



## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

### Propósito

El sistema PROOVE'it es usado para evaluar la resistencia en el concreto al ingreso de iones cloruros en dos maneras:

- Al determinar la carga eléctrica total que pasa a través de una muestra de concreto saturado aplicando un potencial eléctrico a través de la muestra de acuerdo con AASHTO T 277 o ASTM C1202. Esto se conoce como la "Prueba de Coulomb" o la "Prueba rápida de permeabilidad al cloruro (RCPT)".
- Al medir la profundidad de penetración de los iones de cloruro, después de que se haya aplicado un potencial eléctrico a la muestra de acuerdo con Nordtest Build 492 para determinar el "Coeficiente de migración de cloruro", que se puede usar para estimar el coeficiente de difusión de cloruro para los cálculos de vida útil.
- Midiendo la corriente que pasa a través de un espécimen de concreto saturado y determinando la conductividad aparente de acuerdo con ASTM C1760.

### Prueba ASTM C1202-RCPT



ASTM C1202 "Método de prueba estándar para la indicación eléctrica de la capacidad del hormigón para resistir la penetración de iones de cloruro" es en realidad una prueba de conductancia eléctrica, en lugar de permeabilidad al cloruro, como se dice a menudo. Como se discutió en la página 88, la conductividad eléctrica está relacionada con el coeficiente de difusión. En esta prueba, una muestra de concreto saturado de agua, nominalmente de 100 mm de diámetro y 50 mm de espesor, se coloca en una celda de prueba (derecha y pág. 121) que contiene depósitos de fluido en ambos extremos de la muestra. Un depósito se llena con una solución de NaCl al 3% y el otro con una solución de 0.3N NaOH. Se aplica un potencial eléctrico de 60 VDC a través de la celda. El terminal negativo de la fuente potencial está conectado al electrodo en la solución de NaCl y el terminal positivo está conectado al electrodo en la solución de NaOH. Los iones cargados negativamente migrarán hacia el terminal positivo dando como resultado corriente a través de la muestra. La corriente se mide.

Cuanto más permeable sea el concreto, más iones negativos migrarán a través de la muestra y se medirá una corriente más alta. La corriente se mide durante 6 horas. Se determina el área bajo la curva de corriente versus tiempo, que representa la carga total o los Coulombs que se pasan a través de la muestra. Los resultados de la prueba se corrigen para un diámetro de muestra estándar de 95 mm. Los valores de Coulomb se usan para clasificar el concreto de la siguiente manera (ASTM C1202):

Culombios	Clase de permeabilidad	Típico de
>4000	Alto	$w / c * > 0.5$
4000-2000	Moderado	$w / c = 0.4$ a $0.5$
2000-1000	Bajo	$w / c < 0.4$
1000-100	Muy bajo	Hormigón modificado con látex
<100	despreciable	Hormigón Polimerico

\*  $w / c$  = relación agua-cemento

### Prueba de migración NT Build 492-Chloride

Para usar PROOVE'it para la prueba de migración de cloruro descrita en NT Build 492 "Coeficiente de migración de cloruro de experimentos de migración en estado no estacionario", el depósito que rodea el terminal negativo se llena con una solución de NaCl al 10% y el depósito que rodea el terminal positivo es lleno con una solución de 0.3N NaOH. Se aplica un

potencial de 30 VDC a través de la muestra y se mide la corriente inicial. En base a la corriente inicial medida, el voltaje de prueba y la duración de la prueba se seleccionan en consecuencia.



Por ejemplo, si la corriente inicial es de entre 120 y 180 mA, el voltaje de prueba es de 15 VDC y la duración de la prueba es de 24 h, pero si la corriente inicial es inferior a 5 mA, el voltaje de prueba es de 60 VDC y la duración de la prueba es de 96 h. Una vez completada la prueba, la muestra se divide y la penetración de iones de cloruro se mide rociando la superficie dividida con una solución de nitrato de plata 0.1 M, que precipita como AgCl blanco donde hay cloruros. A partir de la profundidad de penetración y las condiciones de prueba, se calcula el coeficiente de migración de iones cloruro. Es importante mantener una temperatura constante en las soluciones en los depósitos. Por lo tanto, se recomiendan celdas con aletas de enfriamiento (Part No. PR-1100).

