

**Método de monitoreo, sistema de monitoreo y dispositivo
inclinométrico asociado con los mismos**

DESCRIPCIÓN

Alcance técnico

5 La invención se refiere a un método de monitoreo, un sistema de monitoreo y un dispositivo inclinométrico asociado con los mismos, del tipo que incluye las características mencionadas en la cláusula de caracterización previa de las reivindicaciones independientes.

10 Antecedentes tecnológicos

Se sabe que los elementos unidos de estructuras artificiales (por ejemplo, secciones de puentes, paredes de casas, etc.) o elementos unidos de un tipo natural (áreas de suelo, porciones de cuencas hidrográficas, porciones de nieve acumulada, etc.)

15 pueden sufrir desplazamiento y/o rotación relacionada con la deformación si se someten a movimientos o subsidencias internos o de otras porciones estructurales u otras áreas de tierra (por ejemplo, deslizamientos de tierra, terremotos, sedimentación, etc.) con los que están conectados directa o indirectamente.

20 En particular, este movimiento o subsidencia de la tierra puede surgir de manera impredecible y muy rápida, causando a veces daños catastróficos a estructuras o áreas de tierra directa o indirectamente afectadas por el movimiento o subsidencia antes mencionada.

Obviamente, es necesario, por lo tanto, poder monitorear de la manera más eficiente posible cualquier cambio en la condición geológica de la tierra que esté potencialmente sujeta a dicho movimiento o subsidencia y, en caso de necesidad, actualizarlos
5 rápidamente.

En el contexto de este requisito de información y monitoreo, un documento pertinente es la solicitud de patente china CN 105973200, que describe un inclinómetro automatizado portátil para el monitoreo de deslizamientos de tierras que comprende
10 un sensor alojado en un deslizador rígido que se desplaza a lo largo de una pista de un tubo insertado en el suelo que se va a investigar, un cable conectado en un extremo al sensor y en el otro extremo a los medios para rebobinar dicho cable y un sistema para procesar los datos recopilados.

15 Cuando sea necesario, el operador deberá desplazarse hasta el lugar donde se haya suministrado previamente el tubo, insertar en él el inclinómetro automatizado mencionado anteriormente y permitir que este se deslice lentamente en dirección vertical con respecto al suelo, a fin de recoger los distintos elementos
20 de información suministrados por el sensor, en función de la profundidad de análisis a la que esté situado.

Sin embargo, este producto no es adecuado para el monitoreo continuo y eficaz de los elementos unidos (en este caso

específico, zonas de terreno que pueden estar sujetas a deslizamientos de tierra).

En primer lugar, una desventaja obvia inherente a los productos fabricados de acuerdo con la enseñanza de la mencionada patente china es que no existe ninguna disposición para insertar el inclinómetro de forma estable y definitiva en el tubo de investigación. De hecho, el deslizador rígido a lo largo del cual se mueve el sensor representa una porción mucho menor que el tamaño típico de la zona de investigación de los tubos insertados en el suelo potencialmente afectado por deslizamientos (generalmente entre 100 y 200 metros de largo). Obviamente, durante o después de cualquier deslizamiento, los tubos insertados en el suelo que se está investigando también pueden sufrir una deformación severa debido al deslizamiento diferencial de áreas específicas del suelo de diferente composición o comportamiento. Es inmediatamente obvio que en estos casos la solución descrita por la patente china antedicha puede resultar ineficaz, o incluso completamente inservible, ya que se corre el riesgo de no poder enhebrar el deslizador rígido en el tubo o de poder enhebrarlo sólo en una parte limitada del tubo.

Otra desventaja crítica es el hecho de que, para poder actuar con prontitud en el caso mencionado, los datos pertinentes deben recopilarse lo antes posible.

Evidentemente, la solución de la patente china prevé que el operador viaje al sitio bajo investigación (que puede ser difícil de alcanzar con vehículos ordinarios), inserte el deslizador rígido en el tubo de investigación (si, como se ha
5 discutido anteriormente, esto todavía es posible), recopile los datos locales para toda la longitud del tubo de investigación, procese los datos y recupere el deslizador desde el tubo.

Estas operaciones pueden causar retrasos operativos
10 cuantificables en horas (en los mejores casos) o muchos días (en los peores casos).

Además, debe tenerse en cuenta que cuando el deslizamiento de tierra ha puesto en peligro las rutas de acceso al lugar en cuestión, no puede llevarse a cabo la investigación.

15 Por otro lado, no es posible imaginar que un operador deje un deslizador dentro del tubo porque esto podría comprometer seriamente la funcionalidad del sensor durante cualquier movimiento o subsidencia posterior del suelo y, en cualquier caso, daría una información local tan limitada espacialmente
20 que resultaría prácticamente inservible para fines de investigación.

