

# Modelo 1300

## Extensómetro recuperable A-9

Manual de instrucciones





## **DECLARACIÓN DE GARANTÍA**

---

GEOKON garantiza que sus productos estarán libres de defectos en sus materiales y su mano de obra, bajo uso y funcionamiento normal, durante un período de 13 meses a partir de la fecha de compra. Si la unidad no funciona correctamente, debe ser devuelta a la fábrica para su evaluación, con el flete pagado. Una vez que sea examinada por GEOKON, si se determina que la unidad está defectuosa, se reparará o reemplazará sin cargos. Sin embargo, la **GARANTÍA SE INVALIDA** si la unidad muestra evidencias de haber sido manipulada o de haber sido dañada como resultado de corrosión o corriente, calor, humedad o vibración excesivos, especificaciones incorrectas, mala aplicación, mal uso u otras condiciones de funcionamiento fuera del control de GEOKON. Los componentes que se desgastan o dañan por el uso incorrecto no tienen garantía. Esto incluye los fusibles y las baterías.

GEOKON fabrica instrumentos científicos cuyo uso indebido es potencialmente peligroso. Los instrumentos están diseñados para ser instalados y utilizados solo por personal calificado. No hay garantías, excepto las que se indican en este documento. No existe ninguna otra garantía, expresa o implícita, incluyendo, sin limitación a, las garantías de comercialización implicadas o de adecuación para un propósito en particular. GEOKON no se hace responsable por cualquier daño o pérdida causada a otros equipos, ya sea directo, indirecto, incidental, especial o consecuente que el comprador pueda experimentar como resultado de la instalación o uso del producto. La única compensación para el comprador ante cualquier incumplimiento de este acuerdo por parte de GEOKON o cualquier incumplimiento de cualquier garantía por parte de GEOKON no excederá el precio de compra pagado por el comprador a GEOKON por la unidad o las unidades, o el equipo directamente afectado por tal incumplimiento. Bajo ninguna circunstancia, GEOKON reembolsará al reclamante por pérdidas incurridas al retirar y/o volver a instalar el equipo.

Se tomaron todas las precauciones para garantizar la exactitud en la preparación de los manuales y/o el software; sin embargo, GEOKON no asume responsabilidad alguna por omisiones o errores que puedan surgir ni asume responsabilidad por daños o pérdidas que resulten del uso de los productos de acuerdo con la información contenida en el manual o software.

No se puede reproducir ninguna porción de este manual de instrucciones, por ningún medio, sin el consentimiento por escrito de geokon. La información contenida en este documento se considera precisa y confiable. Sin embargo, GEOKON no asume responsabilidad alguna por errores, omisiones o malas interpretaciones. La información en este documento está sujeta a cambios sin aviso previo.

El logotipo y el nombre comercial GEOKON® son marcas comerciales registradas en la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos.



# ÍNDICE

---

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. INSTALACIÓN</b>	2
<b>2.1 PRUEBAS PRELIMINARES</b>	2
<b>2.2 INSTALACIÓN DEL EXTENSÓMETRO</b>	2
<b>2.3 INSTALACIÓN Y EMPALME DEL CABLE</b>	4
<b>2.4 LECTURAS INICIALES</b>	4
<b>2.5 RUIDO ELÉCTRICO</b>	4
<b>2.6 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS</b>	4
<b>3. REALIZANDO LAS LECTURAS</b>	6
<b>3.1 GK-404 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE</b>	6
3.1.1 OPERACIÓN DE LA GK-404	6
<b>3.2 GK-405 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE</b>	7
3.2.1 CONECTAR SENSORES CON CONECTORES DE PASO ADJUNTOS DE 10 PUNTOS	7
3.2.2 CONECTAR SENSORES CON CONDUCTORES DESCUBIERTOS	7
3.2.3 OPERACIÓN DE LA GK-405	7
<b>3.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURAS</b>	7
<b>4. REDUCCIÓN DE DATOS</b>	9
<b>4.1 DÍGITOS</b>	9
<b>4.2 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA</b>	11
<b>5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b>	13
<b>APPENDIX A. ESPECIFICACIONES</b>	15
<b>A.1 ESPECIFICACIONES</b>	15
<b>A.2 TERMISTOR (VER APÉNDICE B TAMBIÉN)</b>	15
<b>APPENDIX B. DERIVACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL TERMISTOR</b>	16
<b>APPENDIX C. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE EXTRACCIÓN DEL ANCLAJE</b>	17
<b>APPENDIX D. MONTAJE DEL TUBO SWAGELOK</b>	18
<b>D.1 INSTALACIÓN</b>	18
<b>D.2 INSTRUCCIONES PARA VOLVER A MONTAR</b>	19

## **FIGURAS**

---

<b>FIGURA 1: ANCLAJE DE EXTENSÓMETRO RECUPERABLE MODELO 1300 (A-9)</b> .....	1
<b>FIGURA 2: INSTALACIÓN DEL MODELO 1300 (A-9)</b> .....	3
<b>FIGURA 3: CONSOLA DE LECTURA GK-404</b> .....	6
<b>FIGURA 4: CONECTOR LEMO A GK-404</b> .....	6
<b>FIGURA 5: CONSOLA DE LECTURA GK-405</b> .....	7
<b>FIGURA 6: INFORME DE CALIBRACIÓN TÍPICA</b> .....	10
<b>FIGURA 7: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE EXTRACCIÓN DEL ANCLAJE</b> .....	17
<b>FIGURA 8: INSERCIÓN DEL TUBO</b> .....	18
<b>FIGURA 9: HAGA UNA MARCA EN LA PARTE QUE APUNTA HACIA ABAJO (EN LA POSICIÓN QUE OCUPA EL 6 EN UN RELOJ)</b> .....	18
<b>FIGURA 10: APRIETE UNA Y UN CUARTO DE VUELTAS</b> .....	18
<b>FIGURA 11: MARCAS PARA VOLVER A MONTAR</b> .....	19
<b>FIGURA 12: CASQUILLOS ENCAJADOS EN EL ACCESORIO</b> .....	19
<b>FIGURA 13: APRIETE LA TUERCA LIGERAMENTE</b> .....	20

## **TABLAS**

---

<b>TABLA 1:</b> MULTIPLICADORES PARA LA CONVERSIÓN DE UNIDADES DE INGENIERÍA ..	9
<b>TABLA 2:</b> CONSTANTES DEL CÁLCULO DEL COEFICIENTE TÉRMICO.....	11
<b>TABLA 3:</b> COEFICIENTES TÉRMICOS DE EXPANSIÓN PARA MATERIALES DE VARILLA	12
<b>TABLA 4:</b> ESPECIFICACIONES .....	15
<b>TABLA 5:</b> RESISTENCIA DE TERMISTOR DE $3K\Omega$ .....	16

## **ECUACIÓN**

---

<b>ECUACIÓN 1: CÁLCULO DE DÍGITOS</b> .....	9
<b>ECUACIÓN 2: CÁLCULO DE DEFORMACIÓN</b> .....	9
<b>ECUACIÓN 3: CÁLCULO DE DEFORMACIÓN CORREGIDO TÉRMICAMENTE</b> .....	11
<b>ECUACIÓN 4: CÁLCULO DEL COEFICIENTE TÉRMICO</b> .....	11
<b>ECUACIÓN 5: CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DEL MEDIDOR DE DEFORMACIÓN</b> ....	11
<b>ECUACIÓN 6: CORRECCIÓN DE TEMPERATURA DE LA LONGITUD DE LA VARILLA DE CONEXIÓN</b> .....	12
<b>ECUACIÓN 7: RESISTENCIA DE TERMISTOR DE <math>3K\Omega</math></b> .....	16



