

Apéndice 1-5

*Manual de Operación y
Mantenimiento de las Obras de
Medidas contra Deslizamientos de
Tierra y de las Instalaciones de
Monitoreo*

Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Alcaldía Municipal del Distrito Central

Proyecto de Apoyo
para el Fortalecimiento y Formación de Capacidades de
Profesionales en Control y Mitigación Frente a los
Deslizamientos de Tierra
en la Zona Metropolitana de Tegucigalpa,
República de Honduras

**Manual de Operación y Mantenimiento de las Obras
de Medidas contra Deslizamientos de Tierra y de las
Instalaciones de Monitoreo**

Julio de 2016

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Kokusai Kogyo Co. Ltd.
OYO International Corp.

Índice

Lista de abreviaturas

	Página
1	Sobre el Monitoreo 1-1
1.1	Generalidades 1-1
1.2	Inclinómetro de pozo 1-3
1.2.1	Medición 1-3
1.2.2	Análisis de datos medidos 1-11
1.2.3	Mantenimiento del equipo 1-17
1.3	Extensómetro 1-19
1.3.1	Objetivo de monitoreo 1-19
1.3.2	Método de inspección durante la temporada seca (período inactivo) 1-20
1.3.3	Método de inspección durante la temporada lluviosa (período activo) 1-22
1.4	Medidor del nivel de aguas subterráneas 1-24
1.4.1	Objetivo de monitoreo 1-24
1.4.2	Método de medición manual del nivel de aguas subterráneas 1-24
1.4.3	Medición automática del nivel de aguas subterráneas por presión de agua 1-26
1.4.4	Método de inspección durante la temporada lluviosa (período de variación) 1-28
1.5	Pluviómetro 1-29
1.5.1	Objeto de instalación 1-29
1.5.2	Método de instalación 1-30
1.5.3	Método de obtener, ordenar e indicar los datos 1-30
1.5.4	Mantenimiento del instrumento 1-32
1.6	Medición de grieta 1-35
1.6.1	Medición de grieta superficial 1-35
1.6.2	Medición de grieta de una estructura 1-35
1.7	Inclinómetro tipo Tensiógrafo 1-37
1.7.1	Objetivo de instalación 1-37
1.7.2	Principio y estructura de medición 1-37
1.7.3	Método de instalación 1-38
1.7.4	Método de medición y ordenación de datos 1-39
1.7.5	Evaluación de datos y determinación de la cara deslizada 1-40
1.7.6	Interpretación de datos anormales 1-41
1.7.7	Mantenimiento del equipo 1-42
2	Sobre el Contramedida 2-1
2.1	Introducción 2-1
2.2	Trabajos de drenaje de agua superficial 2-2
2.2.1	Objetivo 2-2
2.2.2	Método de mantenimiento en condiciones normales 2-2
2.2.3	Implementación de la inspección periódica 2-4
2.2.4	Estimación de la causa de la deformación 2-5
2.2.5	Método de reparación 2-8
2.3	Trabajos de perforación de drenaje horizontal (obras para drenaje de aguas subterráneas) 2-10
2.3.1	Objetivo 2-10
2.3.2	Método de mantenimiento 2-10
2.3.3	Inspecciones periódicas 2-12
2.3.4	Causas de las deformaciones 2-13

2.3.5	Limpieza de la tubería de drenaje	2-14
2.4	Pozo de drenaje (obra de drenaje de aguas subterráneas).....	2-16
2.4.1	Objetivo	2-16
2.4.2	Método de mantenimiento	2-16
2.4.3	Inspecciones periódicas	2-18
2.4.4	Causas de las deformaciones.....	2-20
2.4.5	Medidas a tomar cuando se considera que la capacidad ha disminuido	2-21
2.5	Obras de relleno de contrapeso	2-24
2.5.1	Objetivo	2-24
2.5.2	Métodos de mantenimiento e inspección	2-24
2.6	Remoción de tierra de la cabeza del talud (talud por corte del terreno) .	2-28
2.6.1	Objetivo	2-28
2.6.2	Método de mantenimiento	2-28
2.6.3	Inspecciones periódicas	2-28
2.6.4	Respuesta a las deformaciones.....	2-30

Apéndice

- Orden de datos medidos del Inclinómetro
- Ficha de inspección (El Berrinche)
- Ficha de inspección (El Reparto)

【Lista de abreviaturas】

Abreviatura	Inglés	Español
AMDC		Alcaldía Municipal del Distrito Central
CODEM	Unit of Disaster Prevention Committee in Municipality	Comité de Emergencia Municipal
COPECO	National Disaster Prevention Committee	Comisión Permanente de Contingencias
C/P	Counter Part	Homólogo
GER	Risk Evaluation Management Division	Gerencia de Evaluación de Riesgo
IHCIT	Honduras Earth Science Institute	Instituto Hondureño de Ciencia de la Tierra
INSEP	Ministry of Infrastructure and Public Services	Secretaria de Infraestructura y Servicios Públicos
JCT	JICA Consultant Team	
JICA	Japan International Cooperation Agency	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
OJT	On the Job Training	Capacitación en el trabajo
UMGIR	Municipal Unit of Integral Risk Management	Unidad Municipal de Gestión Integral de Riesgo
UNAH	National Autonomous University of Honduras	Universidad Nacional Autónoma de Honduras

1 Sobre el Monitoreo

1.1 Generalidades

Es difícil pronosticar y prever los fenómenos de deslizamiento de tierra, habiendo casos en que la tierra se mueve incluso después de haberse realizado obras de contramedida. Para prevenir desastres causados por deslizamientos, se deben tomar las medidas adecuadas, detectando cuanto antes dichos fenómenos mediante un monitoreo continuo.

El monitoreo de deslizamientos de tierra consiste principalmente en la observación del estado de movimiento de tierra y del nivel de las aguas subterráneas (véase la Figura 1.1.1). Los equipos deben ser seleccionados tomando en consideración el estado de actividad de movimiento de tierra (nivel de movimiento). El método de observación (manual, semiautomático y automático total) debe seleccionarse teniendo en cuenta el costo, estado de actividad de movimiento, etc., además de considerar el período, densidad, calidad, rapidez, etc. que se requieren para los datos. A partir de este monitoreo, se evalúa el estado de actividad de movimiento, lo cual servirá para prevenir o reducir al mínimo los daños por deslizamientos de tierra.

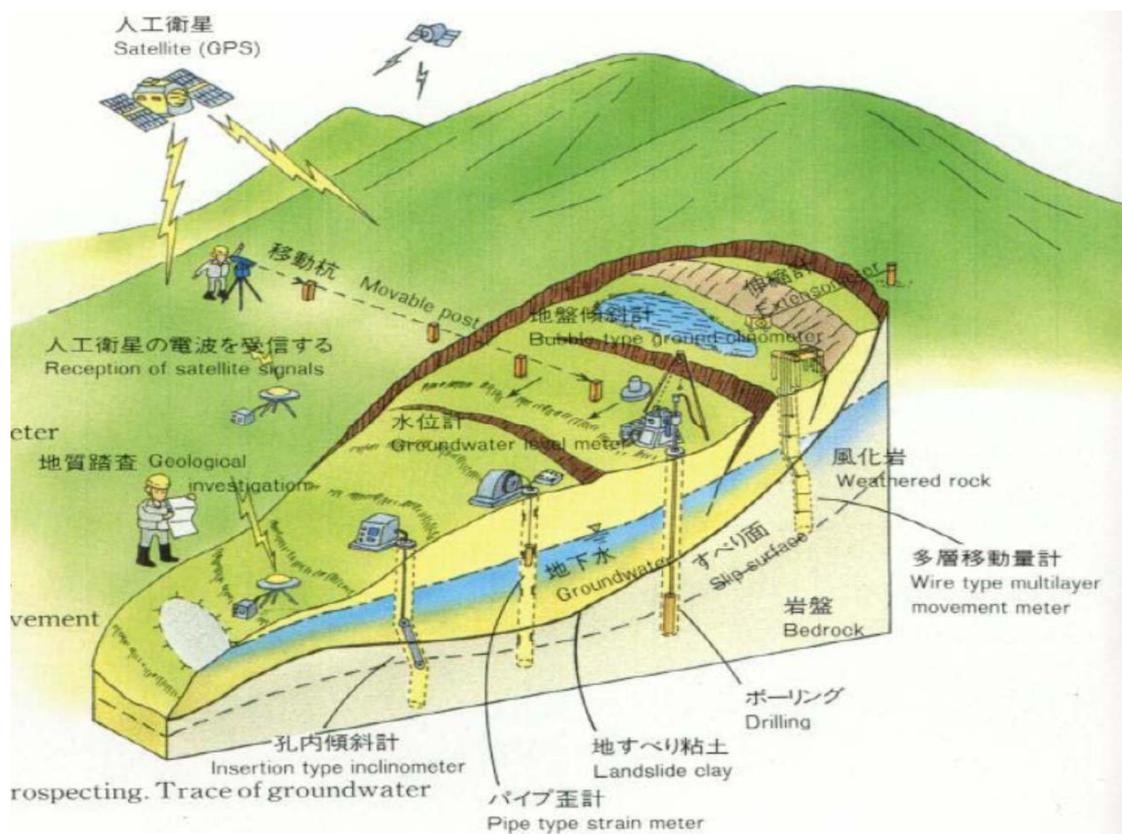


Figura 1.1.1 Dibujo esquemático del monitoreo de deslizamiento de tierra
(Fuente: http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/jisuberi_taisaku.html)

No obstante, todos estos equipos de monitoreo que se instalan en los lugares de deslizamiento tienen un período de vida útil, ya que se encuentran expuestos a las condiciones meteorológicas del exterior, por lo que se requiere el mantenimiento de los mismos. El mantenimiento de dichos

equipos se refiere al mantenimiento de los propios equipos en sí, y al mantenimiento para el funcionamiento correcto de los mismos, y ambos se deben realizar mediante un trabajo de inspección.

La mayoría de los equipos de monitoreo tiene un período de vida útil, que puede variar de 5 a 10 años, como máximo, en tanto que los registradores de datos y las computadoras personales que se utilizan en los lugares del suceso cuentan generalmente con una duración de 4 a 5 años. Por otra parte, los equipos de medición que utilizan sensor de tipo galga (inclinómetro tipo tensiógrafo, etc.) son de duración más corta, de 1 a 2 años, siendo preciso cambiarlos según las necesidades.

Hay que indicar que en el mantenimiento para el funcionamiento correcto de los equipos de monitoreo se incluyen la escardadura y siega de sarmientos de las plantas y las hierbas que enredan a los instrumentos. Además de esto, los equipos de observación automática y semiautomática pueden verse afectados por la condensación de vapor y la caída de rayos, por lo que se debe hacer un mantenimiento suficiente de pararrayos y confirmar que no haya corrosión ni decoloración de la placa de circuito durante el tiempo frío y la temporada de lluvias

En cuanto a la frecuencia de la inspección de los equipos, abundan los casos en que se realiza una vez al mes, cuando se trata de deslizamientos en activo. En otro caso, se hace la inspección unas cuantas veces al año, para confirmar el funcionamiento normal de los equipos y hacer mantenimiento según las necesidades. Cuando se realiza la inspección, se debe hacer también un reconocimiento de campo en los lugares de deslizamiento para confirmar si existe algún otro fenómeno no identificado por los equipos de monitoreo.

En el presente Manual sobre el Monitoreo se explican los procedimientos para la operación y mantenimiento del inclinómetro, extensómetro, medidor de nivel de aguas subterráneas y pluviómetro, que se encuentran introducidos actualmente en Honduras, en base a los métodos aplicados por el CODEM de la AMDC. Asimismo, se hace un resumen sobre el objetivo, principio, instalación, clasificación de datos y mantenimiento del medidor de movimiento de estaca y del inclinómetro tipo tensiógrafo, que no se utilizan actualmente en Honduras con el objeto de realizar el monitoreo de deslizamientos de tierra, pero cuya introducción futura se desea.

1.2 Inclinómetro de pozo

1.2.1 Medición

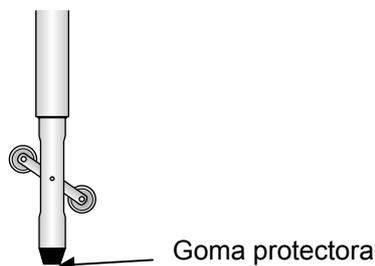
Para obtener datos de buena calidad, es importante realizar el mantenimiento del equipo de medición y hacer las mediciones con el uso correcto del mismo. Asimismo, si el personal encargado de medición no sabe utilizar el equipo, careciendo del conocimiento del método de medición correcta, se producen variaciones en la calidad de los datos cada vez que se miden, perjudicando a la fiabilidad de los datos de monitoreo de deslizamiento de tierra e imposibilitando igualmente realizar análisis de alta precisión al respecto. Por lo tanto, es importante que todas las personas que se encargan de hacer mediciones aprendan el método de medición correcta, para contar con un sistema que permita obtener datos de buena calidad independientemente de quien sea el encargado de medición.

a. Preparación antes de la medición

Un día antes de hacer mediciones, se debe confirmar si el equipo de medición que se utiliza funciona correctamente.

a.1 Cuerpo principal del inclinómetro

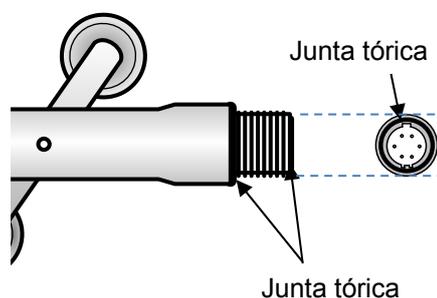
■ Goma protectora del pie



La goma protectora está colocada en la parte más baja del pie del inclinómetro, para amortiguar los choques del mismo con el fondo del pozo de observación.

Si esta goma tiene algún defecto o daño, se debe cambiar cuanto antes. Hasta que se haya cambiado, es preciso manejar el equipo con cuidado, de manera que no entre en contacto con el fondo del pozo de observación.

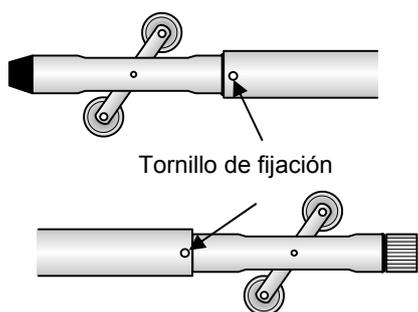
■ Junta tórica



En la conexión del extremo superior del inclinómetro con cable se encuentran 2 juntas tóricas. Estas juntas sirven para mejorar la resistencia al agua de la conexión.

Si las juntas tienen algún defecto o daño, se deben cambiar cuanto antes. En el pozo de observación donde se confirman aguas subterráneas, no se debe hacer la medición con las juntas deficientes.

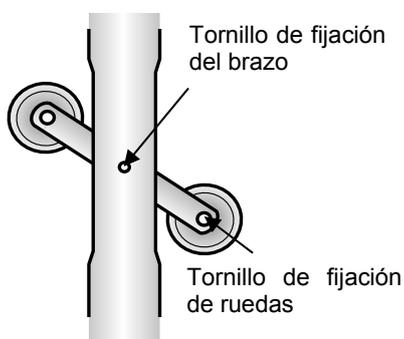
■ Aflojamiento del cuerpo principal



Se confirma el apriete del tornillo de fijación que asegura la unión de la parte de las ruedas con la parte principal. Si el tornillo está flojo (traqueteo en la unión), se debe apretar de nuevo.

Figura 1.2.1 Dibujos esquemáticos del inclinómetro (Fuente: JCT)

■ Aflojamiento de las ruedas y del brazo de las ruedas



Si las ruedas se bambolean al tocarlas con los dedos, existe posibilidad de desgaste del cojinete o aflojamiento del tornillo de fijación de las ruedas. En este caso, se debe reapretar este tornillo. Si las ruedas siguen bamboleándose, deben ser cambiadas.

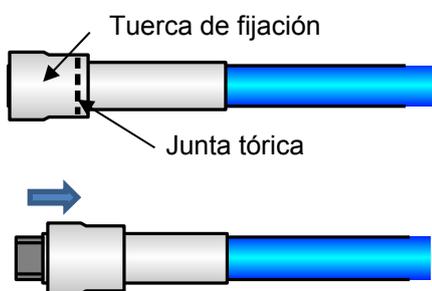
En caso de haber traqueteo en el brazo de las ruedas, se debe reapretar el tornillo de fijación. Si esto no soluciona el problema, el brazo debe ser reparado o cambiado.

Figura 1.2.2 Dibujo esquemático de las ruedas y el brazo de las ruedas del inclinómetro (Fuente: JCT)

Se debe confirmar también el resorte colocado en el brazo. Si este resorte está roto o tiene poca resistencia, debe ser cambiado.

a.2 Cable de medición

■ Terminal de conexión



En el terminal de conexión del cable se encuentra la tuerca de fijación. Dentro de esta tuerca está colocada la junta tórica. Cuando se mueve hacia atrás esta tuerca y no se siente apenas resistencia, la junta no está bien aplicada.

Si el movimiento de la tuerca no es bueno, existe posibilidad de que haya entrado arena o lodo en el intersticio, lo cual puede dar lugar a una conexión deficiente del cable.

Figura 1.2.3 Dibujo esquemático del terminal de conexión (Fuente: JCT)

En caso de detectarse alguna anomalía en la junta tórica, ésta debe ser cambiada de inmediato. Si

el movimiento de la tuerca de fijación no es suave, se le puede aplicar grasa de silicona. En este caso, se debe prestar atención para que no quede adherida dicha grasa en el terminal de conexión. Con una junta tórica anormal no se debe hacer la medición dentro de un pozo de observación que tenga aguas subterráneas.

■ Cable

Cuando se aprecian grietas o roturas en el recubrimiento del cable, éste debe ser reparado con una cinta de vinilo impermeable. Si el alambre de núcleo queda expuesto al aire en la parte defectuosa, el cable no se puede utilizar y debe ser cambiado.

a.3 Registrador de datos portátil

■ Batería

La batería de registrador de datos portátil debe ser cargada por completo un día antes de utilizarlo. Por si acaso, es deseable tener preparada una batería de repuesto. Se debe confirmar que no se haya producido ninguna anomalía en la batería utilizada en las mediciones anteriores. En caso afirmativo, no se debe utilizar esta batería, debiendo prepararse una nueva.

■ Tarjeta SD

Los datos medidos se registran en la tarjeta SD, que se encuentra insertada en el cuerpo principal del registrador de datos portátil. Por lo tanto, se debe confirmar la inserción correcta de dicha tarjeta. Igualmente, se debe confirmar que haya espacio suficiente en la misma. En otro caso, se deben eliminar datos viejos para asegurar un espacio disponible.

■ Cuerpo principal del registrador de datos portátil

Se conecta la corriente al cuerpo principal, y se confirma el arranque del equipo. Si el equipo no se pone en marcha a pesar de que la batería está cargada, deber ser reparado.

La combinación con el registrador de datos portátil (conjunto del inclinómetro, cable y registrador), en principio, debe ser la misma. El mismo conjunto debe ser utilizado para hacer mediciones dentro del mismo pozo de observación.

b. Método de medición

b.1 Conexión con el registrador de datos portátil

En primer lugar, se hace la conexión entre el cable y el inclinómetro.

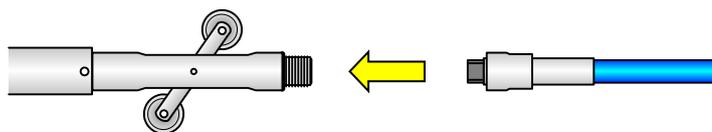


Figura 1.2.4 Conexión del registrador de datos portátil (1) (Fuente: JCT)

Se mueve la tuerca de fijación del cable hacia atrás para que el terminal de conexión quede expuesto a la vista, y se conecta el terminal del cable con el del inclinómetro, prestando atención a la forma de cada terminal.

Si se intenta hacer una conexión forzada, los terminales pueden dañarse, por lo que se debe prestar la máxima atención al hacer la conexión.

Una vez conectados los cables, se aprieta firmemente la tuerca de fijación del cable a mano. En este momento, se deben sujetar bien el inclinómetro y el cable, para que éste último no gire simultáneamente con el inclinómetro.

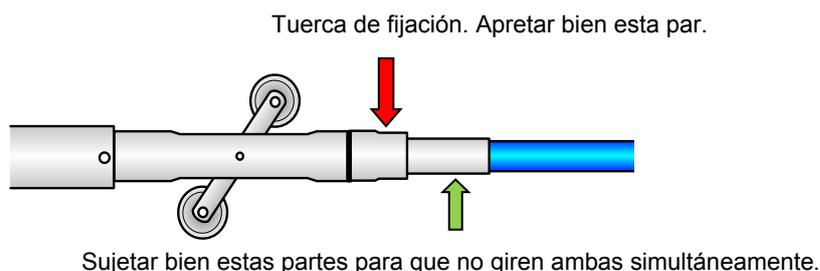


Figura 1.2.5 Conexión del registrador de datos portátil (2) (Fuente: JCT)

Después de apretar la tuerca de fijación a mano, se reaprieta ligeramente la misma utilizando la herramienta adecuada. Si se reaprieta demasiado con la herramienta, puede ocurrir que la junta tórica quede dañada, por lo que se debe tener cuidado. Igualmente, se debe prestar atención de manera que el cable no gire simultáneamente con la herramienta.

A continuación, se conecta el cable con el registrador de datos portátil. Igual que en la conexión del cable con el inclinómetro, observando bien la forma de los terminales, se debe insertar el cable hasta el fondo. Es preciso tener cuidado de no equivocarse el lugar de conexión. Asimismo, una conexión forzada puede dar lugar a la rotura de ambos terminales, por lo que se debe prestar la máxima atención al hacer la conexión.

Después de terminar la conexión, se debe tener cuidado de no torcer el cable, para no causar una rotura.



Figura 1.2.6 Registrador de datos
(Fuente: JCT)

b.2 Inserción del inclinómetro en el pozo de observación

En primer lugar, se coloca el manguito de cable dentro del tubo de guía del inclinómetro, instalado en el pozo de observación. El manguito de cable se utiliza para ajustar la profundidad de medición y el centrado del cable, así como para minimizar la carga de trabajo de medición.

A continuación, se quita el tope superior del manguito de cable para insertar el inclinómetro. Se colocan las ruedas del inclinómetro en las ranuras del tubo de guía en la dirección de medición (dirección de movimiento de tierra). Se realiza la primera medición ajustando la rueda de arriba en la dirección A0 (hacia el valle).

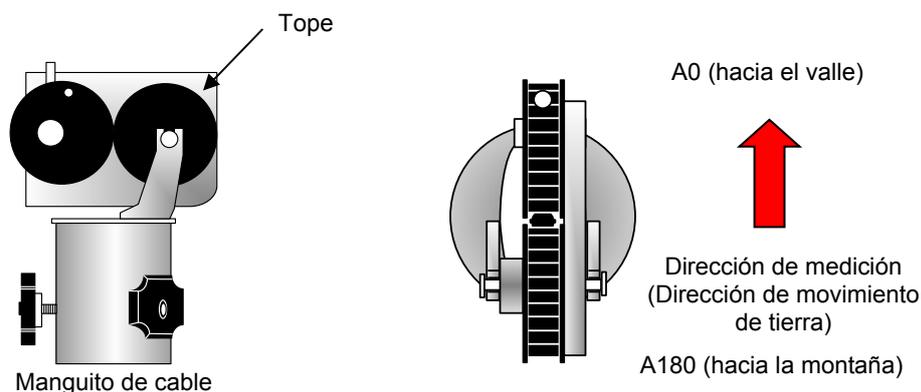


Figura 1.2.7 Inserción dentro del pozo de observación (1) (Fuente: JCT)

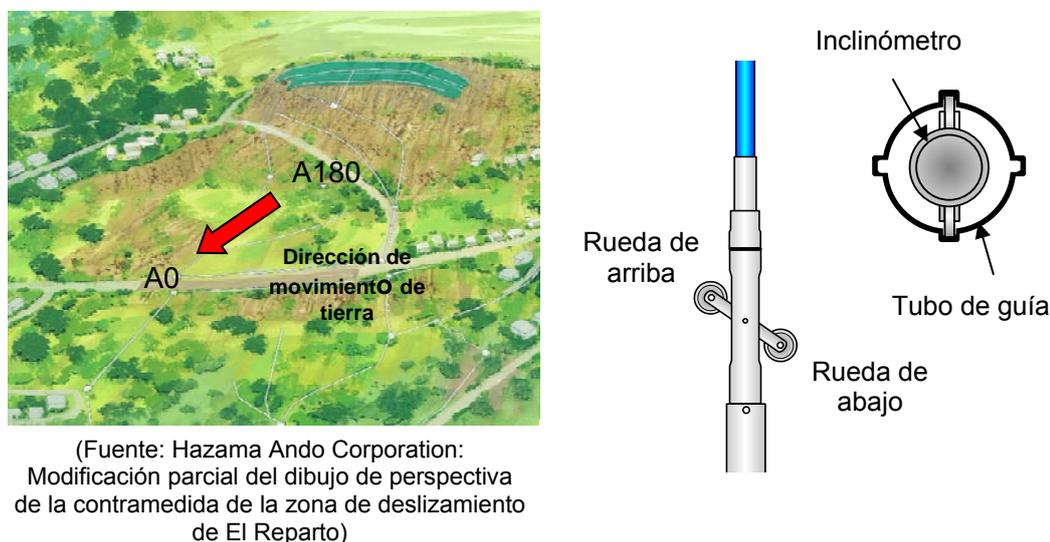


Figura 1.2.8 Inserción dentro del pozo de observación (2) (Fuente: JCT)

Agarrando con las manos ambas ruedas del inclinómetro, se dobla el brazo de ruedas, y se inserta cuidadosamente el mismo dentro del tubo de guía. Haciendo deslizar el cable dentro de la mano, se baja el inclinómetro. Una bajada brusca puede provocar que el inclinómetro choque o se enrede el cable, por lo que se debe bajar con cuidado.

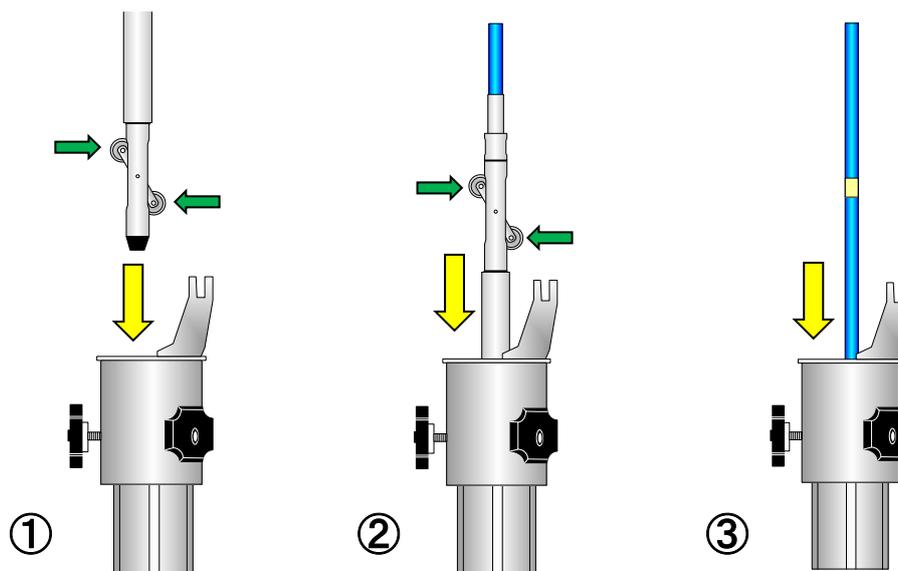


Figura 1.2.9 Inserción dentro del pozo de observación (3) (Fuente: JCT)

Cuando se acerca el inclinómetro al fondo del pozo, se agarra el cable con la mano para bajar lentamente el inclinómetro, y cuando el mismo queda en el punto de medición más profundo, se deja de bajarlo. El inclinómetro no tiene que llegar necesariamente hasta el fondo del pozo de observación. Un contacto brusco con el fondo del pozo puede provocar un impacto fuerte en el inclinómetro, dando lugar a una avería del mismo, por lo que se debe tener cuidado.

