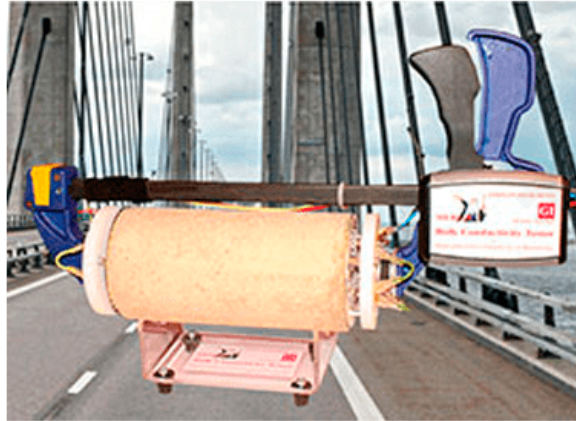


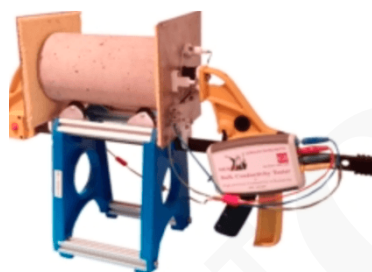
## MERLIN / CONDUCTIVIDAD Y RESISTENCIA



El molde permite que las muestras se produzcan dentro de las tolerancias indicadas y con caras planas perpendiculares al eje de la muestra. Esto minimiza la variabilidad de la prueba debido a la geometría de la muestra.

**SKU:** N / A | **Categorías:** [Conductividad eléctrica](#), [Ensayos no destructivos](#), [Penetrabilidad de cloruro](#), [Propiedades del hormigón](#), [Resistividad electrica](#), [Resistividad eléctrica del hormigón](#) | **Etiquetas:** [Germann Instruments](#)

## GALERÍA DE IMÁGENES



## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

### Proposito

El **Merlin** es uno de los mas nuevos desarrollos de Germann Instruments. Este mide la conductividad eléctrica total, o su inverso, la resistividad eléctrica total, de cilindros saturados con dimensiones de 100 por 200 o núcleos de concreto. La prueba es fácil de realizar y los resultados se obtienen en dos segundos. La conductividad de un elemento saturado provee información acerca de la resistencia del concreto a la penetración de iones por medio de difusión.

El **Merlin** puede ser usado para los siguientes propósitos:

- Investigación y desarrollo para identificar la influencia de nuevos materiales en la conductividad eléctrica del concreto.
- Optimización de mezclas y materiales cementantes suplementarios para incrementar la vida de servicio del concreto.
- Control de calidad in-situ y garantía de calidad.
- Evaluación de concreto en el lugar.

### Principio

La resistencia eléctrica  $R$  de un conductor de longitud  $L$  y una sección transversal uniforme con un área  $A$  se muestra a la derecha. La cantidad  $\rho$  es la resistividad eléctrica y es una propiedad de los materiales, con unidades de resistencia multiplicadas por longitud,  $\text{ohm} \cdot \text{m}$ . Si la resistencia eléctrica  $R$  de una muestra es medida, la resistividad puede ser calculada a partir del relación  $\rho = R A / L$ . El inverso de la resistividad eléctrica es la conductividad eléctrica,  $\sigma$ . La inversa de  $\text{ohm}$  es una unidad llamada siemens (S). Por lo tanto, la conductividad eléctrica tiene unidades de  $\text{S} / \text{m}$ . Para hormigón, es conveniente expresar la conductividad en la mili por metro o  $\text{mS} / \text{m}$ .

Al evaluar la capacidad de una mezcla de concreto para resistir la penetración de un determinado tipo de ion, una de las propiedades clave es la difusividad, que define la facilidad con la que determinado tipo de ion migrará a través del concreto saturado en presencia de un gradiente de concentración. Para un material poroso saturado, como el concreto endurecido, el coeficiente de difusión de un tipo de ion puede estar relacionado con la conductividad eléctrica por medio de la ecuación de Nernst-Einstein de la siguiente manera (Snyder et al. 2000; NOKKEN y Hooton 2006):



Donde  $\sigma$  = conductividad eléctrica total de los materiales porosos saturados.

