

MANUAL DE USO

PIES DE PILAR NOXI

Modelos: NOXI20, NOXI24, NOXI30, NOXI36, NOXI39.

Versión 01 (05/2025)



Índice

1. Introducción	3
2. Descripción del sistema	3
3. Dimensiones y materiales	4
3.1. Dimensiones pies de pilar NOXI	4
3.2. Materiales	6
4. Producción	6
4.1. Acabado superficial	7
4.2. Tolerancias	7
4.3. Control de calidad	7
5. Capacidades	8
6. Principios de uso	12
6.1. Consideraciones de base	12
6.2. Principios de diseño	12
6.3. Condiciones de uso pies de pilar	14
6.4. Armadura adicional	21
7. Durabilidad	38
8. Resistencia al fuego	40
9. Colocación pie de pilar NOXI	41
9.1. Consideraciones	43
9.1.1. Medidas geométricas de colocación	43
9.1.2. Tolerancias de colocación	45
9.1.3. Llave de apriete de los tornillos dentro del pie de pilar NOXI:	51

1. Introducción

Los pies de pilar NOXI se han diseñado para transferir los esfuerzos del pilar (normalmente prefabricado de hormigón) a la cimentación u a otro elemento mediante los tornillos de anclaje TN. Dichos pies de pilar quedan embebidos en el pilar de hormigón tal y como se describe en este documento.

2. Descripción del sistema

Los pies de pilar definen una geometría en que se distingue una caja abierta en la base donde se alojará el tornillo de anclaje y sobre la cual se sueldan unas barras corrugadas mediante las cuales se ancla el pie de pilar en el hormigón del mismo.

La conexión completa de tornillos de anclaje TN y el pie de pilar NOXI se define como una conexión rígida que puede transferir cargas normales (compresión y/o tracción), momentos flectores (par de fuerzas o sección de hormigón con bloque de compresión y tracción=armadura, y esfuerzos horizontales como los cortantes que se generan).

La conexión tiene dos fases en que el comportamiento es un tanto diferente, la primera fase es de montaje en que no se ha dispuesto el mortero de relleno y la fase final con dicho mortero ya endurecido.

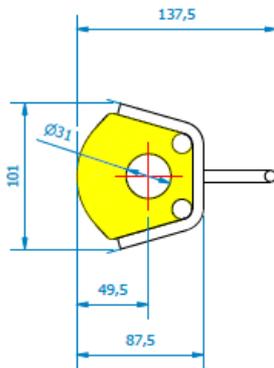
La conexión total se define por los dos elementos principales, el tornillo de anclaje TN y el pie de pilar NOXI.



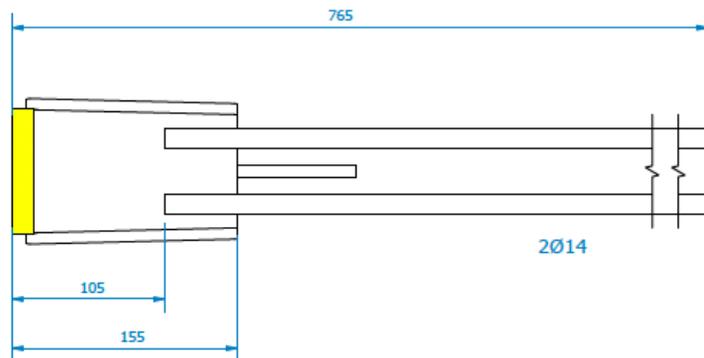
Figura 2.1 Ejemplos de uso: Caso de conexión a cimentación y empalme de pilares

3. Dimensiones y materiales

3.1. Dimensiones pies de pilar NOXI

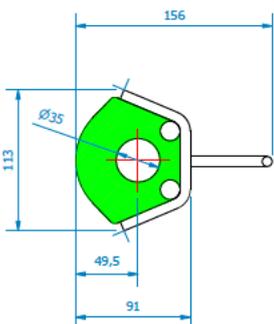


Pie de pilar NOXI20

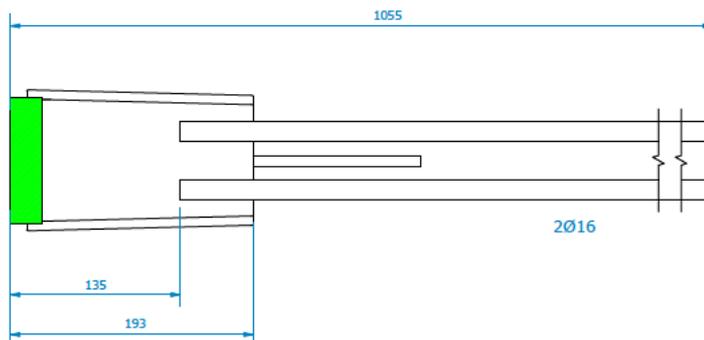


Tornillos asociados: TN20C / TN20L

Peso: 3,74 kg

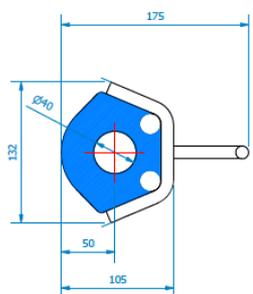


Pie de pilar NOXI24

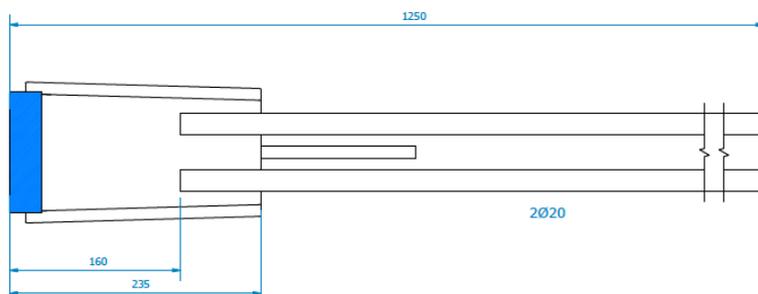


Tornillos asociados: TN24C / TN24L

Peso: 5,92 kg

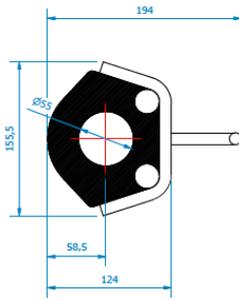


Pie de pilar NOXI30

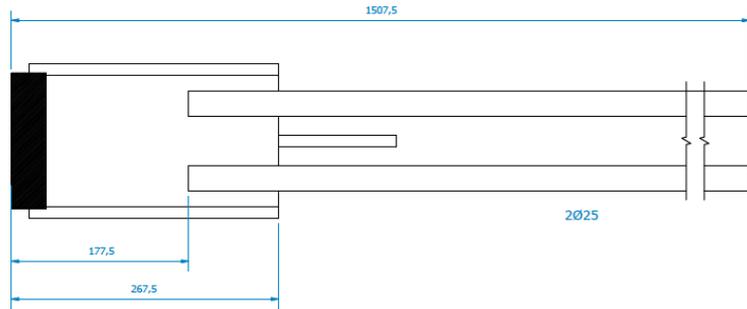


Tornillos asociados: TN30C / TN30L

Peso: 11,02 kg

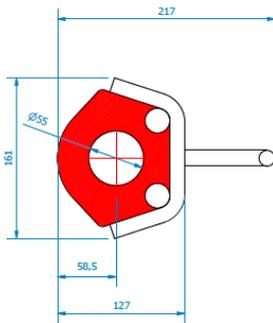


Pie de pilar NOXI36

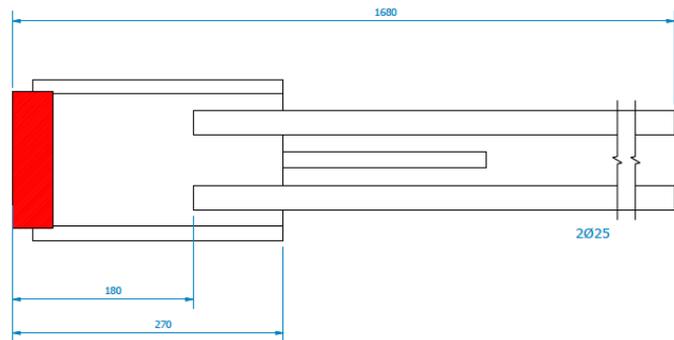


Tornillos asociados: TN36C / TN36L

Peso: 18,78 kg



Pie de pilar NOXI39



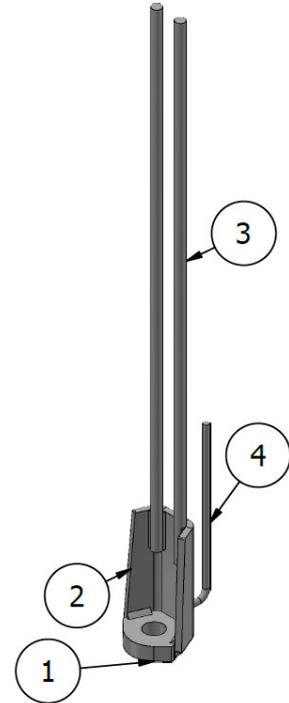
Tornillos asociados: TN39C / TN39L

Peso: 22,44 kg

3.2. Materiales

Para la producción de los diferentes elementos descritos, se utilizan los siguientes materiales:

- **Platina base (referencia nº1):**
 - S355J2 (esp. ≤ 40 mm, según EC-3):
 - Límite elástico: 355 N/mm².
 - Valor último a tracción: 490 N/mm².
- **Platina doblada (referencia nº2):**
 - S355J2 (esp. ≤ 40 mm, según EC-3):
 - Límite elástico: 355 N/mm².
 - Valor último a tracción: 490 N/mm².
- **Barra corrugada (referencias nº3 y 4):**
 - Barras corrugadas B500SD.
 - Ø8, Ø12, Ø14, Ø16, Ø20 y Ø25mm:
 - Límite elástico: 500 N/mm².
 - Valor último a tracción: 575 N/mm².



4. Producción

El proceso de producción para los elementos anteriormente descritos es el siguiente:

- Siguiendo los estándares definidos en EN 1090-1 y EN 1090-2.
- Las barras corrugadas son cortadas mecánicamente.
- Las pletinas son cortadas y dobladas mecánicamente.
- Soldadura MAG mediante robot o manualmente.

4.1. Acabado superficial

Los pies de pilar se entregan de manera estándar, en negro, sin tratamiento alguno.

Existe la opción de realizar un acabado en galvanizado en caliente según necesidades del cliente. *CONSULTAR CON DEPARTAMENTO TÉCNICO.*

4.2. Tolerancias

- Longitud: ± 10 mm.
- Agujero diámetro placa base: ± 2 mm.
- Posición agujero placa base: ± 2 mm.
- Posición barras corrugadas: ± 2 mm.
- Dimensiones de platinas: 0-3 mm.

4.3. Control de calidad

El control de la calidad en la producción se rige por la norma definida en el mercado CE disponible (Nr. 0370-CPR-1685).

5. Capacidades

BASES DE DISEÑO DE LOS ANCLAJES

- Según norma EN 1992-1-1:2004 (EC2)
- Según norma EN 1993-1-1:2005 (EC3)
- Según norma EN 1993-1-8:2005 (EC3)
- Según norma Código Estructural
- Según TR068:2020-03: Design of structural connections with column shoes
- Según ETA-25/0259: Certificado ETA NOXI

Capacidades de los pies de pilar NOXI por analogía con tornillo de anclaje TN.

