

## **INSTALACION, MONITORIA Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE INCLINOMETRO DE RECORRIDO PARA TALUDES**

### **I.N.V. E - 171**

#### **1. OBJETO**

**1.1** Este método proporciona instrucciones para la instalación, monitoría y recolección de datos de inclinómetros del tipo de recorrido para taludes, los cuales se emplean con un revestimiento guía. Un inclinómetro de taludes es un instrumento de precisión, que mide el desplazamiento lateral de un revestimiento guía, resultante del movimiento de un volumen de tierra, cuerpo de concreto u otras masas donde esté instalado. Este tipo de instrumento puede emplearse para detectar y servir de monitor de movimientos en presas de tierra y de enrocado, en terraplenes y fundaciones de carreteras, en excavaciones para taludes, tablestacados, muros de contención de concreto, y otras estructuras. Como el instrumento es a prueba de agua, puede emplearse en proyectos en los cuales no serían posibles mediciones normales, tales como el desplazamiento de la parte inferior de un tubo pilote.

Los datos obtenidos, que son bastante adecuados para el procesamiento por computador, pueden emplearse para interpretar superficies de falla, en zonas de deslizamiento; y como una base para predecir fallas independientes de corte; o fallas estructurales basadas en la magnitud y rata de la deformación lateral que se presenta.

**1.2** El método esta dividido en las partes siguientes:

- Parte I, método de instalación del revestimiento guía para el inclinómetro de taludes.
- Parte II, método de monitoría para el revestimiento guía de inclinómetro de taludes.
- Parte III, método para el análisis y cálculo de los datos.

## PARTE I

### METODO DE INSTALACION DEL REVESTIMIENTO GUIA PARA EL INCLINOMETRO DE TALUDES.

#### 2. EQUIPO

**2.1 Equipo de perforación.-** Dispositivo para sondeos, con capacidad para perforar un hueco de un diámetro suficientemente grande como para acomodar el tamaño particular del revestimiento para el inclinómetro de taludes, y que permita el relleno adecuado. La profundidad requerida para la perforación varía con cada instalación particular, con el sitio y/o con el criterio del Ingeniero. Normalmente, podrá emplearse un dispositivo de perforación que pueda perforar un hueco de 200 mm (8") de diámetro y de aproximadamente 60 m (200') de profundidad. Para instalaciones poco profundas, podrá emplearse un dispositivo de perforación más pequeño.

**2.2 Revestimiento guía.-** El revestimiento guía, generalmente es de sección circular, de plástico estrujado ó de aluminio, con cuatro ranuras longitudinales, igualmente espaciadas sobre el interior del revestimiento, compatibles con la unidad sensible usada. Sin embargo, algunos revestimientos pueden no ser ranurados, en razón de que la unidad sensible mantiene la orientación adecuada mediante el empleo de varillas de orientación con cierre metálico. Algunos inclinómetros pueden emplearse con revestimiento cuadrado de perfiles de acero, con las ruedas guía de la unidad sensible encarriladas en las esquinas opuestas del revestimiento.

El revestimiento se consigue en diámetros variados y puede tener cualquier longitud conveniente, como en secciones de 1.5 m ó 3.0 m (5" o 10")

**2.3 Uniones.-** Las uniones pueden ser de aluminio estrujado, con cuatro ranuras igualmente espaciadas, o cilíndricas de plástico, y generalmente tienen una longitud de 150 mm (6"). En casos en los cuales se esperen asentamientos, pueden emplearse uniones más largas para los tramos de revestimiento. En esos casos, la separación resultante entre tramos adyacentes permite el movimiento telescópico del revestimiento a medida que ocurre la compresión de los materiales circundantes.

**2.4 Herramientas para la instalación.-** Las herramientas especificadas por el fabricante para la instalación del revestimiento guía del inclinómetro, consisten normalmente de una pistola para remachar, remaches pop, abrazaderas para

revestimiento, sierra para metales, taladro eléctrico o manual, brocas para taladro, cinta para medir, y algún dispositivo para marcar ranuras del revestimiento como un marcador con punta de fieltro o una lima. Para revestimiento plástico, se puede utilizar un instrumento de rueda especial, con ranura para alineamiento, tubo o cinta para rotular, y solvente para cemento.