Descripción de la invención

El objetivo de la presente invención es proporcionar un método para monitorizar elementos unidos y un dispositivo

inclinométrico asociado al mismo, superando uno o más de los inconvenientes del estado de la técnica anterior como se identifica.

En este contexto, el término elementos unidos significa partes
5 de estructuras artificiales (por ejemplo, secciones de puentes, paredes de casas, etc.) o estructuras naturales (áreas de tierra, áreas de cuencas hidrográficas, porciones de nieve acumulada, etc.) que pueden sufrir rotación, desplazamiento y/o deformación si se someten a movimiento o subsidencia de la
10 tierra (por ejemplo, deslizamientos de tierra, terremotos, sedimentación, etc.) con los que están conectados directa o indirectamente.

Obviamente, los elementos unidos anteriormente mencionados se refieren a estructuras que están unidas rígidamente a su
15 entorno y, por lo tanto, no se benefician de una condición en la que todo el elemento unido pueda ser trasladado libremente, de manera uniforme y consistente en relación con los alrededores mencionados anteriormente. En ese sentido, cuando los elementos unidos anteriormente mencionados están sometidos
20 a fuerzas, no responden uniformemente por simple desplazamiento relativo a las uniones rígidas existentes, sino por deformación identificable, con desplazamiento o rotación local.

Dentro de este objetivo, un objetivo de la invención es producir un dispositivo inclinométrico que pueda transportarse

fácilmente al sitio relevante e instalarse fácilmente en dicho sitio.

La enseñanza implementada según la presente invención es un dispositivo inclinométrico para monitorizar elementos unidos
5 que comprende una cinta flexible y al menos un inclinómetro alojado sobre o en la cinta flexible.

Preferentemente, al menos un inclinómetro 3 debe estar orientado en una dirección perpendicular a un primer eje longitudinal X.

10 Por lo tanto, el dispositivo inclinométrico puede enrollarse fácilmente sobre sí mismo, para aumentar su capacidad de transporte, y puede desenrollarse solo cuando se haya alcanzado el sitio relevante, para una fácil instalación.

Además, gracias a las características técnicas mencionadas
15 anteriormente, el dispositivo inclinométrico mencionado anteriormente se puede instalar permanentemente en el sitio relevante o en él, y dejarlo allí para que pueda suministrar, posiblemente constantemente, datos actualizados sobre cualquier desplazamiento y/o rotación relacionada con la
20 deformación o subsidencia internamente o de otras secciones estructurales u otras áreas de tierra a las que están conectadas directa o indirectamente.

El dispositivo inclinométrico mencionado anteriormente se presta para una aplicación eficiente, por ejemplo, dentro de

agujeros en el suelo para evaluar el movimiento de áreas de los mismos en el caso de deslizamientos de tierra, en tramos de puentes para evaluar variaciones o subsidencias estructurales después del paso de vehículos, desgaste o desplazamiento de áreas de tierra en las estructuras relacionadas directa o indirectamente mencionadas anteriormente, en sillares de un túnel (tanto longitudinal como transversalmente a la dirección en la que se extiende el túnel) para evaluar la estabilidad y la resistencia de la estructura, en secciones estructurales de presas, en este caso también para evaluar cualquier variación o subsidencia estructural que pueda estar relacionado con el desplazamiento o subsidencia de áreas de terreno en las estructuras relacionadas directa o indirectamente mencionadas, etc.

Según una realización, al menos un inclinómetro debe estar alojado en la cinta flexible, es decir, dicho inclinómetro puede estar unido y soportado sobre una superficie de la cinta o puede insertarse dentro de la propia cinta (por ejemplo, la cinta comprende dos superficies que enrollan o envuelven el dispositivo, o el dispositivo está alojado dentro de una cavidad hecha en la cinta mencionada anteriormente, etc.). Preferentemente, el dispositivo inclinométrico comprende una mayoría de inclinómetros y la cinta comprende un cable que

conecta operativamente al menos dos inclinómetros de la mayoría de inclinómetros.

Por lo tanto, la capacidad de recopilación de datos del dispositivo inclinométrico se mejora insertando una mayoría de
5 inclinómetros conectados por un cable que permite tanto la transferencia de datos entre los inclinómetros como el flujo de corriente eléctrica con el fin de suministrar los mencionados inclinómetros.

Según una realización, el dispositivo inclinométrico comprende
10 una unidad de procesamiento que está operativamente conectada a al menos un inclinómetro para procesar los datos recopilados por al menos un inclinómetro.

Por lo tanto, es posible garantizar que los datos recopilados por al menos un inclinómetro se procesen en el sitio
15 correspondiente, optimizando los períodos de procesamiento y reduciendo así el tiempo requerido para que un usuario acceda y/o explote los datos procesados mencionados anteriormente.

