

Modelo Serie 4500

Piezómetro de cuerda vibrante

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

1. INTRODUCCIÓN	1
2. INSTRUCCIONES DE INICIO RÁPIDO	2
3. ANTES DE LA INSTALACIÓN	3
3.1 SATURACIÓN DE PUNTAS DE FILTROS	3
3.1.1 SATURACIÓN DE FILTROS ESTÁNDAR	3
3.1.2 SATURACIÓN DE FILTROS DE CERÁMICA DE ALTA ADMISIÓN DE AIRE	3
3.1.3 SATURACIÓN DE PUNTAS DE FILTRO DEL MODELO 4500C	4
3.2 CÓMO ESTABLECER UNA LECTURA INICIAL CERO	5
3.2.1 MÉTODO RECOMENDADO PARA ESTABLECER LA LECTURA INICIAL CERO	6
3.2.2 PRIMER MÉTODO ALTERNATIVO	6
3.2.3 SEGUNDO MÉTODO ALTERNATIVO	6
3.2.4 TERCER MÉTODO ALTERNATIVO	6
3.3 VERIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PIEZÓMETRO	6
4. INSTALACIÓN	8
4.1 INSTALACIÓN EN TUBERÍAS O POZOS	8
4.2 INSTALACIÓN EN BARRENOS	8
4.3 INSTALACIÓN EN RELLENOS Y DIQUES	10
4.4 INSTALACIÓN POR EMPUJE O PENETRACIÓN EN SUELOS BLANDOS	11
4.5 TRANSDUCTOR MODELO 4500H Y MODELO 4500HH	12
4.6 CAJAS DE EMPALME Y CONEXIÓN	12
4.7 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	13
4.8 PROTECCIÓN CONTRA CONGELAMIENTO	14
5. TOMA DE LECTURAS	15
5.1 LECTURAS Y REGISTRADORES DE DATOS COMPATIBLES	15
5.2 MEDICIÓN DE TEMPERATURAS	15
6. REDUCCIÓN DE DATOS	17
6.1 CÁLCULO DE LA PRESIÓN	17
6.2 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA	18
6.3 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA (SOLO SE REQUIERE EN TRANSDUCTORES NO VENTILADOS)	18
6.4 PIEZÓMETROS VENTILADOS, MODELO 4500SV	19
6.5 FACTORES AMBIENTALES	20
7. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	21

APPENDIX A. ESPECIFICACIONES	23
A.1 ESPECIFICACIONES DEL MODELO 4500	23
A.2 ESPECIFICACIONES DEL 4500CR (SENSOR RESISTENTE A LA CORROSIÓN)	24
A.3 TERMISTOR	24
A.4 CABLEADO DEL PIEZÓMETRO ESTÁNDAR	24
APPENDIX B. DERIVACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL TERMISTOR	25
B.1 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3KΩ	25
B.2 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 10KΩ	26
APPENDIX C. TREPORTE DE CALIBRACIÓN TÍPICO	27
APPENDIX D. MEJORAR LA PRECISIÓN DE LA PRESIÓN CALCULADA	28
APPENDIX E. NIVEL DE AGUA Y PRESIÓN DEL PIEZÓMETRO	29

1. INTRODUCCIÓN

Los piezómetros de cuerda vibrante Modelo 4500 de GEOKON tienen como principal objetivo las mediciones a largo plazo de la profundidad de fluidos y la presión de los poros en tuberías, barrenos, diques, oleoductos y tanques de presión. Existen varios modelos disponibles para ajustarse a una variedad de aplicaciones geotécnicas. Se proporciona información de calibración con cada piezómetro.

Todos los piezómetros de cuerda vibrante de GEOKON utilizan un diafragma sensible de acero inoxidable (excepto el modelo 4500C, que utiliza fuelles) al cual está conectado el componente de cuerda vibrante. Durante su uso, los cambios en la presión sobre el diafragma pueden provocar desviaciones. Esta desviación se mide como un cambio en la tensión y frecuencia de vibración del componente de cuerda vibrante. El cuadrado de la frecuencia de vibración es directamente proporcional a la presión aplicada sobre el diafragma. Un filtro evita la entrada de partículas sólidas y previene el daño sobre el sensible diafragma. Los filtros estándar son de acero inoxidable de 50 micras. Filtros con alto nivel de admisión de aire están disponibles a pedido.

Dos bobinas, una con un aditamento tipo imán y la otra con un aditamento polar, están instaladas cerca de la cuerda vibrante. Al usarse, se aplica una pulsación de frecuencia variable (frecuencia de barrido) a estas bobinas, provocando que la cuerda vibre principalmente a su frecuencia de resonancia. Al terminar el estímulo, la cuerda continúa vibrando. Durante la vibración, se induce una señal sinusoidal en las bobinas y se transmite a una consola de lectura, en donde es acondicionada y desplegada.

Existen unidades de lectura portátiles disponibles que producen el estímulo, acondicionamiento de señal y lectura del instrumento. También están disponibles sistemas de registro de datos, que permiten la recolección de información remota y sin supervisión de varios sensores.

Contáctese con GEOKON para obtener información adicional.

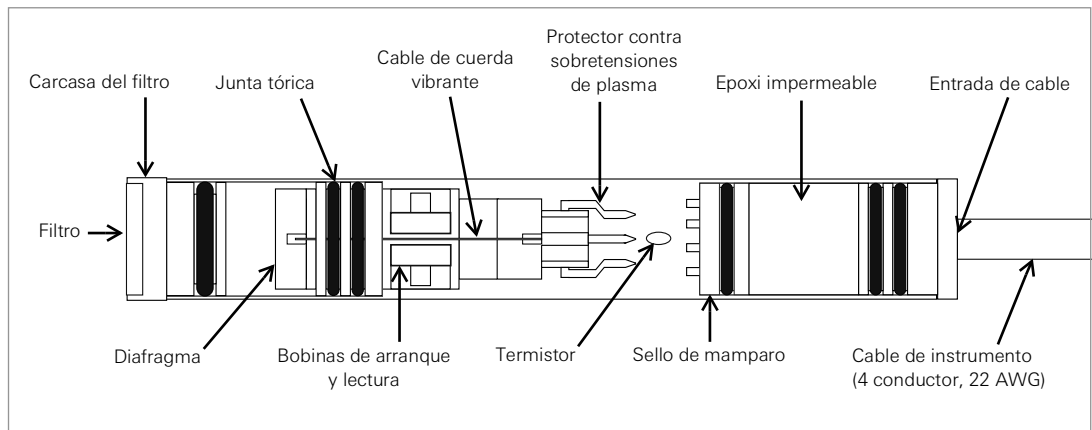


FIGURA 1: Piezómetro de cuerda vibrante Modelo 4500S

Todos los componentes expuestos están hechos con acero inoxidable resistente a la corrosión. Si se siguen las técnicas adecuadas de instalación, el dispositivo debería tener una vida ilimitada.

En agua salada, podría ser necesario el uso de materiales especiales para el diafragma y la carcasa. Los piezómetros Serie 4500INCO y Serie 4500 TI están especialmente diseñados para usarse en este tipo de entornos. Por ejemplo, ambos modelos incorporan sellos mejorados en la entrada del cable y la conexión del filtro; el 4500INCO utiliza un sello de junta tórica doble personalizado, mientras que el 4500TI tiene una construcción totalmente soldada.

2. INSTRUCCIONES DE INICIO RÁPIDO

Las personas familiarizadas con los instrumentos geotécnicos y su instalación pueden usar las siguientes instrucciones de inicio rápido. Para obtener instrucciones más detalladas, vea la Sección 3.

1. Sature el filtro del piezómetro (vea la Sección 3.1).

¡Advertencia! ¡No permita que el piezómetro se congele cuando la piedra del filtro haya sido saturada!

2. Antes de la instalación, permita que el piezómetro alcance un equilibrio térmico durante al menos 15 minutos. (De manera alternativa, si el instrumento está conectado a la consola de lectura, espere hasta que la lectura del piezómetro se estabilice).
3. Registre la temperatura, la presión atmosférica y la lectura del piezómetro cuando este tenga una presión (atmosférica) de cero. Esto se conoce como lectura "inicial cero".
4. Verifique que la lectura inicial cero del piezómetro coincida con la lectura cero proporcionada de fábrica en el reporte de calibración.
5. Con cuidado, mida y marque el cable en donde coincida con la parte superior del barreno, pozo o tubería cuando el piezómetro haya alcanzado la profundidad deseada. (El diafragma del piezómetro se encuentra a 3/4 de pulgada por encima de la punta del piezómetro).
6. Para instalación en tuberías o pozos, consulte la Sección 4.1. Para perforaciones, consulte la Sección 4.2. Para rellenos y diques, vea la Sección 4.3.

3. ANTES DE LA INSTALACIÓN

3.1 SATURACIÓN DE PUNTAS DE FILTROS

¡Advertencia! ¡No permita que el piezómetro se congele cuando la piedra del filtro haya sido saturada!

Vea la Sección 4.8 para obtener información sobre cómo proteger al piezómetro contra el congelamiento.

La mayoría de las puntas de los filtros pueden removerse para realizar el proceso de saturación y luego volver a ensamblarse. Para mantener la saturación, la unidad debe permanecer bajo el agua hasta la instalación. Si el piezómetro se usará en una tubería en donde ascenderá y descenderá con frecuencia, la carcasa del filtro podría aflojarse con el tiempo y podría ser necesario un ensamble del filtro permanente. El filtro extraíble puede fijarse de forma permanente perforando el tubo del piezómetro a una distancia de entre 1/16" y 1/8" por detrás de la junta del ensamble del filtro.

Las sales en el agua pueden depositarse en la piedra del filtro provocando una obstrucción si se deja secar por completo. Las piedras del filtro pueden reemplazarse con rejillas para instalaciones en tuberías. Las rejillas de GEOKON disponibles tienen menos probabilidad de acumular sal y obstruirse que los filtros estándar.

3.1.1 SATURACIÓN DE FILTROS ESTÁNDAR

Para resultados precisos, es necesaria la saturación total del filtro. Conforme el piezómetro es introducido en el agua, el agua entra al filtro, comprimiendo el aire en el espacio entre la piedra del filtro y el diafragma sensible a la presión. Después de un periodo de tiempo, este aire se disolverá en el agua, llenando completamente de agua el filtro y el espacio sobre él.