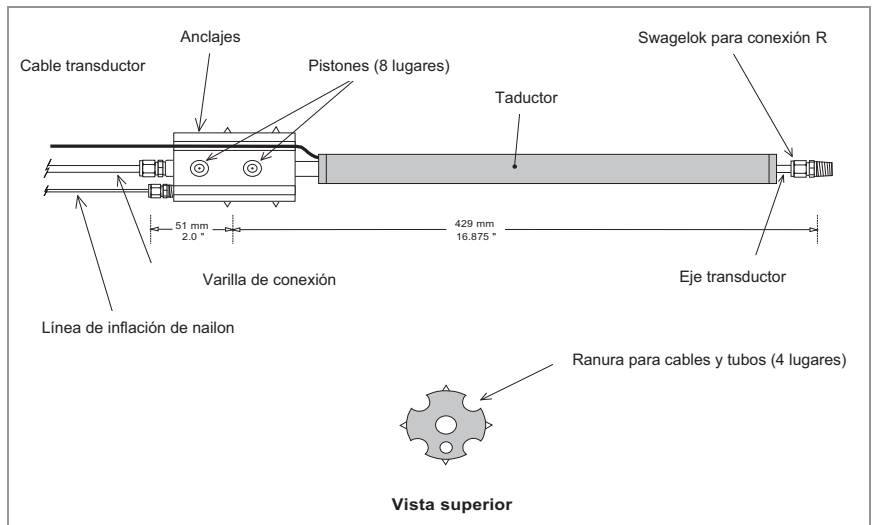
# 1. INTRODUCCIÓN

## TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO

El extensómetro recuperable modelo A-9 de GEOKON está diseñado principalmente para mediciones de deformación a corto plazo en barrenos en hormigón, roca, etc. El sistema se utiliza en pilotes de hormigón prefabricados y colados en el lugar en pruebas de carga de placas en roca y en cualquier lugar donde sea necesario medir las deformaciones en barrenos, ya sea perforados o moldeados en la estructura que se está analizando.

El sistema consta de anclajes accionados neumáticamente con transductores con resorte que están conectados entre sí en serie por una sola varilla de conexión. Una vez instalados, los anclajes se fijan en su lugar y los transductores miden la deformación entre las posiciones de anclaje. Las varillas de conexión se mantienen en tensión para eliminar los errores debidos a la flexión y la fricción. Hay disponibles varillas de conexión de fibra de vidrio, epoxy de grafito y acero inoxidable.

El sistema estándar está diseñado para usarse en una tubería hecha de plástico o acero, con un D.I. de 46 a 53 milímetros (1.811 a 2.086 pulgadas).



**FIGURA 1:** Anclaje de extensómetro recuperable modelo 1300 (A-9)

## 2. INSTALACIÓN

---

### 2.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Antes de ensamblar e instalar el extensómetro, se debe verificar que los transductores funcionen correctamente. Vea las instrucciones de lectura en la Sección 3. En la posición "B" de las consolas de lectura GK-404 y GK-405, la medición se leerá entre 2000 y 2500. Es posible que sea necesario extender ligeramente el transductor para obtener una lectura. Para ello, jale el Swagelok fijado al eje del transductor (consulte la Figura 1).

Puede verificar también la continuidad de la corriente eléctrica usando un ohmímetro. La resistencia entre los cables del medidor debe ser de aproximadamente  $180\Omega$ ,  $\pm 10\Omega$ . Recuerde agregar la resistencia del cable, que es aproximadamente  $14.7\Omega$  por 1000 pies ( $48.5\Omega$  por km) de líneas de cobre trenzado de calibre de alambre estadounidense 22 (AWG) a  $20^{\circ}\text{C}$ . Multiplique este factor por dos para considerar ambas direcciones. La resistencia entre los conductores verde y blanco variará según la temperatura; consulte la Tabla 5. La resistencia entre cualquier conductor y el blindaje o la carcasa del sensor debe exceder los dos megaohmios.

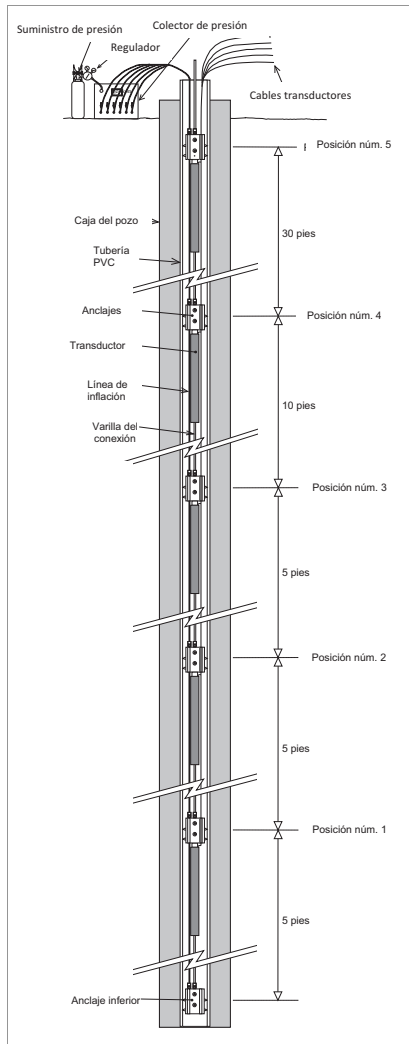
Las comprobaciones del accionamiento de los pistones de anclaje deben realizarse con cuidado. El ancla debe colocarse primero dentro de una pieza de tubería o tubo con un diámetro interior de aproximadamente 50 mm (dos pulgadas), antes de que los pistones sean accionados por presión neumática. Si la presión neumática se aplica a los pistones mientras el ancla no está dentro de un tubo, los pistones se sobrepasarán y, en el proceso, los sellos de la junta tórica se dañarán y los pistones no podrán mantener la presión neumática sin tener fugas.

En caso de que cualquiera de estas pruebas preliminares falle, vea la Sección 5 para resolución de problemas.

### 2.2 INSTALACIÓN DEL EXTENSÓMETRO

Se debe localizar un área adecuada para el montaje del extensómetro. Preferiblemente, debe ser tan largo como el extensómetro, libre de escombros y obstrucciones. Cuando instale el extensómetro en campo, tenga especial cuidado para evitar que entre suciedad en los acoples Swagelok de las líneas de inflado.

1. Determine las posiciones de los anclajes, es decir, la profundidad o posición en el barreno para cada ancla. Comenzando con el ancla inferior (más profundo), calcule la distancia entre este y el segundo ancla: este es el incremento sobre el que se realizará la medición.
2. La varilla de conexión debe cortarse a la longitud adecuada para compensar este incremento. Para el transductor estándar de 25 mm (una pulgada) colocado en el rango medio, la longitud del conjunto del transductor es 492 mm (19.375 pulgadas). Esta longitud debe deducirse de la longitud del incremento para obtener la longitud correcta de la varilla. Por ejemplo, si la longitud del incremento es de tres metros, la longitud de la varilla es de 2.508 metros ( $3.0 - 0.492 = 2.508$ ).
3. Calcule las longitudes de las varillas para todas las posiciones de anclaje y corte las varillas a la longitud deseada. Tenga cuidado al cortar la varilla de fibra de vidrio para que no se astille. Utilice una lima para desbarbar los bordes.