Se mantiene el inclinómetro en el punto de medición más profundo. El tiempo de retención en este punto es de 30 minutos. Se necesita este tiempo para adaptar el sensor del inclinómetro a la temperatura del pozo y para la estabilización del circuito eléctrico.

b.3 Medición

Antes de iniciar la medición, se ajusta el cable a la profundidad de medición, tomando como referencia la marca del cable. Se realiza la medición haciendo coincidir el extremo superior de la marca con la cara superior del manguito de cable. Se debe hacer la medición en cada profundidad siempre en la misma posición.

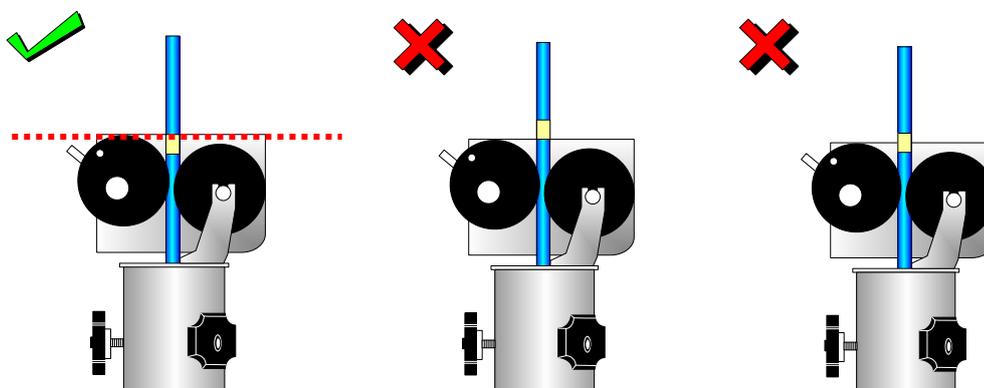


Figura 1.2.10 Método de medición (1) (Fuente: JCT)

En caso de haberse subido demasiado el cable, se retrocede unos 20cm y se sube de nuevo, para ajustarlo a la profundidad deseada. La diferencia de profundidad de medición puede dar lugar a

una medición errónea.

Después de ajustar el cable a la profundidad de medición y de confirmar la estabilidad del valor medido en el registrador de datos, se hace muestreo de datos.

El tiempo para lograr la estabilidad del valor medido puede variar dependiendo del tipo de registrador de datos y del ambiente de medición, por lo que se debe confirmar siempre en el monitor del registrador la estabilidad del valor medido antes de hacer el muestreo. El muestreo inmediatamente después de ajustar el cable a la profundidad puede dar lugar a que la precisión de datos sea baja.



Figura 1.2.11 Fotografía de medición (Fuente: JCT)

Una vez finalizadas las mediciones de la primera ronda (dirección A0) hasta la profundidad más alta (boca del pozo), se saca el inclinómetro del tubo de guía, y se da media vuelta al mismo, para iniciar las mediciones de la segunda ronda (dirección A180).

Si se saca el inclinómetro del tubo de guía levantándolo de manera brusca, el brazo de ruedas se suelta por el resorte, y el inclinómetro puede chocar con el manguito del cable. Por esta razón, se debe elevar el inclinómetro del tubo de guía con cuidado, mientras que se sujeta con la mano el brazo de ruedas, de la misma manera que cuando se inserta. El impacto por la reacción del brazo puede dar lugar a una avería del inclinómetro y a la medición anormal de datos.

Para realizar las mediciones de la segunda ronda, se da media vuelta el inclinómetro, ajustando la rueda de arriba en la dirección A180. Al igual que en las mediciones de la primera ronda, se baja lentamente el inclinómetro hasta el punto de medición más profundo, donde se mantiene la posición. El tiempo de retención en las mediciones de la segunda ronda es de 10 minutos.

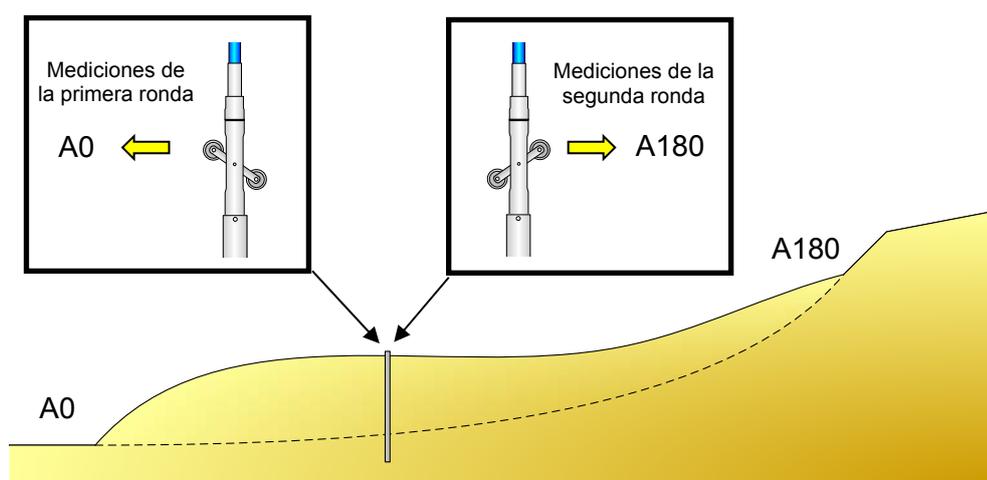


Figura 1.2.12 Método de medición (2) (Fuente: JCT)

En las mediciones de la segunda ronda, al igual que en las de la primera, se debe intentar hacer el muestreo después del posicionamiento correcto del instrumento y de la estabilidad del valor

medido. Si hay diferencia de posicionamiento entre las mediciones de ambas rondas, no se pueden obtener datos correctos, por lo que se debe prestar la máxima atención en el momento de ajustar la posición de medición.

Una vez finalizadas las mediciones de la segunda ronda, se guardan los datos medidos sin falta. Básicamente, no se hacen mediciones colocando el inclinómetro en la dirección B0-B180.

Después de terminar todas las mediciones, se quitan con cuidado el agua y la suciedad adheridas en el inclinómetro y el cable utilizando un trapo. Luego de esta limpieza, se desconecta el cable del inclinómetro.

Se ponen tapones en el inclinómetro, cable y registrador de datos con seguridad para evitar la entrada de agua y suciedad en los terminales.

Se cubre el pozo de observación con la tapa de protección al finalizar las mediciones.

Se coloca el inclinómetro en el maletín exclusivo. El transporte del inclinómetro debe hacerse siempre dentro de dicho maletín, aunque la distancia sea pequeña. Los cierres del maletín deben estar aplicados siempre.

1.2.2 Análisis de datos medidos

a. Orden de datos medidos

Una vez obtenidos in situ los datos del inclinómetro, estos deben ser confirmados cuanto antes en la oficina. Si dichos datos no tienen precisión suficiente, se tienen que tomar de nuevo los datos en el lugar en cuestión.

Se guardan los datos obtenidos en el PC. Estos datos deben ser controlados debidamente colocando su nombre en el archivo, de manera que se puedan reconocer posteriormente. Para facilitar la identificación, sería bueno poner el nombre del lugar de deslizamiento y la fecha de obtención de los datos. Estos datos se guardan en formato CSV, por lo que se puede hacer la lectura en Microsoft Excel.

Antes que nada, se confirma la precisión de datos obtenidos. En el Apéndice se muestra un ejemplo para confirmar dicha precisión, el cual servirá como referencia.

Después de hacer esta confirmación y la lectura de los datos CSV en el archivo de análisis de datos, se actualizan las gráficas de los resultados de medición. En el Apéndice se muestra la manera de hacer esta lectura y actualizar dichas gráficas, para que se utilicen como referencia.

b. Análisis de datos medidos

En el monitoreo con el inclinómetro se pueden medir la cantidad y dirección de desplazamiento del bloque deslizado, así como la profundidad de la cara deslizada. Básicamente, el pozo de observación para el inclinómetro se instala dentro del bloque deslizado penetrando en la supuesta cara deslizada (véase la figura de abajo). Las ranuras del tubo guía en el interior del pozo de observación se sitúan mirando hacia la dirección del deslizamiento (A0-A180) y la dirección perpendicular al deslizamiento (B0-B180) (véase la figura de abajo).

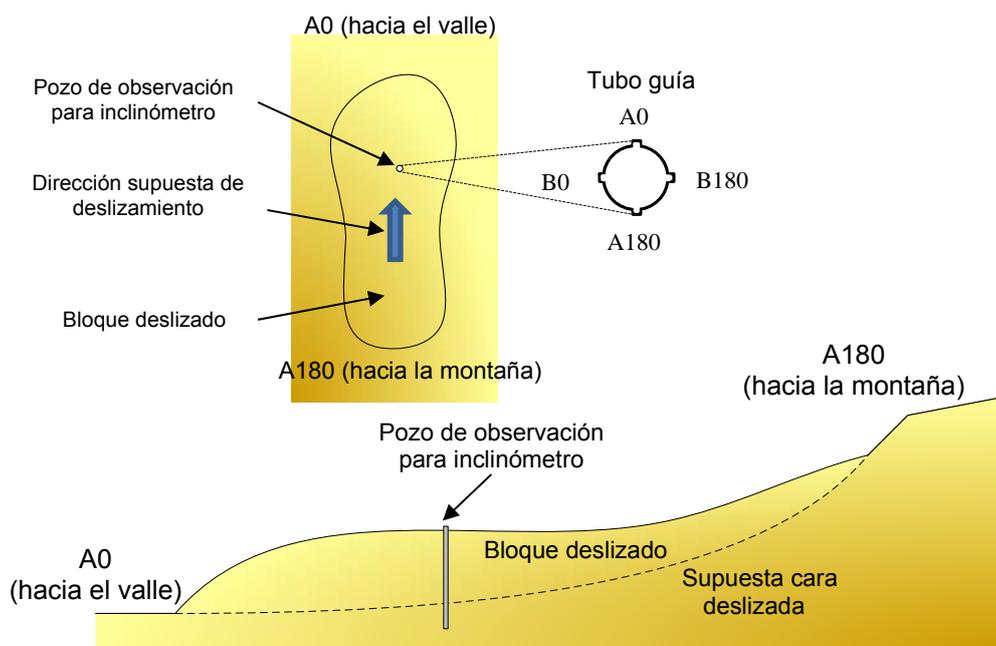


Figura 1.2.13 Análisis de datos medidos (Fuente: JCT)

Para visualizar los resultados de medición del inclinómetro se elaboran las gráficas según los objetivos del monitoreo. Generalmente, dichos resultados se visualizan en las gráficas abajo indicadas, para que se pueda observar el movimiento de la tierra en cuestión.

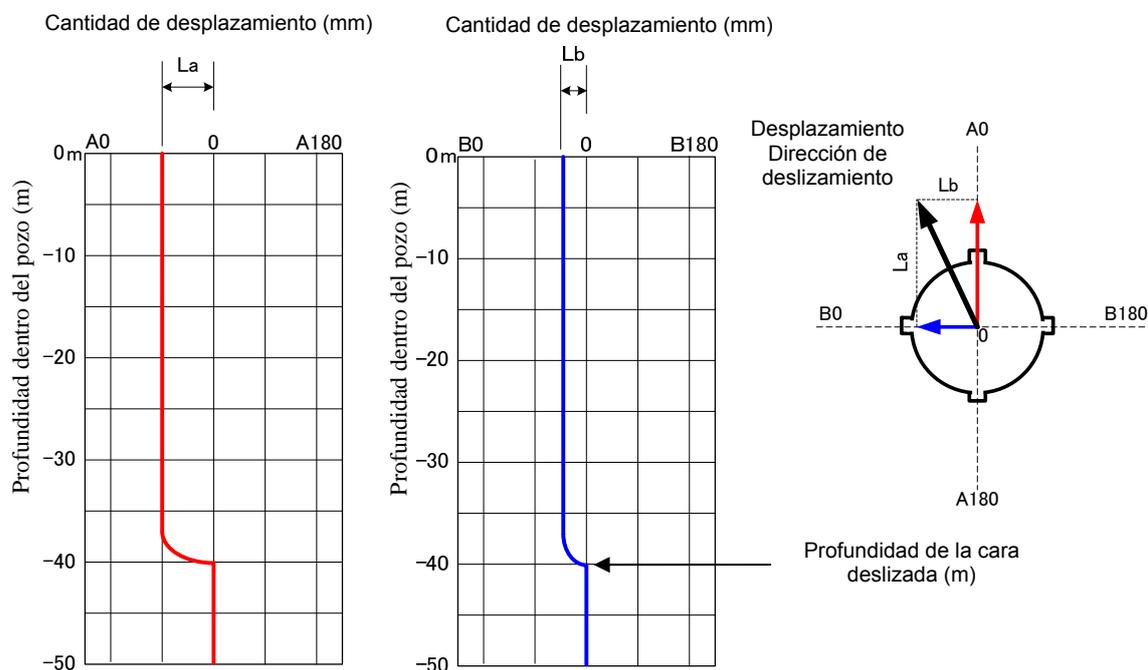


Figura 1.2.14 Relación de la medición con la visualización de datos (1) (Fuente: JCT)

Cuando se realizan mediciones en 2 rondas (A0 y A180) cambiando la dirección del inclinómetro en el mismo pozo de observación, se puede medir el desplazamiento en ambas direcciones, A0-A180 y B0-B18.

Los datos medidos en la dirección A0-A180 y en la dirección B0-B180 se visualizan en gráficas como las de arriba. En el eje vertical de estas gráficas se representa la profundidad dentro del pozo, y en el eje horizontal se muestra la cantidad de desplazamiento. Se indica así la cantidad de desplazamiento medida por el inclinómetro en cada profundidad. El "0" del eje horizontal muestra el estado inmediatamente después de la instalación del tubo guía del inclinómetro, y sirve como valor de referencia. Haciendo la comparación del valor medido cada vez con este valor de referencia, se puede saber cuánto se ha desplazado el tubo guía desde el momento de su instalación. En las profundidades donde no hay desplazamiento, el valor medido se muestra sobre la línea del valor de referencia ("0").

Cuando se produce un movimiento de tierra dentro de la profundidad del pozo, aparece en la gráfica un desplazamiento brusco. Básicamente, la profundidad de este desplazamiento debe ser igual en ambas gráficas, A0-A180 y B0-B180. Cuando se detecta tal desplazamiento, esta profundidad es considerada como profundidad de la cara deslizada (en el caso de la figura de arriba se juzga que la profundidad de 40m corresponde a la profundidad de la cara deslizada).

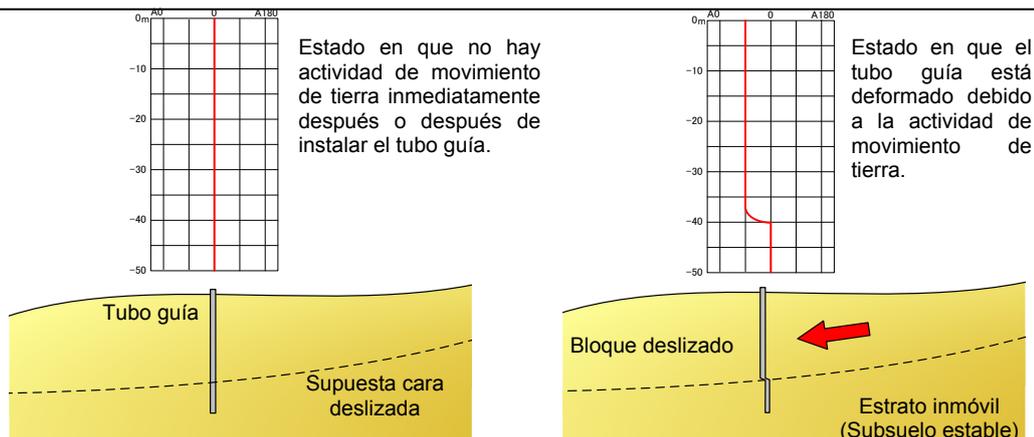


Figura 1.2.15 Relación de la medición con la visualización de datos (2) (Fuente: JCT)

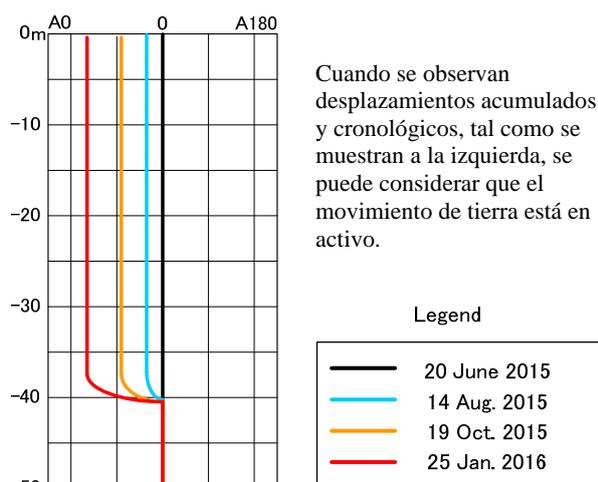
La cantidad de desplazamiento de tierra y la dirección de deslizamiento pueden ser representadas por la composición de los vectores de ambos desplazamientos, en dirección A0-A180 y en dirección B0-B180

Se interpreta que la profundidad donde se aprecia un desplazamiento brusco desde el valor de referencia ("0") hacia la dirección horizontal corresponde a la cara deslizada. Hay casos en que existen varias caras deslizadas, por lo que se debe analizar la gráfica de desplazamiento con cuidado.

Para conocer el mecanismo del deslizamiento de tierra, es importante hacer la confrontación de la información geológica obtenida mediante la perforación en la posición del pozo de observación con la profundidad de desplazamiento, y confirmar en qué estrato se ha producido el desplazamiento (cara deslizada).

En el análisis con el inclinómetro, se puede confirmar la cantidad de desplazamientos acumulados, mostrando al mismo tiempo en un diagrama gráfico no sólo los datos medidos en una ronda, sino también los datos de medición periódica. Si se muestran en un diagrama gráfico los resultados de varios días, se puede saber el grado de actividad de movimiento de tierra.

En caso de apreciarse desplazamientos acumulados y cronológicos respecto a los registrados en el pasado, se puede considerar que el movimiento de tierra está en activo. Si no hay cambio de desplazamiento respecto a los anteriores, se puede juzgar que el movimiento no está en activo o está en proceso inactivo.



Cuando se observan desplazamientos acumulados y cronológicos, tal como se muestran a la izquierda, se puede considerar que el movimiento de tierra está en activo.

Figura 1.2.16 Interpretación de datos (Fuente: JCT)

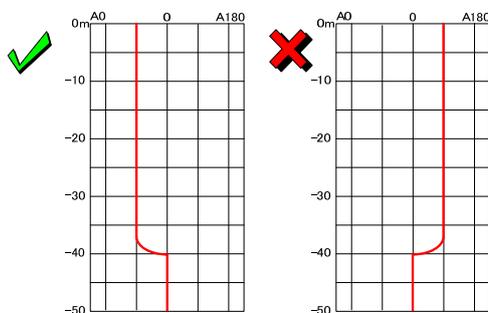
c. Interpretación de datos anormales

Se debe juzgar si los datos medidos son normales o anormales. No es posible hacer una

interpretación correcta con datos anormales.

A continuación se muestran algunos ejemplos de datos anormales. Cuando se obtienen tales datos, se debe hacer una nueva medición de inmediato, no utilizándolos para la interpretación.

- Los datos medidos se desplazan hacia la montaña.



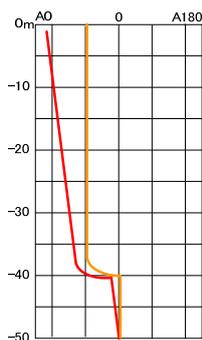
El deslizamiento de tierra se desplaza desde la parte alta (montaña) hacia la parte más baja (valle) por gravedad. Por lo tanto, los datos que muestran el desplazamiento hacia la montaña (A180), y no hacia el valle (A0), deben ser juzgados anormales.

El deslizamiento de tierra, en principio, no se dirige hacia la montaña, aunque hay excepciones.

Figura 1.2.17 Datos anormales (1) (Fuente: JCT)

- Se inclina la gráfica

Tal como se observa en la figura de la derecha, hay casos en que aparece inclinada la línea de los datos medidos. Esto no se debe a la actividad de movimiento de tierra.



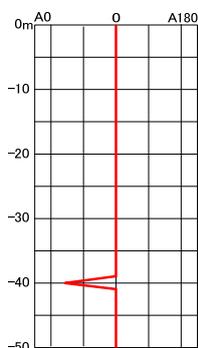
Como causa de este fenómeno, se puede pensar que el tiempo de retención del inclinómetro dentro del pozo, antes de iniciar la medición, fue insuficiente, o se hizo la medición con un juego del inclinómetro diferente al que se utilizaba siempre.

Se puede juzgar en términos generales si hay desplazamiento o no, ya que la línea de datos medidos muestra básicamente la misma forma, pero si resulta posible, es deseable tomar de nuevo los datos.

Figura 1.2.18 Datos anormales (2) (Fuente: JCT)

- Valor anormal sólo en una determinada profundidad

Es difícil pensar que el desplazamiento en la profundidad que se puede ver en la figura de la derecha haya sido causado por la actividad de movimiento de tierra.

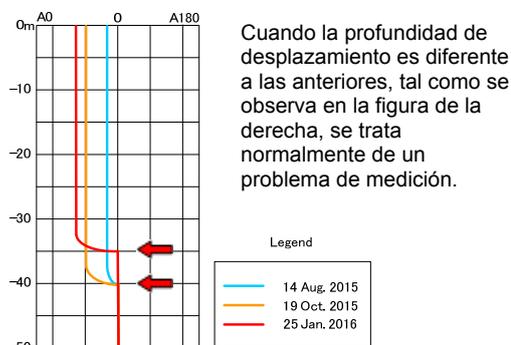


Cuando los datos del inclinómetro muestran un desplazamiento en una determinada profundidad, se debe juzgar que son anormales, y no que hubiera actividad alguna de movimiento de tierra. En caso de que los datos del inclinómetro muestren alguna actividad de movimiento, en el tramo de deslizamiento (desde la cara deslizada hasta la superficie de la tierra) se tiene que observar siempre el mismo desplazamiento. Cuando se obtienen datos que muestran un desplazamiento parcial, se deben tratar como datos anormales, haciendo caso omiso de ellos en la interpretación.

Figura 1.2.19 Datos anormales (3) (Fuente: JCT)

Se puede pensar que estos datos anormales se deben al muestreo de datos antes de estabilizarse los valores medidos. Para evitar esto, se requiere seleccionar (muestrear) los datos con cuidado.

■ Cambia la profundidad de desplazamiento

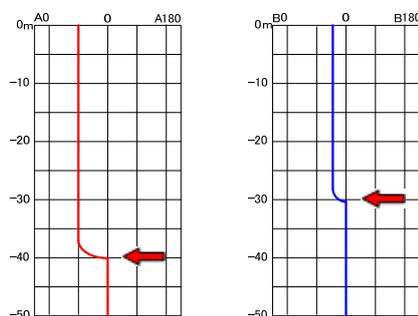


Si cambia la profundidad de desplazamiento, que seguía siendo la misma en las mediciones anteriores, cabe la posibilidad de que la configuración de los datos sobre la profundidad haya sido diferente a la que se aplicaba hasta ahora. Hay que confirmar que tanto la profundidad de medición inicial (fondo del pozo), como la profundidad de medición final (boca del pozo) se encuentren configuradas como siembre. En caso de observarse un cambio así, se debe hacer de nuevo la medición.

Figura 1.2.20 Datos anormales (4) (Fuente: JCT)

■ No coincide la profundidad de desplazamiento entre los datos de A0-A180 y los datos de B0-B180.

La dirección de desplazamiento se representa por la composición de los vectores de desplazamientos en la dirección A0-A180 y en la dirección B0-B180. Por lo tanto, las profundidades de desplazamiento que aparecen en ambas direcciones, A0-A180 y B0-B180,



deben coincidir, excepto los casos en que la dirección de desplazamiento es paralela a la dirección A0-A180 o a la B0-B180. Se puede pensar que este fenómeno se debe a que la configuración de los datos de profundidad ha sido diferente entre la primera ronda (dirección A0) y la segunda ronda (dirección A180), o a que se han producido problemas en la medición in situ, por ejemplo, que existen profundidades en que ha fracasado el muestreo de datos.

Figura 1.2.21 Datos anormales (5) (Fuente: JCT)

■ Los resultados de medición son completamente diferentes a los resultados de mediciones anteriores.

Si la línea de valores medidos es muy diferente a las líneas trazadas con los datos del pasado, se puede juzgar que los datos obtenidos tienen una precisión baja. Como causas de esto, se puede pensar, entre otras, que se ha equivocado la dirección a medir (se ha hecho la medición colocando el inclinómetro en la dirección B0-B180, y no en la dirección A0-A180, etc.), se ha hecho el muestreo de datos antes de estabilizarse los valores de medición, o no se ha fijado bien el tubo guía debido a un relleno insuficiente con la lechada. En caso de obtenerse datos de baja precisión, se debe hacer de nuevo la medición cuanto antes.

d. Elaboración del informe

Los resultados de medición con el inclinómetro deben ser resumidos en un informe. Es indispensable incluir en este informe las gráficas de mediciones en las direcciones A0-A180 y B0-B180. En estas gráficas es preciso que se muestren, además de los resultados de las mediciones actuales, los resultados de los últimos 4 a 6 meses. En la leyenda de las gráficas se debe indicar la respectiva fecha de medición.

Asimismo, en el informe se describen los hechos aclarados mediante el resultado de las mediciones más recientes. Los puntos a describir son los siguientes:

- Diferencia con los valores medidos hasta ahora
- Profundidad supuesta del deslizamiento a partir de los valores medidos (si hubiese ocurrido)
- Cantidad y dirección del deslizamiento detectado
- Existencia o no de actividad de movimiento de tierra (desplazamiento acumulativo)
- Existencia o no de valores anormales y razones para suponer la presencia de estos valores (si los hubiese)

Los datos y las descripciones incluidos en el informe sirven como información sumamente importante para realizar análisis de deslizamiento de tierra. Por lo tanto, las descripciones deben ser correctas, utilizando datos de la mejor calidad, en la medida de lo posible.

1.2.3 Mantenimiento del equipo

El inclinómetro es un equipo de alta precisión, por lo que se debe tener el máximo cuidado en su tratamiento, no sólo durante el uso, sino también durante el almacenamiento, leyendo suficientemente el manual anexo.

Después de utilizar el equipo, se debe quitar debidamente el agua, arena, lodo, etc., adheridos en el inclinómetro, cable y otros accesorios, utilizando un paño, de modo que se guarden en estado seco. Asimismo, se requiere aplicar aceite lubricante en las ruedas del inclinómetro, brazos y resortes. En caso de haberse aplicado demasiado aceite, se debe retirar con cuidado el exceso del mismo con un paño. Si se aplica grasa, no se debe exceder la cantidad adecuada, ya que la grasa atrae fácilmente arena y polvo.

En cuanto al mantenimiento del equipo, se deben confirmar los puntos indicados en el apartado anterior 1.2.1 “Medición”, y en caso de detectarse alguna anomalía, es importante hacer la reparación o tomar otras medidas adecuadas de inmediato. Antes de hacer la reparación del equipo, se requiere consultar al fabricante, OYO CORPORATION, “www.oyo.co.jp”.

■ Mediciones de prueba del sensor del inclinómetro

En caso de que no se puedan obtener datos de alta precisión a pesar de la medición con el método correcto, cabe la posibilidad de alguna deficiencia en el sensor del inclinómetro. En este caso, se realizan mediciones de prueba en el interior, para confirmar el estado de funcionamiento del sensor.

En primer lugar, se conecta el inclinómetro con el cable y con el registrador de datos. Se selecciona el modo de medición, y se ajusta la profundidad de medición a 2 o 3m. Se inclina lentamente el inclinómetro a la derecha e izquierda con la mano, para confirmar si cambia o no el valor medido en el registrador. Una vez confirmado el cambio del valor, se fija el inclinómetro para hacer la medición (muestreo). Se guardan los datos de medición para confirmarlos en el PC.

