

INDICADOR DE HUMEDAD + DENSIDAD (M+DI)

Instrumento de medición no-nuclear para control de calidad de compactación en obras de movimientos de tierra
Mide simultáneamente la humedad y la densidad en un mismo suelo.



Unidad M+DI básica con el kit Pocket PC. El dispositivo PDA que se muestra en la foto es adicional (no se incluye en el kit Pocket PC) y lo suministra el cliente.

Tomando una medida in situ de Reflectometría en Dominio del Tiempo (TDR, por sus siglas en inglés). Los resultados están disponibles en 5 a 10 minutos.

La tecnología no-nuclear significa que...
NO hay controles de oficinas públicas
NO hay necesidad de respuesta a emergencias
NO hay gastos recurrentes

- ✗ NO se requieren operadores certificados
- ✗ NO se requiere capacitación de seguridad
- ✗ NO hay gastos por permisos
- ✗ NO hay trámites administrativos engorrosos
- ✗ NO se requiere almacenamiento de seguridad
- ✗ NO se requiere un envío o transporte especial
- ✗ NO se requiere re-certificación de materiales peligrosos (HAZMAT)
- ✗ NO se requieren fotactímetros ni hay tasas que pagar
- ✗ NO hay tiempos de esperas por permisos
- ✗ NO se requiere hacer pruebas regulares de detección de fugas
- ✗ NO es necesario calibrar instrumentos

NO SE REQUIEREN CONSIDERACIONES ESPECIALES DE SEGURIDAD

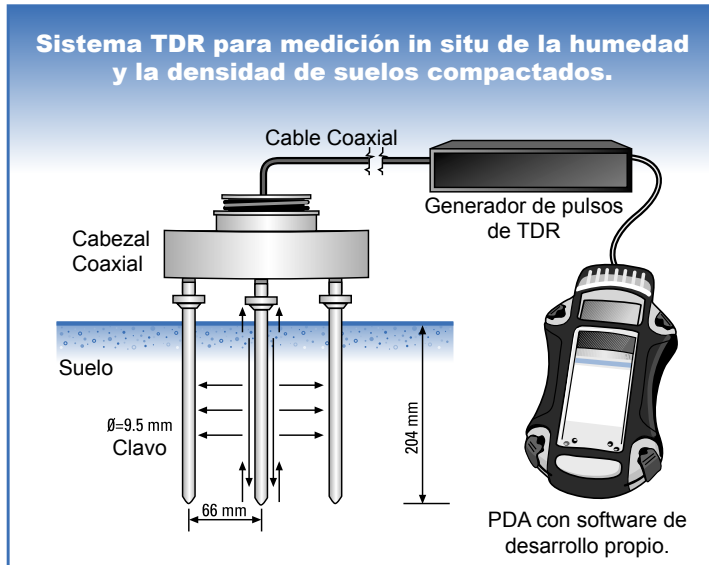
Aplicaciones:

Pruebas de aceptación para rellenos compactados. Ejemplos:

- Trabajos de excavación de falso túnel ("cut and cover")
- Terraplenes en carreteras y caminos
- Terraplenes y presas
- Cimientos de edificios
- Pistas de aterrizaje
- Zanjas
- Obras públicas
- Rellenos sanitarios

Ventajas:

- ❖ Los resultados se obtienen en pocos minutos. La duración de las mediciones efectuadas en campo es de 5 a 10 minutos si se emplea el Método de un paso, y de 15 a 20 minutos si se emplea el Método de dos pasos.
- ❖ Se aplica tanto a suelos cohesivos como no-cohesivos. Se ha utilizado también con éxito en suelos estabilizados con cal y cemento, así como en suelos micáceos.
- ❖ Cumple con la norma ASTM D6780 — Método estándar de prueba para medir el contenido de agua y la densidad in situ de suelo por Reflectometría en Dominio del Tiempo (TDR).
- ❖ La recolección de datos y el software de análisis se ejecuta en computadoras PC o dispositivos PDA estándar.



Principio de operación:

La Reflectometría en Dominio del Tiempo (TDR) se utiliza para medir el tiempo de propagación de un pulso electromagnético producido por el generador de pulsos de TDR a través de cuatro sondas clavadas en el suelo. La señal de voltaje se analiza mediante un dispositivo PDA que ejecuta algoritmos formulados especialmente para determinar la constante dieléctrica aparente, y la conductividad eléctrica aparente del suelo. El software utiliza un conjunto de ecuaciones para relacionar estas dos propiedades con el contenido de agua y la densidad, lo cual se representa en la pantalla.