	Pie NOXI20	Pie NOXI24	Pie NOXI30	Pie NOXI36	Pie NOXI39
Anclaje roscado asociado	TN20 (C y L)	TN24 (C y L)	TN30 (C y L)	TN36 (C y L)	TN39 (C y L)
Barras corrugadas pie	2Ø14 / 308 mm ²	2Ø16 / 401 mm ²	2Ø20 / 628 mm ²	2Ø25 / 982 mm ²	2Ø25 / 982 mm ²
Carga axial N_{Rd} / N_{mRd} (1)	96,23 kN	138,56 kN	220,36 kN	321,03 kN	383,52 kN
Carga cortante V_{Rd} (2)	31,26 kN	45,04 kN	71,58 kN	104,12 kN	124,54 kN
Carga cortante V_{mRd} (3)	6,90 kN	10,80 kN	19,21 kN	30,91 kN	36,87 kN
Equivalencia (4)	Ø16 / 201 mm ²	Ø20 / 314 mm ²	Ø25 / 491 mm ²	Ø25+Ø16 / 691mm ²	Ø32 / 804 mm ² Ø25+Ø20 / 805 mm ²
Llave de apriete	30 mm	36 mm	46 mm	55 mm	60 mm
Espesor junta	50 mm	50 mm	50 mm	60 mm	60 mm

Tabla 5.1 Capacidades de los pies de pilar y los tornillos de anclaje

- 1) Capacidad máxima zona roscada a compresión y tracción según EN1993-1-8:2005.
- 2) Capacidad máxima cortante en zona roscada para situación de junta con relleno realizado, según EN1993-1-8:2005;3.6.1 Tb 3.4)
- 3) Capacidad máxima cortante en zona roscada para situación montaje sin relleno, según EN 1992-4:2018 Apartado 7.2.2.3.2 (con brazo mecánico). Valores de cortante para espesor de junta estándar (según uso de los pies de pilar NOXI, p.e. para TN30 + NOXI; junta de 50 mm.)
- 4) Relación directa de capacidades entre los anclajes roscados y barra corrugada B500. Predimensionado.

Las capacidades de los pies de pilar se han ajustado a las definidas por las capacidades de los tornillos de anclaje TN asociados a cada modelo (sea en su versión corta o larga). De hecho, el tornillo de anclaje es el que define la capacidad propiamente de la conexión, así como de la verificación de la misma (situación de fase inicial en montaje como final con junta llena).

Se define que la parte débil de la conexión es el tornillo de anclaje, en tanto se cumplan las condiciones de conexión con armadura y hormigón pilar.

Con respecto al pie de pilar, dicho elemento debe ser capaz de transferir las cargas del pilar (cortante, momento y axiales) a los tornillos en fase de montaje sin mortero y a los tornillos y hormigón una vez el mortero GROUT ya ha sido dispuesto y fraguado.

Condicionantes del pie de pilar pasan por la “conexión” del elemento con el hormigón del pilar y la armadura del mismo, por ello, se debe garantizar el solape de las barras del pie de pilar con las armaduras principales del pilar, así como, disponer la armadura adicional recomendada y que el llenado de la zona sea el más homogéneo posible (separación entre barras, recubrimientos, etc.).

Consideraciones para la comprobación a cortante en fase final:

En términos generales **SOLO CONSIDERAR A EFECTOS DE CAPACIDAD CORTANTE, LOS TORNILLOS TN/PIES DE PILAR COMPRIMIDOS**, según se define en el croquis siguiente.

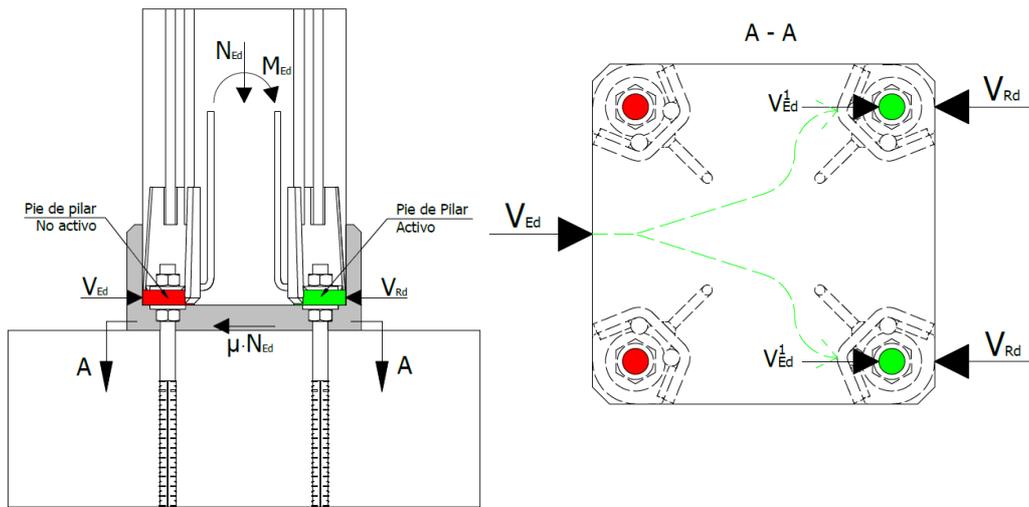


Figura 5.1 Distribución del esfuerzo cortante en los pies de pilar según TR068

El valor de diseño del cortante para un pie de pilar situado al lado activo (V_{Ed}^1) se calcula como:

$$V_{Ed}^1 = \frac{V_{Ed} - \mu * N_{Ed}}{n}$$

V_{Ed} = Cortante total de diseño (carga ya mayorada).

μ = Coeficiente de fricción entre la placa base i el Grout (=0,20 según EN 1993-1-8 Apartado 6.2.2 (6), para junta mortero con arena y cemento).

N_{Ed} = Axil de compresión total de diseño

n = Número de pies de pilar comprimidos que resisten el esfuerzo cortante (Ver Figura 5.1)

La capacidad resistente de los pies de pilar sometidos a cortante debe cumplir la siguiente expresión:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}^1$$

Combinación de cargas:

Situación de montaje (sin rellenar la junta con mortero)

Cuando se comprueba la conexión en la fase de montaje del pilar, por tanto, sin rellenar la junta con mortero sin retracción, se debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{N_{md}}{N_{mRd}} + \frac{V_{md}}{V_{mRd}} \leq 1$$

N_{md} = Carga axial de diseño (\pm) en tornillo durante fase de montaje.

N_{mRd} = Resistencia axial de diseño del tornillo en fase de montaje (Valores Tabla 5.1)

V_{md} = Carga cortante de diseño en tornillo durante fase de montaje.

V_{mRd} = Resistencia cortante de diseño del tornillo en fase de montaje (Valores Tabla 5.1)

6. Principios de uso

6.1. Consideraciones de base

Los pies de pilar NOXI han sido diseñados principalmente para cargas estáticas, en el caso de cargas dinámicas, se deben considerar factores de seguridad mayores para tal efecto y cada caso debe ser analizado en particular.

Para aplicar las cargas máximas definidas en la tabla de capacidades, se deben cumplir las condiciones correctas en que el pie de pilar quede bien ensamblado con la armadura del pilar y correcto llenado de hormigón en la zona de estos.

6.2. Principios de diseño

La conexión tiene dos fases, como ya se ha comentado anteriormente, una fase previa inicial sin mortero en junta (fase de montaje) y la fase final con la junta llena de mortero sin retracción (tipo GROUT).

En una conexión típica, se entiende que hay, como mínimo cuatro pies de pilar, uno por cada esquina del pilar, y sobre dicha conexión se tienen las habituales acciones como axial (sea tracción o compresión), momento en ambas direcciones (flexión desviada) y los cortantes correspondientes.

La carga axial genera un estado de compresión o tracción directa sobre los pies de pilar (por ejemplo, si tenemos una N_d de compresión con 4 anclajes, cada anclaje soportará una carga de $N_d/4$).

El momento (en cada dirección), generará un axial de compresión y tracción en cada pie de pilar según la distancia de separación entre anclajes (sea en dirección X o Y), por tanto, un momento M_x genera un estado de compresión y tracción en anclajes $N(m) = M/ex$, siendo ex la distancia entre anclajes en dirección del momento M_x .

El cortante se aplica a una distancia L , que según norma EN 1992-1-4 se determina como la distancia sumada de espesor de GROUT más excentricidades definidas como la mitad del espesor de la pletina del pie de pilar NOXI.

La resultante de las cargas y sus combinaciones generan un estado de cargas sobre el tornillo que debe ser comprobada según definido en manual de uso de los tornillos de anclaje TNC y TNL.

En la fase final, se asimila a una sección de hormigón armado con una sección definida (sección pilar) y una armadura (tornillos de anclaje). La comprobación que realizar es la misma que para dicha sección de hormigón con lo que se determina una equivalencia directa entre capacidad de un pie de pilar y barra corrugada definida.

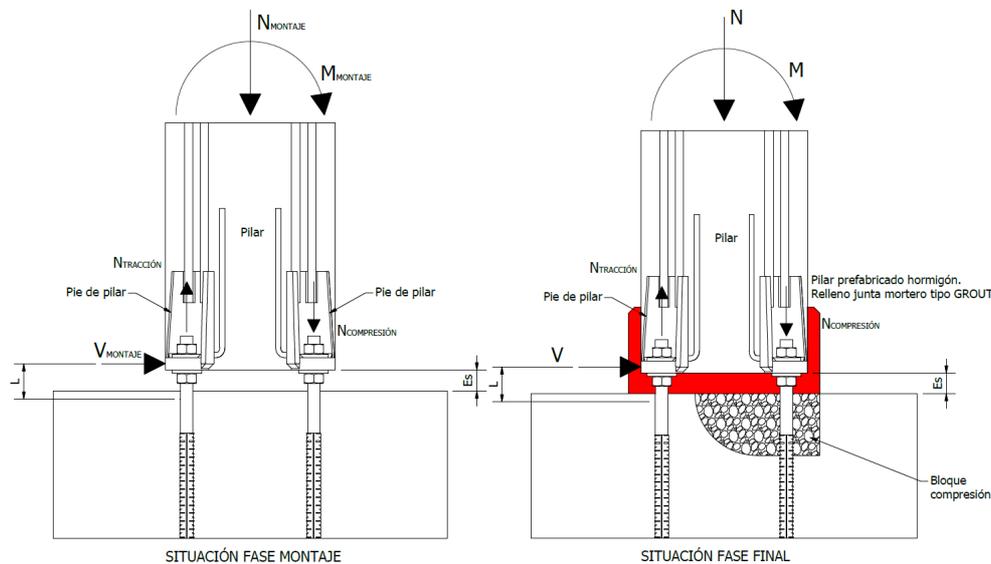


Figura 6.1 Acciones sobre el pilar en situación de montaje y final

La conexión definida es importante que se tengan en cuenta las siguientes consideraciones que son de vital importancia:

- Colocar la tuerca y arandela inferior, así como la arandela y tuerca superior. Es importante que se sitúen correctamente puesto que a través de estos elementos se transferirán los esfuerzos del pie de pilar NOXI a los tornillos de anclaje TN, sin estos elementos básicos, la conexión podría fallar por completo con lo que ello representa.