Deberá emplearse un vibrador para la compactación del relleno, si fuere necesario.

**2.5 Tapones.**- Tapones ajustables al revestimiento guía en uso, empleados para proteger la tapa y el fondo del revestimiento, del efecto de lodos y desechos. Se puede usar un tapón cónico para facilitar la inserción del revestimiento dentro de un agujero de paredes rugosas.

**2.6 Dispositivos de protección (opcionales).**- Tapa para el hueco u otro dispositivo de protección, para minimizar daños, y que sea suficientemente grande, para permitir que el conjunto de la abrazadera con la polea guía del cable, sea instalado en la parte superior del revestimiento. Puede emplearse un tubo metálico, bien sea con tapa roscada o con bisagras, aldaba, candado u otro tipo de cerradura.

### **3. PERFORACION Y PREPARACION DEL HUECO**

**3.1** El tamaño del hueco de perforación deberá ser suficientemente grande como para acomodar el tamaño del revestimiento empleado; y dependerá de cada instalación en particular, de su localización, materiales encontrados, profundidad y materiales de relleno disponibles, o lo que indique la Interventoría. Los huecos más grandes facilitan el relleno. Los de diámetro mínimo pueden ser apenas suficientes para acomodar el revestimiento. Esto es aplicable en los casos donde el material puede cerrarse más o menos rápidamente. Normalmente, el hueco puede ser aproximadamente 2 veces el diámetro exterior del revestimiento o como mínimo entre 120 y 150 mm mayor. El agujero deberá ser tan vertical como sea posible y penetrar entre 1 y 1.5 m dentro del material estable y de todas maneras por debajo de la zona estimada de falla.

**3.2** El agujero perforado generalmente deberá limpiarse mediante un chorro de agua o soplarse con aire comprimido antes de intentar la instalación del revestimiento del inclinómetro. Dependiendo de la instalación, algunas veces será necesario dejar lodo de perforación (si éste fue usado) en el agujero, para controlar la formación de cavernas y permitir con ello un relleno adecuado.

**3.3** Cualquier medio para ejecutar una perforación es satisfactorio, en tanto sea adecuado para las condiciones del sitio de la obra. Si el terreno es firme y si el agujero ha de permanecer abierto sin revestimiento, entonces un hueco, bien sea en seco (perforado con barrena de tramo continuo), o un agujero lleno con agua (perforado con barrena cortante o rotatoria y empleando agua para limpiar los cortes), es igualmente satisfactorio.

- Las barrenas de vástago hueco pueden usarse con éxito, por cuanto pueden sacarse después de la instalación del revestimiento del inclinómetro. Si se espera que el suelo se comprima por causa de suelos blandos, o que se formen derrumbes a causa de arena, deberá emplearse lodo de perforación y dejarse hasta la conclusión del hueco.
- Si se emplea lodo de perforación, puede presentarse alguna dificultad al hacer que el revestimiento baje completamente en el hueco, pero puede obviarse ésto, al llenar el revestimiento con agua o con otro medio líquido.

**3.4** Puede emplearse acero o cualquier otro tipo de encamisado, si se justifica, para evitar el derrumbe de la perforación. Generalmente se emplean protecciones metálicas de aleaciones de acero enriquecido. Este encamisado de acero deberá tener un diámetro suficientemente grande que permita colocar el material de relleno en el espacio anular entre dicha protección y el diámetro exterior del revestimiento del inclinómetro de taludes. El material de relleno podrá colocarse a paladas o vaciarse en pequeñas cantidades, mientras que al mismo tiempo se hala el encamisado en incrementos pequeños. Debe tenerse cuidado de que el material de relleno no trabe el encamisado de acero contra el revestimiento del inclinómetro de taludes. En casos extremadamente difíciles, debe dejarse la protección de acero en el sitio después de concluida la perforación. Sin embargo, este encamisado de acero tiende a engrosar cualquier zona en movimiento. Deberá tenerse cuidado de mantener la orientación apropiada del inclinómetro, mientras se efectúa el relleno.

