

Geotecnia: ensayos de suelos avanzados

Sistema triaxial de trayectoria de tensión / cíclica (continuación)

► SISTEMAS TRIAXIALES CÍCLICOS:

■ 31-WF7050

Sistema triaxial dinámico, bastidor de carga de 50 kN, controlado por PC con IMACS de 20 bit y 13 canales, accionador de 5 kN y receptor de aire. 110-240 V, 50-60 Hz, monofásico.

■ 31-WF7100

Sistema triaxial dinámico, bastidor de carga de 100 kN, controlado por PC con IMACS de 20 bit y 13 canales, accionador de 5 kN y receptor de aire. 110-240 V, 50-60 Hz, monofásico.

Descripción general y características principales

El sistema triaxial cíclico controlado por realimentación aplica una carga cíclica o dinámica a la muestra de suelo. El sistema es un sistema servoneumático (circuito cerrado) controlado digitalmente que controla tres parámetros: desplazamiento o carga axial, presión de confinamiento y contrapresión.

El sistema básico incorpora un sistema de control multiteje integrado (IMACS), un accionador controlado digitalmente de 5 kN, bastidor de carga Trittech 50, receptor de aire auxiliar completo con dos servoválvulas para control de presión de célula y contrapresión, dos filtros de aire y cables asociados. El sistema se suministra completo con software de trayectoria de tensión / cíclica.

Un accionador neumático controlado digitalmente de doble acción aplica la carga axial. Esta carga cíclica se puede aplicar en carga (N), tensión (kPa), desplazamiento (mm) o deformación (%). Las válvulas neumáticas controladas digitalmente aplican presiones de confinamiento y contrapresiones. Los ensayos dinámicos se llevan a cabo generalmente junto a condiciones estáticas impuestas de tensión sobre las muestras de suelo. Esto significa que la muestra, además de aplicar acciones dinámicas, se puede saturar, consolidar en diferentes niveles de tensión (isotrópico, anisotrópico, K0, etc.) y provocar su rotura en unas condiciones monotónicas estáticas.

NOTA

31-WF7101 Sistema triaxial dinámico de bastidor de carga de 100 kN con accionador de 14 kN; está disponible previa solicitud. Póngase en contacto con nuestro departamento de ventas para obtener más información

Características principales

- Consolidación K0
- Ensayo de trayectoria de tensión
- Ensayos triaxiales estáticos y dinámicos en el mismo bastidor
- Carga cíclica de ± 5 kN
- Hasta 25 kN en corte
- Frecuencia del accionador 0-70 Hz
- Medición de la licuefacción en arenas y sedimentos de suelos
- Simulación de sucesos sísmicos naturales y creados por el hombre
- Tres ejes de control de circuito cerrado:
 - carga o desplazamiento vertical
 - presión de la célula
 - contrapresión



31-WF7050 sistema triaxial dinámico con 28-WF4070/P TRI-CELL Plus

El sistema triaxial cíclico estático y dinámico se ha diseñado para realizar los siguientes ensayos:

- Ensayos triaxiales estándar (UU, CU, CD) incluyendo saturación, consolidación isotrópica y anisotrópica con mediciones de la presión intersticial y cambio de volumen.
- Ensayos de trayectoria de tensión, incluyendo consolidación K0
- Carga cíclica
- Resistencia al corte y deformación dinámicas
- Potencial de licuefacción
- Relación de amortiguación y módulo de corte

El sistema puede funcionar con distintos modelos de células triaxiales para tamaños de muestras de 50, 70 y 100 mm (véase accesorios).

Cada uno de los dos sistemas incluye:

- Bastidor de carga (50 o 100 kN de capacidad)
- Accionador de 5 kN con transductor de desplazamiento coaxial
- IMACS para control y adquisición de datos
- Los módulos de software descritos más arriba.

Los transductores y células triaxiales (modelos Tri-Cell Plus) no se incluyen con el sistema básico y se tienen que pedir por separado dependiendo de las características de la muestra. Véase páginas 86 a 89.

► DESCRIPCIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES continuación

Bastidores de carga

Las máquinas triaxiales estándar básicas Tritech 50 y Tritech 100 se han modificado para incluir el accionador neumático montado en el travesaño. El accionador tiene un mecanismo de bloqueo diseñado específicamente, que bloqueará cualquier posición dentro de su recorrido. Luego se puede alcanzar un corte de carga superior a la capacidad del accionador usando el bastidor de carga Tritech. Esto permite cortar la muestra al final de la fase dinámica. Cuando se realiza un ensayo dinámico, el accionador neumático se podrá mover libremente; para ensayos monotónicos el accionador se bloquea para evitar tomar carga.

Accionador

Es un accionador neumático de doble acción controlado digitalmente. Requiere un suministro de aire mínimo de 800 kPa para su funcionamiento.

Señales aplicadas al convertidor de tensión / presión del IMACS permite el ajuste controlado por ordenador de las cargas aplicadas a la muestra. El accionador tiene un transductor de desplazamiento integral que permite realizar ensayos bajo control de carga y desplazamiento.

El accionador puede generar frecuencias de hasta 70 Hz. Pero la velocidad del ensayo depende realmente del tipo de muestras que se van a comprobar y las condiciones de ensayo. Los materiales blandos tendrán un mayor desplazamiento bajo carga, lo que significa que el accionador tendrá que moverse más, las muestras rígidas pueden requerir cargas mayores, lo que reducirá la frecuencia. Esto no es un problema cuando se están comprobando suelos, sobre todo si el ensayo es para licuefacción. En este caso, las cargas y la frecuencia serán muy bajas.

El rendimiento de alta frecuencia del servoaccionador se muestra en el siguiente gráfico (véase página siguiente). Muestra la fuerza máxima obtenible a una frecuencia dada para carga sinusoidal.

Sistema de control multieje integrado (IMACS)

El IMACS es una unidad compacta autocontenida que proporciona todas las funciones esenciales de control, tiempo y adquisición de datos para el ensayo y los transductores. El IMACS está vinculado a un ordenador personal mediante el enlace de comunicaciones USB.

El módulo de adquisición de datos tiene 13 canales de entrada de transductor normalizados (ámbito ± 10 V) Estos canales se digitalizan mediante convertidores de alta velocidad de 20 bit (A/D) para análisis y conservación de datos.

El módulo de control tiene tres canales para control de realimentación. Uno es para el accionador, para la carga / desplazamiento vertical, el segundo para la presión de la célula y el tercero para la contrapresión.