$\sigma_p$  = conductividad en el fluido de los poros.

$D$  = coeficiente de difusión total de los iones a través de un material poroso.

$D_w$  = coeficiente de difusión de un ion específico a través de el agua.

Si la conductividad del líquido en los poros se supone que es similar entre los diferentes concretos, la mayor conductividad eléctrica medida se relaciona directamente con la difusión masiva coeficiente (Berke y Hicks 1992). La medición del

coeficiente de difusión total de un tipo particular de iones a través del concreto es un proceso que lleva tiempo, mientras que la conductividad eléctrica puede ser medida en cuestión de segundos.

La conductividad eléctrica de la pasta saturada del cemento está relacionada con la porosidad de la pasta (volumen de poros y cómo están conectados). La porosidad de la pasta es a su vez esta relacionada con el grado de hidratación, los tipos de materiales cementantes y la relación agua-cementante de los materiales. Si las mediciones eléctricas se realizan en un grado fijo de hidratación para un sistema dado de los materiales cementantes, la conductividad medida está relacionada con la  $w / cm$ .

#### Método de operación

El siguiente es un esquema del método de medición incorporado en el Merlin. El método de medición de cuatro puntos que se utiliza ofrece una medida exacta de la resistencia, reduciendo al mínimo los efectos de las esponjas conductoras y la presión aplicada a los electrodos. La muestra debe estar en una condición saturada de agua para obtener una medida significativa.

#### Método de operación

El siguiente es un esquema del método de medición incorporado en el Merlin. El método de medición de cuatro puntos que se utiliza ofrece una medida exacta de la resistencia, reduciendo al mínimo los efectos de las esponjas conductoras y la presión aplicada a los electrodos. La muestra debe estar en una condición saturada de agua para obtener una medida significativa. Una fuente de corriente alterna se utiliza para aplicar corriente a través del cilindro o núcleo saturado. Se utiliza un voltímetro para medir la caída de voltaje a través de la muestra, y un amperímetro mide la corriente. De la medición de la corriente  $I$  y el voltaje  $V$ , la conductividad a granel se calcula de la siguiente manera:  $\square$

donde,  $L$  es la longitud de la probeta y  $A$  es el área de muestra de corte transversal. La resistividad total es la inversa de la conductividad a granel, es decir,  $\rho = 1 / \sigma$ .

Un cilindro de verificación de 100 por 200 mm se proporciona para comprobar que el sistema Merlin está funcionando correctamente. El cilindro incluye un interruptor pulsador que puede ser utilizado para seleccionar una de las varias resistencias de precisión desde  $10 >$  a  $1 M >$ . Por ejemplo, si la resistencia de  $1000 >$  está seleccionada y el sistema está funcionando correctamente, la lectura de la conductividad del cilindro de verificación debería ser  $25,46 mS / m$  y la resistividad debe ser  $39,27 > \cdot m$

#### Aplicación

Desde la base teórica del Merlin, se puede ver que la medición de la conductividad eléctrica en masa de una muestra de concreto saturado también proporciona una indicación de las propiedades de difusividad del concreto. Si la prueba se realiza con un grado constante de hidratación para una combinación dada de materiales cementosos, la variación en la conductividad eléctrica en masa medida puede usarse como un indicador de variación de  $w / cm$  usando una correlación preestablecida. Si se conoce la conductividad eléctrica a granel de la mezcla de concreto aprobada para un proyecto, ese valor puede usarse para el control de calidad y el aseguramiento de la calidad. Por lo tanto, Merlin tiene el potencial de ser considerado como una prueba sustituta para verificar el  $w / cm$  de un espécimen.

La conductividad total medida con el Merlin e relaciona directamente con la carga que pasa a través de una muestra medida por ASTM C1202 utilizando el sistema PROOVE'it, siempre que la corriente permanezca constante durante las 6 h de duración de la prueba. Este no suele ser el caso de los hormigones altamente conductores debido al calentamiento eléctrico de la muestra, lo que aumenta la conductividad del fluido de los poros y la corriente. Sin embargo, si suponemos que la corriente es constante durante una prueba PROOVE'it, podemos convertir los límites de coulombio ASTM C1202 para las diferentes categorías de "penetrabilidad de iones de cloruro" en límites de conductividad a granel utilizando la siguiente relación:



donde

$Q$  = carga pasada en la prueba PROOVE'it.

