



MÉTODO DE ENSAYO DEL SISTEMA BX 3-SCT DE HILTI

Determinación de la resistencia temprana del hormigón proyectado utilizando el sistema de fijación directa BX 3-SCT (el método de hincado de clavos)



INTRODUCCIÓN

Este manual presenta y describe el nuevo sistema Hilti BX 3-SCT, previsto para determinar la resistencia a la compresión del hormigón proyectado joven.

El sistema BX 3-SCT sustituye al actual sistema DX 450-SCT de Hilti que se ha utilizado durante décadas en esta aplicación. A diferencia del DX 450-SCT, el sistema BX 3-SCT utiliza la nueva tecnología de herramienta de fijación a batería. Por lo tanto, ya no es necesaria la utilización de cartuchos de pólvora. Con el sistema BX 3-SCT ya no es necesaria la extracción de los clavos. También se amplía el ámbito de aplicación del procedimiento, ahora se puede determinar la resistencia del hormigón de aproximadamente 1 N/mm^2 .

Para el BX 3-SCT se evaluó empíricamente una nueva curva de calibración. Los estudios experimentales correspondientes se realizaron en la Facultad de Ingeniería Civil de la OTH-Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Universidad Técnica de Baviera Occidental) en Alemania.

Estas instrucciones de ensayo han sido elaboradas por Hilti Corporation en colaboración con la profesora Charlotte Thiel y el profesor Wolfgang Kusterle, ambos de la OTH-Regensburg.

Nota sobre el sistema DX 450-SCT: Hilti dejará de vender nuevas herramientas DX 450-SCT pero, por supuesto, seguirá manteniendo los servicios de reparación de las herramientas existentes en el mercado. Además, se seguirán suministrando los clavos y cartuchos necesarios si utiliza el sistema de fijación directa DX 450 SCT.

Diciembre de 2021

ÍNDICE

1 RESISTENCIA TEMPRANA DEL HORMIGÓN PROYECTADO	4
1.1 Definiciones y clases de resistencia temprana	4
1.2 Métodos de ensayo de resistencia temprana	5
1.3 Frecuencia de los ensayos	6
2 MÉTODO DE HINCADO DE CLAVOS BX 3-SCT	7
2.1 Materiales	7
2.2 Características de BX 3-SCT y comparación con el DX 450-SCT	8
2.3 Procedimiento y estimación de la resistencia	9
2.4 Análisis de las mezclas de hormigón utilizadas en la calibración	12
3 BIBLIOGRAFÍA Y APÉNDICES	13
3.1 Bibliografía y apéndices	13
3.2 Apéndices	13

1 RESISTENCIA TEMPRANA DEL HORMIGÓN PROYECTADO

1.1 Definiciones y clases de resistencia temprana

Hormigón proyectado (SpC) Hormigón elaborado mediante una composición tradicional que se proyecta neumáticamente, a través de una boquilla, a alta velocidad en el soporte final. Gracias a su propio impulso, se produce una masa densa y homogénea.

Hormigón proyectado joven Hormigón proyectado en las 24 horas.

Resistencia temprana Resistencia a la compresión del hormigón proyectado joven. Los requisitos de la resistencia temprana se especifican en las clases de resistencia temprana J₁, J₂ y J₃.

En la construcción de túneles, a menudo hay que colocar capas de hormigón proyectado de un considerable grosor en las zonas superiores o en paredes verticales. Por lo tanto, se requiere un hormigón proyectado de fraguado rápido y alta resistencia temprana. Para conseguir estas propiedades, se utilizan cementos especiales u otros aditivos químicos, normalmente a base de cemento, que se suelen combinar con materiales cementantes suplementarios, y con aceleradores químicos.

Dependiendo del método de construcción de túneles y del tipo de roca, se requieren diferentes clases de resistencia temprana del hormigón proyectado. Por razones de seguridad, es necesario verificar la resistencia temprana durante la construcción mediante un método de ensayo preciso. Las clases comunes de resistencia temprana J₁ a J₃ se definen en la guía de la ÖBV del¹⁾ "Hormigón proyectado" [1], y en la norma EN 14487-1 [2].

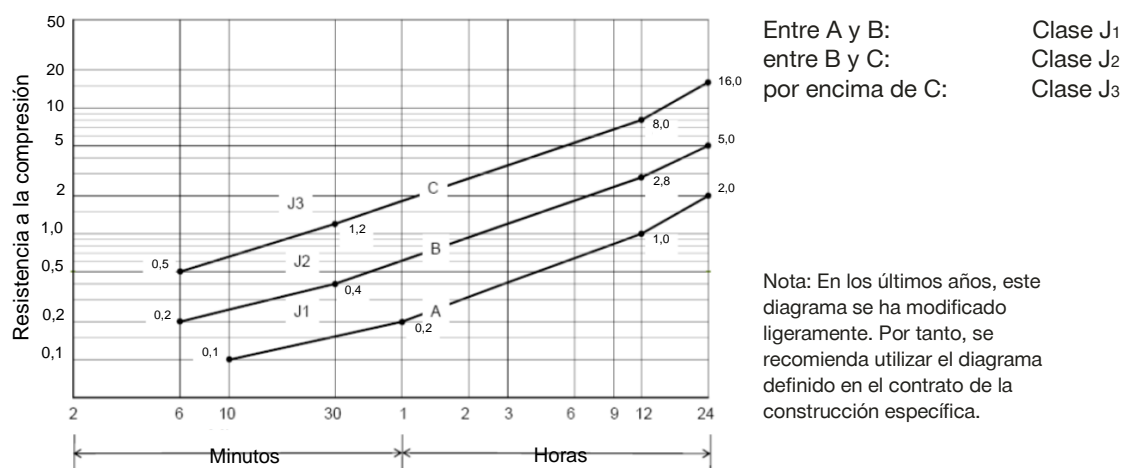


Figura 1: Clases de resistencia temprana del hormigón proyectado joven [1]

1) ÖBV – Österreichische Bautechnik Vereinigung (Sociedad Austriaca de Tecnología de la Construcción), www.bautechnik.pro

1.2 Métodos de ensayo de resistencia temprana

No es posible medir directamente la resistencia temprana a través de una muestra de ensayo, puesto que los tubos de ensayo no pueden pulverizarse uniformemente. Debido a las duras condiciones de trabajo en los túneles, sólo se pueden aplicar métodos de medición sólidos. Y para ello, deben cumplirse los siguientes requisitos: Facilidad de uso, rapidez, uso posterior en cualquier lugar del túnel, posibilidad de medición en superficies rugosas, no alteración de los resultados por el refuerzo mediante fibras.

