

# Geotecnia: triaxial

## Ensayos triaxiales

### ▶ ENSAYOS TRIAXIALES

#### 📄 NORMAS

BS 1377:7, 8 / ASTM D2850, D4767 / CEN-ISO/TS 17892-8, 9 / NF P94 070, P94 074

#### Introducción

Para diseñar cimientos, diques y otras estructuras de suelos, los ingenieros geotécnicos necesitan métodos para calcular las propiedades mecánicas de los suelos. Durante más de 60 años, Wykeam Farrance, que ahora forma parte del Grupo CONTROLS, ha estado a la vanguardia del desarrollo de sistemas de ensayo diseñados para proporcionar a los ingenieros la información que necesitan.

Desde el desarrollo de la primera máquina de caja de corte fabricada comercialmente en los años 50, hemos estado trabajando estrechamente con institutos y universidades de primer orden para fabricar sistemas de ensayo que sirvan para comprender mejor la mecánica de suelos.

La investigación experimental empleada para determinar la reacción tensión-deformación se ha llevado a cabo normalmente con ensayos triaxiales en los que las muestras de suelo no perturbado están sujetas a distintos niveles de tensión y condiciones de drenaje para simular de la forma más exacta posible las diferentes situaciones que pueden ocurrir en el subsuelo sobre el terreno debido al efecto de la edificación de construcciones, las excavaciones, perforaciones de túneles, etc.

Nuestra división geotécnica fabrica una amplia gama de sofisticados equipos triaxiales de tecnología punta, que se detallan más arriba.

#### Tipo de ensayos triaxiales

- Ensayos triaxiales de tensión total (sección 28)
- Ensayos triaxiales de tensión efectiva (secciones 28 y 29)
- Ensayos triaxiales de tensión efectiva y trayectoria de tensión (ensayos triaxiales automáticos) (sección 29)
- Ensayos de permeabilidad (sección 28)
- Ensayos triaxiales no saturados (sección 28)



## MÉTODOS DE ENSAYOS TRIAXIALES

### Medición de la tensión total

#### Ensayos no consolidados no drenados (UU)

Con este método se mide la resistencia al corte respecto a la tensión total. En este procedimiento no se permite que se consolide la muestra de suelo (que se presume saturada), manteniendo su estructura original y contenido de agua, por lo que su resistencia dependerá únicamente del nivel de tensión geostática en el terreno. Los ensayos se llevan a cabo normalmente con tres partes de la misma muestra, sometidas a diferentes presiones de confinamiento. Suponiendo que el suelo esté totalmente saturado, la resistencia al corte será la misma en todos los ensayos. El círculo de Mohr, trazado respecto a la tensión total, es horizontal y la resistencia al corte es constante e igual a la "CU" (resistencia al corte sin drenaje)

### Medición de la tensión efectiva

#### Ensayos consolidados no drenados (CU)

Mediante este método se mide la resistencia al corte en función de la tensión efectiva. Se deja que se consoliden al menos tres muestras saturadas (por ejemplo, que cambie su estructura y contenido de agua) a diferentes niveles de presión de confinamiento antes de la rotura. Dado que la resistencia al corte aumenta con la tensión efectiva, se puede aplicar el modelo de Coulomb relativo a la tensión efectiva:

$$\tau = c' + \sigma' \cdot \text{tg } \varphi'$$

donde:

$\tau$  = resistencia al corte

$\sigma'$  = tensión normal efectiva

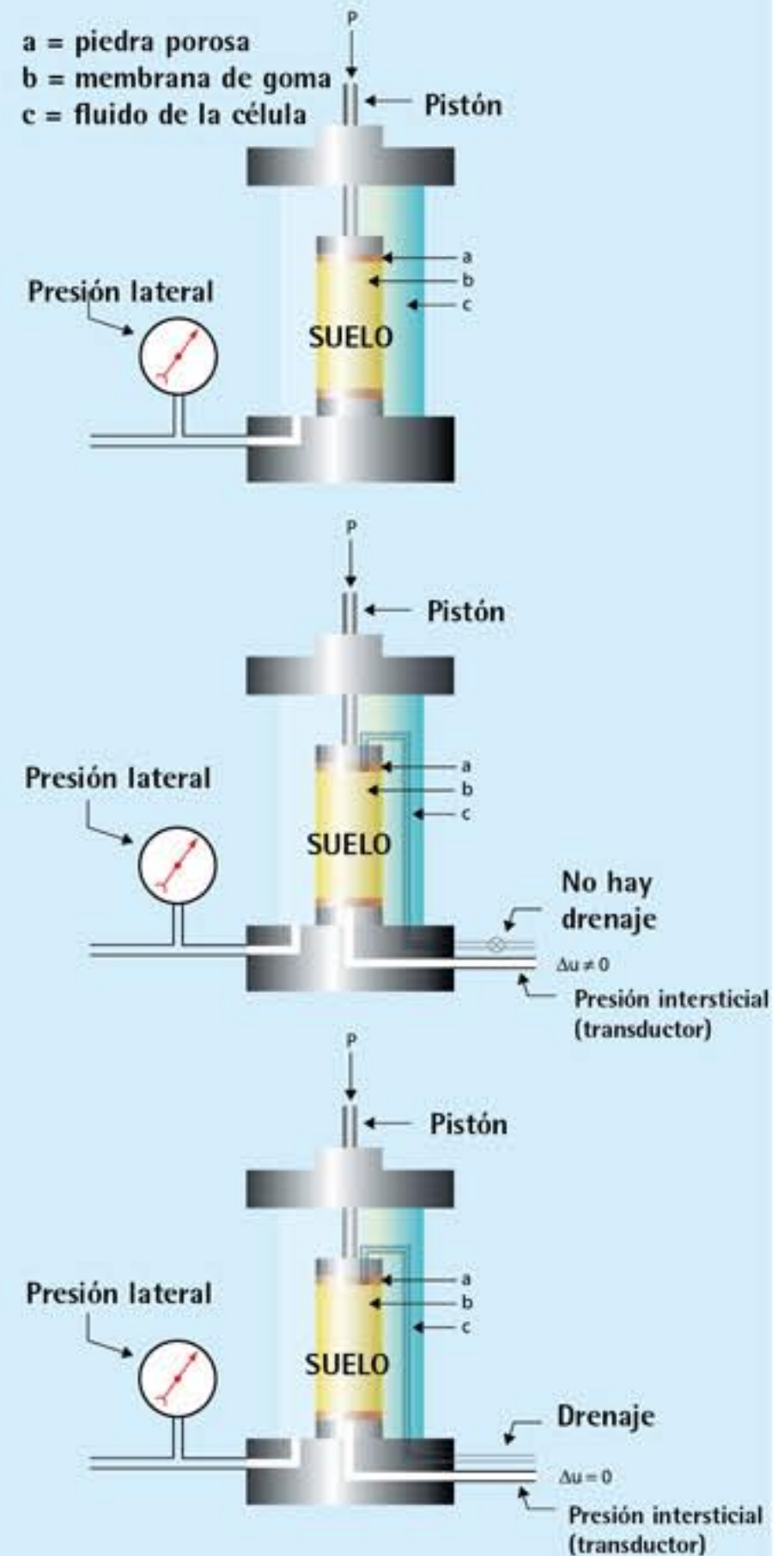
$c', \varphi'$  = parámetros de Mohr respecto a la tensión efectiva

Durante la etapa de rotura, no se permite el drenaje de la muestra y se mide la presión intersticial, por lo que las tensiones efectivas se obtienen calculando la diferencia entre la tensión total y la presión intersticial.

### Medición de la tensión efectiva

#### Ensayos consolidados drenados (CD)

Este método es similar a los ensayos "CU", ya que la resistencia al corte puede calcularse y relacionarse con el nivel de tensión aplicado. Se deja que se consoliden al menos tres muestras a diferentes niveles de presión de confinamiento. La rotura se produce muy lentamente para evitar el aumento de la presión intersticial en el interior de la muestra, permitiéndose el drenaje de la misma. Las tensiones total y efectiva serán iguales. Se trazan los círculos de Mohr para la tensión efectiva en la rotura y los parámetros  $c'$  y  $\varphi'$  se obtienen a partir del círculo de Mohr.



### Tipo de ensayos triaxiales y equipos básicos

Esta tabla resumen está pensada como guía para proporcionar una panorámica general de nuestros equipos triaxiales relevantes para que el usuario pueda seleccionar el sistema más apropiado para sus necesidades. En las secciones y páginas indicadas se incluyen descripciones, detalles y accesorios.

Equipo básico	Tensión efectiva				Stress path			
	Manual		Semiautomático	Totalmente automático	Totalmente automático			
	(véase sección 28)		(véase sección 29)	(véase sección 29)	(véase sección 29)			
	Baja pres. (1000 kPa)	Alta pres. (3500 kPa)	Baja pres. (1000 kPa)	Alta pres. (3000 kPa)	Baja pres. (1000 kPa)	Alta pres. (3000 kPa)	Baja pres. (1000 kPa)	Alta pres. (3000 kPa)
28 - WF0401 (pág. 82) Células triaxiales estándar (pág. 84-85)	•	•	•					
28 - WF4005 (pág. 78-79) Células triaxiales estándar (pág. 84-85)	•	•	•		•			
28 - WF4005 (pág. 78-79) Células triaxiales acanaladas de alta resistencia (pág. 86-87)	•	•	•	•	•	•		
28 - WF4005 (pág. 78-79) Células triaxiales Tri-Cell Plus (pág. 88)	•	•	•	•	•	•		•

# Geotecnia: triaxial

## Ensayos triaxiales: bastidores de carga triaxiales

### ▶ BASTIDORES DE CARGA TRIAXIALES

Disponibles en dos versiones:

#### TRITECH

Bastidores de carga de alta resistencia, de 50 y 100 kN de capacidad. Especialmente idóneos para laboratorios centrales y fines de investigación, con células triaxiales acanaladas con una presión de trabajo de hasta 2.000 o 3.500 kPa.

#### TRIAX50

Modelo estándar, 50 kN de capacidad, con células triaxiales estándar con una presión de trabajo de hasta 1.700 kPa.

Los bastidores TRITECH también se pueden equipar con un accionador neumático para realizar ensayos dinámicos con todos los demás accesorios adecuados. (Véase página 119)

### TRITECH

**Bastidores de carga triaxiales**

#### ■ NORMAS

BS 1377:8 / ASTM D2850, D4767 /  
CEN-ISO/TS17892-8, 9 / NF P94 070,  
P94 074

#### ■ 28-WF4005

Bastidor de carga triaxial Trittech de 50 kN de capacidad.  
110-240 V, 50-60 Hz, monofásica.

#### ■ 28-WF4010

Bastidor de carga triaxial Trittech de 100 kN de capacidad.  
110-240 V, 50-60 Hz, monofásica.

#### Características principales

- Interfaz de control RS 232
- Control digital
- Escala de velocidad de 0,00001 a 9,99999 mm por minuto
- Dispositivo de aproximación rápida
- Alarma audible al final del recorrido
- Pantalla LCD con 4 líneas de 20 caracteres
- Fabricado todo ello en acero inoxidable, placa de acero inoxidable
- La calidad del diseño ha eliminado todas las vibraciones que pueden afectar a la muestra a ensayar

*TRITECH 28-WF4005 con célula triaxial, célula de carga, transductor de presión y desplazamiento*

### Descripción general

La gama Trittech de bastidores de carga triaxiales se ha diseñado para usarse también como parte de un sistema triaxial controlado por ordenador o como una unidad autónoma. La interfaz RS 232 permite que se pueda usar el Trittech para ensayos de trayectoria de tensión automáticos (véase página 122).

Los botones de control del panel delantero proporcionan comandos rápido/lento, arriba/abajo y parada para el movimiento de la placa. Una membrana estanca cierra el paso de agua y polvo al panel y la pantalla digital. Se proporciona un dispositivo de rápida aproximación para reducir el tiempo de configuración. El dispositivo de fecha automática hace que el Trittech vuelva a la configuración anterior cuando está encendido y los microinterruptores impiden que la placa se

desplace en exceso. El bastidor de carga está hecho de una construcción rígida de doble columna de acero cromado para una rigidez a elevadas cargas. Todas las piezas externas están esmaltadas al horno o galvanizadas en cromo para protegerlas de la corrosión. La placa de carga está hecha de acero inoxidable. Las máquinas Trittech son versátiles, compactas y fáciles de usar en bastidores de carga montados en bancos. Se pueden usar para una gran variedad de procedimientos de ensayo, desde ensayos uniaxiales simples a los más sofisticados ensayos triaxiales de tensión efectiva, y también se pueden equipar con un accionador neumático para realizar ensayos estáticos/dinámicos con los otros aparatos adecuados. Véase página 122. Las máquinas se deben completar con el sistema de medición de carga y transductores de desplazamiento. (Véase accesorios).