**FIGURA 2:** Instalación del modelo 1300 (A-9)

4. Conecte la varilla al acople Swagelok en el anclaje inferior, empujándola hasta que choque contra el fondo. Apriete el conector Swagelok siguiendo las instrucciones en el Apéndice D.
5. Conecte el otro extremo de la varilla al acople Swagelok en el primer conjunto de transductor. Repita esto para todas las varillas y sensores, dejando enrollados los cables del instrumento.
6. Conecte una varilla de longitud adecuada al anclaje superior, esto permitirá la instalación y extracción del sistema.
7. Corte el tubo de inflación de nailon para cada posición de anclaje. Deje suficiente tubería para conectarse al colector de presión.
8. Fije el acople Swagelok para la línea de inflado y apriete según las instrucciones del Apéndice D.
9. Coloque todos los cables del transductor y las líneas de inflado junto a los anclajes y las varillas adjuntas.
10. Coloque las líneas y los cables en las ranuras de los anclajes y péguelos con cinta adhesiva a cada lado de los anclajes, es decir, coloque cinta encima del ancla alrededor de la varilla de conexión y debajo del ancla alrededor del cuerpo del transductor. Continúe con este procedimiento en cada posición de anclaje desde la más profunda hasta la parte superior. Asegúrese de que las líneas de inflado y los cables del transductor estén claramente etiquetados. Deje suficiente holgura, al menos el rango del instrumento, ( $\approx 25$  mm/1 pulgada) entre las posiciones de anclaje para el movimiento de los mismos.
11. El ensamblaje ya está listo para su instalación en el barreno. Baje el ensamblaje en el barreno con el ancla inferior primero. Doble la varilla de conexión a través de un gran arco, según lo que se necesite para bajar el extensómetro. Tenga cuidado de no doblar permanentemente las varillas.
12. Una vez instalado el ensamblaje, conecte las líneas de inflado al colector de presión. Conecte los cables del transductor a la caja de bornes o al multiplexor.
13. Asegúrese de que todas las válvulas del colector de presión estén en la posición de apagado.
14. Conecte el suministro de aire al colector de presión. Se puede usar dióxido de carbono, aire comprimido o nitrógeno para el suministro de presión. La presión recomendada para configurar el extensómetro es 300 psi (20 bar). El Apéndice C ilustra la relación entre la presión aplicada y la extracción del ancla. La presión aplicada máxima recomendada es 750 psi (50 bar).
15. Encienda el aire para la posición más profunda del extensómetro.
16. Conecte la consola de lectura al cable del instrumento desde la primera posición del transductor.
17. Para fijar el ancla del transductor, jale la varilla de extensión que sale del barreno hasta obtener la lectura deseada y luego encienda la válvula para esa posición. Para configurar el instrumento en el rango medio, la lectura debe ser de alrededor de 5000 dígitos. Para medir principalmente las deformaciones por tensión, la lectura debe ser de alrededor de 3000. Para medir sobre todo deformaciones compresivas, la lectura debería ser de alrededor de 7000. Repita este procedimiento para cada posición del transductor del extensómetro.

La instalación ya está completa.

### **2.3 INSTALACIÓN Y EMPALME DEL CABLE**

Deberá crearse un canal para el cable para minimizar los posibles daños por equipo en movimiento, escombros u otras causas. Puede protegerse el cable usando un conducto flexible, que puede ser proporcionado por GEOKON.

Las cajas de bornes con entradas de cable selladas están disponibles en GEOKON para todo tipo de aplicaciones. Estas permiten que varios medidores terminen en una sola ubicación con protección total de los cables conductores. El panel interior de la caja de bornes puede tener conectores incorporados o una sola conexión con un interruptor giratorio para selección de la posición. Contacte a GEOKON para obtener información específica sobre las aplicaciones.

Debido a que la señal de salida de la cuerda vibrante es una frecuencia y no una corriente o voltaje, las variaciones en la resistencia del cable tienen muy poco efecto sobre las lecturas del medidor, por lo tanto, empalmar los cables no tiene efectos adversos, y, en ciertos casos, de hecho puede ser conveniente. El cable usado para empalmes debe ser del tipo de cable de par trenzado de alta calidad, con blindaje del 100% y un hilo de drenaje reforzado integral. Al hacer empalmes, es muy importante que los cables de drenaje blindados se empalmen juntos. Siempre conserve la polaridad conectando por colores.

Los kits de empalme recomendados por GEOKON incorporan moldes, los cuales se posicionan alrededor del empalme y luego se rellenan con epoxi para impermeabilizar las conexiones. Cuando están bien hechos, este tipo de empalmes equivalen o son mejores que los cables en fuerza y propiedades eléctricas. Contacte a GEOKON para obtener materiales para empalmes e instrucciones adicionales para el empalme de cables.

Pueden terminarse los cables decapando y estañando los conductores individuales y luego conectándolos a un cable de conexión de la consola de lectura. En forma alternativa, puede usar un conector que se enchufará directamente a la consola de lectura o a un receptáculo en un cable de conexión especial.

### **2.4 LECTURAS INICIALES**

Todas las lecturas se remiten a la lectura inicial; es muy importante que esta lectura inicial sea tomada cuidadosamente. Las condiciones deben tenerse en cuenta en el momento de todas las lecturas, especialmente durante el curado, por ejemplo, temperatura, tiempo después de la colocación, condiciones locales, etc.

### **2.5 RUIDO ELÉCTRICO**

Debe tener cuidado al instalar los cables del instrumento para mantenerlos tan lejos como sea posible de fuentes de interferencia eléctrica como líneas eléctricas, generadores, motores, transformadores, soldadoras de arco, etc. Los cables nunca deben enterrarse o correr junto a líneas de corriente alterna. Los cables del instrumento captarán el ruido de 50 o 60 Hz (u otra frecuencia) del cable de alimentación y esto probablemente causará un problema para obtener una lectura estable.

### **2.6 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS**

El extensómetro recuperable modelo 1300, a diferencia de muchos otros tipos de instrumentación disponibles de GEOKON, no tiene ningún componente integral de protección contra rayos, es decir, transzorbs o supresores de sobretensión de plasma. Por lo general, esto no es un problema, sin embargo, si el cable del instrumento está expuesto, puede ser apropiado instalar

componentes de protección contra rayos, ya que el transiente podría bajar por el cable hasta el medidor y posiblemente destruirlo.