- Mortero de relleno sin retracción tipo GROUT. El relleno tiene varias funciones, tanto estructurales como de durabilidad. La función principal es la de transferir los esfuerzos de compresión que se generan debidos a las cargas del pilar. Sin este relleno y con una retracción importante, no se podría considerar una conexión en fase final y sería parcialmente temporal con lo que la conexión podría fallar o presentar alguna anomalía (desplome o desplazamiento excesivo del pilar, así como el colapso de este en casos extremos).
 - En base a la consideración que define el EC3 (EN1993-1-8 capítulo 6.2.2.), dicho relleno de mortero contribuye con un estado de fricción para soportar parcialmente las cargas de cortante de la conexión, junto con los tornillos de anclaje comprimidos.
 - Función de autoblocante sobre la tuerca inferior (siempre se dará este caso) y la superior (si el mortero llega a tapar la tuerca). Se debe considerar que la conexión soportará momentos en ambas direcciones y por tanto se puede presentar una situación de desapriete en la vida útil de la conexión.
 - Durabilidad, dicho mortero realiza la función de recubrimiento para los elementos metálicos que no pueden quedar expuestos al ambiente (y según casos podría presentar una degradación más importante por corrosión).

6.3. Condiciones de uso pies de pilar

Las condiciones de uso reflejadas en este manual son válidas para los cinco tipos de pie NOXI que se describen. En cada caso se definirán, si son necesarias, las particularidades específicas por cada modelo de NOXI.

En base a la definición de las geometrías y capacidades de los pies de pilar NOXI, las consideraciones de uso se determinan emparejadas con los tornillos de anclaje TN (*ver manual USO de tornillos de anclaje*).

Siguiendo los requerimientos de la normativa correspondiente (Código Estructural y/o EC-2), al respecto del acoplamiento de los pies de pilar en el pilar prefabricado de hormigón, se debe definir:

- **Tipología de hormigón (del pilar prefabricado).**
- Posición barra durante hormigonado (buena o mala adherencia).
 - Normalmente el pie de pilar está en posición horizontal durante el hormigonado del mismo, con lo que, según fases de llenado, se puede considerar una situación en posición II.
- Recubrimiento por tipo ambiente estructura.
 - El recubrimiento del estribo del pilar debe ser tomada en consideración puesto que, para recubrimientos de estribo superiores a los 30 mm, el pie de pilar debe ser desplazado de su posición genérica (50 mm en los modelos NOXI20, NOXI24 y NOXI30; 60 mm para el modelo NOXI36 y NOXI39).
- Disposición de armadura transversal en zona solape.
- Longitud de solape en el caso que se deba comprobar.
 - Según qué caso se contemple y con las condiciones definidas de anclaje y solape, se debe analizar la longitud de las barras del pie de pilar.
 - En los elementos NOXI descritos en este manual se han considerado los siguientes parámetros para cumplir los requisitos de solape:
 - Para cada tornillo de anclaje largo se determina su cumplimiento o no para los casos de solape y parámetros según artículo 49.5 del Código Estructural.
 - **En las tablas siguientes no se consideran los requerimientos de solape para la situación de sismo.**

**Tabla de uso para pie de pilar NOXI20.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.**

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar ($\varnothing 16$) = 610 mm.

%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
Porcentaje (%)	SI	SI	SI									
Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
Ls (Posición II)	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

- La tabla está determinada con las condiciones siguientes:
 - **Método simplificado según Código Estructural**
 - Factor recubrimiento: $\alpha 2 = 0.794$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra $\varnothing 16$).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha 3 = 0.882$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha 4 = 0.7$ (estribos soldados a barra de la armadura principal del pilar, no a las barras del pie de pilar NOXI).
 - Valor $\alpha 5 = 1$
 - Producto $\alpha 2 * \alpha 3 * \alpha 5 \geq 0.7$.

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

**Tabla de uso para pie de pilar NOXI24.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.**

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar (Ø20) = 862 mm.

%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
Porcentaje (%)	SI	SI	SI									
Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
Ls (Posición II)	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

- **La tabla está determinada con las condiciones siguientes:**
 - **Método simplificado según Código Estructural**
 - Factor recubrimiento: $\alpha_2 = 0.865$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra Ø20).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha_3 = 0.849$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha_4 = 0.7$ (estribos soldados a barra de la armadura principal del pilar, no a las barras del pie de pilar NOXI).
 - Valor $\alpha_5 = 1$
 - Producto $\alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_5 \geq 0.7$.

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

**Tabla de uso para pie de pilar NOXI30.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.**

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar (Ø25) = 1015 mm.

%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
Porcentaje (%)	SI	SI	SI									
Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
Ls (Posición II)	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI

- **La tabla está determinada con las condiciones siguientes:**
 - **Método simplificado según Código Estructural**
 - Factor recubrimiento: $\alpha_2 = 0.922$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra Ø25).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha_3 = 0.892$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha_4 = 0.7$ (estribos soldados a barra de la armadura principal del pilar, no a las barras del pie de pilar NOXI).
 - Valor $\alpha_5 = 1$
 - Producto $\alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_5 \geq 0.7$.

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

**Tabla de uso para pie de pilar NOXI36.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.**

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar ($\varnothing 25 + \varnothing 16$) = 1240 mm.

%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
Porcentaje (%)	SI	SI	SI									
Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
Ls (Posición II)	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

- La tabla está determinada con las condiciones siguientes:
 - Método simplificado según Código Estructural
 - Factor recubrimiento: $\alpha 2 = 0.989$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra $\varnothing 25$).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha 3 = 0.897$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha 4 = 0.7$ (estribos soldados a barra de la armadura principal del pilar, no a las barras del pie de pilar NOXI).
 - Valor $\alpha 5 = 1$
 - Producto $\alpha 2^* \alpha 3^* \alpha 5 \geq 0.7$.

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

Tabla de uso para pie de pilar NOXI39.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.
Longitud de la zona solape con armadura principal pilar
($\varnothing 32$ ó $\varnothing 25 + \varnothing 20$) = 1410 mm.

%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
Porcentaje (%)	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
Ls (Posición II)	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI

- **La tabla está determinada con las condiciones siguientes:**
 - **Método simplificado según Código Estructural**
 - Factor recubrimiento: $\alpha 2 = 0.972$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra $\varnothing 25$).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha 3 = 0.859$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha 4 = 0.7$ (estribos soldados a barra de la armadura principal del pilar, no a las barras del pie de pilar NOXI).
 - Valor $\alpha 5 = 1$
 - Producto $\alpha 2 * \alpha 3 * \alpha 5 \geq 0.7$.

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto
(Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

6.4. Armadura adicional

En el caso del pie de pilar NOXI se requiere de cierta armadura adicional, parte de dicha armadura es por recomendación de la propias normas Código Estructural y, por analogía, la EN1992-1-1 (EC-2), y parte, debida a la excentricidad definida entre el eje del agujero de la pletina inferior (dónde se dispondrá el tornillo de anclaje) y el centro de gravedad de las barras soldadas en las pletinas verticales del elemento (pie de pilar).

Dicha armadura tiene las funciones de mejora del anclaje en zona solape entre barra principal de la armadura del pilar y las barras corrugadas del pie de pilar NOXI.

La armadura adicional en la zona de solape entre armadura principal del pilar y las barras corrugadas del pie de pilar está definida en los croquis de las siguientes páginas, según tipología del pie de pilar y combinaciones. Dicha armadura está contemplada en los factores α definidos en las tablas anteriores al respecto de la longitud de anclaje y solape de los tipos de pie de pilar NOXI, importante seguir las definiciones de los croquis correspondientes de este documento.

En este manual se definen unas combinaciones básicas de cada tipología, pudiendo existir más combinaciones, e incluso, combinaciones entre diferentes tipologías de pies NOXI, por ejemplo, pilar con 4 pies NOXI30 + 4 pies NOXI24. En estos casos, los cuales no están descritos en este documento, **CONSULTAR CON DEPARTAMENTO TÉCNICO DE NOXIFER.**

Partiendo de una armadura mínima en zona solape según normativa.

Según EC-2 artículo 8.7.4, se define una armadura transversal en zona de solape (A_{st}) para dicho uso y se define:

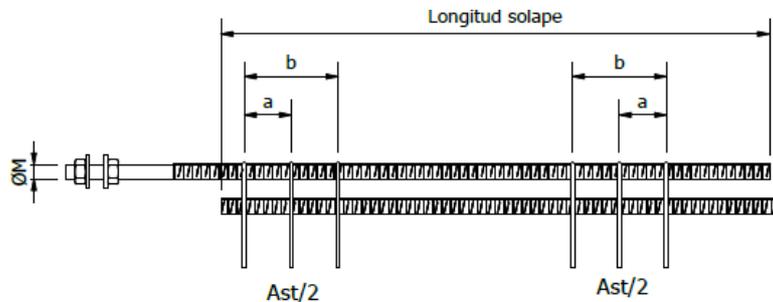


Figura 6.2 Longitud de solape i cotas para la armadura transversal

Valor de $a \leq 150$ mm.

Valor de $b = \text{Longitud solape} / 3$

Barra principal armadura pilar $\varnothing 16$; $A_{st} = 201 \text{ mm}^2$ (4 $\varnothing 8$) ($A_{st}/2 = 2\varnothing 8$)

Valor de $b = 610/3 = 204$ mm.

Barra principal armadura pilar $\varnothing 20$; $A_{st} = 314 \text{ mm}^2$ (8 $\varnothing 8$) ($A_{st}/2 = 4\varnothing 8$)

Valor de $b = 862/3 = 287$ mm.

Barra principal armadura pilar $\varnothing 25$; $A_{st} = 491 \text{ mm}^2$ (10 $\varnothing 8$) ($A_{st}/2 = 5\varnothing 8$)

Valor de $b = 1015/3 = 338$ mm.

Barras principal armadura pilar ($\varnothing 25 + \varnothing 16$); $A_{st} = 692 \text{ mm}^2$ (9 $\varnothing 10$) ($A_{st}/2 = 5\varnothing 10$)

Valor de $b = 1240/3 = 415$ mm.