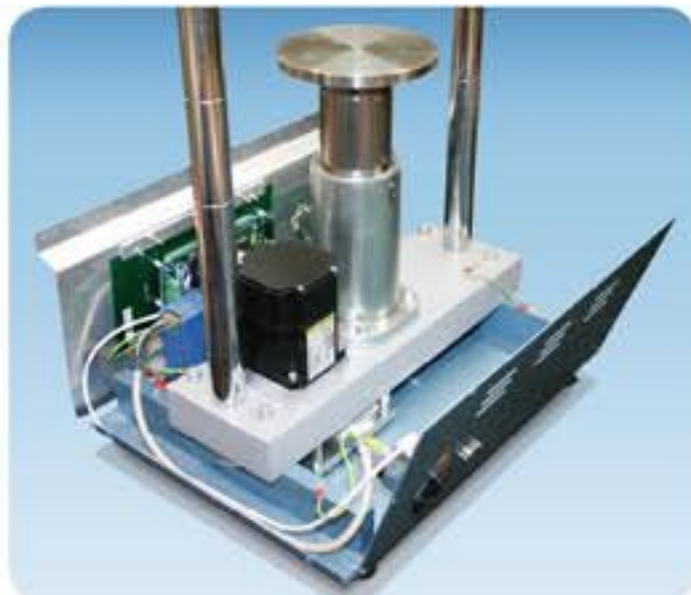


**TRITECH****Bastidores de carga triaxiales.** Continuación**Especificaciones técnicas**

Modelos	28-WF4005 capacidad 50 kN	28-WF4010 capacidad 50 kN
Tamaño de muestra máximo	105 mm de diámetro	150 mm de diámetro
Velocidad mínima	0,00001 mm por minuto	0,00001 mm por minuto
Velocidad máxima	9,99999 mm por minuto	9,99999 mm por minuto
Fuerza máxima (compresión)	50 kN	100 kN
Fuerza máxima (tracción)	5 kN	5 kN
Distancia de separación vertical mínima	335 mm	390 mm
Distancia de separación vertical máxima	1.000 mm	1.040 mm
Distancia de separación horizontal	364 mm	550 mm
Diámetro de la placa	158 mm	158 mm
Recorrido de la placa	100 mm	100 mm
Dimensiones, (AlxAxFo)	1460 x 503 x 380 mm	1700 x 703 x 503 mm
Potencia, W	600	680
Peso (kg)	98	195



TRITECH 28-WF4005 con célula triaxial acanalada 28-WF4050, anillo dinamométrico y reloj comparador



Vista interior de la máquina. El pistón está guiado positivamente proporcionando una acción rígida y lineal



Detalle de la caja de engranajes. El sistema está diseñado para minimizar las vibraciones y permitir una transmisión suave



TRITECH 28-WF4005, equipado con célula triaxial estándar 28-WF4010/A, anillo dinamométrico y reloj comparador

# Geotecnia: triaxial

Ensayos triaxiales: accesorios para bastidores de carga triaxiales

## TRITECH

### ACCESORIOS DE MEDICIÓN PARA MEDIR CARGAS

Las máquinas pueden equiparse con:

- Anillos dinamométricos mecánicos estándar (30-WF6450 a 30-WF6452)
- Células de carga externas (30-WF0370/T a 30-WF0376/T) para usarse con sistemas de adquisición y procesamiento de datos
- Células de carga sumergibles montadas dentro de células triaxiales (30-WF6350 a 30-WF6356) para una mayor precisión, ya que la medición no se ve afectada por la fricción entre el pistón y el collar de la célula. Para usarse con sistemas de adquisición y procesamiento de datos

### ANILLOS DINAMOMÉTRICOS

#### Descripción general

Todos los anillos dinamométricos están preparados para conectarse directamente al adaptador suministrado con nuestros bastidores de carga triaxiales, y acoplado simplemente un conector 28-WF1049 pueden utilizarse con toda nuestra gama de células triaxiales.

- 28-WF6450 Anillo dinamométrico de 1 kN de cap.
- 28-WF6451 Anillo dinamométrico de 2 kN de cap.
- 28-WF6452 Anillo dinamométrico de 5 kN de cap.
- 28-WF6453 Anillo dinamométrico de 10 kN de cap.

### CÉLULAS DE CARGA DE MEDIR CARGAS

Se utilizan para medir la fuerza axial ejercida sobre la muestra en las células triaxiales:

#### Especificaciones generales

Sensibilidad nominal: 2mV/V

Precisión: superior a 0,1%

➤ Código	Escala completa	Rosca
28-WF0370/T	2.5 kN	Hembra M20x1.5
28-WF0373/T	10 kN	Hembra M20x1.5
28-WF0375/T	50 kN	Hembra M30x2.0
28-WF0376/T	100 kN	Hembra M30x2.0

*Nota. Todas las células de carga se suministran preparadas para la conexión de los bastidores triaxiales con el travesaño superior (todos los modelos)*



Células de carga de medición de la deformación

### MEDICIÓN DE CARGA DENTRO DE LA CÉLULA TRIAXIAL. CÉLULAS DE CARGA SUMERGIBLES

Las células de carga interna se han diseñado para trabajar dentro de la célula triaxial. Tienen menor histéresis y una linealidad muy buena junto con una característica sustancial de seguridad contra sobrecarga.

#### Especificaciones

Capacidad de sobrecarga: 200%

Tensión de excitación: 10 V CC

No-linealidad:  $\pm 0,05\%$  en toda la escala

Histéresis: 0,05% en toda la escala

Longitud del cable: 2 metros

Diámetro: 75 mm

Altura, excluyendo pistón o tope: 50 mm

➤ Peso, excluyendo pistón o tope: 850 g



28-WF6352 Célula de carga sumergible equipada con un pistón para una célula triaxial

### CÉLULAS DE CARGA SUMERGIBLES EQUIPADOS CON PISTONES Y CÉLULAS TRIAXIALES CORRESPONDIENTES

Modelo de célula de carga sumergible	Capacidad kN	kgf	Modelo de célula triaxial compatible	Diámetro del pistón (mm)
28-WF6350	1.0	100	28-WF4050	15.5
28-WF6352	5.0	500		
28-WF6354	10.0	1000		
28-WF6351	1.0	100	28-WF4070 28-WF4100 28-WF4150 28-WF4070/P 28-WF4100/P 28-WF4150/P	25.0
28-WF6353	5.0	500		
28-WF6355	10.0	1000		
28-WF6356	25.0	2500		



Anillo dinamométrico con asiento 28-WF1049

## Ensayos triaxiales: accesorios para bastidores de carga triaxiales (continuación)

### TRITECH

Accesorios. Continuación

#### MEDICIÓN DE LA DEFORMACIÓN AXIAL

Se usan dos tipos diferentes de dispositivos:

- Relojes comparadores mecánicos estándar (30-WF6402 a 30-WF6403)
- Transductores de desplazamiento potenciométricos (30-WF6208 a 30-WF6210) con soporte de montaje adecuado para usarse con sistemas de adquisición y procesamiento de datos

#### ▶ RELOJES COMPARADORES MECÁNICOS

- ▶ 30-WF6402 Reloj comparador 30 x 0,01 mm
- ▶ 30-WF6403 Reloj comparador 50 x 0,01 mm

#### Descripción general

50 mm de diámetro, giro en el sentido de las agujas del reloj. Se suministra con soporte de montaje posterior para conectarlo a los anillos dinamométricos

⚖️ **Peso aproximado: 200 g**



30-WF6402

#### ▶ TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO POTENCIOMÉTRICO Y SOPORTES DE MONTAJE

Tensión de entrada: 10 V CC

Salida: de 0 a 10 V CC

Repetibilidad: superior a 0,002 mm

Precisión: superior a 0,002 mm

- ▶ 30-WF6208 Transductor potenciométrico de desplazamiento axial de 25 mm de recorrido
- ▶ 30-WF6209 Transductor potenciométrico de desplazamiento axial de 50 mm de recorrido
- ▶ 30-WF6210 Transductor potenciométrico de desplazamiento axial de 100 mm de recorrido
- ▶ 30-WF6220 Soporte de montaje para célula triaxial 28-WF4050, pistón de 15,5 mm de diámetro
- ▶ 30-WF6221 Soporte de montaje para células triaxiales 28-WF4070, 28-WF4100, 28-WF4150, 28-WF4070/P, 28-WF4100/P, 28-WF4150/P, pistón de 25 mm de diámetro
- ▶ 30-WF1048/T Soporte de montaje para 28-WF0410/A, 28-WF0411/A, 28-WF0416/A



30-WF1048/T



30-WF6221



30-WF6209

#### NOTA

Todos los transductores de desplazamiento se deberán completar con 30-WF6220 (o 30-WF6221 o 30-WF1048/T) para conectarse al pistón de célula triaxial.

#### MEDICIÓN DE LA PRESIÓN

#### ▶ TRANSDUCTORES DE PRESIÓN PARA LA MEDICIÓN DE LA PRESIÓN INTERSTICIAL

Tensión de entrada: 10 V CC

Tensión de salida: 100 mV en toda la escala

Precisión: superior a 0,2 kPa

▶ Código	Máx.
28-WF6300	10 bar
28-WF6301	20 bar
28-WF6302	35 bar

**Nota.** Se conectan a la célula triaxial mediante el bloque de desaireación 28-WF6310 o 28-WF4459.

▶ 28-WF6310 Bloque de desaireación para transductor de medición de presión intersticial. Debe conectarse a las células triaxiales acanaladas

▶ 28-WF4459 Bloque de desaireación para transductor de medición de presión intersticial. Debe conectarse a las células triaxiales estándarbe connected to the standard triaxial cells



28-WF6300 con 28-WF6310



28-WF6300 con 28-WF4459

#### ▶ ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

▶ 30-WF6016 GEODATALOG, unidad de adquisición de datos de 16 canales. 110-240 V, 50-60 Hz, monofásica, se suministra con software DATACOMM para adquisición de datos para PC (véase descripción en la página 116)

▶ 30-WF6042 Cable de extensión para transductor de 6 m

▶ 30-WF6044 Cable de extensión para transductor de 12 m

▶ 30-WF6016/T4 Plantilla de geoanálisis de ensayos triaxiales de tensión efectiva (CU, CD)

▶ 30-WF6016/T5 Plantilla de geoanálisis de ensayos triaxiales no drenados (UU)



GEODATALOG 30-WF6016

# Geotecnia: triaxial

Ensayos triaxiales: bastidores de carga triaxiales (continuación)

## TRIAX50

Bastidor de carga triaxial

### ■ 28-WF0401

Triax 50, bastidor triaxial digital de 50 kN. de capacidad 110-240 V, 50-60 Hz, 1 ph. monofásico.

#### Descripción general y especificaciones

Este versátil bastidor de carga digital incorpora un sistema de accionamiento controlado por microprocesador con un avanzado motor de velocidad gradual que permite al operador fijar fácilmente cualquier velocidad de ensayo mediante el teclado. Los límites superior e inferior de desplazamiento del plato se fijan utilizando disyuntores automáticos, con alarma sonora de final de carrera. Otras importantes características son la pausa y la puesta a cero de la velocidad durante el ensayo y el autodiagnóstico automático. Se suministran con puerto RS 232 C para el control a distancia de velocidad por PC. Todos los anillos dinamométricos, relojes comparadores, células, etc., deberán solicitarse por separado.



- Controlado por microprocesador
- Accionamiento por motor paso a paso avanzado
- Variación continua de la velocidad desde 0,00001 hasta 9,99999 mm/min
- Alarma sonora de fin de carrera
- Puerto serie RS 232 con autodiagnóstico automático
- Teclado de membrana estanco
- Pantalla LCD con 4 líneas de 20 caracteres
- Facilidad de operación mediante el teclado de membrana

TRIAX 50 28-WF0401 con célula y accesorios

#### Specifications

Capacidad de carga: 50 kN

Tamaño máximo de muestras: 100 mm de diámetro

Velocidad de deformación: de 0,00001 a 9,99999 mm/min

Velocidad de aproximación rápida: 25 mm/min

Distancia de separación horizontal: 380 mm

Distancia de separación vertical máxima: 850 mm

Diámetro de la placa: 160 mm

Desplazamiento máximo de la placa: 100 mm

Potencia del motor: 250 W

Dimensiones totales: 1266x500x273 mm

Peso aproximado: 95 kg

## ▶ ACCESORIOS PARA BASTIDOR DE CARGA TRIAX 50. MEDICIONES MECÁNICAS

### ANILLOS DINAMOMÉTRICOS

Todos los anillos dinamométricos están preparados para conectarse directamente a los bastidores de carga triaxiales. Se puede adaptar una fijación simple del conector 28-WF1049 para usarse con nuestra gama completa de células triaxiales.

- ▶ 28-WF6450 Anillo dinamométrico de 1 kN de cap.
- ▶ 28-WF6451 Anillo dinamométrico de 2 kN de cap.
- ▶ 28-WF6452 Anillo dinamométrico de 5 kN de cap.
- ▶ 28-WF6453 Anillo dinamométrico de 10 kN de cap.
- ▶ 28-WF1049 Conector cónico para anillos dinamométricos

### MEDICIÓN DE DEFORMACIÓN AXIAL CON RELOJ COMPARADOR

50 mm de diámetro, giro en el sentido de las agujas del reloj. Se suministra completo con soporte de montaje trasero.

▶ 30-WF6402 Reloj comparador 30 x 0,01 mm completo con soporte de montaje trasero.

▶ 30-WF6403 Reloj comparador 50 x 0,01 mm completo con soporte de montaje trasero.



30-WF6402 acoplado al anillo dinamométrico

Anillo dinamométrico con conector cónico 28-WF1049 y certificado de calibración



# Geotecnia: triaxial

Ensayos triaxiales: accesorios para bastidores de carga triaxiales

## TRIAX 50

Bastidor de carga triaxial. Continuación.

### ACCESORIOS PARA CARGA TRIAX 50 TRANSDUCTORES POTENCIOMÉTRICOS DE DESPLAZAMIENTO DE CARGA

Se utilizan para medir la compresión de la muestra en las células triaxiales:  
Tensión de entrada: 10 V CC  
Salida: de 0 a 10 V CC  
Repetibilidad: superior a 0,002 mm  
Precisión: superior a 0,002 mm



30-WF6208



28-WF1048/T

Code	Recorrido (mm)
30-WF6208	25
30-WF6209	50
30-WF6210	100

28-WF1048/T Soporte de montaje para 28-WF0410/A, 28-WF0411/A, 28-WF0416/A

Note. Los transductores se conectan a la célula triaxial estándar mediante el accesorio 28-WF1048/T

### CÉLULAS DE CARGA DE MEDICIÓN DE LA DEFORMACIÓN

Se utilizan para medir la fuerza axial ejercida sobre la muestra en las células triaxiales:  
Sensibilidad nominal: 2 mV/V



28-WF0370/T

Code	Escala completa	Rosca
28-WF0370/T	2.5 kN	Female M20x1.5
28-WF0373/T	10 kN	Female M20x1.5
28-WF0375/T	50 kN	Female M30x2.0
28-WF0376/T	100 kN	Female M30x2.0

Nota. Todas las células de carga se suministran preparadas para la conexión de los bastidores triaxiales con el travesaño superior (todos los modelos)

### TRANSDUCTORES DE PRESIÓN PARA LA MEDICIÓN DE LA PRESIÓN INTERSTICIAL

Tensión de entrada: 10 V CC  
Salida: 100 mV en toda la escala  
Precisión: superior a 0,1 kPa



28-WF6300 with 28-WF4459

Code	Max.
28-WF6300	10 bar
28-WF6301	20 bar

Note. They are connected to the standard triaxial cell by the de-airing block 28-WF4459

28-WF4459 Bloque de desaireación para transductor de medición de presión intersticial. Debe conectarse a la célula triaxial estándar

