



El Líder Mundial en Tecnología de Cuerda Vibrante

48 Spencer Street
Lebanon, NH 03766, USA
Tel: 603-448-1562
Fax: 603-448-3216
E-mail: geokon@geokon.com
<http://www.geokon.com>

Manual de Instrucciones

Modelo 1150

(Modelo A3)

Extensómetro de Barra

Ninguna parte de este manual debe ser reproducida, por medio alguno, sin el consentimiento por escrito de Geokon, Inc.

La información contenida aquí se considera precisa y fiable. Sin embargo Geokon Inc, no asume responsabilidad alguna por errores, omisiones o malinterpretaciones. La información aquí descrita está sujeta de cambios sin notificación.

Copyright © 2002, 2008 por Geokon, Inc

Revisión A

Declaración de garantía.

Geokon Inc. garantiza que sus productos se encuentran libres de defectos en materiales y en fabricación, bajo uso normal y servicio por un periodo de 13 meses desde la fecha de compra. Si la unidad presenta anomalías en su funcionamiento, debe ser regresada a la fábrica para su evaluación, con portes pagados. Después de un examen de Geokon, si la unidad es encontrada defectuosa, será reparada o reemplazada sin cargo. Sin embargo, la garantía es nula si la unidad muestra evidencia de haber sido manipulada o dañada como resultado de corrosión o corriente excesiva, calor, humedad o vibración, especificación inadecuada, aplicación incorrecta, uso inadecuado o cualquier otra condición fuera del control de Geokon. Los componentes que fueron dañados por uso inadecuado no entran en garantía. Incluyendo fusibles y baterías.

Geokon fabrica instrumentos científicos cuyo uso inadecuado es potencialmente peligroso. Los instrumentos están diseñados para ser instalados y usados solo por personal calificado. No existen otras garantías más que las aquí declaradas. No existen más garantías expresas o implícitas, incluidas pero no limitadas a las garantías implícitas de comercialización y de idoneidad para un propósito específico. Geokon, Inc. no se hace responsable por ningún daño o pérdida causada a otro equipo, ya sea de manera directa, indirecta, incidental, especial o como una consecuencia de lo que el comprador puede experimentar como resultado de la instalación o uso del producto. El único recurso del usuario para cualquier incumplimiento de este acuerdo por Geokon, Inc, o cualquier incumplimiento por garantía por Geokon, Inc. no deben exceder el precio de la transacción del comprador a Geokon, Inc. pagado por la unidad o unidades, o el equipo directamente afectado por tal incumplimiento. Bajo ninguna circunstancia Geokon reembolsara al solicitante por cualquier pérdida ocurrida durante la desinstalación y/o reinstalación del equipo.

Toda precaución de precisión fue tomada en la elaboración de los manuales y/o software, sin embargo, Geokon Inc. no asume responsabilidad alguna por cualquier omisión o errores que puedan aparecer ni asume responsabilidad por cualquier daño o perdidas que resulten del uso de los productos de acuerdo con la información contenida en el manual o software.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REQUERIMIENTOS PRELIMINARES.....	2
2.1 Requerimientos del Barreno	2
2.2 Espaciado entre Anclas.....	2
2.3 Protección de la Cabeza del Instrumento	2
2.4 Lista de Herramientas de Instalación Requeridas.....	3
3. INSTALACION	3
3.1 Sistema Cementable Estándar con Lectura Manual - Barrenos Dirigidos Hacia Abajo.....	3
3.2. Sistema Cementable Estándar con Lectura Manual - Barrenos Dirigidos Hacia Arriba.....	6
4. LECTURA ELECTRONICA - TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE	7
4.1 Únicamente Lectura Electrónica	7
4.2 Lectura Electrónica con Capacidad de Lectura Manual.....	9
5. TOMANDO LECTURAS.....	10
6. ANÁLISIS DE DATOS	11
6.1 Un Ejemplo de la Reducción de Datos de MPBX para una Situación en la que el Ancla Profunda está en Tierra Estable.....	11
6.2 Cabeza del Instrumento ubicada en suelo estable	14
7. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	14
Tabla de Cableado 1 - Un Solo Transductor	16
Tabla de Cableado 2 - Tres Transductores.....	16
Tabla de Cableado 3 - Cuatro Transductores.....	16
Tabla de Cableado 4 - Cinco Transductores	17
Tabla de Cableado 5 - Siete Transductores.....	17

FIGURA 1 - EXTENSÓMETRO A3 TÍPICO

FIGURA 2 - ENSAMBLE DE INSTALACIÓN HACIA ARRIBA

FIGURA 3 - CONFIGURACIÓN PARA LECTURA ELECTRÓNICA

FIGURA 4 - CONFIGURACIÓN DE LECTURA MANUAL

TABLA 1 DATOS SIN PROCESAR

TABLA 2. MOVIMIENTO RELATIVO ENTRE LA CABEZA DEL INSTRUMENTO Y CADA ANCLA

TABLA 3. EL MOVIMIENTO DE LA CABEZA DEL INSTRUMENTO Y LAS ANCLAS CON RESPECTO AL ANCLA 3 EN SUELO ESTABLE

FIGURA 5. MOVIMIENTO DE LA CABEZA Y LAS ANCLAS CON RESPECTO AL ANCLA 3 EN SUELO ESTABLE

FIGURA 6 MOVIMIENTOS QUE OCURREN EN CADA ZONA ENTRE ANCLAS

1. INTRODUCCIÓN

Los extensómetros de barra, como su nombre lo indica, se utiliza principalmente para medir **extensiones** asociadas con fallas rocosas producidas por separaciones de estratos, abertura, agrietamiento y esfuerzos cortantes de juntas. Una serie de anclas (de barreno), (número máximo de 8), instaladas a diferentes profundidades, cada una con una varilla de medición adherida que lleva a la superficie permite la cantidad de movimiento en cada zona a ser medida entre las anclas. El extensómetro Modelo A3 es uno de los tipos más fáciles de instalar, ya que las varillas de medición y las anclas cementables pueden ensamblarse a la superficie del suelo junto con un tubo tremie con lechada de cemento: el ensamble completo entonces puede ser empujado o rebajado hacia un barreno, la cual después se llena con una lechada de cemento.

Las varillas de medición están protegidas de la lechada de cemento por tubos de PVC. Estos tubos son lo suficientemente débiles que se estirarán y quebrarán bajo tensión de manera que las anclas siempre seguirán el movimiento de la roca adyacente. Los tubos de PVC son altamente compresibles, en comparación con la roca de alrededor, para que se puedan adaptar a movimientos compresivos limitados también. Sin embargo, el **extensómetro Modelo A3 no es adecuado para suelos suaves** y para estas aplicaciones se recomiendan los extensómetros Modelo A5 o A6 usando anclas hidráulica o anclas Boros.