Dos métodos de medición han sido aceptados:

- Método de penetración de aguja
- Método de hincado de clavo

Ambos métodos utilizan la introducción directa de un cuerpo fino en el hormigón (aguja, clavo...) y han sido probados exitosamente en obras de túneles de todo el mundo.

En el "Método de penetración de aguja" se utiliza una aguja ($\varnothing 3 \pm 0,1$ mm) que se introduce mediante un penetrómetro en el hormigón proyectado joven. Se registra la fuerza necesaria para introducir la aguja a 15 ± 2 mm de profundidad en el hormigón proyectado. Este método se puede aplicar con una resistencia inicial inferior a $1,0$ N/mm² aproximadamente.

En el "Método de hincado de clavo" se utiliza clavos roscados que se introducen en el hormigón mediante una herramienta de fijación directa utilizando una energía de fijación definida. El "Método de hincado de clavo" fue desarrollado en 1984 por el Prof. Dr. Wolfgang Kusterle en la Universidad de Innsbruck, Austria [5]. El método de fijación directa de Hilti (DX 450-SCT) se añadió en la guía de la ÖBV del "Hormigón proyectado" a comienzos de los años 90[1]. El "Método de hincado de clavo" general está incluido en la norma EN 14488-2 como "Método B" desde 2006 [4].

La figura 2 muestra el ámbito de aplicación del "Método de penetración de aguja", el actual sistema DX 450-SCT y el nuevo método de hincado de clavo BX 3-SCT.

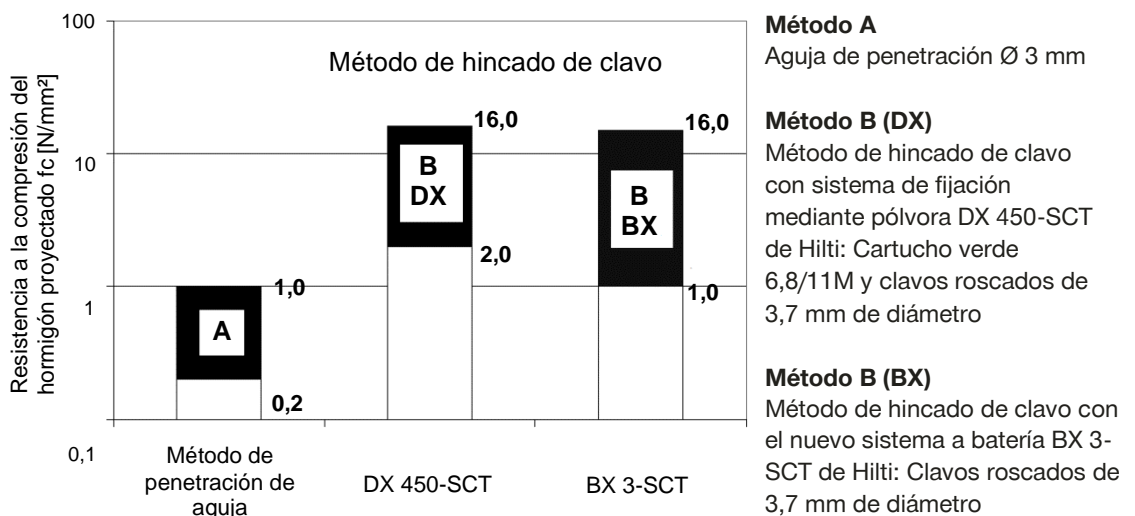


Figura 2: Métodos de medición y rango de resistencia del hormigón proyectado

En el caso del método de cartucho verde DX 450-SCT de Hilti, los clavos se introducen en el hormigón y posteriormente se extraen. Este método es aplicable a partir de una resistencia del hormigón comprendida entre 2 N/mm² a 16 N/mm². Con este método se obtiene la relación entre la fuerza de extracción y el empotramiento del clavo. En [6] se presenta una revisión de los diferentes métodos de ensayo DX 450 realizados hasta el presente.

En el caso del nuevo método BX 3-SCT de Hilti, los clavos sólo se introducen en el hormigón, no es necesario extraerlos. Este método es aplicable a partir de una resistencia del hormigón comprendida entre 1 N/mm² a 16 N/mm². El parámetro de medición es el empotramiento del clavo¹⁾.

A partir de una resistencia del hormigón superior a 10 N/mm² se recomienda además la realización de ensayos con muestras de perforación del hormigón proyectado.

1.3 Frecuencia de los ensayos

Como se ha descrito anteriormente, el "Método de hincado de clavo" es reconocido por varias especificaciones, como la guía de la ÖBV del "Hormigón proyectado" [1]. Esta guía también aborda el nivel requerido de evaluación para la conformidad en el hormigón proyectado, incluyendo específicamente la comprobación de la conformidad con la clase J de resistencia temprana especificada.