Tenga en cuenta las siguientes sugerencias:

- Si el medidor está conectado a una caja de bornes o multiplexer, pueden instalarse componentes como protectores de sobretensión de plasma (espacios de chispa) en la caja de bornes/multiplexer como medida de protección contra el transiente. Las cajas de bornes y multiplexers disponibles en GEOKON proporcionan lugares adecuados para la instalación de estos componentes.
- GEOKON dispone de tableros y carcasas pararrayos que se instalan cerca del instrumento. La carcasa tiene una tapa extraíble, lo que permite el acceso al tablero de protección. En caso de que el (LAB-3) esté dañado, el usuario puede reparar los componentes o reemplazar el tablero. Se hace una conexión entre esta carcasa y tierra para facilitar el paso de transientes lejos del medidor. Consulte a la fábrica para obtener información adicional sobre estos u otros esquemas de protección contra rayos.
- Los supresores de sobretensión de plasma se pueden encapsular con epoxi en el cable del medidor cerca del sensor. Una correa de tierra conectaría el supresor de sobretensiones a tierra, ya sea una estaca de conexión a tierra u otra conexión a tierra adecuada.

### 3. REALIZANDO LAS LECTURAS

#### 3.1 GK-404 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE

La consola de lectura de cuerda vibrante Modelo GK-404 es una unidad portátil, de bajo uso de energía, que es capaz de operar durante 20 horas continuas con dos baterías AA. Está diseñada para las lecturas de todos los instrumentos de cuerda vibrante GEOKON, y tiene la capacidad de mostrar las lecturas como dígitos, frecuencia (Hz), períodos ( $\mu$ s), o microdeformaciones ( $\mu$ e). La GK-404 también muestra la temperatura del transductor (incorporado en el termistor) con una resolución de 0.1 °C.



FIGURA 3: Consola de lectura GK-404



FIGURA 4: Conector Lemo a GK-404

##### 3.1.1 OPERACIÓN DE LA GK-404

1. Fije los conductores sueltos alineando el círculo rojo del conector Lemo plata con la línea roja de la parte superior de la GK-404 (vea Figura 4). Inserte el conector Lemo en la GK-404 hasta que quede fijo en su posición.
2. Conecte cada uno de los broches a los conductores del sensor según su color, considerando que el azul representa la protección (descubierto).
3. Para encender la GK-404, presione el botón **Encendido/Apagado** en el panel frontal de la unidad. Se mostrará la pantalla inicial de configuración.
4. Después de un momento, la GK-404 comenzará a tomar lecturas y las mostrará con base en las configuraciones de los botones **Pos** y **Modo**.

La pantalla de la unidad mostrará lo siguiente (de izquierda a derecha):

- La posición actual: configurada por el botón **Pos**, mostrado de la A a la F.
- La lectura actual: configurada por el botón **Modo**, mostrada como un valor numérico seguido por la unidad de medición.
- La lectura de la temperatura del instrumento fijado en grados Centígrados.

Use los botones **Pos** y **Modo** para seleccionar la posición correcta y las unidades a mostrar para el modelo de equipo que adquirió.

La GK-404 continuará tomando mediciones y mostrando las lecturas hasta que la unidad se apague, ya sea en forma manual o por el temporizador de apagado automatizado (en caso de contar con uno).

Para obtener más información, consulte el manual de la GK-404.

### 3.2 GK-405 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE

La consola de lectura GK-405 cuenta con dos componentes:

- La unidad de consola de lectura, que consiste en una computadora personal portátil Windows con la aplicación para la consola de lectura de cuerda vibrante GK-405.
- El módulo remoto de la GK-405, está alojado en una carcasa resistente a la intemperie.

El módulo remoto puede conectarse con cables al sensor a través de:

- Conductores sueltos con caimanes, en caso de que el cable sensor termine en cables descubiertos.
- Un conector de 10 pines.

Las dos unidades se comunican de forma inalámbrica a través de Bluetooth®, un protocolo de comunicaciones digitales confiable. Usando Bluetooth, la unidad puede operar desde el receptáculo de un módulo remoto, o, si le es más conveniente, puede retirarse y operarse a hasta 20 metros del módulo remoto.

La GK-405 muestra la temperatura del termistor en grados Celsius.

Para obtener más información, consulte el Manual de Instrucciones de la GK-405.



FIGURA 5: Consola de lectura GK-405

#### 3.2.1 CONECTAR SENSORES CON CONECTORES DE PASO ADJUNTOS DE 10 PUNTOS

Alinee las ranuras del conector del sensor (macho), con el conector adecuado en la consola (conector hembra, sensor etiquetado o célula de carga). Empuje el conector hasta que quede en su posición, luego gire el anillo exterior del conector macho hasta que quede fijo en su posición.

#### 3.2.2 CONECTAR SENSORES CON CONDUCTORES DESCUBIERTOS

Fije los conductores sueltos a los conductores descubiertos del sensor de cuerda vibrante GEOKON conectando cada uno de los broches a los conductores del sensor según su color, considerando que el azul representa la protección (descubierto).

#### 3.2.3 OPERACIÓN DE LA GK-405

Presione el botón de encendido en la unidad de lectura. Una vez que la configuración se termine, se encenderá una luz azul intermitente indicando que los dos componentes están listos para conectarse en forma inalámbrica. Arranque el programa GK-405 VVRA siguiendo los pasos siguientes:

1. Pulse "Iniciar" en la ventana principal de su PC portátil.
2. Seleccione "Programas".
3. Pulse el icono GK-405 VVRA.

Después de unos segundos, la luz azul deberá dejar de parpadear y permanecerá encendida. La ventana de Lecturas en vivo se desplegará en su PC portátil.

Configure el modo Mostrar en la letra correcta requerida para su equipo. Para obtener más información, consulte el Manual de instrucciones de la GK-405.

### 3.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURAS

Todos los instrumentos de cuerda vibrante GEOKON están equipados con un termistor para leer la temperatura. El termistor ofrece una salida de resistencia variable según cambia la temperatura. Los conductores blanco y verde del cable del instrumento generalmente se conectan con el termistor interno.

Las consolas de lectura GK-404 y GK-405 leerán el termistor y mostrarán la temperatura en grados Centígrados.

***PARA LEER LAS TEMPERATURAS USANDO UN OHMÍMETRO:***

1. Conecte un ohmímetro a los conductores verde y blanco del termistor que provienen del instrumento. Debido a que los cambios en la resistencia por temperatura son muy grandes, el efecto de la resistencia de los cables generalmente es insignificante. En el caso de los cables más largos, se puede aplicar una corrección, equivalente aproximadamente a  $48.5\Omega$  por km ( $14.7\Omega$  por cada 1000 pies) a  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Multiplique estos factores por dos para contabilizar ambas direcciones.
2. Busque las temperaturas de las resistencias medidas en Apéndice B.



## 4. REDUCCIÓN DE DATOS

### 4.1 DÍGITOS

Las unidades básicas utilizadas por GEOKON para la medición y reducción de datos de los transductores de desplazamiento de cuerda vibrante utilizados en el Modelo A-9 son "dígitos". Las unidades mostradas por GK-403, GK-404 y GK-405 en la posición "B" son dígitos. El cálculo de dígitos se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{digits} = \left( \frac{1}{\text{Period}} \right)^2 \times 10^{-3} \text{ or } \text{digits} = \frac{\text{Hz}^2}{1000}$$

#### ECUACIÓN 1: Cálculo de dígitos

Para convertir dígitos en deformación, se aplica la siguiente ecuación:

$$D = (R_1 - R_0) \times G \times F$$

#### ECUACIÓN 2: Cálculo de deformación

En donde:

D es la deformación calculada.

R<sub>1</sub> es la lectura actual.

R<sub>0</sub> es la lectura inicial que generalmente se obtiene en la instalación (consulte la Sección 2.3).