El Extensómetro de Posición Múltiple Modelo A3, (MPBX), está fabricado de tres o cuatro componentes básicos:

- **Anclas de barreno.** El ancla tipo cementable usualmente se recomienda para barreno dirigido hacia abajo o para pozos que deben permanecer sellados. Se requerirá equipo especial para cementar perforaciones dirigidas hacia arriba. Un accesorio opcional (Modelo No. 1150-13), es un conector de bayoneta en el ancla, para que las varillas de conexión puedan ser desconectadas desde una ranura en el ancla y después reconectarlas en otra ranura a una distancia conocida. Este procedimiento brinda un método por el cual el movimiento libre de las varillas que se conectan dentro de la tubería puede ser revisado. Usualmente el número de anclas se encuentra entre uno y seis.
- **Conectando varillas y entubando,** la varilla estándar está hecha de acero inoxidable de 1/4 de pulgada cubierto por una tubería de PVC rígida de 1/4 de pulgada cédula 40. Las secciones de varilla de acero inoxidable están acopladas a ras para formar una cadena continua. También se pueden usar varillas de fibra de vidrio, pero su bajo coeficiente de flexión, combinado con los efectos de fricción puede llevar a una precisión insuficiente en aplicaciones donde se requiere alta resolución (>0.1mm). Hay varillas de grafito, las cuales tienen un coeficiente térmico muy bajo, disponibles para aplicaciones de alta temperatura y para aplicaciones donde los efectos térmicos en las varillas deben ser minimizadas. Los indicadores, o varillas que se extienden por debajo del fondo del ancla, se utilizan a veces en aplicaciones de túnel. El revelador está diseñado para ser expuesto durante la operación de construcción de túneles para que la posición del fondo del ancla con respecto al techo del túnel pueda ser determinada con precisión.

- **Ensamble de cabeza del extensómetro**, existen varios estilos: la cabeza puede estar diseñada para empotrarse en una sección dilatada del barreno. O, más usualmente, tendrá una aleta o junta para montarse en una tubería vertical cementada en la boca de un barreno. Pueden hacerse preparaciones para lectura manual o electrónica, o para ambas. La lectura manual es por medio de un indicador de dial de 50mm de rango.
- **Transductores de desplazamiento electrónicos, (opcional)**, el transductor estándar es el transductor de desplazamiento por cuerda vibrante modelo 4450 con rangos de 25, 50 o 100 mm. También hay potenciómetros lineales.

Además de un **Tubo para Inyección de Lechada de Cemento**, fabricado con tubo de polietileno de 3/4 de pulgada. Usado conjuntamente con una bomba de inyección.

2. REQUERIMIENTOS PRELIMINARES

2.1 Requerimientos para el Barreno

El Modelo A3 está diseñado para entrar en barrenos de 75 mm (3 pulgadas) de diámetro o mayores. La boca del barreno usualmente se amplía y recubre con una tubería vertical de acero galvanizado de 2 1/2 pulgadas o 3 pulgadas o PVC, o puede dejarse libre. Los barrenos deben estar libres de escombros y taladrados ligeramente más grandes, (60cm, (2ft)), que el ancla más profunda.

2.2 Espaciado entre Anclas

El espaciado entre anclas a veces es dictado por las características geológicas y por el tamaño y geometría de la masa rocosa que se está montando. Se pueden inspeccionar los núcleos del barreno para revelar zonas y planos de debilidad, las cuales podrían sugerir ubicaciones adecuadas para anclas. Al menos un ancla, usualmente el ancla más profunda, debe estar ubicada en suelo estable para que pueda servir como un punto de no movimiento de referencia para el resto de las anclas. Para los extensómetros instalados en túneles, el ancla más profunda debe estar instalada al menos a una profundidad de un diámetro de túnel, y de preferencia más cercana esta distancia equivalente a dos diámetros de túnel contados a partir de la pared del túnel.

2.3 Protección de la Cabeza del Instrumento

La cabeza del instrumento debe estar protegida contra daños. Esto puede requerir empotrar la cabeza del instrumento adentro del barreno para evitar daños por desgaste o, en ubicaciones expuestas, la construcción de una cubierta de protección para proteger de objetos que caen, equipo en movimiento y vandalismo.

Las cabezas de MPBX instaladas hacia abajo del nivel de calle se protegen mejor dentro de registros con tapas de acceso. El registro debe ser lo suficiente mente grande para acomodar la cabeza del instrumento y cualquier datalogger que pueda estar en uso. El tamaño mínimo del registro es de un diámetro de 300mm (12 pulgadas). Un tamaño más conveniente sería una tapa de hierro de resistencia media de 560mm (22 pulgadas) de diámetro. Las tapas pueden estar

equipadas con un dispositivo de cierre. El registro debe estar provisto de un desagüe para que no se pueda llenar con el agua de lluvia.

Las cabezas están equipadas con una aleta o acoplamiento para engranar la aleta o acoplamiento encima de cualquier tubería cementada en la boca del barreno.

2.4 Lista de Herramientas de Instalación Requeridas

Nota: Los kits de Herramientas de Instalación pueden comprarse como un accesorio.

Estos pueden incluir lo siguiente:

1. Dos pares de Grapas de Sujeción
2. Llaves francesas
3. Taladros
4. Llaves Allen
5. Arco y segueta
6. Limas
7. Cinta de medición
8. Marcadores
9. Adhesivo loctite
10. Pegamento de PVC
11. Pintura de base para PVC
12. Pegamento Portland (N0 2)
13. Pegamento Rápido
14. Tubo de lechada y accesorios
15. Bomba de inyección
16. Placa para Lechada (Normalmente se Entrega)
17. Agua (para purga y lechada).
18. Cuchillo Filoso
19. Cinta (Filamento)
20. Cinta adhesiva protectora
21. Cinta (Ducto)
22. Partes de refacción - Conectores Swagelok y casquillos de repuesto, rondanas, pernos, tornillos, etc. (normalmente se entregan con las partes del extensómetro).

