotura del ladrillo. Estos factores pueden dividirse en dos categorías:

- Factores que influyen en la elección de los valores fijados en las tablas de la ETA (Figura 9):
 - Posición y separación de anclajes en muro.
 - Orientación del ladrillo en el muro.
 - Método de limpieza.
 - Categoría de uso: estructura seca o húmeda.
 - Rango de temperatura en servicio.
 - Factor de grupo.

- Influencia de juntas verticales (reellenas/no reellenas; visibles/no visibles).

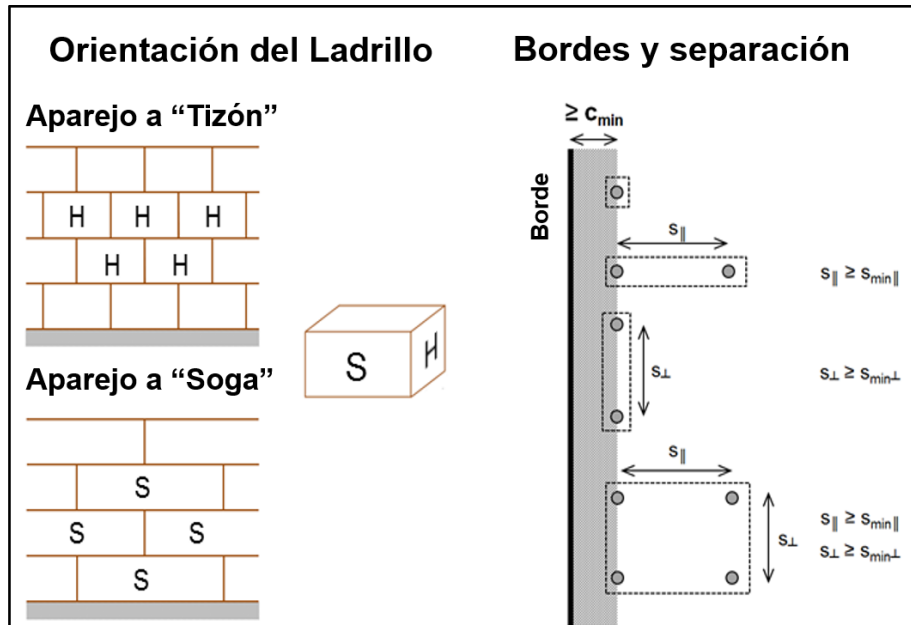
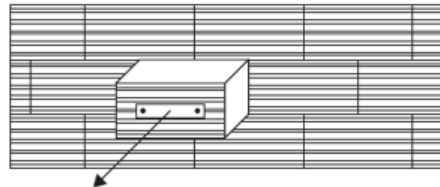
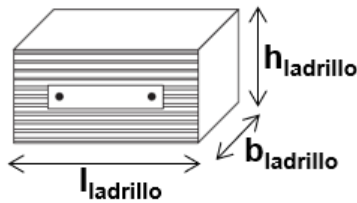


Figura 9. Ejemplos de algunos parámetros que influyen en la resistencia de diseño

$$N_{Sd} \leq N_{Rk,pb} / \gamma_{Mm}$$



$$N_{Rk,pb} = 2 \cdot l_{brick} \cdot b_{brick} \cdot (0.5 \cdot f_{vko} + 0.4 \cdot \sigma_d) + b_{brick} \cdot h_{brick} \cdot f_{vko}$$

σ_d = Carga de diseño a compresión (cargas en la parte superior del ladrillo)

f_{vko} = Resistencia a cortante inicial, depende del tipo de mortero y de la disposición de los ladrillos (EN 1996-1-1, Tabla 3.4)

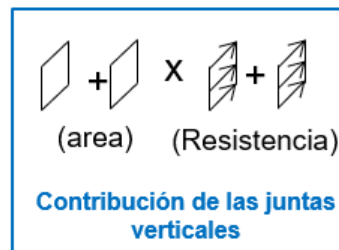
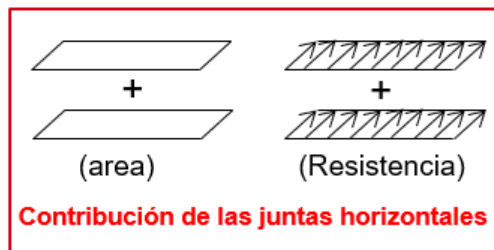


Figura 10. El cálculo de extracción de un ladrillo depende de la resistencia del mortero y de la configuración de anclaje

4.3 Modo de fallo: extracción de un ladrillo (tracción)

- Evaluación para la carga completa- anclaje o grupo de anclajes (Figura 10).
- No es similar a ningún modo de fallo de los producidos en fijaciones en hormigón.

4.4 Modo de fallo: fallo local del ladrillo y fallo de borde del ladrillo (cortante)

- Evaluación para los anclajes efectivos (Figura 11).
- Similar al fallo por desconchamiento y borde de hormigón en anclajes situados en hormigón.
- $V_{Rk,b}$, $V_{Rk,c}$, γ_M se tomarán de la ETA
- Factores de influencia similares a los del fallo de extracción y rotura de ladrillo a tracción.