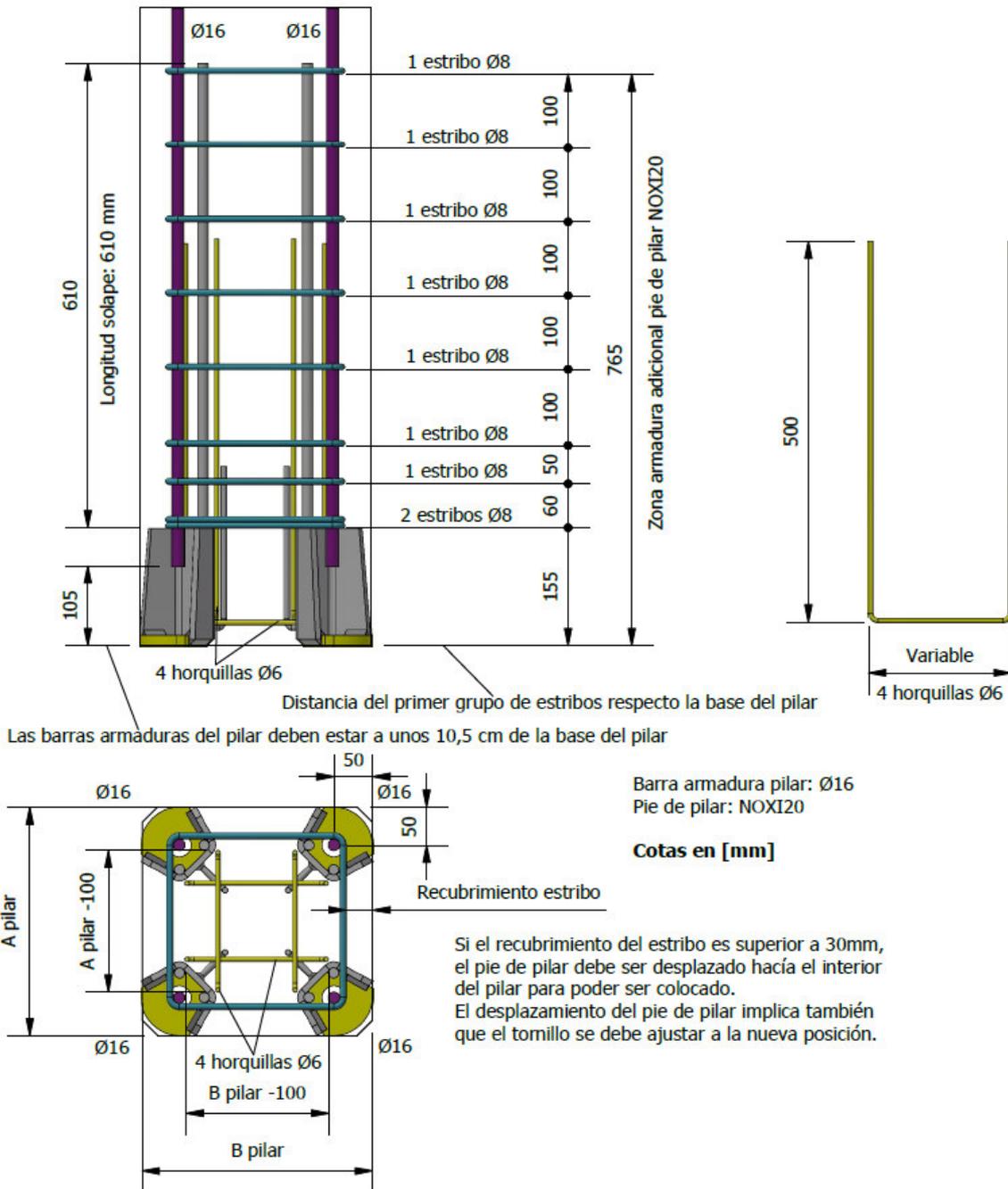
Barra principal armadura pilar $\varnothing 32$ ($\varnothing 25 + \varnothing 20$); $A_{st} = 804 \text{ mm}^2$ (10 $\varnothing 10$) ($A_{st}/2 = 5\varnothing 10$)

Valor de $b = 1410/3 = 470$ mm.

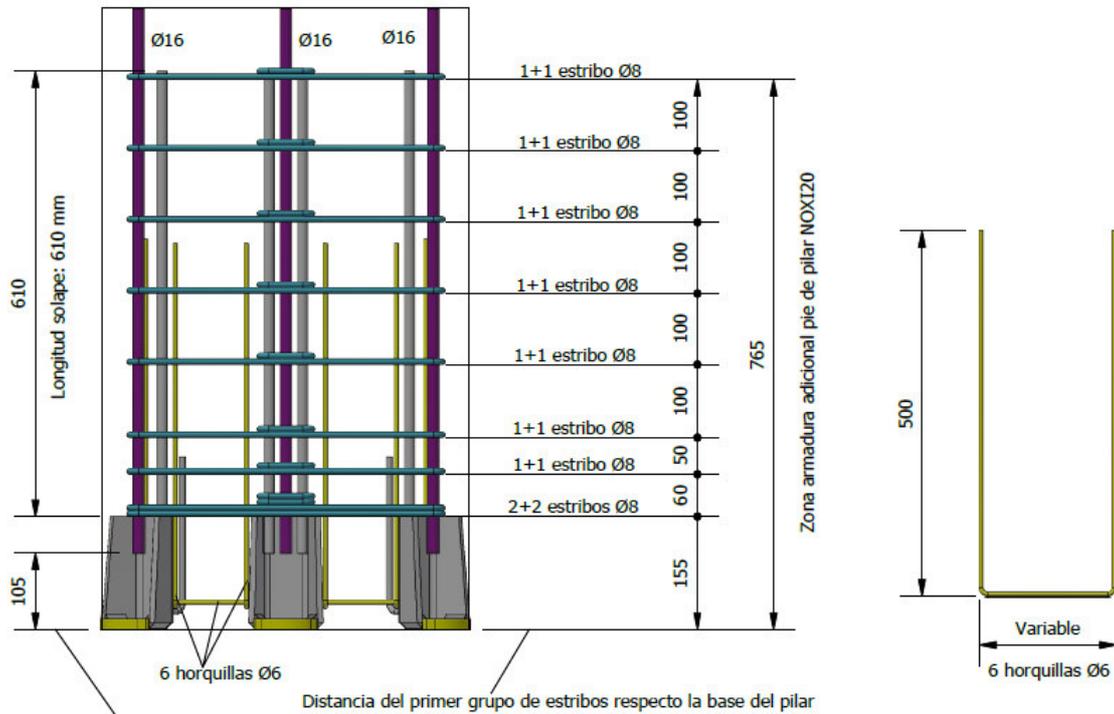
En el caso de la barra del 32 y grupo de barras de $\varnothing 20 + 25$, se recomienda resolverlo con estribos de diámetro 10, pudiendo estudiarse con estribos de diámetro 8.

Para la definición de la armadura adicional para el pie de pilar, se ha realizado un croquis general que define su posición:

Armadura adicional para pilares con 4 NOXI20



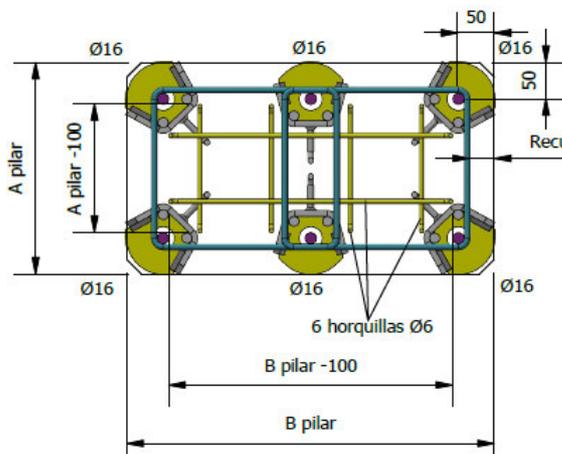
Armadura adicional para pilares con 6 NOXI20



Las barras armaduras del pilar deben estar a unos 10,5 cm de la base del pilar

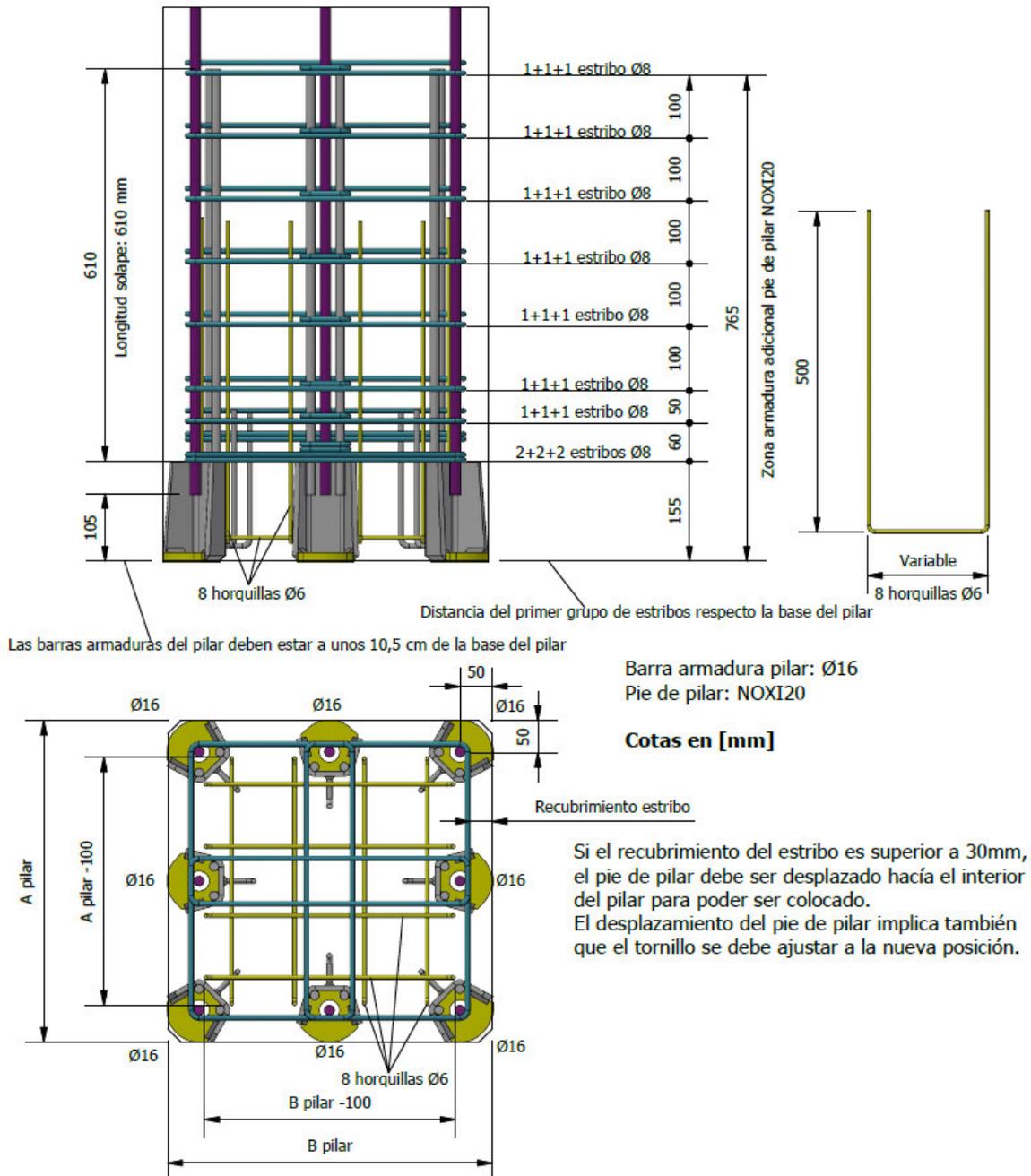
Barra armadura pilar: Ø16
Pie de pilar: NOXI20

Cotas en [mm]

