

---

# Modelo 6150F

Inclinómetro Digital Direccional

Fijo con MEMS

Manual de instrucciones





## **DECLARACIÓN DE GARANTÍA**

---

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

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

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

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

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



# ÍNDICE

---

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. INSTALACIÓN</b>	2
<b>2.1 PRUEBAS PRELIMINARES</b>	2
<b>2.2 ENSAMBLAJE</b>	3
2.2.1 ENSAMBLAJE DE SEGMENTOS	3
<b>2.3 MONTAJE MEDIANTE CABLE</b>	4
2.3.1 ENSAMBLAJE DE LA RUEDA INFERIOR	4
2.3.2 ORIENTACIÓN DEL SENSOR	5
2.3.3 INSTALACIÓN DE SENSORES	5
2.3.4 CONEXIÓN DEL SOPORTE DE SUSPENSIÓN	5
<b>2.4 CONVERTIDOR TTL Y/O USB A RS-485 MODELO 8020-38</b>	6
<b>2.5 CONECTOR DE SEIS PINES RESISTENTE AL AGUA</b>	7
<b>3. PROTOCOLO RTU DE MODBUS</b>	8
<b>3.1 INTRODUCCIÓN A MODBUS</b>	8
<b>3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOCOLO RTU DE MODBUS</b>	8
<b>3.3 TABLAS DE MODBUS</b>	8
<b>4. REDUCCIÓN DE DATOS</b>	11
<b>4.1 CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN</b>	11
<b>4.2 CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN</b>	11
<b>4.3 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA</b>	12
<b>4.4 FACTORES AMBIENTALES</b>	12
<b>5. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b>	13
<b>APPENDIX A. ESPECIFICACIONES</b>	15
<b>A.1 LISTA DE PIEZAS</b>	16
<b>APPENDIX B. MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN</b>	17
<b>APPENDIX C. SISTEMA DIRECCIONABLE MODBUS</b>	19
<b>C.1 PARÁMETROS DE COMUNICACIONES DE MODBUS</b>	19
<b>C.2 CÓDIGOS DE ERROR</b>	19
<b>APPENDIX D. PROGRAMACIÓN EN CRBASIC</b>	20
<b>D.1 MUESTRA DEL PROGRAMA CR1000</b>	20
<b>D.2 MUESTRA DE PROGRAMA CR6</b>	20
<b>APPENDIX E. CAÍDAS VERSUS LONGITUD</b>	22

## FIGURAS

---

<b>FIGURA 1: MODELO 6150F INSTALADO</b> .....	1
<b>FIGURA 2: DETALLE DE LA CONEXIÓN DE LOS CABLES</b> .....	2
<b>FIGURA 3: CABLES CONECTADOS</b> .....	2
<b>FIGURA 4: TERMINADOR MODELO 6150F-2</b> .....	2
<b>FIGURA 5: CONECTE EL ENSAMBLAJE DEL SEGMENTO</b> .....	3
<b>FIGURA 6: EMPALME PARA TUBOS 6300-7</b> .....	3
<b>FIGURA 7: SEGMENTOS DE CONECTANDO DE CABLES</b> .....	4
<b>FIGURA 8: CONECTE EL ENSAMBLAJE DE LA RUEDA INFERIOR</b> .....	4
<b>FIGURA 9: CONECTE EL CABLE DE SEGURIDAD</b> .....	4
<b>FIGURA 10: DIRECCIONES A Y B</b> .....	5
<b>FIGURA 11: DETALLE DE LA CONEXIÓN DE LOS CABLES</b> .....	5
<b>FIGURA 12: SUSPENSIÓN POR CABLE</b> .....	6
<b>FIGURA 13: SUSPENSIÓN POR TUBO</b> .....	6
<b>FIGURA 14: CONVERTIDOR TTL/USB A RS-485 MODELO 8020-38</b> .....	6
<b>FIGURA 15: CABLEADO DE DISPOSITIVO DE LECTURA SIN CONVERSIÓN RS-485</b> ..	7
<b>FIGURA 16: CABLEADO DE REGISTRADOR DE DATOS CON CONVERSIÓN RS-485 INCORPORADA</b> .....	7
<b>FIGURA 17: CONECTOR MACHO RESISTENTE AL AGUA</b> .....	7
<b>FIGURA 18: CONECTOR HEMBRA RESISTENTE AL AGUA</b> .....	7
<b>FIGURA 19: INTERVALOS DE DESVIACIÓN</b> .....	11
<b>FIGURA 20: MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN PARA EL MODELO 6150E, SENSOR A</b> .....	17
<b>FIGURA 21: MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN PARA EL MODELO 6150E, SENSOR B</b> .....	18
<b>FIGURA 22: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CAÍDAS PERMITIDAS</b> .....	22

## **TABLAS**

---

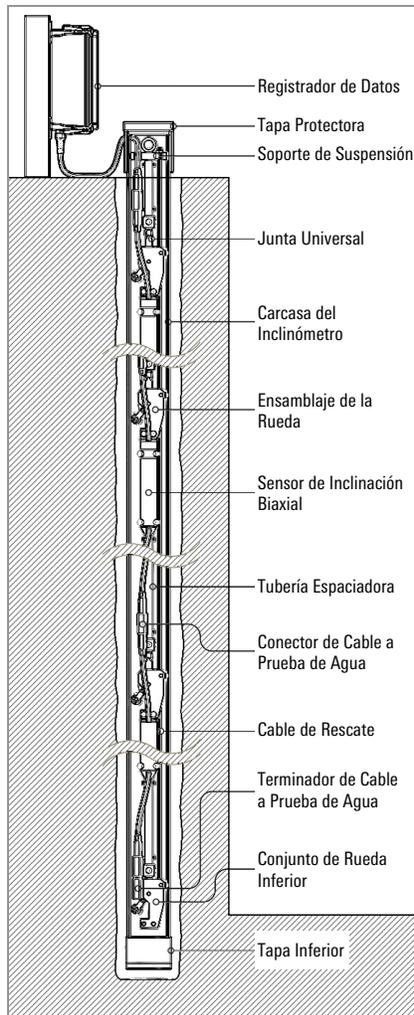
<b>TABLA 1:</b> TABLA DE CABLEADO DE SEIS PINES.....	7
<b>TABLA 2:</b> DIRECCIONES DE REGISTRO Y FORMATOS.....	9
<b>TABLA 3:</b> DIRECCIONES DE CONTROL DE LOS DISPOSITIVOS .....	9
<b>TABLA 4:</b> MEMORIA NO VOLÁTIL.....	9
<b>TABLA 5:</b> INFORMACIÓN DEL DISPOSITIVO PREPROGRAMADO.....	10
<b>TABLA 6:</b> ESPECIFICACIONES DEL SENSOR DE INCLINACIÓN MEMS MODELO 6150F.....	15
<b>TABLA 7:</b> LISTA DE PARTES DEL INCLINÓMETRO MODELO 6150F.....	16
<b>TABLA 8:</b> PARÁMETROS DE COMUNICACIONES DE MODBUS.....	19
<b>TABLA 9:</b> CÓDIGOS DE ERROR .....	19

## **ECUACIONES**

---

<i><b>ECUACIÓN 1:</b> ÁNGULO DE INCLINACIÓN CORREGIDO.....</i>	<i>11</i>
<i><b>ECUACIÓN 2:</b> CAMBIO EN LA INCLINACIÓN.....</i>	<i>11</i>
<i><b>ECUACIÓN 3:</b> DESPLAZAMIENTO LATERAL .....</i>	<i>11</i>
<i><b>ECUACIÓN 4:</b> CÁLCULO DE LA DESPLAZAMIENTO LATERAL TOTAL.....</i>	<i>11</i>
<i><b>ECUACIÓN 5:</b> CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN .....</i>	<i>12</i>

## 1. INTRODUCCIÓN



**FIGURA 1:** Modelo 6150F instalado

El GEOKON inclinómetro digital direccionable fijo con sistema microelectromecánico (MEMS) modelo 6150F permite el monitoreo a largo plazo de deformaciones en estructuras tales como represas, diques, muros de contención y aplicaciones similares. El principio básico de operación es el uso de sensores de inclinación para hacer mediciones precisas de la inclinación, en segmentos de un barreno taladrado en la estructura a estudiar. El instrumento está diseñado para que pueda instalarse en una carcasa estándar para inclinómetros, la cual se instala en el barreno. El monitoreo constante que realiza el instrumento permite la medición precisa de los cambios en el perfil del barreno. Cada sensor de inclinación puede serializarse y calibrarse por separado. Se proporciona una hoja de calibración para cada sensor en la que se muestra la relación entre la salida y la inclinación de los sensores.