La frecuencia de los ensayos del hormigón proyectado depende de la categoría de evaluación especificada UEK I, II o III, explicado en detalle en el documento [1]:

Parámetros de ensayo	Ensayo previo a la construcción	Evaluación de la conformidad	Categoría de inspección UEK I	Categoría de inspección UEK II	Categoría de inspección UEK III	Verificación de la identidad
Clase de resistencia temprana	x	x	cada 2 meses o cada 5000 m ²	mensualmente o cada 2500 m ²	2 al mes o cada 1250 m ²	cada 20 000 m ²

¹⁾ El programa de ensayos actual de la OTH-Regensburg [7] incluye también la investigación de la correlación de la resistencia temprana con la relación fuerza/penetración de los clavos. Sin embargo, los resultados mostraron que para el sistema BX 3-SCT la consideración de la penetración por sí mismo da una mejor correlación, especialmente en el rango de la resistencia temprana baja (1 a 4 N/mm²).

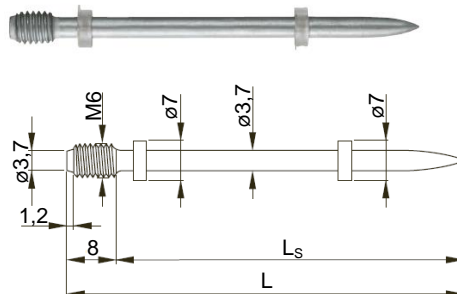
2 MÉTODO DE HINCADO DE CLAVOS BX 3-SCT

2.1 Materiales

Herramienta a batería BX 3-SCT Hilti



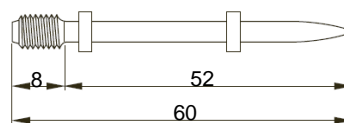
Clavos de acero al carbono cincado con un diámetro de vástago de 3,7 mm



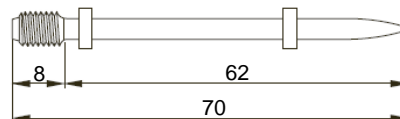
Ls ... longitud del vástago

L ... longitud total del clavo

X-M6-8-52 DP7 SCT B3



X-M6-8-62 DP7 SCT B3



X-M6-8-87 DP7 SCT B3

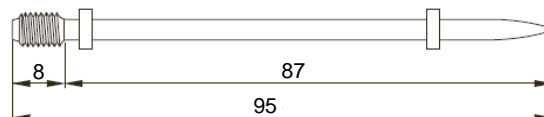


Figura 3: Materiales necesarios para el sistema BX 3-SCT

Notas sobre la designación de los clavos:

M6-8 ...	Rosca M6 con una longitud de rosca de 8 mm
52, 62 o 87 ...	Longitud del vástago Ls del respectivo clavo
60, 70 o 95 ...	Longitud total L del respectivo clavo
DP7 ...	Arandelas dobles de plástico con un diámetro exterior de 7 mm
SCT ...	Clavos para el método del hormigón proyectado
B3 ...	Clavos para utilizarse con la herramienta a batería BX 3-SCT

En el Apéndice 5 se ofrece un estudio sobre información del material utilizado.

2.2 Características de BX 3-SCT y comparación con el DX 450-SCT

Características	BX 3-SCT a batería	BX 450-SCT accionada por pólvora
Principio de fijación y energía de accionamiento	Herramienta de fijación directa con pistón cautivo integrado, que introduce el clavo en el hormigón. Energía de accionamiento: Energía mecánica cargada por un acumulador. No se necesita cartucho de pólvora.	También contiene un pistón cautivo, pero la energía de accionamiento proviene de la combustión de un cartucho de pólvora.
Ajuste de la energía de la herramienta ¹⁾	No necesario. La energía de la herramienta es constante y no se puede ajustar.	Necesario. El operario debe utilizar el cartucho correcto y debe ajustar la energía de accionamiento correcta en la herramienta.
Clavos ²⁾	Clavos M6 con un diámetro de vástago de 3,7 mm y 3 longitudes de vástago L_s de 52, 62 y 87 mm.	Clavos M6 con un diámetro de vástago de 3,7 mm y 3 longitudes de vástago L_s de 52, 72 y 95 mm.
	2 arandelas de plástico de 7 mm de diámetro	1 arandela de plástico y 1 arandela metálica de 12 mm de diámetro
Calibración	La calibración se realiza mediante la penetración del clavo h_{nom} [mm].	La calibración se realiza mediante la relación entre la fuerza de extracción y la penetración del clavo N_u/h_{nom} [N/mm], véase en detalle [1], [4], [5], [6].
	Con el método de hincado de clavo BX 3-SCT no se requiere ninguna prueba de extracción.	
Curvas de calibración	Dado que la energía de accionamiento de la BX 3-SCT depende de la longitud del clavo, se establecieron dos curvas de calibración distintas: Curva A: X-M6-8-87 DP7 SCT B3 Curva B: X-M6-8-52 DP7 SCT B3 y X-M6-8-62 DP7 SCT B3	Una sola calibración aplicable a todas las longitudes de clavos.

¹⁾ Energía de la herramienta: en el sistema BX 3-SCT es: 77 ± 7 J, en el sistema DX 450-SCT es: 96 ± 8 J

²⁾ El uso de DX 450-SCT con la BX 3-SCT no está permitido ni es posible en la práctica, ya que estos elementos de fijación no se incluyen en la guía de elementos de fijación de la herramienta BX 3-SCT. La utilización de BX 3-SCT con la DX 450-SCT tampoco está permitida ni es posible en la práctica, ya que estos clavos de 7 mm de diámetro no se sujetan tampoco en la herramienta DX 450-SCT.

2.3 Procedimiento y estimación de la resistencia

Antes de comenzar:

Antes de la utilización de la herramienta BX 3-SCT, lee su manual de instrucciones como requisito previo para una utilización segura y sin causar daños en el material. Sigue todas las instrucciones de seguridad y advertencias que figuran en el manual de instrucciones que se adjunta con cada herramienta.