### ACCESORIOS PARA PROCESAMIENTO DE DATOS

- 30-WF6016 GEODATALOG, unidad de adquisición de datos de 16 canales. 110-240 V, 50-60 Hz, monofásica, se suministra con software DATACOMM para adquisición de datos para PC (véase descripción en la página 116)
- 30-WF6016/S Software básico de adquisición de datos
- 30-WF6042 Cable de extensión para transductor de 6 m
- 30-WF6044 Cable de extensión para transductor de 12 m
- 30-WF6016/T4 Plantilla de geoanálisis de ensayos triaxiales de tensión efectiva
- 30-WF6016/T5 Plantilla de geoanálisis de ensayos triaxiales no drenados



GEODATALOG 30-WF6016

# Geotecnia: triaxial

## Ensayos triaxiales: células triaxiales y accesorios

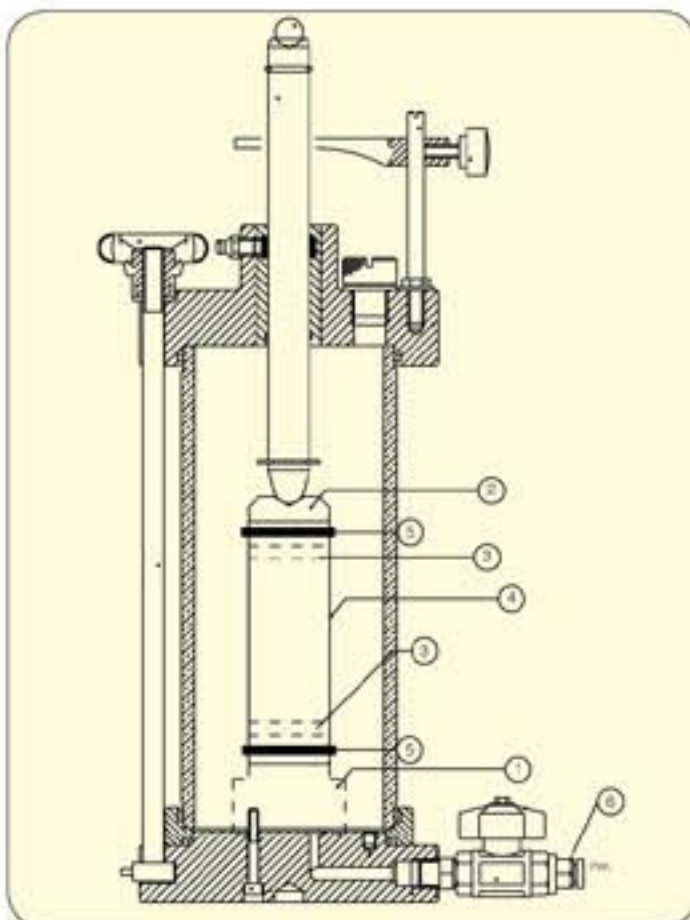
### ▶ CÉLULAS TRIAXIALES ESTÁNDAR PARA MUESTRAS DE HASTA Ø 100 MM

#### Descripción general y especificaciones

La unidad se compone de una cámara de policarbonato transparente con un conjunto de pistón instalado en la parte superior y una base con brida doble acoplada a la parte inferior. La parte superior de la célula está fijada con tres (seis) palomillas simples a la base, lo que hace que el montaje y desmontaje sea una operación muy rápida y sencilla. La base de la célula tiene cuatro puntos de entrada para la contrapresión/drenaje superior, presión de la célula y presión de agua intersticial/drenaje inferior. Dos de ellos se suministran con válvulas especiales de cambio no volumétrico. Los adaptadores de base, peanas, tapones superiores, discos porosos, membranas de goma y juntas de sellado no se incluyen. Véase accesorios.



28-WF0420/9



- 1 Adaptador de base
- 2 Tapón superior poroso
- 3 Disco poroso
- 4 Membrana de goma
- 5 juntas de sellado
- 2 Válvula de cambio no volumétrico

### CÉLULAS TRIAXIALES

▶ Código	28-WF0410/A	28-WF0411/A	28-WF0416/A
Tamaño máximo de muestra diámetro x altura (mm)	50x100	70x140	100x200
Presión máxima de trabajo (kPa)	1700	1700	1700
Carga máxima de pistón (kN)	45	45	45
Altura máx. (mm)	380	440	515
Diámetro (mm)	140	174	200
Peso (kg)	4	7.3	14.3



28-WF0416/A, 28-WF0411/A, 28-WF0410/A

### ▶ ACCESORIOS PARA CÉLULAS TRIAXIALES

#### Adaptadores de base para muestras

Las células deberán completarse con el adaptador de base correspondiente al tamaño de la muestra como se indica en la siguiente tabla. Todos los adaptadores están

perforados para el drenaje inferior y la medición de la presión intersticial y se suministran con un disco sólido para los ensayos no drenados.

Diámetro de la muestra (mm)	28-WF0410/A ▶ Código	28-WF0411/A ▶ Código	28-WF0416/A ▶ Código
35	28-WF0410/A1	28-WF0411/A1	-
38	28-WF0410/A2	28-WF0411/A2	-
50	28-WF0410/A3	28-WF0411/A3	-
70	-	28-WF0411/A4	28-WF0416/A1
100	-	-	28-WF0416/A2

Incluyen cortador, sufridera de madera y receptor

▶ Código (juego completo)	Size (Øx alt. mm)	Tubo cortamuestras de recambio ▶ Código	Sufridera de recambio ▶ Código
28-WF0420/9	35X70	28-WF0420/91	28-WF0420/92
28-WF4031/G	38X76	28-WF0422/91	28-WF0422/92
28-WF4051/G	50X100	28-WF0425/91	28-WF0425/92
28-WF4071/G	70X140	28-WF0428/91	28-WF0428/92
28-WF4101/G	100X200	28-WF0432/91	28-WF0432/92

## CÉLULAS TRIAXIALES Y ACCESORIOS (CONTINUACIÓN)

Descripción	Para muestras Ø 35mm		Para muestras Ø 38mm		Para muestras Ø 50mm		Para muestras Ø 70mm		Para muestras Ø 100mm	
	Adaptadores de base	28-WF0410/A1 <sup>(1)</sup> 28-WF0411/A1	28-WF0410/A2 <sup>(1)</sup> 28-WF0411/A2	28-WF0410/A3 <sup>(1)</sup> 28-WF0411/A3	28-WF0411/A4 <sup>(1)</sup> 28-WF0416/A1	28-WF0416/A2	-	-	-	-
	▼ Código	▼ Código	▼ Código	▼ Código	▼ Código	▼ Código	▼ Código	▼ Código	▼ Código	▼ Código
Tapón superior liso	28-WF0420/A2	28-WF0422/A2	28-WF0425/A2	28-WF0428/A2	28-WF0432/A2					
Tapón superior poroso	28-WF0420/A3	28-WF0422/A3	28-WF0425/A3	28-WF0428/A3	28-WF0432/A3					
Par de discos porosos	28-WF0420/A4	28-WF4034	28-WF4054	28-WF4074	28-WF4104					
Membrana (10 uni.)	28-WF0420/A5	28-WF4035	28-WF4055	28-WF4075	28-WF4105					
Junta tórica (10 uni.)	28-WF0420/7	28-WF4036	28-WF4056	28-WF4076	28-WF4106					
Tensor de membrana	28-WF0420/8	28-WF4031/A	28-WF4051/A	28-WF4071/A	28-WF4101/A					
Herramienta de colocación de juntas tóricas	28-WF0420/10	28-WF4031/B	28-WF4051/B	28-WF4071/B	28-WF4101/B					
Drenajes de filtro lateral (50 uni.)	28-WF0420/A9	28-WF4031/E	28-WF4051/E	28-WF4071/E	28-WF4101/E					
Discos de filtro (paquete de 100)	-	28-WF4031/F	28-WF4051/F	28-WF4071/F	28-WF4101/F					
Molde de arena partido	28-WF0420/A6	28-WF0422/A6	28-WF0425/A6	28-WF0428/A6	28-WF0432/A6					
Bureta de drenaje	28-WF0420/11	28-WF0420/11	28-WF0420/11	28-WF0420/11	28-WF0432/11 <sup>(2)</sup>					
Válvula de cambio no volumétrico <sup>(3)</sup>	28-WF0420/12	28-WF0420/12	28-WF0420/12	28-WF0420/12	28-WF0420/12					
Molde partido	28-WF0420/13	28-WF0422/13	28-WF0425/13	-	-					
Recambios										
tubo y conector de recambio para tapón superior poroso	28-WF0420/20	28-WF0420/20	28-WF0420/20	28-WF0428/20	28-WF0432/20					
(1) Dependiendo del modelo de célula		(2) Modelo de 50 ml	(3) Completo con conexión para manguera de plástico de 6 mm de diámetro							

## Otros accesorios

- ▼ 28-WF4005/39 Adaptador de placa para ajustar las células triaxiales estándar en el Tritech 50 o Tritech 100
- ▼ 86-D0822 Aceite de vaselina. Bote de 1 kg
- ▼ 86-D0845 Grasa hidrófuga Caja de 1 kg
- ▼ 28-WF0420/15 Engrasador para célula triaxial
- ▼ 28-WF0490/1 Escariado
- ▼ 28-WF0490 Tubo de nailon de 6 x 4 mm de diámetro, bobina de 20 m

## Leyenda

- 1 Adaptador de base. Para adaptar la célula triaxial para utilizarla con el tamaño de muestra seleccionado. Se suministra con un tapón de base liso.
- 2 Tapón superior poroso. Para aplicar uniformemente la carga en toda el área transversal de la muestra cuando se requiere drenaje hasta la parte superior de la muestra. Incluye tubo de nailon y conector para drenaje.
- 3 Disco poroso. Se utiliza como filtro para garantizar que el paso de agua a través de la muestra se difunde uniformemente en toda el área. Se requieren dos.
- 4 Membrana de goma. Proporciona un recubrimiento estanco de protección alrededor de la muestra. Fabricada en látex. Se suministra en paquetes de 10 unidades.
- 5 Anillos de sellado. Para sellar la membrana con la peana y el tapón superior en cada extremo de la muestra. Se suministran en paquetes de 10 unidades.
- 6 Tensor de membrana. Para estirar la membrana poder colocarla sobre la muestra sin que se produzcan perturbaciones.
- 7 Drenajes de papel filtrante. Se utilizan como drenajes laterales cuando las muestras tienen poca permeabilidad. Son especialmente útiles para saturar arcillas. Paquete de 50.
- 8 Molde de arena partido. Especialmente diseñada para utilizarla en la preparación de suelos no cohesivos que, de otra forma, no podrían montarse en una célula triaxial.
- 9 Bureta de drenaje. 10 ml para preparar muestras no cohesivas aplicando una presión negativa a la base de la muestra y medir el drenaje hacia el interior y el exterior de la muestra cuando se realiza el ensayo con la muestra expuesta a la atmósfera. Se suministra con conexiones para célula triaxial.
- 10 Herramienta de colocación de juntas tóricas. Para montar las juntas tóricas con una mínima perturbación.
- 11 Válvula de cambio no volumétrico. Idéntica a las dos válvulas suministradas con las células triaxiales, se utiliza para medir la presión intersticial y cuando se acopla la bureta de drenaje.
- 12 Molde partido. Se utiliza para recortar los extremos de la muestra de suelo.
- 13 Tapón superior liso. Se utiliza para aplicar uniformemente la carga sobre el área de la sección transversal de la muestra.



# Geotecnia: triaxial

Ensayos triaxiales: células triaxiales y accesorios (continuación)

## ▶ CÉLULAS TRIAXIALES ACANALADAS PARA MUESTRAS DE HASTA Ø 150 MM

Únicamente para su uso con los modelos TRITECH 28-WF4005 y 28-WF4010.

### Especificaciones generales

- Construcción de aleación ligera, pistón de acero inoxidable y junta tórica de sellado
- Abrazadera de pistón incorporada en la célula
- Incluye pilar o yunque para reloj comparador o transductor de deformación
- Cinco válvulas de apertura/cierre de cambio no volumétrico montadas de serie
- Tamaños de muestra entre 38 mm y 150 mm de diámetro
- La cámara de longitud estándar acepta células de carga sumergibles
- Diseño de conjunto rápido
- Las células están diseñadas para alojar una muestra con una altura que sea el doble de su diámetro

### NOTA

Las células triaxiales TRI-CELL Plus con salidas de hilo para transductores se muestran en la página 88.

## CÉLULAS TRIAXIALES

Código	28-WF4050	28-WF4070	28-WF4100	28-WF4150
Tamaño nominal (Ø mm)	38	70	100	150
Escala del tamaño de la muestra (Ø mm)	38-50	38-70	50-100	100-150
Presión máxima de trabajo (kPa)	2000	3400	2000	2000
Altura máx. (mm)	410	500	564	650
Diámetro (mm)*	350	400	440	650
Peso (kg)	7	15	21	40

\* Válvulas incluidas

### Juegos de conversión

Los juegos indicados se usan para comprobar tamaños de muestras más pequeños en las células triaxiales de 70 mm, 100 mm y 150 mm. Cada juego consta de un pedestal, tapón superior y tubería de drenaje.