El módulo de control de realimentación y el módulo de adquisición de datos tiene su propio USB de alta velocidad 10 Mb/s o interfaz RS232 dedicado,

lo que permite una comunicación ininterrumpida y simultánea que posibilita una mayor velocidad de funcionamiento y flexibilidad.

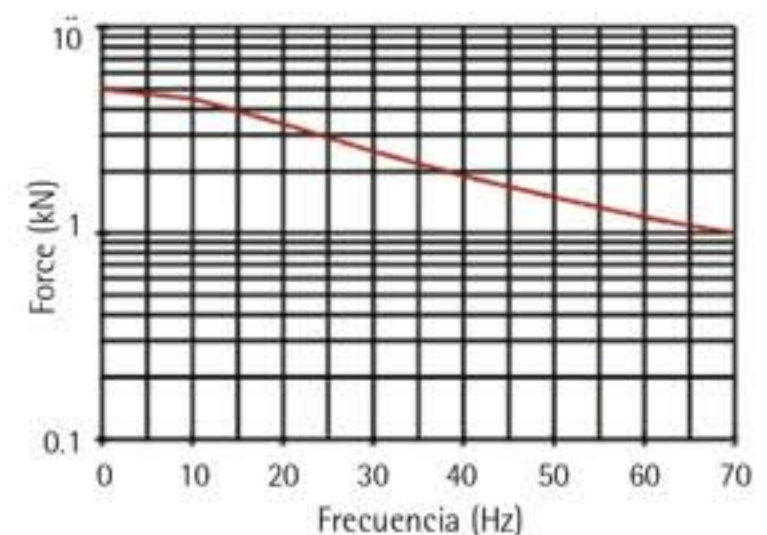
Supervisado por el PC, el IMACS controla automáticamente el manejo de la carga para tipos individuales de ensayos. El IMACS controla directamente la servoválvula para aplicar el ritmo de carga o la forma de onda, célula y contrapresión requeridas. Mientras la muestra está sujeta a fuerzas de carga, el IMACS captura datos de los transductores y los transfiere, a través del enlace USB o RS232, al PC para su procesamiento, visualización y almacenamiento.



Accionador



Sistema de control



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo de bastidor	31-WF7050	31-WF7100
Capacidad	50 kN	100 kN
Luz vertical máxima	1000 mm	1040 mm
Distancia de separación horizontal máxima	335 mm	390 mm
Diámetro de la placa	158 mm	158 mm
Carga monotónica máxima	50 kN	100 kN
Desplazamiento monotónico máximo	100 mm	100 mm
Accionador y sistema de control		
Carga dinámica	± 5 kN con resolución de 0,1 kN	
Desplazamiento dinámico	± 15 mm con resolución de 1 micrón	
Presión	1.000 kPa con res. 0,1	1.000 kPa con res. 0,1
Frecuencia máxima del accionador	70 Hz	70 Hz
Velocidad monotónica máxima	9.99999 mm/min	9.99999 mm/min
Velocidad monotónica mínima	0.00001 mm/min	0.00001 mm/min
Especificaciones físicas		
Dimensiones (alxanxfo)	1460x503x380mm	1700x703x503mm
Peso aproximado	98 kg	330 kg
Nº de ejes controlados digitalmente	3 (carga o desplazamiento vertical, presión de la célula, contrapresión)	
Nº de canales de adquisición de datos	13	
Procesador módulo I/O	32 bit RISC	
Puertos de comunicación	USB or RS 232	
Transferencia de datos por USB	10 Mb/s	
Transferencia de datos RS 232 C	115 Kb/s	

Geotecnia: ensayos de suelos avanzados

Sistema triaxial de trayectoria de tensión / cíclica (continuación)

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Entorno Windows para ensayos múltiples que proporciona los siguientes módulos de programas:

- ASTM D5311-2004 Método de ensayo estándar para resistencia triaxial cíclica de carga controlada del suelo
- ASTM D3999-2003 Método de ensayo estándar para determinar el módulo y las propiedades de amortiguación de los suelos
- Ensayo de tensión cíclica (seno, cuadrado, coseno estándar, etc.)
- Ensayo de deformación cíclica (seno, cuadrado, coseno estándar, etc.)
- Función de reproducción que permite formas de ondas definidas por el usuario de hasta 40.000 puntos
- Licuefacción
- Trayectoria de tensión
 - con aumento / reducción de la tensión radial
 - con aumento / reducción de la tensión axial
- Consolidación:
 - en una proporción fija o variable
 - isotrópica
 - anisotrópica
 - K_0 por incremento de tensión radial
 - K_0 por incremento de tensión axial
- Ensayos triaxiales UU, CU, CD estándar
 - Saturación:
 - con aumento de presión por pasos estándar o automático con valores de incremento y diferenciales a introducir por el usuario
 - saturación completa con opción de comprobación B
- Ensayo monotónico:
 - compresión estática con carga axial
 - extensión estática con carga axial

Esta página de configuración para el triaxial cíclico proporciona las siguientes opciones:

Saturación

Pasos de presión incremental
Saturación continua

Consolidación

Isotrópica y anisotrópica
 k_0 con aumento de tensión axial o radial

Trayectoria de tensión

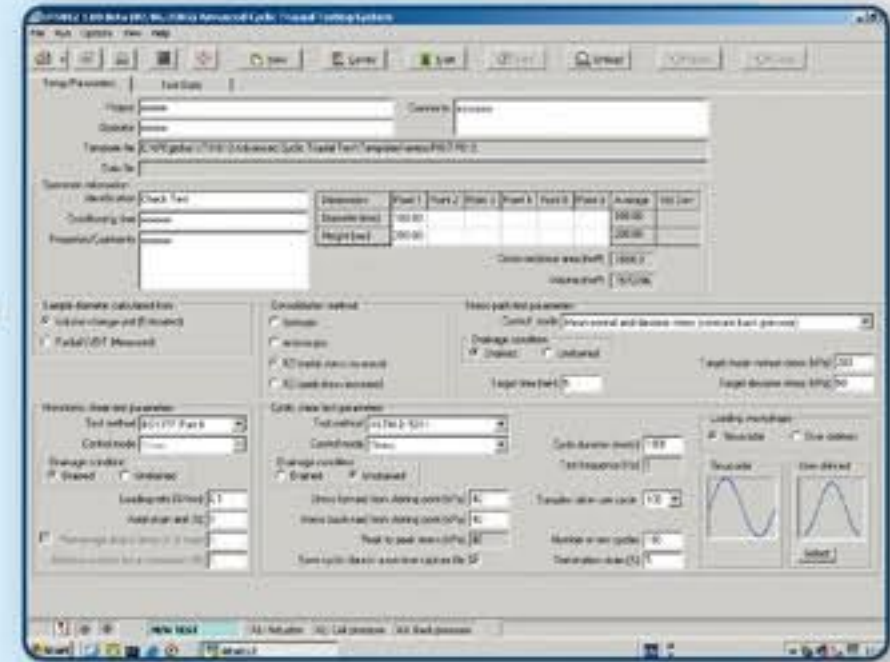
Tensión normal y de desviador media
Tensión normal y de desviador media efectiva
Esfuerzo cortante medio y máximo
Esfuerzo cortante efectivo medio y máximo
Presión de carga de célula y contrapresión
Presión de tensión de desviador y contrapresión