3. INSTALACIÓN

3.1 Sistema Cementable Estándar con Lectura Manual - Barrenos Dirigidos Hacia Abajo

En la figura 1 se muestra un sistema típico

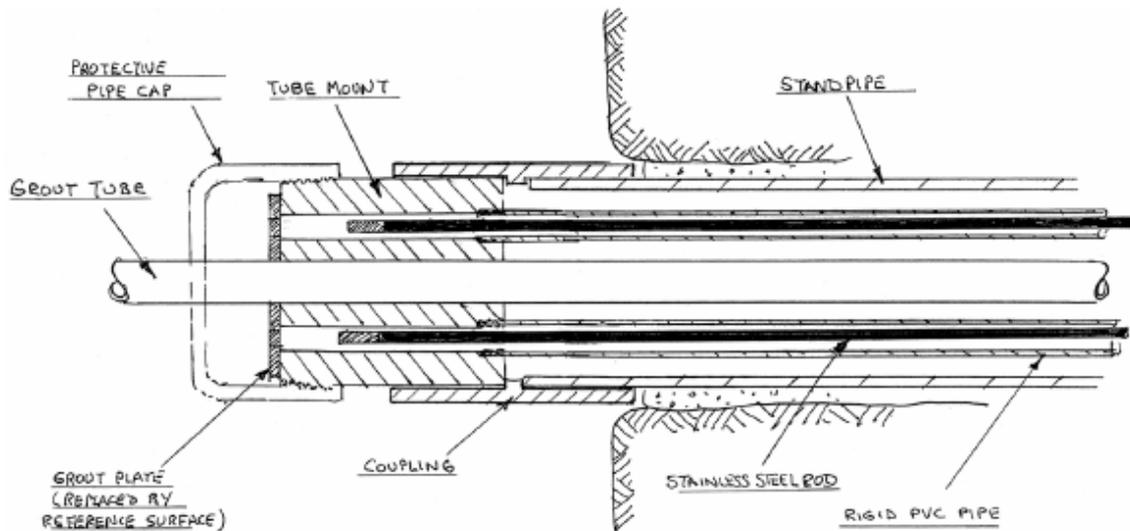


Figura 1 - Extensómetro A3 Típico

3.1.1 Si se va a instalar un **Tubería vertical**, se debe ensamblar de inmediato. Para tuberías verticales de acero galvanizado, atornille la **Aleta**, para Tuberías verticales de PVC, pegue la **Junta**, (o **Aleta**) a la tubería vertical usando pintura base morada para PVC y pegamento. Aplique pegamento de secado rápido a la parte exterior de la tubería vertical e inserte en el barreno a la profundidad deseada. Mantenga en su lugar hasta que el pegamento se endurezca, utilizando cuñas de madera o silicio empapado en pegamento de secado rápido, como se requiera.

3.1.2 Cuando se hayan determinado las diferentes profundidades de ancla, se realiza el ensamble de la cadena de varillas/tubos en una superficie plana. Una las longitudes correctas de varilla de medición utilizando grapas de sujeción y Loctite en todas las fibras. Ensarte el conector hembra en el ancla, (o en el dispositivo de bayoneta en el ancla), y la punta de la varilla en el otro extremo.

3.1.3 Deslice el tubo de PVC de 1/4 de pulgada sobre las varillas y acóplelas usando las **Juntas de Tubería de PVC** que se entregan. Al hacer esto, cuide de no poner demasiado pegamento para PVC adentro de la junta - la mejor técnica es poner muy poco pegamento adentro del acoplador y mucho por fuera del tubo. De este modo, no hay peligro de empujar cemento hacia dentro del tubo donde puede asentarse en las varillas y sujetarlas. Deje pasar el tiempo suficiente para que el pegamento se endurezca. En clima frío puede ser recomendable calentar el conector con un mechero de propano.

3.1.4 La sección final de PVC debe pegarse en el hoyo apropiado con **el tubo ensamblado**. Observe que el ensamble del tubo está numerado; el ancla más angosta es la número 1 y el ancla más profunda será pegada en el hoyo con el número más alto. Antes de que la sección final del tubo de PVC sea conectado, debe cortarse a su tamaño adecuado usando un arco y segueta. La longitud adecuada es aquella que coloque la punta de la varilla en la posición correcta con respecto a la Superficie de Referencia. Para extensiones anticipadas, la punta de la varilla debe estar posicionada 10mm (1/2 pulgada) por debajo de la superficie de referencia. *(Nota: si el barreno está en suelo inestable y se recubre, entonces la cubierta debe jalarse mientras las cadenas de anclas estén dentro del barreno. Si este es el caso, entonces el ensamble del Tubo debe instalarse sólo después de que se haya jalado la cubierta).*

3.1.5 Si se usa una aleta en el tubo vertical, entonces la Aleta coincidente del ensamble del Tubo debe colocarse sobre el conjunto varilla/tubo de inmediato. Cuando todos los ensambles varilla/tubo hayan sido pegados en el ensamble del tubo, (y la Aleta del ensamble del Tubo, de ser utilizado, debe estar pegada al ensamble del Tubo), use cinta de filamento de nylon para unir los diferentes ensambles de varilla/tubo. Empiece en la cabeza y pegue la cinta cada 2 metros. No pegue la cinta directamente arriba de las anclas. No pegue el tubo de cementado con el resto del conjunto.

3.1.6 El MPBX (Extensómetro de barra multipunto) se entrega con el **Tubo de Inyección de Lechada de Cemento** enrollado por separado. Ahora debe desenrollarse y empujarse a través del hoyo en el centro de la **Placa para Lechada** y unida ligeramente al ancla más profunda únicamente, usando suficiente cinta adhesiva protectora para que no se raspe cuando el MPBX se empuje hacia el hoyo pero no tanto que no se pueda romper cuando comience la lechada.

3.1.7 Deslice el MPBX hacia el barreno hasta que el ensamble del tubo esté a punto de entrar el cople (ó brida), tenga cuidado de no doblar el MPBX a un radio muy estrecho (> 2 metros) o las varillas de acero inoxidable podrían doblarse de manera permanente. Use tantas personas como sean necesarias para soportar la cadena de varillas/tubo a en toda su longitud. Añada pegamento para PVC a la parte externa de la ensamble del tubo donde se asienta dentro del cople, (o brida), empuje el ensamble del tubo adentro de la junta y permita que se endurezca el pegamento para PVC. (Si se usa una brida en lugar de un cople, pegue el ensamble del tubo a la brida del tubo y después un con un perno ésta brida a la brida del tubo utilizando los pernos que se suministraron).

3.1.8 Corte dos o tres muescas en un lado del tubo de lechada cerca de su extremo inferior. (Esto es para que el extremo del tubo de lechada no pueda bloquearse conforme se empuja hacia el barreno). Conecte el tubo de lechada de polietileno de 1/2 pulgada a una bomba de inyección e inyecte un poco de agua a través de la línea de lechada para lubricarlo. Mezcle un lote de lechada de pegamento limpio con la consistencia de una masa para pancakes. Use el pegamento Portland No. 2 mezclado con agua en una mezcla de aproximadamente 1:1. No use arena. Inyecte la lechada hacia el barreno mientras jala lentamente el tubo de lechada del barreno. Si el tubo de lechada va a usarse nuevamente, enjuáguelo ahora con agua.

3.1.9 Después de que se haya asentado la lechada, retire la placa para lechada y reemplácela con la **Superficie de Referencia**. Tenga cuidado de hacer coincidir los números estampados en el ensamble del tubo con los de la superficie de referencia. Tome lecturas iniciales con el

indicador de dial y regístrelas. Atornille la **Tapa Protectora del Tubo** para proteger la Superficie de Referencia.

3.2 Sistema Cementable Estándar con Lectura Manual - Barrenos dirigidos hacia arriba

Los barrenos dirigidos hacia arriba requieren técnicas especiales de cementado.