■ **28-WF4070/1** Juego de conversión para comprobar muestras de 38 mm en la célula triaxial 28-WF4070 de 70 mm

■ **28-WF4070/2** 2 Juego de conversión para comprobar muestras de 50 mm en la célula triaxial 28-WF4070 de 70 mm

■ **28-WF4100/1** Juego de conversión para comprobar muestras de 50 mm en la célula triaxial 28-WF4100 de 100 mm

■ **28-WF4100/2** Juego de conversión para comprobar muestras de 70 mm en la célula triaxial 28-WF4100 de 100 mm

■ **28-WF4150/1** Juego de conversión para comprobar muestras de 100 mm en la célula triaxial 28-WF4150 de 150 mm

### Accesorios

▶ **28-WF4050/1** Acoplamiento de acción normal para ajustar tuberías de entrada (3 unidades)

### Características principales

- Célula acanalada  
Para protección extra cuando se usen sistemas de aire comprimido
- Presión de trabajo de 2000 kPa y 3400 kPa sobre la célula 28-WF4070
- Fijación separada de la cámara de la célula  
Impide una tensión excesiva sobre la cámara. Garantiza un correcto alineamiento



28-WF4050



28-WF4070



28-WF4100

▶ **CÉLULAS TRIAXIALES ACANALADAS**

PARA MUESTRAS DE HASTA Ø 150 MM. Continuación

**ACCESORIOS PARA CÉLULAS TRIAXIALES ACANALADAS**

Descripción	Para muestras				
	Ø 38mm 28-WF4050	Ø 50 mm 28-WF4050	Ø 70 mm 28-WF4070	Ø 100mm 28-WF4100	Ø 150 mm 28-WF4150
Pedestal	28-WF4031	28-WF4051	28-WF4071	28-WF4101	28-WF4151
Tapón superior <sup>(1)</sup>	28-WF4032	28-WF4052	28-WF4072	28-WF4102	28-WF4152
Disco de base	28-WF4033	28-WF4053	28-WF4073	28-WF4103	28-WF4153
Par de discos porosos	28-WF4034	28-WF4054	28-WF4074	28-WF4104	28-WF4154
Membrana (paquete de 10)	28-WF4035	28-WF4055	28-WF4075	28-WF4105	28-WF4155
Junta tórica (paquete de 10)	28-WF4036	28-WF4056	28-WF4076	28-WF4106	28-WF4156
Tensor de membrana	28-WF4031/A	28-WF4051/A	28-WF4071/A	28-WF4101/A	28-WF4151/A
Herramienta de colocación de juntas tóricas	28-WF4031/B	28-WF4051/B	28-WF4071/B	28-WF4101/B	28-WF4151/B
Molde partido de tres piezas	28-WF4031/C	28-WF4051/C	28-WF4071/C	28-WF4101/C	28-WF4151/C
Molde partido de dos piezas	28-WF4031/D	28-WF4051/D	28-WF4071/D	28-WF4101/D	28-WF4151/D
Drenajes de filtro lateral (paquete de 50)	28-WF4031/E	28-WF4051/E	28-WF4071/E	28-WF4101/E	28-WF4151/E
Discos de filtro (paquete de 100)	28-WF4031/F	28-WF4051/F	28-WF4071/F	28-WF4101/F	28-WF4151/F
Tomamuestras de mano	28-WF4031/G	28-WF4051/G	28-WF4071/G	28-WF4101/G	28-WF4151/G

<sup>(1)</sup> incluyendo tuberías de drenaje

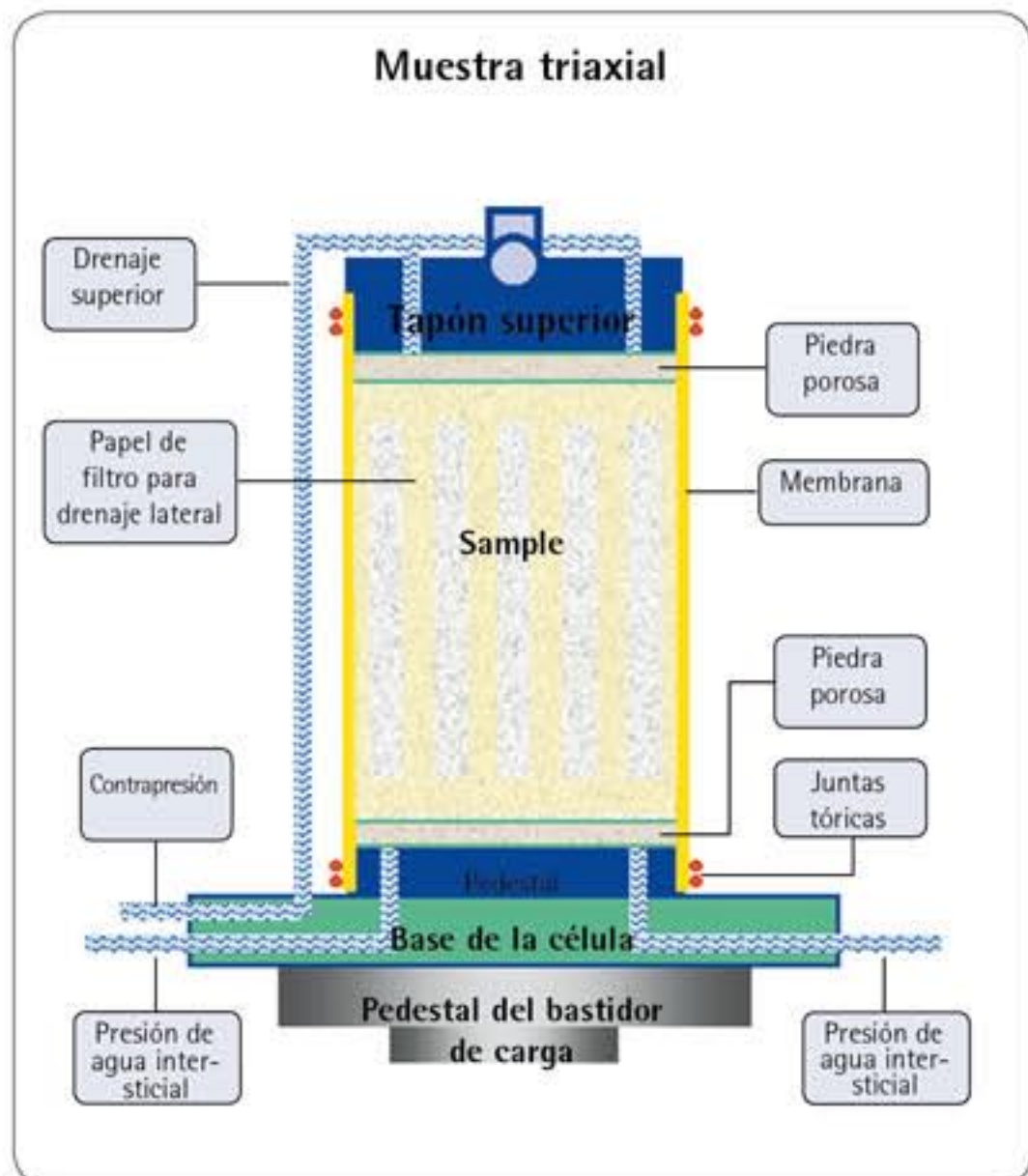
**Nota.** Célula triaxial y accesorios para muestra de 35 mm de diámetro disponibles previa solicitud



Accesorios para células triaxiales



28-WF4051/4



# Geotecnia: triaxial

Ensayos triaxiales: células triaxiales (continuación)

## ▶ TRI-CELL PLUS, CÉLULAS TRIAXIALES ESPECIALES

Para utilizar con Bender Elements y transductores electrónicos internos

### Descripción general

Las células TRI-CELL Plus aceptan muestras de hasta 150 mm de diámetro. El diseño de la célula garantiza una alineación vertical del pistón de la célula sujetando la pared de metacrilato separada de la parte superior de la célula. La pared de la célula está acanalada para impedir una excesiva expansión durante el ensayo y para proteger contra una rotura explosiva cuando se usa con sistemas de aire comprimido. Las células TRI-CELL Plus incluyen un anillo de eje de transductor con seis salidas para cables de transductores en muestras (p.ej. transductores radiales y axiales, transductores de presión de agua intersticial de media altura, etc.) o para mediciones con Bender Elements. También son idóneos para ensayos de extensión.

El espacio entre la pared de la célula y la muestra tiene que ser mayor cuando se use en transductores en muestras. Por esta razón, recomendamos usar una muestra de un tamaño menor. Por ello, en las tablas se muestran los juegos de pedestales de conversión y tapones superiores.

### ■ 28-WF4070/P

Célula TRI-CELL Plus de 3.400 kPa para muestras de 70 mm de diámetro con salidas de hilo para transductores

### ■ 28-WF4100/P

Célula TRI-CELL Plus de 2000 kPa para muestras de 100 mm de diámetro con salidas de hilo para transductores

### ■ 28-WF4150/P

Célula TRI-CELL Plus de 2000 kPa para muestras de 150 mm de diámetro con salidas de hilo para transductores

### Accesorios

- ▶ 28-WF4005/E Accesorio de ensayo de extensión para conexión rígida al pistón de la célula triaxial acanalada
- ▶ 28-WF4050/I Acoplamiento de acción (3 unidades)

- Anillo de eje de transductor con seis salidas para cables de transductor de muestras
- Idóneo para mediciones con Bender Elements
- Presión de trabajo máxima 3.400 kPa (modelo 28-WF4070/P) y 2.000 kPa (modelos 28-WF4100/P y 28-WF4150/P)



28-WF4070/P

### ACCESORIOS TRI-CELL PLUS

Tipo de célula Ø nominal	Tamaño de muestra	Pedestal	Tapón superior con 2 tuberías de drenaje	Disco de base de metacrilato(*)	Juego de conversión(**)	Tapón superior tipo vacío(***)
28-WF4070/P 70 mm	38 mm	-	-	28-WF4033	28-WF4070/1	28-WF4032/V
	50 mm	-	-	28-WF4053	28-WF4070/2	28-WF4052/V
	70 mm	28-WF4071	28-WF4072	28-WF4073	-	28-WF4072/V
28-WF4100/P 100 mm	50 mm	-	-	28-WF4053	28-WF4100/1	28-WF4052/V
	70 mm	-	-	28-WF4073	28-WF4100/2	28-WF4072/V
	100 mm	28-WF4101	28-WF4102	28-WF4103	-	28-WF4102/V
28-WF4150/P 150 mm	100 mm	-	-	28-WF4103	28-WF4150/1	28-WF4102/V
	150 mm	28-WF4151	28-WF4152	28-WF4153	-	28-WF4152/V

(\*) Para sustituir el disco poroso cuando se han llevado a cabo ensayos UU (\*\* Se compone de pedestal, tapón superior y tubería de drenaje (\*\*\*) Se requiere para realizar ensayos de extensión (en los que la tensión axial aplicada a la muestra es inferior a la presión de la célula)

### ACCESORIOS DE MUESTRA

Tamaño de muestra	Disco poroso (par)	Membrana de goma (paquete de 10)	Junta tórica (paquete de 10)	Tensor de membrana	Herramienta de colocación de juntas tóricas	Molde partido de tres piezas	Molde partido de dos piezas	Drenajes de filtro lateral (paquete de 50)	Discos de filtro (paquete de 100)	Muestra manual(*)
38 mm	28-WF4034	28-WF4035	28-WF4036	28-WF4031/A	28-WF4031/B	28-WF4031/C	28-WF4031/D	28-WF4031/E	28-WF4031/F	28-WF4031/G
50 mm	28-WF4054	28-WF4055	28-WF4056	28-WF4051/A	28-WF4051/B	28-WF4051/C	28-WF4051/D	28-WF4051/E	28-WF4051/F	28-WF4051/G
70 mm	28-WF4074	28-WF4075	28-WF4076	28-WF4071/A	28-WF4071/B	28-WF4071/C	28-WF4071/D	28-WF4071/E	28-WF4071/F	28-WF4071/G
100 mm	28-WF4104	28-WF4105	28-WF4106	28-WF4101/A	28-WF4101/B	28-WF4101/C	28-WF4101/D	28-WF4101/E	28-WF4101/F	28-WF4101/G
150 mm	28-WF4154	28-WF4155	28-WF4156	28-WF4151/A	28-WF4151/B	28-WF4151/C	-	28-WF4151/E	28-WF4151/F	-

(\*) Completo con cortador, sufridera de madera y receptor

### ▶ TRANSDUCTORES DE DEFORMACIÓN EN MUESTRAS

Consta de dos transductores axiales y uno radial. En los ensayos triaxiales convencionales la determinación de la rigidez axial se basa en mediciones externas. Este método conlleva errores debido a los efectos de estratificación en la muestra de las piedras porosas en cada extremo de la muestra y al sistema de carga y sistema de medición de carga.

Además, los dos extremos de la muestra están sujetos a una limitación, que es distinta desde el tercio central de la muestra, donde están montados los transductores de deformación y donde tienen lugar las deformaciones realistas.

Los transductores de deformación axiales y radiales proporcionan la posibilidad de medir con gran precisión las deformaciones directamente en la muestra de ensayo triaxial.

Estos transductores se deberán usar con modelos TRICELL Plus (véase página 88) y con un sistema adecuado de adquisición de datos como por ejemplo nuestro Geodatalog, que se muestra en la página 116

#### Transductores de deformación en muestras para comprobación estática:

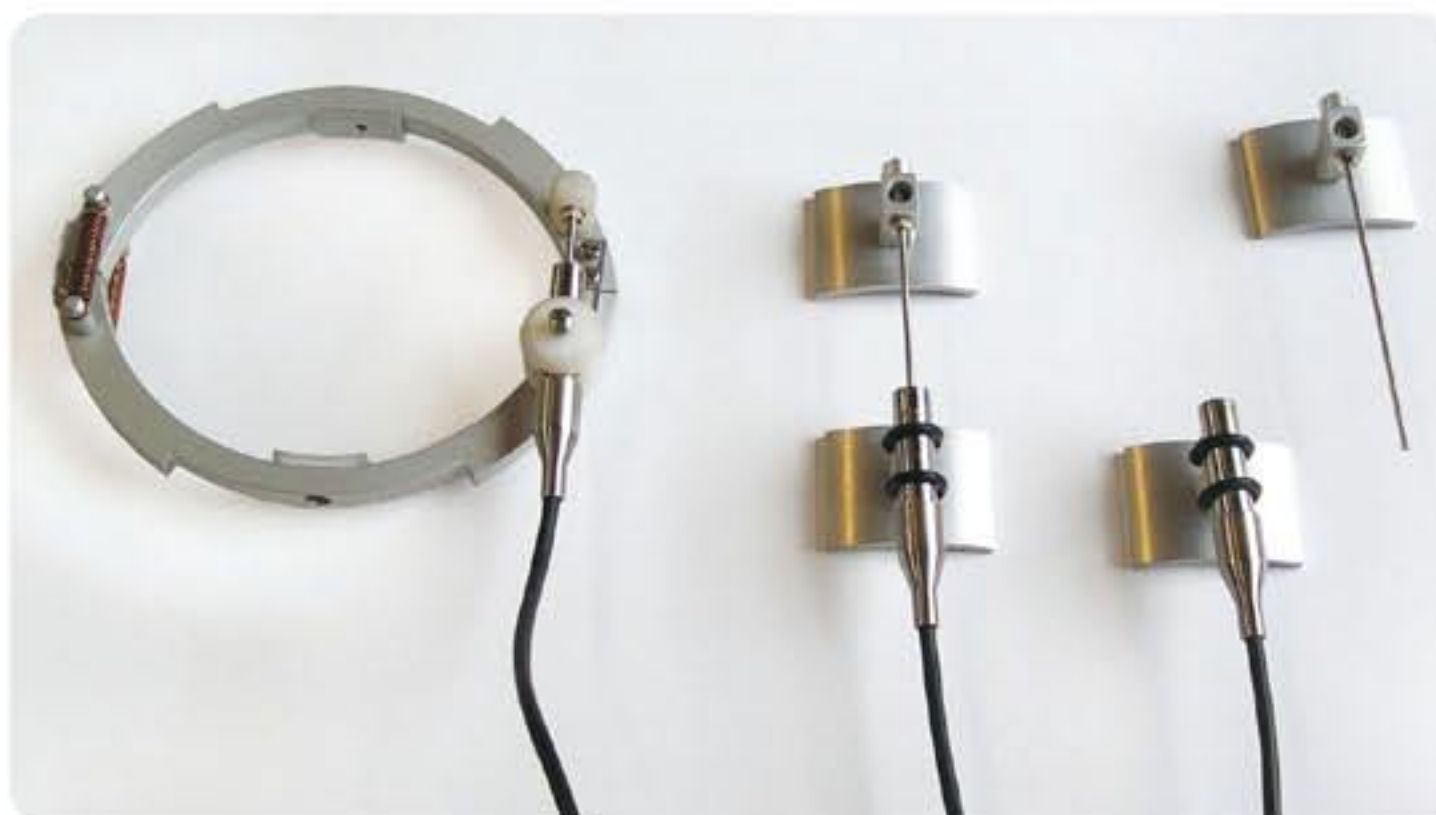
Excitación: 10 V CC

Salida:  $\pm 250$  mV

Linealidad:  $\pm 0,25\%$

Coefficiente temp.:  $\pm 0,01\%$ /escala completa/ °C

Resolución: 1 micrón



28-WF4109/K

#### Kit de transductores en muestras para sistemas estáticos

28-WF4079/K	El kit de transductores en muestras para muestras de 70 mm con dos transductores lineales y 1 radial, correa radial, almohadillas de fijación axial, además de todos los enchufes para usarse con GEODATALOG*
28-WF4109/K	El kit de transductores en muestras para muestras de 100 mm con dos transductores lineales y 1 radial, correa radial, almohadillas de fijación axial, además de todos los enchufes para usarse con GEODATALOG*
28-WF4159/K	El kit de transductores en muestras para muestras de 150 mm con dos transductores lineales y 1 radial, correa radial, almohadillas de fijación axial, además de todos los enchufes para usarse con GEODATALOG*