Corte cíclico

ASTM D5311, D3999 método A y B

Corte monotónico

Drenado y no drenado respecto a BS 1377, ASTM D4767 o no estándar

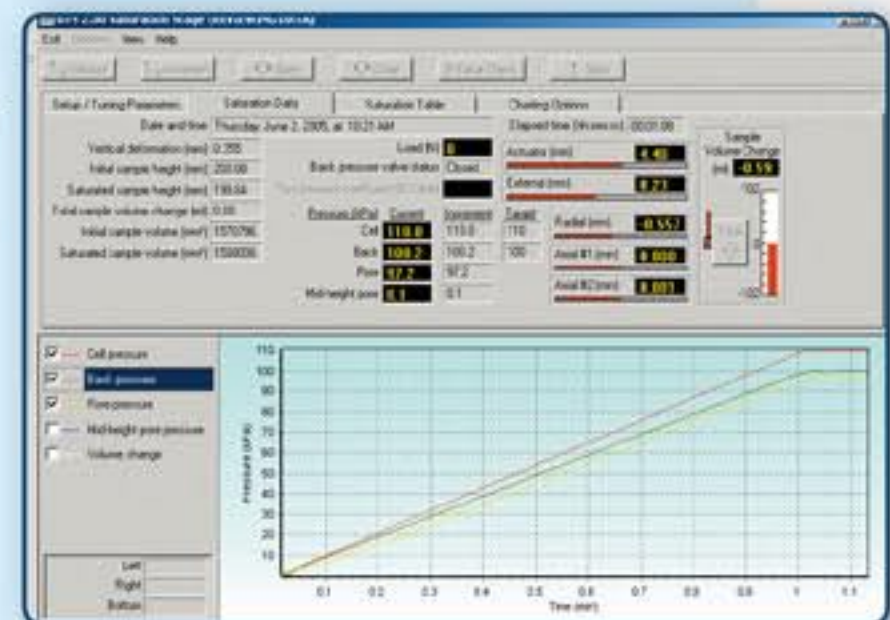


Saturación

Esto sigue la saturación incremental según BS 1377-1990, pero es flexible y permite usar otros métodos. La pantalla permitirá aplicar incrementos de presión de célula y contrapresión con el valor B visualizado en la fase de presión de la célula.

Pantallas de gráficos

Presión de célula en el tiempo
Presión intersticial en el tiempo
Contrapresión en el tiempo
Cambio de volumen en el tiempo



Consolidación isotrópica

Esta fase permitirá aplicar la tensión efectiva en fases incrementales o en una fase variando la presión de célula o contrapresión. El programa le permite aplicar aumentos de presión y reducción de contrapresión.

Pantallas de gráficos

Presión de célula en el tiempo
Presión intersticial en el tiempo
Contrapresión en el tiempo
Cambio de volumen en el tiempo

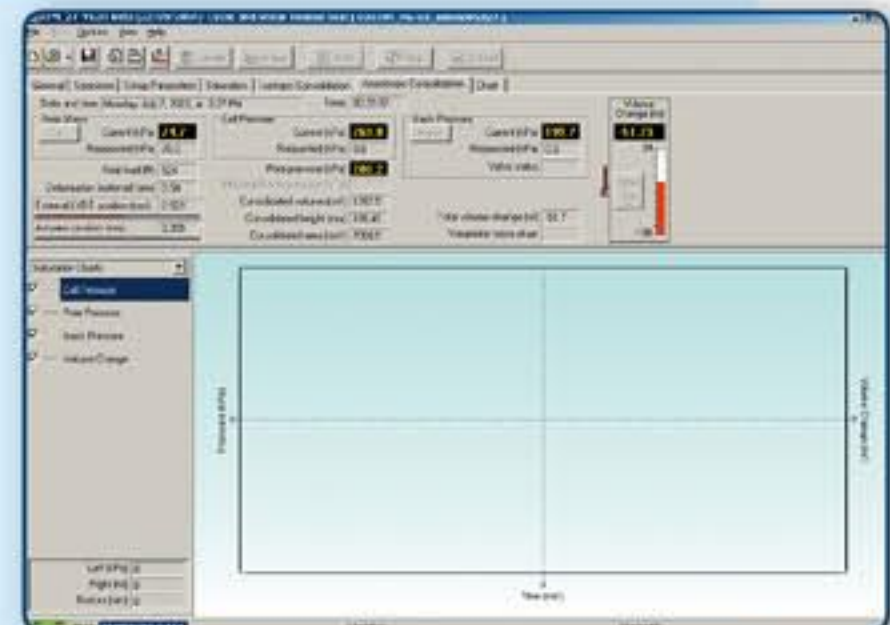


Consolidación anisotrópica

Esta fase permite aumentar o reducir la tensión axial en pasos incrementales.