Preferentemente, la unidad de procesamiento está conectada operativamente a al menos un inclinómetro por medio de dicho
20 cable en un segundo extremo de dicha cinta que está opuesta a un primer extremo.

Esto permite la optimización tanto de la utilidad como del manejo de la cinta flexible durante las etapas de transporte,

instalación y/o conexión, y la accesibilidad de la unidad de procesamiento para un usuario.

Según una realización, la mayoría de inclinómetros está separada a lo largo de un primer eje longitudinal de dicha
5 cinta.

De este modo, se logra un mejor monitoreo del sitio relevante, ya que la mayoría de inclinómetros se coloca a una distancia conocida y se optimiza de acuerdo con el fenómeno que se va a monitorear.

10 Convenientemente, la separación mencionada anteriormente puede ser constante o variable a lo largo del primer eje longitudinal mencionado anteriormente.

Preferentemente, al menos un inclinómetro está alojado dentro de una caja sellada.

15 Gracias a esta solución técnica, es posible dejar el dispositivo inclinométrico adherido permanentemente en el sitio correspondiente, aún con la garantía de que los componentes eléctricos y/o electrónicos contenidos no se dañarán debido a agentes naturales en el sitio (por ejemplo,
20 lluvia, viento, exposición a la luz solar o heladas, alta humedad relativa, etc.).

Según una realización, el dispositivo inclinométrico comprende un dispositivo de ponderación conectado al primer extremo de la cinta.

Por lo tanto, se hace más fácil guiar y desenrollar completamente la cinta, particularmente cuando se desea orientarla verticalmente y paralela a las direcciones de la fuerza gravitacional (por ejemplo, donde se desea insertar el
5 dispositivo dentro de un agujero sustancialmente vertical).

Preferentemente, al menos un inclinómetro está orientado en una dirección perpendicular al primer eje longitudinal. Más preferiblemente, la dimensión más larga de la caja sellada es paralela al primer eje longitudinal y al menos un inclinómetro
10 está orientado en una dirección perpendicular a un plano medial de la caja sellada.

Esto logra la orientación óptima de al menos un inclinómetro para detectar cualquier desplazamiento o subsidencia de los elementos unidos.

15 Según una realización, el dispositivo inclinométrico comprende un magnetómetro capaz de definir una orientación inicial de al menos un inclinómetro y/o un acelerómetro capaz de detectar desplazamiento relativo.

Esto permite una lectura aún más precisa de las variaciones en
20 la orientación de los inclinómetros, a partir de una orientación inicial conocida. Además, la presencia de un acelerómetro permite obtener una mayor cantidad de información sobre el desplazamiento del inclinómetro o las partes relacionadas con el mismo.

Preferentemente, el dispositivo inclinométrico comprende al menos un GPS y/o un sensor de humedad y/o un sensor de temperatura.

Esto permite mejoras adicionales de la información que se puede
5 obtener del dispositivo inclinométrico, ya que el GPS permitirá correlacionar inclinaciones en función de coordenadas espaciales específicas y, por lo tanto, descubrir qué parte de la estructura bajo investigación está realmente sujeta a rotación.

10 Además, la presencia del GPS permitirá la identificación de falsos negativos, que pueden surgir en situaciones donde toda la estructura se desplaza con un movimiento puramente de traslación, sin que surja una rotación local significativa.

Asimismo, la presencia de sensores de humedad y temperatura
15 permitirá monitorear las condiciones en las que se leen los datos y, por lo tanto, corregir las condiciones cuando sea necesario.

Según una realización, el dispositivo inclinométrico comprende un tubo sellado, protector y termo retráctil envuelto al menos
20 parcialmente alrededor de la cinta flexible y al menos un inclinómetro.

Este tubo permite que los dispositivos se almacenen y transporten de manera más segura, evitando que cualquier

elemento no deseado entre en contacto con las partes electrónicas del dispositivo mencionado.

Una realización de la presente enseñanza según la invención mencionada implica un sistema de monitoreo que comprende un
5 dispositivo inclinométrico que comprende una cinta flexible, al menos un inclinómetro alojado sobre dicha cinta, siendo la dimensión más larga de la cinta a lo largo de un primer eje longitudinal, con un ancho que es perpendicular al primer eje longitudinal, un tubo que tiene un segundo eje longitudinal y
10 que comprende una abertura conformada para permitir que la cinta se deslice libremente dentro del tubo en la dirección del segundo eje longitudinal.

Por lo tanto, es posible optimizar aún más la introducción del sistema de monitoreo en un sitio relevante, por ejemplo
15 insertando la cinta flexible en un tubo previamente colocado dentro de un agujero hecho en el suelo bajo investigación.

Preferentemente, la abertura tiene una forma sustancialmente circular que tiene un diámetro mayor o igual que el ancho de la cinta para permitir que la cinta se deslice libremente
20 dentro del tubo en la dirección del segundo eje longitudinal. Esto facilita y acelera las acciones de insertar la cinta en el tubo.