También hay un método de prueba AASHTO TP-64, "Método estándar de prueba para predecir la penetración de cloruro de concreto de cemento hidráulico mediante el procedimiento de migración rápida", que utiliza el mismo procedimiento que NT Build 492. Sin embargo, el resultado de la prueba se informa como una tasa de penetración, dividiendo la profundidad de penetración, en mm, por el producto del voltaje aplicado (V) y la duración de la prueba (h)

### **ASTM C1760-Conductividad eléctrica a granel**

ASTM C1760, "Método de prueba estándar para conductividad eléctrica a granel de concreto endurecido", involucra el mismo procedimiento de prueba básico que ASTM C1202, con las siguientes excepciones: 1) ambos depósitos contienen la solución de NaCl al 3%; 2) la longitud de la muestra puede ser de hasta 200 mm; y 3) la corriente se mide 1 minuto después de encender la fuente de alimentación. La conductividad eléctrica en masa se calcula utilizando la ecuación. (2) en la página 89. Como se discutió en la página 90, diferentes rangos de conductividad eléctrica a granel corresponden a diferentes rangos de carga pasados de acuerdo con ASTM C1202.



### **Exactitud y variabilidad**

A 60 VDC, la precisión de la fuente de alimentación del microprocesador PROOVE'it está dentro de  $\pm 0.1$  mA para una corriente entre 30 mA y 300 mA. Se informa que la repetibilidad de la prueba RCPT o Coulomb es de aproximadamente el 12% (ASTM C1202), y la repetibilidad de la prueba de migración es de aproximadamente el 9% (NT Build 492).

### **PROOVE'it Características del sistema**

La fuente de alimentación de microprocesador controlada por computadora y el software basado en Windows® para pruebas y preparación de informes ofrece las siguientes características clave:

- Probar hasta 8 celdas simultáneamente
- Configuraciones de voltaje de 5 a 60 VDC en incrementos de 5 V
- Tiempo de prueba programable según sea requerido
- Medición y registro de temperatura
- Opción de prueba cíclica para el efecto de la duración del curado
- Mida la conductividad del concreto a 60 VDC en 1 minuto
- Valor predicho de Coulomb de 6 h cada 5 min
- Documentación de cada resultado de la prueba

A continuación se presenta un sistema completo compuesto por equipos de extracción de núcleos y rebanado, desecador de vacío, bomba de vacío, celdas de prueba estancas, fuente de alimentación de microprocesador y software. Las celdas son fáciles de ensamblar, simples de mantener y herméticas.

### **Ejemplos de prueba**

**RCPT:** la siguiente imagen muestra la visualización de la pantalla cuando PROOVE'it se utiliza para la prueba RCPT (ASTM

C1202). Señalar con el cursor del mouse sobre cualquiera de los elementos del menú producirá una ventana emergente con notas explicativas para ese elemento. La ventana muestra los detalles de la prueba. La línea de "Estado" para las ocho celdas indica APAGADO, ENCENDIDO o FIN, dependiendo de si la alimentación de la celda está apagada, si la celda está funcionando o si la prueba ha finalizado. La línea de "voltaje real" indica el voltaje de prueba, que tiene que ser el mismo para todas las celdas. La línea de "corriente actual" indica la corriente instantánea durante la prueba. Las lecturas se actualizan cada 5 segundos. La línea "Temperatura" indica la temperatura instantánea en las soluciones del depósito durante la prueba si se utilizan sensores de temperatura. "Tiempo transcurrido" indica el tiempo acumulado desde que se activó la celda. El "Pred. línea de coulombs (ajustada) indica los Coulombs pronosticados a las 6 horas, que se estiman continuamente cada 5 minutos mientras se ejecuta la prueba. "Tiempo de prueba" indica el tiempo de prueba seleccionado, y el "Diámetro de la muestra" indica el diámetro real de la muestra. La línea "Coulombs (ajustada)" indica los Coulombs medidos en cualquier momento durante la prueba, que se han ajustado para un diámetro de muestra de 95 mm según lo requiere ASTM C1202; así que cuando finaliza la prueba, indica el resultado de la prueba. La última línea muestra la "clase de permeabilidad" según ASTM C1202.