Pantallas de gráficos

Tensión axial en el tiempo
Cambio de volumen en el tiempo



DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

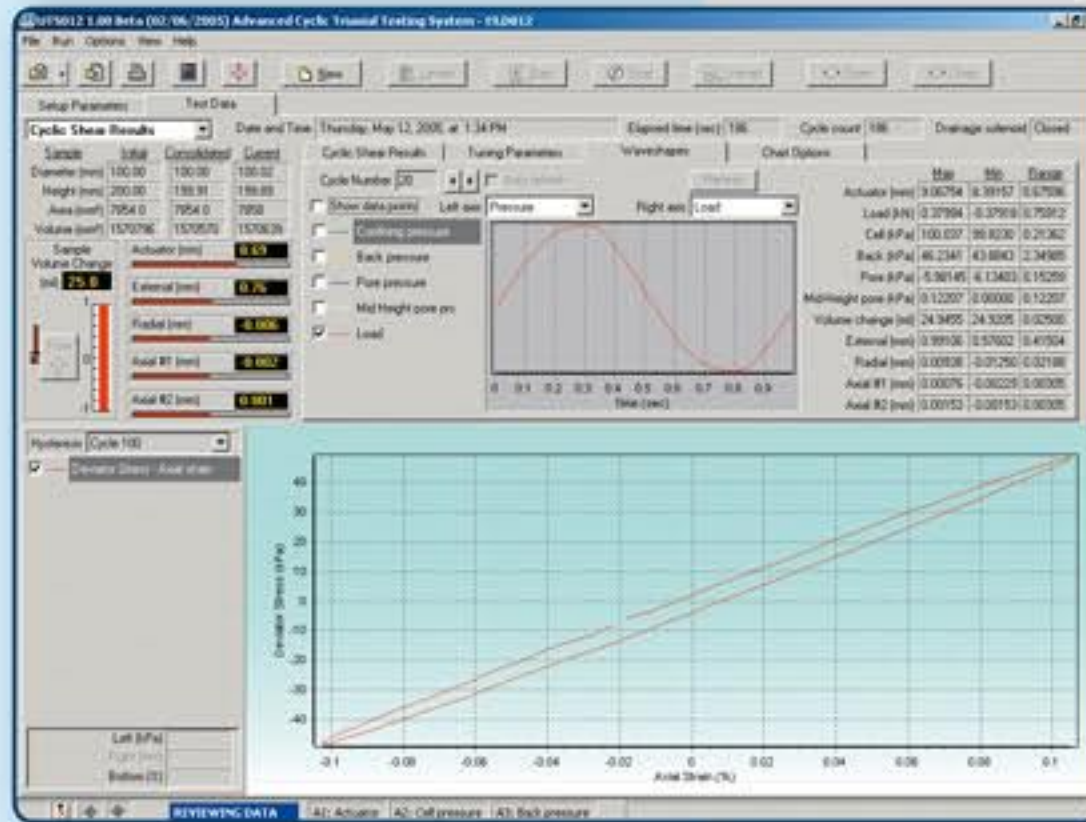
continuación

Cíclico

La fase cíclica se aplica a la carga cíclica específica a la muestra. Esta pantalla muestra todos los valores que varían durante la fase cíclica.

Pantallas de gráficos

- Tensión cíclica media en el tiempo
- Tensión máxima en compresión respecto a ciclos
- Tensión máxima en extensión respecto a ciclos
- Deformación en compresión respecto a ciclos
- Deformación en extensión respecto a ciclos



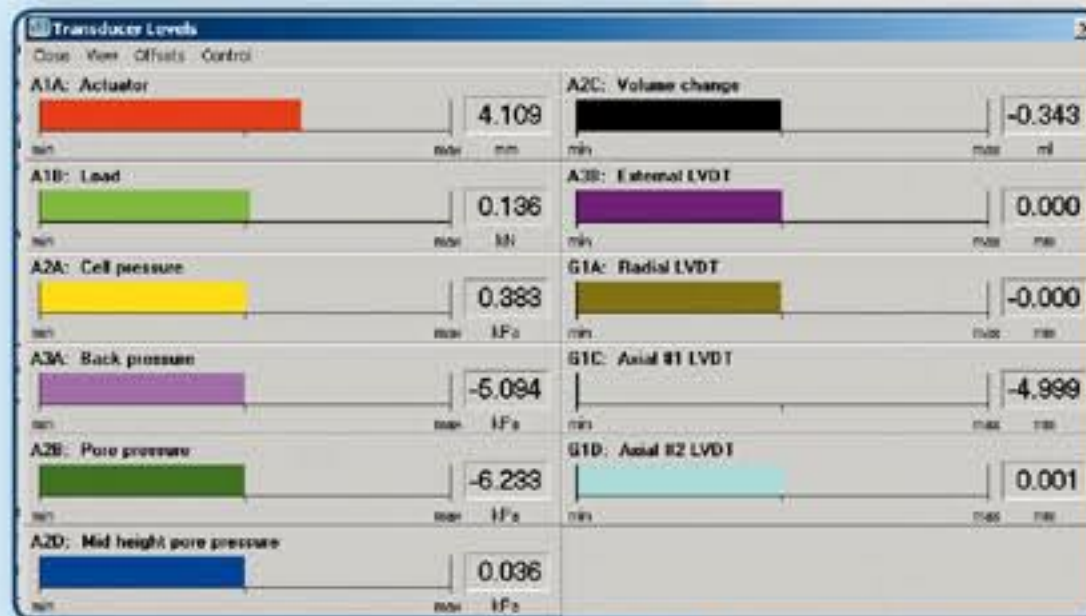
Ubicación de los transductores

Los transductores se pueden ubicar desde el archivo a la configuración del ensayo

Function	Input	Gain	Input Description	File Name	Transducer Description	Date	Units	Span	Offset	Curve
Control 1	A14	x1	Actuator	A514 01 cal	LVD1 5kN CD0A514 01 +/- 15mm	12/04/05	mm	30	0	No
Control 1	A1B	x1	Load	Load cell 5kN (SN 2)	Load cell 5kN (SN 25160)	11/05/05	kN	10	0	No
Control 2	A2A	x1	Cell pressure	Cell Pressure Transd.	Cell Pressure Transducer (SN 2)	12/05/05	kPa	2000	0	No
Control 3	A3A	x1	Back pressure	Back Pressure Transd.	Back Pressure Transducer (SN 2)	11/05/05	kPa	2000	0	No
Acq'n	A2B	x1	Pore pressure	Pore Pressure Transd.	Pore Pressure Transducer (SN 2)	11/05/05	kPa	2000	0	No
Acq'n	A2D	x1	Mid height pore pressure	Outer Cell Pressure	Outer Cell Pressure Transducer	30/03/02	kPa	2000	0	No
Acq'n	A2C	x1	Volume change	Sample Volume Cha.	Sample Volume Change (SN 0...	11/5/02	ml	204.04	0	No
Acq'n	A3B	x1	External LVD1	Vertical Displacement	Vertical Displacement	15/12/03	mm	50	0	No
Acq'n	G1A	x1	Radial LVD1	Radial Strain cal	Radial Strain	26/05/05	mm	10	0	No
Acq'n	G1C	x1	Axial R1 LVD1	Axial Strain 1 cal	Axial Strain 1	26/05/05	mm	10	0	No
Acq'n	G1D	x1	Axial R2 LVD1	Vertical Displacement	Vertical Displacement	15/12/03	mm	50	0	No

Niveles

Esta parte del software muestra todas las lecturas en tiempo real de los transductores con número de serie, nombre, luz y recuentos informáticos. También se usan para calibrar los transductores lineales/no lineales.