Según una realización, la cinta tiene un grosor y el tubo comprende al menos una corredera para la cinta que se extiende

a lo largo del segundo eje longitudinal, siendo la corredera un ancho mayor o igual que el grosor de la cinta para permitir deslizamiento guiado de la cinta a lo largo del segundo eje longitudinal.

- 5 Preferentemente, la cinta tiene un grosor, el tubo comprende al menos una corredera para la cinta que se extiende a lo largo del segundo eje longitudinal, y la corredera tiene un ancho mayor o igual que el grosor de la cinta para permitir el deslizamiento guiado de la cinta a lo largo del segundo eje
10 longitudinal.

Preferentemente, la corredera se define por surcos formados en una pared interna del tubo o por protuberancias que sobresalen de la pared interna del tubo.

- Esto permite que la cinta flexible se una dentro del tubo en
15 direcciones perpendiculares al primer eje longitudinal.

- Una realización de la presente invención proporciona un método para monitorear elementos unidos que comprende hacer un agujero en el suelo a ser monitoreado, insertando un dispositivo inclinométrico que tiene las características descritas
20 previamente en el agujero a una altura predefinida, uniendo no removiblemente el dispositivo inclinométrico en el agujero, conectando un segundo extremo de la cinta del dispositivo inclinométrico a una unidad de procesamiento, midiendo una condición de orientación inicial de al menos un inclinómetro.

Esto permite que el dispositivo inclinométrico se instale eficientemente dentro del suelo para ser monitoreado. Este tipo de instalación significa que los datos útiles están constantemente disponibles, a la frecuencia deseada, y por lo tanto, tanto una tendencia en los datos a lo largo del tiempo como variaciones imprevistas potencialmente críticas pueden identificarse casi en tiempo real.

Además, una realización del método mencionado implica unir de forma no removible el dispositivo inclinométrico en el agujero inyectando lechada en el agujero.

De este modo, es posible unir el dispositivo inclinométrico de manera rígida y segura a partes de la lechada, que a su vez están relacionadas con la rotación y/o el desplazamiento de áreas del suelo.

Según una realización, el método consiste en insertar un tubo en el agujero en el suelo que se va a monitorear, insertar un dispositivo inclinométrico en el tubo a una altura predefinida, unir de manera no removible el dispositivo inclinométrico en el agujero inyectando lechada en el tubo, conectando un segundo extremo de la cinta del dispositivo inclinométrico a una unidad de procesamiento, midiendo una condición de orientación de al menos un inclinómetro.

Esto hace que el paso de insertar el dispositivo inclinométrico en el suelo sea aún más seguro, debido a la presencia de un

tubo que da una definición más estable a la cavidad interna del agujero dentro del cual se inserta el dispositivo inclinométrico.

Según una realización, el método comprende extraer gradualmente
5 el tubo del agujero durante la etapa de inyectar lechada en el tubo.

Esto se traduce en ahorros en términos de material utilizado y la lechada está en contacto directo con las áreas de tierra a monitorear.

10 Preferentemente, el método comprende medir la condición de orientación de al menos un inclinómetro después de un período de deterioro predeterminado de la lechada.

Esto hace posible monitorear cualquier inclinación que pueda desarrollarse después del proceso de deterioro de la lechada.

15 Según una realización, el método comprende monitorear el progreso de la condición de orientación a lo largo del tiempo por medio de una unidad de procesamiento.

De esta manera, la condición de orientación se puede monitorear constantemente y cualquier variación significativa en la
20 orientación esperada o deseada se puede detectar rápidamente.

Descripción de los dibujos

Las características y ventajas de la invención serán más evidentes a partir de la descripción detallada de una

realización ejemplar, ilustrada para información y no restrictiva, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una ilustración esquemática de un dispositivo inclinométrico para monitorear elementos unidos.

5 - La figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema de monitoreo.

- La figura 3 es una vista en perspectiva parcial de un tubo de acuerdo con una realización.

- La figura 4 es una vista en perspectiva parcial de un tubo
10 según otra realización.

- La figura 5 es una ilustración esquemática de una sección de la cinta comprendida en el dispositivo inclinométrico de la figura 1 a lo largo de un plano V.

- La figura 6 es una ilustración esquemática de una sección de
15 la cinta y una caja sellada comprendida en el dispositivo inclinométrico de la figura 1 a lo largo de un plano VI.

- La figura 7 es una vista desde arriba del tubo de acuerdo con una realización.

- La figura 8 es una vista desde arriba del tubo de acuerdo
20 con otra realización.

- La figura 9 es una vista en perspectiva de una caja sellada comprendida en la presente invención.