Cada sensor de inclinación está compuesto por dos dispositivos direccionables de sistemas microelectromecánicos (MEMS) dentro de una carcasa sellada de acero inoxidable. El dispositivo mide los ejes A y B del barreno. Cada sensor contiene también un termistor para leer la temperatura.

Los sensores de inclinación están conectados entre sí a través de un cable bus de cuatro hilos. Cada sensor tiene un cable de esta longitud saliendo tanto de la parte superior como de la inferior de la carcasa. Un conector macho se conecta al cable saliente en la parte superior del sensor y uno hembra se conecta al cable que sale de la parte inferior del sensor.

El sensor de más arriba se conecta a un terminador especificado por el cliente para conectarse al lector elegido (PC, registrador de datos, sistema SCADA, etc.).

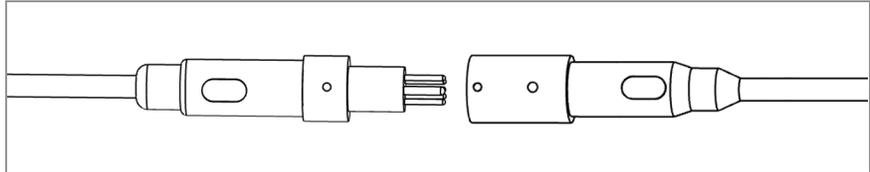
El sistema del inclinómetro utiliza tubos de acero inoxidable para conectar mecánicamente los sensores, así como para fijarlos a los intervalos diseñados por el cliente. La carcasa del sensor de inclinación cuenta con un ensamblaje de rueda y una junta universal en su parte superior. Esto centraliza los sensores en la carcasa, permite movimientos relativos sin impedimentos de la tubería espaciadora y adapta cualquier espiralización de la carcasa. Normalmente, el conjunto en sí es soportado desde la parte superior de la carcasa a través de un soporte de suspensión.

## 2. INSTALACIÓN

### 2.1 PRUEBAS PRELIMINARES

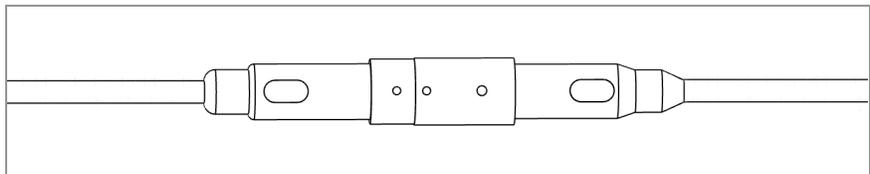
Antes de iniciar la instalación, verifique el funcionamiento correcto de los sensores. Complete los siguientes pasos:

1. Coloque los sensores en el orden correcto revisando las etiquetas en los sensores y los documentos incluidos.
2. Conecte los sensores enchufando el cable que sale de la parte inferior de un sensor al cable que sale de la parte superior del otro sensor.



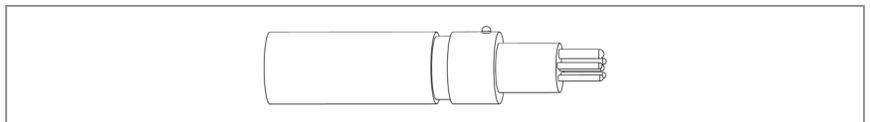
**FIGURA 2:** Detalle de la conexión de los cables

**¡Precaución!** Cuando conecte los sensores, asegúrese de alinear las dos marcas guía en la parte externa del conector hembra con la marca guía en la parte externa del conector macho. Esto garantizará que los pines y los agujeros en el interior de los conectores se alineen correctamente. Empuje los conectores macho y hembra el uno hacia el otro hasta que se hayan acoplado completamente.



**FIGURA 3:** Cables conectados

3. Una vez que todos los sensores estén conectados, enchufe el terminador al conector hembra en el sensor inferior. Vea la figura a continuación.



**FIGURA 4:** Terminador Modelo 6150F-2

4. Conecte el conjunto a un dispositivo de lectura o registrador de datos.
5. Sostenga el sensor en posición vertical y observe la lectura. El sensor de inclinación debe mantenerse estable mientras se toma la lectura. La lectura observada debería estar cerca de la lectura vertical de fábrica. Las inclinaciones en dirección positiva (A+ o B+, como se marca en el sensor) deberían resultar en lecturas crecientes. Las inclinaciones en dirección negativa (A- o B-) deberían resultar en lecturas decrecientes. La temperatura indicada en el dispositivo de lectura debería ser cercana a la temperatura ambiente. Repita el proceso con los sensores restantes.
6. Una vez completadas las pruebas preliminares, desconecte el conjunto del dispositivo de lectura.
7. Desconecte todos los cables de los sensores. (El terminador puede permanecer en el sensor inferior).

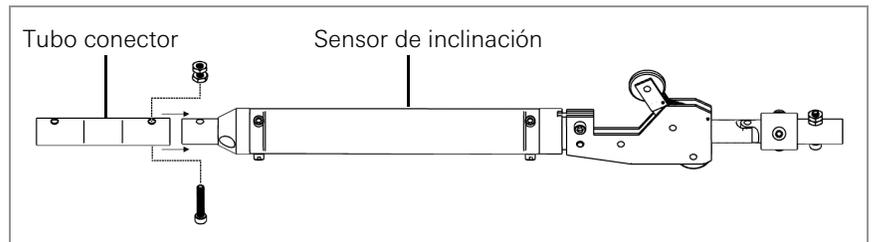
En caso de que cualquiera de estas pruebas preliminares falle, vea Sección 5 para identificar y solucionar el problema.

## 2.2 ENSAMBLAJE

### 2.2.1 ENSAMBLAJE DE SEGMENTOS

Cada sensor de inclinación viene con un sujetador fijado y con un tubo conector no fijado. Para completar el ensamblaje de cada segmento, haga lo siguiente:

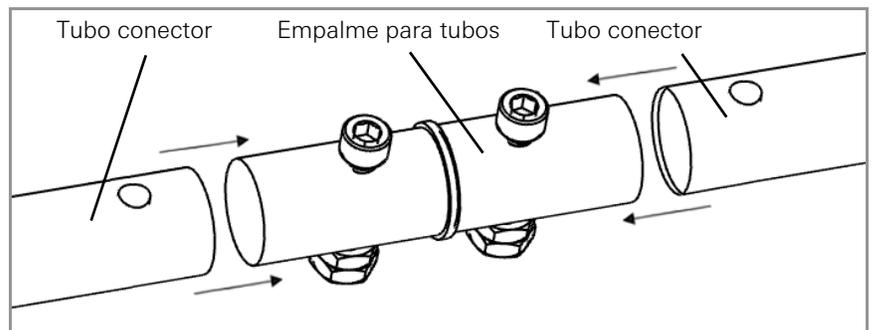
1. Retire el sujetador tuerca/tornillo del sensor de inclinación.
2. Conecte el tubo espaciador al conector en la parte inferior del sensor de inclinación.
3. Fije el tubo al sensor usando las tuercas/tornillos retirados en el paso 1.
4. Repita los pasos 1-3 para cada juego de sensor de inclinación/tubo espaciador.