Para acelerar el proceso de saturación, retire el filtro del piezómetro girando y jalando cuidadosamente el ensamble de la carcasa del filtro (o desatornillando la punta del piezómetro, en el caso del Modelo 4500DP). Sostenga el piezómetro con el filtro hacia arriba y llene de agua el espacio sobre el diafragma. Vuelva a colocar con cuidado la carcasa del filtro, permitiendo que el agua salga de la piedra del filtro conforme la instala. Para piezómetros con un rango menor a 10 psi, tome lecturas con una consola de lectura mientras vuelve a colocar la carcasa del filtro para asegurar que el rango del piezómetro no se sobrepase.

3.1.2 SATURACIÓN DE FILTROS DE CERÁMICA DE ALTA ADMISIÓN DE AIRE

Debido a las características de alta admisión de aire del filtro de cerámica, la extracción del aire es particularmente importante. Los diferentes grados de admisión de aire requieren diferentes procedimientos de saturación.

FILTROS DE UN BAR

1. Retire el filtro del piezómetro girando y jalando cuidadosamente el ensamble de la carcasa del filtro.
2. Hierva el ensamble del filtro en agua a la que se le ha retirado el aire.
3. Vuelva a ensamblar el piezómetro bajo la superficie de un contenedor de agua a la que se le ha retirado el aire. Mientras instala lentamente el filtro, use una consola de lectura para monitorear la presión del diafragma. Si el piezómetro comienza a sobrepasarse, permita que la presión se disipe antes de continuar presionando.
4. Asegúrese de que no quede aire atrapado en la cavidad del transductor.

FILTROS DE DOS Y MÁS BARES

El procedimiento adecuado para la extracción del aire y la saturación de estos filtros es algo complejo; por lo tanto, se recomienda que GEOKON lo haga en la fábrica. Si es necesario llevar a cabo la saturación en el campo, siga cuidadosamente las instrucciones siguientes:

1. Coloque el piezómetro ensamblado, con el filtro hacia abajo, en una cámara de vacío con un puerto en la parte inferior para entrada de agua a la que se le ha eliminado el aire.
2. Cierre la entrada de agua y vacíe la cámara. Debe monitorearse el transductor mientras la cámara se vacía.
3. Cuando se alcance el nivel máximo de vacío, permita la entrada de agua a la que se le ha eliminado el aire a la cámara hasta que llegue algunas pulgadas más arriba del filtro del piezómetro.
4. Cierre la entrada de agua.
5. Libere el vacío.
6. Observe la lectura del transductor. Podrían pasar hasta 24 horas antes de que el filtro se sature por completo y que la presión llegue a cero.
7. Después de la saturación, el transductor debe mantenerse en un contenedor de agua libre de aire hasta su instalación. Si la extracción del aire se realizó en la fábrica, el piezómetro tendrá un tapón especial para mantener la saturación.

3.1.3 SATURACIÓN DE PUNTAS DE FILTRO DEL MODELO 4500C

¡Advertencia! La carcasa del filtro del 4500C no es removible. ¡Cualquier intento de retirar la piedra o la carcasa del filtro destruirá el transductor!

Si la presión que se va a medir es menor a 5 psi, la piedra del filtro debe estar saturada. Necesitará una bomba de vacío manual y un tubo quirúrgico corto de media pulgada. Las bombas manuales y los tubos están disponibles en la fábrica. (La bomba manual de MityvacII® de Lincoln Industries Corp. en St. Louis, MO., ha sido usada con éxito).

El proceso de saturación es el siguiente:

1. Fije el tubo al transductor como se muestra en la Figura 2.
2. Llene el tubo con unas dos pulgadas (cinco centímetros) de agua.
3. Fije el otro extremo del tubo a la bomba de vacío manual.
4. Sostenga el transductor de tal forma que el agua descansa en el filtro pero que no entre en la bomba, apriete la bomba manual para crear un vacío en el interior del tubo. Esto sacará el aire del filtro y de la parte de atrás de él, reemplazándolo con agua. Un vacío de 20" a 25" de Hg. (50 a 64 cm Hg.) es suficiente para una correcta evacuación del aire.

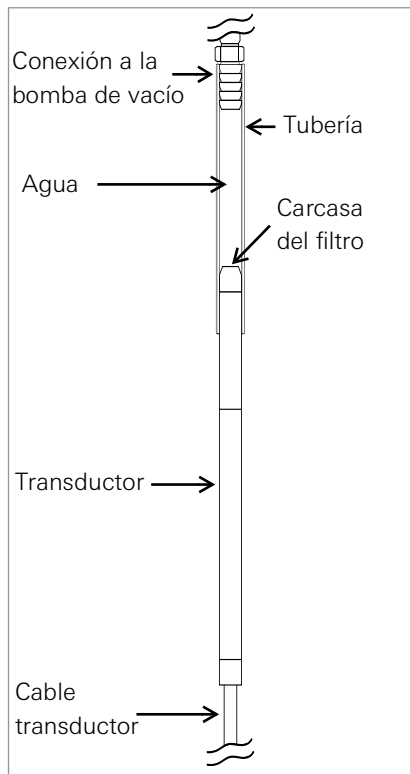


FIGURA 2: Saturación del 4500C

3.2 CÓMO ESTABLECER UNA LECTURA INICIAL CERO

Los piezómetros de cuerda vibrante son diferentes a otros tipos de sensores de presión, ya que indican una lectura cuando no se ejerce ninguna presión en el sensor.

Nota: Es imperativo obtener una lectura inicial de cero para cada piezómetro, ya que esta lectura se utilizará para todas las reducciones de datos subsecuentes.

En general, la lectura inicial cero se obtiene leyendo el instrumento antes de su instalación. Existen varias formas diferentes de tomar una lectura inicial cero. El elemento esencial en todos los métodos es que el piezómetro necesita estabilizarse térmicamente en un ambiente con temperatura constante mientras la presión del piezómetro es solo atmosférica. El transductor suele tardar entre 15 y 20 minutos en igualar su temperatura.

Podría surgir la pregunta de qué hacer con la piedra del filtro al tomar lecturas cero. No importará si la piedra del filtro está saturada al usar un filtro estándar de acero inoxidable. Sin embargo, si el piezómetro está equipado con una piedra para filtro de cerámica de alta admisión de aire, la misma debe estar saturada al tomar lecturas cero.

Será necesario medir la presión atmosférica solo si el piezómetro no está ventilado y si se instalará en un lugar sujeto a cambios de presión atmosférica que pueden necesitar corrección, como en un pozo abierto. En la mayoría de los casos, un piezómetro sellado en profundidad se verá afectado por presiones en aguas subterráneas que no están conectadas hidráulicamente con la atmósfera, para las que la compensación de la presión barométrica sería inadecuada. Ver la Sección 6.3 para obtener más información sobre las correcciones barométricas.

Se proporciona información de calibración con cada medidor, se incluye una lectura cero de fábrica tomada a una temperatura específica y a una presión atmosférica absoluta. (Ver la Apéndice C para obtener un informe de calibración de muestra). Las lecturas cero en el sitio deberían coincidir con las lecturas de fábrica en 50 dígitos después de realizar las correcciones atmosféricas y de temperatura. Las presiones atmosféricas cambian con la elevación a un ritmo aproximado de 3,45 kPa (1/2 psi) por

300 metros (1.000 pies). La elevación de fábrica es de +580 pies. Todas las lecturas atmosféricas representan la presión absoluta sin correcciones para alturas sobre el nivel del mar. Dentro del cuerpo del piezómetro se incluye un termistor para la medición de la temperatura.

NOTA SOBRE EL 4500C: La construcción de este delgado transductor de cuerda vibrante requiere que las partes internas sean miniaturas. **Estos transductores son delicados; manipúlelos con cuidado durante el procedimiento de instalación.** A pesar de tomar todas las precauciones necesarias para garantizar que el transductor llegue sin daños, es posible que el cero cambie durante su traslado debido a una manipulación brusca. Sin embargo, las pruebas han demostrado que el cero puede cambiar, pero los factores de calibración no cambiarán. Por lo tanto, es doblemente importante tomar una lectura inicial de carga cero antes de la instalación.

3.2.1 MÉTODO RECOMENDADO PARA ESTABLECER LA LECTURA INICIAL CERO

1. Sature la piedra del filtro como se muestra en la Sección 3.1.

¡Advertencia! ¡No permita que el piezómetro se congele cuando la piedra del filtro haya sido saturada!

2. Reemplace la piedra del filtro.
3. Cuelgue el piezómetro en el barreno justo sobre el agua.
4. Espere hasta que la lectura del piezómetro deje de cambiar.
5. Tome las lecturas cero y de temperatura.

3.2.2 PRIMER MÉTODO ALTERNATIVO

1. Coloque el piezómetro bajo el agua en una cubeta.
2. Permita que pasen unos 15 o 20 minutos para que se establezca la temperatura de la unidad.
3. Use el cable del instrumento para sacar el piezómetro del agua. No manipule la carcasa del piezómetro; el calor de las manos puede causar cambios temporales en la temperatura.
4. Tome inmediatamente las lecturas cero y de temperatura.

3.2.3 SEGUNDO MÉTODO ALTERNATIVO

1. Permita que pasen unos 15 o 20 minutos para que se establezca la temperatura de la unidad.
2. Levante el piezómetro solo por el cable. No manipule la carcasa del piezómetro; el calor de las manos puede causar cambios temporales en la temperatura.
3. Tome una lectura cero y de temperatura.

(Si elige este método, asegúrese de proteger el piezómetro de la luz solar o de cambios bruscos de temperatura. Se recomienda envolverlo en algún material aislante).

3.2.4 TERCER MÉTODO ALTERNATIVO

1. Baje el piezómetro a una profundidad conocida marcada en el cable del piezómetro. (El diafragma dentro del piezómetro está ubicado aproximadamente a 15 mm (3/4") de la punta).
2. Use un medidor del nivel del agua para medir con precisión la profundidad desde la superficie del agua.
3. Cuando se establezca la temperatura, lea la presión del piezómetro.
4. Usando las constantes de calibración de fábrica y sabiendo la presión de la columna de agua sobre el piezómetro (altura x densidad), calcule la lectura de presión cero equivalente si está usando una regresión lineal, o el factor C si está usando el polinomio de segundo grado.

3.3 VERIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PIEZÓMETRO

Si se necesita una verificación aproximada del desempeño del piezómetro, le recomendamos el procedimiento siguiente:

1. Baje el piezómetro cerca del fondo del barreno lleno de agua o por debajo de la superficie del cuerpo de agua.
2. Permita que pasen unos 15 o 20 minutos para que se equilibre la temperatura del piezómetro.
3. Usando una consola de lectura, registre la lectura a la profundidad actual.
4. Suba el piezómetro en un incremento medido.
5. Registre la lectura de la consola de lectura a la nueva profundidad.
6. Usando el factor de calibración de fábrica, calcule el cambio en la profundidad del agua.
7. Compare el cambio de profundidad calculado con el incremento medido de la profundidad. Ambos valores deberían de ser más o menos iguales.