Descripción detallada de una realización

En la Figura 1, 1 representa un dispositivo inclinométrico producido según la presente invención y diseñado para instalarse en o sobre un sitio relevante según el presente
5 método.

Preferentemente, el dispositivo inclinométrico para el monitoreo de los elementos unidos que comprenden una cinta flexible 2 y al menos un dispositivo inclinométrico 3 alojado en la cinta 2.

10 Convenientemente, la cinta flexible 2 está hecha de material polimérico. En particular, la cinta flexible 2 está hecha de polipropileno, polietileno o sus copolímeros, o poliolefinas similares.

Según la realización en la figura 6, la cinta flexible 2 tiene
15 nervaduras 2a, 2b que sobresalen de un cuerpo central, que dan mayor resistencia a la cinta cuando está sometida a fuerzas de torsión y también actúan como guías para cualquier cable o cableado.

La cinta flexible 2 se puede fabricar en las longitudes y
20 espesores deseados.

Pueden ser ejemplos no restrictivos de instalación del dispositivo inclinométrico 1 mencionado anteriormente:

- instalación en un puente que debe ser monitoreado con el fin de monitorear cualquier desplazamiento/subsidencia

estructural. En este caso una instalación particularmente ventajosa es producida por la instalación del dispositivo inclinométrico en mención en secciones más bajas de los vanos del puente para no interferir con las superficies y espacios destinados al paso de vehículos. Además, tomando el ejemplo de un puente con una mayoría de vanos, cada uno con una longitud típica de unos 30 m, es posible instalar un primer dispositivo inclinométrico con una longitud de, por ejemplo, 28 m, en la sección inferior o lateral de un primer vano, y un segundo dispositivo inclinométrico, conectado operativamente al primer dispositivo inclinométrico por medio de una conexión, también, por ejemplo, de unos 28 m de longitud, en la sección inferior o lateral del segundo vano, y repetir esta operación de forma iterativa a lo largo de toda la longitud del puente.

15 - instalación en un túnel que debe ser monitoreado con el fin de monitorear cualquier desplazamiento o subsidencia estructural. En este caso, se produce una instalación particularmente ventajosa mediante la instalación del dispositivo inclinométrico en mención en secciones superiores de sillares del túnel paralelo y transversal a la dirección en

20 qué dicho túnel se extiende.

- instalación en la pared de una casa a ser monitoreada con el fin de monitorear cualquier desplazamiento/subsidencia estructural. En este caso, una instalación particularmente

ventajosa se produce por instalar el dispositivo inclinométrico en mención en paredes de la casa, orientando el dispositivo inclinométrico en una dirección vertical y transversal a la línea del piso del edificio. Esto permite también detectar la
5 rotación y/o el desplazamiento y/o la subsidencia de un plano en relación con otro (por ejemplo, un pozo del ascensor puede utilizarse para producir una instalación rápida sin dejar los instrumentos expuestos a la vista o cerca de donde pasan los ocupantes).

10 - instalación en un área de suelo que pueda estar sujeta a deslizamientos y que necesite ser monitoreada para monitorear cualquier desplazamiento/subsidencia estructural. En este caso, una instalación particularmente ventajosa se produce mediante la instalación del dispositivo inclinométrico en
15 mención dentro de un agujero hecho en el suelo a una profundidad de aproximadamente 150-200 m, de modo que cualquier rotación y/o desplazamiento de áreas de suelo pueda ser monitoreado.

Estas instalaciones se pueden realizar preferentemente uniendo el dispositivo inclinométrico a las secciones estructurales
20 deseadas mediante la fijación de medios tales como resinas y/o colas, clavos, tornillos, remaches, etc.

En particular, la cinta flexible es una parte que se presta de manera particularmente efectiva para alojar porciones de los medios de fijación mencionados anteriormente, dada su longitud

y dureza (incluso cuando hay agujeros pasantes) combinados con deformabilidad plástica y resistencia a productos químicos y agentes nocivos.

Con referencia a las Fig. 1, 5 y 6, la cinta flexible 2 tiene
5 preferentemente forma de bloque y su dimensión más larga L está orientada a lo largo de un primer eje longitudinal X, con un ancho W que es perpendicular al primer eje longitudinal X.

Convenientemente, la dimensión más larga L (también conocida como longitud) está entre 10 y 500 m.

10 Convenientemente, el ancho W puede ser de aproximadamente dos o cuatro pulgadas.

El inclinómetro 3 puede ser convenientemente del tipo de uno, dos o tres ejes dependiendo de la rotación que se pretende detectar y de la precisión requerida en las instalaciones
15 específicas.

Según una realización, el dispositivo inclinométrico 1 comprende una mayoría de inclinómetros 3, y la cinta 2 comprende un cable 5 que conecta de manera operativa al menos dos inclinómetros de la mayoría de inclinómetros 3.