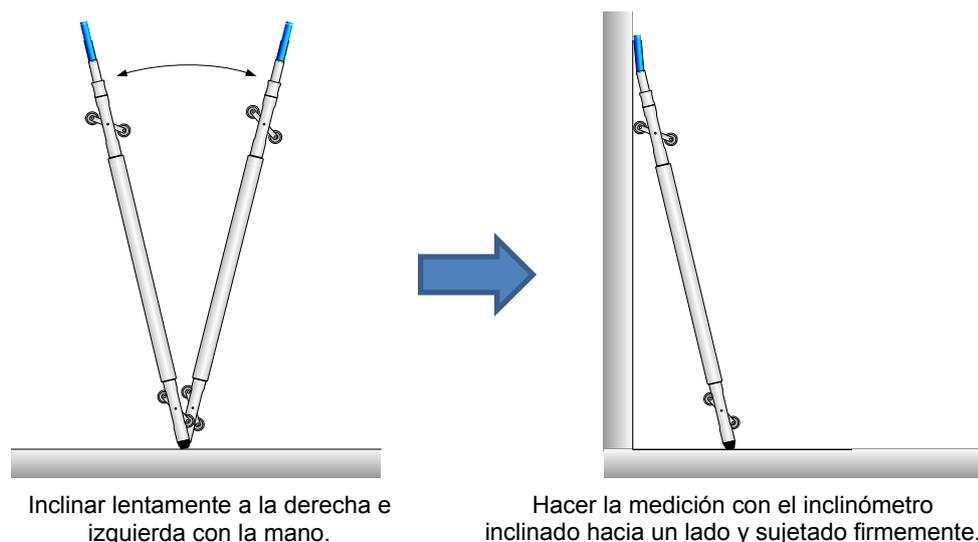


Figura 1.2.22 Medición de prueba (Fuente: JCT)

Si se detecta alguna anomalía en el proceso de prueba arriba indicado, se debe hacer una

consulta al fabricante y pedir la reparación, según las necesidades.

■ Almacenamiento de datos

Para no perder los datos del inclinómetro, es preciso hacer la copia de seguridad del archivo correspondiente, sin falta. Comparando los datos actuales del inclinómetro con los datos de mediciones anteriores, se puede hacer el análisis del movimiento de tierra. Aunque se trata de datos de suma importancia, si se pierden, ya no resulta posible recuperarlos.

Se recomienda insistentemente guardar los datos de monitoreo no sólo en el disco duro del PC, sino también en otro dispositivo exterior.

【Bibliografía】

Instituto de Investigación de Obras Pública (2008): “Manual de medición con el inclinómetro tipo inserción en el pozo del lugar de deslizamiento de tierra (borrador)”

1.3 Extensómetro

1.3.1 Objetivo de monitoreo

El extensómetro es un equipo para medir la cantidad de expansión y contracción de los tramos entre las grietas o desniveles originados por deslizamientos sobre la superficie de la tierra. Cuando se trata de un deslizamiento de gran magnitud, no se pueden captar todos los movimientos del deslizamiento, sin embargo, en las áreas limitadas donde se instala el extensómetro, resulta posible medir la cantidad de expansión y contracción, así como la tendencia del movimiento.

Cuando el lugar de instalación no está en la parte del movimiento, aunque se encuentre dentro del bloque de deslizamiento, puede haber casos en que no se mida la cantidad de movimiento. Por lo tanto, es importante instalarlo en un lugar adecuado, es decir, en un posible lugar de movimiento.

Normalmente, el extensómetro se instala en un lugar donde se espera poder medir el máximo movimiento en la dirección del posible movimiento de tierra.

Asimismo, en la medición con el extensómetro es importante conocer no sólo la cantidad de movimiento, sino también el momento del mismo. En el caso de que se estén midiendo los datos de las precipitaciones y del nivel de las aguas subterráneas en un lugar de deslizamiento de tierra, se puede confirmar la relación del movimiento de tierra con la variación de dichos datos, analizando los resultados de medición de expansión y contracción junto con estos datos. Cuando se confirma que existe una relación estrecha entre el movimiento de tierra y la variación de precipitaciones y del nivel freático, se puede aprovechar esta relación para dar la alarma de deslizamiento de tierra.

Para conocer la tendencia del movimiento de la superficie de la tierra, es deseable realizar el monitoreo continuo durante un largo período de tiempo, en la medida de lo posible, incluyendo por lo menos una temporada de lluvias.



Figura 1.3.1 Extensómetro de la superficie de la tierra instalado en la zona de El Reparto
(Fuente: JCT)

1.3.2 Método de inspección durante la temporada seca (período inactivo)

Actualmente, el monitoreo del movimiento de tierra se está realizando automáticamente mediante el extensómetro instalado en las zonas de EL Berrinche y El Reparto, sin embargo, para recuperar los datos de medición registrados in situ, hay que confirmar siempre el estado del equipo y del registrador de datos. En la tabla y figura de abajo se muestran los puntos de inspección. En principio, es deseable realizar la inspección del equipo una vez al mes durante la temporada seca (período tranquilo).

Tabla 1.3.1 Puntos de inspección del extensómetro (Fuente: JCT)

Estado de instalación del equipo	Puntos de inspección
Inspección del aspecto exterior	1. Confirmar que no haya anomalías en la caja de protección, por ejemplo, rotura, grieta, inclinación, animales pequeños, etc.
	2. Confirmar que no haya anomalías en la estaca de referencia, por ejemplo, rotura, inclinación, inestabilidad, etc.
	3. Confirmar que no haya anomalías en las estacas de soporte del tubo de protección, por ejemplo, rotura, inclinación, etc.
	4. Confirmar que no haya corrosión en la parte metálica del equipo.
	5. Confirmar que no haya anomalías en el alambre de invar, por ejemplo, aflojamiento, óxido, etc. Es deseable cambiar el alambre de invar una vez cada 2 años, teniendo en cuenta la fatiga de los materiales.
	6. Confirmar que no haya contacto entre el tubo de protección y el alambre de invar.
	7. Confirmar que no entre en contacto el tubo de protección con la estaca de referencia o con el banco de la caja de protección.
	8. Confirmar que haya holgura en la expansión y contracción del cable del equipo principal que se conecta con el alambre de invar, y que se encuentre el anillo de conexión en la posición intermedia entre el tubo de protección y el equipo principal. El rango de medición se hace más amplio cuando se aleja, en el campo de contracción, el anillo desde el registrador de datos, o se acerca, en el campo de expansión, el anillo al registrador de datos.
	9. Confirmar que no haya anomalías o deterioro en los cables.
	10. Confirmar que no haya contacto entre la vegetación crecida y el tubo de protección.
Registrador de datos	1. Confirmar que no haya anomalías en el aspecto exterior, por ejemplo, óxido, fuga de agua, deterioro, etc.
	2. Confirmar si los datos de medición siguen al movimiento, sacando y retornando lentamente el cable del equipo principal.
	3. Confirmar que no haya anomalías en el indicador.
	4. Confirmar que no haya óxido, polvo, etc. en los conectores con la fuente eléctrica exterior.
	5. Confirmar que la batería esté en "Main" (Principal) con carga superior a 2.8V.
	6. Confirmar si la batería se conmuta a "Sub" (Secundaria) cuando se saca la batería de "Main".
	7. Cuando la batería está en "Sub", se pasa la batería de "Sub" a la posición de "Main", y se coloca la batería nueva en la posición de "Sub".
	8. Confirmar si el indicador se mueve correctamente (tiempo, datos numéricos y gráficas)

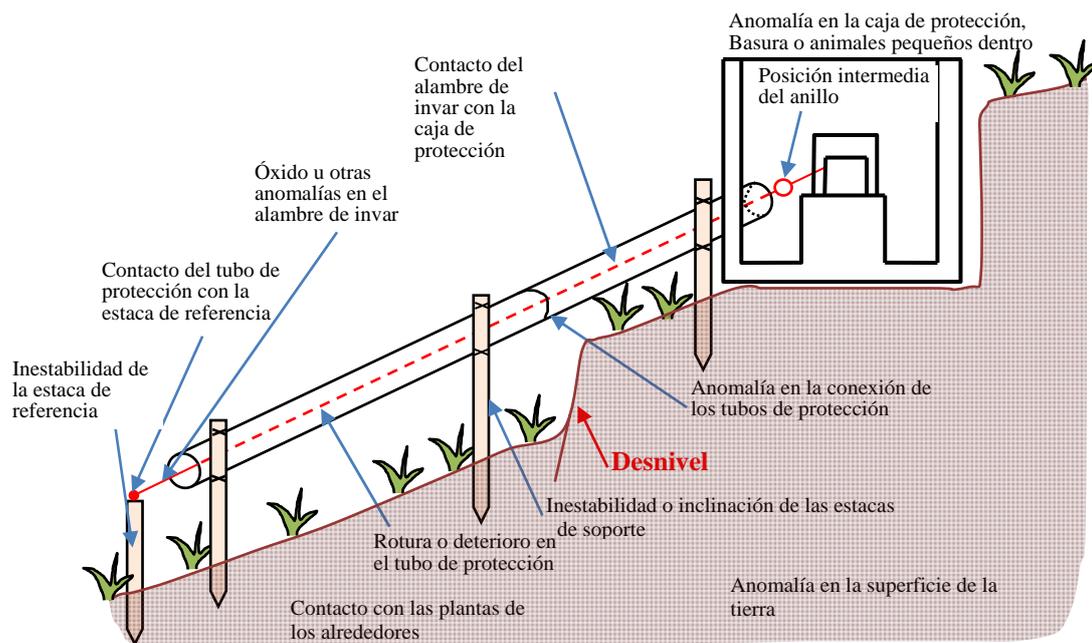


Figura 1.3.2 Puntos de inspección local del extensómetro (Fuente: JCT)



Inspección del registrador de datos y alambre de invar



Inspección de la estaca de referencia



Choque del tubo de protección con la estaca de referencia
 (Causa de movimiento diario)



Tubo de protección curvado

Figura 1.3.3 Aspectos de inspección del extensómetro (Fuente: JCT)

Se realiza la recuperación de datos consultando al manual. Aunque es difícil detectar anomalías en los valores medidos que se visualizan en el monitor, se tiene que confirmar el movimiento de los datos visualizando el cambio secuencial en el monitor. Además de esto, se descargan los datos en el PC, para estudiar si los datos de los movimientos detectados durante la medición se deben al deslizamiento de tierra o a alguna otra anomalía. Cuando los datos muestran movimientos bruscos y temporales, a pesar de no haberse producido ningún deslizamiento de tierra, se puede considerar que la mayoría de estos datos son anormales, pudiendo citarse, como causas de esto, travesuras de la gente, contacto con animales, como ganado, contacto con obstáculos volantes, etc. Estos movimientos muestran un desplazamiento temporal bastante grande, siendo muy diferentes a la tendencia de los movimientos causados por el deslizamiento de tierra, por lo que resultan bastante fáciles de distinguir. Observando la frecuencia del movimiento, se puede juzgar la causa de la anomalía de los datos. En caso de haber fluctuaciones diarias, suele haber problemas en la instalación del equipo, por ejemplo, contacto del tubo de protección con el alambre de invar, etc. (véase la figura 1.3.4).

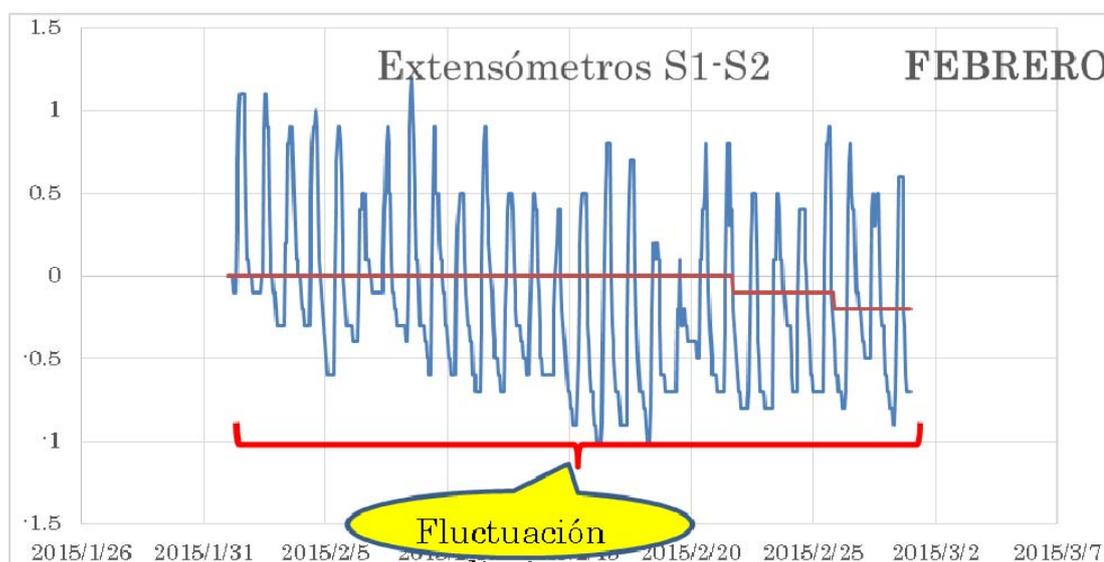


Figura 1.3.4 Ejemplo de anomalía en los datos registrados del extensómetro (monitoreo de fluctuación diaria) (Fuente: JCT)

Los datos se registran automáticamente, pero cuando la memoria se llena por completo, los datos antiguos se eliminan sucesivamente para registrar los nuevos. La memoria incorporada en el equipo (SLG-30E) que se encuentra instalado en El Berrinche y El Reparto tiene capacidad de guardar datos de cada hora para 317 días o datos de cada minuto para 10 días.

Cuando se traslada el extensómetro en uso a otro lugar, es preciso eliminar todos los datos registrados. En este caso, se selecciona “Erasing data” para borrar los datos de acuerdo con las instrucciones. Los datos registrados hasta entonces deben ser guardados en el PC u otro dispositivo exterior antes de borrarlos.

1.3.3 Método de inspección durante la temporada lluviosa (período activo)

En la época en que aumentan las precipitaciones o en el momento en que se vuelven activos los movimientos de tierra, se necesita realizar el monitoreo de emergencia, a diferencia de la temporada seca (período inactivo). Cuando se entra en la temporada lluviosa o en la etapa de

movimientos activos, se debe incrementar la frecuencia de la toma de datos e inspeccionar el equipo de monitoreo más que en la temporada seca (período inactivo). En la temporada lluviosa (período activo), especialmente cuando aumenta la cantidad de lluvia, es deseable hacer la inspección una vez a la semana, como norma. Cuando se advierte de incremento de precipitaciones o de daños por deslizamientos de tierra, se debe revisar el alambre de invar y tomar datos cada día. Si están instalados varios extensómetros, al juzgar el grado de peligro de deslizamiento de tierra, hay que aprovechar todos los datos monitoreados, tales como alcance de la actividad y velocidad del movimiento.

Tabla 1.3.2 Valores medidos por el extensómetro y actividad de movimiento
 (Fuente: Guía sobre deslizamientos de tierra)

Actividad	Desplazamiento diario (mm/día)	Desplazamiento acumulativo (mm/mes)	Movimiento en los alrededores
Fuerte (estado peligroso)	Más de 1mm	Más de 10mm	Se observan movimientos activos en varios extensómetros, siendo notables los movimientos de la superficie de la tierra.
Lenta (estado poco peligroso)	0.1-1mm	2-10mm	Se observan movimientos en varios extensómetros, siendo visibles los movimientos de la superficie de la tierra en diferentes puntos.
Pequeña (precaución)	0.02-0.1mm	0.5-2mm	Se observan movimientos en algunos extensómetro, siendo lentos y parciales los movimientos de la tierra-
Muy pequeña	Menos de 0.02mm - movimiento muy pequeño	Menos de 0.5mm - movimiento muy pequeño	Se observan de modo disperso movimientos muy pequeños (grietas pequeñas).

Cuando se hace fuerte la actividad, cabe la posibilidad de romperse el conjunto del equipo del extensómetro. En este caso, se debe sacar el registrador de datos, confirmando la seguridad en el trabajo.

1.4 Medidor del nivel de aguas subterráneas

1.4.1 Objetivo de monitoreo

La subida del nivel de las aguas subterráneas es una de las causas que provocan deslizamientos de tierra. Normalmente, la tierra adquiere un estado inestable cuando sube el nivel de las aguas subterráneas por las lluvias. La subida de dicho nivel puede dar lugar a la disminución de la resistencia al corte de la cara deslizada, provocando fácilmente la actividad de movimiento.

La observación del nivel de las aguas subterráneas sirve para obtener datos básicos a la hora de estudiar la estabilidad de las pendientes y las medidas contra deslizamientos. Asimismo, en las áreas de deslizamiento que tienen instalados pozos recolectores de agua, se puede confirmar el efecto de estos pozos observando la relación entre el cambio del caudal entrante en los mismos y el nivel de las aguas subterráneas. La observación de este nivel es importante no sólo antes de la ejecución de las obras de contramedida, sino también durante y después de la misma.

Así pues, se realiza la medición del nivel de las aguas subterráneas para evaluar la estabilidad de las pendientes y los efectos de las obras de contramedida. En las áreas de deslizamientos en Tegucigalpa se practican la medición automática por presión de agua y la medición manual por contacto. A continuación se explica el mantenimiento de los equipos de medición.

1.4.2 Método de medición manual del nivel de aguas subterráneas

Para la medición manual del nivel de las aguas subterráneas por contacto, se coloca un punto de contacto eléctrico en el extremo del cable de medición con escala, y cuando este punto llega al nivel del agua, se conduce la electricidad produciendo un pitido. Es un mecanismo muy sencillo, pero se requiere mantener siempre limpio el punto de contacto eléctrico y revisar la batería antes de hacer la medición. El nivel de las aguas subterráneas se mide desde la superficie de la tierra, por lo que hay que deducir la altura del tubo que sobresale del pozo de observación.

A diferencia de la medición automática, se pueden obtener datos sólo cuando se hace la medición, razón por la cual en las áreas muy críticas de deslizamiento, es deseable realizar la medición con la frecuencia más alta posible.



Cable con escala y sensor



Bajar con cuidado el sensor dentro del pozo



Cuando el sensor entra en contacto (se produce el pitido), se baja y se sube el cable varias veces para confirmar el punto de contacto.



Se deduce la altura del tubo que sobresale del pozo de observación

Figura 1.4.1 Medición manual del nivel por contacto (Fuente: JCT)

1.4.3 Medición automática del nivel de aguas subterráneas por presión de agua

En el caso del medidor automático del nivel de las aguas subterráneas por presión de agua (tipo auto registro), se coloca un sensor de presión de agua en una profundidad cercana al fondo del pozo. Este sensor mide el cambio de la presión provocado por la variación del nivel de las aguas subterráneas en su posición instalada, a intervalos establecidos, y convierte la presión detectada en nivel freático, para guardarlo en la memoria interior.

A continuación se explica el método de inspección y mantenimiento del equipo, teniendo en cuenta el sistema de registro de datos del nivel de agua, instalado en El Reparto, modelo NetLG-001E, fabricado por OSASI-TECNOS.

Tabla 1.4.1 Puntos de inspección del medidor automático del nivel de aguas subterráneas por presión de agua (tipo auto registro) (Fuente: JCT)

Estado de instalación del equipo	Puntos de inspección
Inspección del aspecto exterior	1. Confirmar que no haya anomalías en la caja de protección, por ejemplo, rotura, grieta, inclinación, animales pequeños, etc.
	2. Confirmar que no haya anomalías en el tubo que sobresale del pozo de observación.
	3. Confirmar que no hay entada de agua al pozo de observación desde la superficie de la tierra.
	4. Confirmar que no haya anomalías o deterioro en los cables.
	5. Confirmar que el desecante no se haya puesto de color rojo. En caso afirmativo, el desecante debe ser cambiado por otro nuevo, o secarse en el horno microondas, etc.
	6. Confirmar que no haya rotura ni obstrucción en el tubo de descarga de aire.
	7. Confirmar que no haya lodo acumulado en el fondo del pozo. Cuando el sensor no funciona bien, es posible que esté dentro de lodo o sedimentos. En este caso, se sube el sensor para colocarlo de nuevo por encima del lodo.
Registrador de datos	1. Confirmar que no haya anomalías, por ejemplo, óxido, fuga de agua, deterioro, etc., mediante la revisión del aspecto exterior.
	2. Confirmar que no haya anomalías en la parte de la memoria.
	3. Confirmar que no haya óxido ni polvo en los conectores con la fuente eléctrica exterior.
	4. Confirmar que la batería esté en "Main" (Principal) con carga superior a 2.8V.
	5. Confirmar si la batería se conmuta a "Sub" (Secundaria) cuando se saca la batería de "Main".
	6. Cuando la batería está en "Sub", se pasa la batería de "Sub" a la posición de "Main", y se coloca la batería nueva en la posición de "Sub".

Los datos obtenidos se registran en la memoria interna. Estos datos siguen acumulándose, y cuando llegan a una determinada cantidad, se van eliminando sucesivamente los datos antiguos. Por otra parte, la vida útil de la batería de litio varía según los intervalos de registro. Cuando se agota la batería, no se pueden registrar más datos. Los datos registrados en la memoria no se borran aun cuando se descargue la batería.

Tabla 1.4.2 Intervalos de registro del nivel de agua, período de duración máxima de datos acumulados y vida útil de la batería de litio en NetLG-001E

Intervalos de registro (medición)	Período de duración máxima de datos acumulados	Vida útil de la batería (días en funcionamiento)
10 segundos	3.5 días	9.2 días
1 minuto	21 días	49.5 días
1 hora	3.4 años	341 días
12 horas	41.7 años	375 días
24 horas	83.5 años	377 días

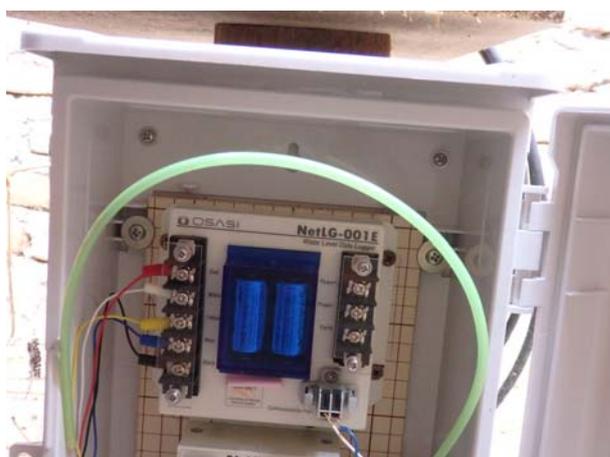
Fuente: Datos de OSASI-TECNOS



Caja de protección de instrumentos



Registrador de datos y cable



Interior del registrador de datos
 Confirmar que no haya rotura ni obstrucción en el tubo de descarga de aire.



Confirmar que el desecante no se haya puesto de color rojo. En caso afirmativo, el desecante debe ser cambiado por otro nuevo, o secarse en el horno microondas, etc.



Filtro



Sensor de presión del agua

Figura 1.4.2 Medición automática del nivel de aguas subterráneas por presión de agua (tipo auto registro) (Fuente: JCT)

1.4.4 Método de inspección durante la temporada lluviosa (período de variación)

En la época en que aumentan las precipitaciones o en el momento en que se vuelven activos los movimientos de tierra, se necesita realizar el monitoreo del nivel de las aguas subterráneas de manera urgente, a diferencia de la temporada seca (período inactivo). No existen criterios universales para juzgar el grado de peligro de deslizamiento de tierra a partir de dicho nivel o de la variación del mismo. No obstante, cuando existe una correlación entre este nivel y la actividad de movimiento de tierra, el nivel en que entró en activo dicho movimiento puede ser un criterio para juzgar el riesgo. Por otra parte, cuando sube bruscamente el nivel de las aguas subterráneas, hay posibilidad de que la tierra se haga inestable, por lo que se necesita redoblar los esfuerzos para conocer el cambio del estado del lugar en cuestión, acortando los intervalos de registro (medición) y la frecuencia de recogida de datos. Si no existen casos reales de haber ocurrido deslizamientos de tierra en el pasado, se busca el nivel más alto y más bajo de las aguas subterráneas a partir de los datos registrados hasta ahora, pudiendo considerarse el nivel más alto experimentado en el pasado como nivel de alerta de deslizamiento.

Por otra parte, cuando es pequeña la cantidad de agua que entra en el pozo recolector de agua, a pesar de ser alto el nivel de las aguas subterráneas, cabe la posibilidad de que el filtro del tubo de descarga de agua esté obstaculizado. En este caso, se necesita tomar las medidas adecuadas, como hacer la limpieza del tubo.

1.5 Pluviómetro

En Honduras, los pluviómetros tipo auto-registro suministrados por el Gobierno de Japón están instalados en las áreas de deslizamiento de tierra, para medir las precipitaciones pluviales y acumular los datos correspondientes.



Figura 1.5.1 Pluviómetro instalado en la zona de El Reparto (Fuente: JCT)

1.5.1 Objeto de instalación

La actividad de movimiento de tierra tiene una estrecha relación con la variación del nivel de las aguas subterráneas, sin embargo, en Honduras es difícil medir actualmente dicha variación en tiempo real, razón por la cual se miden las precipitaciones pluviales, que son fuentes de aguas subterráneas y afectan enormemente a esta variación. Mediante los pluviómetros, se miden las precipitaciones locales con el objeto de buscar la correlación con la variación del nivel de las aguas subterráneas y con la actividad de movimiento de tierra. Es importante también confirmar la correlación entre el pluviómetro y otros instrumentos de monitoreo.

Además, es posible establecer valores de referencia respectivos para emitir la alerta temprana y la orden de evacuación, si se pueden conocer previamente las diferentes cantidades de lluvias correspondientes a cada nivel de riesgo.

1.5.2 Método de instalación

Para la instalación del pluviómetro, se selecciona un lugar plano, donde no haya apenas influencia del viento, sin edificios, árboles u otros obstáculos. Lo ideal sería un lugar que mantenga una distancia superior a 4 veces la altura del obstáculo más cercano. Asimismo, se planta vegetación en los alrededores del pluviómetro, o se coloca la boca receptora de lluvia en un lugar alto, de manera que las salpicaduras de la lluvia no entren en el instrumento. Sin embargo, hay que tener cuidado de que cuando dicha boca queda demasiado alta puede haber error de medición debido al viento. Concretamente, una altura de 50 a 150cm desde la superficie de instalación sería la altura más adecuada. En este caso, se necesita construir una base de hormigón para instalar el pluviómetro con tornillos, de manera que quede horizontal.

Por otra parte, con el objeto de evitar robos, actos vandálicos, contacto con animales, etc., se necesita colocar una valla de protección en los alrededores. No obstante, no se deben colocar obstáculos artificiales en la parte superior de esta valla. O bien, se puede instalar el pluviómetro dentro del terreno (jardín, etc.) de una vivienda de confianza, ya que es indispensable instalar este instrumento teniendo el máximo cuidado contra posible robos.



Figura 1.5.2 Ejemplo de instalación del pluviómetro (Fuente: JCT)

1.5.3 Método de obtener, ordenar e indicar los datos

Los datos de precipitación pluvial se registran automáticamente por el equipo, siendo necesario recuperar los mismos con una determinada frecuencia. En tiempos normales, es suficiente con que se recuperen los datos 1 o 2 veces al mes, sin embargo, durante la temporada lluviosa o en caso de lluvias continuas, se necesita aumentar la frecuencia hasta una vez a la semana, según las necesidades. Por otra parte, en caso de lluvias torrenciales intensas, es deseable recuperar los datos durante y justo después de las lluvias, para estudiar inmediatamente la influencia sobre

deslizamientos de tierra.

Si se tienen establecidos los valores de referencia para emitir la alerta temprana o la orden de evacuación en base a la correlación entre los datos acumulados de las precipitaciones y la actividad de movimiento de tierra, se requiere confirmar con frecuencia si se alcanzan dichos valores (algunas veces al día).