4.5 Modo de fallo: extracción de un ladrillo (cortante)

- Evaluación para el total de la carga – anclaje o grupo de anclajes (Figura 12).
- No es similar a ningún modo de fallo de los producidos en fijaciones en hormigón.

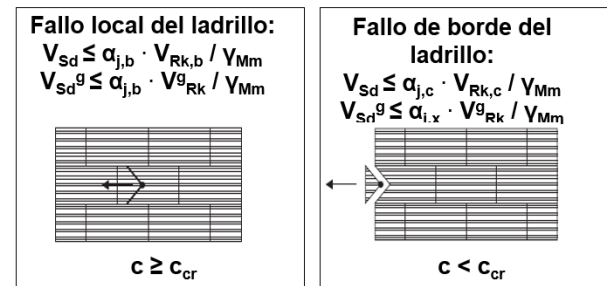
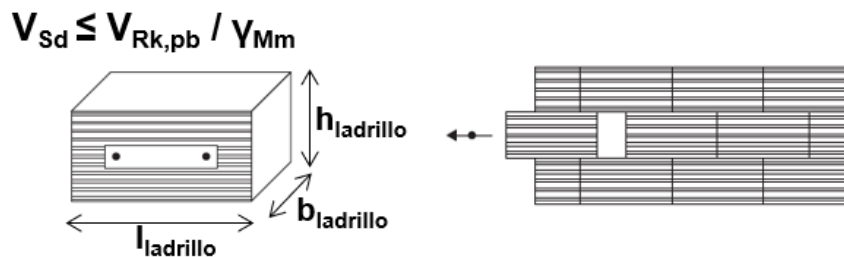


Figura 11. Fallo local del ladrillo y borde de ladrillo (cortante)



$$V_{Rk,pb} = 2 \cdot l_{ladrillo} \cdot b_{ladrillo} \cdot (0.5 \cdot f_{vko} + 0.4 \cdot \sigma_d)$$

σ_d = Carga de diseño a tracción (cargas en la parte superior del ladrillo)

f_{vko} = Resistencia a cortante inicial, depende del tipo de mortero y de la disposición de los ladrillos (EN 1996-1-1, Tabla 3.4)

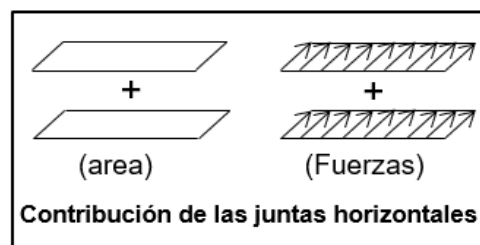


Figura 12. El cálculo de “extracción de un ladrillo” depende de la resistencia del mortero y de la disposición de los ladrillos

4.6 Modo de fallo: combinada N + V

- Evaluación para la carga completa- anclaje o grupo de anclajes (Figura 13).
- Similar a modo de fallo frente a carga combinada de las fijaciones en hormigón.
- Comprobación diferente según la tipología del ladrillo, hueco o macizo.

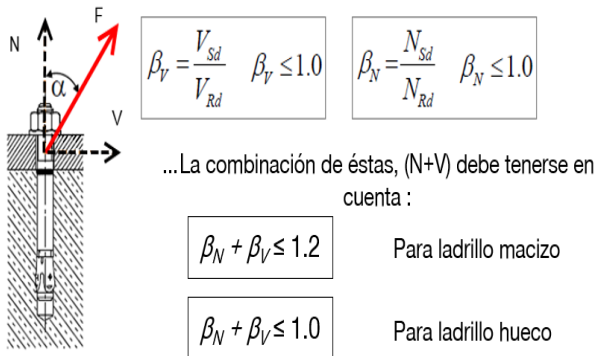


Figura 13. Carga combinada N + V para ladrillo hueco o macizo

5. Conclusión

Las aplicaciones de fijación de anclajes en ladrillo cuentan con un nuevo método de diseño, profesional y acreditado, basado en el documento de idoneidad técnica europeo, ETA, obtenido gracias al documento de evaluación europeo, EAD 330076-00-0604 [2]. Dicho documento cubre las aplicaciones en ladrillos de arcilla, de silicato cálcico, hormigón ligero y hormigón estándar.

Los datos técnicos aportados por la ETA pueden emplearse directamente en el diseño o servir como referencia para la evaluación de ensayos en obra. Se emplearán como referencia para la evaluación, en aquellos casos en los que la resistencia del material base no se conozca o dicho material no esté recogido en la ETA.

Existe un método de diseño, profesional y acreditado, basado en los diferentes modos de fallo del anclaje a tracción, cortante y carga combinada.

Referencias

- [1] European Organisation for Technical Approvals (EOTA), European Technical Approval Guideline (ETAG) 029, European Technical Approval Guideline – Metal Injection Anchors for use in Masonry, 2013.
- [2] European Organisation for Technical Assessment (EOTA), EAD 330076-00-0604, European Assessment Document: Metal Injection Anchors for use un Masonry, 2017.
- [3] European Organization for Technical Approval (EOTA), Technical Report TR053: Recommendations for Job-Site Tests of Metal Injection Anchors for use in masonry, 2016.
- [4] European Organization for Technical Approval (EOTA), Technical Report TR054: Design methods for Anchorages with metal Injection Anchors for use in Masonry, 2016.