MÉTODO ALTERNATIVO USANDO UN MEDIDOR DEL NIVEL DEL AGUA:

1. Baje la punta del piezómetro a una profundidad medida bajo la superficie del agua.
2. Permita que pasen unos 15 o 20 minutos para que se equilibre la temperatura del piezómetro.
3. Usando una consola de lectura, registre la lectura a ese nivel.
4. Calcule la elevación de la superficie del agua usando el factor de calibración dado.
5. Compare la elevación calculada con la medida de la elevación usando un medidor del nivel del agua.

FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR ESTE PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN:

- Si la densidad del agua es diferente a un gramo/centímetro cúbico.
- Si el agua es salada o turbia.
- El nivel del agua dentro del barreno puede variar durante la prueba. Esto se debe al desplazamiento del agua provocado por el cable conforme se baja y se sube en el barreno. El desplazamiento será mayor si el barreno es más pequeño. Por ejemplo, un piezómetro Modelo 4500S-50KPA que se baje a 50 pies por debajo de la columna de agua en una tubería de una pulgada (0,875 pulgadas de diámetro interno) **desplazará el nivel del agua en más de cuatro pies.**
- La humedad en las paredes laterales de una carcasa puede crear fricción que atasca el cable del piezómetro, de modo que no se mueve libremente a la profundidad designada. Se puede agregar peso adicional al piezómetro si esto se convierte en un problema.

4. INSTALACIÓN

4.1 INSTALACIÓN EN TUBERÍAS O POZOS

1. Sature la piedra del filtro y establezca una lectura inicial cero siguiendo los pasos descritos en la Sección 3.1 y en la Sección 3.2.

¡Advertencia! ¡No permita que el piezómetro se congele cuando la piedra del filtro haya sido saturada!

2. Marque el cable en donde coincida con la parte superior de la tubería o pozo cuando el piezómetro haya alcanzado la profundidad deseada. (El diafragma del piezómetro se encuentra a 3/4 de pulgada por encima de la punta del piezómetro).
3. Baje el piezómetro dentro de la tubería o pozo.
4. Asegúrese de que el cable esté ajustado con seguridad para evitar que el piezómetro se deslice demasiado dentro del pozo provocando un error en las lecturas.

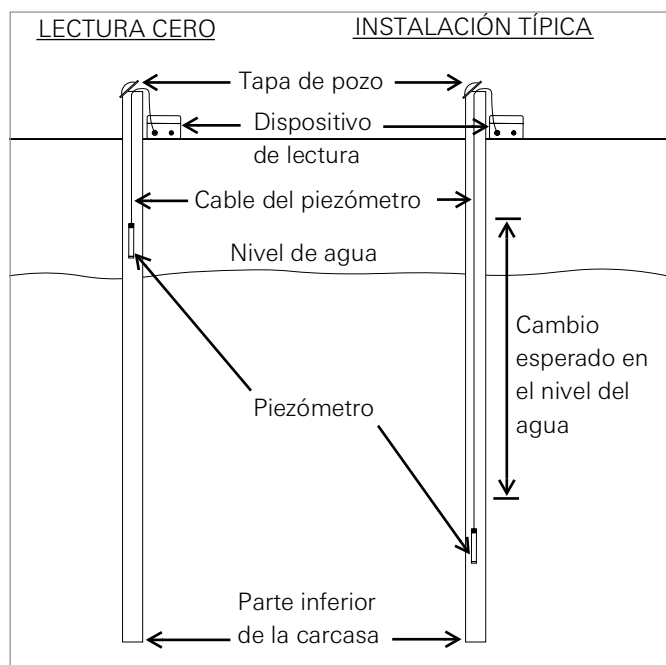


FIGURA 3: Instalación típica de monitoreo de nivel

No es recomendable que se instalen piezómetros en pozos o tuberías con bombas eléctricas o cables cercanos. La interferencia eléctrica proveniente de estas fuentes puede provocar lecturas inestables. Si no se puede evitar, se recomienda que se coloque el piezómetro dentro de un tubo de acero. En situaciones en las que se usan obturadores en la tubería, debe tenerse especial cuidado para evitar cortar la cubierta exterior del cable con el obturador, ya que eso podría provocar una posible fuga de presión en el cable.

4.2 INSTALACIÓN EN BARRENOS

Los piezómetros GEOKON pueden instalarse en barrenos que tengan o no carcasa, ya sea en configuración simple o múltiple. Si se van a monitorear presiones de poro en un área en particular, debe ponerse especial atención a la técnica de sellado del barreno.

El barreno extenderse de 6 a 12 pulgadas por debajo del lugar propuesto para el piezómetro. Para el método de instalación A (mostrado a continuación), si se perforan los pozos utilizando fluido de perforación (barro), este fluido de perforación debe ser de un tipo que se degrade rápidamente con el tiempo. Limpie el pozo de los residuos de perforación.

A continuación se detallan dos métodos para aislar la zona que se va a monitorear.

INSTALACIÓN A

Rellene el fondo del barreno con arena fina limpia hasta cubrir al menos seis pulgadas por debajo de la posición deseada de la punta del piezómetro. Después puede bajarse el piezómetro a su posición. Mientras mantiene el instrumento en posición (hacer una marca en el cable puede resultar de ayuda) llene el barreno de arena fina limpia hasta cubrir al menos 6 pulgadas sobre el piezómetro.

Inmediatamente por encima del área llena de arena fina limpia, conocida como la "zona de recolección", el agujero de perforación debe ser sellado por una capa impermeable de bentonita de dos a tres pies que esté suficientemente hidratada, compactada en su lugar durante aproximadamente 0,6 m (2'), seguida de lechada de cemento-bentonita (vea la Figura 4).

Si se van a usar varios piezómetros en un solo orificio, la bentonita y la arena deben ser apisonadas en su lugar por debajo y sobre los piezómetros superiores y también a intervalos entre las áreas de recolección. Al usar herramientas para apisonar se debe tener especial cuidado para garantizar que las cubiertas exteriores del cable del piezómetro no se corten durante la instalación, ya que eso podría provocar una posible fuga de presión en el cable. Para algunas instalaciones, puede resultar rentable utilizar una lechada de cemento y bentonita entre las múltiples áreas de recolección. Se recomienda hidratar los sellos de bentonita por encima y por debajo de las áreas de recolección antes de colocar la lechada.

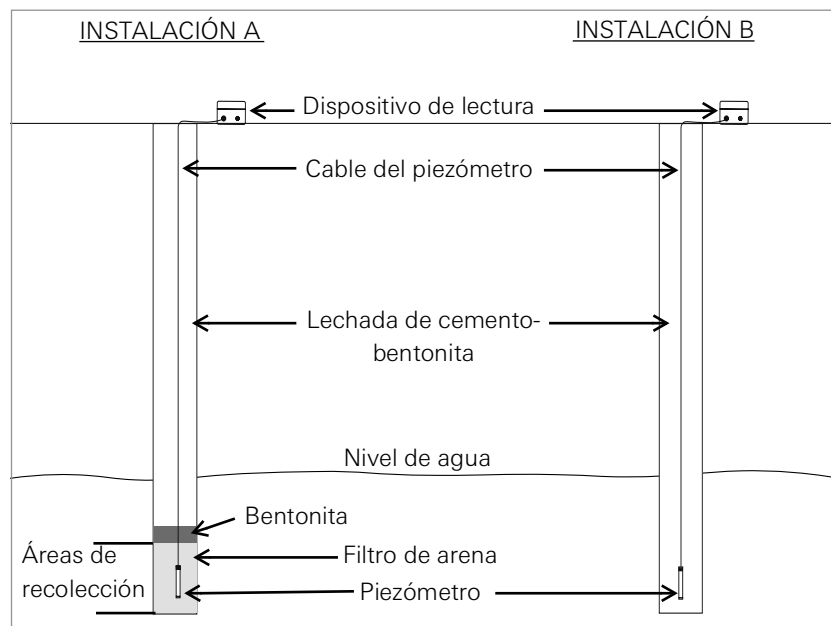


FIGURA 4: Instalaciones típicas en barrenos

INSTALACIÓN B

Dado que el piezómetro de cuerda vibrante es en esencia un instrumento sin flujo, no se requieren áreas de recolección de tamaño considerable. El piezómetro puede colocarse en contacto directo con la mayoría de los materiales, siempre y cuando los materiales finos no puedan desplazarse a través del filtro. Por lo tanto, no es necesario prever áreas de recolección de arena; el piezómetro se puede inyectar directamente en el barreno.

Se sugiere una mezcla de lechada de cemento y bentonita para rellenar un barreno. La lechada de cemento y bentonita utiliza cualquier tipo de polvo de bentonita combinado con cemento Portland de tipo I o II. La cantidad exacta de bentonita necesaria variará.

Las mezclas de lechada deben determinarse y ajustarse para que tengan parámetros similares a los del suelo circundante. A lo largo de la profundidad de un barreno, el suelo circundante no suele tener la misma resistencia y permeabilidad. Sin embargo, el uso de varios tipos de mezclas de lechada

dentro del mismo barreno puede no ser rentable ni práctico. A menos que sea necesario hacerlo, identifique un tipo de mezcla de lechada que sea aplicable a toda la longitud del barreno.

La siguiente tabla muestra dos posibles mezclas para resistencias de 50 psi y 4 psi.

	Lechada de 50 psi para suelos medianos a duros		Lechada de 4 psi para suelos blandos	
	Cantidad	Relación por peso	Cantidad	Relación por peso
Agua	30 galones	2,5	75 galones	6,6
Cemento Portland	94 lb (Un saco)	1	94 lb (Un saco)	1
Bentonita	25 lb (según se necesite)	0,3	39 lb (según se necesite)	0,4
Nota:	La resistencia de esta mezcla a la compresión a los 28 días es de alrededor de 50 psi, similar a la de una arcilla muy rígida a dura. El coeficiente es alrededor de 10,000 psi.		La resistencia de esta mezcla a la compresión a los 28 días es de 4 psi aproximadamente, similar a la de una arcilla muy suave.	