Los datos de precipitaciones pluviales obtenidos deben ser convertidos en precipitaciones diarias y representados en gráficas de barra utilizando la unidad de milímetro (mm). De acuerdo con las necesidades, deben ser mostradas también las precipitaciones por horas y las precipitaciones acumulativas. Si se añaden en estas gráficas las variaciones del desplazamiento de tierra y del nivel de las aguas subterráneas medidos por otros instrumentos de monitoreo, resulta fácil visualizar la correlación correspondiente.

Los datos obtenidos deben ser guardados separadamente en varias computadoras y servidores, haciendo la copia de seguridad sin falta.

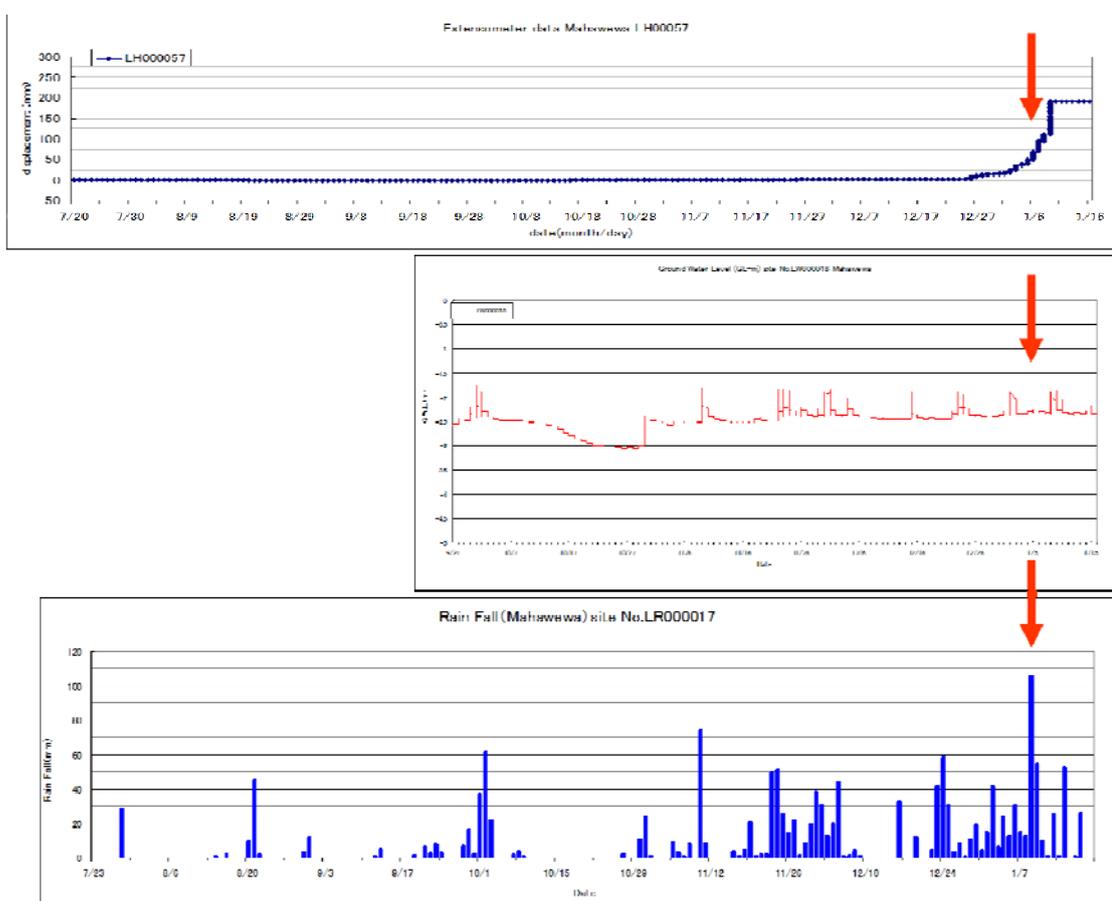


Figura 1.5.3 Ejemplo de las gráficas de precipitaciones (abajo), aguas subterráneas (medio) y variación de movimiento de tierra (arriba) (Fuente: JCT)

Cuando se selecciona el modo automático en el eje vertical (precipitaciones diarias en mm) al mostrar las precipitaciones en gráfica mediante software, se producen problemas de que aparece la gráfica de barra como valor máximo, aunque la cantidad de lluvia sea muy pequeña, y se modifica el valor máximo en el eje vertical cada vez que se visualiza la gráfica, por lo que resulta

diferente la forma de las gráficas aun cuando los valores medidos sean iguales, etc. Por lo tanto, se debe seleccionar previamente el modo manual, de manera que el valor máximo en el eje vertical corresponda a la máxima precipitación del día durante todo el año. Concretamente, es deseable que dicho valor esté entre 50 y 150mm.

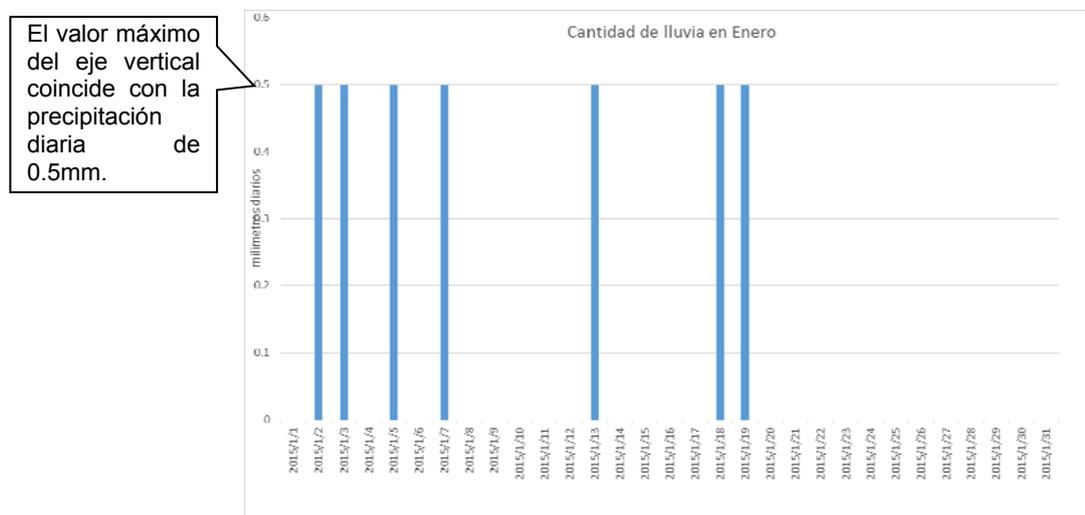


Figura 1.5.4 Ejemplo de la configuración automática en el eje vertical (precipitaciones diarias en mm) (Fuente: JCT)

1.5.4 Mantenimiento del instrumento

En el mantenimiento del pluviómetro se realizan los siguientes trabajos:

a. Limpieza de la boca receptora de agua

Se realiza una inspección periódica (2 veces al año, aprox.) de la boca receptora de agua, para eliminar hojas caídas y polvo acumulado, que pueden causar obstrucción y suciedad de la misma.

b. Limpieza del cubo basculante

Se realiza una inspección periódica (2 veces al año, aprox.), y si tiene suciedad, se elimina con un paño de silicona.

c. Confirmación del cableado eléctrico

Se realiza una inspección periódica (1 vez al año, aprox.) del cableado eléctrico para ver si hay contacto deficiente u óxido. En caso afirmativo, se reaprieta la parte floja o se cambian las piezas.

d. Mantenimiento del ambiente alrededor del instrumento

Si hay ramas de plantas u otros obstáculos por encima del instrumento, y se considera que la lluvia no cae correctamente sobre el mismo, se podan las plantas y eliminan los obstáculos.

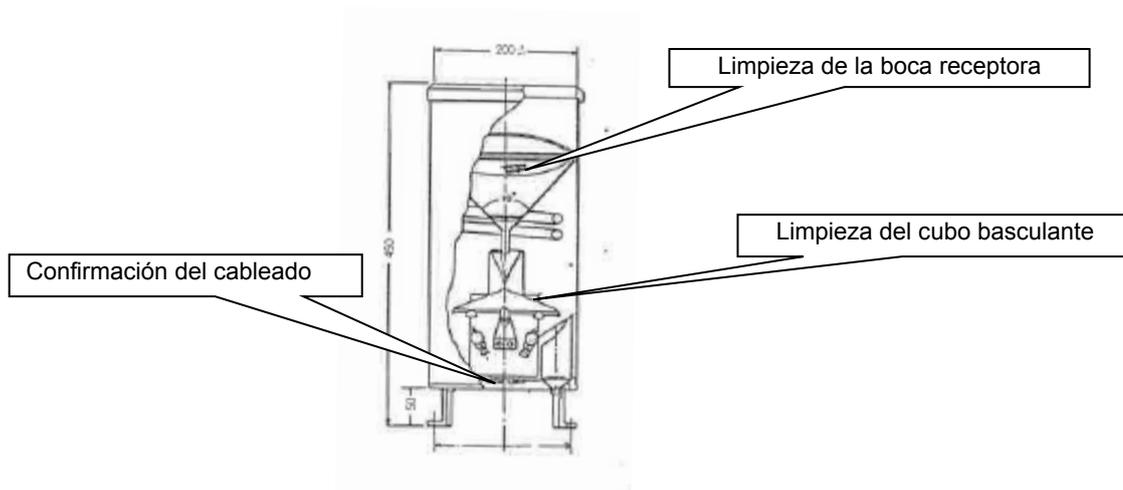


Figura 1.5.5 Mantenimiento del instrumento (Fuente: JCT)

Por otra parte, cuando se observan cambios en los datos del pluviómetro aunque no llueva, o al contrario, no se aprecia ningún cambio en dichos datos a pesar de la lluvia, es decir, cuando hay algún cambio que no está en consonancia con las lluvias que se sienten, se juzga que el instrumento está averiado o existen condiciones deficientes en el punto de instalación.

En la tabla de abajo se muestra la lista de chequeos que se utilizan para la inspección y mantenimiento del pluviómetro.

Tabla 1.5.1 Lista de chequeos del pluviómetro (Fuente: Lista de inspecciones actualizada del modelo NetLG-201 de OSASI-TECNOS)

Rubros	Puntos de inspección	Juicio	Observaciones
Estado de instalación del cubo basculante	• Confirmar que el cubo basculante no tenga corrosión ni rotura, y que esté instalado horizontalmente.		
	• Confirmar que haya una visibilidad de 45° por encima del cubo basculante.		
	• Confirmar que no haya basura ni sedimentos en el embudo interior.		
	• Confirmar que no haya deformación ni enganches en el cojinete del cubo basculante, siendo suave el movimiento.		
	• Confirmar que no haya defectos ni cortes en el cable de transmisión de señales.		
Registrador de datos	• Confirmar que no haya óxido, abolladuras, grietas ni huellas de fuga de agua en el aspecto exterior.		
	• Confirmar que no haya óxido en la mesa de terminales de conexión con la fuente eléctrica exterior.		
	• Confirmar que no haya óxido ni huellas de fuga de agua en los conectores de comunicación.		
	• Confirmar el estado del cable de conexión en el conector de comunicación (desconexión, corte de hilo, etc.)		
	• Confirmar la carga remanente de la batería (batería principal más de 2.8V).		
	• Confirmar que la batería principal se conmute a la batería secundaria (al sacar la batería principal).		
	• Confirmar que no haya óxido ni huellas de fuga de agua en el porta-baterías.		
Confirmación de datos a ingresar	• Confirmar la introducción correcta de datos volteando intencionalmente el cubo basculante.		

1.6 Medición de grieta

1.6.1 Medición de grieta superficial

Se clavan estacas de madera en ambos lados de la grieta, por las cuales se pasa una tabla de desplazamiento, y se mide la cantidad de expansión o contracción de la brecha de la tabla cortada por la sierra. Se trata de un método barato y sencillo de instalación, por lo que es deseable utilizarlo en el mayor número posible de grietas para medir la cantidad de su desplazamiento. Aunque la precisión de medición no es tan alta por comparación con el extensómetro tipo mecánico explicado en el apartado anterior, se puede observar suficientemente la actividad de movimiento en general y medir la cantidad de desplazamiento.

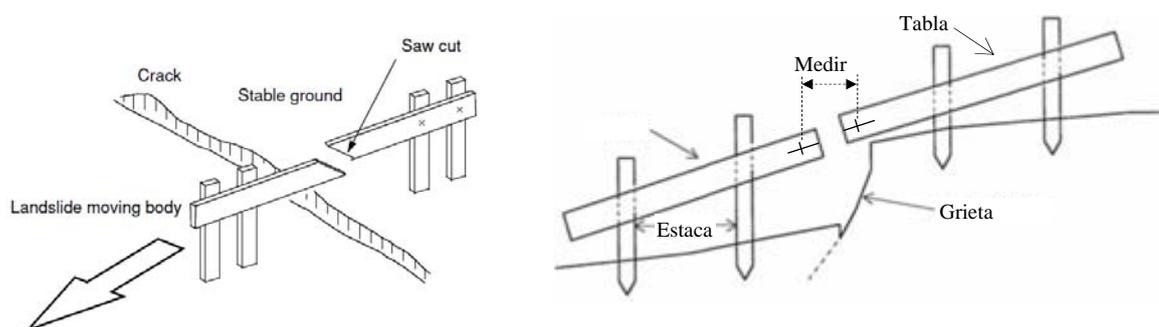


Figura 1.6.1 Medición de grietas por estacas de referencia (Fuente: JCT)



Figura 1.6.2 Ejemplo de instalación de estacas de desplazamiento (Fuente: JCT)

Se debe realizar la medición mediante este sistema con frecuencia alta. Es deseable hacer la medición una vez a la semana en los lugares de movimiento de tierra en activo. Este sistema queda expuesto a la vista de la gente, siendo muy fácil que se convierta en objeto de actos vandálicos. Asimismo, el material es madera, por lo que existe posibilidad de corroerse o quemarse. En caso de ocurrir esta situación, el sistema debe ser instalado de nuevo o trasladado a otro sitio.

1.6.2 Medición de grieta de una estructura

En los lugares de deslizamiento de tierra aparecen de vez en cuando grietas en el suelo, pared, o muro de los edificios y en la superficie de las calles. En este caso, midiendo la extensión y

elongación de la grieta, se puede diagnosticar y evaluar la actividad de movimiento. Cuando aparece una grieta en el suelo del edificio o en la superficie de la calle, se pone una marca en la grieta y se mide la extensión de la misma con una frecuencia determinada. Igualmente, se marcan ambos extremos de la grieta para observar su elongación. Cuando se produce una grieta en la pared, tapia o muro de un edificio, tal como se muestra en la figura 1.6.3, se puede medir la brecha colocando directamente una regla o equivalente.



Figura 1.6.3 Ejemplo de colocación de una regla (Ejemplo de NBRP en Sri Lanka)
(Fuente: JCT)



Figura 1.6.4 Medición de la grieta en la superficie de la calle y en un muro

1.7 Inclinómetro tipo Tensiógrafo

El inclinómetro tipo tensiógrafo es un instrumento que se entierra en un lugar donde hubo un deslizamiento de tierra para detectar la variación de deformación del tubo mediante señales eléctricas, y medir la posición (profundidad) de la cara deslizada y observar el estado de actividad de movimiento. Se caracteriza por su alta sensibilidad, siendo posible detectar un movimiento mínimo de tierra. Por otra parte, el costo es barato en comparación con otros equipos de medición, siendo muy efectivo como método de medición en caso de requerirse numerosas perforaciones.



Figura 1.7.1 Instalación del inclinómetro tipo tensiógrafo (izquierda) e inclinómetro (derecha) (Fuente: JCT)

1.7.1 Objetivo de instalación

El inclinómetro tipo tensiógrafo detecta, por señales eléctricas, la deformación del tubo fijado con relleno de arena dentro del orificio perforado, mediante las galgas extensométricas que se pegan en el tubo, y juzga la posición de la cara deslizada. A partir de la evolución de esta deformación, se supone la actividad de movimiento de tierra.

Generalmente, se entierra el inclinómetro tipo tensiógrafo dentro del orificio que se perfora en varios puntos sobre la línea central del bloque de deslizamiento que va paralelo a la dirección del movimiento de tierra. Se puede conocer la posición (profundidad) y forma general de la cara deslizada uniendo las profundidades de la mayor deformación (curva) detectada en cada orificio. Asimismo, por sus características, en caso de existir varias caras deslizadas, es posible detectar la variación del movimiento de cada cara.

1.7.2 Principio y estructura de medición

Aprovechando la flexibilidad del tubo de PVC insertado y sujetado dentro del orificio perforado, se detecta la deformación (curva) producida por la actividad de movimiento de tierra, mediante las galgas extensométricas adherida en dicho tubo, y se capta así el movimiento del suelo.

En caso de la estructura normal del inclinómetro tipo tensiógrafo, se pegan 2 galgas extensométricas, anversa y reversa, en el tubo de PVC, desde las cuales se extiende el cable eléctrico hacia la superficie de la tierra (método de 2 galgas en una dirección). La parte en la que se pegan las galgas debe ser impermeabilizada con sumo cuidado, para evitar la entrada de aguas

subterráneas, así como debe tener un aislamiento suficiente. En caso de que no se vea clara la dirección del desplazamiento en la primera etapa del movimiento de tierra, existe otro método, que consiste en pegar 2 pares de 2 galgas cambiando la dirección en 90°, y averiguar la dirección del deslizamiento mediante la composición de los vectores de la cantidad de deformación (método de 2 direcciones con 4 galgas).

Cuando se ejerce una fuerza exterior sobre el tubo por la actividad de movimiento de tierra, el tubo se deforma (contracción en un lado y expansión en otro lado). El inclinómetro tipo tensiógrafo mide el cambio muy pequeño de la resistencia eléctrica mediante el registrador de datos, en el cual se convierte este cambio en valor de deformación. En este caso, se indica el valor de deformación duplicado, ya que se produce una deformación en un lado por la contracción, y otra deformación en el lado opuesto por la expansión.

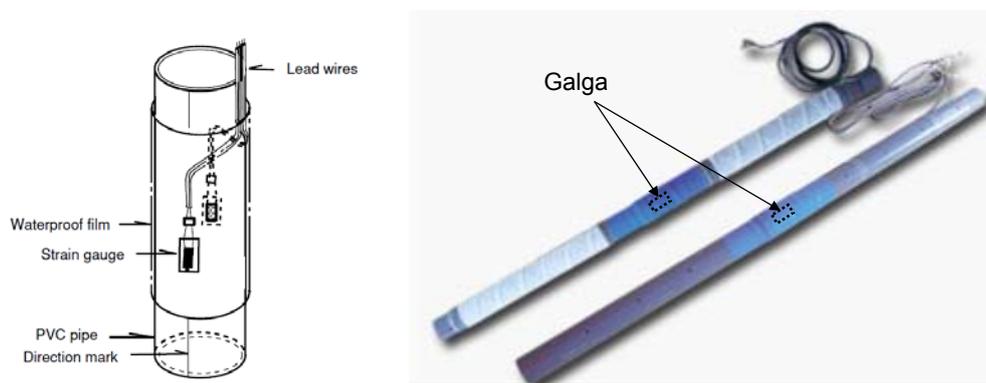


Figura 1.7.2 Aspecto del inclinómetro tipo tensiógrafo (Fuente: JCT)

El inclinómetro tipo tensiógrafo tiene una sensibilidad muy alta, por lo que puede detectar un movimiento subterráneo por muy pequeño que sea. Concretamente, cuando se dobla muy ligeramente el tubo, es capaz de indicar el nivel de $1,000 \times 10^{-6}$, y como rango mensurable en términos estrictos, se habla del rango entre $5,000 \times 10^{-6}$ y $6,000 \times 10^{-6}$, aunque existen algunos registradores de datos que tienen un rango prácticamente mensurable superior a $10,000 \times 10^{-6}$. Sin embargo, se pueden medir desplazamientos grandes (más de algunos centímetros).

1.7.3 Método de instalación

Los puntos a prestar atención en la instalación son los siguientes:

- Se perforan más de 3 orificios, como mínimo, sobre la línea central del bloque de deslizamiento, de manera que se pueda saber la forma de la cara deslizada.
- El inclinómetro tipo tensiógrafo se inserta dentro de la roca madre con una profundidad de incrustación suficiente. Normalmente, dicha profundidad es de 3 a 5m, pero teniendo en cuenta que puede haber alguna cara deslizada imprevista, es deseable instalar el inclinómetro perforando la roca madre de uno de los orificios 10m, aproximadamente, como mínimo.
- Generalmente, el intervalo de colocación de galgas extensométricas debe ser de 1m. En una distancia aproximada de 2 a 4m del tramo que se supone corresponder a la cara deslizada, se deben colocar las galgas a intervalos de 0.5m. Si dichos intervalos son demasiado grandes, cabe la posibilidad de que no se pueda conocer la cara deslizada.

- El límite de la profundidad de medición está en alrededor de 30m. Si esta profundidad es más grande, aumenta la cantidad de instrumentos y cables necesarios, por lo que resulta difícil insertar los mismos en los orificios, habiendo inseguridad también en el relleno de los tubos. Además, es posible que se produzca la deformación en los tubos inferiores debido al propio peso de los tubos superiores.

A continuación se indica el método de inserción concreta.

a. Inserción

Después de perforar un orificio, se inserta el inclinómetro tipo tensiógrafo en conexión con otros. En este momento, hay que tener cuidado para que la dirección de la galga no quede desfasada respecto a la dirección del movimiento de tierra.

b. Relleno de tierra

El espacio entre el tubo y la pared del orificio debe ser rellenado cuidadosamente con tierra. Existe la tendencia a que se obtengan mejores datos cuando se utiliza la lechada de hormigón, en lugar de arena o similares, ya que el espacio, en este caso, queda rellenado con mayor perfección.

Si el espacio no está bien rellenado, puede haber casos en que aparezca el pico de deformación muy alejado de la cara deslizada, o se detecte la deformación en una profundidad que no corresponda a esa cara, siendo fácil equivocarse en la determinación de la misma.

c. Obtención del valor inicial

Una vez instalado el inclinómetro, se guardan los cables bien ordenados dentro de la caja de protección, indicando el número del inclinómetro, profundidad instalada y fecha de instalación. Se dice que se requieren normalmente unos 7 días hasta que se estabilice el orificio, por lo que se mide el valor inicial después de haber transcurrido este período.

1.7.4 Método de medición y ordenación de datos

La obtención de datos del inclinómetro tipo tensiógrafo se realiza conectando el PC que tiene instalado el software exclusivo con el registrador de datos que se ubica en la superficie de la tierra.

Normalmente, cuando se trata de un deslizamiento en activo, se realiza la medición a intervalos de 1 a 3 días, sin embargo, en el caso de haber actividad muy notable de movimiento de tierra, probablemente se hacen 2 mediciones al día, ante el riesgo de que sea imposible la medición debido a la deformación excesiva del tubo.

Los datos medidos se resumen en un histograma de deformación. En este histograma se indica en el eje horizontal la cantidad de deformación acumulada desde el valor inicial, punteando sucesivamente los valores acumulados desde el fondo. En el esquema de deformación acumulativa por profundidades, se muestra la fecha en el eje horizontal y la deformación acumulada en el eje vertical, mostrando el cambio cronológico según cada profundidad. Para mejorar la comprensión de dicho esquema, se pueden adjuntar la columna estratigráfica, mapa de distribución de aguas subterráneas, precipitaciones, etc.

Los datos obtenidos deben ser guardados separadamente en varias computadoras personales y servidores, haciendo una copia de seguridad sin falta.

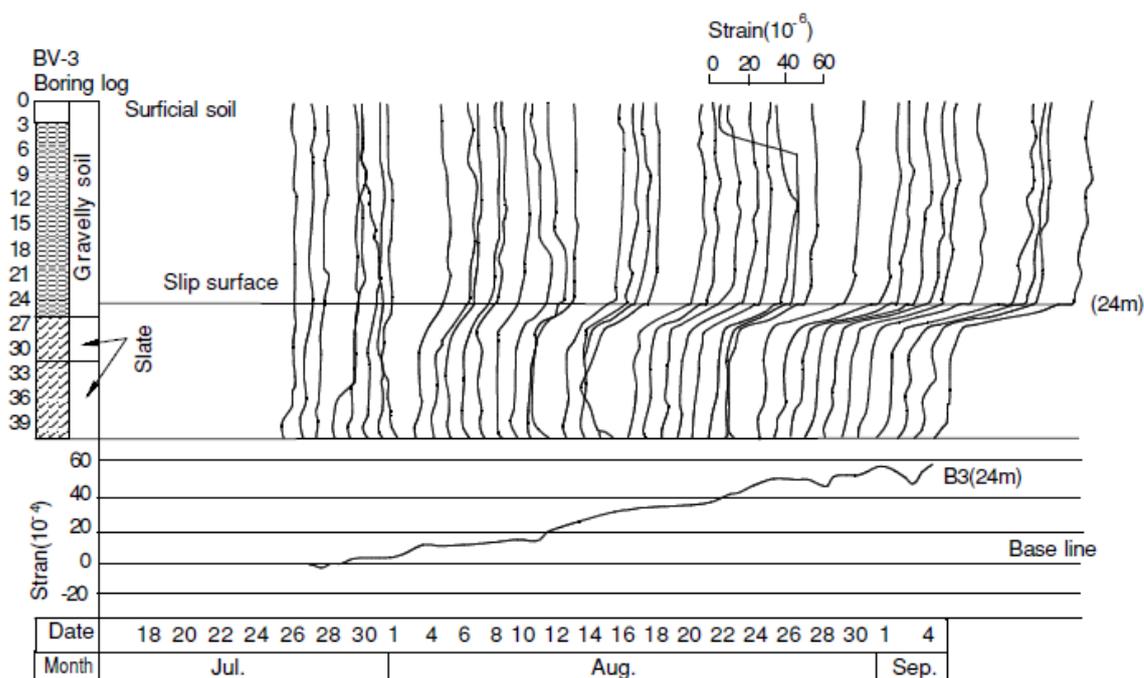


Figura 1.7.3 Ejemplo del esquema de deformación acumulada por profundidades (Fuente: Asociación Técnica sobre las Medidas contra Deslizamientos de Tierra)

1.7.5 Evaluación de datos y determinación de la cara deslizada

La determinación de la cara deslizante mediante el inclinómetro tipo tensiógrafo se realiza a partir del análisis del esquema de deformación acumulada por profundidades. Tal como se muestra en la figura de abajo (a), cuando se aprecia una deformación del tubo en una dirección y otra en dirección contraria, respectivamente, por encima y por debajo de una determinada profundidad, se puede interpretar que la cara deslizada se encuentra en la profundidad intermedia. Por otra parte, cuando se observa la deformación acumulada sólo en una profundidad, tal como muestran las figuras de abajo (b) y (c), se puede juzgar que la cara deslizada se encuentra cerca de esta profundidad.

El punto más importante para juzgar la cara deslizada es si existe o no una acumulatividad evidente en la deformación, siendo difícil considerar un desplazamiento brusco como cara deslizada.

Por otra parte, existe una tendencia a que la deformación que se observa se haga cada vez más pequeña a medida que se aleja de la cara deslizada, y cuando la distancia entre las galgas es grande, hay casos en que se detecta la deformación de la cara deslizada aunque la cantidad de deformación sea pequeña, por lo que se requiere tomar el juicio dando importancia a la existencia o no de acumulatividad en la deformación.