**FIGURA 5:** Conecte el ensamblaje del segmento

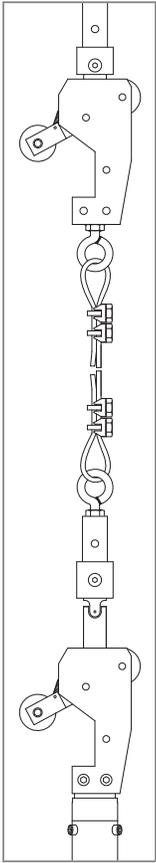
#### **TENGA EN CUENTA:**

- Los tornillos de casquete de una pulgada usados en el procedimiento de ensamblaje se instalan en los tubos conectores en la fábrica y deben ser retirados antes de conectar los tubos.
- El conjunto se envía con varios tornillos de casquete y tuercas de repuesto. Los tornillos de casquete más cortos, de 3/8" son repuestos para los tronillos que conectan los ensamblajes de las ruedas.
- Cuando el espacio entre los sensores sea demasiado largo para una longitud continua de tubería, conecte dos tubos usando el empalme para tubos 6300-7 (vea la figura a continuación). Use los tronillos de casquete de una pulgada y las tuercas para asegurar esta conexión.



**FIGURA 6:** Empalme para tubos 6300-7

- Use compuesto para roscas Loctite 222 en todas las conexiones roscadas.**



**FIGURA 7:** Segmentos de conectando de cables

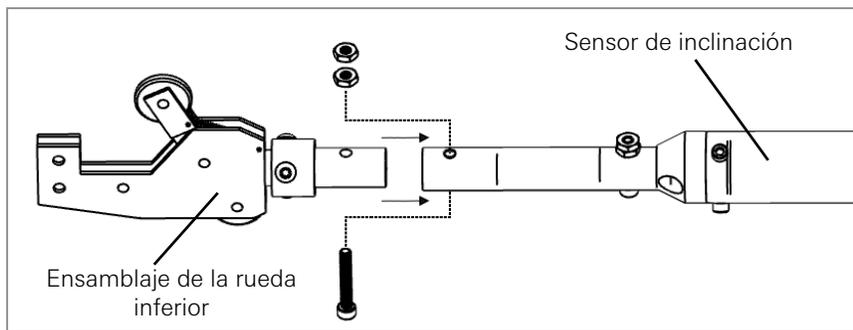
## 2.3 MONTAJE MEDIANTE CABLE

Cada sensor de inclinación se suministra con sujetadores adjuntos. Para completar el montaje de cada segmento, haga lo siguiente:

1. Quite las tuercas y tornillos de fijación del sensor.
2. Conecte un conjunto de rueda a la parte superior del sensor.
3. Conecte un conjunto de rueda a la parte inferior del sensor.
4. Repita los pasos 1-3 para cada sensor.
5. Conecte los sensores juntos conectando un cable a los ganchos oculares de los sensores adyacentes.

### 2.3.1 ENSAMBLAJE DE LA RUEDA INFERIOR

El ensamblaje de la rueda inferior, modelo 6300-5, no tiene junta universal, solo una placa giratoria. Fije este ensamblaje de la rueda al segmento inferior usando los herrajes incluidos.

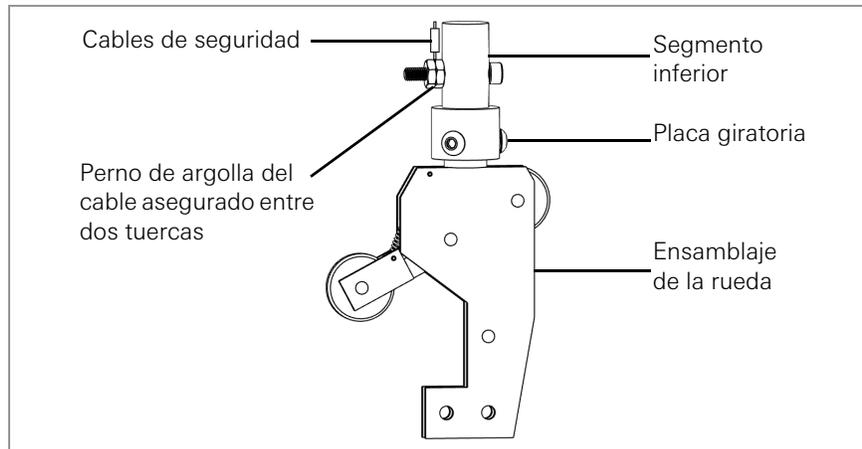


**FIGURA 8:** Conecte el ensamblaje de la rueda inferior

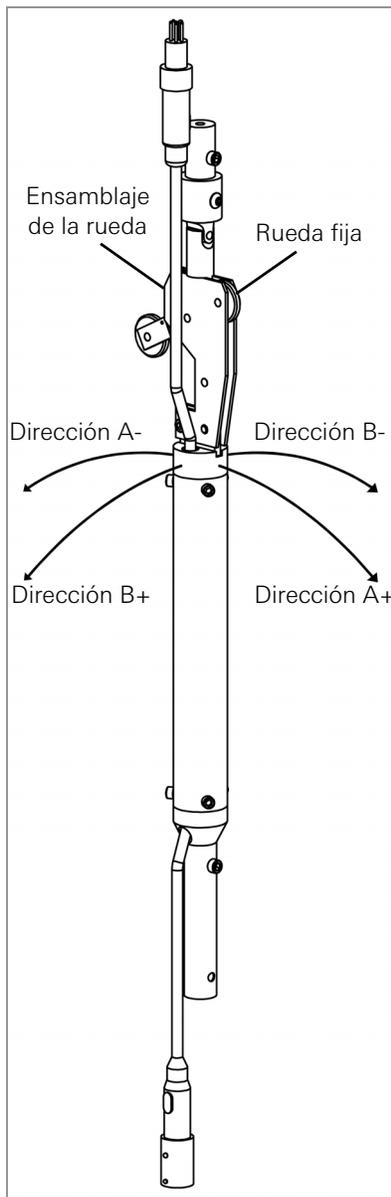
**Nota:** Recuerde usar Loctite 222 en todas las conexiones roscadas.

Se recomienda encarecidamente fijar un cable de seguridad al ensamblaje de la rueda inferior. Este se puede usar para recuperar el ensamblaje si una de las uniones se suelta y también resulta útil al bajar el ensamblaje en la carcasa.

Los cables de seguridad comprados a GEOKON incluyen un perno de argolla en un extremo. Deslice el perno de argolla en el tornillo de casquete 10-32 usado para fijar el segmento inferior al ensamblaje de la rueda inferior. Apriete otra tuerca al tornillo de casquete, esto atraparé el cable de seguridad entre las dos tuercas. El ensamblaje de la rueda inferior terminado se muestra en la figura a continuación.



**FIGURA 9:** Conecte el cable de seguridad



**FIGURA 10:** Direcciones A y B

### 2.3.2 ORIENTACIÓN DEL SENSOR

Todos los ensamblajes de las ruedas deben orientarse en la misma dirección cuando se instalan en la carcasa. Los ensamblajes de las ruedas se colocan en la fábrica de forma que la rueda fija esté viendo en la dirección A+ del sensor (como se muestra en la figura a la izquierda).

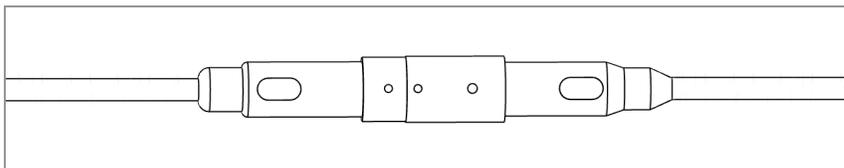
Es habitual y recomendable apuntar la dirección A+ (rueda fija) en la misma dirección del movimiento anticipado, es decir, hacia la excavación que se monitorea o pendiente abajo para aplicaciones de estabilidad de pendientes.

Se incluye un segundo dispositivo MEMS en el sensor y está conectado con su dirección 90° positiva en sentido de las manecillas del reloj respecto al primer dispositivo. Esta es la dirección B+ del sensor.

### 2.3.3 INSTALACIÓN DE SENSORES

1. Inserte el ensamblaje de la rueda inferior en la carcasa, asegurándose de orientar correctamente la rueda fija (ver Sección 2.3.2).
2. Usando el cable de seguridad, baje el segmento inferior por el agujero de la carcasa hasta que el sensor inferior se encuentre en la parte superior de la carcasa.
3. Sostenga el segmento en su lugar, en la parte superior del segmento, usando prensas sujetadoras o un método similar.
4. Enchufe el conector macho del sensor inferior al conector hembra del sensor superior.