3.2.1 El tubo vertical debe ensamblarse de inmediato. Para tubos verticales de acero galvanizado, atornille en la **brida**, para tubos verticales de PVC, pegue el cople, (o brida), al tubo vertical usando pintura base púrpura para PVC y cemento. Aplique suficiente cemento de secado rápido a la parte externa del tubo vertical e insértelo adentro del barreno a la profundidad deseada. Asegúrese de que haya suficiente cemento para sellar completamente el hoyo. Mantenga en su sitio hasta que el cemento se endurezca, usando cuñas de madera o arpillera empapada en pegamento de secado rápido.

3.2.2 Ensamble las anclas y las cadenas de varilla/tubo y conecte el ensamble del tubo como se describe en la sección 3.1.

3.2.3 Usando la Figura 2 como guía, atornille **el tubo de cementado hacia abjo del hoyo**, (7) hacia la parte trasera del ensamble del Tubo, atornille **el tubo de cementado externo**, (8), hacia el frente del ensamble del Tubo, enrosque el **tubo de ventilación**, (6), a través de estos dos tubos y pegue con cinta al ancla más profunda del barreno para que sobresalga más allá del ancla por una distancia de alrededor de 30 centímetros. Ahora deslice el **ensamble de la Válvula/ensamble con T**, (1 a 5), sobre el tubo de ventilación y atornille hacia el tubo de cementado externo. Apriete el conector Swagelok, (1) hacia dentro del tubo de ventilación.

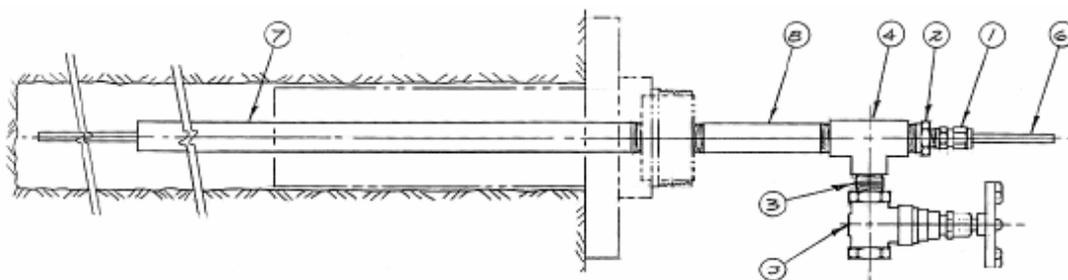


Figura 2 - Ensamble de Instalación hacia arriba

3.2.4 Empuje el ensamble de MPBX completo hacia el barreno hasta que el ensamble de la cabeza esté a punto de entrar en el tubo vertical, tenga cuidado de no doblar el MPBX en un radio muy angosto. Añada pegamento de PVC a la parte externa de la cabeza, donde se asienta dentro de la junta del tubo vertical. Empuje la cabeza adentro de la junta y permita que se endurezca el pegamento de PVC. (Si se usa una brida en lugar de coples, coloque con un perno en la brida en la cabeza de la brida del tubo vertical usando los pernos que se suministran).

3.2.5 Debido a las altas presiones involucradas, el cementado debe hacerse en dos etapas: La primera etapa es para cementar el primer metro y medio, (4 ft), del barreno para formar un tapón, que pueda sellar el barreno y permitir que se cimente el resto del hoyo. Calcule la cantidad de cemento requerida para hacer esto. Conecte el tubo de cementado a la válvula de paso y a una bomba de inyección. Mezcle la cantidad calculada de lechada de cemento para la consistencia de una masa para pancakes. No use arena. Con la válvula abierta, inyecte la cantidad medida de lechada de cemento hacia el barreno. Con la válvula aún abierta, retire la el tubo de cementado en el barreno y permita que drene cualquier exceso de lechada, por encima del nivel del extremo del tubo de cementado hacia abajo del hoyo hacia adentro del barreno. Reconecte una toma de agua al ensamble de Válvula/Te y bombee unos cuantos litros /galones) de agua hacia el barreno y después desconecte la toma de agua y permita que el agua fluya de regreso hacia afuera del hoyo y purgue el sistema para prepararlo para la segunda etapa del cementado. Deje pasar 24 horas para que se seque.

3.2.6 Después de que se haya asentado el tapón de la lechada de la primera etapa, reconecte la bomba de inyección e inyecte lechada hasta que se vea la lechada saliendo por el tubo de ventilación. Deben evitarse presiones excesivas en la lechada, ya que se corre el peligro de volar el tapón). Cuando se vea que la lechada saliendo del tubo de ventilación, detenga el bombeo, cierre la Válvula de Paso y desconecte la bomba. (En suelo fracturado, podría haber algún escurrimiento hacia las fracturas, causando que no se cimente el ancla de arriba. Para protegerla de esto, la bomba puede dejarse conectada y se puede continuar con la lechada a intervalos. Hasta entonces, al reactivar el bombeo, se puede ver la lechada fluyendo inmediatamente del tubo de ventilación, punto en el que la columna de lechada probablemente está completa y cubre el ancla de arriba.)

3.2.7 Después de dejar pasar el tiempo suficiente para que la lechada se endurezca, el ensamble de Válvula/Tee del tubo de lechada debe desatornillarse de la cabeza del MPBX, o cortar el flujo con la cabeza del MPBX y descártelo. Retire la placa de lechada y reemplácela con la Superficie de Referencia. Tome lecturas iniciales con el indicador de dial y registre. Atornille la Tapa Protectora de Tubo para proteger la Superficie de Referencia.

4. LECTURA ELECTRÓNICA - TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE

La lectura electrónica se consigue usualmente por medio de transductores y un bastidor que se ensamblan y sujetados por pernos a la cabeza del MPBX después de que se haya realizado la instalación inicial de las anclas y la cabeza. Hay muchas variaciones y **se proporcionan instrucciones detalladas con cada extensómetro**. Las siguientes instrucciones aplican, en modo general, a los dos diseños estándar principales: uno que permite la lectura electrónica y uno que permite, tanto la lectura electrónica como la manual. Estas instrucciones generales servirán como explicación para obtener instrucciones más detalladas y por qué son necesarias.

4.1 Únicamente Lectura Electrónica

Se muestra un ensamble típico de cabeza MPBX, diseñado para aceptar transductores de desplazamiento de cuerda vibrante en la figura 3.