20 Convenientemente, el cable 5 comprende una mayoría de alambres metálicos, arreglados con el fin de transferir información y/o suministrar energía eléctrica entre al menos dos inclinómetros, y una tubería de polímero adecuada para proteger los alambres metálicos mencionados de agentes externos. Alternativamente,

por ejemplo, los datos pueden transferirse entre los dos inclinómetros como mínimo por medio de fibras ópticas.

Preferentemente, el dispositivo inclinométrico 1 que comprende una unidad de procesamiento 11 que está conectada
5 operativamente al menos a un inclinómetro 3 para procesar los datos recogidos por este último.

La unidad de procesamiento es una CPU (por ejemplo, procesador, servidor, etc.) capaz de reconocer los datos suministrados desde al menos un inclinómetro, procesarlos y transferirlos a
10 otras unidades de procesamiento mediante los medios adecuados de transferencia de datos. Preferentemente, la CPU está operativamente conectada a un bus de datos de modo que se pueda conectar más de un inclinómetro y que cada uno se conecte en paralelo para no comprometer la funcionalidad del dispositivo
15 inclinométrico en caso de que se dañe un inclinómetro.

Convenientemente, los medios de transferencia de datos están diseñados para realizar transferencias a través de sistemas WiFi, Bluetooth, nube, etc.

Según una realización, la unidad de procesamiento 11 se conecta
20 operativamente a por lo menos un inclinómetro 3 por medio del cable 5 en un segundo extremo 10 de la cinta 2 que está frente a un primer extremo 6.

Preferentemente, la mayoría de inclinómetros 3 son separados a lo largo de un primer eje longitudinal X de dicha cinta 2.

Esta distancia puede estar, por ejemplo, entre 30 y 500 cm. Además, la separación mencionada no es necesariamente siempre uniforme sobre la longitud entera de la cinta mencionada, pero puede variar en porciones diferentes de dicha cinta.

5 Con referencia a un ejemplo citado anteriormente, los dispositivos inclinométricos instalados en un túnel pueden, convenientemente, tener una separación diferente cuando el dispositivo se instala longitudinalmente a lo largo del túnel (por ejemplo, una separación de 500 cm sobre una longitud
10 máxima del dispositivo inclinométrico de 500 m) en comparación con la separación de los dispositivos inclinométricos instalados transversalmente al eje longitudinal de dicho túnel (por ejemplo, una separación de 200 cm sobre una longitud máxima del dispositivo inclinométrico de 50 m).

15 Según una realización, al menos un inclinómetro 3 está alojado dentro de una caja sellada 4.

Según una realización, el dispositivo inclinométrico 1 comprende una caja 4 sellada que incluye un asiento 13.

Convenientemente, el asiento 13 tiene la forma adecuada para
20 alojar al menos un inclinómetro 3 en una dirección perpendicular al primer eje longitudinal X.

Según una realización, el asiento 13 es una tarjeta PCB.

Con referencia a las Fig. 1 y 6, la caja 4 sellada es capaz de proteger los componentes electrónicos que contiene de agentes externos.

Preferentemente, la caja 4 sellada está hecha de material
5 polimérico, de ser posible de policarbonato u otro material polimérico beneficioso aditivado, o material compuesto con matriz polimérica.

Según una realización, la caja 4 sellada se fabrica en policarbonato reforzado con fibra de vidrio al 10 %.

10 Convenientemente, el material polimérico de dicha caja sellada 4 se mezcla con aditivos que consisten en agentes capaces de proteger el material mencionado de la caja sellada 4 de la radiación UV.

Según una realización, la caja sellada de policarbonato 4 está
15 hecha referentemente en dos partes que están unidas en el momento deseado por una técnica de vibro-soldadura por radiofrecuencia.

Preferentemente, dicha caja sellada 4 está recubierta por una goma sobreinyectada, al menos en su proximidad y
20 correspondiente a la conexión con el cable.

Dicha goma sobreinyectada está adaptada para producir una reacción química con el material de la caja y/o con el material del cable de tal manera que se adhieran en un cuerpo único garantizando así un comportamiento de sellado aún mejor.

Gracias a esta solución técnica, la caja sellada 4 es utilizable en condiciones de agua de contacto en las que la presión es de hasta 10 bar.

Con referencia a la Fig. 8, la caja sellada 4 tiene forma de paralelepípedo y tiene superficies exteriores lisas y planas (es decir, superficies que son sustancialmente paralelas al plano P identificado por la primera X longitudinal y la que es paralela al ancho W mencionado).

Convenientemente, el plano mencionado, las superficies lisas son muy eficientes en el caso de que se desee adherir el dispositivo inclinométrico 1 al sitio a ser monitoreado usando pegamento: de hecho, el pegamento puede ser posicionado en una superficie libre de obstrucciones de la caja sellada 4 y ponerlo en contacto con la superficie a la cual se pretende adherir. De esta manera, la caja sellada 4, que contiene al menos un inclinómetro, se colocará y adherirá directamente a la estructura que se va a monitorear, y los puntos de pegado se reducirán a aquellas partes que más necesiten de dicha adherencia.