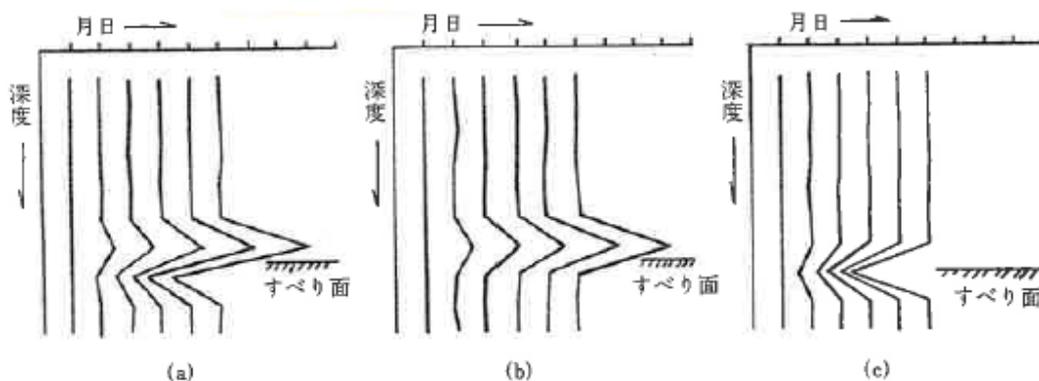


Figura 1.7.4 Ejemplo del esquema de deformación acumulada por profundidades (Fuente: Asociación Técnica sobre las Medidas contra Deslizamientos de Tierra)

La cara deslizada muchas veces se ve afectada por factores geológicos, por ejemplo, existencia de estratos de tova intercalados, límite entre la roca y la tierra, etc., por lo que se debe determinar la capa deslizada, desde el punto de vista integral, teniendo en cuenta los resultados del estudio geológico.

Se muestra abajo una tabla general sobre la determinación de la cara deslizada mediante el inclinómetro tipo tensiógrafo.

Tabla 1.7.1 Lista de diferentes deformaciones (Fuente: Añadiduras parciales a la lista elaborada en 1979 por Akitoshi Fujiwara)

Nivel de actividad	Variación diaria (μ)	Variación acumulada (μ /month)	Forma		Existencia de cara deslizada	Juicio general
			Tendencia acumulativa	Forma de variación		
Definido	Más de 10^2	Más de 5×10^3	Notable	Acumulativa	Hay	Cara deslizada verificada
Casi definido	Más de 10^2	Más de 10^3	Bastante notable	Acumulativa	Hay	Cara deslizada casi verificada
Latente	Más de 10^2	Más de 10^2	Hay bastante	Acumulativa, constante, confusa y regresiva	Hay	Cara deslizada latente
Anormal	Más de 10^2	Más de 10^3	No hay	Constante, confusa y regresiva	No hay	Otro fenómeno

1.7.6 Interpretación de datos anormales

Cuando el relleno no es suficiente, puede haber casos en que se observen datos confusos, debido a que el tubo no se sujeta firmemente dentro del orificio (véase la figura de abajo (a)). Cuando se cambia el diámetro del orificio de acuerdo con la profundidad de perforación, puede suceder que el relleno no sea suficiente en el punto de cambio del diámetro, provocando la misma tendencia arriba indicada.

Cuando transcurre un largo período de tiempo después de la instalación, puede producirse falta de aislamiento debido al deterioro del tratamiento impermeable y a la entrada del agua en las grietas formadas en el recubrimiento del cable, lo cual puede dar lugar a que aparezcan datos confusos (véase la figura de abajo (a)). Cuando tiene lugar esta situación, se necesita instalar de nuevo el inclinómetro tipo tensiógrafo en un punto cercano, o adoptar otro medio de medición, ya que este instrumento está terminando su vida útil.

Cuando el registrador de datos no funciona bien, se produce un desfase sutil en la lectura de los valores medidos (véase la figura de abajo (b)). En este caso, se requiere cambiar el registrador por otro nuevo, ya que se trata del fin de la vida útil o avería del instrumento.

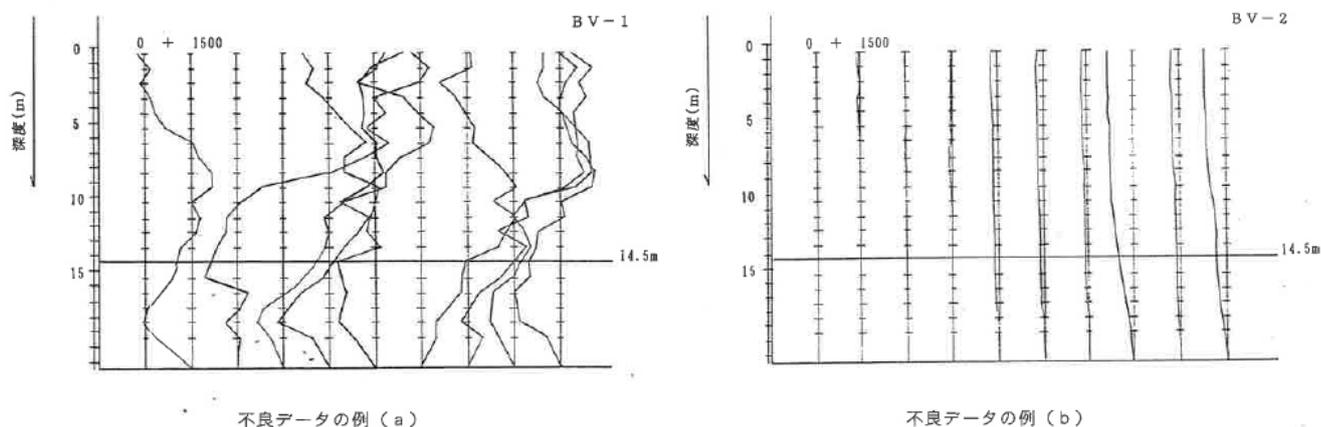


Figura 1.7.5 Ejemplos de datos anormales

(Fuente: Asociación Técnica sobre las Medidas contra Deslizamientos de Tierra)

1.7.7 Mantenimiento del equipo

a. Falso contacto por oxidación del cable

El inclinómetro tipo tensiógrafo mide la variación muy pequeña de la resistencia eléctrica, siendo propenso a producir datos anormales debidos a un falso contacto. Como contramedida, se necesita pulir bien el extremo del cable cada vez que se mide, así como mantener siempre limpio el punto de contacto con el registrador de datos. Igualmente, como contramedida antes de la instalación, se puede cambiar el alambre de núcleo por el tipo galvanizado, o utilizar cable de recubrimiento doble, lo cual puede mitigar este problema.

b. Corte del cable

El inclinómetro tipo tensiógrafo se encuentra en un ambiente húmedo dentro de la tierra, por lo que el cable, de más o menos 0.3mm^2 , es propenso a deteriorarse o cortarse. También, es posible que los ratones muerdan el cable y lo dañen. Como contramedida, se debe prestar atención siempre a los datos, y cuando se observa alguna anomalía, identificar el lugar del corte para repararlo, o fortalecer la protección del cable que sale a la superficie de la tierra. No obstante, hay que tener en cuenta que la vida útil del inclinómetro tipo tensiógrafo es de 1 a 3 años, siendo difícil que pueda hacer mediciones por períodos de tiempo más largos.

c. Malfuncionamiento del registrador de datos

Tal como se ha mencionado anteriormente, cuando el registrador de datos tiene problemas de funcionamiento, se produce un desfase sutil en la lectura de los valores medidos. Por lo tanto, es deseable tener preparadas galgas de calibración, para calibrar el instrumento cada vez que se haga la medición. En cuanto a la inspección periódica del registrador de datos, se debe realizar 2 veces al año, aproximadamente.

d. Deformación acumulada semejante

Hay casos en que se observa una acumulación notable de deformación, independientemente de la variación de las aguas subterráneas y precipitaciones. Asimismo, hay casos en que se aprecia deformación acumulada en lugares que no corresponden a la cara deslizada. En tales circunstancias, existe alta posibilidad de avería en las galgas extensométricas, la cual sucede cuando el tratamiento impermeable no es suficiente. Como contramedida, además de averiguar si hay algún cambio en la superficie de la tierra de los alrededores, se hace la confirmación cotejando con la variación de la deformación registrada en otros orificios de los alrededores.

【Bibliografía】

Asociación Técnica sobre las Medidas contra Deslizamientos de Tierra (2012): Guía sobre el Monitoreo de Deslizamientos de Tierra, páginas 141-144.

Akitoshi Fujiwara (1979): Análisis de Deslizamientos de Tierra y Medidas de Prevención, editado por Rikoh Tosho, página 17.

2 Sobre el Contramedida

2.1 Introducción

Las instalaciones de prevención de deslizamientos de tierra no deben ser consideradas como estructuras permanentes. Esto se debe a que el efecto esperado puede verse reducido ya sea por cambios climáticos producidos en el sitio o por causa del deterioro producido por el envejecimiento de las instalaciones. Es por este motivo que las instalaciones de prevención de deslizamientos de tierra requieren de mantenimientos periódicos.

Se han construido instalaciones de prevención de deslizamientos de tierra en las zonas de El Berrinche y El Reparto en la Ciudad de Tegucigalpa. En base a los estudios de monitoreo recientemente realizados se ha determinado que estas instalaciones se encuentran relativamente estables. Sin embargo, en el futuro las instalaciones podrían verse debilitadas por falta de mantenimiento y no se puede negar la posibilidad de que los deslizamientos se activen de nuevo. Asimismo, la vida de los pobladores de la zona puede verse afectada por la inestabilidad de la pendiente producida por remoción de tierras o trabajos de relleno de contrapeso.

Existe una amplia variedad de instalaciones de prevención de deslizamientos. Sin embargo, en este manual nos concentraremos en describir el método de mantenimiento y de determinación del efecto de las instalaciones que fueron implementadas en las zonas de El Berrinche y El Reparto.

Tabla 2.1.1 Lista de instalaciones de prevención de deslizamiento de tierra que se han implementado en la ciudad de Tegucigalpa (Fuente: JCT)

Zona de El Berrinche	Zona de El Reparto
Trabajos de drenaje de agua superficial	Trabajos de drenaje de agua superficial
Pozo de drenaje (obras de drenaje de aguas subterráneas)	Pozo de drenaje (obras de drenaje de aguas subterráneas)
Perforación de drenaje horizontal (obras de drenaje de aguas subterráneas)	Obras de remoción de tierras de la parte superior
Obras de remoción de tierras de la parte superior	Obras de relleno de contrapeso
Obras de relleno de contrapeso	

En cuanto al mantenimiento de las instalaciones de prevención de deslizamiento de tierra, es importante comprobar periódicamente el estado de las mismas a través de inspecciones oculares y equipos de monitoreo. En caso se encuentren deformaciones o problemas es importante tomar medidas rápidamente. Dado que el funcionamiento adecuado de estas instalaciones reduce o detienen los deslizamientos de tierra, si estas instalaciones presentaran problemas, el deslizamiento de tierras puede desestabilizarse. Si a esta situación le añadimos presencia de lluvias, puede activarse nuevamente el deslizamiento de tierras. Por lo tanto, las instalaciones de prevención de deslizamientos, básicamente deben estar siempre sujetas a mantenimiento periódico y no debe pensarse que después de su construcción ya no requieren mantenimiento. El mantenimiento de las instalaciones es de igual importancia que el trabajo de monitoreo que se realiza para controlar los deslizamientos de tierra.

2.2 Trabajos de drenaje de agua superficial

2.2.1 Objetivo

Los trabajos de drenaje de agua superficial se realizan para evacuar adecuadamente hacia fuera del área de deslizamiento el agua superficial o el agua colectada en la superficie del terreno de la zona de deslizamiento mediante obras de drenaje de aguas subterráneas. Si los trabajos de drenaje de agua superficial no funcionan de manera adecuada, se corre el riesgo de que el agua superficial se infiltre dentro de la zona de deslizamiento y se potencie la actividad del deslizamiento. La estructura es sencilla, sin embargo, ya que se trata de instalaciones para prevenir deslizamientos, cumple un papel sumamente importante.

Uno de los tipos de obra de drenaje de agua es el sistema de drenaje combinado (abierto y cerrado). Este sistema de drenaje incorpora en la parte inferior del canal de drenaje, tuberías de recolección de agua y una membrana impermeable, lo que permite no sólo el flujo del agua en la superficie, sino que también recolecta el agua subterránea no muy profunda con el objetivo de drenarla fuera de la zona de deslizamiento. Si se trata de una obra de drenaje combinado abierto-cerrado, se puede verificar observando si en la parte inferior del canal de drenaje existe o no un orificio de drenaje de canal cerrado. Sin embargo, el alcance de la obra se puede verificar a través de los planos de diseño y de construcción.



Canal abierto de agua superficial



Sistema combinado abierto y cerrado

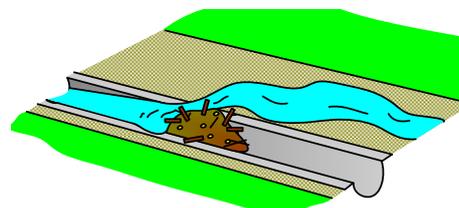
Figura 2.2.1 Canal abierto y sistema de canal combinado (Fuente: JCT)

2.2.2 Método de mantenimiento en condiciones normales

Las obras de mantenimiento más importantes en condiciones normales son: 1) limpieza interior del drenaje y 2) reparación de deformaciones. Es necesario realizar inspecciones de manera periódica e implementar los trabajos arriba mencionados si como resultado de la inspección se desprende la necesidad de implementar los mismos.

<Limpieza interior del canal de drenaje>

Es muy común que cuando el agua entra al drenaje de agua superficial, lo haga junto con tierra y arena de los alrededores. Existen casos en que esta tierra y arena fluyen con el agua por el drenaje, pero las partículas de mayor



(Fuente: JCT)

diámetro se depositan dentro del canal. Estos sedimentos que se depositan dentro del canal del drenaje junto con otros desperdicios como basura, etc. obstaculizan el paso del agua, por lo que dependiendo de las circunstancias, el agua puede derramarse fuera del canal produciéndose la infiltración de agua dentro del área de deslizamiento.

A fin de mitigar esta situación, es necesario limpiar periódicamente los sedimentos y basura dentro de los canales de drenaje, especialmente antes de empezar la temporada de lluvias fuertes en las que fluyen grandes cantidades de agua. Además, ya que la vegetación de los alrededores puede causarle deformaciones al canal de agua, es necesario eliminar también la vegetación de los alrededores.

De la misma manera, es necesario limpiar los sedimentos acumulados en la caja de colector de agua de una determinada sección.

<Reparación de deformaciones>

Las instalaciones de drenaje de agua pueden verse afectadas por grietas o huecos dentro de los canales de drenaje, los cuales reducen el efecto esperado de las instalaciones. Especialmente en las uniones de los canales de agua pueden producirse grietas o desniveles y es necesario tomar medidas inmediatas para su reparación.

Se consideran causas de los daños:

- actividad de deslizamientos
- cambios en la superficie del terreno producidos por socavación y cambios artificiales en el terreno

Si el daño al drenaje de agua superficial es causado por actividades de deslizamiento, es necesario tomar rápidamente medidas para mitigar el deslizamiento. Al mismo tiempo es necesario reparar en la mayor medida posible los daños causados al sistema de drenaje. Por otro lado, cuando la causa del cambio de la superficie del terreno se debe a la socavación o a cambios artificiales en el terreno, es necesario evacuar el agua que causa la socavación. Ya que la modificación del terreno puede ser también causada por cambios artificiales en la topografía del terreno y estos pueden ser temporales, incluso después de la reparación se debe verificar de forma periódica si es que la deformación continúa.

En caso de canales abiertos y cerrados, cuando el daño se observa solo en el canal de drenaje de agua superficial, se puede esperar que el agua se infiltre desde el lugar del daño hacia el canal del subsuelo y sea luego drenada a la superficie.

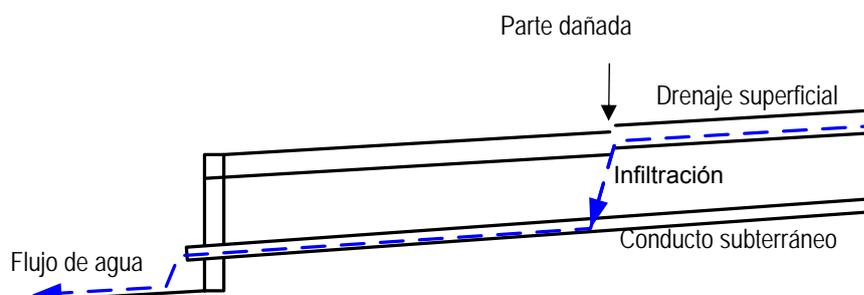


Figura 2.2.2 Ruta de drenaje cuando se infiltra agua desde el canal de drenaje superficial dañado cuando hay canales abiertos y cerrados. (Fuente: JCT)

Sin embargo, en caso la deformación sea ocasionada por actividades de deslizamiento, existe la posibilidad de que el canal subterráneo, así como la membrana impermeable estén dañados. En caso de canales abiertos y cerrados, cuando el canal de drenaje de agua superficial sufre daño, así se pueda verificar que el agua se infiltra hacia el subsuelo, en caso que no se pueda verificar que el canal cerrado esté drenando agua, existe una posibilidad que tanto el canal cerrado como la membrana impermeable hayan sufrido daños. Sea cual sea la causa, se debe reparar rápidamente cualquier daño o deformación que sufra el canal de drenaje de agua superficial.

2.2.3 Implementación de la inspección periódica

A fin de mantener el buen funcionamiento de las instalaciones de prevención de deslizamientos, es necesario realizar inspecciones periódicas. La frecuencia de inspección por lo general es de una vez al mes. La frecuencia de la inspección debe incrementarse a dos veces por mes especialmente durante la temporada de lluvias en la que aumentan los deslizamientos y en caso se haya detectado actividad de deslizamiento, es preferible incrementar la frecuencia dependiendo de la situación.

El propósito de la inspección, es comprobar que el sistema de drenaje de agua superficial esté funcionando correctamente e identificar oportunamente los lugares que pueden causar problemas. Esto también tiene el propósito de detectar en una etapa temprana la actividad de los deslizamientos. Por lo tanto, el principal punto de interés es verificar que el agua esté fluyendo correctamente dentro de los canales sin obstáculos y que el agua sea drenada y evacuada fuera del lugar de deslizamiento. Los principales puntos de interés son los siguientes:

- Verificar que el agua superficial esté fluyendo al canal de drenaje sin obstáculos
- Verificar que no haya obstrucciones en los canales de agua
- Verificar que el canal pueda contener la cantidad de agua que recibe (revisar que no se desborde el agua)
- Verificar que no haya grietas en el canal de agua que permitan la infiltración de agua al subsuelo.
 - (En caso haya grietas) ¿Dónde están ubicadas?
 - (En caso haya grietas) ¿En qué parte del canal?
 - (En caso haya grietas) ¿Cuál es el tamaño de la grieta?
 - (En caso haya grietas) ¿Es una grieta nueva?
 - (En caso haya grietas) ¿Hay algún desplazamiento debido a la grieta?
 - (En caso haya grietas) ¿Cuál es la dirección del desplazamiento?
 - (En caso haya grietas) ¿Desde la grieta brota agua?
 - (En caso haya grietas) ¿En la superficie de la tierra también existen varias grietas continuas?
 - (En caso haya grietas) ¿Cuál se estima es la causa de la grieta?
 - (En caso haya grietas) Verificar el método y cantidad a reparar
- En el caso de canales cerrados, verificar que no estén drenando agua

Una vez que estos puntos a tomar en cuenta se hayan verificado en el sitio, se debe elaborar una ficha de inspección que describa los resultados. Este formato de ficha debe ser utilizado como formato estándar y debe ser completado en cada inspección que se realice. Estas fichas de inspección deben ser debidamente archivadas y conservadas de manera que puedan ser fácilmente consultadas cuando sea necesario. Al final de este manual se anexa una propuesta de formato de ficha de inspección como material de referencia.

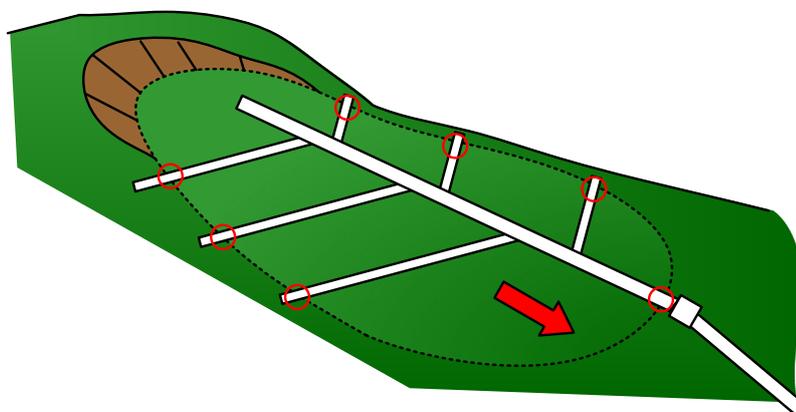
Después de la inspección, en base a los resultados arrojados por la inspección, se deben reparar los lugares que presentaron problemas. En cuanto a la metodología de reparación y la cantidad de trabajo, estos se deben decidir en cierta medida durante la inspección.

2.2.4 Estimación de la causa de la deformación

En caso se identifiquen grietas o desplazamientos del canal de agua, la estimación de las causas que las originaron servirán como referencia para darles mantenimiento. De la situación identificada durante la verificación de los puntos a considerar en la inspección anteriormente mencionados, se deben estimar las causas que originaron la deformación.

■ Ubicación de las deformaciones y grietas

Dependiendo del lugar donde se ubique el bloque de deslizamiento, se puede estimar si la deformación del canal de agua ha sido causada por el deslizamiento de tierra o si ha sido causada por una deformación localizada del terreno. Si el lugar donde ha ocurrido la deformación se encuentra en el límite con el bloque de deslizamiento, existe una alta probabilidad de que haya sido causada por actividad del deslizamiento. Es necesario revisar los resultados del monitoreo y verificar si hubo o no actividad de deslizamiento.



Si se encuentra deformaciones en los lugares marcados en rojo, es probable que hayan sido causadas por actividad de deslizamientos.

Figura 2.2.3 Partes del canal de agua susceptibles a ser deformados a causa de actividades de deslizamiento (Fuente: JCT)

Incluso si se observa una deformación dentro del bloque de deslizamiento previsto, también existe la probabilidad de que haya ocurrido un deslizamiento de tierra de menor escala. Si se observa una deformación del canal de agua, no se debe descartar la posibilidad de que haya sido causada por un deslizamiento de tierra y es necesario investigar la situación de los alrededores del lugar afectado.

■ Ubicación de las grietas y deformaciones del canal de agua

Verificar la ubicación de las grietas y las deformaciones del canal de agua. La mayoría ocurren en las uniones del canal y en otros casos en los que el canal ha recibido una fuerza muy grande y rápida suelen ocurrir grietas o deformaciones en el cuerpo mismo del canal. En algunos casos las grietas pueden deberse al crecimiento de las raíces de plantas alrededor de las uniones del canal. Además, también puede darse que el agua superficial al escurrirse dañe el canal de agua o que al realizarse movimientos de tierra en los alrededores, genere deformaciones localizadas del terreno o genere la aparición de grietas. Por otro lado, si se da un cambio sustancial en la linealidad del canal de agua, es mejor sospechar que ha sido causado por una actividad de deslizamiento (ver la siguiente figura).

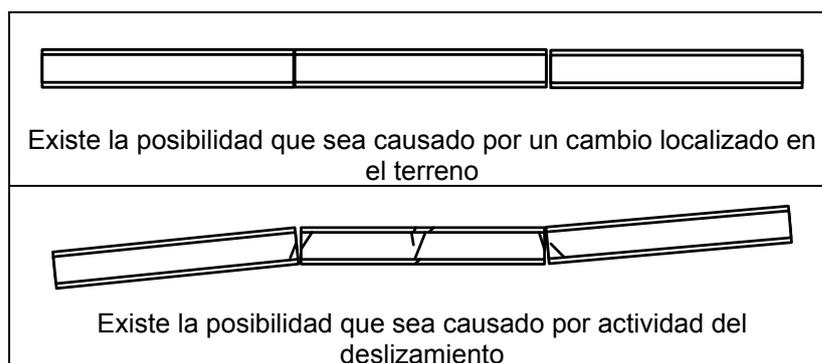


Figura 2.2.4 Estimación de la causa por la ubicación y el estado de la grieta del canal de agua (Fuente: JCT)

■ Ancho de abertura de la grieta

Es difícil estimar la causa tomando como consideración el ancho de la abertura de la grieta, sin embargo, realizando mediciones periódicas, se puede verificar si este va cambiando con el tiempo. Si el ancho de abertura de la grieta va creciendo continuamente, existe la posibilidad de que el terreno esté sufriendo cambios continuos lo cual lleva a sospechar que son causados por actividades de deslizamiento.

■ Tiempo de la grieta

Se puede determinar el tiempo de la grieta según la cantidad de suciedad acumulada en el corte de la grieta. Se encuentra una grieta nueva, se debe constatar si existen cambios en el terreno o el medio ambiente alrededor de la misma (en el canal de agua, desarrollo de zona residencial). Además, se deberá prestar atención a los siguientes puntos al realizar la inspección para verificar si la grieta continúa creciendo.

■ Dirección de desplazamiento

En caso el desplazamiento del canal de agua se origine por actividad de deslizamiento, es posible estimar en qué el lugar del bloque de deslizamiento se encuentra el canal de agua tomando como partida la dirección del desplazamiento. No se puede determinar a ciencia cierta que la causa ha sido actividad de deslizamiento con solo ver que se ha desplazado el canal, sin embargo, esto se puede estimar tomando en consideración la dirección de desplazamiento y la ubicación del bloque de deslizamiento.

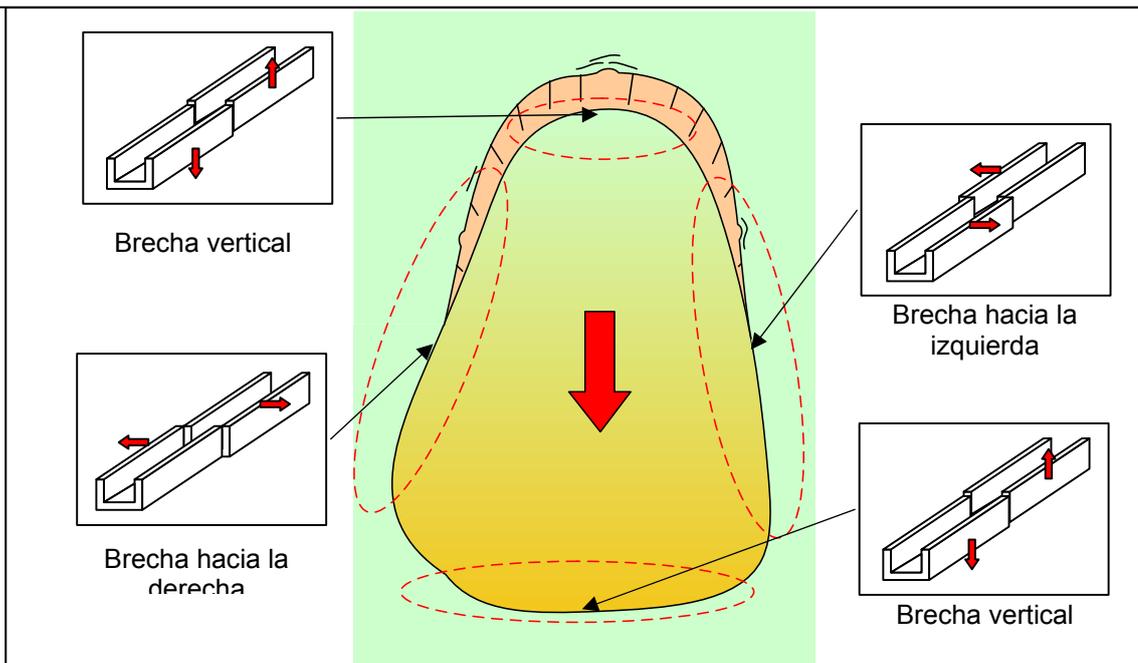


Figura 2.2.5 Relación entre la dirección de desplazamiento del canal de agua y la ubicación del bloque de deslizamiento (Fuente: JCT)

■ Presencia de brotes de agua

Cuando el nivel de agua subterránea es muy poco profundo, a veces se puede verificar brotes de agua desde las grietas del canal. Cuando el nivel de agua subterránea es muy poco profundo con respecto de la superficie del terreno, promueve la socavación o debilitamiento del terreno. Como medida se puede cerrar las aberturas en las grietas en las que se ha detectado brotes de agua, sin embargo, puede ser bueno también poner una tubería plástica o abrir un orificio para drenaje en la pared del canal de agua hacia el lado de la montaña.