TABLA 1: Proporciones de Cemento / Bentonita / Agua

Realice los siguientes pasos para mezclar la lechada de cemento y bentonita:

1. Agregue la cantidad medida de agua limpia al barril y luego agregue gradualmente el cemento en la proporción de peso correcta. Mezcle bien el cemento con el agua.
Consejo: La forma más efectiva de mezclar ambas sustancias es usar una bomba de perforación para hacer circular la mezcla en un barril o tubo de entre 50 y 200 galones.
2. Mientras se mezcla, agregue lentamente el polvo de bentonita para que no se formen grumos. Siga agregando bentonita hasta que la mezcla líquida adquiera una consistencia aceitosa/viscosa. Continúe mezclando durante aproximadamente 5 a 10 minutos para que la lechada se espese.
3. Agregue más bentonita según se requiera hasta que la mezcla sea una crema espesa y suave similar a la masa para hot cakes, que sea tan fuerte como fácil de bombear.

Al bombear la lechada (a menos que la tubería tremie se vaya a quedar en su lugar), retire la tubería tremie después de cada tanda, la cantidad correspondiente al nivel de la lechada en el barreno.

¡Advertencia! Si se bombea la lechada dentro del orificio, en lugar de a través de una tubería tremie, existe el peligro de que el piezómetro quede sobrepasado y se dañe. La lechada también puede segregarse si se bombea hacia la parte superior del barreno y es posible que no rellene ni encapsule completamente el piezómetro. Una buena práctica es tomar la lectura del piezómetro mientras se bombea.

Para más información sobre la lechada, consulte “Piezómetros en barrenos totalmente lechados” de Mikkelsen y Green, procedimientos del FMGM, Oslo, 2003. Hay copias disponibles en GEOKON.

4.3 INSTALACIÓN EN RELLENOS Y DIQUES

Los piezómetros GEOKON se proporcionan normalmente con un cable adecuado para enterrarse directamente en rellenos como diques de carreteras y presas, tanto en los materiales del núcleo como en los circundantes.

Para instalación en materiales de relleno no cohesivos, el piezómetro puede colocarse directamente en el relleno, o si existen conglomerados de grandes dimensiones, en una bolsa de arena saturada en el relleno. Si se instala en conglomerados grandes, es posible que deban tomarse medidas adicionales para proteger al cable de daños.

Los cables se instalan normalmente dentro de zanjas con materiales de relleno que consisten en conglomerados de menor tamaño. El relleno alrededor del cable se compacta cuidadosamente con la mano. Se colocan tapones de bentonita a intervalos regulares para evitar que el agua se desplace a lo largo de la ruta del cable. En zonas de alto tráfico y en materiales que presentan una “ondulación” pronunciada, deben usarse cables blindados resistentes.

Dependiendo del tipo de filtro instalado en el piezómetro, el material utilizado y el contacto del filtro pueden variar.

FILTRO ESTÁNDAR

En rellenos parcialmente saturados (si solo se medirá la presión de poro del aire), basta con la punta estándar. Debe tomarse en cuenta que la punta estándar mide la presión del aire cuando hay una diferencia entre la presión de poro del aire y la presión de poro del agua. La diferencia entre estas dos presiones se debe a la succión capilar del suelo. La opinión general es que la diferencia normalmente no tiene consecuencias sobre la estabilidad del dique.

La punta estándar es adecuada para la mayoría de las mediciones de rutina, y pueden utilizarse las instalaciones de entrada de aire estándar y alta que se muestran en la Figura 5.

FILTRO DE ALTA ENTRADA DE AIRE (HAE)

En rellenos como núcleos impermeables de presas, en donde podría ser necesario medir la presión de poro subatmosférica del agua, (en lugar de la presión de poro del aire), suele usarse una punta de cerámica con alto nivel de admisión de aire. Este tipo de filtro debe colocarse con cuidado en contacto directo con el material de relleno compactado. (Ver Figura 5).

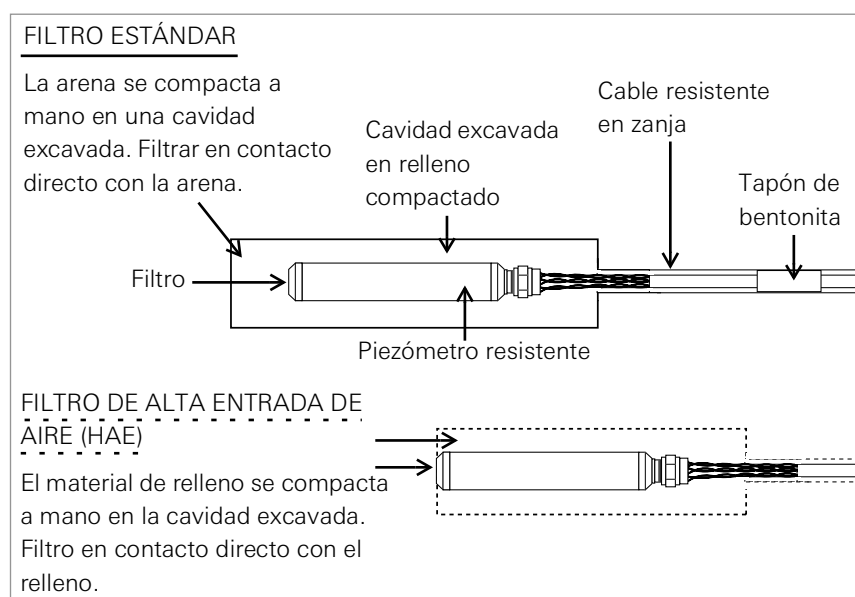


FIGURA 5: Filtros de entrada de aire estándar y alta

4.4 INSTALACIÓN POR EMPUJE O PENETRACIÓN EN SUELOS BLANDOS

El piezómetro modelo 4500DP está diseñado para ser empujado en suelos blandos. En suelos blandos, puede ser difícil mantener abierto un barreno. El 4500DP podría eliminar por completo la necesidad de un barreno. La unidad está conectada directamente al tubo de perforación (AW, EW u otra) y es empujado dentro del suelo, ya sea a mano o a través de un sistema hidráulico (vea la Figura 6). GEOKON sugiere que estas unidades no se claven en el suelo, ya que existe la posibilidad de que la fuerza empleada cambie la lectura cero.

El suelo debe ser relativamente blando para que el 4500DP sea eficaz. Los suelos blandos (como arcilla o cieno) con un conteo de 10 golpes en un Sondeo de Penetración Estándar (SPT) son ideales. En suelos más firmes, es posible hacer una perforación y luego empujar el 4500DP a solo unos pies por debajo del fondo del orificio. Si el suelo es demasiado firme, el sensor podría sobrepasarse o romperse.

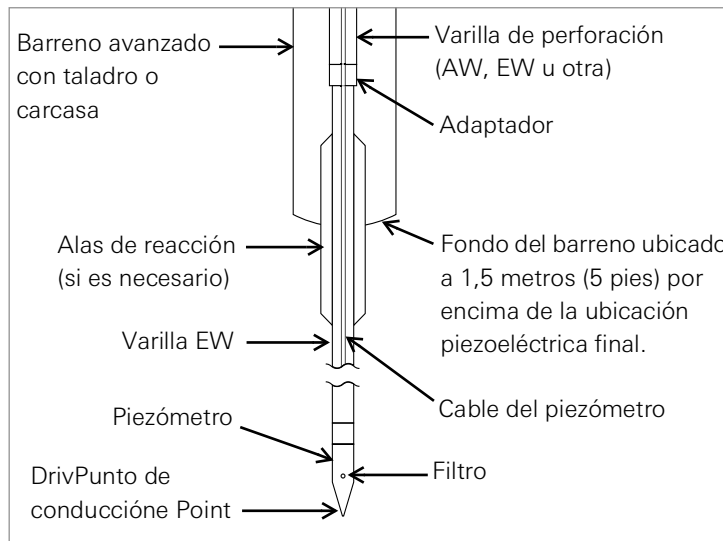


FIGURA 6: Instalación típica en suelos blandos

El piezómetro debe estar conectado a una consola de lectura que debe ser monitoreada durante el proceso de instalación. Si la presión alcanza o excede el rango calibrado, debe interrumpirse la instalación para permitir que se disipe la presión.

El tubo de perforación puede dejarse en el lugar o retirarse. Si se va a retirar, se fija directamente a la punta del piezómetro una sección especial de cinco pies de tubo EW (o AW) con aletas de reacción y de rosca izquierda. Esta sección se separa del resto de la cuerda de perforación girándola en el sentido de las manecillas del reloj. Las aletas de reacción evitan que el tubo EW gire. Un adaptador LH/RH está disponible en GEOKON. El adaptador y la cuerda de perforación se retiran.

4.5 TRANSDUCTOR MODELO 4500H Y MODELO 4500HH

Cuando se conecta el transductor Modelo 4500H a accesorios externos, el accesorio debe ajustarse a un puerto de entrada de 1/4-18 NPT usando una llave inglesa en las partes planas de la carcasa del transductor. Evite apretar en un sistema cerrado; el proceso de apretar los accesorios podría sobrepasar o dañar permanentemente el transductor. En caso de duda, conecte los cables del medidor a una consola de lectura y tome lecturas conforme aprieta. Se recomienda el uso de cinta de PTFE (o de plomero) en las roscas para una conexión más fácil y segura con el transductor. La presión máxima para el 4500H es de 3 MPa.

El Modelo 4500HH de GEOKON está diseñado para entornos de alta presión. Este modelo usa un accesorio de entrada de 7/16-20, hembra, de presión media, a 60 grados. La presión máxima para el 4500HH es de 100 MPa.

¡Advertencia! Todos los sensores de alta presión son potencialmente peligrosos. Debe tenerse cuidado de que no sobrepasen su rango de calibración. Los sensores son probados a un 150% de su rango para proporcionar un factor de seguridad.

4.6 CAJAS DE EMPALME Y CONEXIÓN

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 efecto alguno y, en ciertos casos, de hecho puede ser conveniente. Por ejemplo, si se instalan varios piezómetros en un barreno y la distancia del barreno a la caja de bornes o registrador de datos es muy grande, puede hacerse un empalme (o caja de conexión) para conectar los cables individuales a un solo cable multiconductor. Este cable multiconductor podría después correrse hasta la estación de lectura. Para este tipo de instalaciones,

se recomienda que el piezómetro venga con cable suficiente para alcanzar la profundidad de la instalación, y cable adicional para pasar a través de equipos de perforación (tubos, varillas, etc.).

El cable usado para empalmes debe ser cable 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.** Los kits de empalme recomendados por GEOKON incorporan moldes que 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. Contáctese con GEOKON para obtener materiales para empalmes e instrucciones adicionales para el empalme de cables.

Las cajas de conexión y las cajas de bornes están disponibles en GEOKON para todo tipo de aplicaciones. También hay consolas de lectura portátiles y registradores de datos disponibles. Contáctese con GEOKON para obtener información específica sobre las aplicaciones.