**¡Precaución!** Cuando conecte los sensores, asegúrese de alinear las dos marcas guía en la parte externa del conector hembra con la marca guía en la parte externa del conector macho. Esto garantizará que los pines y los agujeros en el interior de los conectores se alineen correctamente. Empuje los conectores macho y hembra el uno hacia el otro hasta que se hayan acoplado completamente.

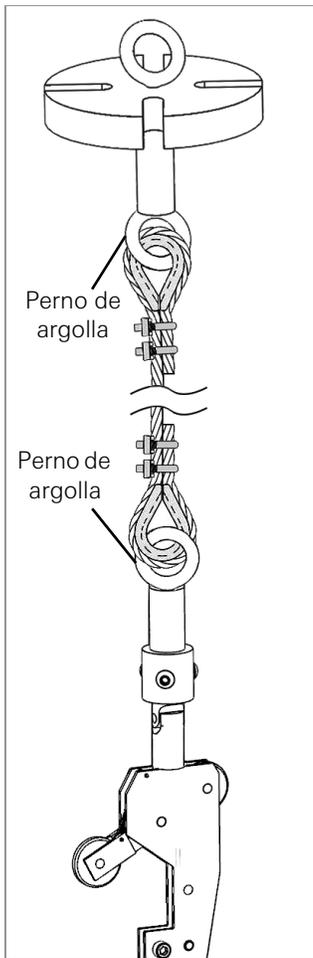


**FIGURA 11:** Detalle de la conexión de los cables

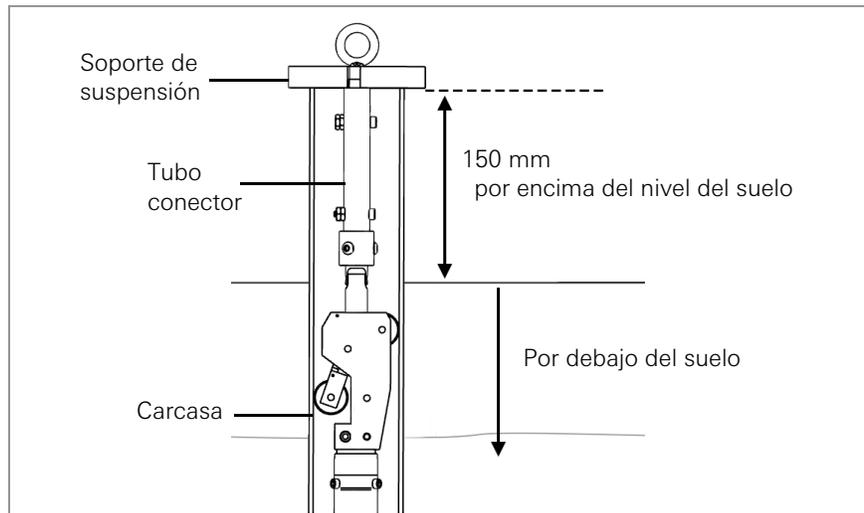
5. Pegue el cable de señal con cinta a la tubería, si así lo desea. Se pueden pegar los conectores con cinta para agregar seguridad.
6. Usando el cable de seguridad, baje el segmento inferior por el agujero hasta que el siguiente sensor se encuentre en la parte superior de la carcasa. Asegúrese de orientar correctamente la dirección A+ del sensor al insertarlo en la carcasa.
7. Continúe agregando sensores al conjunto. Conecte los cables de los sensores y baje el conjunto a la carcasa hasta que el sensor de más arriba se encuentre en línea con la parte superior de la carcasa.

### 2.3.4 CONEXIÓN DEL SOPORTE DE SUSPENSIÓN

Conecte el soporte de suspensión al ensamblaje de la rueda superior usando uno de dos métodos: use un cable (se vende por separado) o use el tubo conector incluido.



**FIGURA 12:** Suspensión por cable



**FIGURA 13:** Suspensión por tubo

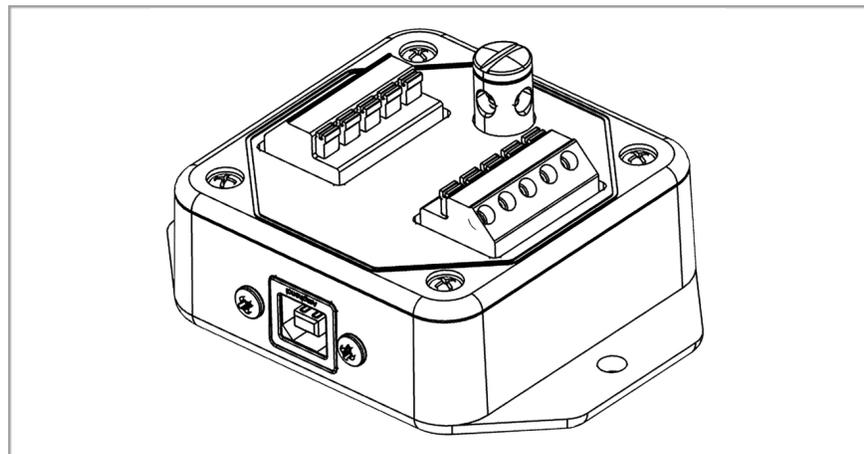
Baje el sensor final a la carcasa y ubique el soporte de suspensión en la parte superior de la carcasa. Es importante que la corona superior de la carcasa esté relativamente pareja para prevenir cualquier interferencia lateral con el ensamblaje de la rueda del sensor superior.

Ahora, el cable de seguridad puede amarrarse en la parte superior de la carcasa y el cable de señal puede llevarse a la ubicación del dispositivo de lectura. Se pueden tomar lecturas inmediatamente después de la instalación, pero se recomienda dejar pasar unas horas para permitir que se establezca el sistema antes de registrar las lecturas iniciales (cero).

## 2.4 CONVERTIDOR TTL Y/O USB A RS-485 MODELO 8020-38

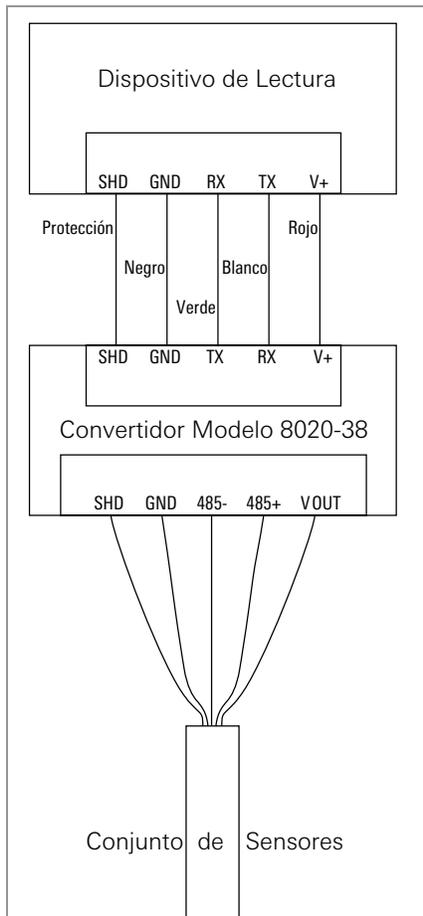
GEOKON fabrica el Convertidor Bus Direccional Modelo 8020-38 para conectar conjuntos de sensores direccionables a computadoras personales, dispositivos de lectura, registradores de datos y controladores lógicos programables. El convertidor actúa como puente usando los protocolos TTL o USB entre los lectores y los conjuntos de sensores habilitados para RS-485 de GEOKON.

Para obtener más información, consulte el Manual de instrucciones del Modelo 8020-38.