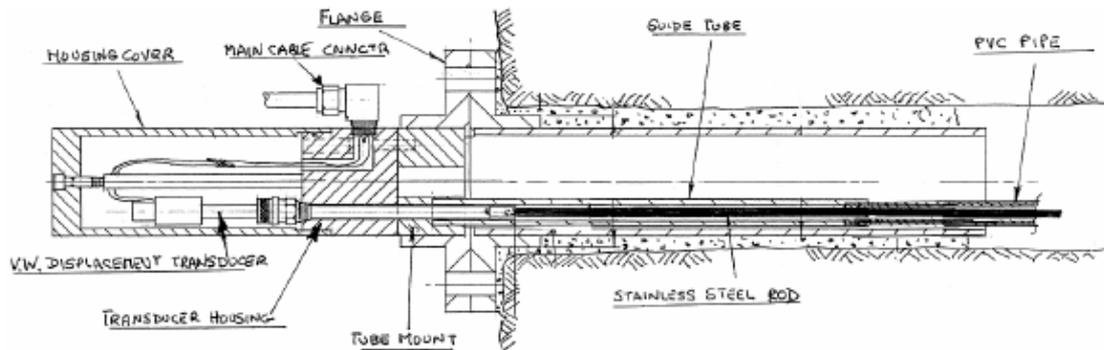


Figura 3 - Configuración para Lectura Electrónica

4.1.1 Los **Tubos Guía** proporcionan un espacio en el que se ubiquen los transductores. Se pueden entregar por separado. Si se entregan por separado entonces deben conectarse, primero al ensamble del Tubo a través de enroscarlo y/o pegarlo y después pegarse al **tubo de PVC** después de que se haya retirado una cantidad específica de tubo PVC. La cantidad a ser retirada es tal, que cuando se conecte la varilla de acero inoxidable al transductor, el transductor esté correctamente posicionado dentro del Tubo Guía. Los números estampados en la ensamble del tubo aseguran que se conecte el ancla correcta al Tubo Guía correspondiente y el transductor.

4.1.2 Si el **Tubo vertical** está en uso, las varillas y anclas se empujan hacia el barreno y la **ensamble del tubo**, con sus Tubos guía, está pegada ahora al tubo vertical. **Las Varillas de Extensión** se atornillan hacia el extremo de las varillas de acero y después se abrazan al ensamble del tubo a través de **Conectores Swagelok Temporales**. Las varillas de extensión están diseñadas para sujetar los extremos de las varillas de acero inoxidable en sus posiciones correctas con respecto a la cabeza del MPBX mientras que las anclas y las varillas están siendo instaladas adentro del barreno. Sin ellas la fricción y el tiro de las anclas, y los cambios de temperatura, durante la instalación podrían mover las puntas de las varillas una cantidad inaceptable.

4.1.3 Después de que se hayan hecho las instalaciones, de acuerdo a las instrucciones de la Sección 3, se retiran las varillas de extensión y los Conectores Temporales Swagelok.

4.1.4 El **Bastidor del Transductor** ahora puede ser sujetado por pernos a la Montaje del tubo usando los números estampados en el montaje del tubo para asegurar una correcta orientación.

4.1.5 Ahora se enroscan los **Transductores de Desplazamiento de Cuerda Vibrante** a los extremos de las puntas de las varillas de acero inoxidable. **Asegúrese de que el pin en el hueco del transductor esté en la muesca en el transductor cuando el Transductor se atornille a la punta de la varilla. Si el pin no está en la muesca cuando el Transductor se gire, entonces puede resultar un daño serio.** Una vez conectados, después pueden extenderse a la parte

correcta de su rango antes de ser sujetados con los accesorios Swagelok en el Bastidor del Transductor.

4.1.6 La instalación se completa, al conectar las puntas individuales de transductor al conector del cable principal adentro de la Cabeza del MPBX y al sujetar con pernos la **Cubierta del Bastidor** al Bastidor del Transductor usando los Pernos largos de Distanciamiento que se brindan.

4.1.7 Ahora se pueden tomar Lecturas Iniciales.

4.2 Lectura Electrónica con Capacidad de Lectura Manual

4.2.1 En la figura 4 se muestra un ensamble típico de cabeza de MPBX, diseñado para aceptar transductores de desplazamiento de cuerda vibrante y también permitir lecturas manuales. En este arreglo, los transductores no están directamente en línea con las varillas de acero pero, en lugar de ello, están empotrados en tubos guía a lo largo de las varillas, dejando la punta de las varillas libres para ser detectadas por un indicador de dial.

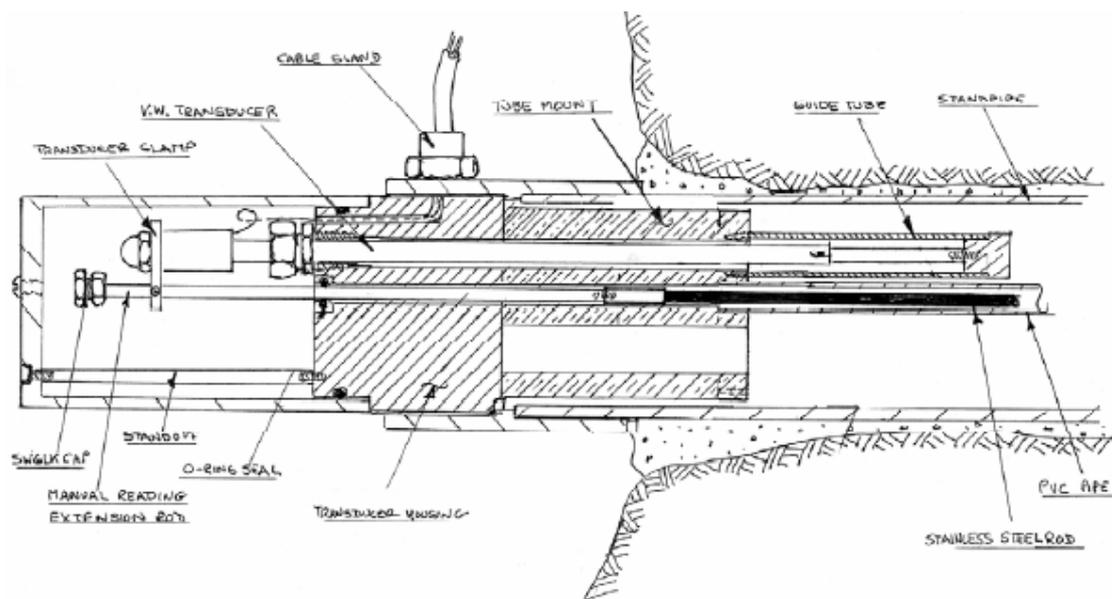


Figura 4 - Configuración de Lectura Manual

4.2.2 Primero debe separarse la **ensamble del tubo** del ensamble de la cabeza del MPBX al retirar la tapa y quitar el perno que sujeta la montura de Tubo de la cubierta **del Transductor**. Los **Tubos Guía** brindan un espacio en el cual deben ubicarse los transductores; ellos se envían ya conectados a la **Montaje del tubo**. Estos Tubos Guía necesitan mantenerse limpios durante la operación de lechada y deben conectarse con los empaques que se brindan.

4.2.3 Después de que las anclas y las cadenas de varilla/tubo hayan sido ensamblados ahora deben pegarse a la Montaje del tubo, pero antes de que esto se haga, debe cortarse la última sección de tubo de PVC a la longitud correcta. La cantidad a ser retirada es tal que cuando la

instalación esté completa, la punta de la varilla de acero inoxidable estará en la posición correcta con respecto a la Superficie de Referencia. Los números estampados en la Montaje del tubo aseguran que las anclas estén conectadas en la secuencia adecuada.