#### **4. INSTALACION DEL REVESTIMIENTO PARA EL INCLINOMETRO**

**4.1** Puede emplearse cualquier tipo de revestimiento para el inclinómetro, en tanto cumpla con las exigencias del fabricante y sea compatible con la unidad sensible utilizada. Generalmente, se emplea revestimiento de aluminio o de plástico en la mayoría de las instalaciones; sin embargo, pueden emplearse revestimientos de acero o de otra clase, bajo determinadas condiciones.

La siguiente es una breve explicación de las técnicas de instalación para revestimientos típicos de aluminio y plástico, pero deberá hacerse referencia al manual de instalación del fabricante, para una explicación mas detallada (véase la figura No.1).

**4.2 Revestimiento de aluminio.-** Se fija un tapón a la sección más profunda del revestimiento, taladrando normalmente y empleando remaches pop. Deberán emplearse suficientes remaches, generalmente de 2 a 4, para asegurar el tapón al revestimiento.

Se fija una unión de aluminio sobre el borde exterior del revestimiento, con remaches pop. Cuando se emplean 4 remaches, deberán colocarse a una separación aproximada a 90°. Deberá tenerse extremo cuidado de no colocar ningún remache en las ranuras de localización del instrumento o en las sendas para las ruedas.

Bájese la primera sección del revestimiento dentro del hueco, con el tapón en el extremo inferior y la unión colocada sobre la parte superior. Deberá fijarse una abrazadera al revestimiento, entre 300 y 600 mm del tope del mismo.

Deben instalarse ciertos tipos de dispositivos de "agarre" para asegurar que la abrazadera se apoye en forma segura en la parte superior del agujero y evite que el revestimiento caiga dentro del mismo.

Debe mantenerse en forma adecuada la orientación de las ranuras guías durante la instalación. Generalmente pueden orientarse en forma perpendicular o paralela a la dirección prevista del movimiento, o como lo ordene la Interventoría. Sin embargo, la orientación de las ranuras de los revestimientos en huecos diferentes deberá ser consistente, para evitar confusión. Puede hacerse expedita la instalación, si el revestimiento se ensambla previamente y se acopla en unidades de 3 a 6 m cada una. Se inserta el siguiente tramo del revestimiento dentro de la unión superior, se alinean las ranuras y se asegura el tramo inferior del revestimiento, con remaches pop. Los extremos del revestimiento son empalmados juntamente antes de perforar y colocar los remaches pop.

Deberá agregarse una abrazadera al extremo superior de la tapa del revestimiento. Deberá removerse la abrazadera inferior y bajarse el revestimiento dentro del hueco. Se agregarán mas secciones de revestimiento como se describió atrás, hasta que el revestimiento descansa sobre el fondo del agujero. Lávese el revestimiento con agua si fuere necesario. La porción del revestimiento que sobresalga, si la hubiere, deberá cortarse a una altura

adecuada con una sierra para metales. Los procedimientos de instalación son los mismos para acoples telescópicos, excepto que se emplean remaches pop especiales o tornillos y se deja una separación entre los extremos de los acoples para permitir la medida de los asentamientos.

**4.3 Revestimiento plástico.**- Puede instalarse el revestimiento plástico de la misma manera que el de aluminio. Usualmente, pueden emplearse uniones de plástico o de aluminio.

Cada extremo del plástico deberá tener una marca grabada o pintada con un marcador de punta de fieltro, para evitar que se coloquen los remaches en las ranuras guías del instrumento. Para unir el revestimiento y los acoples, pueden emplearse pegantes compatibles con el revestimiento plástico y/o remaches pop. Pueden emplearse ambos para instalaciones extremadamente profundas.