Hay dos métodos de pruebas de campo (descritos detalladamente en la página 3) que cumplen la norma ASTM D6780:

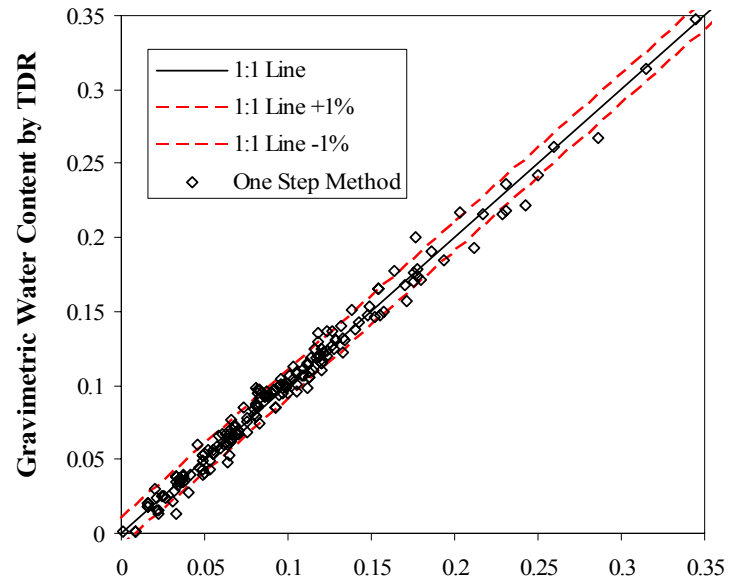
- El método de un paso, el más común, que es más sencillo y rápido que el método de dos pasos.
- El método de dos pasos se utiliza cuando se desean obtener resultados inmediatos y aproximados, sin esperar las pruebas de compactación, o cuando la salinidad es un factor a considerar.

Nota: En cualquiera de los dos métodos, se recomienda realizar pruebas de laboratorio con el fin de obtener las constantes específicas del suelo. Sin embargo, se pueden obtener resultados razonables usando valores asignados y corregirlos después con las pruebas de laboratorio.

Software:

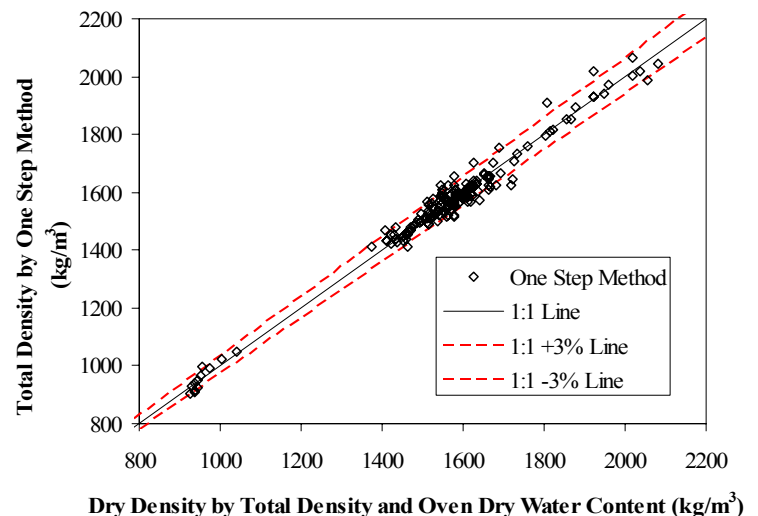
El programa de software hace funcionar el M+DI, recaba y maneja los datos, calcula el contenido de agua y la densidad tanto en unidades del sistema internacional (SI) como en las usadas normalmente en EE.UU. Cuenta también con funciones de análisis inverso. Lee los archivos de datos previamente adquiridos, permite actualizar los factores de calibración del suelo y cualquier otra información asociada con la prueba, y reestablece los cálculos de contenido de agua y densidad con la información actualizada. El programa permite guardar los archivos después de modificarlos, y es compatible para equipos PC y dispositivos PDA que usen los sistemas operativos estándar de Windows®.

Precisión de las medidas de contenido de agua



Comparación de los resultados del contenido de agua obtenidos mediante TDR con los del contenido gravimétrico de agua por secado al horno. (Los resultados normalmente tienen un margen de precisión de ± 0.01)¹.

Precisión de las medidas de densidad en seco



Comparación de los resultados de densidad en seco obtenidos por TDR con la determinada por el método de densidad total (medidas directas, con cono de arena, o nucleares) mediante secado al horno para detectar contenido de agua (Los resultados tienen un margen de precisión característico de ± 3 por ciento)¹. La gráfica se aplica a condiciones ideales de las características de suelos conocidos.