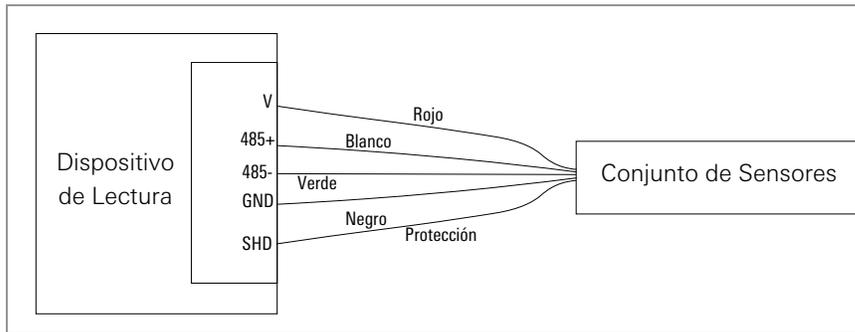
**FIGURA 14:** Convertidor TTL/USB a RS-485 Modelo 8020-38

**Nota:** El registrador que utilice debe contar con el conector apropiado.



**FIGURA 15:** Cableado de dispositivo de lectura sin conversión RS-485

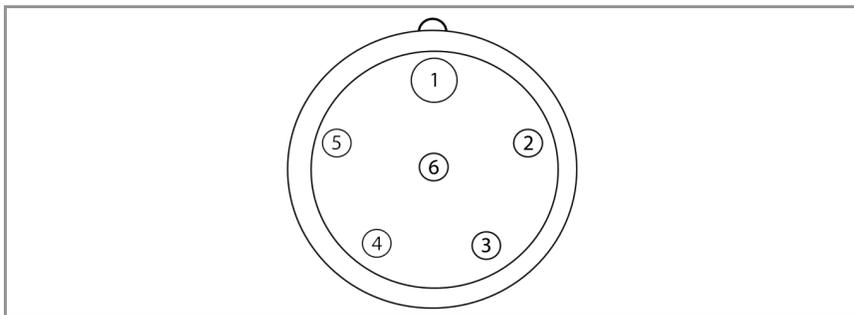
- Si su registrador de datos no cuenta conversión RS-485 incorporada, conecte el cableado usando el diagrama en Figura 15.
- Si su registrador de datos cuenta conversión RS-485 incorporada, conecte el cableado usando el diagrama en Figura 16.



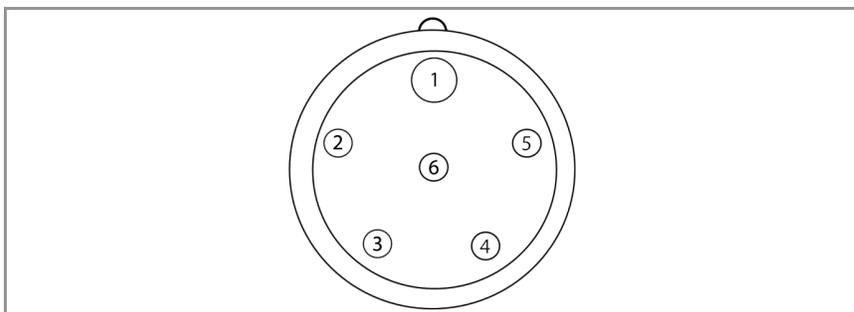
**FIGURA 16:** Cableado de registrador de datos con conversión RS-485 incorporada

## 2.5 CONECTOR DE SEIS PINES RESISTENTE AL AGUA

Los pines de los conectores macho y hembra de seis pines se muestran a continuación; la función de cada cable se detalla en Tabla 1 a continuación.



**FIGURA 17:** Conector macho resistente al agua



**FIGURA 18:** Conector hembra resistente al agua

Pin	Color del cable	Función
1	Rojo	Alimentación
2	Negro	Conexión a tierra
3	Blanco	RS-485+ Datos Alto
4	Verde	RS-485- Datos Bajo
5	Desnudo	Drenado de protección
6	N/C	N/C

**TABLA 1:** Tabla de cableado de seis pines

## 3. PROTOCOLO RTU DE MODBUS

---

### 3.1 INTRODUCCIÓN A MODBUS

Los inclinómetros direccionables fijos modelo 6150F utilizan el protocolo de Unidad Terminal Remota (RTU, por sus siglas en inglés), un estándar del sector, para comunicarse con el método de lectura seleccionado. Como su nombre lo sugiere, Modbus se diseñó para trabajar en lo que se conoce como una **red bus**, lo que significa que todos los dispositivos reciben todos los mensajes que pasan por la red. El estándar Modbus no especifica una capa física (tipo de conexión) pero funcionará con cualquier interfaz que pueda comunicarse de forma asincrónica con múltiples dispositivos (p. ej., RS-485, RS-422, óptico, radio, etc.). Los inclinómetros direccionables fijos modelo 6150F usan RS-485 (semiduplex) como interfaz eléctrica por su prevalencia, simplicidad y éxito como capa física robusta e industrial.

### 3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOCOLO RTU DE MODBUS

El Protocolo RTU de Modbus utiliza paquetes (mensajes conformados por múltiples secciones) para comunicar y transferir datos entre dispositivos dentro de la red. El formato general de estos paquetes es el siguiente:

1. Dirección Modbus (un byte) – la dirección del dispositivo específico en el bus. (Etiquetado en el sensor como #1, #2, #3, etc.)
2. Código de función (un byte) – la acción a ser realizada por el dispositivo esclavo.
3. Datos (múltiples bytes) – la carga útil del código de función que se envía.
4. CRC (dos bytes) – verificación de redundancia cíclica; una verificación de integridad de los datos de 16 bits calculada respecto a los otros bytes en el paquete.

### 3.3 TABLAS DE MODBUS

Las lecturas más recientes de los sensores se almacenan en registros en memoria y se leen usando un comando de Modbus. Las lecturas de ángulo y temperatura están disponibles en formatos procesados o previos. Las direcciones de registro y los formatos se describen en la Tabla 2 en la página 8.

La Tabla 3 en la página 8 muestra las direcciones de control de los dispositivos. Cualquier valor distinto a cero escrito a la dirección disparadora inicia un ciclo de medición, el cual actualiza los registros de las mediciones de ángulo y temperatura. Toda anomalía detectada durante el ciclo de medición más reciente produce un código de error de 'no cero'. Consulte Apéndice C para acceder a una explicación de estos códigos.

La contraseña flash previene escrituras a la memoria no volátil en la Tabla 4 en la página 8 y la información del dispositivo preprogramado en la Tabla 5 en la página 9. Contacte a GEOKON para recibir instrucciones.

Dirección de registro	Byte	Palabra	Parámetro	Unidades	Tipo	Acceso		
0x100	0	LSW	Eje A-	grados	flotante	RO		
	1							
0x101	2	MSW						
	3							
0x102	4	LSW	Eje B-	grados	flotante			
	5							
0x103	6	MSW						
	7							
0x106	12	LSW	Temperatura	°C	flotante			
	13							
0x107	14	MSW						
	15							
0x108	16	LSW	No corregido	grados	flotante			
	17							
0x109	18	MSW	Eje A-	grados	flotante			
	19							
0x10A	20	LSW					No corregido	grados
	21							
0x10B	22	MSW	Eje B-	grados	flotante			
	23							
0x10E	28	LSW				Termistor ADC	N/A	uint16
	29							
0x117	46		Código de error	N/A	uint16			
	47							

**TABLA 2:** Direcciones de registro y formatos

Dirección de registro	Byte	Palabra	Parámetro	Unidades	Tipo	Acceso
0x118	48		Disparador	N/A	uint16	RW
	49					
0x119	50	LSW	Contraseña	N/A	uint32	
	51					
0x11A	52	MSW				
	53					
0x11B	54		Ciclo de medición	N/A	uint16	
	55					

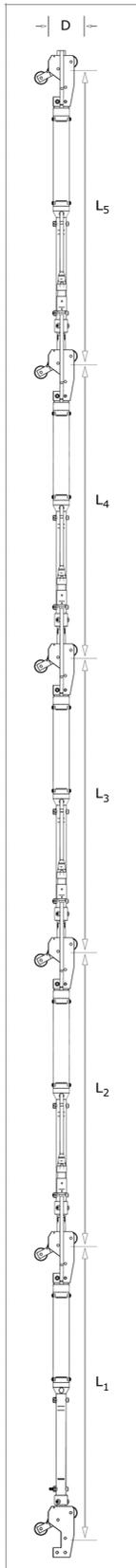
**TABLA 3:** Direcciones de control de los dispositivos