Figura 2.2.6 Brotes de agua en las uniones del canal (flecha roja) (Fuente: JCT)

■ Grieta continua

Si se verifica una grieta no solo en el canal sino que esta continúa sobre el terreno, existe la posibilidad de que esta sea originada por actividad de deslizamiento. Si se encuentra una grieta o deformación en el canal de agua, se debe también revisar con cuidado los alrededores.

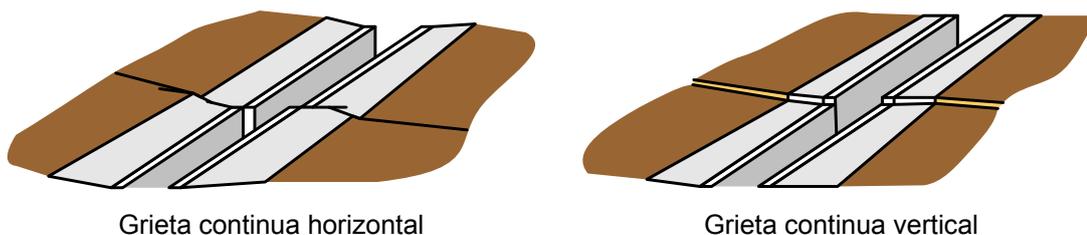


Figura 2.2.7 Deformación den el canal y grieta continua en la superficie del terreno a (Fuente: JCT)

■ Presencia de agua de drenaje en canales cerrados

Los canales cerrados se usan para drenar agua subterránea muy poco profunda. No es particularmente necesario medir la cantidad de agua drenada por los canales cerrados, pero sí es necesario constatar y registrar si se encuentran o no drenando agua. Si de repente se constata que se está drenando agua desde los canales cerrados, se puede pensar ya sea que el nivel de agua subterránea en los alrededores se ha elevado o que se está infiltrando agua superficial hacia el subsuelo. Por otro lado, si de repente la cantidad de agua drenada por el canal cerrado disminuye o escasea, se puede pensar ya sea que el nivel de agua subterránea en los alrededores ha disminuido o que el canal está obstruido o dañado. Ya que la causa principal de daños al canal cerrado se debe a deformaciones del terreno debido a deslizamientos, se debe determinar si existe o no actividad de deslizamiento, en base a los resultados arrojados por el monitoreo. En algunos casos la disminución de la cantidad de agua drenada por los canales cerrados se debe a obstrucciones en el canal. Se debe eliminar la obstrucción usando el método que se indica más abajo en la sección sobre perforación de drenaje horizontal.

En este sentido, es necesario inspeccionar los canales de drenaje de agua superficial, no solo para determinar si existe actividad de deslizamiento, sino también para colectar otra información muy importante.

2.2.5 Método de reparación

Los trabajos de reparación de los canales de drenaje de agua superficial constan básicamente en rellenar las grietas. Con el fin de evitar la infiltración de agua por la abertura de la grieta, se rellena la grieta con mortero. Si el canal continúa deformándose debido a actividad de deslizamiento, será necesario tomar medidas más radicales. En caso de deformación del canal de agua debido a actividad de deslizamiento, es necesario continuar hasta detener la actividad de deslizamiento.

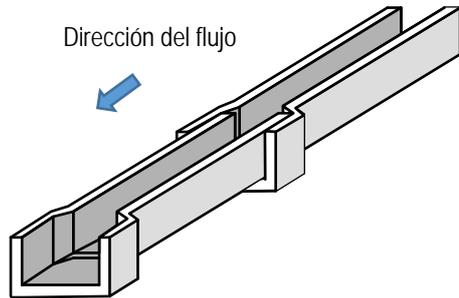
Dado que detener la actividad de deslizamiento requiere de tiempo y dinero, se debe priorizar la reparación del canal de agua superficial. En este caso, es necesario considerar una estructura que sea hasta cierto punto resistente a un deslizamiento. Se recomienda utilizar un material flexible para reparar una sección del canal de agua, en caso no sea fácil adquirir un material flexible, se puede utilizar una estructura flexible como gaviones, y se deben superponer las uniones del canal, o colocar una membrana impermeable sobre la superficie de la base.



Canal con tubo de acero corrugado



Canal con gaviones



Canal con uniones sobrepuestas



Canal con membrana impermeable

Figura 2.2.8 Ejemplo de reparación de un canal de agua (Fuente: JCT)

Si en temporada de lluvias el agua se rebalsa del canal, quiere decir que el diámetro del canal no es suficiente. Como causa, se puede pensar que cuesta arriba ha cambiado el área de captación de agua o que ha habido alguna modificación artificial del terreno. Si se determina que el diámetro del canal no es suficiente, tiene que volver a calcularse el flujo de agua y asegurar un tamaño de canal adecuado. El agua que se rebalsa del canal puede infiltrarse al subsuelo y causar actividad de deslizamiento. Por este motivo, es necesario tomar las medidas adecuadas en caso que se desborde el agua del canal.

2.3 Trabajos de perforación de drenaje horizontal (obras para drenaje de aguas subterráneas)

2.3.1 Objetivo

El aumento en el nivel del agua subterránea es uno de los factores contribuyentes a los deslizamientos de tierra. Las precipitaciones durante las temporadas de lluvia hace aumente el nivel del agua subterránea, lo que en muchos casos genera un estado de inestabilidad en los deslizamientos de tierra. Los trabajos de perforación de drenaje horizontal tienen como objetivo contener o incluso aminorar el aumento del nivel de agua subterránea que se encuentra en las zonas de deslizamientos de tierra. Aunque depende también de la topografía del terreno, es un trabajo de contramedida que por lo general se utiliza en zonas donde las aguas subterráneas se encuentran relativamente a poca profundidad.

Este tipo de obra se ha implementado solamente en la zona de El Berrinche, en un solo lugar. En la siguiente figura se muestra un diagrama estructural de un trabajo de perforación de drenaje horizontal.

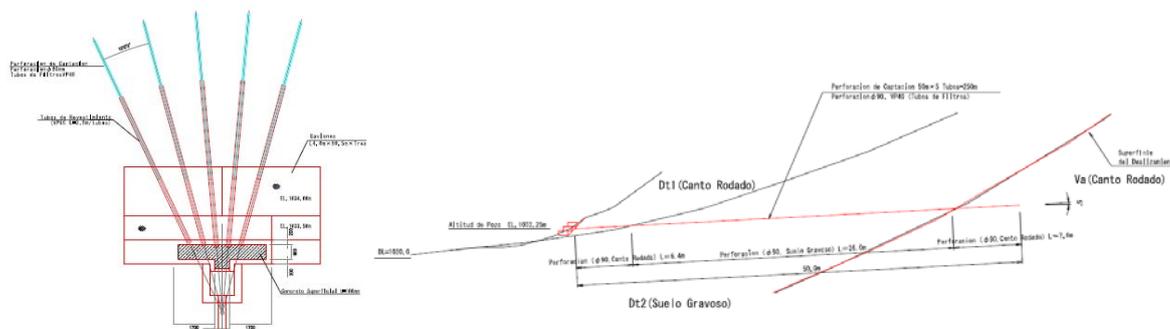


Figura 2.3.1 Diagrama estructural del trabajo de perforación de drenaje horizontal en la zona de El Berrinche (Fuente: Planos as-built)

En un trabajo de perforación de drenaje horizontal se inserta una tubería perforada para el drenaje dentro del suelo, razón por la cual por los agujeros a los costados de la tubería se filtra no sólo el agua subterránea, sino también los sedimentos que se encuentran dentro del suelo. Estos sedimentos se depositan dentro de la tubería, lo que puede interferir con la descarga de las aguas subterráneas. Asimismo, los deslizamientos pueden provocar la rotura de la tubería, haciendo que los sedimentos puedan salir desde ese punto. Además, existe la posibilidad de una rotura debido al envejecimiento de las tuberías de PVC. Aunque por lo general, la vida útil de una tubería de PVC se estima en unos 50 años, la misma es sensible a la radiación solar, por lo que existe el riesgo de que las partes expuestas a la superficie se puedan dañar con facilidad.¹

Una vez que se dañan, los trabajos de perforación de drenaje horizontal no pueden repararse ni reemplazarse. Por ello, el mantenimiento resulta de suma importancia para asegurar su mayor duración.

2.3.2 Método de mantenimiento

¹ Instituto de Investigación de Obras Públicas de Japón (2013): Caso de ejemplo de obras de drenaje horizontal para prevenir deslizamientos (en japonés), p.97

Los principales puntos de mantenimiento de un trabajo de perforación de drenaje horizontal son: 1) limpieza del interior de los orificios de drenaje, 2) reparación de las instalaciones accesorias. Al respecto, se deben realizar inspecciones periódicas, y de acuerdo a los resultados se deben realizar las tareas de mantenimiento antes mencionadas.

<Limpieza del interior de los orificios de drenaje>

En un trabajo de perforación de drenaje horizontal, se inserta una tubería de drenaje con orificios dentro del suelo, que capta el agua subterránea de los alrededores y la descarga al bloqueo de deslizamiento. Cuando el agua subterránea se filtra dentro de la tubería de drenaje, son muchos los casos en que al mismo tiempo también se filtran los sedimentos de los alrededores. En muchos casos estos sedimentos se escurren junto con el agua, pero los sedimentos relativamente más grandes se depositan dentro de la tubería. Estos depósitos de sedimentos afectan la descarga fluida dentro de las tuberías, provocando la reducción de la capacidad de descarga del trabajo de perforación de drenaje horizontal. Con el fin de evitar esta situación, se deben remover los sedimentos y la basura que se encuentran dentro de las tuberías, especialmente se debe realizar esta tarea antes de la temporada de lluvias, en que se producen descargas de grandes cantidades de agua.

En el caso de detectar un descenso en la cantidad de descarga de agua durante las inspecciones periódicas, las principales causas para este descenso que se pueden inferir son principalmente la obstrucción de los orificios o bloqueo de la tubería de drenaje, o una rotura. En dicho caso, se debe realizar una limpieza del interior de la tubería.

<Reparación de las instalaciones accesorias>

En un trabajo de perforación de drenaje horizontal, generalmente muchas de las construcciones se encuentran dentro del suelo, las cuales son muy susceptibles a recibir daños cuando se produce un deslizamiento de tierra. Asimismo, en los lugares donde la tubería de drenaje sale a la superficie, el suelo es muy susceptible a la erosión debido al agua que se está drenando. Para tales situaciones, con el fin de reducir el impacto de los trabajos de perforación de drenaje horizontal sobre las tuberías, se suele construir un muro de contención en las proximidades de la superficie de la tubería de drenaje.



Muro de protección de la boca del orificio a base de gaviones



Muro de protección de la boca del orificio a base de concreto.

Figura 2.3.2 Ejemplo de obra de trabajo de protección de la boca del orificio (Fuente: JCT)

El agua que fluye de la perforación de drenaje horizontal pasa por una caja de recolección de agua y se descarga fuera del suelo de deslizamiento a través de un canal de drenaje superficial. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento de los trabajos de perforación de drenaje horizontal y de los canales superficiales de drenaje deben ser coordinadas y realizadas al mismo tiempo. En el caso de que haya fugas de agua en la caja de recolección y se acumulen sedimentos, es necesario realizar las reparaciones con urgencia.



(Fuente: JCT)

Asimismo, en el caso de que se dañen las vallas que evitan el ingreso no autorizado de residentes locales, las mismas deben ser reparadas rápidamente. Por otro lado, la vegetación que crece en los alrededores de los canales puede ocasionar deformaciones en la boca de la tubería de drenaje, razón por la cual al mismo tiempo también se debe retirar la vegetación de los alrededores de la boca de drenaje.

2.3.3 Inspecciones periódicas

Con respecto a las inspecciones, las mismas deben realizarse periódicamente una vez al año y, de forma de extraordinaria, cuando se produzcan fuertes lloviznas o un sismo de gran magnitud. Por lo general, la inspección se lleva a cabo mediante una inspección ocular para comprobar si existen o no anomalías tanto dentro del suelo del deslizamiento como en las instalaciones de prevención de deslizamientos. En particular, se inspecciona que la tubería en las cercanías de las aberturas de los orificios no esté dañada, así como también el estado de acumulación de sedimentos, y el estado de drenaje de agua. Las inspecciones de emergencia, se realizan de manera similar a las inspecciones periódicas, mediante inspecciones oculares. Los puntos de inspección son los mismos.

El propósito de la inspección es comprobar si los trabajos de perforación de drenaje horizontal están funcionando correctamente, y poder descubrir de forma temprana aquellos puntos que pueden representar un problema. Concretamente, los puntos de atención son los siguientes.

- Presencia o no de drenaje (cambios en el volumen de agua drenada)
- Deformaciones en la tubería de drenaje
- Obstrucciones de la abertura de orificio
- Fugas de agua en la abertura del orificio
- Deformación o daño de las instalaciones de protección de la abertura del orificio

Estos puntos de atención se verifican in situ, y con los resultados de la inspección se elabora una ficha de inspección. Se utiliza la misma ficha de inspección, la cual se elabora con cada inspección. Las fichas de inspección se archivan y se conservan de manera que los resultados de inspecciones pasadas puedan ser consultados con facilidad. En el último apartado de este manual se muestra como material de referencia una propuesta de ficha de inspección.

Después de la inspección, según corresponda de acuerdo a los resultados de la inspección, se reparan aquellos lugares que presentan problemas. Con respecto al método de reparación, y el esfuerzo necesario para ello, es mejor que se decida in situ al momento de efectuar la inspección.

- Formato de ficha de inspección
- Método de gestión del resultado de la inspección
- Decisión sobre la solidez de las instalaciones en base a los resultados de la inspección (si se conservan las funcionalidades esperadas)

2.3.4 Causas de las deformaciones

Entre las principales causas de las deformaciones que se pueden presentar en una obra de drenaje de perforación horizontal, se pueden mencionar los daños o deformaciones a las instalaciones de protección de la abertura de la perforación, así como también las obstrucciones a la tubería de drenaje. El movimiento del terreno (deslizamiento de tierra) es considerado como la causa de los daños o deformaciones en las instalaciones que protegen la abertura de las perforaciones. Los movimientos del terreno se pueden confirmar a través de la revisión de los datos de monitoreo de los alrededores y a través de investigaciones de campo para verificar si se han presentado fallas, grietas u otras deformaciones en la superficie.

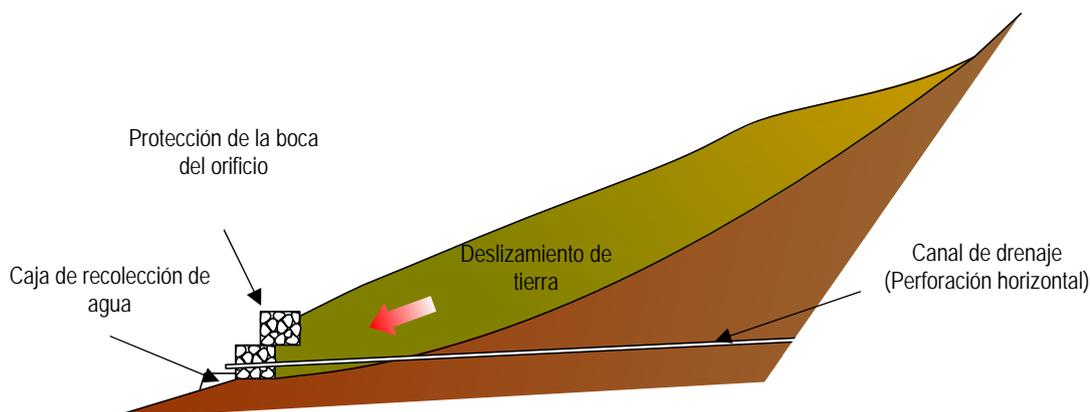


Figura 2.3.3 Gráfico de relación entre el deslizamiento de tierra y la posición de las instalaciones que protegen la abertura de la perforación (Fuente: JCT)

Por lo general, en una obra de drenaje de aguas subterráneas, la cantidad de agua drenada suele disminuir con el tiempo. Como causa de esta disminución de la cantidad de agua drenada se pueden considerar: 1) la reducción del nivel de las aguas subterráneas por las obras de drenaje, 2) la obstrucción del filtro del tubo de drenaje. En el caso de causa 1), se presenta el efecto deseado como resultado de la obra de drenaje, por lo que no se requiere ningún tipo de acción especial. En el caso de la causa 2), es necesario eliminar la obstrucción por medio de la limpieza de las tuberías de drenaje. A continuación se describe el método a seguir para la limpieza del interior de los orificios.

2.3.5 Limpieza de la tubería de drenaje

El filtro que causa la obstrucción de la tubería de drenaje se puede limpiar a través de la inyección de agua a alta presión, recuperando su funcionalidad original.

A continuación se muestran los equipos y como deben conectarse para realizar la limpieza de la tubería de drenaje.

Tabla 2.3.1 Lista de equipos para la limpieza de la tubería de drenaje (Fuente: JCT)

boquilla de limpieza	bomba de alta presión	generador eléctrico	manguera de presión
Con aberturas escape tanto en la parte de adelante y hacia la parte posterior.	35-70 ℓ/min, 14 MPa	9000W, 120/240V 30A	100R 2/2 L=90m
			

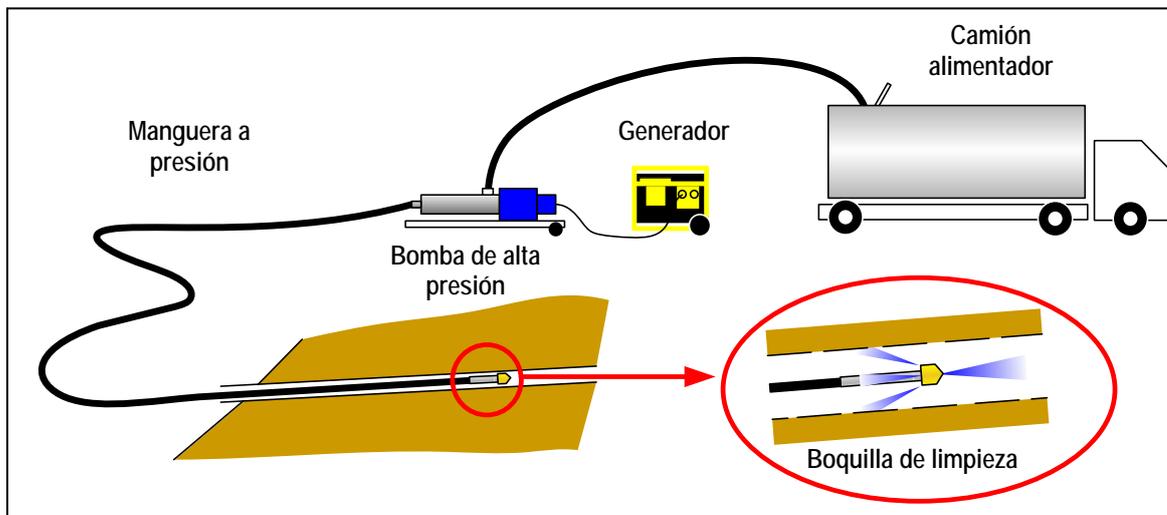


Figura 2.3.4 Conexión entre los equipos de limpieza (Fuente: JCT)

Sin embargo, hay un riesgo de que el chorro de agua a alta presión ensanche las paredes del lado de afuera de los orificios, o que se filtre una gran cantidad de agua al bloque de suelo cuyo deslizamiento se quiere evitar (ver Figura abajo), por lo tanto la limpieza se debe realizar cuidadosamente. En la medida de lo posible, se deben tomar consideraciones para que el agua no se concentre durante mucho tiempo en el mismo lugar.

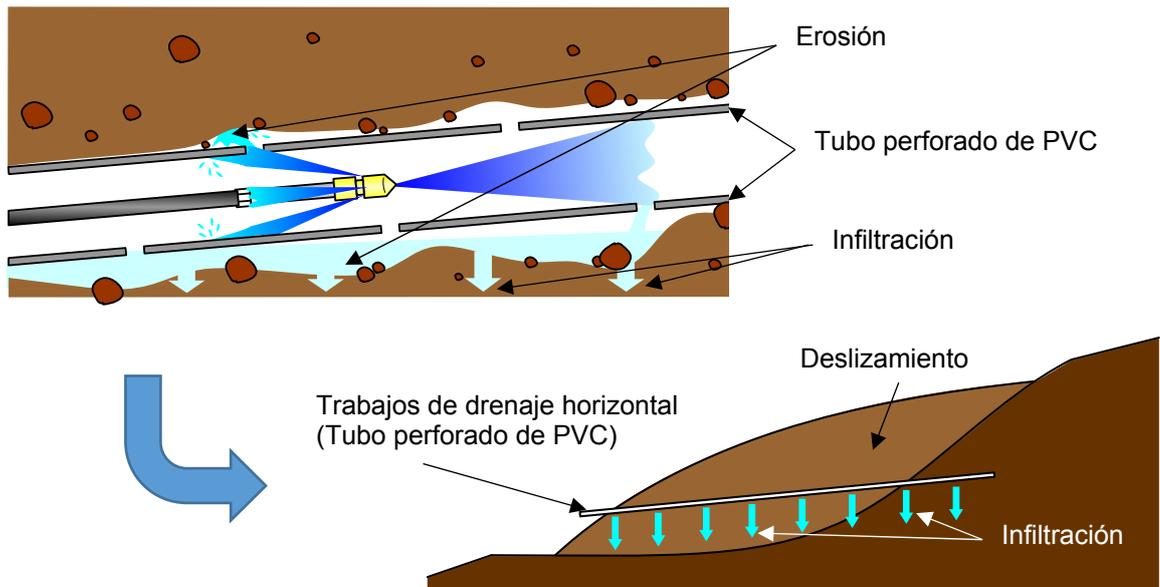


Figura 2.3.5 Posibilidad de contribuir al deslizamiento por el agua utilizada en la limpieza que se filtra al suelo (Fuente: JCT)

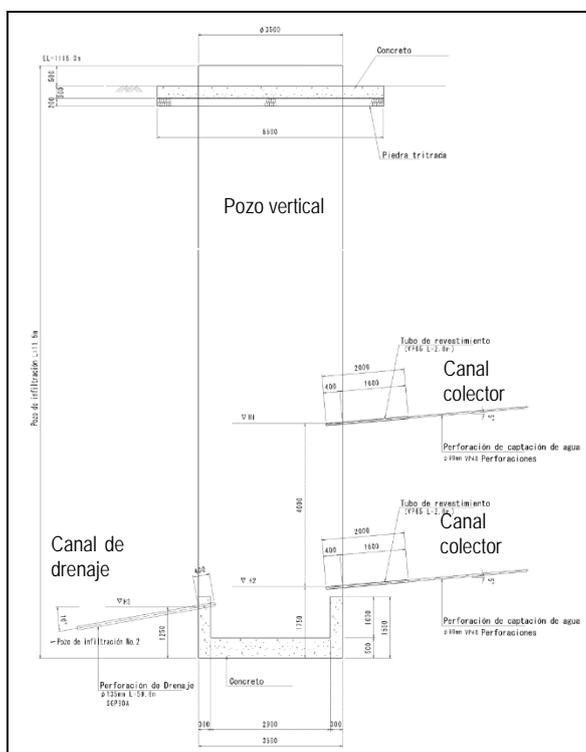
Después de la limpieza de la tubería, se deben retirar los sedimentos acumulados en la caja de recolección de agua y de los canales de agua.

2.4 Pozo de drenaje (obra de drenaje de aguas subterráneas)

2.4.1 Objetivo

El aumento en el nivel del agua subterránea es uno de los factores contribuyentes a los deslizamientos de tierra. Las precipitaciones durante las temporadas de lluvia hacen que aumente el nivel del agua subterránea, lo que en muchos casos genera un estado de inestabilidad en los deslizamientos de tierra. Un pozo de drenaje tiene como objetivo contener o incluso aminorar el aumento del nivel de agua subterránea que se encuentra en las zonas de deslizamientos de tierra. Por lo general, es una obra de contramedida que se utiliza en zonas donde las aguas subterráneas se encuentran en una ubicación relativamente profunda. O bien, se utiliza cuando el nivel de agua subterránea si bien tiene poca profundidad, la pendiente no es lo suficientemente inclinada, lo que dificulta que las tuberías de drenaje de la perforación de drenaje horizontal puedan llegar desde la superficie hasta el agua subterránea contenida dentro del suelo del deslizamiento.

El diagrama estructural de la obra del pozo de drenaje que se ha construido en la zona de El Berrinche se muestra a continuación.



<Limpieza de las tuberías de recolectoras y de drenaje de agua>

Una obra de pozo de drenaje consiste cavar en el suelo un pozo de 3.5m de diámetro, y en las paredes de dicho pozo se insertan tuberías con orificios en forma casi perpendicular al suelo, que permiten recolectar el agua subterránea reduciendo su nivel. El agua subterránea recolectada dentro del pozo es luego descargada a través de tuberías de drenaje fuera del suelo de deslizamiento. Cuando el agua subterránea pasa a través de las tuberías recolección, son muchos los casos en que al mismo también se filtran los sedimentos de los alrededores. En muchos casos estos sedimentos se escurren junto con el agua, pero los sedimentos relativamente más grandes se depositan dentro de la tubería de recolección. Estos depósitos de sedimentos afectan la descarga fluida dentro de las tuberías, provocando la reducción de la capacidad de descarga del pozo de drenaje. Con el fin de evitar esta situación, se deben remover los sedimentos y la basura que se encuentran dentro de las tuberías, especialmente se debe realizar esta tarea antes de la temporada de lluvias, en que se producen descargas de grandes cantidades de agua.

En el caso de detectar un descenso en la cantidad de descarga de agua durante las inspecciones periódicas, las principales causas para este descenso que se pueden inferir son principalmente la obstrucción de los orificios o bloqueo de la tubería de drenaje, o una rotura. En dicho caso, se debe realizar una limpieza del interior de la tubería.

El agua subterránea recolectada por el pozo de drenaje ubicado en la parte superior es descargada por la tubería de drenaje que se conecta a un pozo de drenaje en la parte inferior, y es finalmente descargada fuera del suelo de deslizamiento desde el último pozo de drenaje. Por lo tanto, la limpieza se debe iniciar desde el pozo de drenaje de la parte superior continuando hasta el último en la parte inferior.

<Reparación de las instalaciones accesorias>

En el caso de un pozo de drenaje, por lo general muchas de las construcciones se encuentran dentro del suelo, las cuales son muy susceptibles a recibir daños cuando se produce un deslizamiento de tierra. Las instalaciones accesorias son colocadas para el mantenimiento del pozo de drenaje, por lo que deben mantener su correcto funcionamiento. A continuación se muestran las instalaciones accesorias de un pozo de mantenimiento.