\* Véase página 116

#### NOTA

El kit de transductores en muestras para sistemas dinámicos se describe en la página 128

# Geotecnia: triaxial

## Transductores de medición en muestras (continuación)

### BENDER ELEMENTS

#### Aplicaciones

Los Bender Elements permiten medir el módulo de corte máximo ( $G_{max}$ ) de una muestra de suelo y evaluar a partir de estos datos la rigidez de un suelo.  $G_{max}$  se asocia generalmente con niveles de deformación de corte en torno al 0,001% y es un parámetro clave en los pequeños análisis dinámicos de deformaciones, como los que sirven para predecir el comportamiento del suelo o la interacción de la estructura del suelo durante terremotos, explosiones o vibraciones por máquinas y tráfico.

#### Descripción general

El Bender Element piezocerámico es un transductor electromecánico que es capaz de convertir energía mecánica (movimiento) tanto en energía eléctrica como desde ésta. El Bender Element simple consta de dos placas piezocerámicas finas que están unidas

de forma rígida con superficies conductoras entre ellas y en la parte exterior.

La polarización del material cerámico en cada placa y las conexiones eléctricas es tal que cuando se aplica una tensión de accionamiento al elemento, una placa se alarga y la otra se acorta. El resultado neto es un desplazamiento de la flexión, cuya magnitud es mayor que la variación de longitud en cualquiera de las dos capas.

Por otra parte, cuando se fuerza al Bender Element para que doble, una capa se tensará y la otra se comprimirá: esto provocará una señal eléctrica que se podrá medir.

En la aplicación en suelos, los Bender Elements están encapsulados y montados en inserciones que están fijadas al pedestal y el tapón superior de una célula triaxial. Sobresalen con los bordes en la muestra de suelo en voladizo. Cuando está excitado, el Bender Element se dobla de lado a lado, empujando el suelo en una dirección perpendicular a la longitud del elemento, por lo que tiene un amplio factor de acoplamiento con el suelo. Esto provoca una onda de corte

que se propaga paralela a la longitud del elemento en la muestra de suelo. En el otro extremo de la muestra de suelo se fuerza a otro Bender Element a doblarse y produce una señal eléctrica que se puede medir.

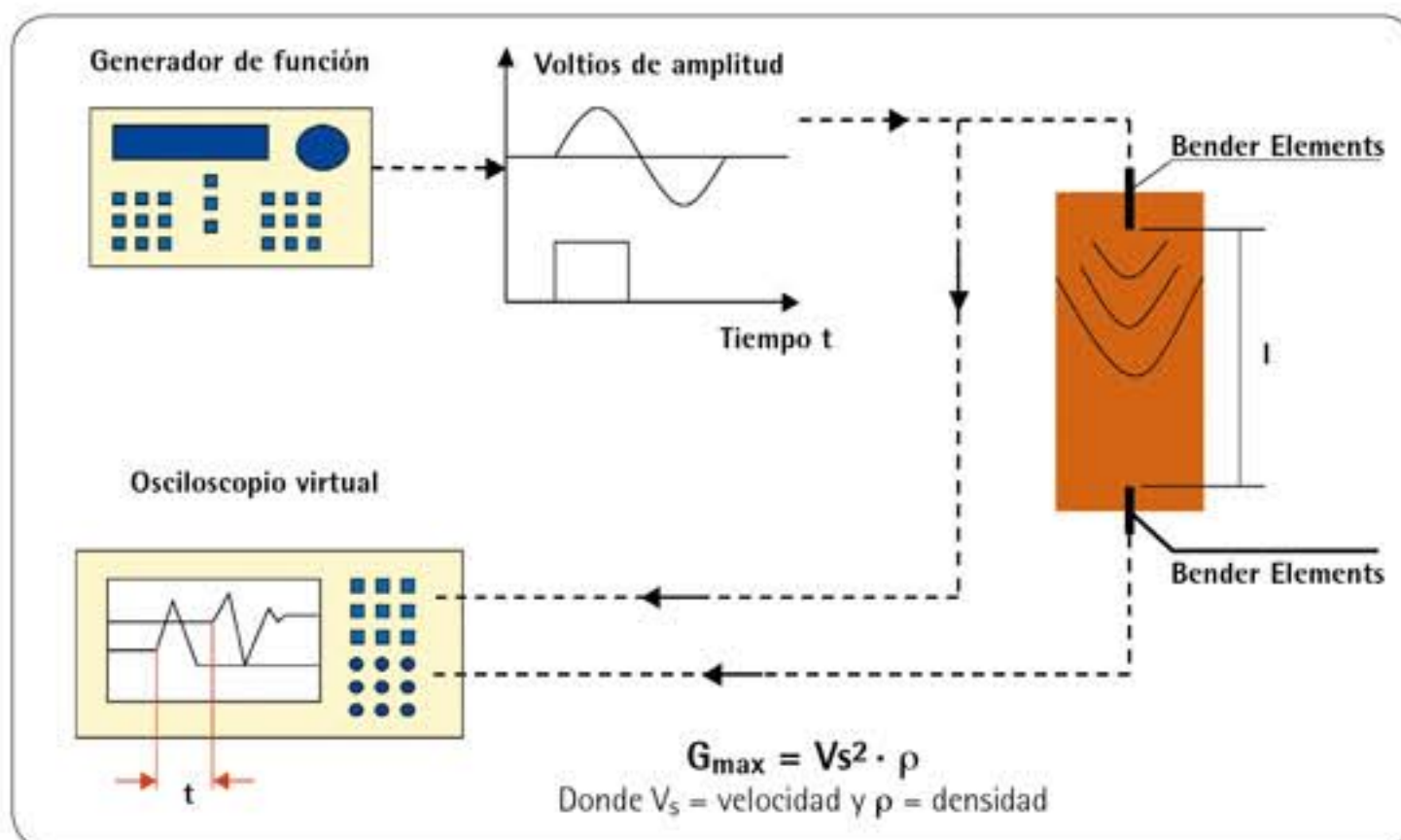
La teoría sobre propagación de ondas de corte en un cuerpo elástico nos dice que el valor del módulo de corte  $G_{max}$  del suelo desde la medición de la velocidad de onda de corte  $V_s$  se calcula mediante:

$$G_{max} = \rho \cdot (V_s)^2$$

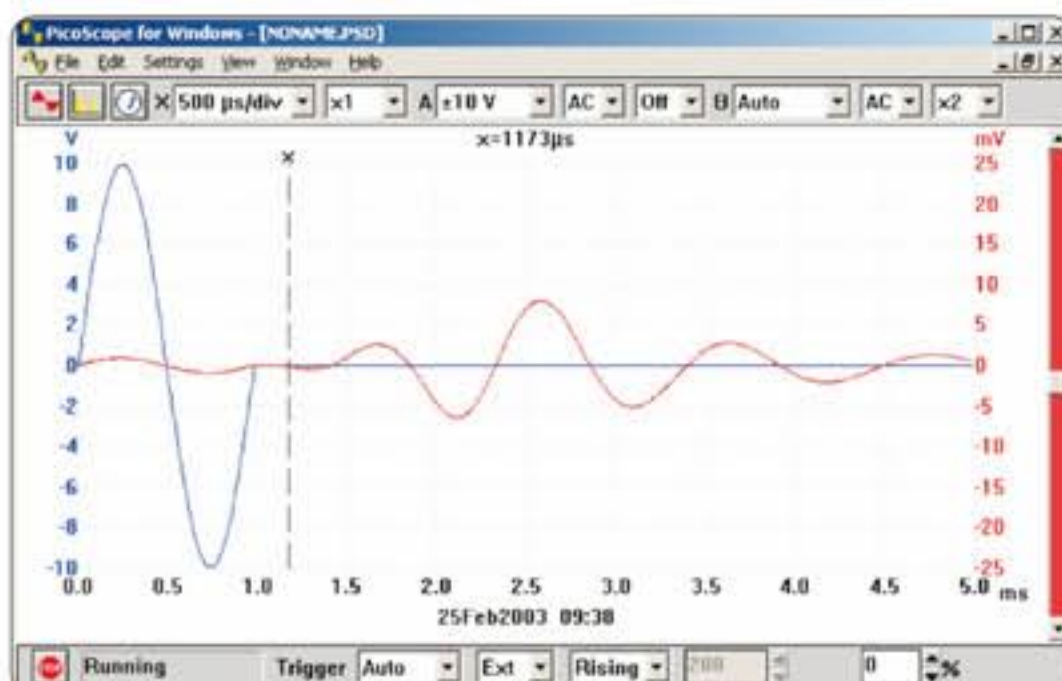
donde  $\rho$  es la densidad de masa de la muestra de suelo. El sistema consta de un transmisor, que es excitado para producir las ondas de corte a través de las muestras de suelo, y el receptor que recibe la señal eléctrica. El tiempo de recorrido de la onda de corte desde el transmisor al receptor se determina a través de un software específico que permite al usuario calcular con rapidez y facilidad la velocidad de onda de corte.

El sistema completo de medición y alimentación 28-WF4190 incluye:

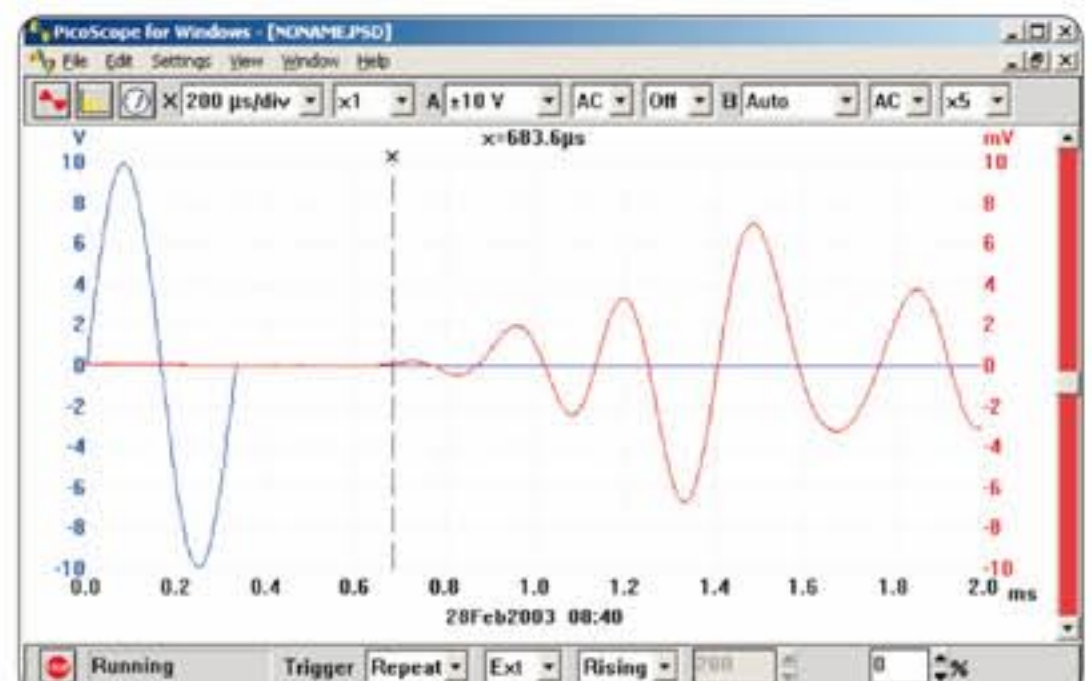
- Generador de ondas
- Interfaz dispositivo analógico a PC
- Software de osciloscopio virtual
- Cables de conexión



#### Resultados del ensayo de Bender Elements en arcilla Frecuencia ajustada a 1 kHz



#### Frecuencia ajustada a 3 kHz



▶ **BENDER ELEMENTS**

continuación

Modelo TRI-CELL Plus	Tamaño de muestra	Tapón superior y pedestal de base con Bender Elements	
		Estándar sólo para ensayos de compresión	Tipo vacío también para ensayos de extensión
28-WF4070/P 70 mm	50 mm 70 mm	28-WF4057/B 28-WF4077/B	28-WF4058/B 28-WF4078/B
28-WF4100/P 100 mm	70 mm 100 mm	28-WF4077/B1 28-WF4107/B	28-WF4078/B1 28-WF4108/B
28-WF4150/P 150 mm	150 mm	28-WF4157/B	28-WF4158/B

**Accesorios**▶ **28-WF4190 Sistema de medición y alimentación**

Los Bender Elements tienen que alimentarse por medio de un generador de señales en forma de ondas. La señal de salida se convierte en digital y se transmite al PC a través de un interfaz y se procesa con el software de osciloscopio virtual. El sistema completo incluye un generador de ondas, una interfaz de dispositivo analógico a PC, software de osciloscopio virtual y cables de conexión. El PC no está incluido.