1. Selecciona el clavo adecuado para la resistencia esperada del hormigón.

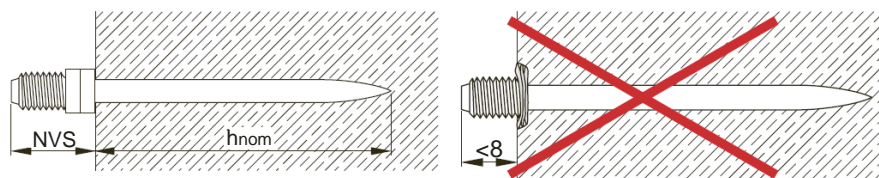
Tipo de clavo	Rango de resistencia inicial f_{c1}	Observaciones
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 a 4 N/mm ²	No se calibra si es superior a 4 N/mm ² .
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	2 a 16 N/mm ²	Siempre que sea posible, se debe utilizar el clavo más corto X-M6-8-52 DP7 SCT B3. Sólo cuando el clavo de 52 sea demasiado corto en el rango inferior de resistencia del hormigón, se utilizará el más largo X-M6-8-62 DP7 SCT B3.

¹⁾ Resistencia de un cubo de 150 mm

En general, se debe utilizar siempre el clavo más corto posible.

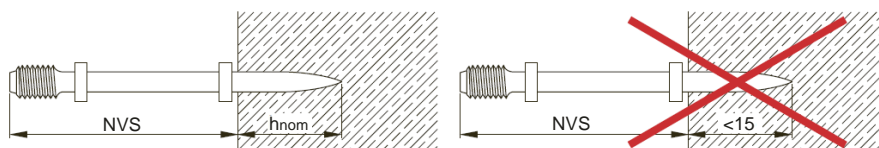
Se deben de respetar las siguientes disposiciones de separación e implantación:

Separación $NVS \geq 8 \text{ mm}$



Si la separación (NVS) es inferior a 8 mm y se utiliza el clavo más largo X-M6-8-87 DP7 SCT B3, el hormigón sigue siendo demasiado "blando" para el método de ensayo BX 3-SCT.

Penetración del clavo $h_{nom} \geq 15 \text{ mm}$



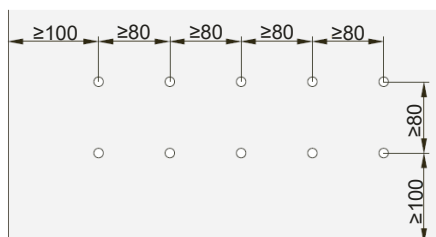
Si la penetración h_{nom} de los clavos individuales es inferior a 15 mm, el hormigón ya es demasiado duro para el método de ensayo BX 3-SCT. La media de la profundidad de implantación mínima de una serie de 10 clavos debe ser superior 20 mm, en caso contrario el hormigón es demasiado duro para el método de ensayo BX 3-SCT.

- Introduce 10 clavos con la herramienta de fijación a batería BX 3-SCT, siguiendo las instrucciones de uso que acompañan la herramienta.

Los clavos se introducen manualmente en la guía tubular de fijación como se muestra a continuación. El clavo está suficientemente introducido, si la arandela de plástico cercana a su punta se mantiene dentro de la guía de elementos de fijación de la herramienta¹⁾. Cuando la herramienta se comprime contra la superficie de hormigón, el clavo se desliza completamente en la guía tubular de elementos de fijación.

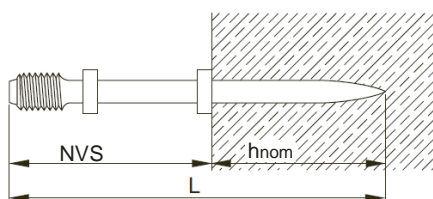


La distancia mínima entre ejes debe ser de al menos 80 mm. La distancia entre los bordes debe ser de al menos 100 mm.



Nota:
Cuando se fijan paneles de proyección, la distancia de los bordes debe ser como mínimo 100 mm.

- Mide y registra la separación (NVS) que sobresale de la superficie de hormigón de cada clavo.



- Calcula la profundidad de implantación h_{nom} de cada clavo roscado.

	Tipo de clavo	Longitud total L [mm]
$h_{nom} = L - NVS$	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60
	X-M6-8-62 DP7 SCT B3	70
	X-M6-8-87 DP7 SCT B3	95