4.7 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

En lugares expuestos, es muy importante proteger al piezómetro contra descargas de rayos. Un supresor de sobretensión tripolar de plasma, que protege contra picos de voltaje a través de los conductores de entrada, está integrado en el cuerpo del piezómetro (vea la Figura 1).

Otras medidas de protección contra rayos incluyen:

- La colocación de un tablero supresor de rayos (Modelo 4999-12L), alineado con el cable y lo más cerca posible del piezómetro instalado (vea la Figura 7). Estas unidades utilizan supresores de tensión y diodos transzorbs como protección adicional para el piezómetro. Este es el método recomendado de protección contra rayos.
- Las cajas de bornes disponibles en GEOKON pueden ordenarse con protección contra rayos integrada. El tablero de bornes usado para crear las conexiones del medidor cuenta con una forma para instalar supresores de sobretensión de plasma. También puede incorporarse tableros supresores de rayos (Modelo 4999-12L) a la caja de bornes. La caja de bornes debe contar con una conexión a tierra para que estos niveles de protección sean efectivos.
- Si la lectura del instrumento se va a hacer manualmente con un dispositivo de lectura portátil (no una caja de bornes), una forma sencilla de ayudar a proteger contra daños ocasionados por rayos es conectar los conductores del cable con conexión a tierra cuando no se estén usando. Esto ayudará a desviar las cargas pasajeras inducidas en el cable con conexión a tierra y lejos del instrumento.

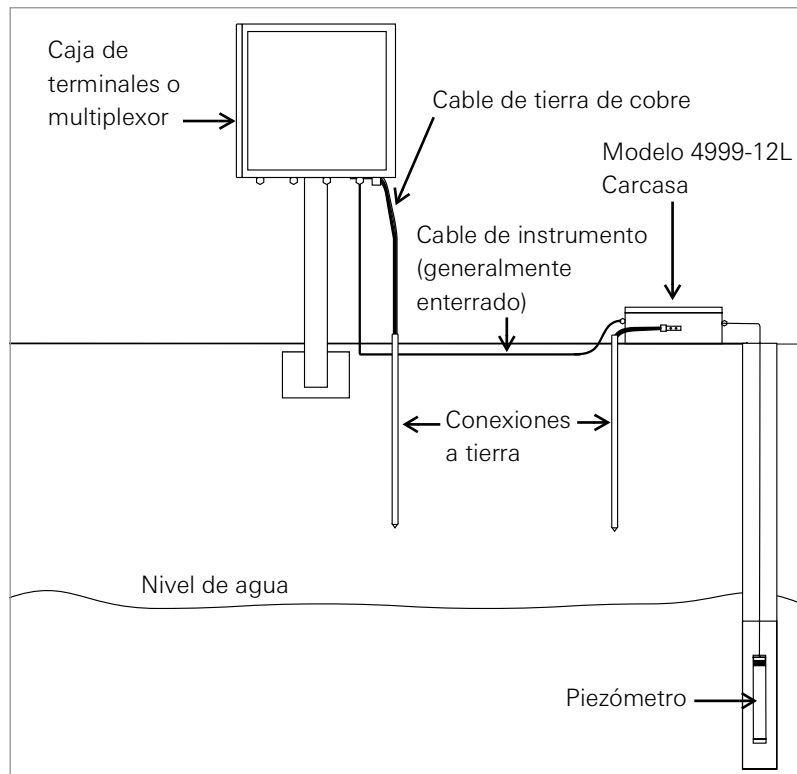


FIGURA 7: Esquema de protección contra rayos recomendado

4.8 PROTECCIÓN CONTRA CONGELAMIENTO

El congelamiento del agua alrededor del piezómetro podría dañar el diafragma del piezómetro, provocando grandes cambios en la lectura cero. Si el piezómetro va a ser usado en lugares susceptibles al congelamiento, GEOKON puede hacer modificaciones especiales para proteger el diafragma del piezómetro.

5. TOMA DE LECTURAS

5.1 LECTURAS Y REGISTRADORES DE DATOS COMPATIBLES

GEOKON puede proporcionar varias opciones de lectura y registradores de datos. Los dispositivos compatibles con este producto se enumeran a continuación. Para más detalles e instrucciones consulte el(los) Manual(es) correspondiente(s) en geokon.com/Readouts y geokon.com/Dataloggers.



Lecturas digitales

LECTURAS DIGITALES:

■ GK-404

La consola de lectura de cuerda vibrante Modelo GK-404 es una unidad portátil, de bajo uso de energía, 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 en dígitos, frecuencia (Hz), periodos (μ s), o microdeformaciones (μ ϵ). El GK-404 muestra la temperatura del transductor (incorporado en el termistor) con una resolución de 0,1 °C.

■ GK-406

El modelo GK-406 es un dispositivo listo para el campo capaz de medir rápidamente un sensor, guardar datos y comunicar resultados con informes PDF y hojas de cálculo personalizados. Las mediciones están geolocalizadas con el GPS integrado, lo que permite al GK-406 verificar ubicaciones y guiar al usuario a las ubicaciones de los sensores. La gran pantalla a color y tecnología VSPECT™ crean confianza para obtener la mejor medición posible tanto en el campo como en la oficina.



Registradores de datos

REGISTRADORES DE DATOS:

■ Serie 8600

El Registrador de datos MICRO-6000 está diseñado para realizar la lectura de una gran cantidad de instrumentos de cuerda vibrante GEOKON para diversas aplicaciones de recopilación de datos desatendidas mediante el uso de Multiplexores GEOKON Modelo 8032. El embalaje resistente a la intemperie permite instalar la unidad en entornos de campo donde prevalecen condiciones inhóspitas. La carcasa Nema 4X también dispone de un dispositivo de bloqueo para limitar el acceso al personal de campo responsable.

■ Serie GeoNet

La serie GeoNet está diseñada para recopilar y transferir datos de instrumentos de alambre vibrante, RS-485 y analógicos. GeoNet ofrece una amplia gama de opciones de telemetría, incluyendo LoRa, celular, Wi-Fi, satélite y local. Los registradores pueden trabajar juntos para operar en una configuración de red, o ser utilizados por separado como unidades independientes. Los dispositivos GeoNet llegan de la fábrica listos para su implementación y pueden comenzar con la adquisición de datos en minutos.

Los datos se transfieren a una plataforma de almacenamiento en la nube segura donde se pueden acceder a través de la OpenAPI de GEOKON. Software de visualización de datos líder en la industria, como el software gratuito geokon Agent, se puede utilizar con la OpenAPI para la visualización y generación de informes de datos. También están disponibles registradores de datos sin capacidades de red.

5.2 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-406 leerán el termistor y mostrarán la temperatura en grados centígrados.

CÓMO LEER LAS TEMPERATURAS USANDO UN OHMÍMETRO:

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°C . Multiplique estos factores por dos para contabilizar ambas direcciones.

Busque las temperaturas de la resistencia medida en el Apéndice B.

6. REDUCCIÓN DE DATOS

6.1 CÁLCULO DE LA PRESIÓN

Los dígitos mostrados en el canal B de las consolas de lectura de los Modelos GK-404 y GK-406 de GEOKON están basados en la ecuación:

$$\text{dígitos} = \frac{\text{Hz}^2}{1000} \quad \text{o} \quad \text{dígitos} = \left(\frac{1}{\text{Periodo}} \right)^2 \times 10^{-3}$$

ECUACIÓN 1: Cálculo de dígitos

Tome en cuenta que en la ecuación anterior, el periodo se expresa en segundos; las consolas de lectura de GEOKON muestran microsegundos. Por ejemplo, un piezómetro con una lectura de 8000 dígitos corresponde a un periodo de 354 μs y una frecuencia de 2828 Hz.

Los dígitos son directamente proporcionales a la presión aplicada, como puede verse en la siguiente ecuación:

Presión = (Lectura actual – Lectura inicial cero) x Factor de calibración lineal

O

$$P = (R_1 - R_0) \times G$$

ECUACIÓN 2: Convertir dígitos a presión

Dado que la linealidad de la mayoría de los sensores es de $\pm 0,2\%$ F.S., los errores asociados con la no linealidad son de consecuencias menores. Sin embargo, para situaciones que requieran el grado máximo de precisión, puede ser deseable usar un polinomio de segundo grado para obtener un mejor ajuste en los puntos de datos. El uso de un polinomio de segundo grado se explica en el Apéndice D.

El reporte de calibración del instrumento (de lo cual se muestra un ejemplo típico en el Apéndice C), muestra los datos de los que se derivan el factor lineal del medidor y los coeficientes del polinomio de segundo grado. Las columnas de la derecha muestran el tamaño del error en el que se incurre al asumir un coeficiente lineal y la mejora que puede esperarse al usar un polinomio de segundo grado. En muchos casos, la diferencia es mínima. El reporte de calibración muestra la presión en ciertas unidades de ingeniería. Estas pueden convertirse en otras unidades de ingeniería usando los factores de multiplicación que se muestran en la Tabla 2.

Desde	psi	"H ₂ O	'H ₂ O	mm H ₂ O	m H ₂ O	"HG	mm HG	atm	mbar	bar	kPa	MPa
Hasta												
psi	1	,036127	,43275	,0014223	1,4223	,49116	,019337	14,696	,014503	14,5039	,14503	145,03
"H ₂ O	27,730	1	12	,039372	39,372	13,596	,53525	406,78	,40147	401,47	4,0147	4016,1
'H ₂ O	2,3108	,08333	1	,003281	3,281	1,133	,044604	33,8983	,033456	33,4558	,3346	334,6
mm H ₂ O	704,32	25,399	304,788	1	1000	345,32	13,595	10332	10,197	10197	101,97	101970
m H ₂ O	,70432	,025399	,304788	,001	1	,34532	,013595	10,332	,010197	10,197	,10197	101,97
"HG	2,036	,073552	,882624	,0028959	2,8959	1	,03937	29,920	,029529	29,529	,2953	295,3
mm HG	51,706	1,8683	22,4196	,073558	73,558	25,4	1	760	,75008	750,08	7,5008	7500,8
atm	,06805	,002458	,029499	,0000968	,0968	,03342	,001315	1	,000986	,98692	,009869	9,869
mbar	68,947	2,4908	29,8896	,098068	98,068	33,863	1,3332	1013,2	1	1000	10	10000
bar	,068947	,002490	,029889	,0000981	,098068	,033863	,001333	1,0132	,001	1	,01	10
kPa	6,8947	,24908	2,98896	,0098068	9,8068	3,3863	,13332	101,320	,1	100	1	1000
MPa	,006895	,000249	,002988	,0000098	,009807	,003386	,000133	,101320	,0001	,1	,001	1

TABLA 2: Factores de multiplicación para unidades de ingeniería

Nota: Debido a los cambios en la gravedad específica con temperatura, los factores para mercurio y agua en la tabla anterior son aproximados.