4.2.4 Si está en uso un **Tubo vertical**, debe estar instalado ahora, después de lo cual puede proceder la instalación de acuerdo con las instrucciones de la Sección 3.

4.2.5 Después de que se complete la instalación de las varillas, tubos y anclas, se atornillan casquillos reducidos a los extremos externos de las varillas de acero inoxidable de tal manera de que la cubierta del Transductor pueda ahora ser deslizada sobre estas varillas, sin dañar los **Sellos del empaque** en el Bastidor del Transductor. El Bastidor del Transductor ahora puede sujetarse con pernos a la Montaje del tubo.

4.2.6 Los **Transductores de Cuerda Vibrante** ahora pueden ser instalados dentro de los Tubos Guía al retirar los empaques y después al atornillar los Transductores al tornillo de sujeción en el fondo del Tubo Guía. **Asegúrese de que el pin en el hueco del transductor esté en la muesca en el transductor cuando el Transductor se atornille a la punta de la varilla. Si el pin no está en la muesca cuando el Transductor se gire, entonces puede resultar un daño serio.** Las **Abrazaderas del Transductor** se deslizan sobre las varillas del acero inoxidable y se aseguran a la parte trasera de sus Transductores correspondientes. Cada Transductor está conectado a su vez a una Consola de Lectura y el Transductor está configurado en la parte deseada de su rango. En la mayoría de los casos, donde los movimientos que son monitoreados son extensiones, esto significará que el Transductor de Cuerda Vibrante estará extendido casi por completo. Cuando se selecciona la posición correcta, entonces el tornillo de sujeción en la Abrazadera de Transductor se aprieta en la Varilla de Lectura Manual.

4.2.7 Los casquillos se quitan de los extremos de las varillas de acero inoxidable y se reemplazan por **Tapas Swagelok**, las cuales brindarán una gran superficie plana para que la encuentre el indicador de dial. (Pueden cortarse las varillas a su longitud correcta, de ser necesario, por medio de sierra para metales).

4.2.8 Las puntas individuales del transductor se conectan al conector del cable principal y se reemplazan los **Tornillos de sujeción** y la Tapa. Se brindan Tablas de Cableado en el Apéndice 1.

4.2.9 Ahora se pueden tomar lecturas iniciales - tanto manuales como electrónicas.

5. TOMANDO LECTURAS

La lectura más importante es la primera lectura: esta es la lectura base con la cual se van a comparar todas las lecturas subsecuentes. Verifique que las lecturas son correctas. Si es posible, instale bien el MPBX de manera muy anticipada al tiempo en que se esperan los movimientos para que el MPBX tenga tiempo para estabilizarse. (La mayoría de las instalaciones están sujetas al proceso de "asentamiento" durante el cual pueden ocurrir movimientos leves. Estos movimientos generalmente cesan después de dos o tres días). Con frecuencia, los mejores

resultados pueden obtenerse a través de usar como lecturas de línea base, las lecturas tomadas en el tercer día. Esto, por supuesto puede no ser posible si el suelo ya se está moviendo.

Las lecturas manuales se toman mejor usando un indicador de dial, aunque, también se han usado micrómetros profundos. Para tomar lecturas manuales, simplemente empuje el eje del indicador a través de los hoyos en la Tapa del ensamble de Cabeza del MPBX hasta que la punta se recargue contra la Tapa Swagelok subyacente. Con la abrazadera del indicador dial sujetado alineado contra la Tapa del MPBX o la Superficie de Referencia, tome una lectura en el indicador.

Puede hacerse una lectura electrónica usando el Datalogger Micro 10 o las Consolas de Lectura GK401 o GK402 configurados al Canal B. Para mayores detalles consulte los manuales respectivos.

La frecuencia de lectura debe ser adecuada para el propósito para el cual se están haciendo las lecturas. Todas las lecturas deben ser comparadas con las lecturas anteriores tan pronto como se toman. De este modo, pueden revisarse instantáneamente los cambios abruptos en lecturas para ver si son reales o quizás un error de lectura. Si son reales, entonces al observador se le alerta la posibilidad de movimientos graves de tierra o de posible daño en el instrumento y puede buscar mayor evidencia o las dos cosas.

6. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos crudos pueden ser tratados de numerosas formas para revelar zonas o planos débiles en los cuales está ocurriendo movimiento. Todos los datos deben convertirse a gráficas de tiempo sin retardo. No poder graficar los datos de una manera oportuna puede negar los propósitos del programa de monitoreo. La inspección de las gráficas mostrarán si los movimientos son estables o se están acelerando o se han detenido. Estos podrían sugerir la necesidad de medidas de solución o remedio y serán útiles en monitorear su eficacia.

6.1 Un Ejemplo de la Reducción de Datos de MPBX para una Situación en la que el Ancla Profunda está en Suelo Estable

La Tabla 1 muestra una serie de entradas en un libro de campo. En este ejemplo el Ancla 3 se ubica en suelo estable.

Fecha	Ancla 3 (Profundidad de 20 mts) milímetros	Ancla 2 (Profundidad de 10 mts) milímetros	Ancla 1 (Profundidad de 3 mts) milímetros	Observaciones
12/01/00	38.10	25.19	34.75	Lectura Inicial (R_0)
12/02/00	38.91	26.01	35.51	
12/03/00	39.01	26.11	35.61	
12/05/00	39.12	26.16	35.61	
12/06/00	39.14	26.16	35.61	
12/08/00	40.18	27.13	36.58	Voladura en el área

12/09/00	40.13	27.18	36.63	
12/10/00	40.26	27.31	36.65	
12/11/00	40.64	27.61	36.65	
12/15/00	43.82	28.58	36.83	Lluvia Intensa
12/16/00	43.87	28.58	36.83	
12/18/00	43.94	28.63	36.88	
12/20/00	43.13	28.65	36.88	

Tabla 1 Datos Sin Procesar

6.1.1 La primera tarea es calcular los desplazamientos calculados entre la cabeza y cada ancla. Esto puede hacerse fácilmente para cada ancla, al sustraer la lectura inicial, R_0 de cada una de las lecturas subsecuentes. Cuando se hace esto, tenemos una tabla de figuras como se muestra en la Tabla 2.