Preferentemente, el dispositivo inclinométrico 1 que comprende un dispositivo de pesado 7 conectado al primer extremo 6 de la cinta 2.

Con referencia a la Fig. 1, este dispositivo de pesado 7 es un peso preferentemente trapezoidal, paralelepípedo, prismático o

de forma similar, capaz de facilitar la orientación de la cinta flexible 2 del dispositivo inclinométrico 1, especialmente cuando se desenrolla verticalmente.

Según una realización, se considera que una caja 4 está formada
5 por una pared de un espesor inferior al de otras paredes y, por lo tanto, de mayor deformabilidad.

De manera beneficiosa, en este caso un sensor de presión adaptado para detectar una presión inducida por el agua exterior que actúa sobre la caja 4 se encuentra alojado dentro
10 de dicha caja teniendo mayor deformabilidad.

De manera beneficiosa, dicha caja 4 que tiene una pared de deformabilidad más alta es la que se coloca cerca de dicho dispositivo de pesaje 7.

Según una realización, al menos un inclinómetro 3 está
15 orientado en una dirección perpendicular al primer eje longitudinal X.

Preferentemente, el dispositivo inclinométrico 1 comprende un magnetómetro 14 capaz de definir una orientación inicial de al menos un inclinómetro 3 y/o un acelerómetro 15 para detectar
20 el desplazamiento relativo de al menos un inclinómetro 3 con respecto al primer eje longitudinal X.

Los acelerómetros y magnetómetros mencionados pueden ser fácilmente identificados por personas expertas en la materia dependiendo de la necesidad específica.

Convenientemente, y en particular en el caso de las aplicaciones para puentes y túneles, el dispositivo inclinométrico 1 comprende un micrófono capaz de registrar los sonidos producidos por los vehículos que pasan, lo que permite
5 evaluar también el posible deterioro de tramos de las estructuras y de las superficies de las carreteras investigadas en función de la variación de la frecuencia del sonido producido por el paso de los vehículos.

Según una realización, el dispositivo inclinométrico 1
10 comprende al menos un GPS (o GNSS) 16 y/o un sensor de humedad 17 y/o un sensor de temperatura 18.

El dispositivo GPS mencionado, el sensor de humedad 17 y el sensor de temperatura 18 pueden ser fácilmente identificados por los expertos en la materia, dependiendo de la necesidad
15 específica.

Preferentemente, está considerado según una realización, una central de energía eléctrica sustancialmente colocada a nivel de superficie de tierra y comprendiendo un GNSS de precisión, preferentemente GPS, convenientemente en versión RTK (Real Time
20 Kinematics).

Gracias a esta solución técnica es posible resaltar y corregir una posible deriva de los desplazamientos en rojo por los clinómetros y/o acelerómetros y/o GPS colocados en cajas de niveles inferiores en el suelo gracias al correcto y preciso

conocimiento de la posición de la central de energía eléctrica con precisión inferior a 1 mm.

Convenientemente, se prevé una comunicación de Lora con la central de energía eléctrica.

- 5 Preferentemente, el inclinómetro 1 está formado por un tubo de protección termo retráctil sellado 19, envuelto al menos parcialmente alrededor de la cinta flexible 2 y al menos en un inclinómetro 3.

Este tubo termo retráctil está, convenientemente, hecho de
10 material polimérico. En particular, se utiliza un tubo termo retráctil cuya temperatura de contracción no es superior a la temperatura ambiente de lo esencial, de modo que cuando se lleva a cabo el proceso de contracción por calor, éste causa el menor daño térmico posible a los componentes cercanos a él.

- 15 Según una realización de la presente invención, un sistema de monitoreo 100 para los elementos unidos comprende un dispositivo inclinométrico 1 que comprende una cinta flexible 2, al menos un inclinómetro 3 alojado sobre o en la cinta 2, la dimensión más larga L de la cinta 2 que se encuentra a lo
20 largo de un primer eje longitudinal X, con un ancho W que es perpendicular a dicho primer eje longitudinal X, un tubo 20 que tiene un segundo eje longitudinal Y, y comprendiendo una abertura 21 moldeada con el fin de permitir el deslizamiento

de la cinta 2 dentro del tubo 20 libremente en la dirección del segundo eje longitudinal Y.

Convenientemente, el tubo 20 está hecho de metal o material polimérico.

5 Con referencia a las Fig. 3 y 4, estas identifican respectivamente varias realizaciones ejemplares del tubo 20 con una abertura 21 con una forma o sección que es rectangular con ángulos conectados, y circular.