Con el revestimiento plástico se emplea una herramienta especial para guía del alineamiento en la ranura. La herramienta es generalmente insertada en la mitad de la parte superior del primer tramo en el hueco. El extremo suelto de una cuerda que haya sido insertada a través del revestimiento siguiente, se fija a la herramienta de alineamiento para halarla a través del revestimiento y alinearla con el siguiente tramo colocado. Se hace esto hasta que todos los revestimientos estén colocados.

Los dos tramos se fijan cuidadosamente, alineando las ranuras guías. Los extremos del revestimiento deben empalmarse juntos. Los dos tramos pueden fijarse con remaches pop y/o pegante. Las abrazaderas del revestimiento deberán emplearse, para evitar que éste caiga dentro del hueco. Se baja y se agrega otro tramo de revestimiento, sobre la mitad de la herramienta de alineamiento que haya sido extraída.

Continúese el procedimiento hasta que descansa el revestimiento sobre el fondo del hueco. Se corta cualquier exceso de revestimiento que sobre, con una sierra para metales. La orientación predeterminada de las ranuras guías del instrumento, deberá mantenerse adecuadamente. Los procedimientos de instalación son los mismos para uniones telescópicas, excepto que generalmente se emplean pasadores para alinear automáticamente las ranuras. Si se emplean uniones telescópicas, no deberá permitirse que el revestimiento descansa sobre el fondo de la perforación, donde su peso haría que una sección se introdujera en la otra.

**4.4** Las uniones del revestimiento pueden ser o no herméticas. Si se llena el hueco con lodo de perforación, éste puede entrar al revestimiento a medida que

sea instalado. Igualmente, la inyección de lechada para llenar el espacio anular alrededor del revestimiento, puede penetrar en el revestimiento.

En tales casos, el revestimiento de aluminio o de plástico deberá lavarse con agua limpia, antes de que se haya endurecido la lechada. Se puede también, durante el lavado, bajar a través del revestimiento un cepillo duro para limpiar las ranuras longitudinales. Puede aminorarse el ingreso de lodo o de lechada parafinando, encolando o tapando todas las juntas.

**4.5** Si se emplea arena o grava como material de relleno y si se desean medidas del agua subterránea a partir de la instalación, pueden perforarse pequeños agujeros o ranuras en el tramo del fondo del revestimiento del inclinómetro.

## **5. RELLENO DEL REVESTIMIENTO DEL INCLINOMETRO**

**5.1** La calidad y extensión del relleno del inclinómetro de taludes depende de la instalación en particular, de las condiciones del nivel freático y del tipo de materiales de relleno. Generalmente se obtienen mejores resultados si al rellenar, se tiene cuidado de evitar cualquier vacío, formación de arco o asentamientos en el material de relleno. Para mitigar la formación de arco, puede emplearse un impulsor de aire u otro tipo de vibrador.

**5.2** Puede colocarse una tapa sobre la parte superior del revestimiento, antes de rellenar, para evitar que caiga material de relleno dentro del mismo.

**5.3 Arena seca.-** Puede usarse arena seca para el relleno, cuando la perforación está seca, es relativamente poco profunda y de un diámetro relativamente pequeño (120 a 200 mm). La arena deberá estar limpia, seca y tener tamaño uniforme, si es posible. Lo ideal es la arena normalizada; la arena lavada para concreto es igualmente aceptable.

La arena puede densificarse mediante vibración, colocándola a paladas o vertiéndola lentamente, a través de una malla de alambre para evitar la formación de arco. Algunas veces, puede asentarse más tarde la arena y producir deformaciones, tanto verticales como horizontales, en el revestimiento, que no son debidas a movimientos del terreno.

**5.4 Relleno con 9.5 mm (3/8").-** Podrá emplearse cualquier gravilla que resulte satisfactoria, como por ejemplo con tamaño máximo de 9.5 mm (3/8") o picadura de caliza. La gravilla deberá palearse lentamente en incrementos

pequeños para evitar cualquier formación de arco que pueda ocurrir. La gravilla puede emplearse en huecos de perforación más profundos donde sea necesario efectuar mediciones de agua subterránea.