Tabla 2.4.1 Lista de instalaciones accesorias de un pozo de drenaje (Fuente: JCT)

Ubicación	Instalación accesorias
Superficie del terreno	Tapa del pozo vertical
	Escotilla de ingreso/egreso
	Pared exterior del pozo vertical
	Escalera para ascenso/descenso y barandilla
	Valla de seguridad
	Cimientos de hormigón
Sección subterránea	Cerraduras de la valla de seguridad y de la escotilla
	Paredes interiores del pozo vertical
	Refuerzos verticales de las paredes del pozo

Ubicación	Instalación accesoria
	Refuerzos horizontales de las paredes del pozo
	Escalera para ascenso/descenso y barandilla
	Plataforma para ejecución de tareas
	Cimientos de hormigón del fondo del pozo

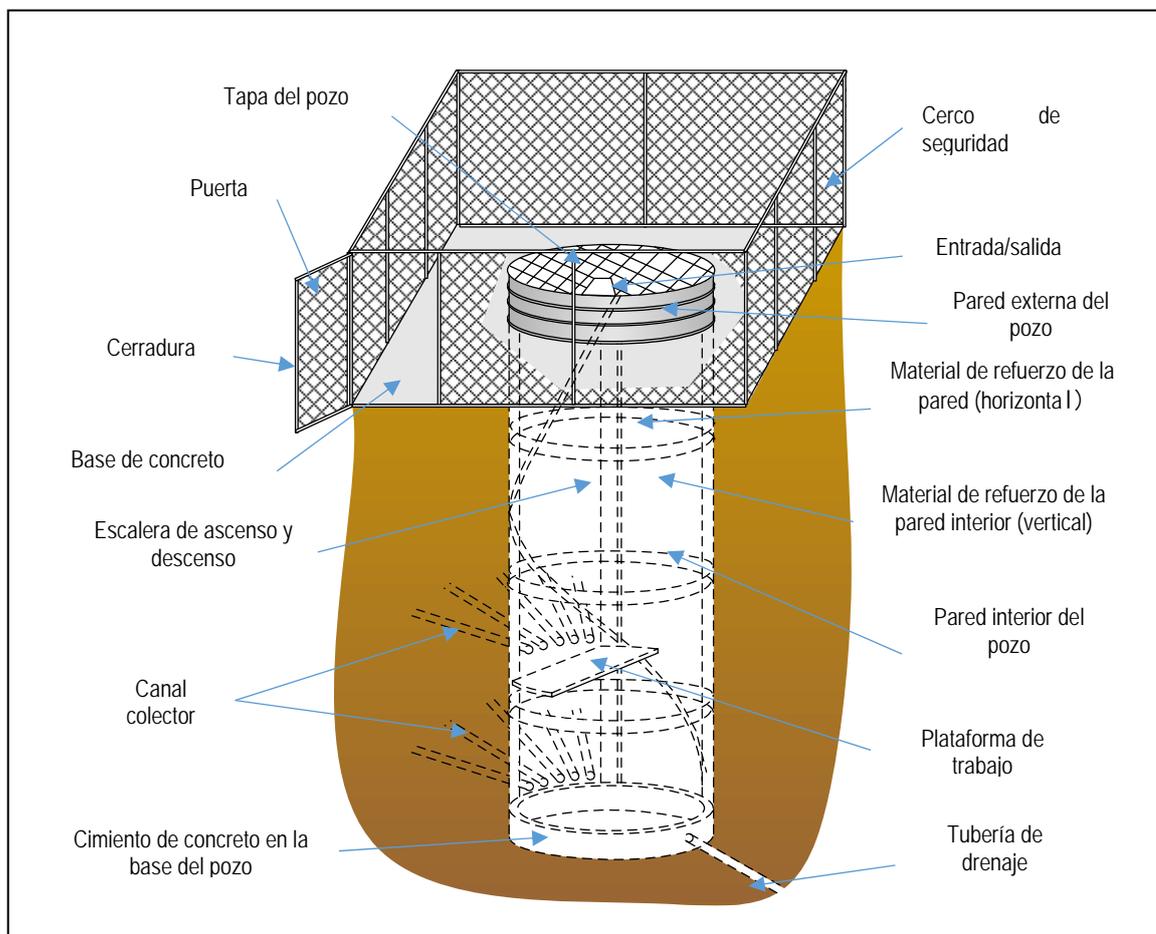


Figura 2.4.2 Instalaciones accesorias del pozo de drenaje (Fuente: JCT)

Asimismo, dado que en los alrededores de pozo suele haber mucha humedad, las instalaciones pueden ser dañadas por el crecimiento de la vegetación, por lo que la misma debe ser retirada al mismo tiempo de realizar el mantenimiento.

2.4.3 Inspecciones periódicas

Con respecto a las inspecciones, las mismas deben realizarse periódicamente una vez al año y, de forma de extraordinaria, cuando se produzcan fuertes lluvias o un sismo de gran magnitud. Por lo general, la inspección se lleva a cabo mediante una inspección ocular para comprobar si existen o no anomalías tanto dentro del suelo del deslizamiento como en las instalaciones de prevención de deslizamientos. En particular, se inspecciona que las tuberías de recolección no estén dañadas, así como también el estado de acumulación de sedimentos, y el estado de drenaje de agua. Las inspecciones de emergencia, se realizan de manera similar a las inspecciones periódicas, mediante

inspecciones oculares. Los puntos a revisar en una inspección de emergencia son los mismos que en las inspecciones comunes.

El propósito de la inspección es comprobar si el pozo de drenaje está trabajando correctamente, y poder descubrir de forma temprana aquellos puntos que pueden representar un problema. Concretamente, los puntos de atención son los siguientes:

Tabla 2.4.2 Puntos de atención para inspección periódica (Fuente: JCT)

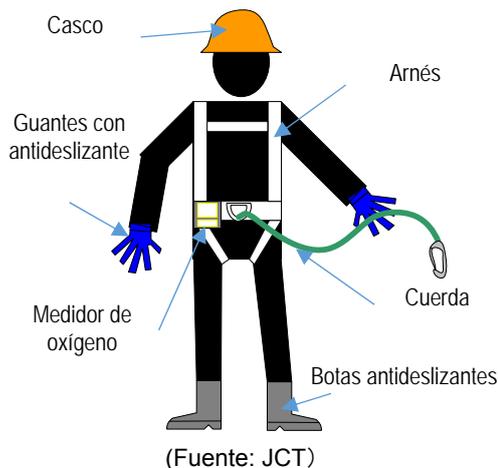
Exterior	Daños, deformaciones, corrosión de la tapa; deformación, destrucción de la valla; corrosión de la valla; deformaciones, grietas, aberturas.
Sección subterránea	Daños a los dispositivos de montaje de los refuerzos; daño, deformación o corrosión de la placa de revestimiento interno; inundaciones anormales; daño a las tuberías de recolección y obstrucción debido a la acumulación de lodo; daños a las tuberías de drenaje y obstrucción debido a la acumulación de lodo; cambios en la cantidad de agua drenada; grietas, daños en los cimientos de hormigón del fondo del pozo.
Otros	Estimación de fugas de agua utilizando los medidores de cantidad de agua; uso inadecuado y no autorizado por parte de los residentes

<Puntos de atención para el ingreso al pozo de drenaje>

Las inspecciones dentro del pozo y las tareas de mantenimiento deben realizar tomando las suficientes consideraciones con respecto a las medidas de seguridad.

- Uso de casco de seguridad
- Uso de cuerda de seguridad y arnés para evitar caídas
- Portación de medidor del nivel de concentración de oxígeno
- Supervisión del trabajo por varios operadores

En el interior del pozo tanto las escaleras de ascenso y descenso como las escaleras están mojadas, siendo muy propensos a los resbalones, por lo que se deben utilizar guantes y botas de goma.



Antes de entrar al pozo, con el medidor de concentración de oxígeno se debe comprobar el nivel de concentración de oxígeno dentro del pozo, cuidando que se reúnan las condiciones necesarias de seguridad.

En todos los casos, las tareas se deben llevar a cabo no por una, sino varias personas. Dentro del pozo, los trabajadores deben observar constantemente a los otros trabajadores, y estar listos para prestar auxilio rápidamente en el caso que se observen cambios, indicios o se comprueben accidentes con los otros trabajadores.

Los trabajos dentro del pozo por un mismo trabajador en forma continua deben limitarse a menos de una hora, pasada la cual, el trabajador debe salir y tomar un recreo o ser reemplazado por otro trabajador.

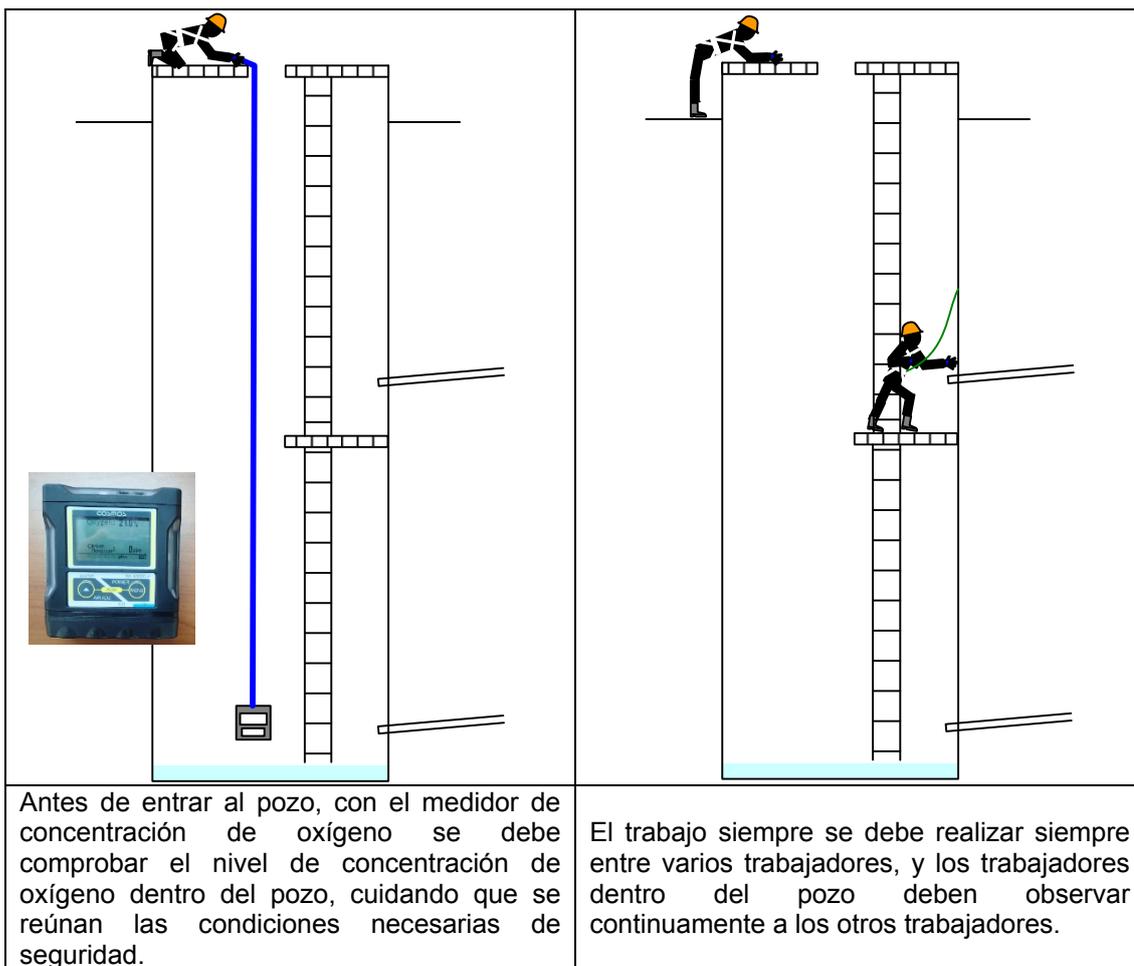


Figura 2.4.3 Medidas para garantizar la seguridad en los trabajos dentro del pozo
(Fuente: JCT)

Los puntos de atención de la tabla 4.3.1 se verifican in situ, y con los resultados de la inspección se elabora una ficha de inspección. Se utiliza el mismo formato de ficha de inspección, la cual se elabora con cada inspección. Las fichas de inspección se archivan y se conservan de manera que los resultados de inspecciones pasadas puedan ser consultados con facilidad. En el último apartado de este manual se muestra como material de referencia una propuesta de ficha de inspección.

Después de la inspección, según corresponda de acuerdo a los resultados de la inspección, se reparan aquellos lugares que presentan problemas. Con respecto al método de reparación, y el esfuerzo necesario para ello, es mejor que se decida in situ al momento de efectuar la inspección.

- Formato de ficha de inspección
- Método de gestión del resultado de la inspección
- Decisión sobre la solidez de las instalaciones en base a los resultados de la inspección (si se conservan las funcionalidades esperadas)
- Precauciones al momento de ingresar al pozo (comprobación del nivel de concentración de oxígeno, etc.)

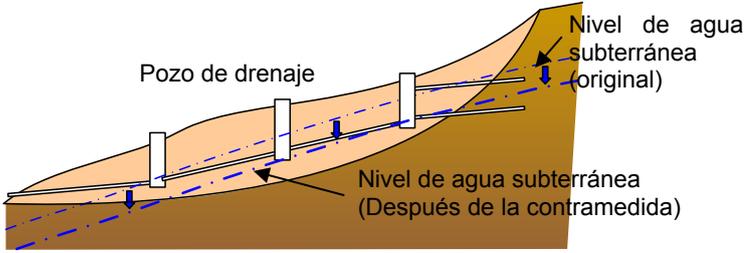
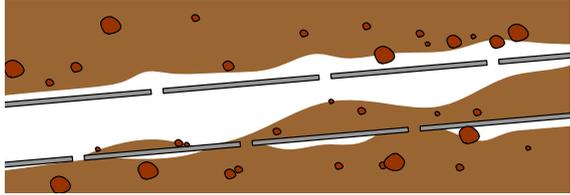
2.4.4 Causas de las deformaciones

En base a las mediciones periódicas de los volúmenes de descarga de las tuberías de recolección, se hace una evaluación de la condición general del pozo de drenaje. La medición del volumen de

descarga de agua debe realizarse especialmente en los meses de la temporada de lluvia todos los meses.

Por lo general, en una obra de drenaje de aguas subterráneas, la cantidad de agua drenada suele disminuir con el tiempo. Como causas de esta disminución de la cantidad de agua drenada se pueden considerar: 1) la reducción del nivel de las aguas subterráneas por las obras de drenaje, 2) la obstrucción del filtro del tubo de drenaje, 3) daños en las tuberías de recolección. En el caso de causa 1), se presenta el efecto deseado como resultado de la obra de drenaje, por lo no se requiere ningún tipo de acción especial. En el caso de la causa 2), es necesario eliminar la obstrucción por medio de la limpieza de las tuberías de drenaje. En el caso de la causa 3), principalmente existe la posibilidad de que movimientos de deslizamiento del terreno estén contribuyendo a esta causa, lo cual se puede confirmar a través de la revisión de los datos de monitoreo de los alrededores y a través de investigaciones de campo para verificar si se han presentado fallas, grietas u otras deformaciones en la superficie.

Tabla 2.4.3 Causas de las posibles deformaciones que se pueden dar en un pozo de drenaje
 (Fuente: JCT)

<p>Causa 1 Mediante la instalación de un pozo de drenaje, el nivel de agua subterránea tiende a reducirse, por lo que el volumen de agua subterránea drenada se reduce.</p>	
<p>Causa 2 Los sedimentos que se drenan junto con el agua subterránea se acumulan dentro de las tuberías de recolección, o pueden obstruir las tuberías de drenaje, por lo que la cantidad de agua subterránea drenada disminuye.</p>	
<p>Causa 3 Por los removimientos de deslizamiento del suelo, las tuberías de recolección ubicadas cerca de la superficie de deslizamiento se rompen o dañan.</p>	

2.4.5 Medidas a tomar cuando se considera que la capacidad ha disminuido

Con respecto a la causa 1 anteriormente mencionada, se presenta el resultado de que el pozo de drenaje ha funcionado, por lo que no se requiere ningún tipo de acción en especial. Para la causa 3, en el caso de que se hayan dañado las tuberías de recolección, no existe un método de reparación para este caso. En el caso de que el pozo de drenaje dañado no esté dando resultado, o

que exista riesgo de deslizamientos de tierra por el pozo de drenaje que no está funcionando, se debe construir un nuevo pozo de drenaje.

En el caso de la causa 2, existe la posibilidad de restaurar el correcto funcionamiento mediante la limpieza de las tuberías de drenaje, por lo que se debe realizar la limpieza del interior de las tuberías con una frecuencia de al menos una vez al año. Las tuberías que se deben limpiar son aquellas para las cuales se haya verificado que ha disminuido su capacidad de descarga, aquellas tuberías que luego de su instalación no se ha detectado ninguna descarga de agua no deben limpiarse.

El filtro que causa la obstrucción de la tubería de drenaje se puede limpiar a través de la inyección de agua a alta presión, recuperando su funcionalidad original.

A continuación se muestran los equipos como deben conectarse para realizar la limpieza de la tubería de recolección de agua.

Tabla 2.4.4 Lista de equipos para la limpieza de la tubería de drenaje (Fuente: JCT)

boquilla de limpieza	bomba de alta presión	generador eléctrico	manguera resistente a la presión
Con aberturas escape tanto en la parte de adelante y hacia la parte posterior.	35-70 ℓ/min, 14 MPa	9000W, 120/240V 30A	100R 2/2 L=90m
			

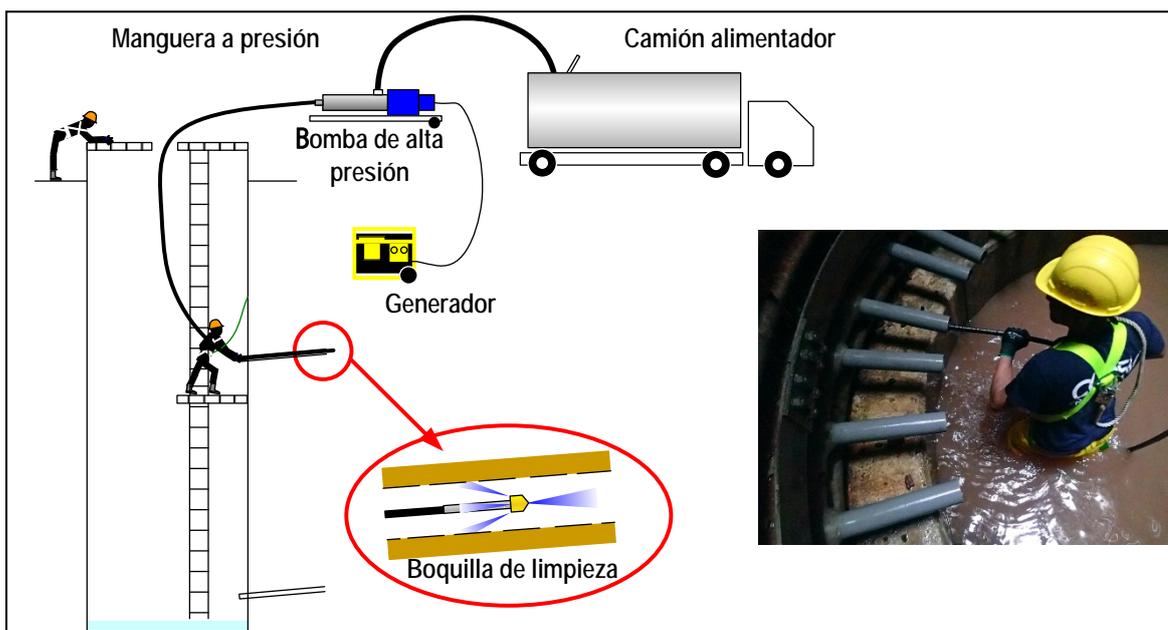


Figura 2.4.4 Conexión entre los equipos de limpieza (Fuente: JCT)

Sin embargo, hay un riesgo de que el chorro de agua a alta presión ensanche las paredes del lado de afuera de los orificios, o que se filtre una gran cantidad de agua al bloque de suelo cuyo deslizamiento se quiere evitar (ver Figura abajo), por lo la limpieza se debe realizar cuidadosamente. En la medida de lo posible, se deben tomar consideraciones para que el agua no se concentre durante mucho tiempo en el mismo lugar.

Si la inserción de la manguera se dificulta, no se debe forzar la inserción de la manguera. La punta de la manguera podría trabarse dentro de la tubería, no pudiendo sacar la manguera, pudiendo entre otros accidentes, dañar la tubería.

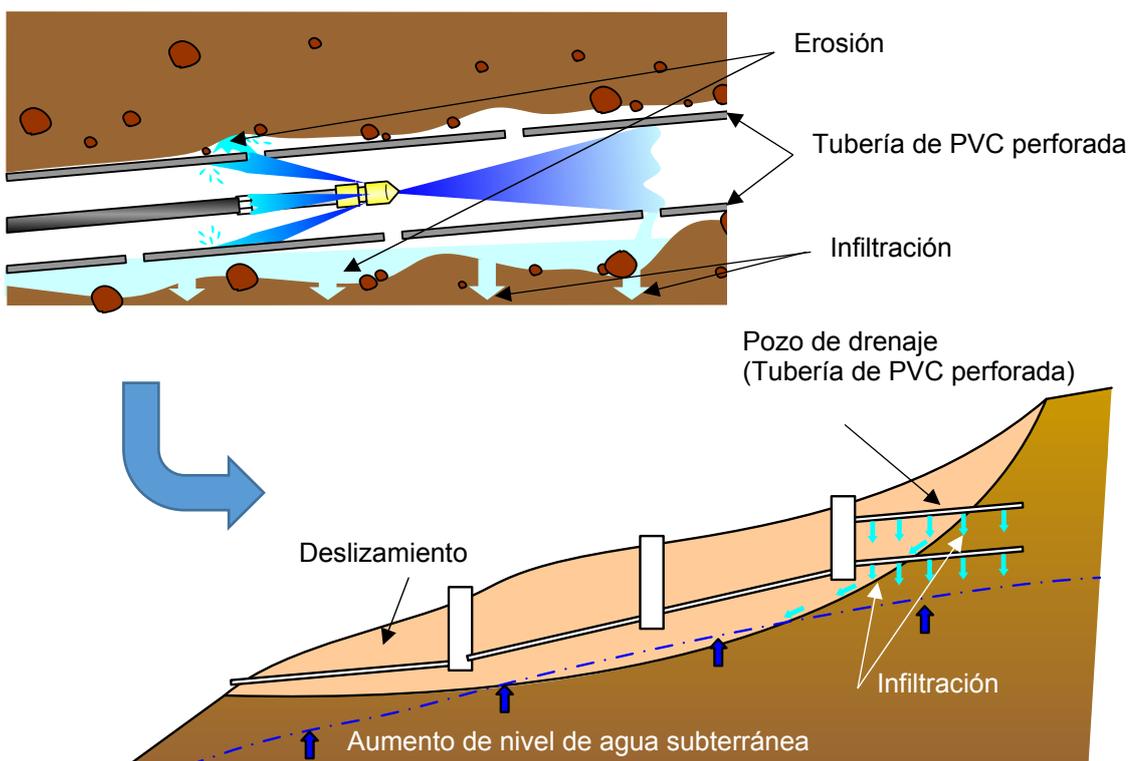


Figura 2.4.5 Posibilidad de contribuir al deslizamiento por el agua utilizada en la limpieza que se filtra al suelo (Fuente: JCT)

Después de la limpieza de la tubería, se deben retirar los sedimentos acumulados en el fondo del pozo de drenaje.

2.5 Obras de relleno de contrapeso

2.5.1 Objetivo

A través de la colocación de un contrapeso de tierra y arena en la parte inferior de la superficie de deslizamiento, se busca estabilizar el terreno para evitar el deslizamiento. Sin embargo, la tierra en los extremos del terreno de deslizamiento suele estar suelta y poco firme, por lo que si en ese lugar se coloca un relleno, el peso de dicho relleno puede causar el deterioro del terreno de cimentación, interrumpir el flujo de agua subterránea, o incrementar la presión de agua intersticial dentro del terreno, lo que puede provocar deslizamientos. Por estas razones, en una obra de relleno de contrapeso se debe extraer el agua subterránea.

En una obra de relleno de contrapeso, de acuerdo a la forma y la fuerza que se estima tendrá el deslizamiento, se calculan el peso y la ubicación de los rellenos. Por esta razón, una vez construido, el relleno de contrapeso ya deja de formar parte de los objetivos de desarrollo, y básicamente, no se deben ejecutar obras que generen cambios en la topografía del terreno, como por ejemplo excavaciones en los rellenos, etc.

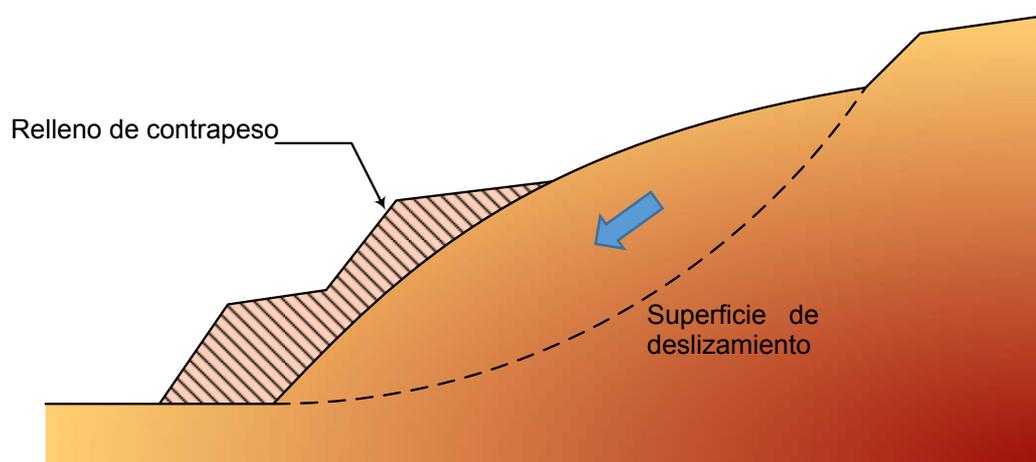


Figura 2.5.1 Ejemplo de una obra de relleno de contrapeso (Fuente: JCT)

2.5.2 Métodos de mantenimiento e inspección

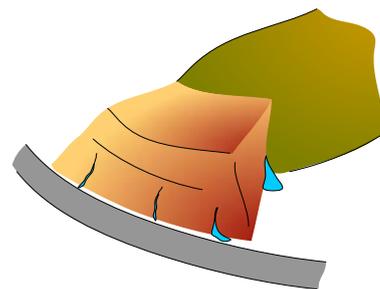
El mantenimiento de una obra de relleno de contrapeso consiste principalmente en mantener el estado del relleno en las mismas condiciones que cuando fue construido. Las principales actividades de mantenimiento son la reparación de los sitios en donde se producen cambios en las condiciones, y las inspecciones oculares. Las inspecciones se deben realizar de forma periódica, con una frecuencia de una vez al año. Si se genera un cambio irregular en el relleno, las principales causas que se pueden considerar son el efecto de un deslizamiento o que el nivel de agua subterránea ha subido. Por lo tanto, lo mejor es realizar las inspecciones inmediatamente luego de la finalización de la temporada de lluvias, que es cuando se producen los deslizamientos.

Los puntos de atención al momento de la inspección en lugar, son los siguientes.

- Existencia o no de brotes de agua desde el relleno
- Daños en la superficie inclinada del relleno
- Grietas en el relleno
- Cambios en el terreno del relleno (construcciones que conllevan a excavaciones, etc.)

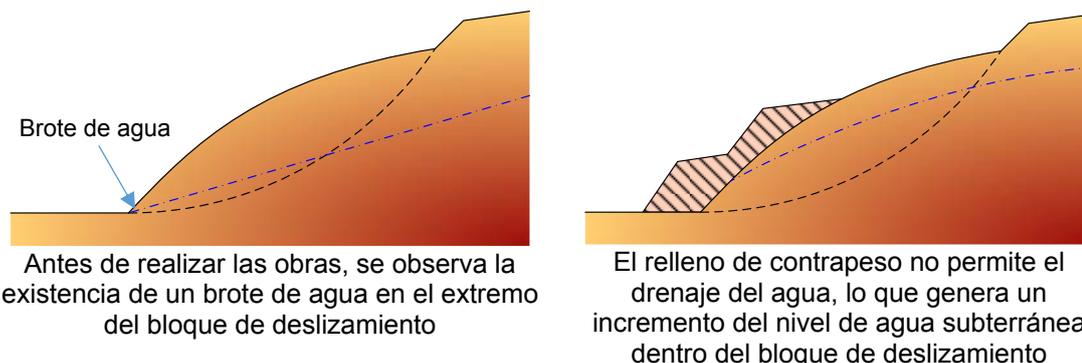
<Brotos de agua desde el relleno de contrapeso>

La obra de relleno de contrapeso que se construye en el extremo del bloque de deslizamiento de tierra debe permitir el drenaje de agua. La razón es porque si en el extremo del bloque de deslizamiento hay un brote de agua, y el relleno de contrapeso no permite el drenaje de este brote de agua, existe el riesgo de que se eleve el nivel de agua subterránea dentro del bloque de deslizamiento. El incremento del nivel de agua subterránea dentro del bloque de deslizamiento genera que aumente la presión de agua intersticial, lo que desestabiliza el bloque de deslizamiento.