G es el factor de calibración, generalmente en términos de milímetros o pulgadas por dígito tomado del informe de calibración, un ejemplo del cual se muestra en la Figura 6.

F es un factor de conversión de unidades de ingeniería opcional, consulte la Tabla 1.

Desde*	Pulgadas	Pies	Milímetros	Centímetros	Metros
Hasta					
Pulgadas	1	12	0.03937	0.3937	39.37
Pies	0.0833	1	0.003281	0.03281	3.281
Milímetros	25.4	304.8	1	10	1000
Centímetros	2.54	30.48	0.10	1	100
Metros	0.0254	0.3048	0.001	0.01	1

**TABLA 1:** Multiplicadores para la conversión de unidades de ingeniería

Por ejemplo, la lectura inicial (R<sub>0</sub>) sin carga en el pilote de un transductor Modelo A-9 es de 5102 dígitos. La lectura con una carga de 100 toneladas en el pilote, la lectura actual (R<sub>1</sub>), es 4523. El factor de calibración, G, es 0.0001755 pulgadas/dígito. El cambio de deformación es:

$$D = (4523 - 5102) \times 0.0001755 = -0.1016 \text{ pulgadas}$$

Tenga en cuenta que las lecturas decrecientes (dígitos) indican compresión.

Para calcular la deformación, divida la deformación por la distancia entre los anclajes. Por ejemplo, si el cambio de deformación entre dos anclajes espaciados a 12 pies de distancia fuera de -0.1016 pulgadas. El cambio de la deformación para ese segmento del pilote, sin corregir por temperatura, sería  $-0.1016 / 144 \times 10^6 = -706 \mu\text{deformación}$  (compresión).



48 Spencer St. Lebanon, N.H. 03766 USA

## Vibrating Wire Displacement Transducer Calibration Report

Range: 25 mm

Calibration Date: September 01, 2005

Serial Number: 05-8389

Temperature: 23.6 °C

Cal. Std. Control Numbers: 529, 406, 344, 057

Calibration Instruction: CI-4400 Rev: C

Technician: *Elise*

GK-401 Reading Position B

Actual Displacement (mm)	Gage Reading 1st Cycle	Gage Reading 2nd Cycle	Average Gage Reading	Calculated Displacement (Linear)	Error Linear (%FS)	Calculated Displacement (Polynomial)	Error Polynomial (%FS)
0.0	2230	2228	2229	-0.055	-0.22	-0.008	-0.03
5.0	3369	3368	3369	5.024	0.10	5.014	0.06
10.0	4494	4492	4493	10.04	0.14	9.999	0.00
15.0	5615	5613	5614	15.03	0.13	15.00	-0.02
20.0	6729	6729	6729	20.00	0.01	19.99	-0.03
25.0	7841	7841	7841	24.96	-0.17	25.01	0.02

(mm) Linear Gage Factor (G): 0.004457 (mm/ digit)      Regression Zero: 2241

Polynomial Gage Factors:      A: 1.11026E-08      B: 0.004345      C: -9.7486

(inches) Linear Gage Factor (G): 0.0001755 (inches/ digit)

Polynomial Gage Factors:      A: 4.37111E-10      B: 0.0001711      C: -0.38380

Calculated Displacement:

Linear,  $D = G(R_1 - R_0)$

Polynomial,  $D = AR_1^2 + BR_1 + C$

Refer to manual for temperature correction information.

### Function Test at Shipment:

GK-401 Pos. B: 4795

Temp( $T_0$ ): 23.7 °C

Date: September 19, 2005

The above instrument was found to be in tolerance in all operating ranges.

The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1.

This report shall not be reproduced except in full without written permission of Geokon Inc.

FIGURA 6: Informe de calibración típica

## 4.2 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA

El medidor de deformación modelo 4430 utilizado en el extensómetro modelo A-9 tiene un transductor de cuerda vibrante con un pequeño coeficiente de expansión térmica y el cuerpo del transductor se contrae y expande ligeramente con los cambios de temperatura. Las varillas de interconexión también se expanden y contraen; por lo tanto, en la mayoría de los casos es aconsejable una corrección. Tenga en cuenta también que en situaciones en las que los cambios de temperatura son grandes (más de 10 grados °C), puede ser prudente utilizar varillas de grafito de carbono que tengan coeficientes de expansión muy bajos. Se aplica la siguiente ecuación:

$$D_{corrected} = (R_1 - R_0) \times G + (T_1 - T_0) \times K + L_C + L_R$$

**ECUACIÓN 3:** Cálculo de deformación corregido térmicamente

En donde:

$R_1$  es la lectura actual

$R_0$  es la lectura inicial

G es el factor de calibración

$T_1$  es la temperatura actual

$T_0$  es la temperatura inicial

K es el coeficiente térmico calculado

$L_C$  es la corrección por el cambio en la longitud de la medición

$L_R$  es la corrección por el cambio en la longitud de la varilla de conexión

Las pruebas han determinado que el coeficiente térmico (K) del transductor cambia con la posición del eje del transductor. El primer paso en el proceso de corrección de la temperatura es determinar el coeficiente térmico adecuado con base en la siguiente ecuación:

Coeficiente térmico = ((Lectura en dígitos × Multiplicador) × Constante) × Factor de calibración

O

$$K = ((R_1 \times M) + B) \times G$$

**ECUACIÓN 4:** Cálculo del coeficiente térmico

Consulte la Tabla 2 para conocer los valores de multiplicador y constante utilizados en la Ecuación 4. Los valores del multiplicador (M) y constante (B) varían según la carrera del transductor utilizado en el medidor de deformación.

Modelo:	4450-3 mm 4450-0.125 "	4450-12 mm 4450-0.5 "	4450-25 mm 4450-1 "	4450-50 mm 4450-2 "	4450-100 mm 4450-4 "	4450-150 mm 4450-6 "	4450-300 mm 4450-12 "
Multiplicador (M):	0.000520	0.000375	0.000369	0.000376	0.000398	0.000384	0.000424
Constante (B):	3.567	1.08	0.572	0.328	0.0864	-0.3482	-0.6778
Def longitud del medidor (L):	267 mm 10.5 "	267 mm 10.5 "	267 mm 10.5 "	292 mm 11.5 "	393 mm 15.49 "	510.5 mm 20.1 "	715.2 mm 28.2 "

**TABLA 2:** Constantes del cálculo del coeficiente térmico

La corrección de temperatura de la longitud del medidor de deformación Modelo 4430 ( $L_C$ ) se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$L_C = 17.3 \times 10^{-6} \times L \times (T_1 - T_0)$$

**ECUACIÓN 5:** Corrección de la longitud del medidor de deformación

Donde L es la longitud del metro de deformación en milímetros o pulgadas, (ver Tabla 2).

La corrección de la longitud de la varilla de conexión ( $L_R$ ) se calcula con la siguiente ecuación:

$$L_R = K_R \times S \times (T_1 - T_0)$$

**ECUACIÓN 6:** Corrección de temperatura de la longitud de la varilla de conexión

En donde:

S es la distancia entre los puntos de anclaje menos la longitud del transductor en mm o pulgadas.

$K_R$  es el coeficiente de expansión del material de la varilla de Tabla 3.