Geotecnia: ensayos de suelos avanzados

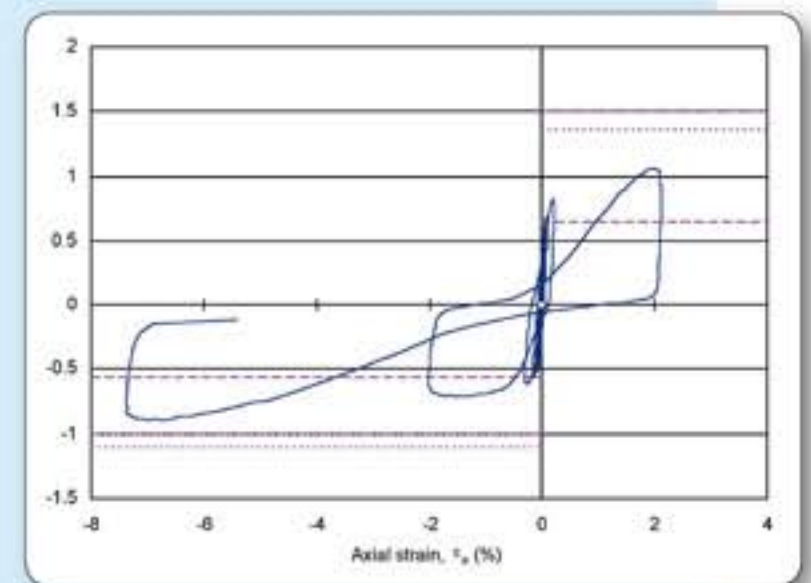
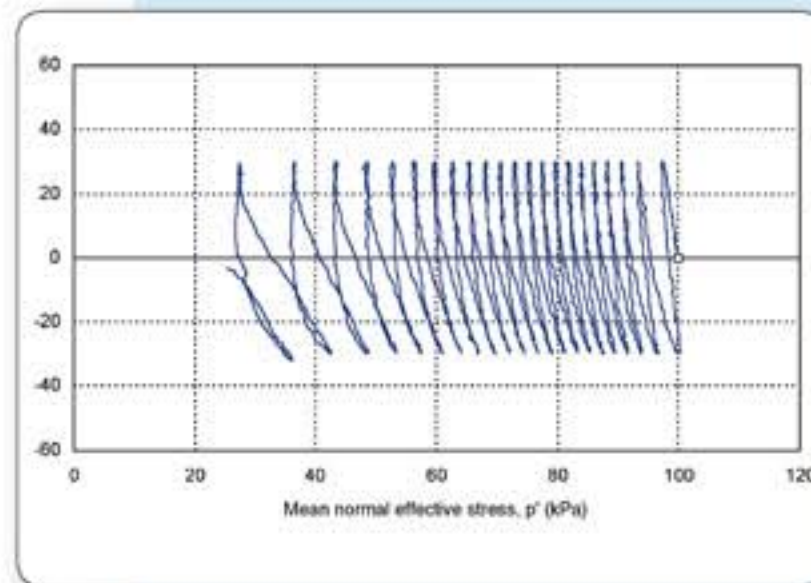
Sistema triaxial de trayectoria de tensión / cíclica (continuación)

EJEMPLOS DE DATOS DE ENSAYOS TRIAXIALES CÍCLICOS

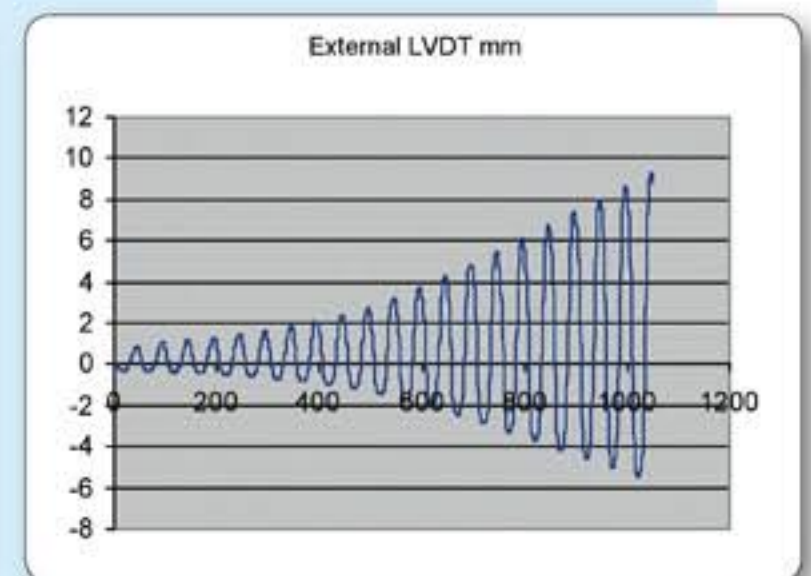
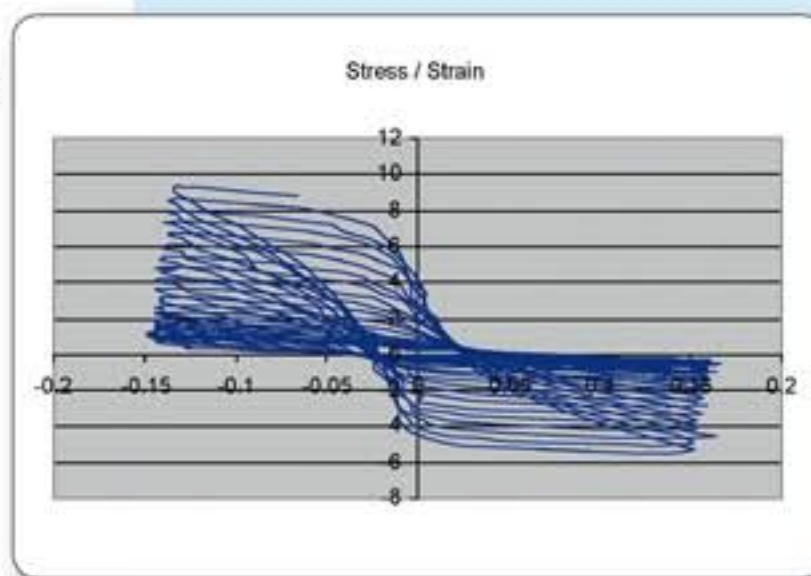
Datos de T. Higuchi, Universidad de Durham
Lectura final de los parámetros medidos:

Tiempo de carga (hh:mm:ss)	00:04:20	Recuento de impulsos	26
Presión de célula media, kPa	299,1	área de consolidación media, mm ²	1092,68
Exceso de presión intersticial máxima, kPa	85,6	altura de consolidación, mm	73,49
Tensión consolid. efectiva, kPa	99,9	carga cíclica máx. [comp], N	33,2
Relación de la presión intersticial (%)	0,86	carga cíclica máx. [ext.], N	34,3
Deformación cíclica [comp], mm	2,342	tensión máxima [comp], kPa	30,4
Deformación cíclica [ext.], mm	6,19	tensión máxima [ext.], kPa	31,4
Deformación axial máx. [comp], %	3,187	tensión cíclica media, kPa	30,9
Deformación axial máx. [ext.], %	8,424	relación de tensión cíclica, %	0,155
Deformación amplitud doble, %	11,61	relación de tensión media, %	0,035

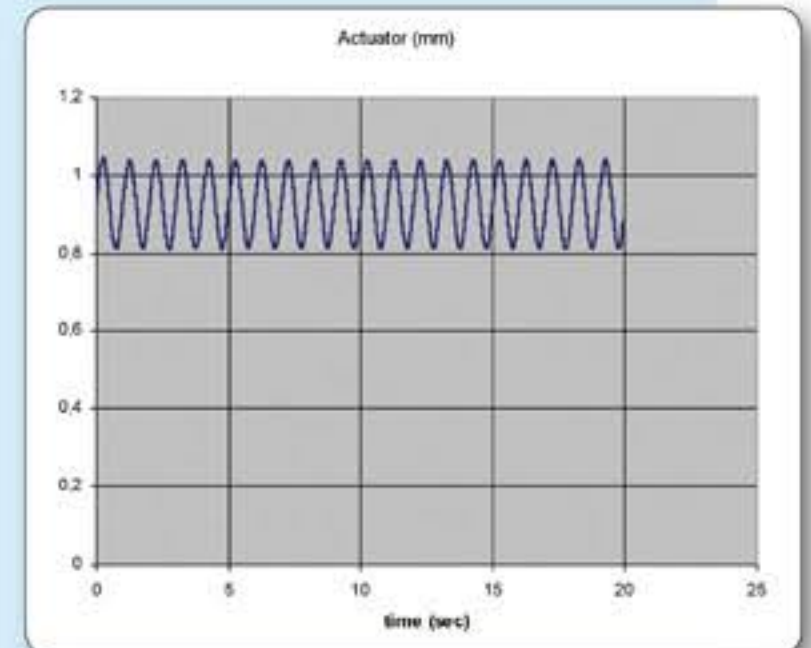
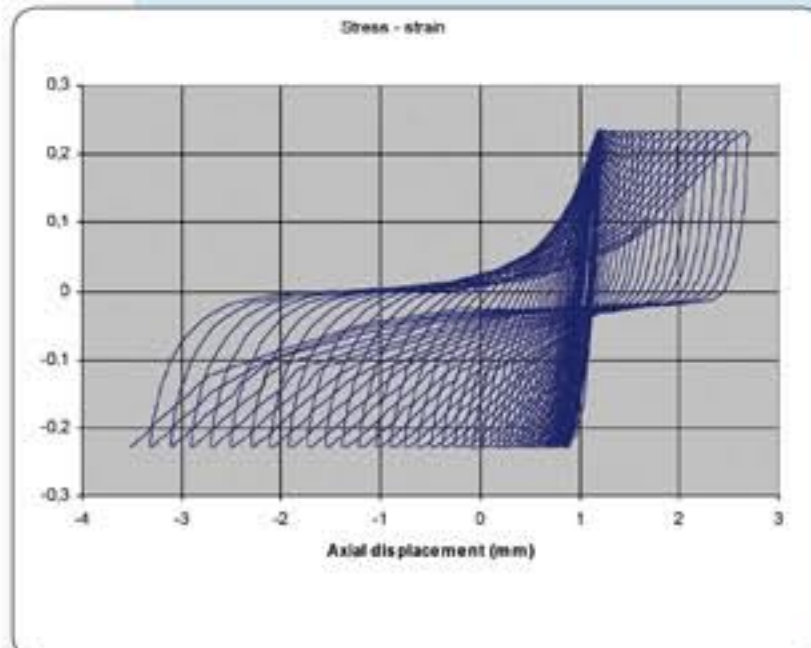
Ensayo cíclico en material de sedimentos arenosos de 38 mm



Gráficos de ensayos mostrando la deformación cíclica de una muestra



Gráficos de ensayos mostrando el comportamiento de una arena saturada



▶ ACCESORIOS**Células triaxiales para ensayos cíclicos**

Se requiere el modelo Tri-cell Plus 28-WF4150/P, 28-WF4100/P, 28-WF4070/P, y accesorios para tamaño y preparación de la muestra diferentes descritos en la página 88.

▶ CÉLULAS TRIAXIALES PARA ENSAYOS CÍCLICOS**Células de carga**

▶ **31-WF7115** Célula de carga sumergible de 5 kN con módulo de calibración en línea

▶ **31-WF7116** Célula de carga sumergible de 25 kN con módulo de calibración en línea

Estas células de carga están equipadas dentro de la célula triaxial y miden la carga aplicada a la muestra, independientemente de la presión de la célula.

La célula de carga está equipada con un módulo de calibración en línea, permitiendo que los transductores se cambien o muevan dentro del sistema de adquisición de datos sin necesidad de volverlos a calibrar.

Transductor de desplazamiento

▶ **31-WF7120** Transductor de desplazamiento axial con módulo de calibración en línea

Este transductor de desplazamiento de ± 25 mm tiene un acondicionamiento de señal en línea. Mide el desplazamiento de la muestra y también se puede usar como transductor de control para el ensayo de deformación cíclica. La precisión es de 1 micrón.