**5.5 Relleno de lechada de cemento.-** Un material de relleno bastante aceptable es la lechada de cemento. Puede consistir de una lechada magra de cemento, una lechada de arcilla-cemento o un lodo de perforación tixotrópico. Una mezcla de 75 kg de cal hidratada con 50 kg de cemento portland o una mezcla de cemento portland con 15% de bentonita en volumen, podrán considerarse buenas mezclas de lechada. Otra mezcla económica simple consiste en mortero con suficiente agua, que le permita regarse dentro del agujero.

Nota Lodo tixotrópico: El que tiene la característica de licuarse cuando es agitado mecánicamente o por vibración de ondas sonoras, que recupera su consistencia al dejarlo en reposo.

La lechada debe vaciarse alrededor del revestimiento desde la superficie del terreno o deberá inyectarse, a través de un tubo de diámetro pequeño que esté conectado al fondo de la sección del revestimiento, en el espacio anular entre el revestimiento y la perforación. La lechada puede inyectarse también dentro del agujero, mediante un tubo plástico de diámetro pequeño que se inserta dentro del revestimiento, y está fijado a un dispositivo de válvula de control en el fondo del mismo.

- Si se instaló revestimiento exterior de acero en el hueco, éste deberá sacarse antes de que fragüe la lechada. Cuando se requieran mediciones del nivel freático, no es aconsejable el relleno con lechada de cemento.

**5.6** Si fuera necesario, instálase la tapa para el hueco u otro dispositivo de protección sobre el tope del revestimiento, antes de la conclusión del relleno. Rellénese entonces alrededor y dentro de la tapa del hueco, dejando suficiente revestimiento expuesto que brinde espacio para el dispositivo de la abrazadera-guia.

**5.7** La información de identificación pertinente debe incluir la localización y profundidad del agujero las cuales, deben estar marcadas permanentemente en el interior de la tapa que cubre el hueco.

Dependiendo de la situación, las lecturas iniciales deberán diferirse por lo menos 24 horas, para permitir que se asiente el relleno y que se estabilice el revestimiento. Después de que el revestimiento y la tapa del hueco han sido



instaladas y rellenas, es deseable referenciar las ranuras guías con el norte magnético, de tal manera que las lecturas subsiguientes se hagan con relación a las mismas ranuras.

## **PARTE II**

### **METODO DE CONTROLAR EL REVESTIMIENTO GUIA DE INCLINOMETRO PARA TALUDES**

#### **6. EQUIPO**

**6.1 Inclínómetro para taludes.**- Unidad de lectura, unidad sensible, cable de interconexión y/o varillas metálicas de orientación.

**6.2** Conjunto de abrazadera de la rueda guía.

**6.3** Revestimiento opcional de extensión con acoples anexos.

**6.4** A veces se presentan problemas ocasionados por el giro del revestimiento después de la instalación. Este giro es debido a irregularidades en los procesos de fabricación del revestimiento ó a rotación de las juntas durante la colocación.

#### **7. INSTRUMENTOS**

**7.1** Hay varios tipos de instrumentos disponibles comercialmente. El inclinómetro con unidad sensible tiene generalmente dos conjuntos de ruedas que consisten en una rueda rígida para guía y en una rueda con resorte para orientación. Estos dos conjuntos de ruedas están localizados cerca de cada extremo del inclinómetro. Se emplean diferentes dispositivos para determinar el ángulo de inclinación o deflexión con la unidad sensible; por ejemplo: elementos de resistencia de precisión y un péndulo, medidores de deformación sobre un péndulo, péndulo y alambre vibrante, péndulo con transformador diferencial, servo-acelerómetros, etc. Cada configuración produce una salida de voltaje que es medida en la superficie, con una unidad de lectura. Algunas unidades tienen capacidad para producir cintas compatibles con los computadores, acelerando con ello el procesamiento de los datos.