Dirección de registro	Byte	Palabra	Parámetro	Unidades	Tipo	Acceso
0x200	0		Dirección de caída	N/A	uint16	RO
	1					
0x201	2					
	3					
0x202	4					
	5					
0x203	6					
	7					
0x204	8					
	9					
0x205	10					
	11					
0x206	12					
	13					
0x207	14					
	15					
0x208	16					
	17					
0x209	18	LSW	Número de serie	N/A	uint32	
	19					
0x20A	20	MSW				
	21					
0x20B	22		Versión del software	N/A	uint16	
	23					
0x20C	24		Versión del hardware	N/A	uint16	
	25					

**TABLA 4:** Memoriario volátil

Dirección de registro	Byte	Palabra	Parámetro	Unidades	Tipo	Acceso
0x20D	26	LSW	Compensación A	grados	flotante	RO
	27					
0x20E	28	MSW				
	29					
0x20F	30	LSW	Compensación B	grados	flotante	
	31					
0x210	32	MSW				
	33					
0x213	38	LSW	Factor de medición A	grados	flotante	
	39					
0x214	40	MSW				
	41					
0x215	42	LSW	Factor de medición B	grados	flotante	
	43					
0x216	44	MSW				
	45					

**TABLA 5:** Información del dispositivo preprogramado



**FIGURA 19:** Intervalos de desviación

## 4. REDUCCIÓN DE DATOS

### 4.1 CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN

La lectura de salida del sensor del inclinómetro 6150F es un ángulo de inclinación. El sensor estándar tiene un rango total de aproximadamente  $\pm 15^\circ$ .

Cada sensor incluye un Factor de medición único (G) que se usa para calcular el ángulo de inclinación corregido ( $\theta$ ) del sensor:

$$\theta = G(R)$$

**ECUACIÓN 1:** Ángulo de inclinación corregido

En donde:

$\theta$  = ángulo de inclinación del sensor

G = factor de medición

R = lectura del sensor

Para calcular el cambio en el ángulo de inclinación del sensor, se usa la siguiente ecuación:

$$\Delta\theta = G(R_1 - R_0)$$

**ECUACIÓN 2:** Cambio en la inclinación

En donde:

$\Delta\theta$  = cambio en el ángulo de inclinación del sensor

G = factor de medición

$R_1$  = lectura actual del sensor

$R_0$  = lectura inicial o cero del sensor

Los valores positivos son inclinaciones en la dirección de las flechas A+ y B+

### 4.2 CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN

El desplazamiento lateral (D) de la parte superior de cualquier segmento en relación con la línea vertical que va hasta la parte inferior del segmento es igual a:

$$D = L \sin\theta$$

**ECUACIÓN 3:** Desplazamiento lateral

En donde:

L = longitud del segmento

$\theta$  = ángulo de inclinación del sensor

La ecuación 3 también puede expresarse como:  $D = L \sin G(R)$

En donde:

G = factor de medición

R = lectura del sensor

El perfil del barreno se construye utilizando la suma acumulativa de estos desplazamientos laterales, comenzando por el segmento inferior ( $L_1$ ).

Para tener una referencia, vea la figura a la izquierda.

El desplazamiento lateral total de la parte superior del segmento superior (que normalmente se encuentra en la superficie) a partir de la línea vertical que va hasta la parte inferior del segmento inferior (ubicado en la parte inferior del barreno) es:

$$D = L_1 \sin\theta_1 + L_2 \sin\theta_2 + L_3 \sin\theta_3 + L_4 \sin\theta_4 + L_5 \sin\theta_5$$

**ECUACIÓN 4:** Cálculo de la desplazamiento lateral total

Por lo tanto:

$$D = L_1 \sin G(R)_1 + L_2 \sin G(R)_2 + L_3 \sin G(R)_3 + L_4 \sin G(R)_4 + L_5 \sin G(R)_5$$

y el cambio en el desplazamiento ( $\Delta D$ ) es:

$$\Delta D_n = \sum^n L_n G_n \Delta R_n$$

**ECUACIÓN 5:** Cálculo de la desviación

En donde:

$\Delta R_1$  = lectura actual del sensor (1) ( $R_{1(1)}$ ) menos la lectura inicial o cero del sensor (1) ( $R_{0(1)}$ ), o ( $R_{1(1)} - R_{0(1)}$ ).

$\Delta R_2$  = lectura actual del sensor (2) ( $R_{1(2)}$ ) menos la lectura inicial o cero del sensor (2) ( $R_{0(2)}$ ), o ( $R_{1(2)} - R_{0(2)}$ ).

Repita para todos los demás sensores en el conjunto.

A pesar de que el sistema está diseñado para ser usado en segmentos continuos con pivotes, los sensores pueden instalarse sin tuberías de interconexión en tuberías estándares con el uso de anclas de fricción especiales. En esos sistemas, se asume que las desviaciones medidas ocurren en la longitud del segmento, cuyo punto medio se encuentra en la ubicación del sensor y que  $L$  es la distancia entre puntos medios adyacentes.

### 4.3 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA

A pesar de que la dependencia de la temperatura del medido de inclinación MEMS es cercana a cero y normalmente no requiere de compensación alguna, a veces ocurre que los efectos de la temperatura pueden causar cambios reales en la inclinación; en consecuencia, cada sensor cuenta con un dispositivo para leer la temperatura del sensor. Esto permite que se diferencien los cambios en la inclinación inducidos por la temperatura de los debidos a otras causas. El dispositivo proporciona una lectura digital proporcional a la temperatura.

Normalmente, no se requieren correcciones en la temperatura. Es importante destacar que los cambios en la temperatura causarán que tanto la estructura como el sensor experimenten cambios físicos transitorios, los cuales aparecen en las lecturas. La temperatura del sensor debe registrarse siempre y deben hacerse esfuerzos para obtener lecturas cuando el instrumento y la estructura estén en equilibrio térmico. El mejor momento para hacer esto suele ser en horas de la noche o temprano en la mañana.

### 4.4 FACTORES AMBIENTALES

Debido a que el propósito de la instalación del inclinómetro es monitorear las condiciones en la obra, deberían observarse y registrarse los factores que afectan estas condiciones. Algunos efectos aparentemente menores pueden tener gran influencia en el comportamiento de la estructura objeto del monitoreo y podrían dar indicaciones tempranas de problemas potenciales. Algunos de estos factores incluyen, entre otros, detonaciones, lluvias, niveles de las mareas o reservas de agua, niveles y consecuencias de excavaciones o llenados, el tráfico, cambios barométricos y de temperatura, cambios en el personal, actividades de construcción cercanas, cambios estacionales, etc.

## 5. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

---

El mantenimiento y la resolución de problemas del inclinómetro fijo 6150F están restringidos a revisiones periódicas de las conexiones de los cables. Los sensores están sellados y no hay partes que los usuarios puedan revisar o reparar.

En caso de que surjan dificultades, consulte la siguiente lista de posibles soluciones. Consulte Apéndice C para acceder a los códigos de error de Modbus. Consulte con la fábrica para obtener ayuda para solucionar problemas.

### ***SÍNTOMA: LAS LECTURAS DEL SENSOR DE INCLINACIÓN SON INESTABLES O NO HAY LECTURAS***

- ¿Hay una fuente de interferencia eléctrica cerca? Las fuentes de interferencia eléctrica más probables son motores, generadores y antenas.
- Revise todas las conexiones, los terminales y los enchufes.
- Puede ser que el agua haya penetrado en el interior del sensor de inclinación. No hay acción correctiva.