6.2 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA

Los materiales usados en la construcción de los piezómetros de cuerda vibrante GEOKON han sido cuidadosamente seleccionados para minimizar los efectos térmicos; sin embargo, la mayoría de las unidades todavía tienen un ligero coeficiente de temperatura. Consulte el reporte de calibración proporcionado con el instrumento para obtener el coeficiente para un piezómetro específico.

Dado que los piezómetros suelen instalarse en un entorno de temperatura tranquila y constante, normalmente no se requieren correcciones. Si este no es el caso para la instalación seleccionada, pueden hacerse correcciones usando el termistor interno para la medición de la temperatura. Vea la Sección 5.2 para instrucciones sobre cómo obtener la temperatura del piezómetro.

La ecuación para corregir la temperatura es la siguiente:

Corrección de la temperatura = (Temperatura actual – Temperatura inicial cero) x Factor térmico

O

$$P_T = (T_1 - T_0) \times K$$

ECUACIÓN 3: Corrección de la temperatura

Luego debe agregarse la corrección calculada a la presión calculada usando la Ecuación 2. Si convirtió las unidades de ingeniería, recuerde aplicar la misma conversión a la corrección de la temperatura calculada.

Por ejemplo, si la temperatura inicial fue de 22 °C, la temperatura actual es de 15 °C y el factor térmico (K en el reporte de calibración) es de +0,1319 kPa por incremento de °C. La corrección de la temperatura es de +0,1319(15–22) = -0,92 kPa. Consulte el reporte de calibración proporcionado con el instrumento para obtener el factor térmico.

6.3 CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA (SOLO SE REQUIERE EN TRANSDUCTORES NO VENTILADOS)

Dado a que el piezómetro estándar está herméticamente sellado, responde a cambios en la presión atmosférica. Podrían ser necesarias correcciones, en particular para los modelos sensibles y de baja presión. Por ejemplo, un cambio de 29 a 31 pulgadas de mercurio en la presión atmosférica resultaría en un error de aproximadamente 1 psi (o ≈ 2,3 pies si se está monitoreando el nivel del agua en un pozo). Se aconseja tomar y registrar la lectura de la presión atmosférica cada vez que se lea el piezómetro. Tener un barómetro en el lugar también permite monitorear los cambios atmosféricos para evaluar qué tanto podrían afectar la lectura. Para este propósito, también puede usarse un transductor de presión (piezómetro) separado que se mantenga fuera del agua.

La ecuación de la corrección atmosférica es la siguiente:

Corrección atmosférica = (Barómetro actual – Barómetro inicial cero) x Factor de conversión

O

$$P_B = (S_1 - S_0) \times F$$

ECUACIÓN 4: Corrección atmosférica

La corrección atmosférica calculada debe restarse de la presión calculada usando la Ecuación 2. Si convirtió las unidades de ingeniería, recuerde aplicar la misma conversión a la corrección atmosférica calculada.

La presión atmosférica se registra normalmente en pulgadas de mercurio. El factor de conversión de pulgadas de mercurio a psi es de 0,491, y de pulgadas de mercurio a kPa es de 3,386. La Tabla 2 en la Sección 6.1 enumera otros factores de conversión comunes.

Se le debe advertir al usuario que este esquema de corrección asume condiciones ideales. Las condiciones no siempre son ideales. Por ejemplo, si el pozo está sellado, los efectos atmosféricos al nivel del piezómetro podrían ser mínimos o ser atenuados por los cambios reales en la superficie. Por consiguiente, podría haber errores al aplicar una corrección que no sea necesaria. En estos casos, GEOKON recomienda registrar de forma independiente los cambios en la presión atmosférica y correlacionar estos cambios con los cambios en la presión observados para llegar al factor de corrección.

Una alternativa para realizar las correcciones atmosféricas es usar piezómetros ventilados a la atmósfera (vea la Sección 6.4). Sin embargo, los piezómetros ventilados solo tienen sentido si se encuentran en un pozo o tubería abierta y al usuario solo le interesa el nivel del agua. Si el piezómetro está enterrado, no es seguro que el efecto completo del cambio atmosférico se sienta inmediatamente en el instrumento y lo más probable es que se atenúe o retrase, en cuyo caso un piezómetro ventilado aplicaría automáticamente una corrección demasiado grande, demasiado pronto.

La ecuación a continuación muestra el cálculo de la presión con corrección de temperatura y atmosférica aplicadas.

$$P_{\text{corregido}} = (R_1 - R_0)G + (T_1 - T_0)K - (S_1 - S_0)F$$

ECUACIÓN 5: Cálculo corregido de la presión

6.4 PIEZÓMETROS VENTILADOS, MODELO 4500SV



FIGURA 8: Piezómetros ventilados

El piezómetro ventilado Modelo 4500SV está diseñado para eliminar el efecto de los cambios en la presión atmosférica sobre las medidas del nivel de agua en pozos, depósitos y barrenos conectados directamente a la atmósfera. Son más adecuados para aplicaciones de monitoreo del nivel de agua y, por lo general, no están destinados a usarse para monitorear la presión de los poros.

El espacio dentro del transductor no está herméticamente sellado y evacuado, como en el piezómetro estándar Modelo 4500, en lugar de eso, está conectado a través de un tubo (integrado con el cable) a la atmósfera. Una cámara con cápsulas desecantes está adherida al extremo exterior de este tubo para evitar que la humedad entre a la cavidad del transductor. Se empalma un cable azul de 2,5 pies de longitud al final del tubo, lo que permite una conexión estándar a un lector o registrador de datos según sea necesario. Los piezómetros ventilados requieren más mantenimiento que los no ventilados, ya que siempre existe el peligro de que la humedad entre en el transductor y lo arruine.

La instalación del piezómetro se realiza bajándolo hasta el nivel deseado dentro del pozo, depósito o barreno. Si se desea, el piezómetro puede colocarse dentro de una bolsa de tela llena de arena.

La cámara con cápsulas desecantes debe colocarse en una carcasa de algún tipo para que se mantenga seca. GEOKON puede proveer carcasas adecuadas a pedido.

Para mantener fresco el desecante durante el almacenamiento y transportación, el extremo de la cámara desecante se cierra por medio de un tornillo obturador antes de salir de la fábrica. **ESTE TORNILLO OBTURADOR DEBE RETIRARSE ANTES DE PONER EL PIEZÓMETRO A FUNCIONAR.**

Las cápsulas desecantes son azules cuando están frescas. Se volverán rosas gradualmente conforme absorban humedad. Cuando se hayan tornado color rosa claro, deberán ser reemplazadas. Contacte a GEOKON para solicitar cápsulas de repuesto.

6.5 FACTORES AMBIENTALES

Como el propósito de la instalación del piezómetro es monitorear las condiciones del sitio, siempre deberían observarse y registrarse los factores que afectan estas condiciones. Algunos efectos aparentemente menores pueden tener una gran influencia en el comportamiento de la estructura objeto del monitoreo y podrían ser indicaciones tempranas de problemas potenciales. Algunos de estos factores incluyen, entre otros, detonaciones, lluvias, niveles de las mareas, tráfico, cambios atmosféricos y de temperatura, condiciones climáticas, cambios en el personal, actividades de construcción cercanas, secuencias de excavación y rellenos, cambios estacionales, etc.



Soporte técnico

7. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

El mantenimiento y la resolución de problemas del piezómetro de cuerda vibrante está restringido a revisiones periódicas de las conexiones del cable y el mantenimiento de las terminales. Los transductores están sellados y no hay partes que los usuarios puedan revisar o reparar. **Los medidores no deberán abrirse en el campo.**

En caso de que surjan dificultades, consulte la siguiente lista de problemas y posibles soluciones. Visite geokon.com/Technical-Support para obtener ayuda adicional para la resolución de problemas.

SÍNTOMA: LA RESISTENCIA DEL TERMISTOR ES DEMASIADO ALTA

- ☐ Verifique si existe un circuito abierto. Revise todas las conexiones, terminales y enchufes. Si hay un corte en el cable, únalo siguiendo las instrucciones de la Sección 4.6.

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, únalo siguiendo las instrucciones de la Sección 4.6.
- ☐ Es posible que el agua haya penetrado en el interior del piezómetro. No hay solución.

SÍNTOMA: LA LECTURA DEL PIEZÓMETRO ES INESTABLE

- ☐ Asegúrese de que el cable blindado de drenaje esté conectado a la pinza azul en los conductores sueltos.
- ☐ Aisle el dispositivo de lectura de la tierra colocándolo en una pieza de madera u otro aislante.
- ☐ Busque fuentes cercanas de ruido eléctrico como motores, generadores, antenas o cables de electricidad. Si es posible, aleje el cable del piezómetro de estas fuentes. Contacte a la fábrica para conocer el equipo de filtrado y blindaje disponible.
- ☐ El piezómetro puede haber sido dañado por un rango excesivo o una descarga eléctrica. Busque daños en el diafragma y carcasa.
- ☐ El cuerpo del piezómetro pudo haber hecho corto circuito con la carcasa. Verifique la resistencia entre el cable de drenaje reforzado y la carcasa del piezómetro. Si la resistencia es demasiado baja, los conductores del medidor pueden tener un corto.

SÍNTOMA: EL PIEZÓMETRO NO MUESTRA UNA LECTURA

- ☐ Use la consola de lectura con otro medidor para asegurarse de que funciona correctamente.
- ☐ El piezómetro puede haber recibido un rango excesivo o una descarga eléctrica. Busque daños en el diafragma y carcasa.
- ☐ Revise la resistencia del cable conectando un ohmímetro en las cabezas del sensor. La resistencia es de aproximadamente 48,5Ω por km (14,7Ω por 1000 pies). Si la resistencia es demasiado alta o infinita, el cable probablemente está roto. Si la resistencia es demasiado baja, los conductores del medidor pueden tener un corto. Si existe algún corte o corto, únalo siguiendo las instrucciones de la Sección 4.6. Refiérase a la resistencia esperada para varias combinaciones de cables a continuación.

Niveles de cabezas del sensor de cuerda vibrante

Los valores de resistencia de la bobina roja/negra pueden variar según el modelo de medidor:

- Estándar: $\cong 180\Omega$
- Alta temperatura (HT): $\cong 100\Omega$
- 4500C: $\cong 100\Omega$

Verde/Blanco 3000Ω a 25 °C

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

Nota: Las pruebas deben realizarse con un multímetro de calidad para mostrar con precisión las posibilidades de cortocircuitos. Los sensores deben desconectarse de otros equipos mientras se realizan pruebas de resistencia, esto incluye módulos de sobretensión, terminales, multiplexores y registradores de datos. Los dedos no pueden tocar los cables del multímetro ni los cables del sensor durante la prueba.