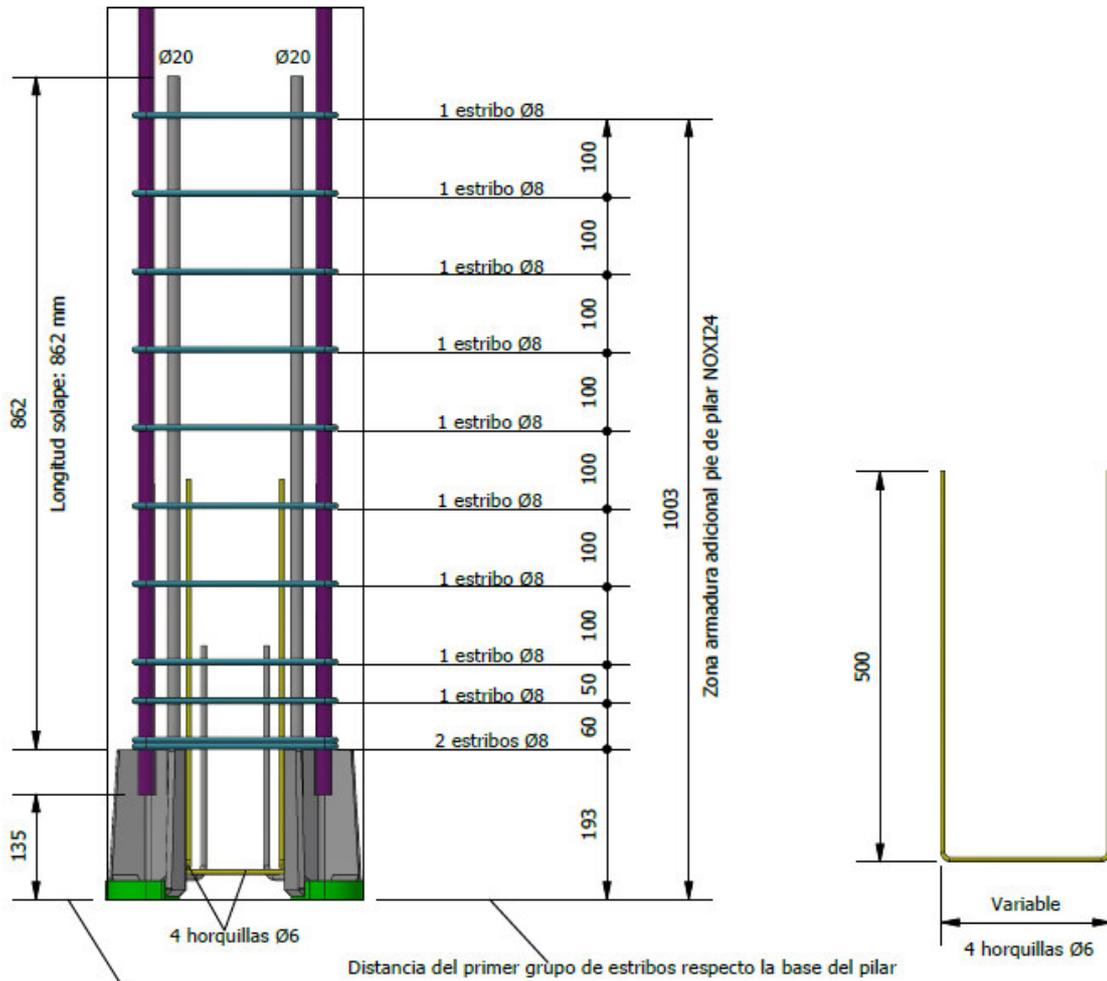


Si el recubrimiento del estribo es superior a 30mm, el pie de pilar debe ser desplazado hacia el interior del pilar para poder ser colocado. El desplazamiento del pie de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

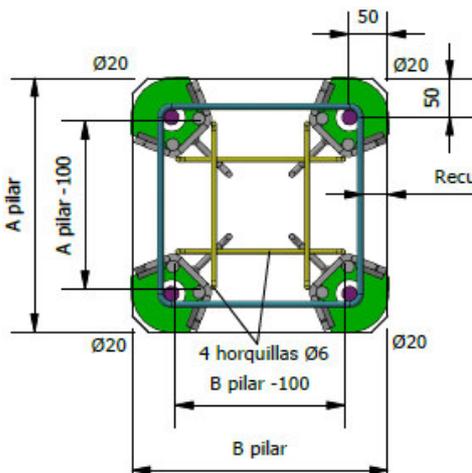
Armadura adicional para pilares con 8 NOXI20



Armadura adicional para pilares con 4 NOXI24



Las barras armaduras del pilar deben estar a unos 13,5 cm de la base del pilar



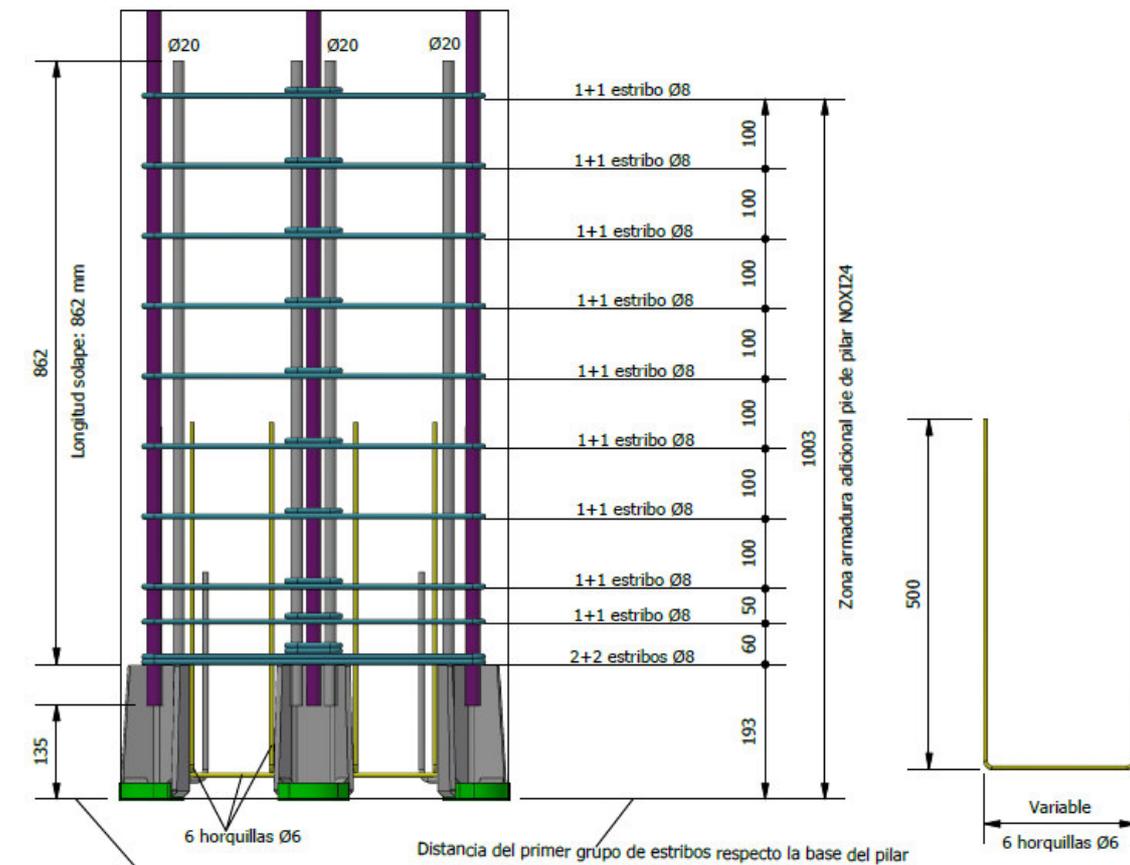
Barra armadura pilar: Ø20
Pie de pilar: NOXI24

Cotas en [mm]

Si el recubrimiento del estribo es superior a 30mm, el pie de pilar debe ser desplazado hacia el interior del pilar para poder ser colocado.

El desplazamiento del pie de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

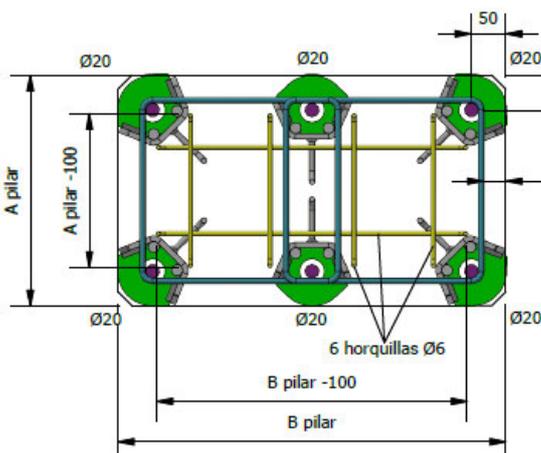
Armadura adicional para pilares con 6 NOXI24



Las barras armaduras del pilar deben estar a unos 13,5 cm de la base del pilar

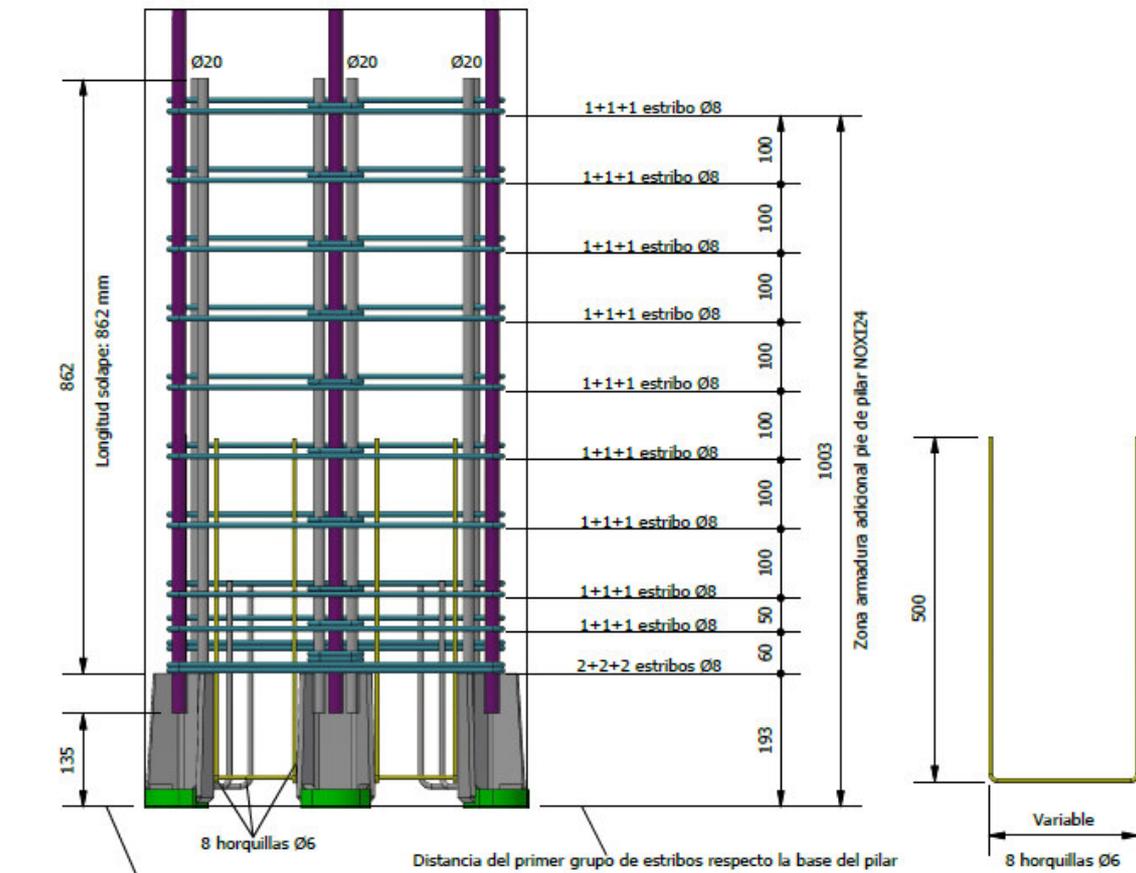
Barra armadura pilar: Ø20
Pie de pilar: NOXI24

Cotas en [mm]

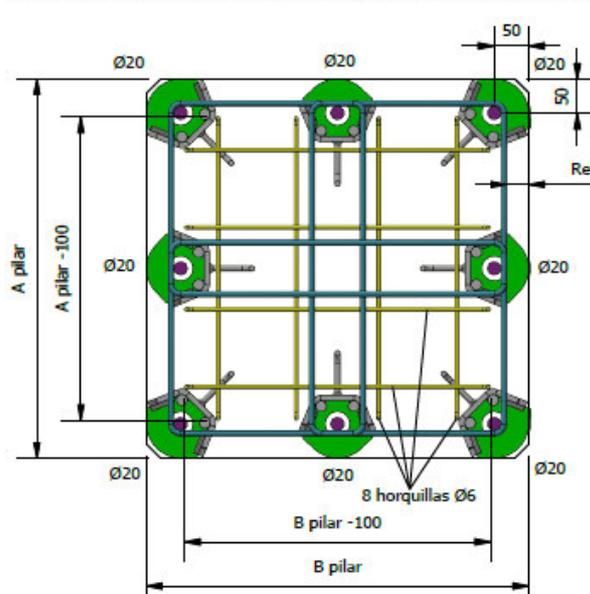


Si el recubrimiento del estribo es superior a 30mm, el pie de pilar debe ser desplazado hacía el interior del pilar para poder ser colocado. El desplazamiento del pie de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