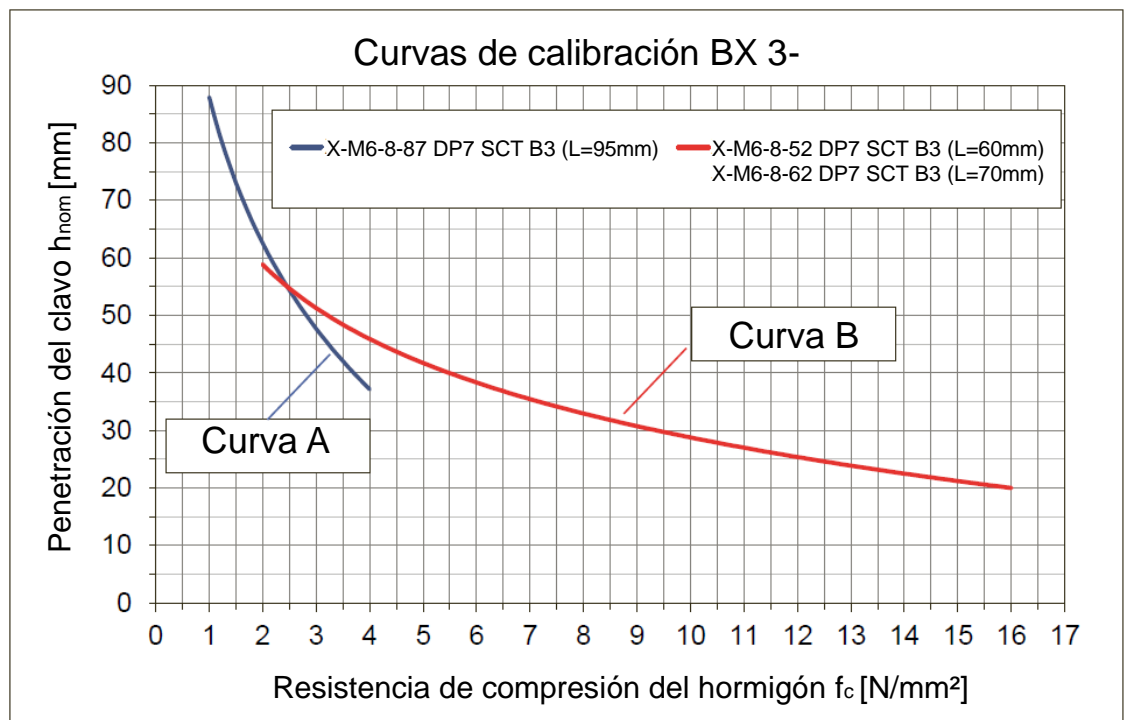
¹⁾ Las arandelas de plástico están diseñadas de tal manera que se sujetan dentro de la guía de elementos de fijación y evitan que los clavos se salgan de la guía. Los clavos también pueden introducirse manualmente en la guía de elementos de fijación con la punta del clavo a ras de la parte delantera de la guía.

5. Calcula la media de la profundidad de implantación del clavo h_{nom} para los 10 muestras de clavos.
6. Determina la resistencia temprana del hormigón proyectado utilizando el diagrama de calibración o la fórmula de calibración que se indican a continuación. Dado que la energía de accionamiento de la BX 3-SCT depende de la longitud del clavo, se establecieron dos curvas de calibración A y B distintas:

Clavo	Rango de resistencia f_c	Curva de calibración	Fórmula de calibración
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 a 4 N/mm ²	A	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	2 a 16 N/mm ²	B	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

h_{nom} ... profundidad de implantación media de los clavos en [mm] en series con 10 muestras de clavos

f_c ... resistencia temprana estimada del cubo (150 mm) en [N/mm²]



Las curvas de calibración tienen en cuenta las mezclas de hormigón analizadas en [7], en el apartado 2.4 y en el apéndice 4 se ofrece un análisis de las respectivas mezclas.

Las curvas no lineales representan el valor medio de los resultados de los ensayos de todas las mezclas de hormigón.

2.4 Análisis de las mezclas de hormigón utilizadas en la calibración

Para el análisis experimental de la calibración [7], se utilizaron 6 mezclas de hormigón diferentes que usuales en obras de hormigón proyectado¹⁾:

- Áridos: Árido angular o redondo de dureza estándar (caliza dolomítica mezclada) con un tamaño máximo de áridos de 8 mm.
- Curva granulométrica B8. Algunas mezclas contenían más árido fino y otras contenían menos áridos finos que la curva granulométrica nominal B8.
- El contenido de cemento varió entre 400 y 480 kg/m³.
- La relación agua/acemento varió entre 0,45 y 0,62.
- El contenido de índice de vacíos varió entre 1,2 a 3,9 %.

En el Apéndice 4 se ofrece un resumen de las diferentes mezclas de hormigón.

Las curvas de calibración se adaptan bien a las mezclas y los agregados utilizados habitualmente en Europa Central. En caso de que las mezclas varíen —especialmente con respecto a la dureza de Mohs de los áridos, por ejemplo, cuarcita con dureza de Mohs 7— se recomienda desarrollar una nueva curva de calibración in situ. El procedimiento correspondiente también se describe brevemente en la guía de hormigón proyectado realizada por la ÖBV de la siguiente manera

"Para la calibración deben utilizarse mezclas base sin aceleradores químicos. Por lo tanto, la prescripción de la mezcla de ensayo debe tener en cuenta las pérdidas debidas al rebote (mayor contenido de cemento, línea granulométrica más fina). La mezcla se coloca en los moldes de las muestras del ensayo, se compacta y se almacena para protegerla de la evaporación. La resistencia de compresión de los cubos (o cilindros) se evaluará al cabo de cierto tiempo de acuerdo con los métodos de ensayo establecidos. La retirada del encofrado de la muestra se realiza poco antes del ensayo. Se requiere el uso de maquinaria adecuada para la medición de resistencias pequeñas.

Paralelamente se ejecutarán ensayos de hincado de clavo según el respectivo método de ensayo. Estos se realizan en placas fabricadas por separado de aproximadamente la misma cubicación, pero con un espesor de 10 cm. El desarrollo de la temperatura en los cubos y en las placas debe ser similar, con el fin de ensayar con el mismo grado de hidratación o con el mismo curado. Las placas permanecen en la forma durante el ensayo de hincado de clavos y deben tener un soporte firme. Los ensayos se ejecutarán puntualmente con los ensayos del cubo de referencia. Con los resultados de ambos ensayos se establece una curva de calibración mediante un análisis de regresión lineal. El coeficiente de correlación R debe ser > 0,85. No se permiten extrapolaciones".

¹⁾ Aunque en el programa experimental se consideró una variedad de mezclas, las características del hormigón proyectado realmente utilizado podrían desviarse y limitar la aplicabilidad general de la calibración. Por lo tanto, Hilti recomienda la comprobación inicial de la curva de calibración en función del proyecto.