La Tabla 3 muestra la resistencia esperada para varias combinaciones de cables.

La Tabla 4 se proporciona para que el usuario la complete con la resistencia real encontrada.

Matriz de cabezas del sensor de cuerda vibrante: VALORES DE MUESTRA					
	Rojo	Negro	Blanco	Verde	Protección
Rojo					
Negro	$\cong 180\Omega$				
Blanco	Infinito	Infinito			
Verde	Infinito	Infinito	3000 Ω a 25°C		
Protección	Infinito	Infinito	Infinito	Infinito	

TABLA 3: Resistencia de la muestra

Matriz de cabezas del sensor de cuerda vibrante: NOMBRE DEL SENSOR/##					
	Rojo	Negro	Blanco	Verde	Protección
Rojo					
Negro					
Blanco					
Verde					
Protección					

TABLA 4: Hoja de trabajo de la resistencia

APÉNDICE A. ESPECIFICACIONES

A.1 ESPECIFICACIONES DEL MODELO 4500

Modelo	4500S	4500SH	4500SV	4500AL / ALV	4500B	4500BV	4500C	4500DP	4500HD	4500H ¹	4500HH ¹
Rangos disponibles ²	350, 700 kPa; 1, 2, 3 MPa	350, 700 kPa; 1, 2, 3, 5, 7,5, 10, 20 MPa	350, 700 kPa	70, 170 kPa	350, 700 kPa; 1, 2, 3 MPa	350, 700 kPa; 2 MPa	350, 700 kPa	70, 170, 350, 700 kPa; 1, 2, 3 MPa	70, 170, 350, 700 kPa; 1, 2, 3, 5, 7,5 MPa	70, 170, 350, 700 kPa; 1, 2, 3 MPa	5, 7,5, 10, 20, 35, 75, 100 MPa
Rango excesivo	1,5 × Presión nominal										
Resolución	0,025% F.S.						0,05% F.S.	0,025% F.S.			
Exactitud ³	±0.1% F.S.										
Linealidad	< 0,5% F.S. (±0,1% F.S. opcional)					< 0,5% F.S.	< 0,5% F.S. (±0,1% F.S. opcional)				
Rango de temperatura	-20 °C a + 80 °C										
Coefficiente térmico	<0,05% F.S./°C			<0,1% F.S./°C	<0,05% F.S./°C						
Desplazamiento del diafragma	< 0,001 cm ³ en F.S.										
Rango de frecuencia	1400-3500 Hz										
Largo x Diámetro	133 x 19,1 mm (5,25 x 0,75")	194 x 25,4 mm (7,64 x 1")	146 x 19,1 mm (5,75 x 0,75")	133 x 25,4 mm (5,24 x 1")	133 x 17,5 mm (5,24 x 0,69")	133 x 17,5 mm (5,24 x 0,69")	165 x 11 mm (6,50 x 0,43")	187 x 33,3 mm (7,36 x 1,31")	203 x 38,1 mm (8 x 1,5")	70 y 170 kPa: 140 x 32 mm (5,51 x 1,26") Todas las demás gamas: 140 x 25,4 mm (5,51 x 1")	143 x 25,4 mm (5,63 x 1")
Masa	0,12 kg	0,44 kg	0,20 kg	0,25 kg	0,10 kg	0,10 kg	0,09 kg	0,90 kg	1,50 kg	0,30 kg	0,30 kg

TABLE 5: Especificaciones del piezómetro de cuerda vibrante 4500

Nota:

PSI = kPa × 0,14503, o MPa × 145,03. Los piezómetros con un rango de 350 kPa y superior son capaces de leer presiones negativas de hasta -100 kPa. Contacte con GEOKON para obtener más información.

¹ Todos los sensores de alta presión son potencialmente peligrosos y se debe tener cuidado de no sobrepasar su rango calibrado. Los sensores son probados a un 150% del rango para proporcionar un factor de seguridad.

² Otros rangos disponibles sobre pedido.

³ Precisión establecida en condiciones de laboratorio.

A.2 ESPECIFICACIONES DEL 4500CR (SENSOR RESISTENTE A LA CORROSIÓN)

Modelo	4500INCO	4500TI
Rangos disponibles ¹	70, 170, 350, 700 kPa 1, 2, 3, 5, 7,5, 10, 20 MPa	350, 700 kPa 1, 2, 3, 5, 7,5, 10 MPa
Rango excesivo	1,5 × Presión nominal	
Resolución	0,025% F.S.	
Exactitud ²	0,1% F.S.	
Linealidad	< 0,5% F.S.	
Rango de temperatura ³	-20 °C to + 80 °C	
Coeficiente térmico	70 y 170 kPa: < 0,1% F.S./°C Todas las demás gamas: < 0,05% F.S./°C	< 0,1% F.S./°C
Desplazamiento del diafragma	< 0,001 cm ³ en F.S.	
Rango de frecuencia	1400-3500 Hz	
Largo x Diámetro	70 y 170 kPa: 133 x 25,4 mm (5,24 x 1") 350 kPa a 5 MPa: 133 x 19,1 mm (5,25 x 0,75") 7,5 a 20 MPa: 194 x 25,4 mm (7,64 x 1")	350 kPa a 3 MPa: 125 x 25,4 mm (4,92 x 1") 5 a 10 MPa: 168 x 25,4 mm (6,61 x 1")
Masa	70 y 170 kPa: 0,25 kg 350 kPa a 5 MPa: 0,12 kg 7,5 a 20 MPa: 0,44 kg	350 kPa a 3 MPa: 0,19 kg 5 a 10 MPa: 0,28 kg

TABLE 6: Especificaciones del piezómetro de alambre vibratorio resistente a la corrosión 4500CR

Notes:

PSI = kPa × 0,14503, o MPa × 145,03. Los piezómetros con un rango de 350 kPa y superior son capaces de leer presiones negativas de hasta -100 kPa. Contacte con GEOKON para obtener más información.

¹ Otros rangos disponibles sobre pedido.

² Precisión establecida en condiciones de laboratorio.

³ -40 °C a +80 °C con tipos de cables alternativos.

A.3 TERMISTOR

(Ver Apéndice B también)

Rango: -80 a +150 °C

Exactitud: ±0,5 °C

A.4 CABLEADO DEL PIEZÓMETRO ESTÁNDAR

Pin	Función	Color del cable
A	Medidor de cuerda vibrante +	Rojo
B	Medidor de cuerda vibrante -	Negro
C	Termistor +	Blanco
D	Termistor -	Verde
E	Blindaje del cable	Blindaje
F-K	Sin uso	

TABLA 7: Cableado del piezómetro estándar

APÉNDICE B. DERIVACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL TERMISTOR

B.1 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3KΩ

Los tipos de termistores incluyen YSI 44005, Dale #1C3001-B3, Alpha #13A3001-B3, y Honeywell 192-302LET-A01

Ecuación para obtener la resistencia a la temperatura:

$$T = \frac{1}{A + B(\ln R) + C(\ln R)^3} - 273,15$$

ECUACIÓN 6: Resistencia de termistor de 3KΩ

Donde:

T = Temperatura en °C

LnR = Registro natural de la resistencia del termistor

A = 1,4051 × 10⁻³

B = 2,369 × 10⁻⁴

C = 1,019 × 10⁻⁷

Nota: Los coeficientes se calculan entre los -50 y los +150 °C.

Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp
201,1K	-50	15,72K	-9	2221	32	474,7	73	137,2	114
187,3K	-49	14,90K	-8	2130	33	459,0	74	133,6	115
174,5K	-48	14,12K	-7	2042	34	444,0	75	130,0	116
162,7K	-47	13,39K	-6	1959	35	429,5	76	126,5	117
151,7K	-46	12,70K	-5	1880	36	415,6	77	123,2	118
141,6K	-45	12,05K	-4	1805	37	402,2	78	119,9	119
132,2K	-44	11,44K	-3	1733	38	389,3	79	116,8	120
123,5K	-43	10,86K	-2	1664	39	376,9	80	113,8	121
115,4K	-42	10,31K	-1	1598	40	364,9	81	110,8	122
107,9K	-41	9796	0	1535	41	353,4	82	107,9	123
101,0K	-40	9310	1	1475	42	342,2	83	105,2	124
94,48K	-39	8851	2	1418	43	331,5	84	102,5	125
88,46K	-38	8417	3	1363	44	321,2	85	99,9	126
82,87K	-37	8006	4	1310	45	311,3	86	97,3	127
77,66K	-36	7618	5	1260	46	301,7	87	94,9	128
72,81K	-35	7252	6	1212	47	292,4	88	92,5	129
68,30K	-34	6905	7	1167	48	283,5	89	90,2	130
64,09K	-33	6576	8	1123	49	274,9	90	87,9	131
60,17K	-32	6265	9	1081	50	266,6	91	85,7	132
56,51K	-31	5971	10	1040	51	258,6	92	83,6	133
53,10K	-30	5692	11	1002	52	250,9	93	81,6	134
49,91K	-29	5427	12	965,0	53	243,4	94	79,6	135
46,94K	-28	5177	13	929,6	54	236,2	95	77,6	136
44,16K	-27	4939	14	895,8	55	229,3	96	75,8	137
41,56K	-26	4714	15	863,3	56	222,6	97	73,9	138
39,13K	-25	4500	16	832,2	57	216,1	98	72,2	139
36,86K	-24	4297	17	802,3	58	209,8	99	70,4	140
34,73K	-23	4105	18	773,7	59	203,8	100	68,8	141
32,74K	-22	3922	19	746,3	60	197,9	101	67,1	142
30,87K	-21	3748	20	719,9	61	192,2	102	65,5	143
29,13K	-20	3583	21	694,7	62	186,8	103	64,0	144
27,49K	-19	3426	22	670,4	63	181,5	104	62,5	145
25,95K	-18	3277	23	647,1	64	176,4	105	61,1	146
24,51K	-17	3135	24	624,7	65	171,4	106	59,6	147
23,16K	-16	3000	25	603,3	66	166,7	107	58,3	148
21,89K	-15	2872	26	582,6	67	162,0	108	56,8	149
20,70K	-14	2750	27	562,8	68	157,6	109	55,6	150
19,58K	-13	2633	28	543,7	69	153,2	110		
18,52K	-12	2523	29	525,4	70	149,0	111		
17,53K	-11	2417	30	507,8	71	145,0	112		
16,60K	-10	2317	31	490,9	72	141,1	113		

TABLA 8: Resistencia de termistor de 3KΩ

B.2 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 10KΩ

Tipo de termistor: US Sensor 103JL1A

Ecuación para obtener la resistencia a la temperatura:

T = 1 / (A + B(LnR) + C(LnR)^3 + D(LnR)^5) - 273,15

ECUACIÓN 7: Resistencia de termistor de 10kΩ

Donde:

T = Temperatura en °C

LnR = Registro natural de la resistencia del termistor

A = 1,127670 x 10^-3

B = 2,344442 x 10^-4

C = 8,476921 x 10^-8

D = 1,175122 x 10^-11

Nota: Los coeficientes optimizados para un termistor curva J entre las temperaturas de 0 °C y +250 °C.

Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp	Ohmios	Temp
32.650	0	7.402	32	2.157	64	763,5	96	316,6	128	148,4	160	76,5	192	42,8	224
31.029	1	7.098	33	2.083	65	741,2	97	308,7	129	145,1	161	75,0	193	42,1	225
29.498	2	6.808	34	2.011	66	719,6	98	301,0	130	142,0	162	73,6	194	41,4	226
28.052	3	6.531	35	1.942	67	698,7	99	293,5	131	138,9	163	72,2	195	40,7	227
26.685	4	6.267	36	1.876	68	678,6	100	286,3	132	135,9	164	70,8	196	40,0	228
25.392	5	6.015	37	1.813	69	659,1	101	279,2	133	133,0	165	69,5	197	39,3	229
24.170	6	5.775	38	1.752	70	640,3	102	272,4	134	130,1	166	68,2	198	38,7	230
23.013	7	5.545	39	1.693	71	622,2	103	265,8	135	127,3	167	66,9	199	38,0	231
21.918	8	5.326	40	1.637	72	604,6	104	259,3	136	124,6	168	65,7	200	37,4	232
20.882	9	5.117	41	1.582	73	587,6	105	253,1	137	122,0	169	64,4	201	36,8	233
19.901	10	4.917	42	1.530	74	571,2	106	247,0	138	119,4	170	63,3	202	36,2	234
18.971	11	4.725	43	1.480	75	555,3	107	241,1	139	116,9	171	62,1	203	35,6	235
18.090	12	4.543	44	1.432	76	539,9	108	235,3	140	114,5	172	61,0	204	35,1	236
17.255	13	4.368	45	1.385	77	525,0	109	229,7	141	112,1	173	59,9	205	34,5	237
16.463	14	4.201	46	1.340	78	510,6	110	224,3	142	109,8	174	58,8	206	33,9	238
15.712	15	4.041	47	1.297	79	496,7	111	219,0	143	107,5	175	57,7	207	33,4	239
14.999	16	3.888	48	1.255	80	483,2	112	213,9	144	105,3	176	56,7	208	32,9	240
14.323	17	3.742	49	1.215	81	470,1	113	208,9	145	103,2	177	55,7	209	32,3	241
13.681	18	3.602	50	1.177	82	457,5	114	204,1	146	101,1	178	54,7	210	31,8	242
13.072	19	3.468	51	1.140	83	445,3	115	199,4	147	99,0	179	53,7	211	31,3	243
12.493	20	3.340	52	1.104	84	433,4	116	194,8	148	97,0	180	52,7	212	30,8	244
11.942	21	3.217	53	1.070	85	421,9	117	190,3	149	95,1	181	51,8	213	30,4	245
11.419	22	3.099	54	1.037	86	410,8	118	186,1	150	93,2	182	50,9	214	29,9	246
10.922	23	2.986	55	1.005	87	400,0	119	181,9	151	91,3	183	50,0	215	29,4	247
10.450	24	2.878	56	973,8	88	389,6	120	177,7	152	89,5	184	49,1	216	29,0	248
10.000	25	2.774	57	944,1	89	379,4	121	173,7	153	87,7	185	48,3	217	28,5	249
9.572	26	2.675	58	915,5	90	369,6	122	169,8	154	86,0	186	47,4	218	28,1	250
9.165	27	2.579	59	887,8	91	360,1	123	166,0	155	84,3	187	46,6	219		
8.777	28	2.488	60	861,2	92	350,9	124	162,3	156	82,7	188	45,8	220		
8.408	29	2.400	61	835,4	93	341,9	125	158,6	157	81,1	189	45,0	221		
8.057	30	2.316	62	810,6	94	333,2	126	155,1	158	79,5	190	44,3	222		
7.722	31	2.235	63	786,6	95	324,8	127	151,7	159	78,0	191	43,5	223		

TABLA 9: Resistencia de termistor de 10kΩ

APÉNDICE C. TREPORTE DE CALIBRACIÓN TÍPICO



Vibrating Wire Pressure Transducer Calibration Report

Model Number: 4500S-350 kPa

Serial Number: 2317618

Cable Length: 40 feet

Date of Calibration: November 09, 2023

This calibration has been verified/validated as of 11/13/2023

Temperature: 20.80 °C

Barometric Pressure: 990.5 mbar

Technician: *Dean O. Cowdery*

Calibration Instruction: CI-Pressure Transducer (7 kPa~3.5 MPa)

Applied Pressure (kPa)	Gauge Reading 1st Cycle	Gauge Reading 2nd Cycle	Average Gauge Reading	Calculated Pressure (Linear)	Error Linear (%FS)	Calculated Pressure (Polynomial)	Error Polynomial (%FS)
0.0	8888	8888	8888	0.467	0.13	0.008	0.00
70.0	8293	8293	8293	69.96	-0.01	69.99	0.00
140.0	7696	7696	7696	139.7	-0.07	140.0	0.01
210.0	7096	7097	7097	209.7	-0.09	210.0	-0.01
280.0	6494	6495	6495	280.0	0.00	280.1	0.01
350.0	5891	5892	5892	350.5	0.13	350.0	-0.01

(kPa) Linear Gauge Factor (G): -0.1168 (kPa/ digit)

Polynomial Gauge factors: A: -3.415E-07 B: -0.1118 C: _____

Thermal Factor (K): -0.1028 (kPa/ °C)

Calculate C by setting P=0 and R₁ = initial field zero reading into the polynomial equation

(psi) Linear Gauge Factor (G): -0.01694 (psi/ digit)

Polynomial Gauge Factors: A: -4.953E-08 B: -0.01621 C: _____

Thermal Factor (K): -0.01491 (psi/ °C)

Calculate C by setting P=0 and R₁ = initial field zero reading into the polynomial equation

Calculated Pressures: Linear, $P = G(R_1 - R_0) + K(T_1 - T_0) - (S_1 - S_0)^*$

Polynomial, $P = AR_1^2 + BR_1 + C + K(T_1 - T_0) - (S_1 - S_0)^*$

*Barometric pressures expressed in kPa or psi. Barometric compensation is not required with vented transducers.

Factory Zero Reading: 8894

Temperature: 21.6 °C

Barometer: 990.5 mbar

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.

FIGURA 9: Treporte de calibración típico

APÉNDICE D. MEJORAR LA PRECISIÓN DE LA PRESIÓN CALCULADA

La mayoría de los transductores de presión de cuerda vibrante son lo suficientemente lineales ($\pm 0,2\%$ F.S.) para que el uso de factores lineales de calibración satisfaga los requerimientos normales. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que la precisión de los datos de calibración, que son dictados por la precisión en la calibración del aparato, siempre es de $\pm 0,1\%$ F.S.

Este nivel de precisión se puede recapturar, aún cuando el transductor es no lineal, usando una expresión polinómica de segundo orden que se ajusta mejor a los datos que una línea recta.

POLINOMIO DE SEGUNDO ORDEN

La expresión polinómica tiene la forma:

$$\text{Presión} = AR^2 + BR + C$$

ECUACIÓN 8: *Expresión polinómica de segundo orden*

Donde:

R = La lectura (dígitos del canal B)

A, B y C son coeficientes

Nota: Si se usa la ecuación polinómica, es importante que el valor de C se tome en el campo siguiendo el procedimiento de lectura cero inicial. El valor de campo de C se calcula ingresando la lectura inicial cero de campo en la ecuación polinómica con la presión, P, configurada en cero.

Si no hay una lectura cero de campo disponible, el valor de C puede calcularse usando la lectura de cero presión en el reporte de calibración. En el ejemplo anterior, el valor de C se derivaría de la ecuación: $0 = A(9074)^2 + B(9074)$ del cual $C = 1595,7$

CÁLCULO DE LA LINEALIDAD

La cifra bajo la columna "Linealidad (%FS)" en el informe de calibración se calcula de la siguiente manera:

$(\text{Presión calculada} - \text{Presión real}) / \text{Presión de escala completa} \times 100\%$.

O

$$\frac{G(R_1 - R_0) - P}{\text{Presión de escala completa}} \times 100$$

ECUACIÓN 9: *Cálculo de la linealidad*

Nota: La linealidad se calcula usando la regresión cero para R_0 mostrada en el informe de calibración.

POR EJEMPLO

Quando $P = 420$ kPa, $G(R_1 - R_0) = -0,1795$ (6749-9082), da una presión calculada de 418,8 kPa. El error es de 1,2 kPa igual a 122 mm de agua.

Mientras que la expresión polinómica da una presión calculada de $A(6749)^2 + B(6749) + 1595,7 = 420,02$ kPa y el error real es solo de 0,02 kPa o dos milímetros de agua.

Debe tomarse en cuenta que cuando se están monitoreando los cambios en el nivel del agua, existe poca diferencia si se usa el coeficiente lineal o la expresión polinómica.

APÉNDICE E. NIVEL DE AGUA Y PRESIÓN DEL PIEZÓMETRO

Al usar un medidor del nivel del agua para verificar el nivel del agua en un pozo abierto, con frecuencia ocurre que el nivel del agua, calculada con una lectura del piezómetro tomada en el fondo del pozo, no coincide con el nivel del agua medido directamente con el medidor del nivel del agua. Esto sucederá cuando la gravedad específica del agua no es de 1 gm/cc, cuando el agua es salada o turbia, o ambas. También ocurrirá cuando exista un flujo de agua hacia arriba o hacia abajo del barreno. Además, el piezómetro se retira para permitir la entrada del medidor del nivel del agua, el volumen del piezómetro y el cable desplaza un volumen igual de agua, lo que provoca cambios en el nivel del agua en un pozo de diámetro pequeño.



GEOKON
48 Spencer Street
Lebanon, New Hampshire
03766, USA

Teléfono: +1 (603) 448-1562
Email: teamsales@geokon.com
Sitio web: www.geokon.com

GEOKON
es una compañía
ISO 9001:2015 registrada