## **8. CONTROL CON EL SENSOR DE TIPO DE PENDULO.**

**8.1 Descripción.-** Muchos sensores de tipo de péndulo, tienen forma alargada y cilíndrica, típica de muchos de estos tipos de instrumentos. Los conjuntos de ruedas (fija y con resorte cargado) están separados una cierta distancia (o longitud calibrada), y guían al instrumento dentro de los revestimientos ranurados. Dentro de la carcasa están un péndulo y un elemento de precisión de resistencia de alambre torcido, el cual forma a través del circuito, la mitad de un puente convencional de Wheatstone. La otra mitad del circuito, se halla en la unidad de control en la superficie del terreno. La oscilación del péndulo cambia la resistencia en el circuito y se obtiene una lectura, balanceando el puente de Wheatstone. Una descripción detallada del dispositivo, se puede consultar en el catálogo del fabricante.

**8.2 Operación.-** La siguiente es una breve explicación de la técnica de operación; para una explicación más detallada será necesario referirse al manual de instrucciones del equipo. Para verificar si el sistema está trabajando adecuadamente, deberá efectuarse una calibración en el laboratorio antes de su empleo en el terreno. La media de la suma de lecturas opuestas (cada lectura en dirección opuesta, es decir, rotadas  $180^\circ$ ), calculadas para cada una de tres o cuatro posiciones de ángulos de inclinación, es suficiente para determinar su condición de trabajo. Después de ensamblado, el inclinómetro se baja hasta el fondo del hueco, desde donde las lecturas son registradas (hacia arriba), para incrementos especificados. Este procedimiento se repite empleando cada una de las cuatro ranuras y las ruedas fijas de los conjuntos para orientar la prueba. Se hace una comparación en el sitio, entre el valor de la suma de cada grupo de lecturas (ranuras opuestas), y el promedio de todos los grupos de lecturas para la longitud del agujero. Si hubiera una variación de más de 10 unidades del dial con respecto a la media, se vuelve a localizar el inclinómetro a la profundidad en cuestión y se toma una lectura adicional. Para asegurar la repetitividad, cada vez las mediciones deberán efectuarse exactamente a la misma profundidad.

Deberá establecerse, también, un sistema que asegure que cada operador pueda identificar y registrar la posición del instrumento, en relación a las ranuras en las cuales está enrutado. Esto puede cumplirse perforando un número diferente de pequeños agujeros en cada ranura, cerca de la parte superior del revestimiento, esto es, 1, 2, 3, ó 4, o cualquier otro sistema de marcas.

**8.3 Mantenimiento.-** Se pueden presentar problemas, si ciertas precauciones y procedimientos de mantenimiento no se siguen, durante la operación en el terreno. En el sitio de trabajo, debe efectuarse una verificación visual de la condición de un anillo en O, en la conexión del cable; debe removerse cualquier

restricción que obstaculice al péndulo; y los correctores deben limpiarse de polvo y secarse. El instrumento está diseñado para operar bajo condiciones severas en el campo, pero las sacudidas pueden dañar los soportes del péndulo y traducirse por ello en datos erróneos. Esto puede suceder si se permite que la sonda golpee el fondo del hueco, o si no está asegurado el péndulo. Debe tenerse cuidado al remover la conexión del cable de la sonda, después de la operación en un revestimiento lleno de agua para evitar humedad. La unidad de control y el carrete del cable deberán protegerse durante su almacenamiento, transporte y uso. La energía generalmente es suministrada por baterías internas, que pueden requerir reemplazo periódicamente.

## **9. CONTROL CON EL SENSOR DE TIPO ACELEROMETRO**

**9.1** El inclinómetro sensible de tipo acelerómetro, difiere un poco del instrumento típico, en que generalmente tiene un diámetro exterior más pequeño, entre los dos conjuntos de ruedas. Separadas por una distancia, usualmente de 600 mm (24"). Cada conjunto puede consistir de 2 ruedas fijas, separadas a 90° y una rueda con resorte cargado en el lado opuesto de la sonda (135° de cualquiera de las ruedas fijas). Algunas veces, sólo una rueda fija y una rueda con resorte cargado, montadas a 180° de separación, se emplean en cada conjunto. El dispositivo de la rueda inferior está libre para rotar aproximadamente 5°, para acomodarse a las irregularidades en el revestimiento. El ángulo de inclinación se determina a partir de una unidad de lecturas, la cual puede relacionar una función geométrica del ángulo de inclinación, a una corriente obtenida de uno o dos servo-acelerómetros en la sonda. Se dispone de opciones para proporcionar los datos sobre cinta de papel de doble imagen, o cinta magnética adecuada para emplear con computador. Para mayores detalles, debe consultarse la literatura del fabricante.