Armadura adicional para pilares con 8 NOXI24



Las barras armaduras del pilar deben estar a unos 13,5 cm de la base del pilar

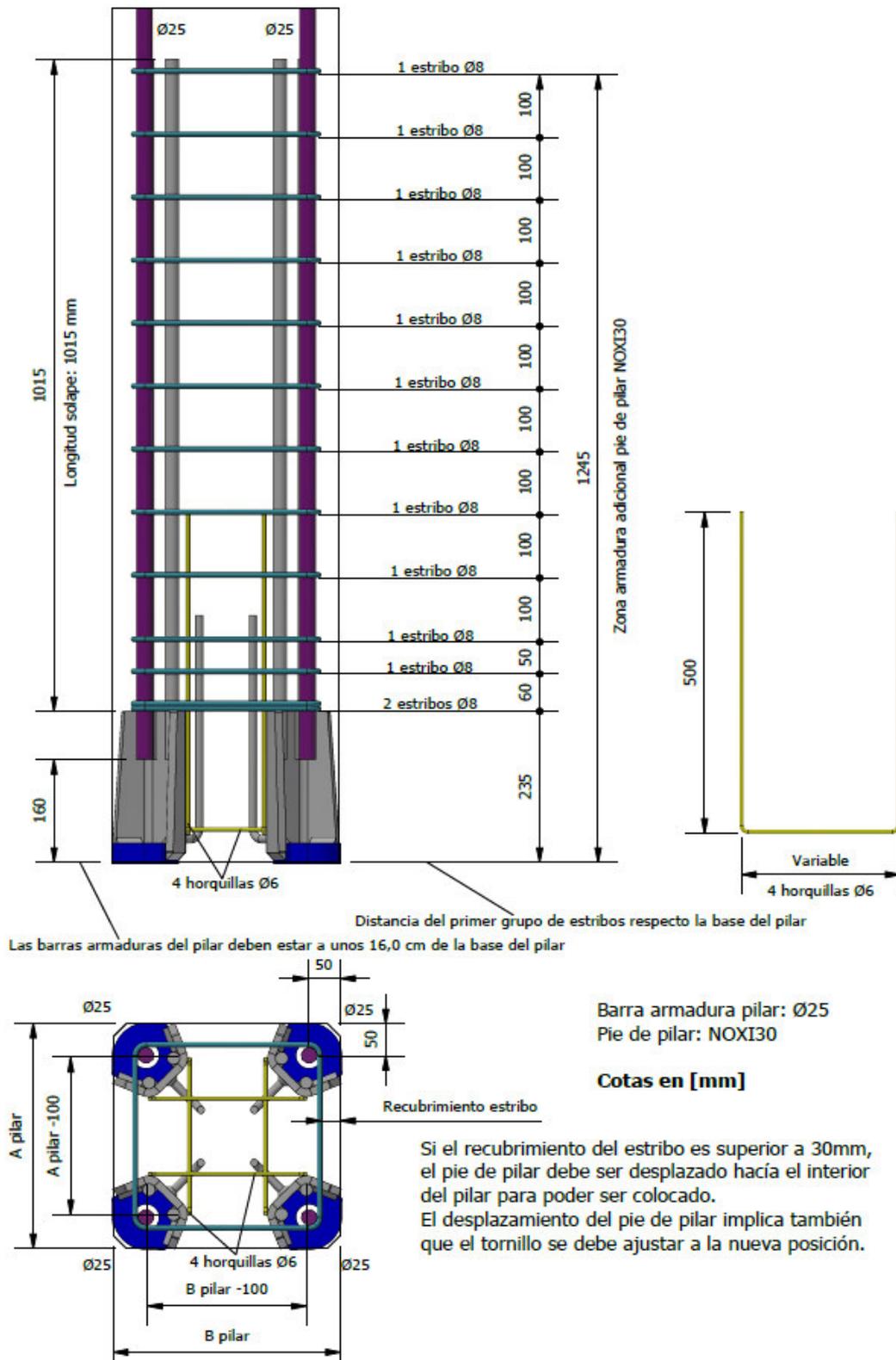


Barra armadura pilar: Ø20
Pie de pilar: NOXI24

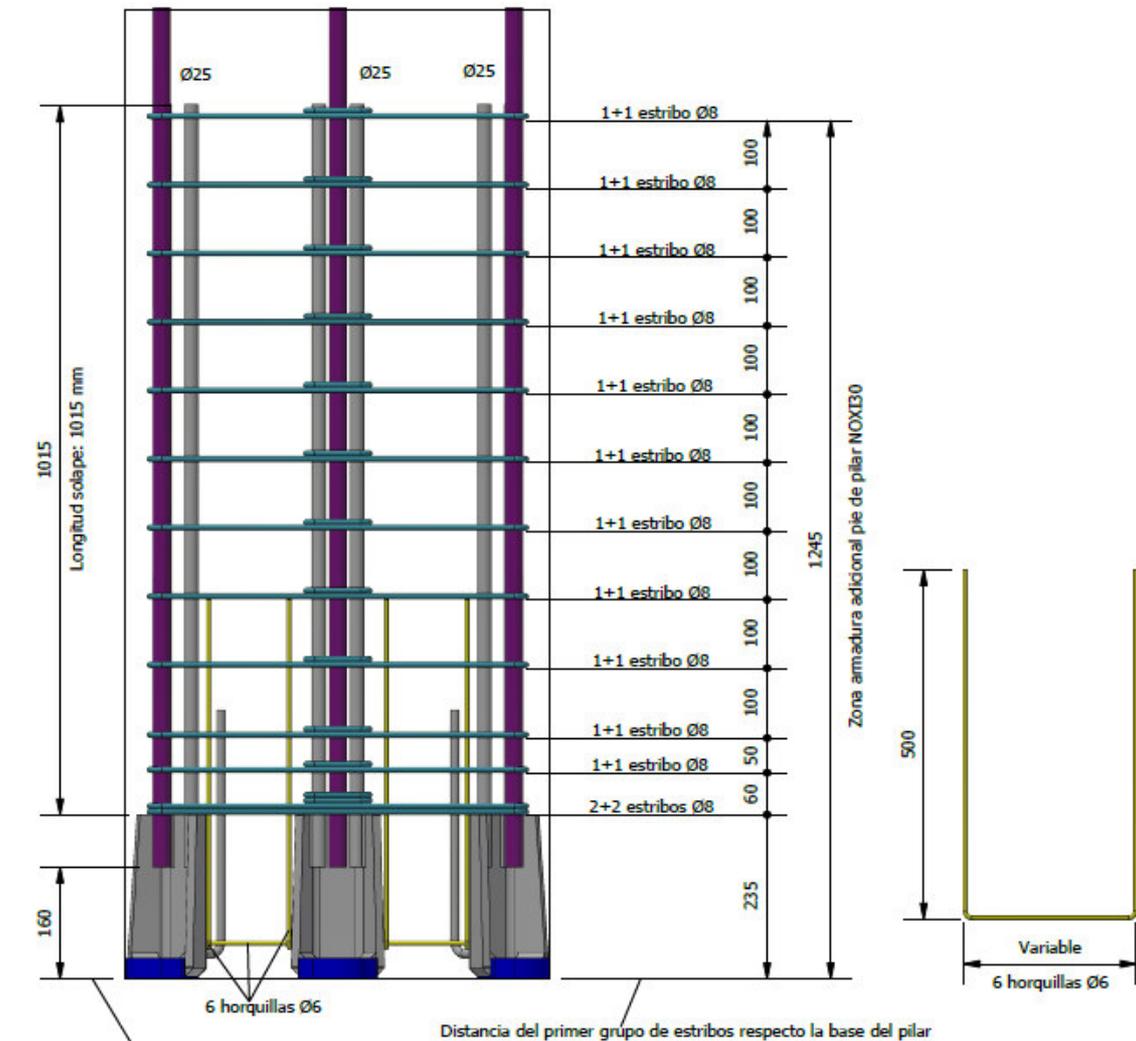
Cotas en [mm]

Si el recubrimiento del estribo es superior a 30mm, el pie de pilar debe ser desplazado hacia el interior del pilar para poder ser colocado. El desplazamiento del pie de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

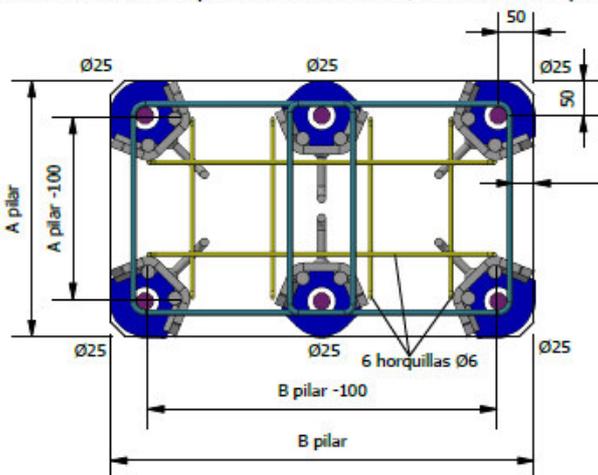
Armadura adicional para pilares con 4 NOXI30