Material de la varilla de conexión	KR Coeficiente térmico por °C
Acero inoxidable	$17.3 \times 10^{-6}$
Grafito	$0.2 \times 10^{-6}$
Fibra de vidrio	$6.0 \times 10^{-6}$

**TABLA 3:** Coeficientes térmicos de expansión para materiales de varilla

Ejemplo:

Para el mismo transductor de rango de 25 mm que antes, donde el espacio de anclaje es de 144 pulgadas y las varillas de conexión son de fibra de vidrio:

$$R_1 = 4523$$

$$T_0 = 15 \text{ grados } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 30 \text{ grados } ^\circ\text{C}$$

$$S = 144 - 10.5 = 133.5 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Entonces } K = [4523 \times 0.000369 + 0.572] \times 0.0001755 = 0.00039$$

La corrección de temperatura total es:

$$(T_1 - T_0) [K + L_C + L_R] = (30 - 15) \times [0.00039 + 10.5 \times 17.3 \times 10^{-6} + 133.5 \times 6.0 \times 10^{-6}] = +0.0206 \text{ pulgadas}$$

La deformación total, con corrección de temperatura, es  $-0.1016 + 0.0206 = -0.081$  pulgadas, y la deformación medida es  $-0.081/144 \times 10^6 = -562$  microdeformación en compresión.

## 5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

---

El mantenimiento y la resolución de problemas está restringido a revisiones periódicas de las conexiones del cable y el mantenimiento de las terminales. Una vez instalados, estos instrumentos son generalmente inaccesibles y las soluciones son limitadas. En caso de que surjan dificultades, consulte la siguiente lista de problemas y posibles soluciones. Devuelva cualquier deformímetro defectuoso a la fábrica. **Los instrumentos no deberán abrirse en el campo.** Para obtener información de resolución de problemas y soporte adicional, contacte a GEOKON.

### ***SÍNTOMA: LA RESISTENCIA DEL TERMISTOR ES DEMASIADO ALTA***

- Verifique si existe un circuito abierto. Revise todas las conexiones, terminales y enchufes. Si encuentra algún corte en el cable, únese a él siguiendo las instrucciones recomendadas.

### ***SÍNTOMA: LA RESISTENCIA DEL TERMISTOR ES DEMASIADO BAJA***

- Verifique si existe un corto circuito. Revise todas las conexiones, terminales y enchufes. Si encuentra algún corto en el cable, únese a él siguiendo las instrucciones recomendadas.
- Puede que el agua haya penetrado en el instrumento. No hay solución.

### ***SÍNTOMA: LAS LECTURAS DEL INSTRUMENTO SON INESTABLES***

- ¿La consola de lectura está posicionada correctamente? Si está utilizando un registrador de datos para registrar las lecturas automáticamente, ¿las configuraciones de excitación de la frecuencia de barrido son correctas?
- ¿Hay una fuente de interferencia eléctrica cerca? Los posibles candidatos son generadores, motores, equipo de soldadura por arco, líneas de alto voltaje, etc. De ser posible, mueva el cable del instrumento lejos de líneas de corriente y equipo eléctrico o instale un filtro electrónico.
- Asegúrese de que el cable blindado de drenaje esté conectado a tierra. Conecte el cable blindado de drenaje a la consola de lectura usando la pinza azul.
- ¿La consola de lectura o el registrador de datos funcionan con otro instrumento? De no ser así, puede ser que la batería esté baja o posiblemente tenga alguna falla.

### ***SÍNTOMA: EL TRANSDUCTOR NO MANTIENE LA PRESIÓN***

- Compruebe todos los accesorios de las líneas neumáticas con una solución de jabón y observe si hay burbujas. Si no se encuentran fugas, entonces la junta tórica del pistón de anclaje puede estar cortada o mellada. Reemplace la junta tórica usando uno de los repuestos de los accesorios suministrados con el equipo. El pistón se mantiene dentro del ancla mediante una pequeña "abolladura" hecha con un punzón. Esta debe limarse con una lima redonda para que el pistón pueda salir. Reemplace la junta tórica y vuelva a colocar el pistón en su lugar. Una vez más, "abolle" el extremo del orificio con un martillo y un destornillador para que el pistón se mantenga nuevamente en su lugar.

### **SÍNTOMA: EL INSTRUMENTO NO MUESTRA UNA LECTURA**

- ¿La consola de lectura o el registrador de datos funcionan con otro instrumento? De no ser así, puede ser que la batería esté baja o posiblemente tenga alguna falla.
- ¿El cable está cortado o aplastado? Revise la resistencia del cable conectando un ohmímetro en las cabezas del sensor, la resistencia es de aproximadamente  $48.5\Omega$  por km ( $14.7\Omega$  por cada 1000 pies) de cable de 22 AWG.
- Si la resistencia es demasiado alta o infinita, el cable probablemente está roto. Si la resistencia es demasiado baja, los conductores pueden tener un corto. Si existe algún corte o corto, únalo siguiendo las instrucciones en Sección 2.3.

Refiérase a la resistencia esperada para varias combinaciones de cables a continuación.

#### **Niveles de cabezas del sensor de cuerda vibrante**

Rojo/Negro  $\cong 180\Omega$

Verde/Blanco 3000 a 25 °C

Cualquier otra combinación de cables tendrá como resultado una medición de resistencia infinita.

## APPENDIX A. ESPECIFICACIONES

---

### A.1 ESPECIFICACIONES

Rangos disponibles: <sup>1</sup>	12.5, 25, 50, 100, 150, 200 mm 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 "
Exactitud:	±0.1%
Resolución:	0.025% FS
Linealidad:	< 0.5% FS.
Cambio térmico cero:	< 0.05% FS/°C
Estabilidad:	< 0.2% / año (en condiciones estáticas)
Rango de temperatura:	+40 a +60 °C <b>Nota:</b> El colector modelo 1300-3 A-9 no está clasificado para su uso por debajo de +10 ° C <sup>1</sup>
Rango de frecuencia:	1400 – 3500 Hz
Resistencia de la bobina:	180 Ω, ±10 Ω
Tipo de cable: <sup>2</sup>	Dos pares trenzados (cuatro conductores) 22 AWG, protección de papel de aluminio, cubierta de PVC. DE nominal = 4.8 mm (0.1875 ")
Tipos de varilla de conexión:	Acero inoxidable, fibra de vidrio, grafito
DI de tubería requerida:	46 mm a 53 mm 1.811 " a 2.086 "

**TABLA 4:** Especificaciones

Notas:

<sup>1</sup> Consulte con la fábrica para conocer otros rangos disponibles.

<sup>2</sup> Consulte a la fábrica para conocer los tipos de cables alternativos.