## APÉNDICE A. ESPECIFICACIONES

<b>Rango</b>	±15° (±54000 arcosegundos)
<b>Resolución<sup>1</sup></b>	±0.0001° (±0.2 arcosegundos)
<b>Precisión<sup>2</sup></b>	±0.0018° (±6.5 arcosegundos)
<b>No linealidad</b>	±0.006° a lo ancho ±8° rango (±20.8 arcosegundos) ±0.016° a lo ancho ±15° rango (±59.3 arcosegundos)
<b>Incertidumbre dependiente de la temperatura</b>	±0.0054°/°C (±19.3 arcosegundos/°C)
<b>Sensibilidad eje horizontal<sup>3</sup></b>	4%
<b>Respuesta de frecuencia</b>	-3 dB @ 8-28 Hz
<b>Exactitud del termistor</b>	±0.65 °C
<b>Precisión del termistor</b>	±0.06 °C
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-40 a 80 °C (-40 a 176 °F)
<b>Voltaje de suministro de alimentación</b>	12 VDC ±20%
<b>Corriente de funcionamiento<sup>4</sup></b>	26 mA ±1 mA
<b>Corriente en espera</b>	1.2 mA ±0.1 mA
<b>Máxima corriente de alimentación<sup>5</sup></b>	500 mA
<b>Diámetro de la carcasa</b>	32 mm (1.250 in)
<b>Longitud de la carcasa</b>	240 mm (9.5 in)
<b>Peso de segmento de 0.5 m<sup>6</sup></b>	1.3 kg (2.8 lb)
<b>Materiales</b>	Acero inoxidable 316
<b>Cable eléctrico</b>	Cuatro conductores, protección de papel de aluminio, envoltura de poliuretano, diámetro total nominal = 6.3 mm
<b>Espacio mínimo entre sensores</b>	0.5 m

**TABLA 6:** Especificaciones del sensor de inclinación MEMS Modelo 6150F

Notas:

<sup>1</sup> Todas excepto una en cien lecturas caen dentro de nuestra tolerancia publicada. (La mayoría de los dispositivos de medición vienen especificados con solo un 95% de intervalo de confianza, lo que significa que una en veinte lecturas excede el límite declarado, en promedio).

<sup>2</sup> La incertidumbre ampliada para 99.0% del intervalo de confianza incluye movimientos aleatorios del ángulo e interferencias sísmicas incidentales durante las pruebas. "Movimiento aleatorio" del ángulo describe los cambios entre lecturas consecutivas que no tienen causa discernible.

<sup>3</sup> Según la hoja de datos del dispositivo MEMS.

<sup>4</sup> Las corrientes de funcionamiento y en espera son para la caída de cada sensor individual en un conjunto de sensores.

<sup>5</sup> Para todo el conjunto.

<sup>6</sup> Peso del sensor sin cables.

## A.1 LISTA DE PIEZAS

6150F-0.5-M	Segmento vertical para inclinómetro direccionable fijo MEMS RS485 , Biaxial	Longitud del segmento = 0.5 m
6150F-1-M	" " " " " " " " " "	Longitud del segmento = 1 m
6150F-2-M	" " " " " " " " " "	Longitud del segmento = 2 m
6150F-3-M	" " " " " " " " " "	Longitud del segmento = 3 m
6150F-5-M	" " " " " " " " " "	Longitud del segmento = 5 m
6150F-2-E	" " " " " " " " " "	Longitud del segmento = 2 pies
6150F-5-E	" " " " " " " " " "	Longitud del segmento = 5 pies
6150F-10-E	" " " " " " " " " "	Longitud del segmento = 10 pies
6150F-2	Conector de ensamblaje de terminador (se requiere uno por conjunto de sensores)	
6150F-3V	Cable para dispositivo de lectura, conector hembra a extremos desnudos. Especificar longitud del cable 02-250P4 requerido	
6150F-4V	Cable para dispositivo de lectura, conector hembra a 5 pines. Especificar longitud del cable 02-250P4	
02-250P4-M	Cable de poliuretano verde. 0.250", 2 pares retorcidos	
6150F-6	Soporte de suspensión	
6300-5	Ensamblaje de la rueda inferior (se requiere una por conjunto de sensores)	
6300-6E/M	Cable de rescate para inclinómetro fijo, llega hasta la parte inferior del ensamblaje	
6300-7	Empalme para tubos	
07-125SS-M	Cable aeronáutico, 1/8"	

**TABLA 7:** Lista de partes del inclinómetro modelo 6150F

## APÉNDICE B. MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN

<b>GEOKON</b> <small>© 48 Spencer St. Lebanon, NH 03766 USA</small>						
<b><u>MEMS Tilt Sensor Calibration</u></b>						
Model Number: <u>6150F-1</u>				Calibration Date: <u>January 17, 2018</u>		
Serial Number: <u>1745224 Sensor A</u>				Temperature: <u>23.1</u>		
Calibration Instruction: <u>CI-Tiltmeter MEMS Sensor</u>				Technician: _____		
<small>This calibration has been verified/validated as of 02/05/2018</small>						
Inclination 1 (degrees)	Reading 1 (degrees)	Inclination 2 (degrees)	Reading 2 (degrees)	Reading Average (degrees)	Calculated Inclination (degrees)	Error (%FS)
-15.0015	-17.0786	-15.0011	-17.0767	-17.0777	-15.0107	-0.03
-8.0005	-10.1660	-8.0005	-10.1658	-10.1659	-7.9985	0.01
-3.9997	-6.2206	-3.9997	-6.2183	-6.2194	-3.9948	0.02
-1.9999	-4.2512	-1.9999	-4.2512	-4.2512	-1.9980	0.01
-0.9994	-3.2615	-0.9994	-3.2611	-3.2613	-0.9938	0.02
0.0000	-2.2805	-0.0003	-2.2792	-2.2798	0.0019	0.01
1.0001	-1.2956	1.0004	-1.2957	-1.2957	1.0004	0.00
1.9995	-0.3074	1.9995	-0.3067	-0.3070	2.0034	0.01
4.0004	1.6596	4.0004	1.6594	1.6595	3.9984	-0.01
8.0015	5.6028	8.0018	5.6037	5.6032	7.9994	-0.01
15.0011	12.4962	15.0008	12.4967	12.4964	14.9926	-0.03
<b>6150F Deflection Gage Factor (G): <u>1.01451</u> (degrees/degree)</b>						
<b>Deflection = L sin ( G * (R<sub>1</sub> - R<sub>0</sub>) ) (mm or inches)</b>						
<b>Tilt = G (R<sub>1</sub> - R<sub>0</sub>) (degrees)</b>						
Wiring Code: See Manual for further information						
<small>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.</small>						

**FIGURA 20:** Muestra de hoja de calibración para el modelo 6150F, sensor A

**MEMS Tilt Sensor Calibration**

Model Number: 6150F-1

Calibration Date: January 17, 2018

This calibration has been verified/validated as of 02/05/2018

Serial Number: 1745224 Sensor B

Temperature: 23.7

Calibration Instruction: CI-Tiltmeter MEMS Sensor

Technician:

Inclination 1 (degrees)	Reading 1 (degrees)	Inclination 2 (degrees)	Reading 2 (degrees)	Reading Average (degrees)	Calculated Inclination (degrees)	Error (%FS)
-15.0011	-14.4014	-15.0011	-14.4006	-14.4010	-15.0098	-0.03
-8.0001	-7.4959	-8.0005	-7.4963	-7.4961	-7.9986	0.01
-4.0004	-3.5528	-3.9997	-3.5504	-3.5516	-3.9934	0.02
-2.0002	-1.5866	-2.0002	-1.5866	-1.5866	-1.9982	0.01
-0.9994	-0.5982	-1.0001	-0.5994	-0.5988	-0.9952	0.02
-0.0007	0.3814	-0.0003	0.3827	0.3821	0.0008	0.00
1.0001	1.3659	1.0001	1.3659	1.3659	0.9997	0.00
2.0005	2.3530	2.0002	2.3543	2.3537	2.0027	0.01
4.0004	4.3184	4.0001	4.3190	4.3187	3.9980	-0.01
8.0005	8.2601	8.0008	8.2591	8.2596	7.9995	0.00
15.0005	15.1482	15.0008	15.1489	15.1485	14.9945	-0.02

6150F Deflection Gage Factor (G): 1.01539 (degrees/degree)

$$\text{Deflection} = L \sin ( G * (R_1 - R_0) ) \text{ (mm or inches)}$$

$$\text{Tilt} = G (R_1 - R_0) \text{ (degrees)}$$

Wiring Code: See Manual for further information

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 21:** Muestra de hoja de calibración para el modelo 6150F, sensor B

## APÉNDICE C. SISTEMA DIRECCIONABLE MODBUS

### C.1 PARÁMETROS DE COMUNICACIONES DE MODBUS

Configuración de puertos	Valores requeridos
Bits por segundo	115,200
Bits de datos	8
Paridad	Ninguna
Bits de detención	1
Control de flujo	Ninguna

**TABLA 8:** *Parámetros de comunicaciones de Modbus*

### C.2 CÓDIGOS DE ERROR

Número	Nombre	Causa	Solución
2	Rango del sensor de temperatura	Temperatura medida fuera del rango. El termistor pudiera estar demasiado caliente o demasiado frío, o podría estar dañado.	Utilice sensores adyacentes para validar o estimar la temperatura.
4	Verificación del sensor de temperatura	El sensor de temperatura secundario difirió demasiado del sensor primario de alta precisión.	Utilice sensores adyacentes para validar o estimar la temperatura.
8	Reinicio del sistema	Interrupción inesperada en el ciclo de medición previo.	Asegúrese de que el voltaje de suministro de alimentación sea suficiente.