$V$  = voltaje aplicado en la prueba PROOVE'it (60 V).

$L$  = longitud de del espécimen PROOVE'it.

$A$  = area de el espécimen PROOVE'it.

t = tiempo de la prueba PROOVE'it (6 horas).

Los límites de resistividad a granel también pueden se calculará tomando el inverso de la ecuación anterior.

Para una longitud de muestra de 50 mm y un diámetro de 95 mm (las dimensiones de referencia especificadas en ASTM C1202), la conversión de la carga pasada usando ASTM C1202 a valores de conductividad en masa (Ec. 3) y valores de resistividad en masa es la siguiente:

<b>Carga aprobada usando PROOVE'it, Coulombst</b>	<b>Merlin Conductividad a granel mS / m</b>	<b>Merlin Resistividad a granel <math>\Omega \cdot m</math></b>
50	0.27	3674
100*	0.54	1837
1,000*	5.44	183.7
2;000*	10.89	91.86
4,000*	21.77	45.93
10	54.43	18.37

† Se supone que la corriente es constante durante las 6 h de duración de la prueba, lo que generalmente no es cierto para concreto de alta conductividad

\* Valores límite en ASTM C1202 utilizados para definir diferentes categorías de "penetrabilidad de iones de cloruro"

## Datos de prueba



Se han publicado datos sobre las relaciones entre la conductividad a granel y otras propiedades relacionadas con la durabilidad, como la permeabilidad, la difusión de cloruro y la carga pasada. E. Karkar (2011) realizó un estudio a partir del cual se puede comparar el uso de Merlin con los resultados de otros métodos de prueba. El estudio incluyó nueve mezclas de concreto, hechas con diferentes materiales cementosos, y con valores de  $w / cm$  entre 0.40 y 0.50. Se hicieron cilindros de hormigón, de 100 por 200 mm, y se cortaron en muestras de disco de aproximadamente 50 mm de largo. Los discos estaban saturados de agua y probados a tiempos de 35 y 56 días. Se midieron las siguientes propiedades: conductividad eléctrica en masa midiendo la corriente a 1 minuto y a los 5 minutos usando el aparato ASTM C1202; conductividad a granel usando el Merlin; carga aprobada de acuerdo con ASTM C1202; coeficiente de migración de iones de cloruro según Nordtest Build 492 "Coeficiente de migración de cloruro de los experimentos de migración en estado no estacionario". Después de medir su conductividad aparente, los discos se probaron de acuerdo con ASTM C1202 o Nordtest Build 492. El gráfico anterior muestra los valores de Coulomb medidos por ASTM C1202 frente a la conductividad medida con Merlin en los mismos discos. La línea recta es la relación dada por la ecuación. (3) para un diámetro de muestra de 95 mm y una longitud de 50 mm. Se ve que la conductividad aparente medida con Merlin es sistemáticamente mayor de lo esperado según la ecuación. (3) Por lo tanto, los valores medidos se han reducido en un factor de 1,22. Los valores reducidos, que se trazan como puntos verdes, ahora están de acuerdo con la ecuación. (3) El motivo de esta discrepancia no fue abordado por Karkar (2011). Por lo tanto, una medición rápida de la conductividad aparente proporcionará la misma información que la prueba de 6 h.



De acuerdo con la ecuación de Nernst-Einstein, la ecuación. (1), se espera que el coeficiente de difusión de iones de cloruro a granel varíe linealmente con la conductividad eléctrica a granel del concreto, suponiendo que la conductividad del fluido de poros sea la misma. El coeficiente de migración de iones de cloruro determinado por Nordtest Build 492 no es idéntico al coeficiente de difusión de iones de cloruro, pero se ha demostrado que los dos están correlacionados entre sí (Frederiksen et al. 1997). Por lo tanto, esperaríamos que el coeficiente de migración también sea una función lineal de conductividad aparente asumiendo la misma conductividad de fluido de poro. El gráfico de la izquierda, basado en los datos de Karkar

(2011), muestra el coeficiente de migración trazado en función de la conductividad aparente medida por Merlin. Si bien hay dispersión de datos, está claro que existe una relación constante entre la conductividad aparente y el coeficiente de migración de cloruro, que está relacionado con el coeficiente de difusión de cloruro.