3 BIBLIOGRAFÍA Y APÉNDICES

3.1 Bibliografía y apéndices

- [1] Guía del hormigón proyectado (2013) realizado por la ÖBV - Österreichische Bautechnik Vereinigung (Asociación Austriaca de Ingeniería de la Construcción), edición de abril de 2013.
- [2] EN 14487-1:2005: Hormigón proyectado – Parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad.
- [3] EN 14487-2:2006: Hormigón proyectado – Parte 2: Ejecución.
- [4] EN 14488-2:2006: Ensayo de hormigón proyectado – Parte 2: Resistencia a la compresión del hormigón proyectado joven.
- [5] Kusterle, W. (1984): Ein kombiniertes Verfahren zur Beurteilung der Frühfestigkeit von Spritzbeton Beton- und Stahlbetonbau, Heft 9/1984 (“Un método combinado para determinar la resistencia temprana del hormigón proyectado. Hormigón – y construcciones de hormigón armado.”). (en alemán).
- [6] Hilti (2011): Determinación de la resistencia temprana del hormigón proyectado con el método de hincado de clavo DX 450-SCT de Hilti, diciembre de 2011.
- [7] Hechenbichler, J., Kuyten, L., Thiel, C. (2021): Hilti BX 3-SCT: Erstellung einer Kalibrierung für die Frühfestigkeits-bestimmung von Spritzbeton (“Hilti BX 3-SCT: Generación de una calibración para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón proyectado joven”), OTH-Regensburg, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Universidad Técnica de Baviera Occidental Civil, 22 de noviembre de 2021 (en alemán).

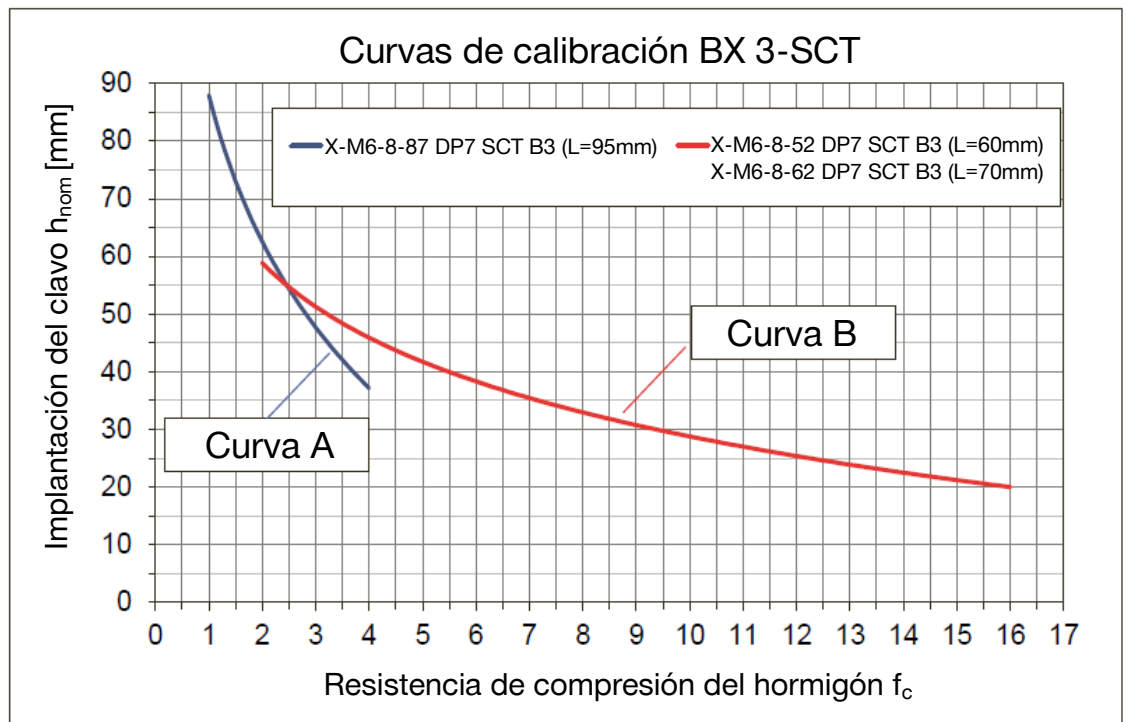
3.2 Apéndices

- Apéndice 1: Curva de calibración y fórmula de BX 3-SCT
- Apéndice 2: Ejemplo de curva Curva de calibración A:
- Apéndice 3: Ejemplo de Ccurva de calibración B:
- Apéndice 4: Diseño de las formulaciones para los ensayos de calibración
- Apéndice 5: Información del material utilizado

APÉNDICE 1: CURVAS DE CALIBRACIÓN DE BX 3-SCT

Clavo	Rango de resistencia f_c	Curva de calibración	Fórmula de calibración
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 a 4 N/mm ²	A	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	2 a 16 N/mm ²	B	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

El coeficiente de correlación es $R = 0,92$ para ambas curvas de calibración.