**TABLA 9:** *Códigos de error*

**Nota:** El sensor almacena y transmite errores en código binario para compactar la información. Aunque es poco probable, es posible que ocurran dos errores en un ciclo de medición. En este caso, el código resultante sería la suma de los números de los errores, por ejemplo, un error 4 más un error 8 aparecería con el número 12.

## APÉNDICE D. PROGRAMACIÓN EN CRBASIC

### D.1 MUESTRA DEL PROGRAMA CR1000

El siguiente programa de muestra lee un conjunto de sensores 6150F con tres sensores biaxiales. El conjunto en este ejemplo se comunica con el CR1000 a través de los puertos de control C1 y C2, los cuales están configurados como COM1. Se necesita de un convertidor RS-485 a TTL. GEOKON ofrece el modelo 8020-38 para este propósito. Para obtener más información, consulte el Manual de instrucciones del modelo 8020-38.

```
Public ErrorCode           'Error Code sent back from ModBus Command
Public A_Axis_Degrees(3)  'A Axis Degree Output
Public B_Axis_Degrees(3)  'B Axis Degree Output
Public Celsius(3)         'Temperature Celsius
Public Count               'Counter to increment through sensors

'Define Data Tables

DataTable(Test,1,-1)
  Sample (3,A_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for A Axis
  Sample (3,B_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for B Axis
  Sample (3,Celsius()),IEEE4       'Store Thermistor C Reading
EndTable

'Main Program

BeginProg
'Open COMport with TTL communications at 115200 baud rate
SerialOpen (Com1,115200,16,0,50)
'Read 3 sensors in MEMS String every 10 seconds
Scan (10,Sec,0,0)
'Loop through addresses of connected String
For Count = 1 To 3
  'Reset temporary storage for both Degrees and Temp so not to retain
  'previous reading
  A_Axis_Degrees(Count) = 0
  B_Axis_Degrees(Count) = 0
  Celsius(Count) = 0

  'Flush Serial between readings
  SerialFlush (Com1)

  'Write to register to begin reading MEMS String
  NOTE: ModbusMaster won't send 0x118 unless "&H119" is 'entered
  ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,6,1,&H119,1,1,50,0)
  'Delay after write register
  Delay (1,1,Sec)

  'Use Modbus command to retrieve A Axis and B Axis Degree Readings
  ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,3,A_Axis_Degrees(Count),&H101,1,1,50,0)
  ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,3,B_Axis_Degrees(Count),&H103,1,1,50,0)

  'Use Modbus command to retrieve Thermistor Celsius from string
  ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,3,Celsius(Count),&H107,1,1,550,0)

  'Delay before proceeding to next reading
  Delay (1,1,Sec)
Next
'Call Table to store Data
CallTable Test
NextScan
EndProg
```

### D.2 MUESTRA DE PROGRAMA CR6

El siguiente programa de muestra lee un conjunto de sensores 6150F con tres sensores direccionables. El conjunto en este ejemplo se comunica con el CR6 a través de los puertos de control C1 y C2, los cuales están configurados como ComC1.

```
Public ErrorCode           'Error Code sent back from ModBus Command
Public A_Axis_Degrees(3)  'A Axis Degree Output
Public B_Axis_Degrees(3)  'B Axis Degree Output
Public Celsius(3)         'Temperature Celsius
Public Count               'Counter to increment through sensors

'Define Data Tables

DataTable(Test,1,-1)
  Sample (3,A_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for A Axis
  Sample (3,B_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for B Axis
  Sample (3,Celsius()),IEEE4       'Store Thermistor C Reading
EndTable
```

'Main Program

```
BeginProg
'Open COMport with RS-485 communications at 115200 baud rate
SerialOpen (ComC1,115200,16,0,50,3)
'Read 3 sensors in MEMS String every 10 seconds
Scan (10,Sec,0,0)
'Loop through addresses of connected String
For Count = 1 To 3
'Reset temporary storage for both Degrees and Temp so not to retain
'previous reading
A_Axis_Degrees(Count) = 0
B_Axis_Degrees(Count) = 0
Celsius(Count) = 0

'Flush Serial between readings
SerialFlush (ComC1)

'Write to register 0x118 to trigger string
NOTE: ModbusMaster won't send 0x118 unless "&H119" is entered

ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,6,1,&H119,1,1,10,0)
'Delay after write register
Delay (1,1,Sec)

'Use Modbus command to retrieve A Axis and B Axis Degree Readings
ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,3,A_Axis_Degrees(Count),&H101,1,1,10,0)
ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,3,B_Axis_Degrees(Count),&H103,1,1,10,0)

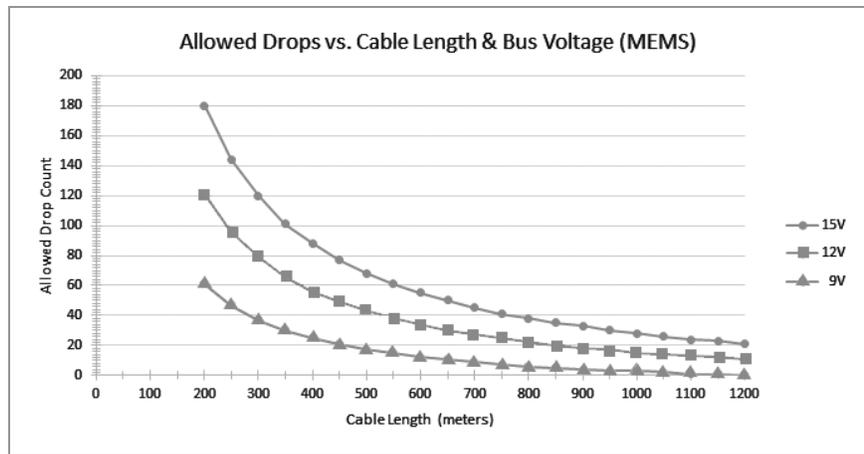
'Use Modbus command to retrieve Thermistor Celsius from string
ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,3,Celsius(Count),&H107,1,1,10,0)

'Delay before proceeding to next reading
Delay (1,1,Sec)
Next
'Call Table to store Data
CallTable Test
NextScan
EndProg
```

## APÉNDICE E. CAÍDAS VERSUS LONGITUD

El número de caídas permitidas en un conjunto de sensores es inversamente proporcional a la longitud del cable en el que están colocados. Mientras más largo sea el cable menores caídas puede haber de la fuente de alimentación de forma confiable y mientras más corto sea el cable se pueden asimilar más caídas. El voltaje bus del conjunto también incide en la determinación del número de caídas que se pueden asimilar. El voltaje bus debe permanecer siempre entre 9 y 15 voltios DC. Con un suministro de menos de nueve voltios, las caídas en el conjunto podrían no comportarse de la forma esperada; por otro lado, con un suministro de más de 15 voltios, las caídas podrían dañarse debido al voltaje excesivo.

Use el gráfico a continuación para estimar el número de caídas que pueden asimilarse para una longitud de cable determinada y un suministro de voltaje dado, asumiendo que se suministra el voltaje correcto. Las caídas deben espaciarse equitativamente en el conjunto de sensores. Es importante destacar que las curvas en el gráfico comienzan a una longitud de 200 metros de cable.



**FIGURA 22:** Representación gráfica de las caídas permitidas

**Nota:** El número de caídas que pueden asimilarse en conjuntos de sensores de menos de 200 metros de longitud debe manejarse según sea el caso y pudiera requerirse de experimentación práctica para obtener un resultado confiable.



**GEOKON®**

GEOKON  
48 Spencer Street  
Lebanon, New Hampshire  
03766, USA

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

GEOKON  
es una compañía  
**ISO 9001:2015**