Interfaz dispositivo analógico a PC

▶ **TRANSDUCTORES DE PRESIÓN DE AGUA INTERSTICIAL DE MEDIA ALTURA**■ **28-WF4159/M****Transductores de presión de agua intersticial de media altura**

El transductor de presión de agua intersticial de media altura es un transductor de montaje en superficie. Lleva el flujo contra el lateral de la muestra, lo que permite la medición de la presión de agua intersticial en el tercio central activo de la muestra no afectado por efectos extremos.

El transductor es un elemento cerámico cementado a una entrada de aire a 1 bar de la piedra porosa. Ésta se monta luego en una carcasa de acero inoxidable. La tubería del transductor se equipa con una clavija para usarse con la gama TRI-CELL Plus de células triaxiales.



28-WF4159/M

**Especificación**

Escala de presión: 1000 kPa

Excitación: 10 V

Salida: 2 mV/V

Linealidad: 0,1% de la escala completa

Repetibilidad: 0,1% de la escala completa

Temperatura:  $\pm 0,01\%/^{\circ}\text{C}$

# Geotecnia: triaxial

## Sistemas de presión

### ■ 28-WF4300

#### Hydromatic, controlador de presión autónomo

##### Descripción

El controlador de presión autónomo Hydromatic es una fuente de presión de agua e indicador de cambio volumétrico que puede generar presiones de hasta 3.500 kPa independientemente de la fuente de aire comprimido tradicional, las columnas de mercurio o dispositivos de pesas.

Consta de un pistón hidráulico impulsado por un husillo a bolas y una caja de engranajes montada en un carro de bolas. El sistema está impulsado a través del motor paso a paso por un sistema de control de microprocesador Automax. Automax permite que la bomba de presión funcione como una unidad autónoma automática que se puede mover fácilmente de un sistema triaxial a otro.

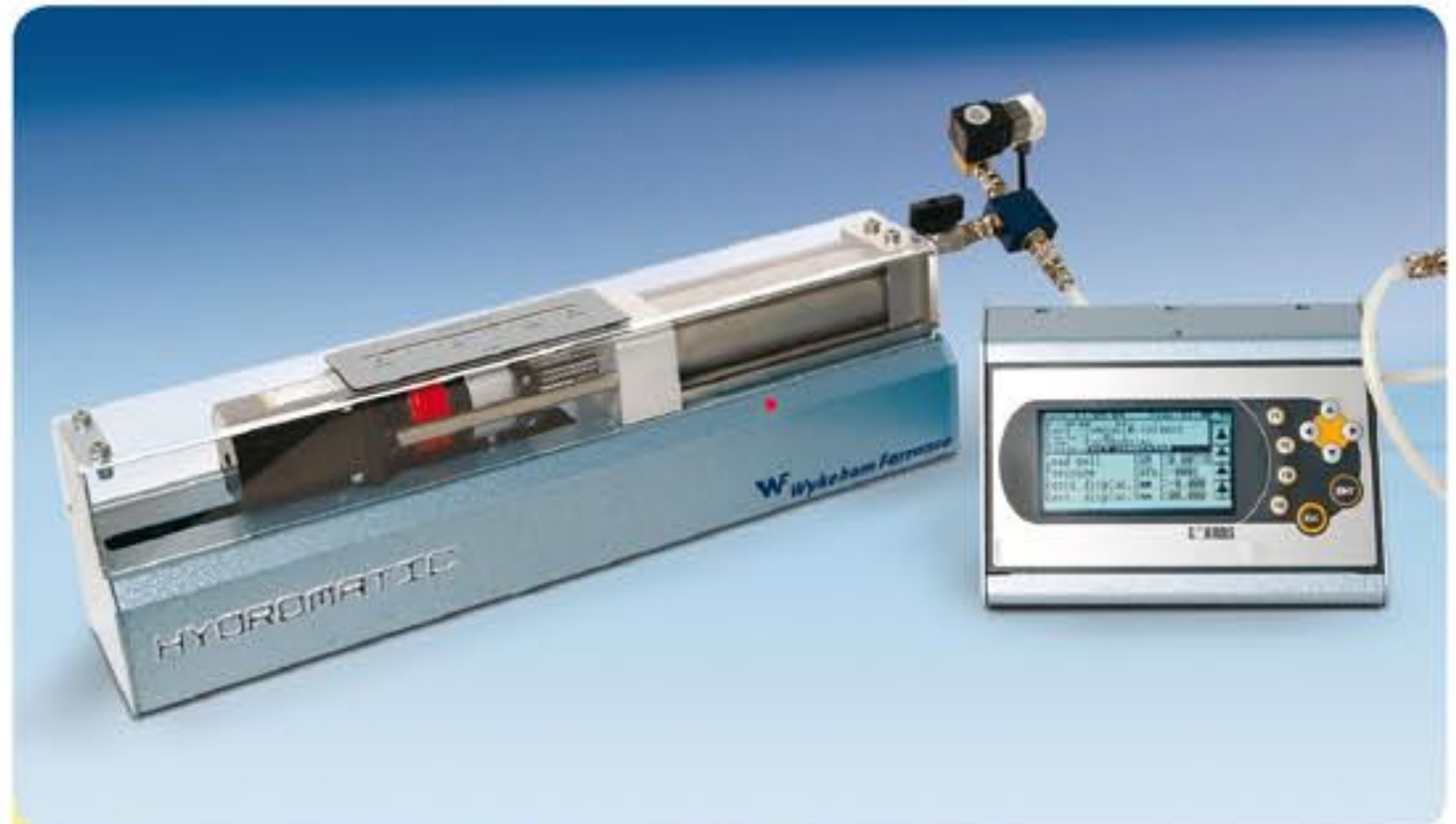
La presión se recarga automáticamente cuando se alcance el tope de recorrido del pistón.

La unidad Hydromatic autónoma incluye:

- Un transductor de presión de 3.500 kPa (usado para un control de circuito cerrado) conectado a la unidad Automax.
- El bloque de desaireación
- 2 válvulas I/O de solenoide: una conectada a la tubería de salida del controlador de presión y otra conectada a la tubería de la célula triaxial (para presión de célula o contrapresión)
- tuberías de 8 x 6 mm para el controlador de presión y la conexión de la célula
- acoplamientos rápidos para célula triaxial acanalada y conexiones Tri-Cell Plus\*

La unidad Automax garantiza características importantes:

- Lectura de la presión en tiempo real
- Aproximación rápida/lenta a aumento/reducción de presión (mediante el teclado de membrana 10)
- Alarma de límite de fin de carrera
- Control programable para progresión y



28-WF4300

##### Características principales:

- Aplicación de una presión de hasta 3.500 kPa para ensayos triaxiales o de permeabilidad
- Registro de mediciones de cambios de presión y volumen (mostrados en tiempo real)
- Conexión temporal o continua al PC

para descarga de datos con diferentes protocolos a través de RS232

- Posibilidad de configurar progresión y ciclos de presión
- Conexión sencilla a cualquier tipo de sistema
- Se puede usar para el sistema AUTOTRIAX (véase sec. 29)

- ciclos de presión respecto al tiempo
- Diferentes modos de calibración (lineal y polinómica)
- Protocolo diferente de descarga de datos al PC a través del puerto serie RS 232 (ya sea en descarga en tiempo real o en diferido)
- Recarga automática del pistón
- Memoria RAM con batería de repuesto con reloj/calendario, con lo que funciona también cuando la unidad está apagada
- Pantalla monocromática grande de 240 x 128 pixeles para ver el registro de datos en tiempo real

El sistema se puede usar para distintos tipos de ensayos como triaxiales saturados e no saturados o permeabilidad (en célula triaxial o de permeabilidad, véase páginas 98 y 99) y se puede aplicar a cualquier sistema.

##### Especificación

**Presión de salida:** hasta 3.500 kPa.  
**Precisión de la presión:** +/-0,1% de toda la escala  
**Precisión del volumen:** 0,1 cm<sup>3</sup>  
**Resolución:** 131.000 divisiones  
**Capacidad volumétrica:** 250 cm<sup>3</sup>  
**Descarga de datos:** a través de RS232  
**Alimentación:** 110-240V/50-60Hz/monofásica

**Dimensiones totales:** 250x220x150 mm

**Peso aproximado:** 7 kg

\* adaptadores para células triaxial estándar están disponibles previa petición.

# Geotecnia: triaxial

Sistemas de presión y aparatos relacionados

## ▶ SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE DE ACEITE Y AGUA

### ■ 28-WF4312

Aparato automático de presión constante de aceite y agua para presiones de hasta 3.500 kPa. 240 V, 50 Hz, 1 ph.

### ■ 28-WF4314

Igual que el anterior, pero a 110 V, 60 Hz, 1 ph, monofásico.

### ■ 28-WF4302

Aparato automático de presión constante de aceite y agua para presiones de hasta 1700 kPa. 240 V, 50 Hz, 1 ph, monofásico.

### ■ 28-WF4304

Igual que el anterior, pero a 110 V, 60 Hz, 1 ph, monofásico.

### Descripción general y especificaciones

Este aparato proporciona una presión constante infinitamente variable mediante un sistema de realimentación de la presión ajustable, de peso muerto tipo resorte conectado en línea con una bomba y un recipiente de intercambio de aceite y agua. El aparato se compone de los siguientes elementos: bomba hidráulica (de motor); conjunto de pistón y muelle rectificado; cámara cilíndrica de interfase de aceite/agua; indicador de precisión; válvulas; 2 kg de aceite.

Escala de presión: 0-1700 and 0-3500 kPa  
Potencia: 35 W

📏 Dimensiones: 310x300x400 mm

⚖️ Peso aproximado: 16 kg

- Genera y controla automáticamente la presión ajustada a un máximo de 3.500 kPa (500 psi) dentro de  $\pm 0,5\%$  de la presión indicada
- Muy estable en periodos largos
- Se requiere ajuste de presión usando control de rueda manual de precisión
- Incrementos de presión progresivos
- No se requieren pesas ni calibración



28-WF4302

### Accesorios

- ▶ 28-WF4302/1 Aceite alta visc. 5 kg
- ▶ 28-WF4191 Tubos nailon 6 mm  $\varnothing$  int. x 8 mm  $\varnothing$  ext. 10 m de long.
- ▶ 28-WF4050/1 Acoplamiento de acción normal para ajustar tuberías de entrada a la célula

## ▶ SISTEMA DE PRESIÓN DE AIRE/AGUA DE TIPO "BLADDER"

### ■ 28-WF4320

Cilindro de presión de aire y agua de tipo "Bladder"

### Descripción general y especificaciones

Para suministro de agua presurizada a células triaxiales de hasta 1.000 kPa. Las ventajas principales de la utilización de este aparato son las siguientes:

- Elevado índice de precisión
- Gran facilidad de uso
- Ampliación futura del sistema muy sencilla y relativamente económica
- El depósito de tipo "Bladder" permite el uso de agua desaireada
- Depósito de gran capacidad para adaptarse a ensayos de larga duración y muestras de gran tamaño.

Esta unidad actúa como interfaz/depósito entre el aire comprimido, que se utiliza como fuente de presión y el agua, utilizada como medio de presurización en la célula triaxial.



28-WF4320

### Accesorios y recambios

- ▶ 28-WF4191 Tubo de nailon de 8 x 6 mm de diámetro. Rollo de 10 m
- ▶ 28-WF0490 Tubo de nailon de 6 x 4 mm de diámetro. Rollo de 20 m
- ▶ 28-WF4320/1 Membrana de goma de recambio para el modelo 28-WF4320

## ▶ PANELES DE DISTRIBUCIÓN DE PRESIÓN

### Introducción

La gama de paneles de distribución de agua se ha diseñado para que sean fáciles de usar. Incluyen accesorios de liberación rápida para permitir una reconexión rápida de las tuberías de agua y aire dentro del sistema de presión.

Se han introducido códigos de color de las tuberías de agua y aire para garantizar que el usuario pueda localizar el suministro de aire o agua por todo el sistema.

Se tienen que completar con un indicador Bourdon de precisión de 200 mm de diámetro, escala 0-1.100 kPa, en divisiones de 5 kPa (véase 28-WF4330/1), o con un indicador digital de 1 kPa de resolución. (véase 28-WF4330/2).

Existen dos modelos disponibles: para dos y tres tuberías de presión.

### INFORMACIÓN PARA PEDIDOS

#### ■ 28-WF4330

Panel triaxial, dos tuberías de presión, completo con reguladores de aire, salidas de presión para dos presiones.

Dimensiones 510 x 454 x 184 mm, peso 10 kg

#### ■ 28-WF4331

Panel triaxial, tres tuberías de presión, completo con reguladores de aire, salidas de presión para tres presiones.

Dimensiones 690 x 454 x 184 mm, peso 15 kg

#### ■ 28-WF4330/1

Manómetro Bourdon de 200 mm de diámetro, escala 0-1.100 kPa, divisiones de 5 kPa.

#### ■ 28-WF4330/2

Manómetro digital, divisiones de 1 kPa.



28-WF4331 con 28-WF4330/2

### 🔧 Piezas de recambio

- ▶ 28-WF4330/3 Regulador de presión de aire, 150 psi., 1000 kPa con accesorios para tubo de 8 mm de diámetro exterior

# Geotecnia: triaxial

## Sistemas de desaireación de agua

### ▶ AIRE/AGUA DE TIPO "BLADDER"

Ofrecemos dos sistemas diferentes, con tanques de desaireación de 23 (o 7) litros de capacidad:

- Bomba de vacío adaptada y colector de agua para recoger el vapor de agua condensado. El tanque de agua deberá montarse elevado para que el sistema se llene por gravedad.
- Modelo integrado con bomba de vacío/compresor y válvulas. La bomba de vacío se utiliza como pequeño compresor para forzar el agua desaireada desde el tanque de desaireación (que puede situarse en cualquier parte) al sistema (paneles de presión, depósitos de tipo "Bladder", etc.)