### A.2 TERMISTOR (VER APÉNDICE B TAMBIÉN)

Rango: -80 a +150 °C

Exactitud: ±0.5 °C

## APÉNDICE B. DERIVACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL TERMISTOR

### RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3KΩ

Tipos de termistor:

- YSI 44005, Dale #1C3001-B3, Alpha #13A3001-B3
- Honeywell 192-302LET-A01

Ecuación para obtener la resistencia a la temperatura:

$$T = \frac{1}{A+B(\text{Ln}R)+C(\text{Ln}R)^3} - 273.15$$

**ECUACIÓN 7:** Resistencia de termistor de 3kΩ

Donde:

T = Temperatura en °C

LnR = Registro natural de la resistencia del termistor

A = 1.4051 x 10<sup>-3</sup>

B = 2.369 x 10<sup>-4</sup>

C = 1.019 x 10<sup>-7</sup>

**Nota:** Coeficientes calculados entre los -50 y los +150 °C.

Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.
201.1 K	-50	15.72 K	-9	2221	32	474.7	73	137.2	114
187.3 K	-49	14.90 K	-8	2130	33	459.0	74	133.6	115
174.5 K	-48	14.12 K	-7	2042	34	444.0	75	130.0	116
162.7 K	-47	13.39 K	-6	1959	35	429.5	76	126.5	117
151.7 K	-46	12.70 K	-5	1880	36	415.6	77	123.2	118
141.6 K	-45	12.05 K	-4	1805	37	402.2	78	119.9	119
132.2 K	-44	11.44 K	-3	1733	38	389.3	79	116.8	120
123.5 K	-43	10.86 K	-2	1664	39	376.9	80	113.8	121
115.4 K	-42	10.31 K	-1	1598	40	364.9	81	110.8	122
107.9 K	-41	9796	0	1535	41	353.4	82	107.9	123
101.0 K	-40	9310	1	1475	42	342.2	83	105.2	124
94.48 K	-39	8851	2	1418	43	331.5	84	102.5	125
88.46 K	-38	8417	3	1363	44	321.2	85	99.9	126
82.87 K	-37	8006	4	1310	45	311.3	86	97.3	127
77.66 K	-36	7618	5	1260	46	301.7	87	94.9	128
72.81 K	-35	7252	6	1212	47	292.4	88	92.5	129
68.30 K	-34	6905	7	1167	48	283.5	89	90.2	130
64.09 K	-33	6576	8	1123	49	274.9	90	87.9	131
60.17 K	-32	6265	9	1081	50	266.6	91	85.7	132
56.51 K	-31	5971	10	1040	51	258.6	92	83.6	133
53.10 K	-30	5692	11	1002	52	250.9	93	81.6	134
49.91 K	-29	5427	12	965.0	53	243.4	94	79.6	135
46.94 K	-28	5177	13	929.6	54	236.2	95	77.6	136
44.16 K	-27	4939	14	895.8	55	229.3	96	75.8	137
41.56 K	-26	4714	15	863.3	56	222.6	97	73.9	138
39.13 K	-25	4500	16	832.2	57	216.1	98	72.2	139
36.86 K	-24	4297	17	802.3	58	209.8	99	70.4	140
34.73 K	-23	4105	18	773.7	59	203.8	100	68.8	141
32.74 K	-22	3922	19	746.3	60	197.9	101	67.1	142
30.87 K	-21	3748	20	719.9	61	192.2	102	65.5	143
29.13 K	-20	3583	21	694.7	62	186.8	103	64.0	144
27.49 K	-19	3426	22	670.4	63	181.5	104	62.5	145
25.95 K	-18	3277	23	647.1	64	176.4	105	61.1	146
24.51 K	-17	3135	24	624.7	65	171.4	106	59.6	147
23.16 K	-16	<b>3000</b>	<b>25</b>	603.3	66	166.7	107	58.3	148
21.89 K	-15	2872	26	582.6	67	162.0	108	56.8	149
20.70 K	-14	2750	27	562.8	68	157.6	109	55.6	150
19.58 K	-13	2633	28	543.7	69	153.2	110		
18.52 K	-12	2523	29	525.4	70	149.0	111		
17.53 K	-11	2417	30	507.8	71	145.0	112		
16.60 K	-10	2317	31	490.9	72	141.1	113		

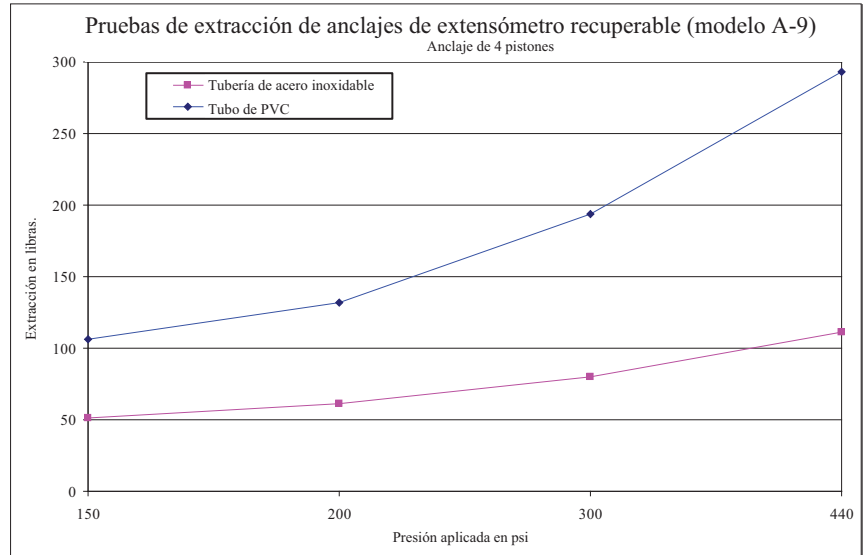
**TABLA 5:** Resistencia de termistor de 3KΩ



## APPENDIX C. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE EXTRACCIÓN DEL ANCLAJE

Las pruebas de extracción se realizaron con los anclajes Modelo 1300 (A-9) instalados en tuberías de acero inoxidable y PVC para determinar la fuerza necesaria para la avería de los anclajes.

Los resultados se presentan en el siguiente cuadro.



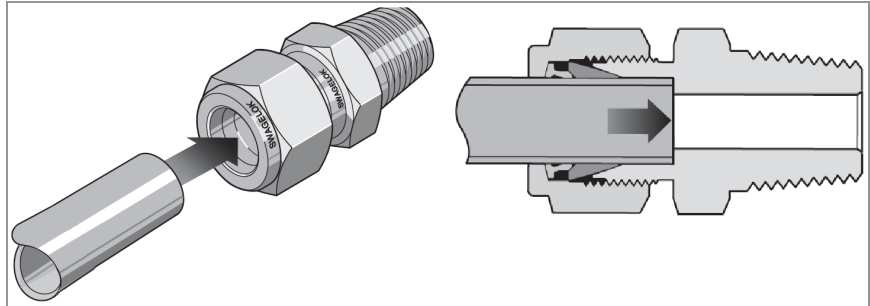
**FIGURA 7:** Resultados de la prueba de extracción del anclaje

## APÉNDICE D. MONTAJE DEL TUBO SWAGELOK

Estas instrucciones aplican para los accesorios de 25 mm (1 pulgada) y más pequeños.