### Acondicionamiento de muestras e interpretación de pruebas

Una prueba de conductividad eléctrica proporcionará una indicación del coeficiente de difusión de cloruro del concreto solo si la muestra está saturada. Por lo tanto, es esencial que los cilindros se mantengan bajo el agua desde el momento del moldeo hasta el momento de la prueba. Los moldes de acero reutilizables están disponibles para proporcionar muestras de dimensiones consistentes y para facilitar el almacenamiento bajo el agua. Excepto por los extremos, el cilindro debe estar en una condición de superficie seca al momento de la prueba con Merlin. Hay tapas especiales disponibles para mantener húmedos los extremos del cilindro mientras se deja secar la superficie lateral. Debido a la alta sensibilidad del método de medición, la muestra debe ser apoyada en un soporte aislado durante la medición.

Para los núcleos perforados de las estructuras, se necesitan pasos para llevar las muestras a una condición saturada antes de la prueba. Se pueden pedir aparatos accesorios opcionales para preparar núcleos. Se recomienda el siguiente procedimiento de saturación de vacío basado en ASTM C1202.

1. Recorte los núcleos a la longitud deseada con una sierra de
2. Coloque las muestras en un desecador de vacío y reduzca la presión interna a una presión absoluta de 7 kPa o menos.
3. Mantener el vacío durante 3 h.
4. Con la bomba de vacío funcionando, permita que el agua desaireada ingrese al desecador hasta que las muestras estén cubiertas con agua.
5. Permita que la bomba de vacío funcione por una hora adicional.
6. Apague la bomba, libere el vacío y permita que las muestras se remojen durante  $18 \pm 2$  h.

La conductividad de la solución de poros afecta la conductividad aparente medida del concreto. Por lo tanto, no se deben hacer comparaciones entre hormigones con conductividades de solución de poros muy diferentes. Por ejemplo, el uso de nitrito de calcio como inhibidor de la corrosión aumentará la conductividad del fluido de los poros, y la conductividad aparente medida del concreto será mayor que para otro concreto sin nitrito de calcio pero con un coeficiente de difusión de iones de cloruro similar. Por otro lado, el concreto con materiales cementosos suplementarios puede tener una conductividad de fluido de poro reducida, lo que reducirá la conductividad aparente medida mientras que el coeficiente de difusión real no puede reducirse (Liu y Beaudoin 2000).

### Especificaciones

- Diámetro de la muestra de 90 a 110 mm
- Longitud de la muestra de hasta 200 mm
- Suministro de corriente alterna de 325 Hz
- Tiempo de medición: aproximadamente 2 segundos
- Frecuencia de muestreo 5 Hz
- Resultados de la prueba en términos de conductividad a granel o resistividad
- Los resultados de la prueba se pueden almacenar para preparar informes de prueba

### Números de pedido

Artículo	Order #
Merlin Celda de conductividad a granel	MRLN-1001
Computadora netbook con software instalado	MRLN -1002
Merlin software	MRLN-1003
Merlin Cilindro de verificación	MRLN-1004
Soporte de muestra aislante	MRLN-1005

Artículo	Order #
Tapas para evitar el secado de los extremos de los cilindros.	MRLN-1006
Botella de spray	MRLN-1007
Estuche de transporte	MRLN-1008
Molde de acero de precisión, reutilizable	MRLN-1009
Desecador al vacío	PR-1070
Bomba de vacío, <10 mm Hg (1.3 kPa)	PR-1081
CORECASE para núcleos de 100 mm	CEL-100
Taladradora, 1150W	CC-29
Sierra de diamante para recortar núcleos	PR-1060

### Molde de acero de precisión



El molde de acero de precisión MRLN-1009 produce cilindros con un diámetro de 100 mm y una longitud de 200 mm con una precisión de 0,02 mm en las dimensiones del cilindro.

El molde de acero es reutilizable y la extracción del molde es simple. Para quitar el molde, primero se quitan las tapas superior e inferior. Luego, el recipiente se abre ligeramente aplicando una pequeña presión con los tornillos en las bridas soldadas.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

COTECNO