Preferentemente, el sistema de monitoreo 100 en la cual la
10 apertura 21 tiene una forma sustancialmente circular con un diámetro D y el diámetro D siendo mayor o igual al ancho W de la cinta 2 para permitir que la cinta 2 se deslice libremente dentro del tubo 20 en la dirección del segundo eje longitudinal Y. Alternativamente, la apertura 21 es sustancialmente
15 rectangular en forma y tiene una apertura máxima F mayor o igual al ancho W de la cinta flexible 2.

Según una realización y con referencia a la Fig. 5, la cinta 2 tiene un grosor S y el tubo 20 comprende al menos una guía de deslizamiento 22 para la cinta 2 que se extiende a lo largo
20 del segundo eje longitudinal Y, la guía de deslizamiento 22 tiene un ancho mayor o igual al grosor S de la cinta 2 para permitir el deslizamiento guiado de la cinta 2 a lo largo del segundo eje longitudinal Y.

Preferentemente y con referencia a Fig. 7 o 8, la guía de deslizamiento 22 está definida por surcos 22a formados en una pared interior de dicho tubo 20 o por protuberancias 22b que sobresalen de dicha pared interior de dicho tubo 20.

5 Estos surcos 22a o protuberancias 22b pueden producirse, convenientemente, durante las etapas de producción del tubo 20.

Según una realización, los procedimientos para instalar el dispositivo inclinométrico mencionado, definiendo el método
10 para monitorear los elementos unidos según la enseñanza de la presente invención, comprende los pasos descritos a continuación: hacer un agujero en el suelo que debe monitorearse T, insertar un dispositivo inclinométrico 1 con las características descritas anteriormente en el agujero a
15 una altura predefinida, unir el dispositivo inclinométrico 1 al agujero de forma no desmontable, conectar un segundo extremo 10 de la cinta 2 del dispositivo inclinométrico 1 a una unidad de procesamiento 11, medir una condición de orientación 0 de al menos un inclinómetro 3.

20 Convenientemente, un magnetómetro 14 comprendido en el dispositivo inclinométrico 1 es utilizado para definir la condición de alineación del al menos un inclinómetro.

Convenientemente, el inclinómetro 1 comprende un inclinómetro de tres ejes con un magnetómetro y un termómetro, capaces de

suministrar valores fiables y calibrados de la rotación absoluta (en el espacio) del punto de medición, así como valores de aceleración por cualquier causa inducida en el instrumento (ondas P y S). Esto significa que la cinta flexible
5 2 se adapta perfectamente a cualquier deformación del medio en (o sobre) el cual se debe posicionar el inclinómetro 3, que sirve de soporte a los cables que conectan los distintos sensores y para transmitir las medidas externamente para una interpretación casi inmediata de los fenómenos medidos.

10 Preferentemente, el método mencionado implica unir el dispositivo inclinométrico 1 en el agujero mediante la inyección de lechada al agujero de manera no removible. Convenientemente, la lechada está inyectada al agujero con presión ligeramente superior a la presión atmosférica mediante
15 un tubo, y la inyección comienza desde el fondo del agujero moviéndose hacia la apertura superior de dicho agujero.

Según una realización, el método consiste en insertar un tubo 20 en el agujero en el suelo T que se va a monitorear, insertar un dispositivo inclinométrico 1 en el tubo 20 a una altura
20 predefinida, unir el dispositivo inclinométrico 1 en el agujero mediante la inyección de lechada en el tubo 20 de manera no desmontable, midiendo una condición de orientación 0 de al menos un inclinómetro 3.

También en este caso, la lechada se inyecta en el tubo con una presión ligeramente superior a la presión atmosférica, y la inyección se inicia desde el fondo del agujero y se desplaza hacia la abertura superior de dicho agujero.

- 5 Las operaciones mencionadas pueden ser realizadas con los instrumentos normalmente disponibles en este sector de la materia.

Preferentemente, el tubo 20 se extrae gradualmente del agujero durante la etapa de inyección de lechada en el tubo 20. Esto
10 preferentemente incluye una etapa de inyección de lechada en el agujero al mismo tiempo que, y proporcionalmente, la etapa de extracción del tubo 20 del agujero mencionado.

Según una realización, el método comprende la medición de la condición de orientación 0 de al menos un inclinómetro 3
15 después de un período de envejecimiento predeterminado T_c de la lechada.

Preferentemente, el período de envejecimiento predeterminado T_c de la lechada es de aproximadamente una semana.

Preferentemente, el método consiste en monitorear el progreso
20 de la condición de orientación 0 a lo largo del tiempo por medio de la unidad de procesamiento 11.

Gracias a este método será posible monitorear en tiempo real el curso de las variaciones de inclinación de las secciones de las estructuras investigadas, sin necesidad de que el personal

esté físicamente presente en el lugar de la obra para ser monitoreado.