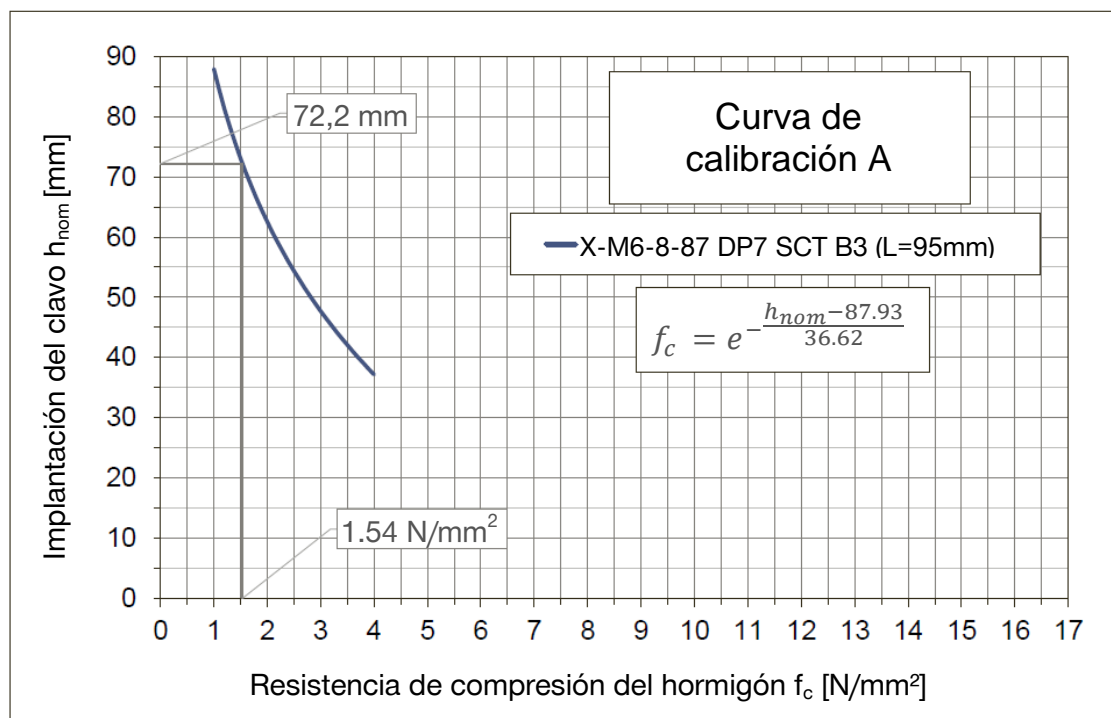


APÉNDICE 2: EJEMPLO DE CURVA DE CALIBRACIÓN A

Nota: Los formularios utilizados en la práctica deben incluir información sobre el proyecto, la ubicación, el ingeniero responsable de los ensayos, la mezcla de hormigón, el tiempo de proyección y el tiempo de ensayo.

Herramienta	Número de serie de la herramienta	Tipo de clavo		Longitud total del clavo L [mm]
BX 3-SCT	1000	X-M6-8-87 DP7 SCT B3		95

Clavo #	Separación NVS [mm]	Profundidad de implantación h_{nom} [mm]	Profundidad media de implantación h_{nom} [mm]	Resistencia del hormigón f_c [N/mm ²]
1	25	70	72,2	1,54
2	26	69		
3	22	73		
4	27	68		
5	20	75		
6	21	74		
7	26	69		
8	27	68		
9	15	80		
10	19	76		

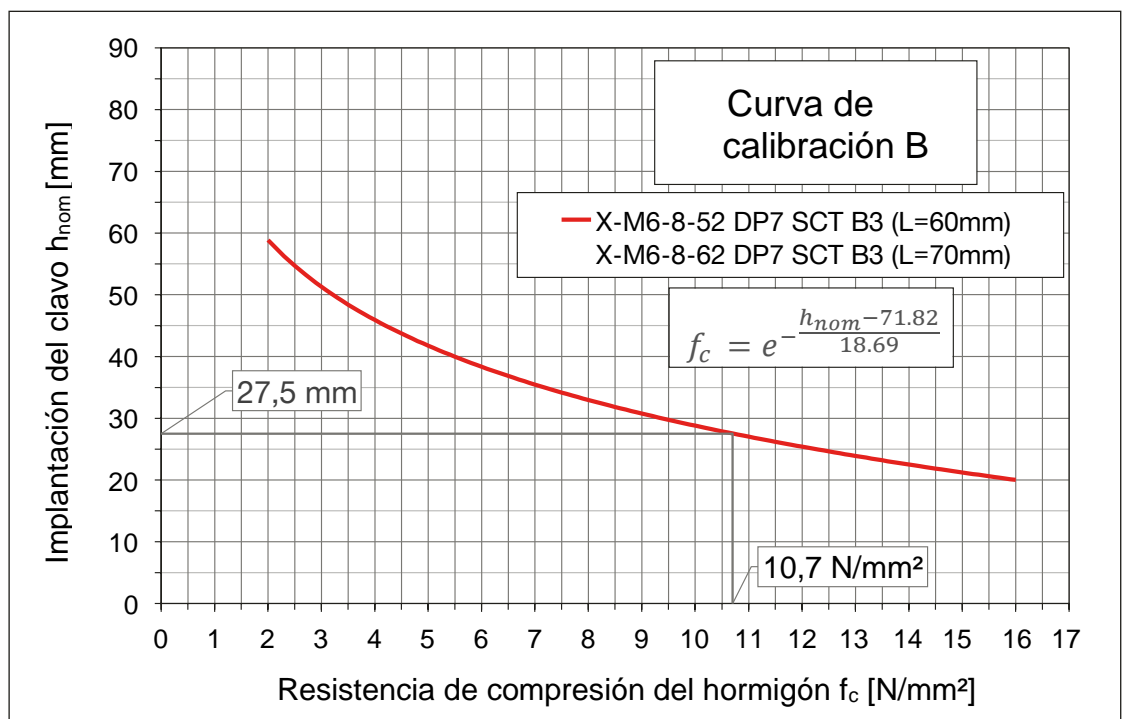


APÉNDICE 3: EJEMPLO DE CURVA DE CALIBRACIÓN B

Nota: Los formularios utilizados en la práctica deben incluir información sobre el proyecto, la ubicación, el ingeniero responsable de los ensayos, la mezcla de hormigón, el tiempo de proyección y el tiempo de ensayo.