**Migración:** para usar PROOVE´it para determinar el coeficiente de migración de cloruro de acuerdo con NT Build 492, se utiliza un proceso de dos pasos. Primero, las celdas se configuran para un voltaje de 30 V, las celdas se encienden y se registra la corriente inicial. Las celdas están apagadas. Según la corriente inicial, el operador selecciona el voltaje de prueba y la duración de la prueba de acuerdo con las recomendaciones en NT Build 492. El voltaje de prueba puede ser de 10 a 60 V, y la duración de la prueba puede ser de 6 a 96 h. Se requiere un voltaje más alto y una duración de prueba más larga para mezclas de concreto de mayor calidad. La temperatura de la celda debe medirse durante la prueba. Al final de la prueba, la muestra se divide por la mitad, la superficie se rocía con una solución de nitrato de plata 0.1 M, y la profundidad promedio de penetración de cloruro se determina haciendo siete mediciones en los 60 mm centrales de la muestra como se muestra arriba . La penetración promedio de cloruro, el voltaje aplicado, la temperatura promedio de la solución de hidróxido de sodio, la duración de la prueba y el espesor de la muestra se utilizan para calcular el coeficiente de migración en estado no estacionario.



**Conductividad:** la siguiente imagen muestra la visualización de la pantalla cuando PROOVE´it se utiliza para medir la conductividad eléctrica en masa de acuerdo con ASTM C1760. Se utiliza un programa separado para esta prueba. El usuario configura la prueba ingresando la longitud y el diámetro de las muestras para cada celda. El voltaje se establece en 60 V y las celdas se encienden. La prueba se ejecuta durante 1 minuto, momento en el cual las corrientes registradas durante las últimas tres lecturas se guardan, promedian y se utilizan para calcular la conductividad aparente, que se muestra en unidades de mS / m. Para concreto con valores de Coulomb ajustados en el rango de 500 a 4000 C, se espera que la conductividad aparente esté en el rango de 3 a 20 mS / m.



### Informe de prueba

El software incluye el Administrador de informes PROOVE´it para preparar informes de prueba de calidad profesional, que se pueden personalizar con el logotipo de la empresa del comprador. Los datos registrados durante cada prueba se almacenan en una base de datos que permite una revisión completa de los datos si se encuentran resultados anómalos. Se pueden adjuntar etiquetas personalizadas a cada prueba para obtener la documentación completa del proyecto. Los resultados de las pruebas se pueden exportar a Excel para realizar análisis estadísticos completos de los resultados y preparar gráficos de control definidos por el usuario.

### Correlaciones con el coeficiente de difusión de cloruro

Como se discutió en la página 88, existe una relación teórica entre el coeficiente de difusión de cloruro y la conductividad eléctrica. El coeficiente de difusión de cloruro se puede determinar directamente mediante molienda de perfil (pág. 113) y probando el contenido de iones de cloruro (pág. 129) después de encharcar con una solución de NaCl, de acuerdo con NT

Build 443 "Hormigón, endurecido: penetración acelerada de cloruro" o ASTM C1556 "Método de prueba para determinar el coeficiente de difusión aparente de cloruro de mezclas de cemento por difusión masiva". El período de estanque requerido es de al menos 35 días. Se puede desarrollar una correlación entre el coeficiente de difusión y cualquiera de las otras propiedades determinadas con PROOVE'it. A continuación se muestran ejemplos de correlaciones que se han encontrado.

En un estudio de Obla, Kim y Lobo (2014), el coeficiente aparente de difusión de cloruro se determinó de acuerdo con ASTM C1556. Las muestras de 5 mezclas de concreto se sometieron a 59 días de curado estándar y luego a 16 meses de inmersión en la solución de NaCl. Las muestras complementarias se analizaron de acuerdo con ASTM C1202 y AASHTO TP 64, después del curado estándar a 23 ° C durante 56 días o para el curado estándar durante 7 días, seguido del curado a 38 ° C durante 21 días. Para las pruebas ASTM C1202, se midió la corriente a los 5 minutos y se usó para calcular la conductividad eléctrica. Las siguientes gráficas muestran las correlaciones entre varios resultados de la prueba. También se muestra la relación entre la carga pasada y la conductividad eléctrica de 5 minutos medida por la prueba ASTM C1202. La última gráfica (abajo a la derecha) también muestra la relación teórica.



Las gráficas anteriores muestran que existen fuertes relaciones entre los diversos métodos de prueba basados en electricidad y el coeficiente de difusión de cloruro aparente.

#### Referencia

Obla, K.H., Kim, H y Lobo, C.L., 2014, "Selección de pruebas de índice rápido y criterios para concreto resistente a la penetración de cloruro", documento presentado en la reunión de la Junta de Investigación de Transporte, Washington D.C., enero de 2014.