Transductor de cambio de volumen

▶ **31-WF7125** Transductor de cambio de volumen de 100 cm³ con módulo de calibración en línea

Transductor de cambio de volumen de 100 cm³ con acondicionamiento de señal en línea, que monitoriza la entrada o salida de agua de la muestra. Equipado con un sistema de válvula de cambio, proporciona mediciones ilimitadas del cambio de volumen.

Transductores de presión

▶ **31-WF7130** PTransductor de presión de 1.000 kPa de presión de célula y contrapresión con módulo de calibración en línea

▶ **31-WF7131** Transductor de presión intersticial de 1.000 kPa con módulo de calibración en línea



31-WF7115 Célula de carga sumergible



31-WF7120 Transductor de desplazamiento



31-WF7131 Transductor de presión de agua intersticial



Detalle de la válvula de solenoide para comprobación B

Panel de distribución de agua

▶ **31-WF4334** Panel triaxial, dos conducciones de presión, completo con manómetro digital.

Opcionalmente se puede usar como panel de distribución de agua para llenar con facilidad los depósitos de aire / agua tipo "Bladder" y las células triaxiales.



31-WF4334



Módulo de calibración en línea para transductores usados en sistemas de ensayos dinámicos

Geotecnia: ensayos de suelos avanzados

Sistema triaxial de trayectoria de tensión / cíclica (continuación)

ACCESORIOS

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.

Para ampliar información consulte la página 90.



Bender Elements

Transductores de deformación en muestras

Aplicación

Los transductores en muestras constan de correas de deformación radial y axial. 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 tienen que usar con nuestros modelos de células triaxiales TRI-CELL PLUS. (véase página 88).

Transductores en muestras para especificaciones de ensayos dinámicos:

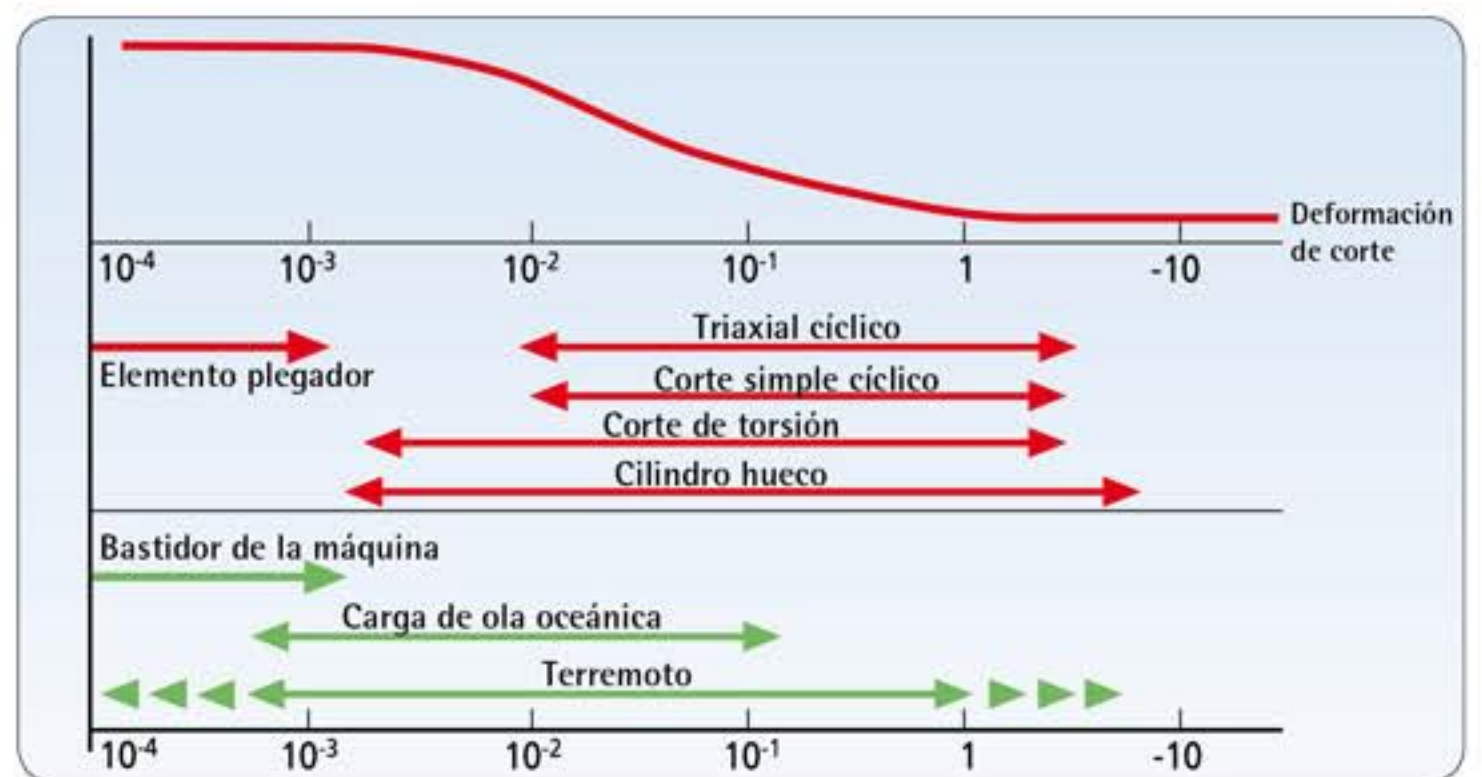
Linealidad: $\pm 0,25\%$

Coefficiente temp.: $\pm 0,01\%$ /escala completa/ $^{\circ}\text{C}$

Resolución: 1 micrón

BENDER ELEMENTS. (PARA USO SÓLO CON MODELOS DE CÉLULAS TRIAXIALES TRI-CELL PLUS)

Tri-Cell Plus de célula triaxial	Tamaño de muestra	Tapón superior y pedestal de base con Bender Elements Tipo de vacío para ensayos de extensión
28-WF4070/P 70 mm	50 mm 70 mm	28-WF4058/B 28-WF4078/B
28-WF4100/P 100 mm	70 mm 100 mm	28-WF4078/B1 28-WF4108/B
28-WF4150/P 150 mm	150 mm	28-WF4158/B