Referencia:

1. Vincent P. Drnevich et al. (Aug. 13, 2003), "Final Report — Beta Testing Implementation of the Purdue Time Domain Reflectometry (TDR) Method for Soil Water Content and Density Measurement", Report No.: FHWA/IN/JTRP-2003/7, Joint Transportation Program, Purdue University, pp. 128-129.

Determinación in situ del contenido de agua y densidad por el método TDR (ASTM D 6780)

Los programas de investigación llevados a cabo en la Universidad Purdue dieron como resultado dos métodos de operación. El primero se denomina Método de dos pasos. Posteriormente, se desarrolló otro más que se conoce como Método simplificado o de un paso. Para cualquiera de los dos, se recomienda realizar experimentos de laboratorio antes de las pruebas de campo con el fin de obtener las constantes específicas del suelo que se utilizarán en las mediciones en campo. Sin embargo, esto no es indispensable. Este trabajo se realiza simultáneamente con un grupo de pruebas estándares de compactación (ASTM C 698), añadiendo sólo unos sencillos pasos para tomar medidas de TDR en el molde de compactación. Para cualquiera de los métodos, el trabajo de laboratorio que determina las constantes del suelo es más o menos el mismo, pero el esfuerzo y el tiempo en el campo se reducen bastante con el Método de un paso, porque se elimina la prueba del molde, requerida en el Método de dos pasos. A continuación, se señalan los aspectos clave de cada método.

Método de un paso:

No se necesita hacer excavaciones in situ en el suelo, lo cual ahorra un tiempo considerable.

El método de un paso consiste en medir la conductividad eléctrica aparente, además de la constante dieléctrica del suelo in situ con una sola lectura.

Resumen:



Fig 1: Tomar la medición TDR in situ.

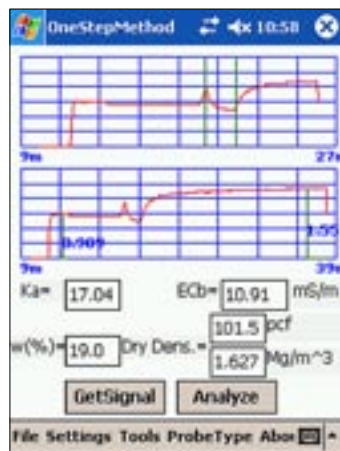


Fig 2: Resultados. Utilizando un grupo de seis constantes específicas del suelo, el software PDATDR determina automáticamente in situ el contenido de agua y la densidad en seco.

Método de dos pasos:

El método de dos pasos consiste en medir la constante dieléctrica del suelo in situ (paso uno) y la de una muestra de suelo en el molde de compactación (paso dos), con el equipo M+DI.

La constante dieléctrica del suelo in situ se determina utilizando el equipo M+DI. Luego, se excava en el lugar donde se tomó la medida in situ para tomar una muestra de suelo que se compactará en un molde. Se mide la masa del molde y el suelo y con los valores conocidos de la masa y el volumen del molde, se determinará la densidad en húmedo. Luego, se mide la constante dieléctrica de la muestra de suelo en el molde utilizando igualmente el equipo M+DI. El software MDI-TDR determinará automáticamente el contenido de agua de la muestra de suelo en el molde aplicando una correlación entre la constante dieléctrica, el contenido de agua y la densidad del suelo. La correlación requiere dos constantes relacionadas con el suelo. El software determina la densidad del suelo in situ a partir de la densidad de la muestra de suelo en el molde y las constantes dieléctricas medidas en el molde y en el suelo in situ.

Resumen:



Fig 1: Tomar una medición TDR in situ.



Fig 2: Tomar una muestra de suelo in situ y apisonarla en el molde de campo.



Fig 3: Determinar la densidad en húmedo de la muestra de suelo del molde.



Fig 4: Tomar una medida de TDR en la muestra de suelo del molde.



Fig 5: Resultados. El software utiliza las constantes supuestas o determinadas a y b del suelo para calcular el contenido de agua in situ y la densidad en seco.