#### ■ 28-WF4202

**Aparato de desaireación de agua.**  
240 V, 50-60 Hz, monofásico.

#### ■ 28-WF4204

**Aparato de desaireación de agua.**  
110 V, 60 Hz, monofásico.

#### Descripción general y especificaciones

Este aparato incorpora una bomba de vacío, un compresor, un colector de agua y válvulas. Deberá conectarse a un tanque de desaireación. La doble función de esta unidad ofrece la importante ventaja de que el tanque de desaireación puede situarse en cualquier parte y que el llenado del sistema con agua desaireada se lleva a cabo rápidamente mediante una simple válvula.

📏 Dimensiones: 375x240x250 mm aprox.

📦 Peso aproximado: 10 kg



28-WF4202

### ▶ TANQUE DE DESAIREACIÓN

#### ■ 28-WF4220

**Tanque de desaireación de 7 litros de capacidad**

#### ■ 28-WF4221

**Tanque de desaireación de 23 litros de capacidad**

#### Descripción general y especificaciones

Usado junto a una fuente de vacío, este dispositivo constituye un medio eficaz y rápido para la eliminación del aire contenido en el agua. El tanque de desaireación está formado por un cilindro de metacrilato equipado con una entrada de agua pulverizada, una salida de aire y una salida de agua. Al conectar un suministro de vacío adecuado a la salida de aire, el agua es succionada al interior del cilindro en forma de pulverización fina a través de la entrada de agua. El vacío extrae el aire del agua. Con soporte metálico.

📦 Peso aproximado: 3/14 kg

### ▶ PANEL DE DESAIREACIÓN DE AGUA

#### ■ 28-WF4225

**Panel con válvula para usarse con tanque de desaireación**

#### Descripción general

Para conectar a la bomba de vacío y el tanque de desaireación. Incluye conexión a grifo de agua y dos salidas de agua desaireada.

📏 Dimensiones: 510x200x30 mm

📦 Peso aproximado: 3 kg

### ▶ BOMBAS DE VACÍO

#### ■ 28-WF2001

**Bomba de vacío 240 V, 50 Hz, 1 ph. monofásica**

#### ■ 28-WF2001/Z

**Igual que la anterior, pero a 110 V, 60 Hz, 1 ph. monofásica**

#### Especificaciones

Desplazamiento de aire libre: 75 l/min

Vacío final: 0,1 mbar

Potencia: 180 W

📏 Dimensiones: 345x155x215 mm

📦 Peso aproximado: 12 kg

#### ■ 28-WF2064

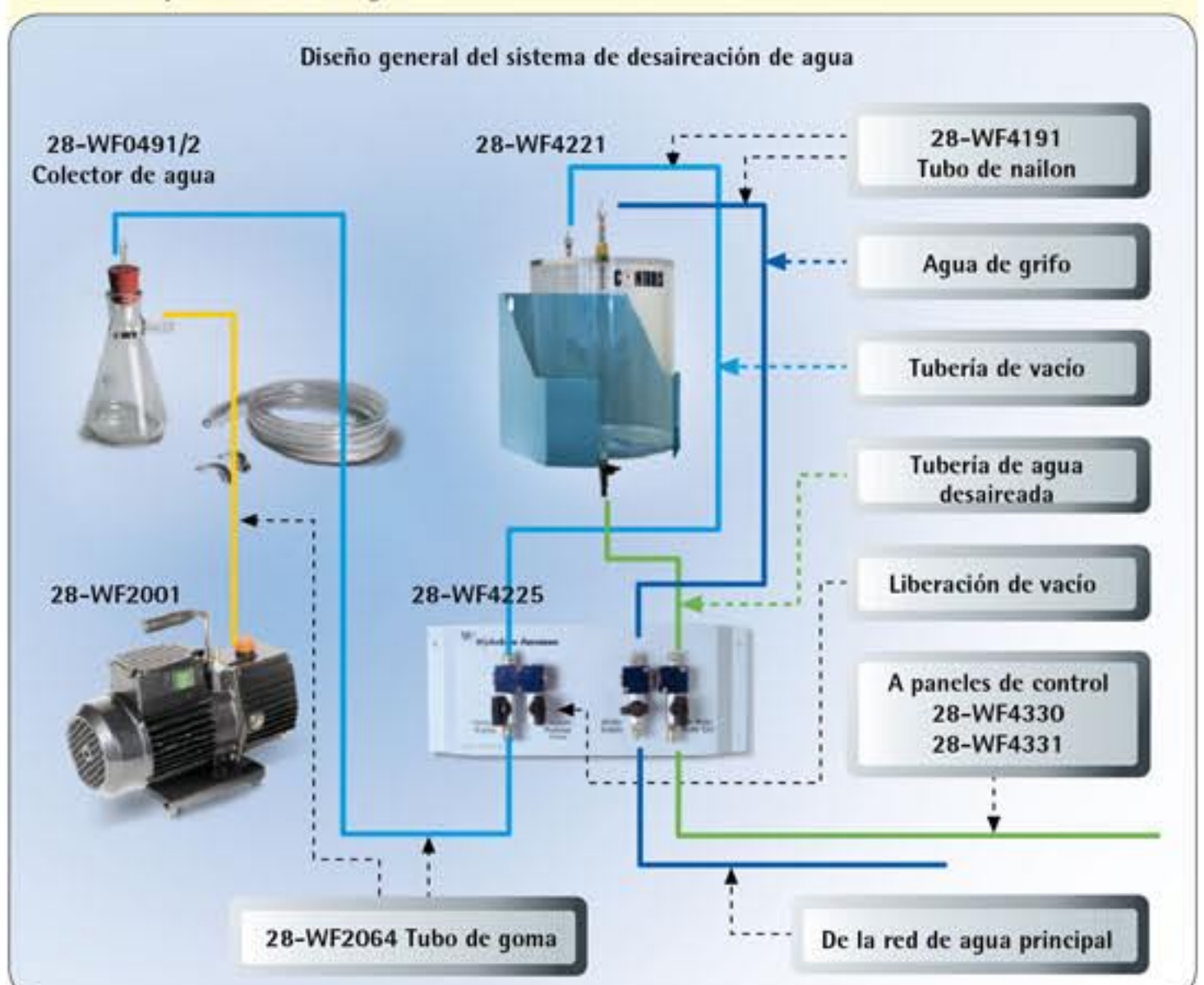
**Tubo de goma para bomba de vacío**

### ▶ COLECTOR DE AGUA

#### ■ 28-WF0491/2

**Colector de agua**

Para recoger el vapor de agua condensado. Se utiliza con los tanques 28-WF4220 y 28-WF4221 junto con la bomba 86-WF2004/A.



# Geotecnia: triaxial

Medición del cambio de volumen / compresores de aire

## ► MEDICIÓN DEL CAMBIO DE VOLUMEN

Ofrecemos dos modelos diferentes: el modelo estándar 28-WF4400 y el electrónico 28-WF4410 adecuado para conexión a una pantalla digital o a un sistema de adquisición de datos, como por ejemplo, nuestro modelo GEODATALOG 30-WF6016 (véase página 116)

### ■ 28-WF4400

**Aparatos de cambio de volumen de bureta doble**

#### Descripción general y especificaciones

El aparato está compuesto por dos tubos de medición que llevan una bureta de 25 ml instalada en su interior y un tubo acrílico exterior. Los tubos de las buretas están conectados directamente a un sistema de válvulas de inversión, que se utiliza para invertir la dirección de la trayectoria de la interfaz en los tubos de medición sin afectar a la dirección del flujo de agua desde o hacia la célula triaxial. La unidad también incluye un sistema de válvulas de derivación para cuando no se requiere medición de cambio de volumen. Presión de trabajo máxima 10 bar. Las buretas se han calibrado a la clase A.

📏 Dimensiones: 130x682x87 mm

📊 Peso aproximado: 3 kg



28-WF4400

#### Accesorios

- 28-WF4400/1 Paquete de hidrocarburo soluble rojo para 500 ml

### ■ 28-WF4410

**Aparato automático de cambio de volumen**

#### Descripción general y especificaciones

Cuando se conecta a una pantalla o a un sistema de adquisición de datos adecuados, el aparato emite una señal eléctrica directamente proporcional al volumen de agua que fluye a través de la unidad. El aparato está formado por un pistón conectado a un transductor lineal de 25 mm de recorrido y sellado a una cámara de calibración mecanizada con precisión para que el movimiento lineal del pistón sea exactamente proporcional al volumen del agua presente en la cámara de calibración.

El aparato incluye el panel con el sistema de válvula reversible para medir el flujo de agua en ambas direcciones.

Para usarse con los sistemas triaxiales automáticos también hay otra versión disponible: 29-WF4412 con microválvula electrónica para inversión del flujo por control a distancia en vez del sistema manual (véase página 107).

Capacidad básica: 100 cm<sup>3</sup>

Entrada de transductor: hasta 12 V CC

Precisión: ± 0,1 ml

📏 Dimensiones: 260x280x400 mm (largo x fondo x alto)

📊 Peso aproximado: 5 kg



28-WF4410

## ► COMPRESOR DE AIRE Y ACCESORIOS

### ■ 86-D2015

**Compresor de aire de laboratorio, presión máxima 10 bar, 50 l de capacidad 240 V, 50 Hz, monofásico.**

### ■ 86-D2015/Z

**Igual que el anterior, pero a 110 V, 60 Hz, monofásico.**

#### Especificaciones

Presión máxima: 1000 kPa

Presión de trabajo continua: 800 kPa

Capacidad del depósito: 50 litros

Suministro máximo de aire: 246 l/min

📏 Dimensiones: 985 x 395 x 820 mm (largo x ancho x alto)

Potencia: 1500 W

📊 Peso aproximado: 62 kg

### ■ 28-WF2016/1

**Acoplamiento para compresor de aire: 1/2" BSP a tubos de 8/6 mm**

### ■ 28-WF2016/2

**Filtro de aire/colector de agua para compresores de aire**



86-D2015



86-WF2016/2

# Geotecnia: triaxial

## Medición de la presión de agua intersticial

### ► MEDICIÓN DE LA PRESIÓN DE AGUA INTERSTICIAL

La presión intersticial se puede medir con la unidad de lectura electrónica 28-WF4450, que funciona con batería, conectada al transductor de presión 28-WF6300 con el bloque de desaireación 28-WF4459 instalado directamente en la célula triaxial.

#### ■ 28-WF4450

Unidad de lectura digital de tres canales para la medición de la presión intersticial. Funcionamiento con baterías

#### Descripción general y especificaciones

Este manómetro digital consta de una sección analógica estable a largo plazo y un convertidor de 16 bit A/D que garantiza 65.000 divisiones internas.

La unidad tiene tres baterías internas con una autonomía de 1 año, garantizada también por la función de conexión automática AUTO-POWER-OFF, que se activa si no se detecta algún cambio de medición en un periodo de 30 minutos. Tiene que conectarse a un transductor de presión adecuado, como nuestro modelo 82- WF6300 con el bloque de desaireación 28- WF4459.

La versión de 3 canales del modelo 28-WF4450 está equipada con un selector multiplexor.

#### Especificaciones

**Pantallas:** Pantalla de 4 líneas x 20 caracteres

**Unidades de medición (programable):** mbar, bar, MPa, kPa, psi

**Precisión:**  $\pm 0,20\%$  en toda la escala

**Velocidad de exploración:** 50 lecturas por segundo

**Dimensiones (largo x fondo x alto) :** 120x130x75 mm

**Peso aproximado:** 1 kg



- Programable en unidades del sistema británico o métrico
- Funcionamiento con baterías
- Función de valor máximo (positivo y negativo)

28-WF4450 con tres 28-WF6300

### ► TRANSDUCTORES DE PRESIÓN

#### ■ 28-WF6300

Transductor de presión de 10 bar

#### ■ 28-WF6301

Transductor de presión de 20 bar

#### ■ 28-WF6302

Transductor de presión de 35 bar

#### ■ 28-WF6310

Bloque de desaireación para transductor de presión, para células triaxiales acanaladas

#### ■ 28-WF4459

Bloque de desaireación para transductor de presión, para células triaxiales estándar



28-WF6300 con 28-WF4459

#### Accesorios

► 30-WF6044 Cable de extensión para transductor de 12 m

► 30-WF6042 Cable de extensión para transductor de 6 m



28-WF6300 con 28-WF6310

## ► CONSOLIDACIÓN DE MUESTRAS

### ■ NORMAS

ASTM D4767-95 / BS 1377: Part 8: 1990 / CEN-ISO/TS17892-9

### ■ 28-WF0493

**Bastidor de carga de consolidación para tres unidades**

#### Descripción general

Este aparato ha sido diseñado para reducir el tiempo de ejecución de los ensayos triaxiales, en los que solo hay una máquina disponible. Con este equipo se puede ejecutar la fase de consolidación de tres muestras triaxiales a la vez para ensayos CU y CD, en los que:

- Se tiene que medir la compresión vertical de la muestra
- Se tiene que ejecutar la consolidación anisotrópica.

Está compuesto por un banco de acero con tres bastidores de carga y placas de centrado. Es compatible con todas nuestras células triaxiales (28-WF0410/A, 28-WF0411/A, 28-WF0416/A, 28-WF4050, 28-WF4070, 28-WF4100) y las muestras triaxiales de 35 a 100 mm de diámetro.

El aparato puede utilizarse también con células triaxiales de otros fabricantes, siempre que estén equipadas con un orificio de centrado de 13 mm de diámetro x 3 mm de profundidad. Los bastidores de consolidación pueden estar equipados con una palanca de amplificación de la carga para reducir el número de pesas necesario para la consolidación anisotrópica (véase accesorios). Las pesas pueden situarse en el soporte colgante central o en el soporte colgante de la palanca.

Las pesas de los bastidores de carga se han reducido al mínimo para que no sea necesario el uso de un contrapeso en el bastidor.

**Dimensiones del banco:** 1.300 x 585 mm

**Dimensiones totales (alto x fondo x largo):** 1300x800x970 mm

**Peso total:** 145 kg aprox.



Detalle de la palanca de amplificación de la carga del 28-WF0493, de proporción 10:1



28-WF0493 con células triaxiales, relojes comparadores, palanca de amplificación de la carga y pesas

- Para ejecutar simultáneamente la etapa de consolidación anisotrópica de tres muestras triaxiales
- Para reducir el tiempo del ensayo cuando solo se dispone de una máquina de compresión triaxial
- Para células triaxiales con muestras de hasta 100 mm de diámetro
- Diseño ergonómico para un mejor aprovechamiento del espacio en el laboratorio



28-WF0493 Detalle del bastidor superior con la rueda para ajustar y nivelar la posición de la palanca de amplificación de la carga en cada una de las células triaxiales. La placa base también es compatible con células triaxiales de otros fabricantes siempre que estén equipadas con un orificio de centrado de 13 mm de diámetro por 3 mm de fondo.