Fecha	Ancla 3 (Profundidad de 20 mts) milímetros	Ancla 2 (Profundidad de 10 mts) milímetros	Ancla 1 (Profundidad de 3 mts) milímetros	Observaciones
12/01/00	0.00	0.00	34.75	Instalado
12/02/00	0.81	0.76	35.51	
12/03/00	0.91	0.86	35.61	
12/05/00	1.02	0.86	35.61	
12/06/00	1.04	0.86	35.61	
12/08/00	2.08	1.83	36.58	Voladura en el área
12/09/00	2.03	1.88	36.63	
12/10/00	2.16	1.90	36.65	
12/11/00	2.54	1.90	36.65	
12/15/00	5.72	2.08	36.83	Lluvia Intensa
12/16/00	5.75	2.08	36.83	
12/18/00	5.84	2.13	36.88	
12/20/00	5.89	2.13	36.88	

Tabla 2. Movimiento Relativo entre la Cabeza del Instrumento y Cada Ancla

6.1.2 Sin embargo, en el ejemplo elegido, es el ancla más profunda la que está estable, no la Cabeza del Instrumento, de tal manera que el movimiento de cada una de las anclas debe ser calculado con relación al Ancla 3 y no con relación a la cabeza MPBX. Inmediatamente se notará que el movimiento aparente del ancla 3 es de hecho el movimiento absoluto de la cabeza del instrumento con respecto al suelo estable.

Fecha	Ancla 3 (Profundidad de 20 mts) milímetros	Ancla 2 (Profundidad de 10 mts) milímetros	Ancla 1 (Profundidad de 3 mts) milímetros	Observaciones
12/01/00	0.00	0.00	0.00	Instalado
12/02/00	0.01	0.05	0.81	
12/03/00	0.01	0.05	0.91	
12/05/00	0.05	0.16	1.02	
12/06/00	0.07	0.18	1.04	
12/08/00	0.14	0.25	2.08	Voladura en el área
12/09/00	0.04	0.15	2.03	
12/10/00	0.04	0.26	2.16	
12/11/00	0.12	0.64	2.54	

12/15/00	2.33	3.64	5.72	Lluvia Intensa
12/16/00	2.36	3.67	5.75	
12/18/00	2.40	3.71	5.84	
12/20/00	2.43	3.76	5.89	

Tabla 3. El Movimiento de la Cabeza del Instrumento y las Anclas con Respecto al Ancla 3 en Suelo estable

6.1.3 Los datos mostrados en la Tabla 3 pueden ser graficados y mostrados en una gráfica como la que se muestra en la Figura 5.

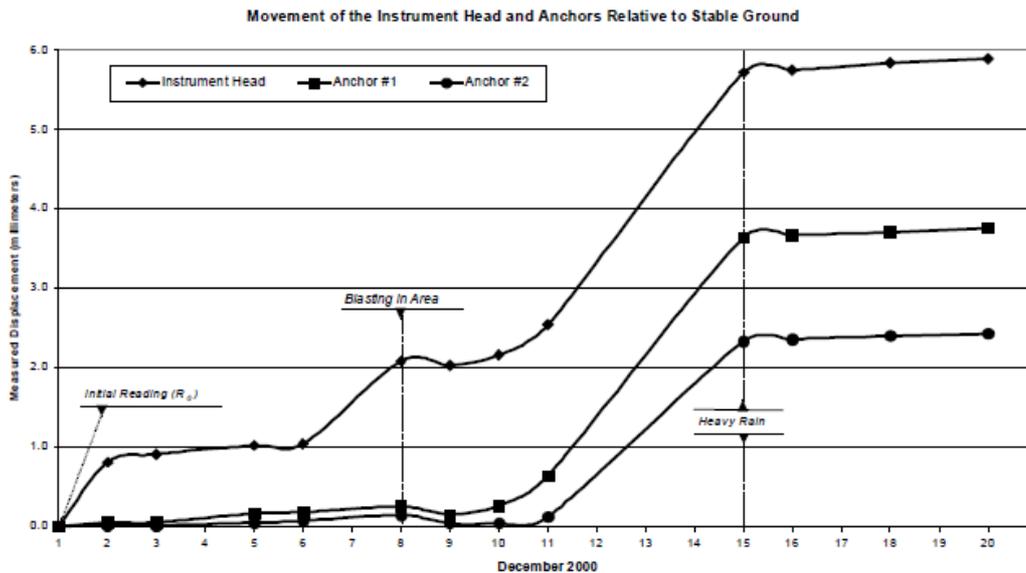


Figura 5. Movimiento de la Cabeza y las Anclas con Respecto al Ancla 3 en Suelo estable

La inspección de la gráfica muestra que el movimiento inicial ocurrió en la zona más cercana a la superficie durante los primeros 3 días y otra vez en el día 8 después de la voladura en el área. El día 15, después de una lluvia intensa, ocurrieron movimientos profundos en la zona entre las anclas 2 y 3 y también en las zonas más angostas. Se pueden inferir movimientos que ocurrieron en cualquier zona entre anclas del espacio entre las gráficas individuales de la Figura 5, o pueden graficarse por separado, como se muestra en la figura 6

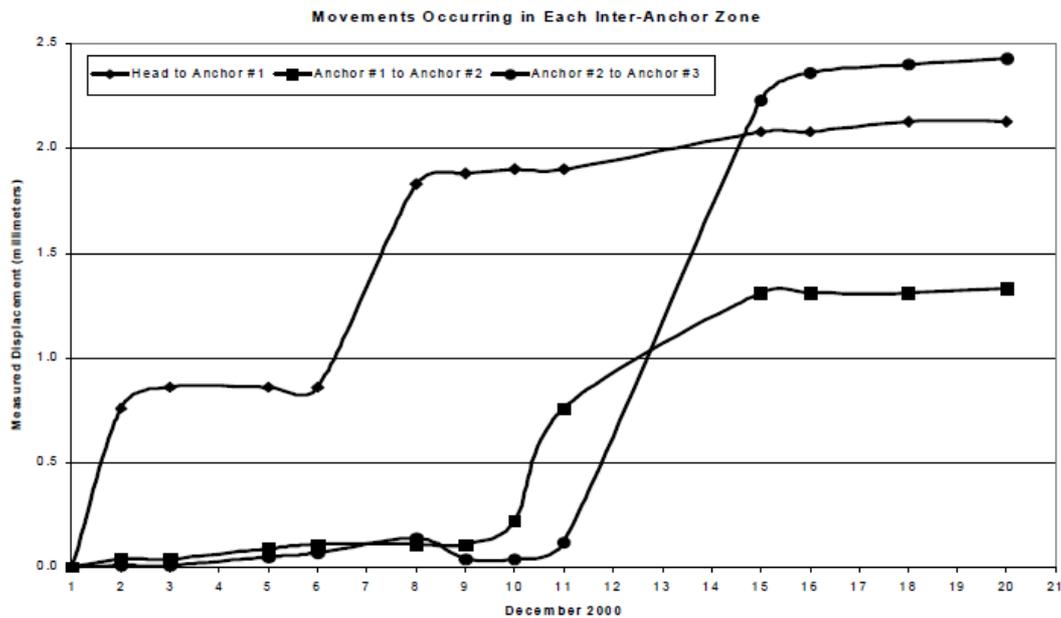


Figura 6 Movimientos que Ocurren en Cada Zona Entre Anclas

6.2 Cabeza del Instrumento ubicada en suelo estable

Cuando la cabeza del Instrumento está ubicada en suelo estable, como sería el caso para una cabeza de MPBX ubicada a nivel de calle en un barreno taladrado hacia abajo para terminar ligeramente sobre un túnel que se esté excavando abajo, entonces los movimientos medidos en cada ancla se toman directamente de las lecturas en cada ancla. El análisis de los datos entonces procedería como antes sin la necesidad del paso descrito en la sección 6.1.2

7. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

El diseño de ancla múltiple tiende a mostrar cambios que confirman las lecturas en diversas varillas de movimientos que afectan a más de un ancla. Las malas lecturas en cualquier ancla intermedia tenderán a sobresalir como incompatibles con los movimientos de las anclas circundantes. Sin embargo, es posible que las rupturas en una zona puedan abrirse mientras aquellas en una zona adyacente puedan cerrarse.