INFORMACIÓN PARA HACER PEDIDOS		
Pieza No.	Descripción	Peso
MD-2020	Equipo básico M+DI. Incluye:	18 lb
	<i>MD-2000</i> Equipo M+DI con generador de pulsos TDR, panel de interfaz y software MDI-TDR para dispositivo PDA.	
	<i>601754</i> Tarjeta, Secure Digital, M+DI	
	<i>601293</i> Clavo (4 c/u)	
	<i>601466</i> Plantilla guía de sonda, M+DI	
	<i>601603</i> Cuña recta, acero inoxidable	
	<i>601708</i> Cabezal, coaxial, M+DI	
	<i>601456</i> Cable coaxial, M+DI	
	<i>601757</i> Equipo cargador de baterías, CA, MDI	
Pieza de repuesto:		
<i>601644</i>	Batería para la unidad TDR	
MD-2030	Kit Pocket PC (Sin PDA). Incluye:	
	Caja armadura, tarjeta resistente para red, cable Ethernet. No se incluye el PDA. Nota: El PDA lo suministra el cliente y el software MDI-TDR puede instalarse en la fábrica (véase VM-700).	
VM-700	Instalación del software PDATDR y revisión del sistema.	
MD-2050	Equipo básico de campo con el kit Pocket PC. Incluye:	
	<i>601659</i> Caja de protección impermeable	
	<i>601758</i> Suplemento de protección, maletín Pelican, MDI	
	<i>MD-2020</i> Equipo básico M+DI	
	<i>G-166</i> Termómetro digital de bolsillo	
	<i>601660</i> Martillo, acero con extractor	
	<i>601661</i> Martillo, metal/plástico	
	<i>MD-2030</i> Kit Pocket PC	
Accesorios recomendados para trabajos de campo		
<i>601665</i>	Portamartillo	
<i>601666</i>	Lima con mango	
<i>601667</i>	Regla de metal de 12 pulgadas (30 cm) con escalas en pulgadas/mm.	
<i>601668</i>	Destornillador de cabeza plana	
<i>601293</i>	Varilla adicional de sonda de campo (se requieren 4 c/u)	
<i>601684</i>	Maletín de hombro	
MD-2100	Kit de accesorios para el molde. Incluye:	
	<i>601744</i> Equipo del molde MDI de 4x9 pulgadas (10x23 cm), cuerpo de acero inoxidable, base no conductora	
	<i>601742</i> Equipo del molde de 4x4 pulgadas (10x10 cm), cuerpo de acero inoxidable, base no conductora	
	<i>601552</i> Base de acero con varilla larga roscada	
	<i>601709</i> Collarín, CMP, M+DI	
	<i>601548</i> Varilla central – 4 pulgadas (10 cm)	
	<i>601291</i> Varilla central – 9 pulgadas (23 cm)	
	<i>601290</i> Plantilla guía, CMP, MDI	

Consulte nuestra lista de precios para ver la lista completa de los accesorios recomendados.



ESPECIFICACIONES

Tipo de señal	Forma de onda pulsada, 250 mV a 50 ohmios
Muestreo de la onda	Seleccionada por el usuario, 128 a 2048 puntos de datos
Fuente de alimentación	Batería recargable de ión de litio, 11.1 V, 6.6 A Requiere una fuente de 15 V (CC), 1 A para cargar la unidad (utiliza un cargador opcional)
Profundidad de medida	8.03 pulgadas (204 mm)
Duración de la batería	Aproximadamente 20 horas con batería nueva cargada completamente.
Consumo de corriente	Aproximadamente 300 mA
Temperatura de funcionamiento	0 a 45°C (32 a 113°F)
Comunicación	TCP/IP over Ethernet, 10BaseT
Requisitos del PDA*	Pocket PC HP iPAQ (con cargador, base, cable de PC), Modelos h2210, h2215, hx2410, o hx2750. *
Requisitos del software	Sistemas operativos: Para Pocket PC: Windows® Mobile 2003. Para PC: Windows® 2000, NT, o XP
Dimensiones y volumen del equipo básico M+DI (MD-2020):	
Volumen total de embarque	4.74 pies ³ (0.134 m ³)
Peso total de embarque	18 libras (8.2 kg) para MD-2020

* Consulte los últimos requisitos de compatibilidad en nuestro sitio Web.

Limitaciones:

- Sólo para suelos no-helados.
- No sirve para medir la densidad del asfalto o del concreto.
- Se ha utilizado el equipo M+DI con éxito en las pruebas de materiales de rasante y de subrasante. Sin embargo, el equipo M+DI puede no ser apropiado para agregados o mezclas de roca que interfieran con la penetración de los clavos o tengan numerosos y grandes huecos.
- Los suelos con alto contenido orgánico (turba, por ejemplo.) o de gran plasticidad con altos contenidos de agua pueden atenuar la señal de respuesta del M+DI.