**9.2 Operación.-** La técnica de operación se inicia con una verificación visual del hermetismo a prueba de agua del cable conector, después de que son ensamblados los componentes. Una calibración rápida para asegurarse de que la unidad es funcional, se completa colocando la sonda dentro del agujero en una ranura especificada; se toma la otra lectura, y se coloca luego la sonda en la ranura opuesta y se toma la lectura. Desechando el signo, las dos lecturas deberán hallarse dentro de  $\pm 20$  unidades, del dial, una de la otra. Después de esta comprobación, se baja la sonda al fondo del agujero para comenzar las lecturas por incrementos. Mediante un interruptor en la unidad de lectura, pueden tomarse lecturas tanto en el plano que pasa a través de la rueda con resorte cargado, como en el perpendicular a ésta, reduciendo así el número de veces que el inclinómetro debe colocarse a través del revestimiento. Para

reducir irregularidades, se toma una segunda serie de lecturas con la sonda rotada a 90° de la primera posición.

**9.3 Mantenimiento.**- Para mantener operable la unidad, es necesario efectuar cierto mantenimiento. La conexión entre el inclinómetro y el cable eléctrico, deberá mantenerse libre de agua y polvo ( al igual que todos los contactos eléctricos). Deberá verificarse regularmente la condición del anillo O en el conector, pues los revestimientos llenos con agua forman grandes cabezas de presión que actúan contra él. Generalmente, se emplean tres fuentes de energía: batería interior, exterior, y corriente alterna. La batería interior es usualmente del tipo recargable que debe reemplazarse periódicamente.

### PARTE III

## METODO DE ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

### 10. PROCEDIMIENTO

**10.1** Para la primera serie de lecturas se considera que usualmente el revestimiento está vertical. Todas las lecturas subsiguientes son comparadas con este conjunto inicial de lecturas.

**10.2** Todas las lecturas tomadas en el instrumento del tipo de péndulo se suponen positivas, puesto que los signos de polaridad, no están indicados en la unidad de lectura. Los signos de polaridad en el instrumento de tipo acelerómetro, son registrados y las lecturas se restan algebraicamente. Para el registro y reducción de datos es necesario referirse al manual de operación del fabricante. El procedimiento del procesamiento de datos recomendado por muchos fabricantes, incluye una suma de lecturas en dirección opuesta, que se multiplica luego por un factor de calibración, para obtener la deflexión del revestimiento a partir de la vertical. Las lecturas subsiguientes, son comparadas con las lecturas iniciales, para obtener el cambio de inclinación a cualquier profundidad.

### 11 EJEMPLO DE HOJA DE DATOS

**11.1** El ejemplo típico de una hoja de datos generalmente contiene columnas para las lecturas individuales, por la diferencia inicial, el cambio en la diferencia

de lecturas subsiguientes y el cambio acumulado. Debe consultarse del manual de operación del fabricante.

## **12. PROGRAMA DE COMPUTADOR**

**12.1** En la Figura No.3 se aprecia un diagrama de flujo para un programa de procesamiento de datos para un inclinómetro típico de taludes.

## **13. REPRESENTACION GRAFICA DE LOS DATOS**

**13.1** El movimiento en el inclinómetro de taludes, es generalmente representado por un gráfico de tiempo de deflexión acumulada contra profundidad. El programa de computador, puede emplearse eficientemente para representar gráficamente la rata, magnitud, profundidad, y dirección del movimiento, aún cuando los datos pueden fácilmente graficarse a mano. Consultar las instrucciones del manual de operación del fabricante.

## **14. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS**

AASHTO T 254