Indicadores de Dial

Los Indicadores de dial son instrumentos delicados y deben mantenerse limpios y secos en todo momento. Es recomendable tener un estándar, que puede ser utilizado para verificar que el sensor de dial de la misma lectura en todo momento cuando se compare con este estándar. El estándar puede ser un bloque de acero en el que se ha taladrado un hoyo.

Transductores de Cuerda Vibrante

Síntoma: Las Lecturas del Transductor de Desplazamiento son Inestables

- ✓ ¿La posición de la consola de lectura está correcta? Si se usa un datalogger para registrar lecturas automáticamente, ¿están correctas las configuraciones de excitación para la secuencia barrida? Intente leer el transductor de desplazamiento en una posición de lectura diferente. Por ejemplo, el canal A del GK-401 y GK-403 puede leer el transductor. 1.
- ✓ ¿Hay alguna fuente de ruido eléctrico en las cercanías? Las fuentes más probables de ruido eléctrico son los motores, generadores, transformadores, soldadoras de arco y antenas. Asegúrese de que el cable de aterrizado del blindaje está conectado a tierra, ya sea usando un lector portable o un datalogger. Si usa el Lector GK-401, conecte el clip con funda verde al cable de aterrizado del blindaje desnudo del cable de la celda de presión. Si usa el GK-403 conecte el clip con la funda azul al cable de aterrizado del blindaje.
- ✓ ¿El lector funciona con algún otro transductor de desplazamiento? Si no, el lector puede tener una batería baja o estar funcionando mal. Consulte el manual del lector adecuado para obtener instrucciones de carga o resolución de problemas.
- ✓ ¿El transductor ha ido fuera de su rango? Si es así, el transductor puede ser reiniciado utilizando las instrucciones de instalación en la sección 4.

Síntoma: El Transductor de Desplazamiento no Lee

- ✓ ¿El cable está cortado o roto? Esto se puede verificar con un óhmetro. La resistencia nominal entre las dos puntas del sensor (usualmente las puntas negra y blanca) es de 180Ω , $\pm 10\Omega$. Recuerde añadir resistencia de cable al revisar (los cables de cobre trenzado son de aproximadamente $14.7\Omega/1000'$ o $48.5\Omega/km$, multiplique por 2 para ambas direcciones). Si la resistencia da lectura de infinito, o muy alta (megaohms), se debe sospechar de un cable cortado. Si la resistencia da una lectura muy baja ($<100\Omega$), es probable un corto en el cable.
- ✓ ¿El lector o el datalogger funciona con otro transductor? Si no, el lector o el datalogger puede estar funcionando mal. Consulte el manual del lector o del datalogger para más instrucciones.

Apéndice 1 Tablas de Cableado para Transductores de Cuerda Vibrante.

Tabla de Cableado 1 - Un solo Transductor

Cableado Interno	Cable de Geokon #02-205V6 (Azul)	Función/ Descripción
Rojo	Rojo	Sensor 1+
Negro	Negro	Sensor 1-
Rojo	Blanco	Termistor
Negro	Verde	Termistor
N/C	Blindaje (1)	N/A

Tabla de Cableado 2 - Tres Transductores

Cableado Interno	Cable de Geokon #04-375V9 (Violeta)	Función/ Descripción
Rojo	Rojo	Sensor 1+
Negro	Negro del Rojo	Sensor 1-
Rojo	Blanco	Sensor 2+
Negro	Negro del Blanco	Sensor 2-
Rojo	Verde	Sensor 3+
Negro	Negro del Verde	Sensor 3-
N/C	Azul	Termistor
N/C	Negro del Azul	Termistor
N/C	Blindajes (5)	Tierra

Tabla de Cableado 3 - Cuatro Transductores

Cableado Interno	Cable de Geokon #05-375V12 (Anaranjado)	Función/ Descripción
Rojo	Rojo	Sensor 1+
Negro	Negro del Rojo	Sensor 1-
Rojo	Blanco	Sensor 2+
Negro	Negro del Blanco	Sensor 2-
Rojo	Verde	Sensor 3+
Negro	Negro del Verde	Sensor 3-
Rojo	Azul	Sensor 4+
Negro	Negro del Azul	Sensor 4-
N/C	Amarillo	Termistor
N/C	Negro del Amarillo	Termistor
N/C	Blindajes (7)	Tierra

Tabla de Cableado 4 - Cinco Transductores

Cableado Interno	Cable de Geokon #06-500V7 (Naranja)	Función/ Descripción
Rojo	Rojo	Sensor 1+
Negro	Negro del Rojo	Sensor 1-
Rojo	Blanco	Sensor 2+
Negro	Negro del Blanco	Sensor 2-
Rojo	Verde	Sensor 3+
Negro	Negro del Verde	Sensor 3-
Rojo	Azul	Sensor 4+
Negro	Negro del Azul	Sensor 4-
Rojo	Amarillo	Sensor 5+
Negro	Negro del Amarillo	Sensor 5-
Rojo	Café	Termistor
Negro	Negro del Café	Termistor
N/C	Blindajes (7)	Tierra

Tabla de Cableado 5 - Siete Transductores

Cableado Interno	Cable de Geokon #012-625V5 (Café)	Función/ Descripción
Rojo	Rojo	Sensor 1+
Negro	Negro del Rojo	Sensor 1-
Rojo	Blanco	Sensor 2+
Negro	Negro del Blanco	Sensor 2-
Rojo	Verde	Sensor 3+
Negro	Negro del Verde	Sensor 3-
Rojo	Azul	Sensor 4+
Negro	Negro del Azul	Sensor 4-
Rojo	Amarillo	Sensor 5+
Negro	Negro del Amarillo	Sensor 5-
Rojo	Café	Sensor 6+
Negro	Negro del Café	Sensor 6-
Rojo	Naranja	Sensor 7+
Negro	Negro del Naranja	Sensor 7-
N/C	Blanco	Termistor
N/C	Rojo del Blanco	Termistor
N/C	Blindajes (13)	Tierra