#### Accesorios

Código	Descripción
<b>Pesas ranuradas</b>	
<b>28-WF0493/1</b>	Juego de pesas para muestras de 35 a 70 mm de diámetro Cada juego, adecuado para un bastidor individual con palanca de amplificación de la carga, está compuesto por
	4 x Pesa de acero ranurada de 250 g
	4 x Pesa de acero ranurada de 500 g
	4 x Pesa de acero ranurada de 1 kg
	4 x Pesa de acero ranurada de 2 kg
	4 x Pesa de acero ranurada de 4 kg
<b>28-WF0493/2</b>	Juego de pesas adicional para muestras de hasta 100 mm de diámetro Este juego, adecuado para un bastidor individual con palanca de amplificación de la carga, se utiliza como complemento del juego de pesas 28-WF0493/1 con muestras de consolidación anisotrópica de gran tamaño. Compuesto por:
	4 x Pesa de acero ranurada de 8 kg
<b>Palanca de amplificación de carga</b>	
<b>28-WF0493/3</b>	Palanca de amplificación de carga, proporción 10:1. Para amplificar la carga axial en las células triaxiales. La palanca se suministra equipada con un soporte de gato roscado con asa
<b>Relojes comparadores y transductores axiales</b>	
<b>30-WF6402</b>	Reloj comparador de 30 x 0,01 mm
<b>30-WF6403</b>	Reloj comparador de 50 x 0,01 mm
<b>30-WF6208</b>	Transductor de deformación axial de 25 mm de desplazamiento
<b>30-WF6209</b>	Transductor de deformación axial de 50 mm de desplazamiento
<b>28-WF1048/T</b>	Soporte de montaje para relojes comparadores y transductores axiales
<b>Pieza de sujeción</b>	
<b>28-WF0410/A4</b>	Pieza de sujeción para mantener el pistón de la célula triaxial en contacto con la muestra (para utilizarla solo con la serie de células 28-WF0410/A a 28-WF0416/A)

# Geotecnia: permeabilidad del suelo

Células de permeabilidad para muestras de suelo normales y contaminadas

## ▶ CÉLULAS DE PERMEABILIDAD

Las células de permeabilidad están disponibles tanto en latón para uso normal como en acero inoxidable para materiales contaminados. Los tapones superiores y pedestales están disponibles para materiales normales y contaminados.

Se recomienda instalar la unidad de interfaz tóxica entre el panel de control y las células de permeabilidad para evitar que las sustancias permeables tóxicas entren en el panel de control.

Esto también evita el contacto del aire con la sustancia permeable, por lo que los vapores tóxicos o corrosivos no podrán pasar al laboratorio.

### ■ 28-WF0194/A

Célula con válvulas de latón para uso normal

### ■ 28-WF0194/B

Célula con válvulas de acero inoxidable para su uso con suelos contaminados



28-WF0194/A



28-WF0194/3

## TAPONES SUPERIORES Y PEDESTALES BASE

Código	Aplicación	Tamaño de muestra
28-WF0194/A1	Uso normal	70 mm
28-WF0194/A2	Uso normal	100 mm
28-WF0194/B1	Materiales contaminados	70 mm
28-WF0194/B2	Materiales contaminados	100 mm

## Accesorios de muestra

	70 mm	100 mm
Discos porosos	28-WF4074	28-WF4104
Membranas	28-WF4075	28-WF4105
Juntas tóricas	28-WF4076	28-WF4106
Herramienta de colocación de juntas de sellado	28-WF4071/B	28-WF4101/B
Dispositivo de succión	28-WF4071/A	28-WF4101/A
Molde partido de dos piezas	28-WF4071/D	28-WF4101/D

## ACCESORIOS PARA ENSAYOS DE MATERIALES CONTAMINADOS

Código	Peso aproximado
28-WF0194/3 Cámara de interfaz tóxica	3 kg

## CONFIGURACIÓN TÍPICA DE UN SISTEMA DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD CON CÉLULAS DE PERMEABILIDAD PARA MUESTRAS DE SUELO NORMAL O CONTAMINADO

Code	Description	Q.ty
28-WF0194/A	Célula con válvula de latón	1
28-WF0194/B	Célula para suelos contaminados*	1
28-WF0194/A2	Tapón superior y pedestal base	1
28-WF0194/B2	Tapón superior y pedestal para materiales contaminados*	1
28-WF0194/3	Cámara de interfaz tóxica*	2
28-WF4105	Membranas de goma (10 unidades)	1
28-WF4106	Anillos de sellado (10 unidades)	1
28-WF4101/A	Tensor de membrana	1
28-WF4101/D	Molde partido	1
28-WF4101/B	Herramienta de colocación de juntas de sellado	1
28-WF6300	Transductor de presión de 10 bar	2
28-WF6310	Bloque de desaireación	2
28-WF4450	Unidad de lectura digital de tres canales	1
28-WF4331	Panel de control de presión, 3 tubos	1
28-WF4330/2	Manómetro digital	1
28-WF4400	Cambio de volumen de bureta doble	2
28-WF4220	Tanque de desaireación de 23 litros de capacidad	1
28-WF4202	Aparato de desaireación de agua	1
28-WF4191	Tubo de nailon de 6 x 8 mm de diámetro, 10 m	2
86-D2015	Compresor de aire, 50 litros	1
28-WF2016/2	Filtro de aire/colector de agua para compresor de aire	1
28-WF4320	Cilindro de aire/agua de tipo "Bladder"	3

\* Solo para ensayos de material contaminado

# Geotecnia: permeabilidad del suelo

Determinación de la permeabilidad en una célula triaxial

## ► DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN UNA CÉLULA TRIAXIAL

### 📄 NORMAS

ASTM D5084 / BS 1377:6 /  
CEN-ISO/TS17892:11

### Sistema de ensayo de permeabilidad de materiales porosos saturados de agua

Este sistema se ha desarrollado para la medición en laboratorio de la conductividad hidráulica (coeficiente de permeabilidad) de materiales porosos saturados de agua.

El ensayo se ejecuta con una célula triaxial equipada con 5 válvulas de cambio no volumétrico: 2 para el drenaje superior, 2 para el drenaje inferior y 1 para la presión de la célula. La célula está conectada a tres sistemas de presión independientes para el fluido de la célula, la línea de drenaje a la parte superior de la muestra y la línea de drenaje a la base de la muestra.

El sistema de ensayo completo está compuesto por los siguientes elementos:

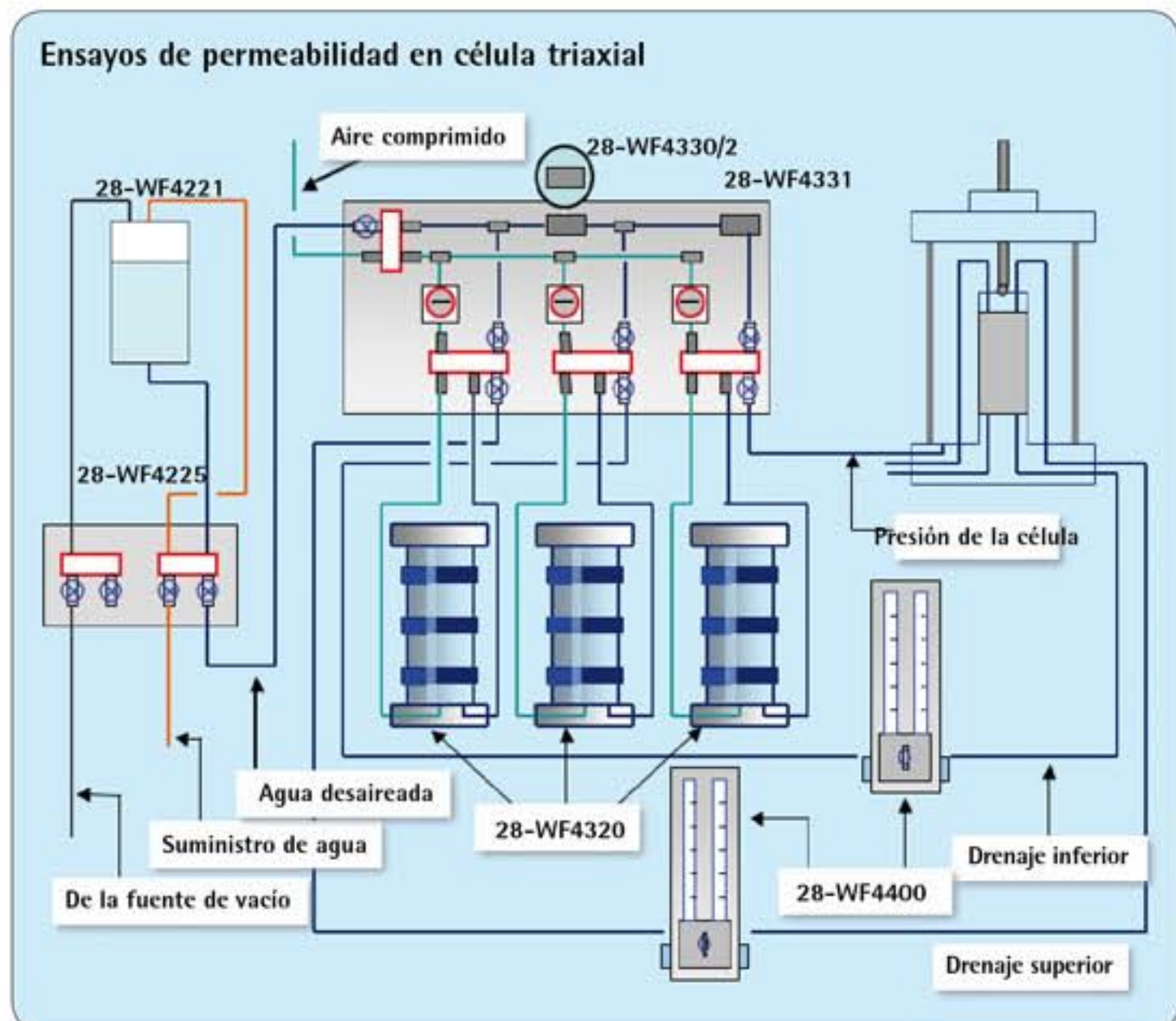
- Célula triaxial para muestras de 38 ó 100 mm
  - Panel de control de presión, tres tubos de presión
  - Tres aparatos de cambio de volumen de bureta doble
  - Sistema de presión de aire/agua de tipo "Bladder"
  - Sistema de agua desaireada y accesorios.
- El ensayo puede ejecutarse también utilizando tres células triaxiales.  
La tabla incluye una lista completa de elementos.

### CONFIGURACIÓN TÍPICA DE UN SISTEMA DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD CON UNA CÉLULA TRIAXIAL PARA MUESTRAS DE 70 MM DE DIÁMETRO

Code	Description	Q.ty
28-WF4070	Célula triaxial acanalada de 70 mm de diámetro	1
28-WF4071	Pedestal	1
28-WF4072	Tapón superior con tubos de drenaje	1
28-WF4074	Par de discos porosos	1
28-WF4075	Membranas de goma (10 unidades)	1
28-WF4076	Junta tórica (paquete de 10)	1
28-WF4071/A	Tensor de membrana	1
28-WF4071/B	Herramienta de colocación de juntas tóricas	1
28-WF4071/C	Molde partido de tres piezas	1
28-WF4071/D	Molde partido de dos piezas	1
28-WF4071/F	Discos de filtro (paquete de 100)	1
28-WF4071/G	Tomamuestras de mano	1
28-WF6300	Transductor de presión	2
28-WF6310	Bloque de desaireación	2
28-WF4450	Unidad de lectura digital de tres canales	1
28-WF4331	Panel triaxial para tres conductos de presión	1
28-WF4330/2	Manómetro digital	1
28-WF4320	Cilindro de aire/agua de tipo "Bladder"	3
28-WF4400	Aparatos de cambio de volumen de bureta doble	2
28-WF4221	Tanque de desaireación de 23 l de capacidad	1
28-WF2001	Bomba de vacío	1
28-WF0491/2	Colector de agua	1
28-WF2064	Tubo de goma	1
28-WF4225	Panel con válvula para tanque de desaireación	1
86-D2015	Compresor de aire	1
28-WF2016/2	Filtro de aire/colector de agua	1
28-WF0490	Tubo de nailon 4 x 6 mm, 20 m	2



28-WF4070



# Geotecnia: triaxial

Ensayos no saturados

## ENSAYOS NO SATURADOS

### Introducción

La mayoría de libros y cursos de mecánica de suelo suponen que los suelos están totalmente saturados, pero en buena parte del mundo existen en un estado no saturado. Esto es así sobre todo en las regiones tropicales y áridas; incluso en zonas climáticas templadas, los suelos por encima del nivel freático pueden mantenerse no saturados.

Un suelo saturado es aquel donde todos los huecos entre las partículas de suelo están llenos de agua. Un suelo no saturado contiene tanto aire como agua dentro de los huecos del suelo. La presencia de fuerzas de tensión de superficie en la interfaz entre el aire y el agua dentro de un suelo no saturado permite que existan distintas presiones en el aire y el agua. En un suelo no saturado en el campo, la presión de aire intersticial suele estar a la presión atmosférica y la presión de agua intersticial es inferior a la presión del aire.

Como normalmente consideramos la presión atmosférica como presión cero, esto hace que la presión del agua intersticial sea negativa (puesto que será inferior a la atmosférica). Llamamos a esta presión negativa "succión", ya que si el suelo se pone en contacto con agua a presión atmosférica, absorberá agua hacia el suelo.

el suelo no saturado puede comportarse de forma diferente a lo que se espera de un suelo saturado, por ejemplo, suelos que se pueden hundir, en los que el cambio en el contenido de humedad puede producir una reducción repentina del volumen y también tener un efecto drástico en la fuerza del material.

La diferencia básica entre el ensayo triaxial de una muestra de suelo en un estado saturado respecto a un estado no saturado se puede resumir de la siguiente manera:

- El comportamiento de un suelo saturado se controla íntegramente mediante la presión de tensión total y la del agua intersticial (mediante la tensión efectiva). Las presiones positivas de agua intersticial están separando las partículas, por lo que se reduce la resistencia del suelo.
- En un suelo no saturado tanto el aire como el agua llenan los huecos y las fuerzas de tensión de superficie crean una presión negativa de agua intersticial (o succión). Esta succión une las partículas de suelo y aumenta la resistencia del suelo.