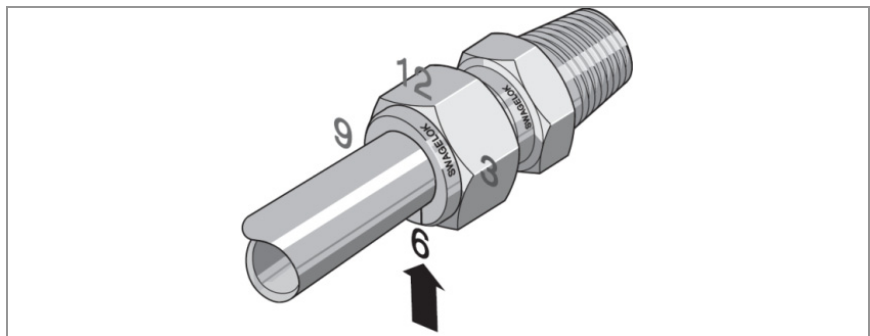
### D.1 INSTALACIÓN

1. Inserte completamente el tubo en el accesorio hasta que choque contra el fondo.



**FIGURA 8:** Inserción del tubo

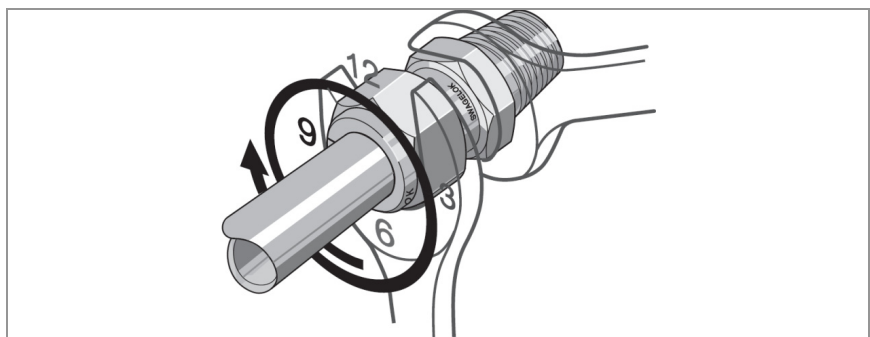
2. Gire la tuerca hasta que quede apretada a mano. (Para aplicaciones de alta presión y sistemas de factor de alta seguridad, apriete aún más la tuerca hasta que el tubo no gire a mano o se mueva axialmente en el accesorio).
3. Haga una marca en la tuerca en el lado que apunta hacia abajo (en la posición que ocupa el 6 en un reloj).



**FIGURA 9:** Haga una marca en la parte que apunta hacia abajo (en la posición que ocupa el 6 en un reloj)

4. Mientras sujeta firmemente el accesorio, apriete la tuerca una y un cuarto de vueltas, hasta que la marca esté en la posición que ocupa el 9 en un reloj.

**Nota:** Para accesorios de  $\frac{1}{16}$  de pulgada,  $\frac{1}{8}$  de pulgada,  $\frac{3}{16}$  de pulgada, y 2, 3, y 4 mm, apriete la tuerca tres cuartos de vuelta hasta que la marca esté en la posición que ocupa el 3 en un reloj.



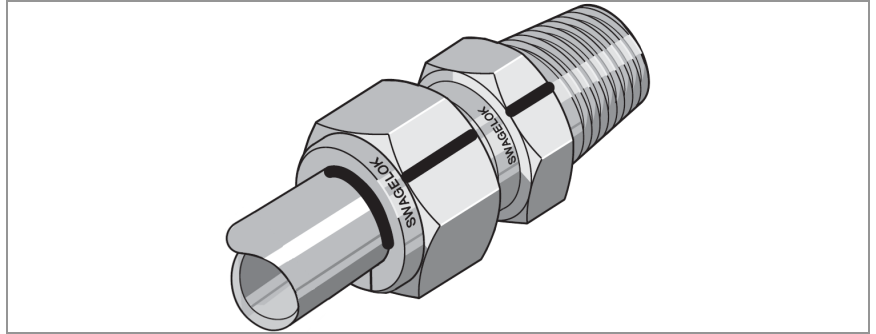
**FIGURA 10:** Apriete una y un cuarto de vueltas

## D.2 INSTRUCCIONES PARA VOLVER A MONTAR

Los accesorios para tubos Swagelok se pueden desmontar y volver a montar muchas veces.

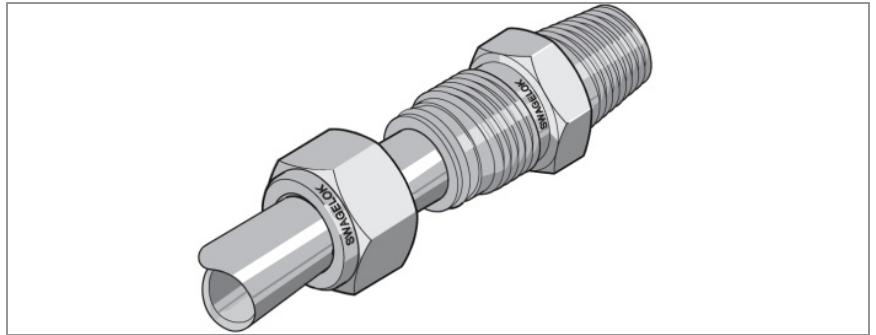
**¡Advertencia!** Despresurice siempre el sistema antes de desmontar un accesorio para tubos Swagelok.

1. Antes del desmontaje, marque el tubo en la parte posterior de la tuerca, luego haga una línea a lo largo de la tuerca y las partes planas del accesorio. **Estas marcas se usarán durante el montaje para garantizar que la tuerca vuelva a su posición actual.**



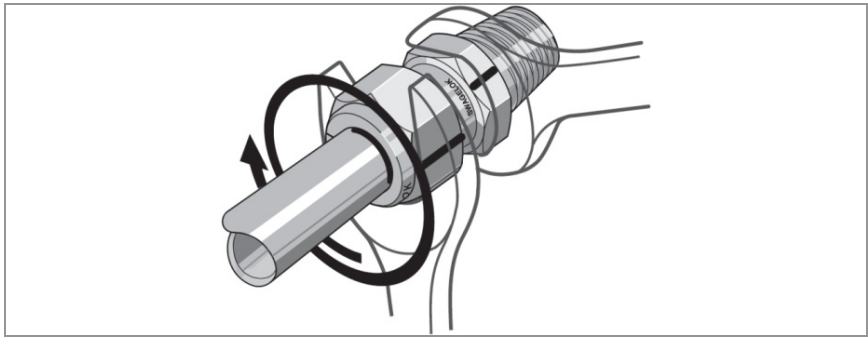
**FIGURA 11:** Marcas para volver a montar

2. Desmontar el accesorio.
3. Inspeccione los casquillos para ver si están dañados y reemplácelos si es necesario. **Si reemplaza los casquillos, el conector debe tratarse como un nuevo ensamblaje. Consulte la sección anterior para ver las instrucciones de instalación.**
4. Vuelva a montar el accesorio insertando el tubo con los casquillos prehumedecidos en el accesorio hasta que el casquillo delantero encaje en el accesorio.



**FIGURA 12:** Casquillos encajados en el accesorio

5. Mientras sujeta firmemente el accesorio, gire la tuerca con una llave hasta la posición anterior, tal como lo indican las marcas en el tubo y el conector. En este punto, habrá un aumento significativo en la resistencia.
6. Apriete la tuerca ligeramente.



**FIGURA 13:** *Apriete la tuerca ligeramente*







**GEOKON®**

<Geokon Variable>geokon  
48 Spencer Street  
Lebanon, New Hampshire  
03766, USA

Teléfono: +1 (603) 448-1562  
Email: [info@geokon.com](mailto:info@geokon.com)  
Sitio web: [www.geokon.com](http://www.geokon.com)

<Geokon Variable>geokon  
es una empresa **ISO**  
**9001:2015** certificada