Herramienta	Número de serie de la herramienta	Tipo de clavo	Longitud total del clavo L [mm]
BX 3-SCT	1000	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60

Clavo #	Separación NVS [mm]	Profundidad de empotramiento h_{nom} [mm]	Profundidad media de empotramiento h_{nom} [mm]	Resistencia del hormigón f_c [N/mm ²]
1	34	26	27,5	10,7
2	35	25		
3	29	31		
4	31	29		
5	33	27		
6	35	25		
7	29	31		
8	34	26		
9	33	27		
10	32	28		



APÉNDICE 4: DISEÑO DE LA MEZCLA PARA ENSAYOS DE CALIBRACIÓN

Mezcla de hormigón	Áridos ¹⁾	Granulometría máxima [mm]	Contenido de aglomerante [kg/m ³]	Contenido de cemento ²⁾ [kg/m ³]	Aditivos ³⁾ [kg/m ³]	Relación w/b
1	redondo	8	420	280	140	0,46
2	redondo	8	460	307	153	0,46
3	redondo	8	480	320	160	0,46
4	redondo	8	460	307	153	0,51
5	angular	8	460	307	153	0,46
7	redondo	8	400	267	133	0,62

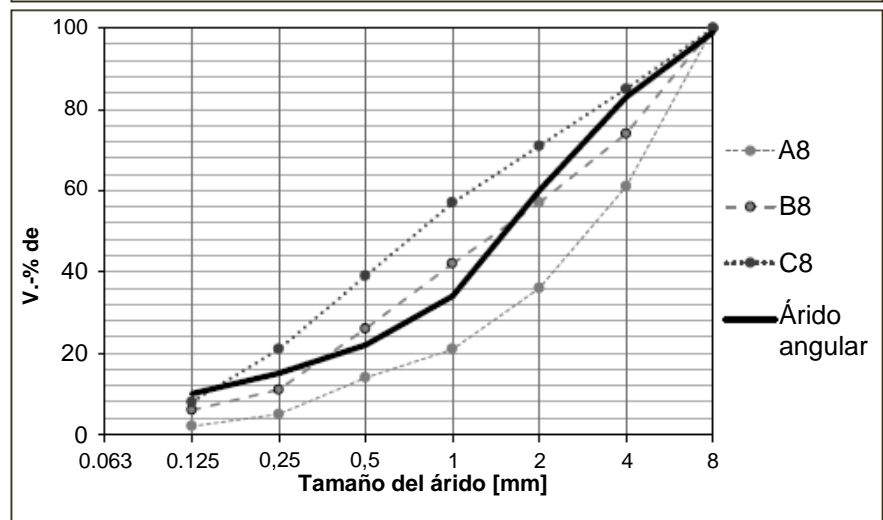
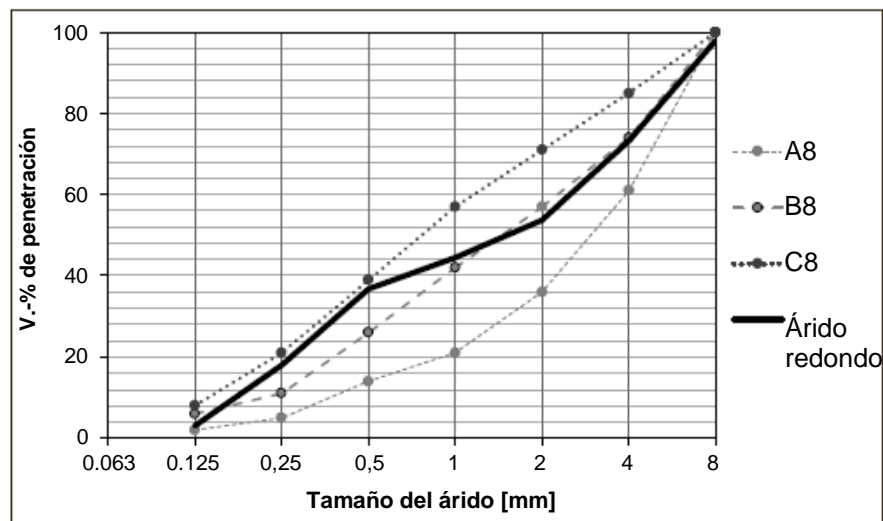
¹⁾ Análisis petrográfico: Caliza dolomítica mixta, dureza estándar

²⁾ Cemento: CEM I 52,5 R

³⁾ Aditivos: Mezcla de residuos, cenizas volantes y polvo de caliza

Mezclas: Se utilizaron aditivos para reducir el agua y el aire y con ello conseguir un flujo de distribución de 500 a 600 mm y un 3 % de aire retenido.

Análisis de los áridos



APÉNDICE 5: INFORMACIÓN DEL MATERIAL UTILIZADO

Denominación del material	Código del artículo	
Herramienta para el ensayo de hormigón proyectado		
BX 3-SCT (02)	2330184	
	2346819	sólo para EE.UU. y Canadá

Baterías de iones de litio B22 de 22 V, recomendadas

Batería de iones de litio B22 2.6 de 22 V	2136393	
Batería de iones de litio B22 2.6 de 22 V	2136395	sólo para EE.UU. y Canadá

Cargadores para las baterías de iones de litio de Hilti

Los códigos de artículo de los cargadores C4/36 pueden variar en los mercados locales. Consulta la página web local de Hilti para conocer los detalles de los productos en el país correspondiente.

Las baterías y los cargadores deben pedirse por separado.

Clavos y piezas de repuesto

Clavos roscados X-M6-8-52 DP7 SCT B3 (100 uds/caja)	2323247	
Clavos roscados X-M6-8-62 DP7 SCT B3 (100 uds/caja)	2323246	
Clavos roscados X-M6-8-87 DP7 SCT B3 (100 uds/caja)	2323248	
Guía de elementos de fijación X-FG B3-SCT 02	2337405	



Hilti Corporation
9494 Schaan, Liechtenstein
P +423-234 2965

[www.facebook.com / hiltigroup](https://www.facebook.com/hiltigroup)
www.hilti.group