#### El sistema PROOVE'it



- (a) Celda con aletas de enfriamiento (PR-1100)
- (b) Ocho celdas estándar (PR-1000)
- (c) CORECASE para núcleos de 100 mm (CEL-100)
- (d) PROOVE'it fuente de alimentación del microprocesador (PR-1050) y software (PR-1040)
- (e) Sierra de diamante para cortar rodajas de 50 mm (PR-1090)
- (f) Bomba de vacío, (g) Desecador de vacío, 16 muestras como máximo, PR-1070
- (h) Molde de acero de precisión, reutilizable para fundir muestras de 100 mm x 200 mm, MRLN-1009

#### Las celdas PROOVE'it

Hay dos tipos de celdas disponibles, la celda PR-1000 y la celda PR-1100, que se muestran a continuación. La celda PR-1000 es la celda estándar. El PR-1100 se suministra con aletas de enfriamiento, que son necesarias si se requiere que la temperatura se mantenga constante, como por ejemplo, para las pruebas de migración de iones de cloruro utilizando el método de prueba NT Build 492.



Dos tipos de celdas PROOVE'it: celda PR-1000 estándar (izquierda) y celda PR-1100 con aletas de enfriamiento (derecha)

La celda se sella apretando los cuatro pernos de las esquinas, que aprietan las juntas contra la muestra.

Las siguientes juntas están disponibles para diferentes diámetros de muestra:

#### Diámetro de la muestra

#### Pedido #

104 a 102 mm

PR-1010A

101 a 97 mm

PR-1010B

### Diámetro de la muestra

96 a 93 mm

### Pedido #

PR-1010C

Las celdas se suministran con juntas PR-1010B, a menos que se especifique lo contrario. Las juntas PR -1010B coinciden con el diámetro del núcleo de 100 mm producido por el equipo de extracción de núcleos CEL-100.

### Celda PR-1200 para conductividad eléctrica a granel

La celda PROOVE'it se puede conectar a un conjunto de 4 pernos de extensión para analizar muestras más largas y medir la conductividad eléctrica en masa, de acuerdo con ASTM C1760.



### La unidad de verificación PR-1055

La unidad de verificación PR-1055 se utiliza para verificar que la fuente de alimentación controlada por microprocesador funciona correctamente. La unidad está conectada a la alimentación de línea, 110 VCA o 220 VCA. . Cada canal de la fuente de alimentación PROOVE'it está configurado para realizar pruebas a un voltaje seleccionado y conectado a la unidad de verificación. Si el sistema PROOVE'it funciona correctamente, la "corriente real" indicada en la pantalla de la computadora (consulte la página 118) debe estar dentro de  $30 \text{ mA} \pm 0.1 \text{ mA}$  o  $300 \text{ mA} \pm 0.1 \text{ mA}$  para las dos configuraciones de interruptor en la unidad de verificación.



### Números de pedido

Artículo	Orden #
PROOVE'it celda, estándar	PR-1000
PROOVE'it celda, con aletas de enfriamiento	PR-1100
Cable de conexión rojo	PR-1001
Cable de conexión negro	PR-1002
Malla de repuesto para la celda PROOVE'it	PR-1003
Sonda de temperatura, una por celda	PR-1005
Llaves de 17 mm (2) para pernos	PR-1006
Botella de 300 ml de solución de NaCl al 3.0%	PR-1020
Botella de 300 ml de solución de NaOH 0.3N	PR-1030
Software PROOVE'it para Windows®	PR-1040
PROOVE'it fuente de alimentación para 8 celdas	PR-1050
PROOVE'it celda para ASTM C1760	PR-1200
Artículo	Orden #
Cable de alimentación para fuente de alimentación 230 VAC	PR-1064
Cable de alimentación para fuente de alimentación 110 VAC	PR-1065
Cable serie RS-232C para fuente de alimentación	PR-1066
PROOVE'it manual	PR-1090
Unidad de verificación	PR-1055
Desecador de vacío, 8 muestras máx.	PR-1069
Desecador de vacío, 16 muestras máx.	PR-1070
Bomba de vacío, <50 mm Hg (6.7 kPa)	PR-1080
Bomba de vacío, <10 mm Hg (1.3 kPa)	PR-1081

<b>Articulo</b>	<b>Orden #</b>
CORECASE para núcleos de 100 mm	CEL-100
Taladradora, 1150W	CC-29
Sierra de diamante para recortar núcleos	PR-1060

\* Estos artículos se pueden seleccionar según sea necesario para ensamblar un sistema que cumpla con los requisitos del comprador.

COTECNO

## INFORMACIÓN ADICIONAL

COTECNO