31-WF4079/KD

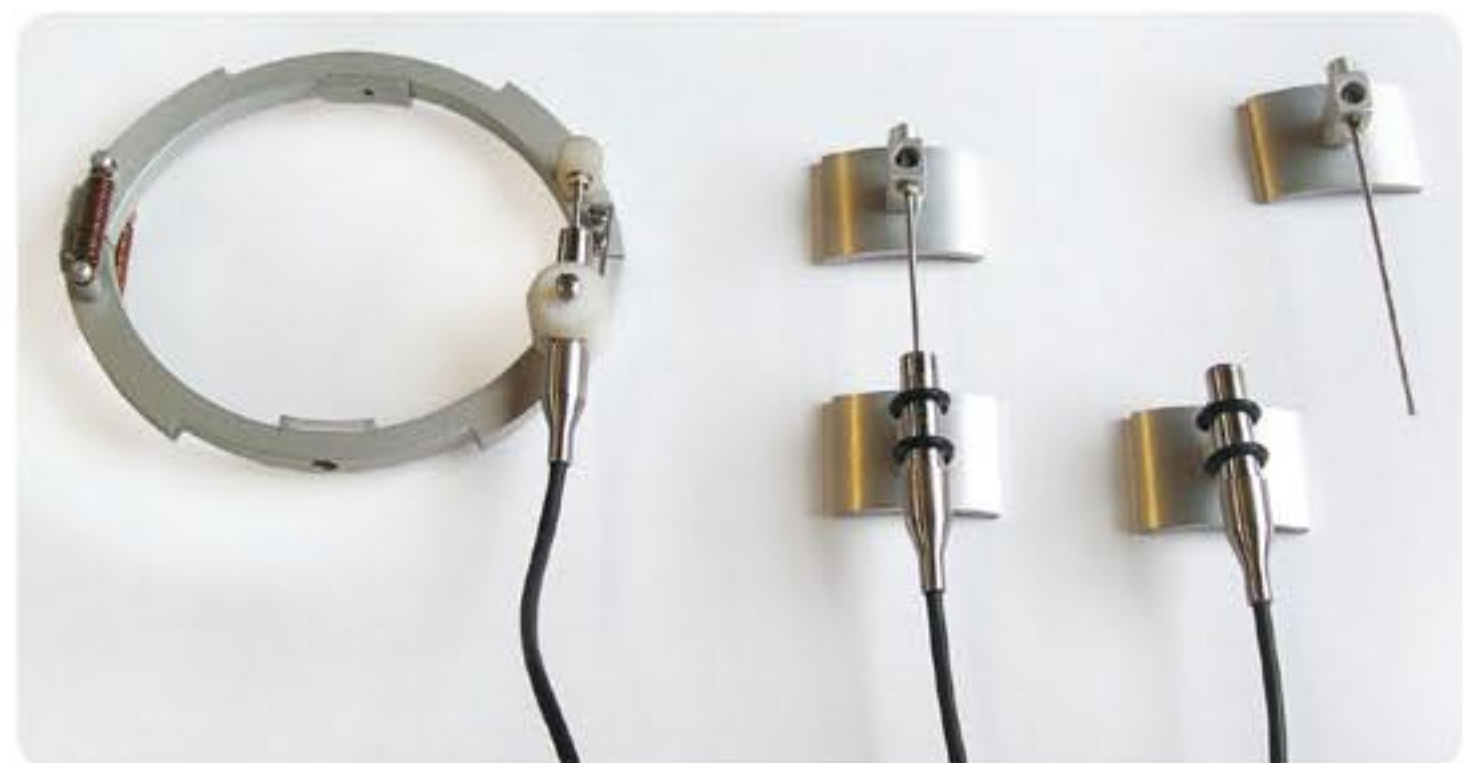
Kit de transductores en muestras para muestras de 70 mm con dos transductores lineales y uno radial usados con sistemas de ensayos dinámicos, incluyendo el módulo de calibración en línea

31-WF4109/KD

Kit de transductores en muestras para muestras de 100 mm con dos transductores lineales y uno radial usados con sistemas de ensayos dinámicos, incluyendo el módulo de calibración en línea

31-WF4159/KD

Kit de transductores en muestras para muestras de 150 mm con dos transductores lineales y uno radial usados con sistemas de ensayos dinámicos, incluyendo el módulo de calibración en línea



▶ **31-WF7500 APARATO DE CORTE****SIMPLE CÍCLICO.**

110-240 V, 50-60 HZ, 1 PH. MONOFÁSICO.
ASTM D6528

Introducción

El aparato de corte simple cíclico se usa en general para investigar en el campo dinámico del comportamiento del suelo y puede simular con gran facilidad numerosas condiciones de carga en el terreno diferentes, como por ejemplo:

- Estabilidad en sucesos sísmicos de pendientes sumergidas en la plataforma continental caracterizadas por arcillas por capas
- Degradación de suelos cohesivos de esfuerzo cortante bajo una carga cíclica
- Evaluación de los parámetros de licuefacción de suelos no cohesivos bajo carga cíclica

El corte simple cíclico es un dispositivo de deformación de plano. La deformación de corte está inducida por un movimiento horizontal en la parte inferior de la muestra respecto a la parte superior. El diámetro horizontal de la muestra se mantiene constante, por lo tanto cualquier cambio de volumen se producirá por el movimiento vertical de la placa superior.

A esta distorsión impuesta se le llama "corte simple"

El sistema está diseñado para permitir que una muestra se consolide, drene y luego se corte.



31-WF7500

Características principales

- Frecuencia de actuadores hasta 70Hz
- Medición de la deformación de plano
- Corte a altura constante
- Corte a tensión constante
- Corte a velocidad constante de deformación

Muestra

La muestra estándar tiene 70 mm de diámetro. El ensayo se puede realizar también en muestras de 50 mm de diámetro usando un kit de conversión 31-WF7500/1 (véase página 73).

Está colocado en un pedestal con un tapón superior, el mismo que una muestra triaxial, y sostenido por una membrana de goma colocada y fijada con juntas tóricas. Para mantener un diámetro constante durante todo el ensayo, la muestra está sostenida por una serie de anillos deslizantes.

Fase de corte

Durante el corte, los anillos se deslizan entre sí como se muestra.

Durante la fase de corte del ensayo, la altura vertical de la muestra se mantiene a una altura constante mediante el accionador vertical en un circuito de control cerrado con el transductor de desplazamiento vertical. Los anillos mantienen un diámetro constante de la muestra.