Armadura adicional para pilares con 6 NOXI30



Las barras armaduras del pilar deben estar a unos 16,0 cm de la base del pilar



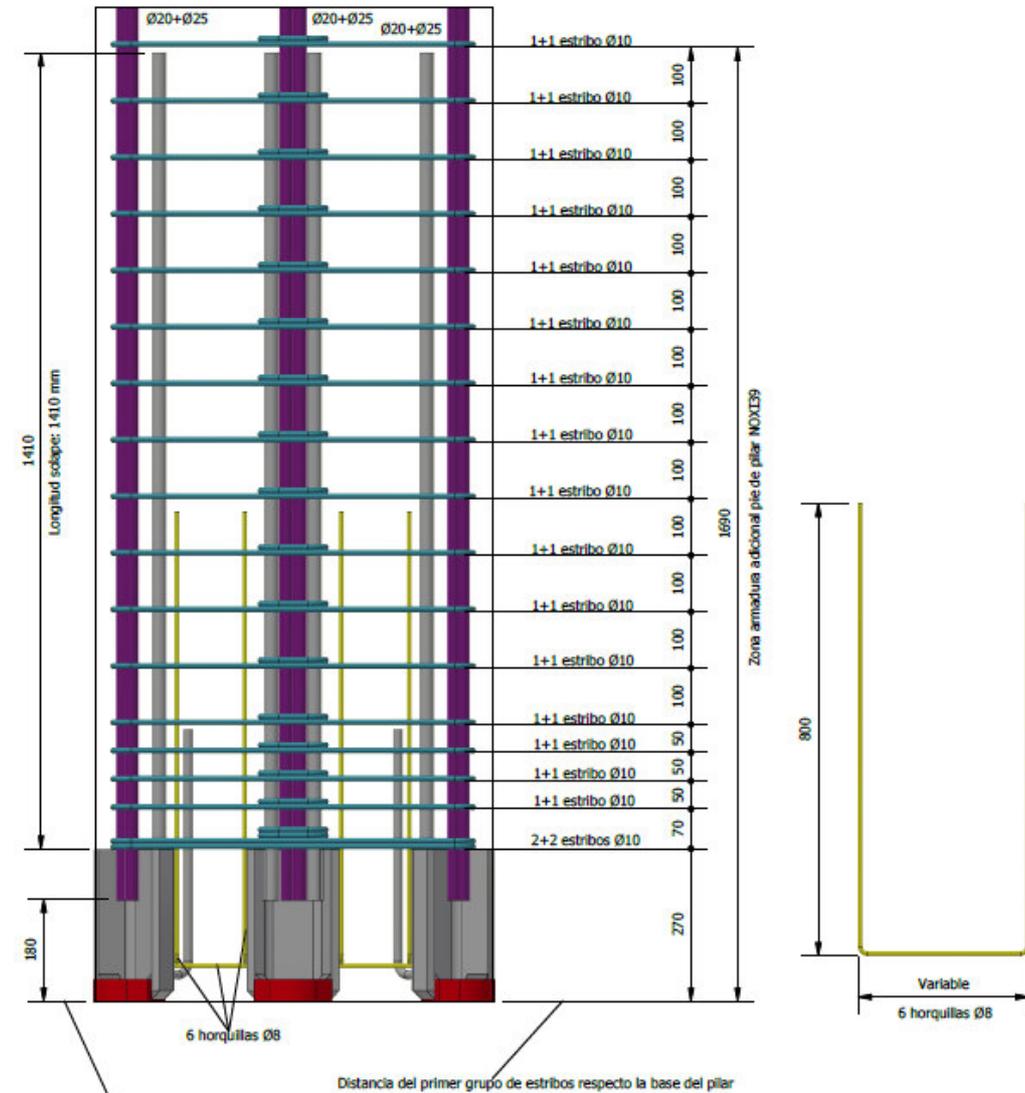
Barra armadura pilar: Ø25
Pie de pilar: NOXI30

Cotas en [mm]

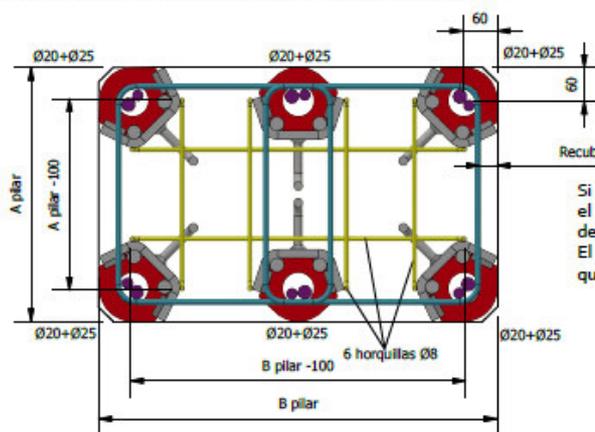
Recubrimiento estribo

Si el recubrimiento del estribo es superior a 30mm, el pie de pilar debe ser desplazado hacia el interior del pilar para poder ser colocado. El desplazamiento del pie de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

Armadura adicional para pilares con 6 NOXI39



Las barras armaduras del pilar deben estar a unos 18,0 cm de la base del pilar



Barra armadura pilar: Ø25+Ø20
Pie de pilar: NOXI39

Cotas en [mm]

Si el recubrimiento del estribo es superior a 30mm, el pie de pilar debe ser desplazado hacia el interior del pilar para poder ser colocado. El desplazamiento del pie de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

7. Durabilidad

Los pies de pilar son elementos embebidos en el hormigón.

Las barras corrugadas del pie de pilar son barras tipo B500SD, para garantizar su adherencia entre ambos materiales, tal como se define la norma Código Estructural y EC-2.

El ambiente definido para la estructura (sea en su totalidad o por zonas), debe asimilarse para la conexión atornillada con los elementos descritos, por ello, se debe tener en cuenta su diseño para cumplir con las exigencias de cada caso.

Una de las consideraciones a tal efecto es el **RECUBRIMIENTO de la armadura principal del pilar**, en función de los requerimientos de ambiente (y también fuego), la posición del pie de pilar debe ser modificada para poder tener espacio disponible para colocar el propio pie de pilar, ello define una capacidad mayor de durabilidad por tener siempre mayor recubrimiento que la armadura del pie de pilar.

SI SE REQUIERE UN RECUBRIMIENTO A ESTRIBO SUPERIOR A 30 mm, SE DEBE DESPLAZAR EL PIE DE PILAR HACÍA EN INTERIOR (así como el tornillo correspondiente TN).

El recubrimiento mínimo según clase de exposición se define en artículo 44 del Código Estructural y también en relación con la norma EN-1992-1-1 (EC-2), capítulo 4. A considerar, también, la exigencia en los elementos metálicos se define por el grado de corrosión según el artículo 80 del Código Estructural.

El punto a considerar para la durabilidad es la de la pletina base del pie de pilar.

En condiciones normales, el recubrimiento de la placa base es en función del recubrimiento de mortero de relleno tipo GROUT que se hace en la propia junta. Si el mortero tiene las características propias del GROUT y se define un recubrimiento tal, se puede equiparar a las condiciones de recubrimiento de la armadura del pilar. También se puede considerar aplicar una protección como GALVANIZADO EN

CALIENTE en la zona de las pletinas del pie de pilar para mejorar su durabilidad (según proyecto).

Uno de los aspectos importantes, es diseñar, en la medida de lo posible, que la junta quede inserta en la estructura propia o adyacente (como por ejemplo pavimento a colocar a posteriori, capa de compresión de forjado in situ o prefabricado, etc.), de esta manera la placa base queda protegida versus ambiente y resistencia al fuego.

8. Resistencia al fuego

En base a las prescripciones de recubrimiento mecánico equivalente y las tablas del anexo 20 del Código Estructural, se puede estimar la resistencia al fuego de la conexión.

En todo caso, se debe definir la posición de la conexión y su exposición, para determinar un grado mayor de cobertura para alcanzar la resistencia requerida de la misma.

Se estima que, sin protección alguna, la resistencia al fuego de la conexión es de unos 60 minutos, para mayor resistencia, se debe dar cobertura al pie de pilar, normalmente con la cobertura de GROUT.

En el certificado ETA 25/0259 de los pies de pilar NOXI, en anexo C1, se define la siguiente tabla:

Requisito Básico de las Obras 2: Seguridad en caso de incendio

Tabla C2: Resistencia al fuego - Temperatura del acero en función de la duración de la exposición al fuego - $T_{cr}(t_i)$ [°C]

Tiempo t_i (min)	NOXI20 Tamaño mínimo de columna 300x300	NOXI24 Tamaño mínimo de columna 300x300	NOXI30 Tamaño mínimo de columna 300x300	NOXI36 Tamaño mínimo de columna 400x400	NOXI39 Tamaño mínimo de columna 400x400
Temperatura del acero en función de la duración de la exposición al fuego - $T_{cr}(t_i)$ [°C]					
15	121	109	121	87	109
30	217	194	212	151	186
45	328	287	327	229	269
60	430	380	419	294	342
90	583	528	570	399	462
120	684	633	681	488	556
180	826	778	832	625	697

En dicha tabla basada en los correspondientes ensayos, se determina la temperatura del acero para la conexión con la sección mínima definida y con la posición estándar de los pies de pilar (posición en esquina). Si la temperatura del acero es inferior o igual a 400°C, el acero y, por tanto, la conexión no tiene pérdida de capacidad.

Para más información, **CONSULTAR CON DEPARTAMENTO TÉCNICO DE NOXIFER.**

9. Colocación pie de pilar NOXI

Para la colocación de los pies de pilar se debe tener en cuenta los siguientes pasos preliminares:

- Comprobar que el tipo de pie de pilar es el correcto según planos de la dirección facultativa.
 - Modelo de pie de pilar.
 - Correspondencia con tornillo TN a disponer (NOXI30=TN30)
- Verificar que tipo de pie de pilar seleccionado puede ser colocado en el pilar prefabricado de hormigón que va a ser producido (dimensiones pilar = posibilidad de colocar X pies de pilar, recubrimiento estribo = posible desplazamiento del pie de pilar y tornillo para que tenga disponibilidad geométrica.)
 - Es importante que se haya realizado correctamente la selección del pie de pilar según se ha definido en este documento (equivalencia con armadura pilar = capacidad, posición en sección, etc.)
- Utilización de una plantilla de colocación para:
 - Determinar una posición fija de todos los pies de pilar que se dispongan en una sección (por ejemplo, una plantilla=tape final molde para un pilar de 50x50, con más de cuatro anclajes, etc.).
 - Referenciar la posición del grupo de pies de pilar con respecto a unos ejes del pilar para que el posterior montaje del pilar se realice en la posición correcta según planos constructivos.
 - Evitar que dichos pies de pilar se muevan durante la fase de hormigonado del pilar prefabricado, por lo que se deben fijar correctamente al tape del molde (utilización de las cajas de instalación como se describe en siguiente croquis).

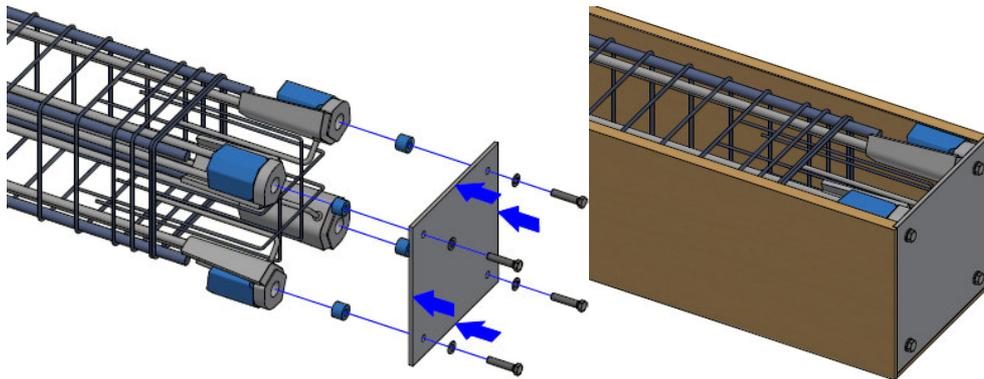


Figura 9.1 Cajas de instalación para fijación en tape molde (central y esquinera)

Las cajas también tienen la función de dejar zona sin hormigón para posterior montaje pilar en obra.

Los tornillos de fijación de las cajas de instalación son M16, por tanto, el agujero en el tape de molde es de 17 mm.

9.1. Consideraciones

9.1.1. Medidas geométricas de colocación

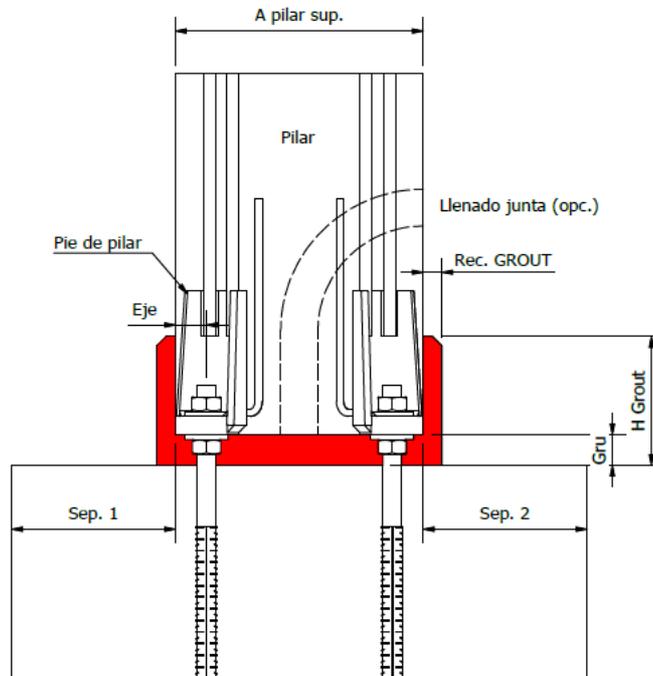


Figura 9.2 Cotas a respetar durante la colocación

Pie de pilar NOXI20; Eje = 50 mm; Gru = 50 mm; H Grout = 160 mm.

Pie de pilar NOXI24; Eje = 50 mm; Gru = 50 mm; H Grout = 175 mm.

Pie de pilar NOXI30; Eje = 50 mm; Gru = 50 mm; H Grout = 206 mm.

Pie de pilar NOXI36; Eje = 60 mm; Gru = 60 mm; H Grout = 250 mm.

Pie de pilar NOXI39; Eje = 60 mm; Gru = 60 mm; H Grout = 250 mm.

El recubrimiento de GROUT puede ser variable, en tanto que se contempla como protección o durabilidad de la zona inferior del pie de pilar, se define que un valor mínimo puede ser de 25/30 mm de espesor lateral. Este valor se puede incrementar en tanto que sea necesario o por geometría disponible en obra de los cajetones de encofrado.

Si el valor de Rec. GROUT es de 25/30 mm, puede ser recomendable el uso de un tubo interior de llenado como se muestra en croquis, es una solución opcional pero que en ciertos casos puede ser necesaria.

Un aspecto que mencionar es que se estima por defecto que el mortero tipo GROUT de relleno presenta una capacidad igual o mayor que el tipo de hormigón del pilar prefabricado (si pilar HA-40, fck GROUT \geq 40 MPa). **De lo contrario se debe verificar la sección con el valor del hormigón de menor capacidad.**

Los valores definidos de Sep. 1 y Sep. 2 determinan la separación de cualquier cara del pilar con el borde o extremo del elemento que aloja los tornillos TN. Se define que, según geometría, el valor de Sep. 1 y/o Sep. 2 no debería ser inferior a 150/200 mm, por varias razones:

- Distancia del tornillo a borde de hormigón del elemento inferior (pudiendo ser zapata, encepado, muro in situ, pilar prefabricado, pilastra in situ, etc.). Esta distancia es condicionada en anclajes cortos TNC por cono hormigón y por recubrimientos en TNL (largos).
 - En el caso de empalme de pilares (según Figura 9.2), se debe desplazar los anclajes y pies de pilar para evitar interferencias de armadura por recubrimientos mínimos. esta situación se da en el caso de que una cara esté alineada con la cara del cemento inferior (valor de A = valor B). El valor de “Eje” es superior al definido en página anterior.
- Tipología de hormigón del elemento inferior. En caso de que sea un hormigón estándar de cimentación (tipo HA-25), el elemento inferior debe ser de mayor sección que el pilar prefabricado para poder asimilar la misma capacidad del bloque de compresión originado en la conexión.
 - Asimilable a carga concentrada sobre macizos definido en el Código Estructural, en un área homotética a la sección del pilar prefabricado.

9.1.2. Tolerancias de colocación

- a) Las tolerancias son muy reducidas, sobre todo en el plano de los tornillos. La tolerancia viene determinada por la diferencia entre el agujero del pie de pilar o agujero de la pletina del pilar metálico y el diámetro del tornillo de anclaje. Por ejemplo, si el agujero es de 40 mm, para el tornillo de TN30 (corto o largo) con diámetro métrica de 30 mm, la tolerancia es de ± 5 mm.
- i. Pie de pilar NOXI20; \varnothing agujero = 31 mm. Tornillo TN20 = 20 mm
Tolerancia: $\pm 5,5$ mm.
 - ii. Pie de pilar NOXI24; \varnothing agujero = 35 mm. Tornillo TN24 = 24 mm
Tolerancia: $\pm 5,5$ mm.
 - iii. Pie de pilar NOXI30; \varnothing agujero = 40 mm. Tornillo TN30 = 30 mm
Tolerancia: ± 5 mm.
 - iv. Pie de pilar NOXI36; \varnothing agujero = 55 mm. Tornillo TN36 = 36 mm
Tolerancia: $\pm 9,5$ mm.
 - v. Pie de pilar NOXI39; \varnothing agujero = 55 mm. Tornillo TN39 = 39 mm
Tolerancia: ± 8 mm.
- b) La tolerancia en altura depende de la cota en que el tornillo sale de la cota de hormigón del elemento inferior. En base a los valores estándar de uso de los anclajes TN:
- i. TN20 = 115 mm.
 - ii. TN24 = 130 mm.
 - iii. TN30 = 150 mm.
 - iv. TN36 = 170 mm
 - v. TN39 = 180 mm.

En función de estos valores, se determinan las tolerancias en altura de la conexión, no en tanto para el pie de pilar, que siempre seguirá la cota final del pie de pilar (tape molde), pero sí que por montaje requerirá regulación. Es mejor dejar que el tornillo quede más alto que bajo, hay más margen en interior caja pilar que en la junta inferior.

Se adjuntan los croquis correspondientes de las tolerancias de colocación con los tornillos de anclaje de NOXIFER (TN), según descrito en el apartado 5 de este manual. Se definen las tolerancias de montaje para todos los modelos de pies de pilar NOXI.

TORNILLO BAJO.
Resolución:
Si el tornillo queda más bajo de 95 mm, tenemos varias posibilidades:
- Si queda entre 95 | 70 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 50 mm.
- Si queda menos de 70 mm, se debe realizar la resolución mediante tuerca DIN6334 definida y varilla roscada.

TORNILLO ALTO.
Resolución:
Si el tornillo queda más alto de 130 mm:
- Consultar con departamento técnico de NOXIFER, puesto que hay que verificar la zona de anclaje en cimentación para anclaje corto.
Para anclajes largos, se debe verificar las opciones de solución, si el pilar prefabricado ya está fabricado, etc.

Tolerancias en altura:
Manteniendo la junta inferior de 50 mm, el anclaje roscado tiene una tolerancia de -20 a +15 mm, por tanto, la variación de la cota que sale el anclaje del nivel de hormigón, puede ser de 115-20 = 95 mm a 115 + 15 = 130 mm.

Pie de pilar NOXI120

Anclaje TN20C.
Igual para anclaje largo, TN20L.

nivel hormigón

Liave apriete: Cerrada 30.

Tuerca TN20, M20 C8,

Arandela TN20, S275JR.

Ø anclaje zona roscada: 20 mm.
Ø agujero pie pilar NOXI120: 31 mm.
Tolerancia: ±5.5 mm (ejes x e y).

Varilla roscada M20 8,8

Tuerca DIN6334 M20

Placar zona superior hasta dejar la zona roscada libre de hormigón.
Cortar la parte superior hasta dejar una cota de 31 mm respecto nivel hormigón.
Limpiar la rosca inferior para poder roscar la tuerca DIN6334 M20.
Roscar la tuerca DIN6334 M20 dejando la medida definida.
Roscar la varilla roscada M20 8.8 dentro de la tuerca DIN6334.
La cota final superior de la varilla debe ser aproximadamente de 115 mm.

TORNILLO BAJO.

Resolución:
 Si el tornillo queda más bajo de 108 mm, tenemos varias posibilidades:
 - Si queda entre 108 | 90 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 50 mm.
 - Si queda menos de 90 mm, se debe realizar la resolución mediante tuerca DIN6334 definida y varilla roscada.

TORNILLO ALTO.

Resolución:
 Si el tornillo queda más alto de 140 mm, tenemos varias posibilidades:
 - Si queda entre 140 | 160 mm, se tiene que cortar la parte superior dejando los 130 mm que se definen.
 - Si queda más alto de 160 mm, consultar con departamento técnico de NOXIFER, puesto que hay que verificar la zona de anclaje en cimentación para anclaje corto. Para anclajes largos, se debe verificar las opciones de solución, si el pilar prefabricado ya está fabricado, etc.
 En definitiva, si el anclaje queda más alto de los 160/170 mm, la resolución puede ser compleja.

Anclaje TN24C.
Igual para anclaje largo, TN24L.

Llave apriete: Cerrada 36.

Tuerca TN24, M24 C8.
 Ø anclaje zona roscada: 24 mm.
 Ø agujero pie pilar NOXI24: 35 mm.
 Tolerancia: ± 5.5 mm (ejes x e y).
 Arandela TN24-S275JR.

Varilla roscada M24 8.8

Tuerca DIN6334 M24

Unidades en mm.

21/02/2025

Descripción: Tolerancias de montaje para pie de pilar NOXI24 con anclaje corto TN24C y anclaje largo TN24L.

Versión: V0

TORNILLO BAJO.
Resolución:
Si el tornillo queda más bajo de 145 mm, tenemos varias posibilidades:
- Si queda entre 145 i 130 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 60 mm.
- Si queda menos de 130 mm, se debe realizar la resolución mediante manguito roscado definido y varilla roscada.

TORNILLO ALTO.
Resolución:
Si el tornillo queda más alto de 195 mm, consultar con departamento técnico de NOXIFER, puesto que hay que verificar la zona de anclaje en cimentación para anclaje corto y verificar la mejor solución posible (se deben verificar las opciones de solución, si el pilar prefabricado ya está fabricado, etc.).
En definitiva, si el anclaje queda más alto de los 195 mm, la resolución puede ser compleja.

Tolerancias:
Manteniendo la junta inferior de 60 mm, el anclaje roscado tiene una tolerancia de -25 a +25 mm, por tanto, la variación de la cota que sale el anclaje del nivel de hormigón, puede ser de 170-25 = 145 mm a 170+25 = 195 mm.

Unidades en mm.

Descripción: Tolerancias de montaje para pie de pilar NOX136 con anclaje corto TN36C y anclaje largo TN36L.

Arandela TN36, S275JR.
Ø anclaje zona roscada: 36 mm.
Ø agujero pie pilar NOX136: 55 mm.
Tolerancia : +- 9 mm (ejes x e y).

Tuerca TN36, M36 C8.
Liave apriete: Cerrada 55.

Manguito roscado S355J2 M36
Ø60
108

Varilla roscada M36 8.8
235

noxifer

05/03/2025

Versión: V0

9.1.3. Llave de apriete de los tornillos dentro del pie de pilar NOXI:

En base al espacio disponible dentro de la caja del pie de pilar, que es dónde se dispondrá el tornillo de anclaje TN, a través del agujero en pletina base, **se recomienda que la llave de apriete sea del tipo ESTRELLA A GOLPE o en casos de cierta proximidad pilar con estructura existente, la de ESTRELLA DE TRACCIÓN.**

Recordar que no se requiere ningún par de apriete específico.



Figura 9.3 Llave estrella de golpe

- Para pie de pilar NOXI20 = Tornillo TN20 → Llave del 30.
- Para pie de pilar NOXI24 = Tornillo TN24 → Llave del 36.
- Para pie de pilar NOXI30 = Tornillo TN30 → Llave del 46.
- Para pie de pilar NOXI36 = Tornillo TN36 → Llave del 55.
- Para pie de pilar NOXI39 = Tornillo TN39 → Llave del 60.

En la parte inferior del pie de pilar, se debe utilizar la llave de la misma tipología, pero abierta, para poder acceder a la tuerca.



Figura 9.4 Llave fija de golpe