(Fuente: JCT)

Por lo tanto, durante las inspecciones se requiere también comprobar si se producen brotes de agua desde el relleno de contrapeso. En particular, se debe prestar atención a los casos en que si bien se ha comprobado un brote de agua, dicho brote se detiene repentinamente. Cabe la posibilidad de que el agua que brota dentro del relleno de contrapeso no se esté drenando, lo que puede estar incrementando el nivel de agua subterránea dentro del bloque de deslizamiento. En dicho caso, en base a los resultados del monitoreo del nivel de agua dentro del bloque de deslizamiento, se debe comprobar si el nivel del agua subterránea está cambiando.



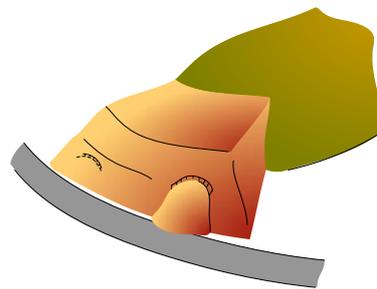
Antes de realizar las obras, se observa la existencia de un brote de agua en el extremo del bloque de deslizamiento

El relleno de contrapeso no permite el drenaje del agua, lo que genera un incremento del nivel de agua subterránea dentro del bloque de deslizamiento

Figura 2.5.2 Diagrama esquemático de una desestabilización de deslizamientos por obra de relleno de contrapeso (Fuente: JCT)

<Colapso de la capa superficial de la pendiente del relleno>

Por lo general, si se mantiene una inclinación estable de la capa superficial del relleno, así como también si durante la construcción se compactó lo suficiente el terreno y además se han utilizado geotextiles, la capa superficial del relleno de contrapeso mantiene su estabilidad. En el caso que se compruebe un colapso de la capa superficial del relleno, existen dos posibles causas: 1) inestabilidad de la capa superficial inclinada por el aumento del nivel de agua subterránea dentro del relleno, y 2) inestabilidad de la capa superficial del relleno por cambios producidos dentro del relleno por movimientos de deslizamientos producidos en la parte posterior del relleno.



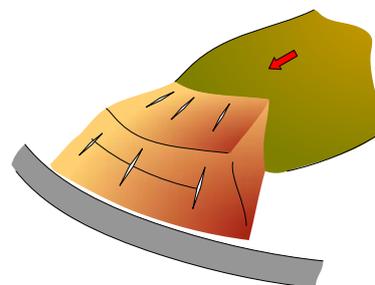
(Fuente: JCT)

En el caso de confirmarse el colapso de la capa superficial del relleno, se debe verificar si existen cambios con respecto al nivel de agua subterránea en el terreno de deslizamiento de la parte posterior, y si existen cambios en el movimiento del terreno de deslizamiento. Si se observan

indicios de movimientos de deslizamiento de tierra, se debe realizar un estudio detallado del bloque de deslizamiento para poder comprender la naturaleza del mecanismo de deslizamiento de tierra que se ha generado. En base a los resultados de dicho estudio, se ejecutarán las contramedidas adicionales necesarias.

< Grietas en el relleno >

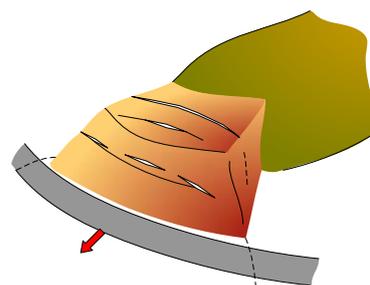
Si se observan grietas en el relleno, se debe sospechar que la causa puede ser una actividad de deslizamiento de tierra. Si aparecen grietas en el relleno de forma paralela a la pendiente de inclinación (grietas verticales), existe la posibilidad de que se deba a una actividad de deslizamiento en la parte posterior del relleno de contrapeso. Esto se da porque cuando se produce el deslizamiento del terreno posterior, se generan agrietamientos de compresión en el relleno de contrapeso. Si se comprueban grietas verticales en el relleno, se debe verificar el estado de actividad de deslizamiento del terreno



(Fuente: JCT)

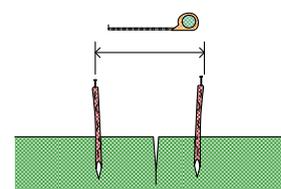
posterior a través de su monitoreo, etc. Si se observan indicios de movimientos de deslizamiento de tierra, se debe realizar un estudio detallado del bloque de deslizamiento para poder comprender la naturaleza del mecanismo de deslizamiento de tierra que se ha generado. En base a los resultados de dicho estudio, se ejecutarán las contramedidas adicionales necesarias.

Asimismo, si aparecen grietas en el relleno en dirección perpendicular a la pendiente de inclinación (grietas horizontales), es posible que se haya producido un deslizamiento de tierra en la parte inferior de la ladera, incluyendo en la parte del relleno. La razón es porque un movimiento en la parte inferior de la pendiente produce agrietamientos de tensión en el relleno que se ubica en el extremo del bloque de deslizamiento. Si se comprueban grietas horizontales en el relleno, se debe verificar si no se han producidos cambios debido a deslizamientos de tierra en las instalaciones (camino y viviendas) ubicadas cuesta abajo del relleno de contrapeso. Si en estas instalaciones se observan deformaciones debido a deslizamientos, se debe realizar un estudio detallado del bloque de tierra de deslizamiento para poder comprender la naturaleza del mecanismo de deslizamiento, así como también su extensión. En base a los resultados de dicho estudio, se ejecutarán las contramedidas adicionales necesarias.



(Fuente: JCT)

Si se observan grietas en el relleno, de preferencia se debe llevar a cabo un seguimiento simple del mismo. A ambos lados de la grieta se colocan estacas, y se miden los cambios que se genera en la distancia entre estas dos estacas, para poder verificar si la grieta continúa ampliándose.



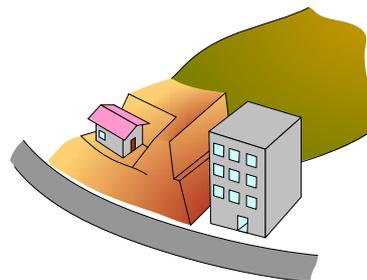
(Fuente: JCT)

Este método de monitoreo es de fácil instalación y de bajo costo, pero puede ser destruido fácilmente por los residentes locales, por lo que se requieren tomar consideraciones especiales para su mantenimiento.

<Cambios en la topografía del relleno>

La forma y la extensión de una obra de relleno de contrapeso como medida contra el deslizamiento de tierra son diseñadas para poder contener dichos deslizamientos. Por esta razón,

se debe evitar realizar modificaciones en la topografía del relleno de contrapeso que puedan afectar el balance del bloque de deslizamiento. Por lo tanto, los gobiernos locales a cargo de las obras contra deslizamientos no deben autorizar proyectos de desarrollo en las zonas del relleno de contrapeso, así como también evitar las construcciones por ocupaciones ilegales como viviendas.



(Fuente: JCT)

Si por algún caso fortuito, se observan cambios en la topografía del relleno, o desmoronamiento en gran escala, se debe actuar rápidamente para restaurar la situación a su estado anterior. Además, es necesario realizar un monitoreo continuo de los alrededores del relleno para verificar que no se produzcan nuevos cambios.

Respecto a lo señalado en los párrafos anteriores, se deben verificar en el lugar los puntos a considerar para la inspección, y llenar la ficha de inspección en base a los resultados de dicha inspección. Este formato de ficha debe ser utilizado como formato estándar y debe ser completado en cada inspección que se realice. Estas fichas de inspección deben ser debidamente archivadas y conservadas de manera que puedan ser fácilmente consultadas cuando sea necesario. Al final de este manual se anexa una propuesta de formato de ficha de inspección como material de referencia.

Después de la inspección, en base a los resultados arrojados por la inspección, se debe reparar los lugares que presentaron problemas. Con respecto al método de reparación, y el esfuerzo necesario para ello, es mejor que se decida in situ al momento de efectuar la inspección.

2.6 Remoción de tierra de la cabeza del talud (talud por corte del terreno)

2.6.1 Objetivo

Los trabajos de remoción de tierra tienen por objeto disminuir la fuerza de deslizamiento del bloque de tierra por la reducción de su peso, producto de la remoción de una parte o de la totalidad del bloque de deslizamiento. Mediante los trabajos de remoción de tierra se puede remover tanto la totalidad del bloque de deslizamiento como sólo una parte. Por lo general, en la mayoría de los casos se remueve la mitad superior del bloque de deslizamiento. Los trabajos de remoción de tierra se diseñan para lograr el factor de seguridad necesario, calculando la estabilidad en base a estudios realizados con la mayor precisión posible sobre el tamaño, la distribución y la resistencia del terreno del deslizamiento. Los trabajos de mantenimiento se relacionan con el cuidado de la estabilidad del talud creado a partir de la excavación producto de los trabajos de remoción de tierra.

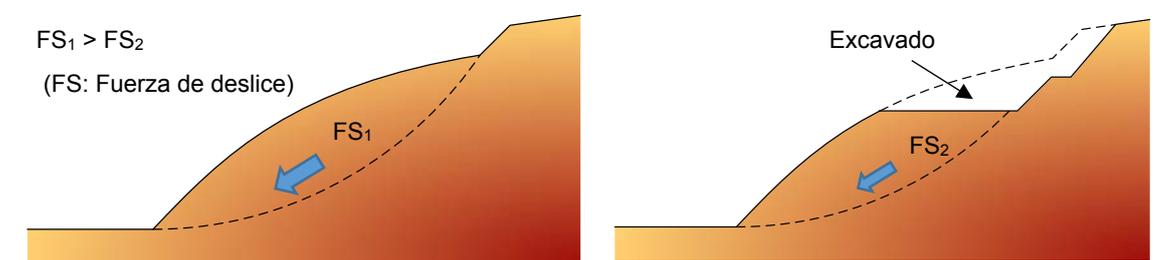


Figura 2.6.1 Efecto de los trabajos de remoción de tierra contra los deslizamientos
(Fuente: JCT)

2.6.2 Método de mantenimiento

Si en el talud creado por las excavaciones de los trabajos de remoción de tierra se observan grietas o erosión, éste debe ser remendado inmediatamente. Asimismo, si se produce un desmoronamiento, se debe revestir el talud con un material flexible y a la vez permeable. En el caso que se produzcan grietas o desmoronamientos que se consideren relacionados con el deslizamiento, se deben tomar contramedidas de urgencia.

2.6.3 Inspecciones periódicas

El estado del talud creado por la remoción de tierra debe ser monitoreado mediante inspecciones oculares periódicas. La inspección se debe realizar con una frecuencia de aproximadamente una vez al año. Dado que en la temporada de lluvias es probable que se produzcan inclinaciones en el talud creado por la remoción de tierra, la inspección es preferible que se realice inmediatamente después del término de la temporada de lluvias. Los principales puntos de atención a tener en cuenta a fin de verificar la estabilidad del talud son los siguientes.

- Existencia o no de brotes de agua desde la superficie del talud.
- Existencia o no de grietas.
- Existencia o no de desmoronamiento de la capa superficial.

<Brotos de agua desde el talud creado por la excavación>

Si se observan brotes de agua desde el talud creado por la excavación, cabe la posibilidad de que el nivel de agua subterránea de los alrededores se encuentre distribuida a poca profundidad de la superficie. El agua que brota erosiona el talud, formando una quebrada, lo que podría causar el desmoronamiento de la capa superficial del talud. En el caso que se detecte un brote de agua en el

talud, se debe instalar un canal de drenaje superficial, que descargue el agua para no afectar ni el talud ni el terreno de deslizamiento de los alrededores.

Incluso en los lugares en los que comúnmente no se observan brotes de agua, pueden aparecer brotes de agua en la época lluviosa, producto del incremento del nivel de agua subterránea. Por esta razón, durante las inspecciones, además de verificar la existencia o no de brotes de agua actuales, es necesario verificar también si es que no existen rastros de que haya habido brotes de agua en el pasado.



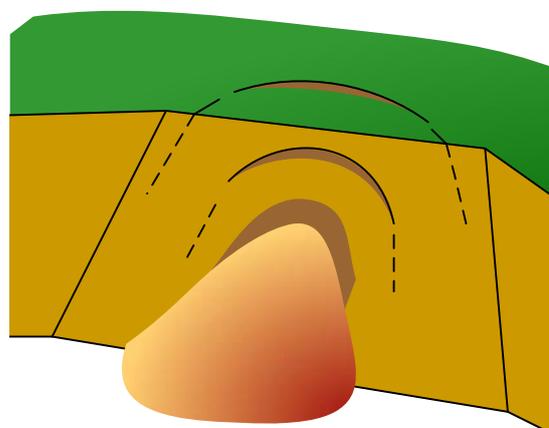
Agua brotando desde un talud desmoronado.

Agua brotando desde un talud creado por excavación

Figura 2.6.2 Ejemplos de casos de agua brotando desde el talud (Fuente: JCT)

<Existencia o no de grietas>

La presencia de grietas en el talud constituyen un presagio del desmoronamiento de la capa superficial. Si bien el desmoronamiento de la capa superficial se diferencia del movimiento en masa en que la magnitud del desmoronamiento no es muy grande, su velocidad es muy rápida. Por lo tanto, cuando se corrobora la existencia de una grieta, se puede considerar que un desmoronamiento se producirá en un futuro cercano. Asimismo, si además de la existencia de grietas, se verifican también desmoronamientos, existe la posibilidad de que el alcance del desmoronamiento se extienda en el futuro. Por esta razón es que durante las inspecciones es importante no sólo verificar la capa superficial del talud, sino también el borde superior del talud, para comprobar que los desmoronamientos no se estén extendiendo.



Grietas en la superficie del talud creado por excavación por remoción de tierra.

Grietas en la parte posterior del talud.

Figura 2.6.3 Ejemplos de casos de grietas en la superficie del talud (Fuente: JCT)

Como causas del agrietamiento del talud se pueden considerar, la inestabilidad de los sedimentos de la capa superficial del talud causada por brotes de agua y por las lluvias, y la liberación de las fuerzas de tensión en el talud. La liberación de las fuerzas de tensión existentes en el talud creado por la excavación suelen ocurrir con frecuencia durante las obras de excavación, o inmediatamente después de concluidas las mismas. Asimismo, también es posible que en la parte posterior del talud se haya producido un desmoronamiento, generando el agrietamiento, por lo que si se detectan grietas en el talud, es necesario observar con mucho cuidado a partir del estado de las áreas aledañas, si es que no se están produciendo otros deslizamientos.

<Existencia o no de desmoronamientos>

Cuando se produce el desmoronamiento de la superficie del talud excavado, es necesario observar con atención en las proximidades de la zona de desmoronamiento. Si se produce el desmoronamiento de la capa superficial, existe la posibilidad de que el alcance del desmoronamiento se extienda en el futuro (ver Figura arriba). Por esta razón es que durante las inspecciones es importante no sólo verificar la capa superficial del talud, sino también el borde superior del talud, para comprobar que los desmoronamientos no se estén extendiendo. Entre las posibles causas que generan el desmoronamiento se pueden considerar, una pendiente demasiado abrupta del talud con respecto al tipo de tierra que compone el talud, brotes de agua desde la parte posterior del talud, y que en la parte posterior del talud se haya producido un deslizamiento de tierra que esté ejerciendo presión sobre el talud, etc.



Desmoronamiento de la capa superficial del talud.



Desmoronamiento del borde de la parte superior del talud.

Figura 2.6.4 Ejemplos de casos de desmoronamiento del talud excavado (Fuente: JCT)

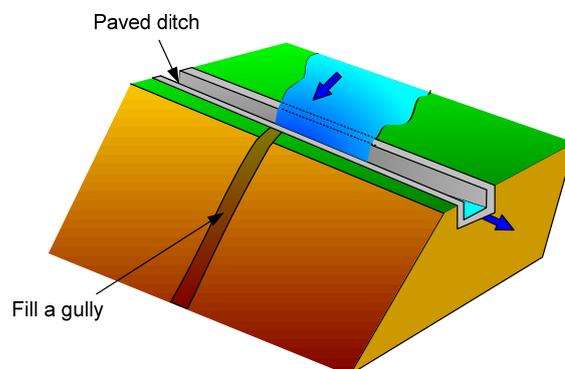
2.6.4 Respuesta a las deformaciones

En el caso de detectarse brotes de agua, grietas o desmoronamientos de la capa superficial, si no se realizan obras de restauración, existe el riesgo de que la deformación se extienda. Por esta razón, si se detecta alguna deformación, la misma debe ser reparada lo antes posible.

<Brotes de agua>

Los brotes de agua se pueden clasificar de dos tipos, los que brotan desde la superficie del talud, y los que fluyen desde la parte superior del talud. Si se detecta un brote de agua desde la superficie del talud, se debe instalar un canal abierto desde el punto en donde se produce el brote hacia la

parte inferior del talud, para evitar la erosión por acción del flujo del agua. Si el brote de agua es permanente, conviene insertar una tubería de PVC en el punto desde donde se produce el brote, para evitar la erosión en el punto en que se produce el brote de agua.



Inserción de un tubo de PVC en el lugar del brote de agua.

Guía para el flujo del agua desde el borde del talud.

Figura 2.6.5 Ejemplos de casos de respuesta ante brotes de agua en el talud (Fuente: JCT)

<Grietas, desmoronamientos>

Si se detecta una grieta en el talud creado por excavación, es muy probable que un futuro cercano se produzca un desmoronamiento de la capa superficial. Si las zonas que se encuentran frente al talud son utilizadas como vías de transporte, o para actividades de los residentes locales, hay una posibilidad de que las mismas reciban el impacto del desmoronamiento y desprendimiento de sedimentos y otros materiales. En dicho caso, de manera de que el desmoronamiento y desprendimiento de sedimentos no llegue a las zonas donde se encuentran las vías de transporte y donde los residentes realizan sus actividades, se construyen barreras con gaviones y/o sacos de arena, etc., para evitar la propagación de los sedimentos y materiales que se desmoronan. Si en la parte posterior del muro de contención se acumularan sedimentos, los mismos deben retirarse, dejando permanentemente un espacio entre la barrera de contención y el talud.

Si se producen grietas y desmoronamientos de forma continua, podría considerarse que la pendiente del talud es demasiado inclinada como para que los sedimentos y materiales del talud puedan mantener dicha inclinación de forma estable. En dicho caso, es necesario realizar trabajos para reducir la inclinación del talud. Si bien depende de la composición del terreno, la inclinación del talud debería ser de 45 grados aproximadamente. Si la altura del talud supera los 10m, se debe construir un pequeño escalón en la parte media.

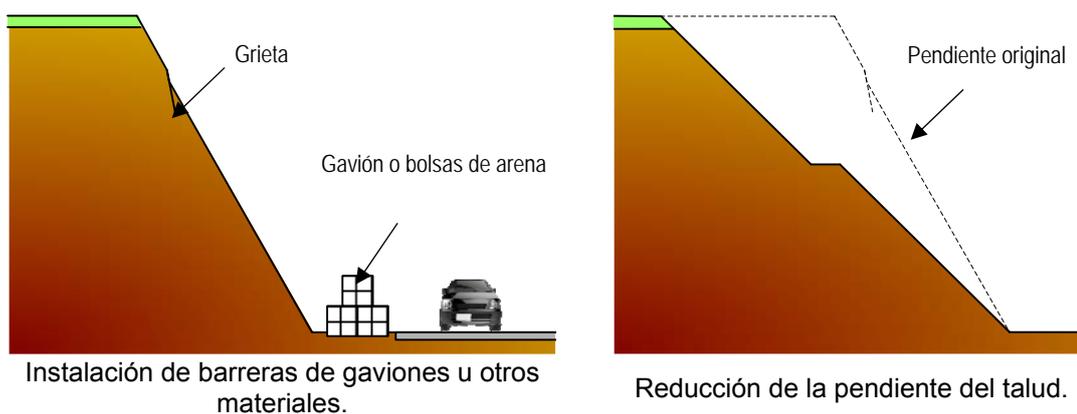


Figura 2.6.6 Ejemplos de casos de respuesta ante grietas y desmoronamientos
(Fuente: JCT)

La excavación para reducir la inclinación del talud podría a su vez desestabilizar la pendiente de la parte posterior del talud. Por ello, durante la planificación de la excavación del talud, es necesario también considerar cuidadosamente la estabilidad de la parte posterior de la pendiente.

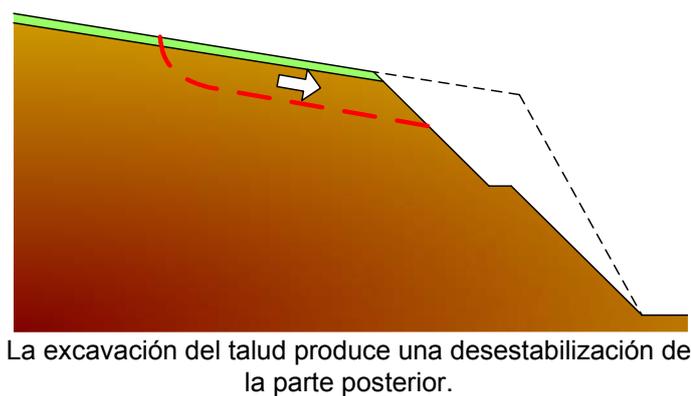


Figura 2.6.7 Posibilidad de desmoronamientos colaterales como consecuencia de la excavación (Fuente: JCT)

Apéndice

- Orden de datos medidos del Inclinómetro
- Ficha de inspección (El Berrinche)
- Ficha de inspección (El Reparto)

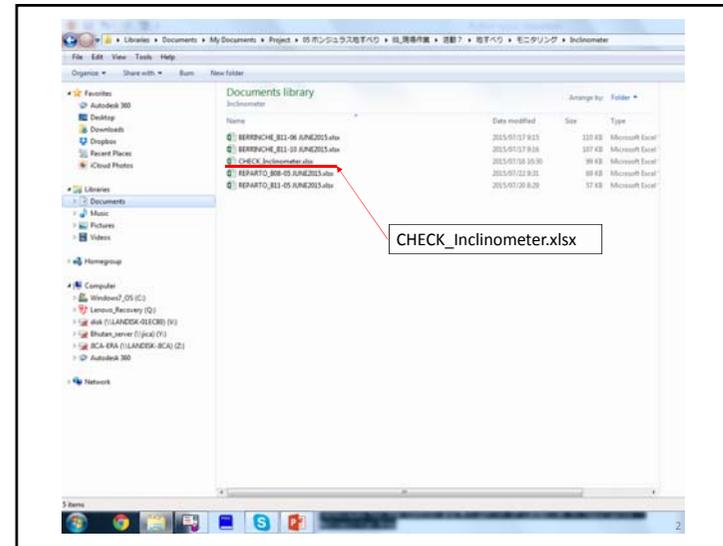
Orden de datos medidos del Inclínómetro

Inclinometer data Processing

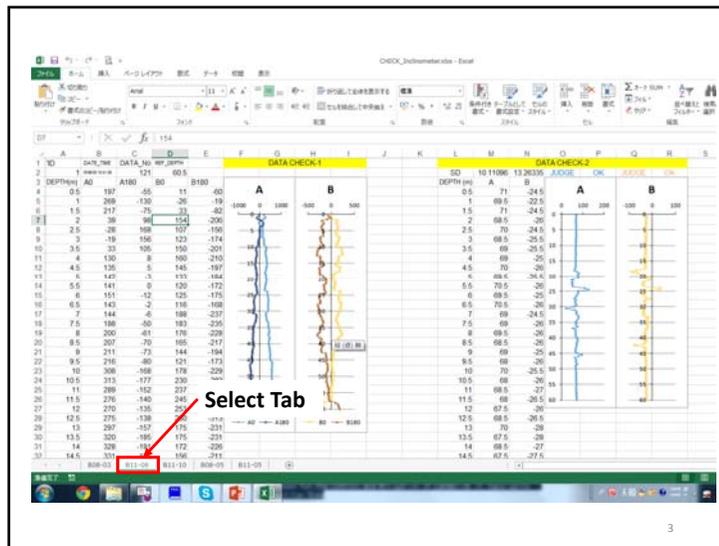
24 July 2015

JICA Consultant Team of the Project for
 Assistance for Strengthening and Capacity Building of Professional
 Techniques for the Control and Mitigation of Landslide in Tegucigalpa
 Metropolitan Area

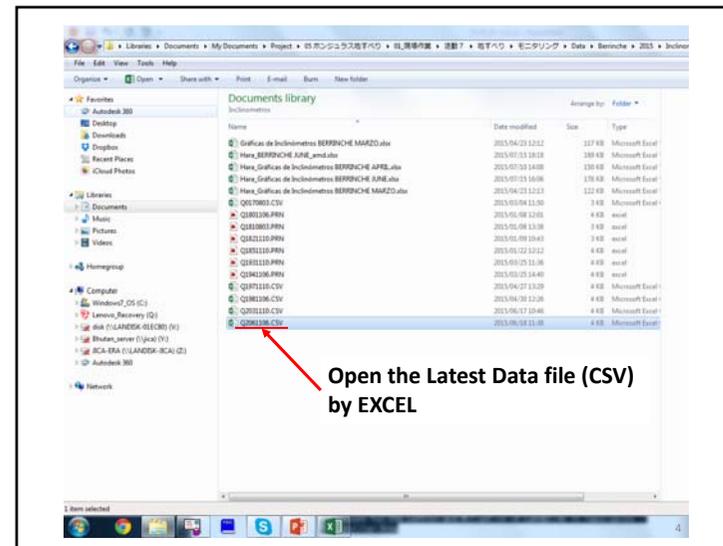
1



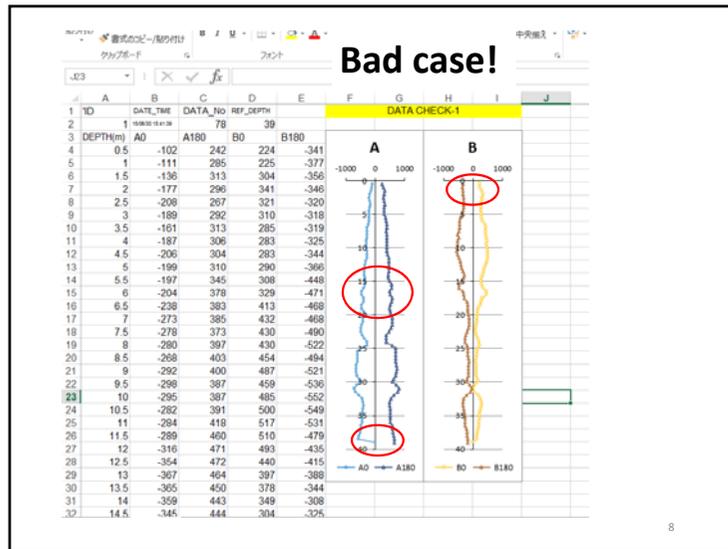
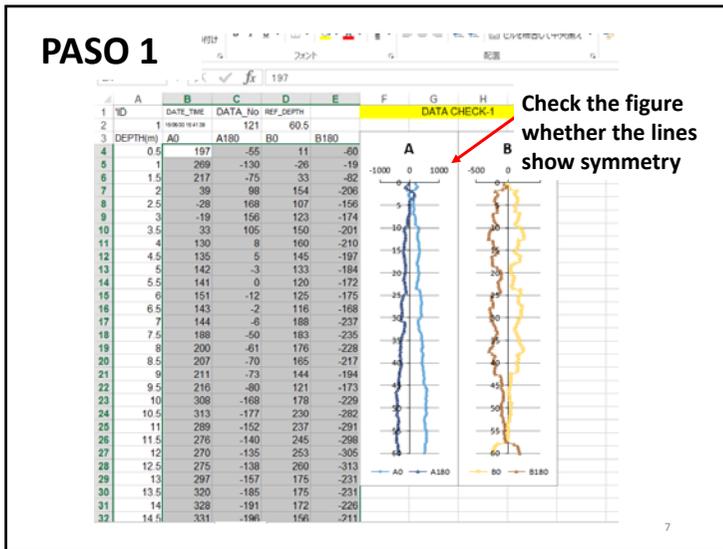
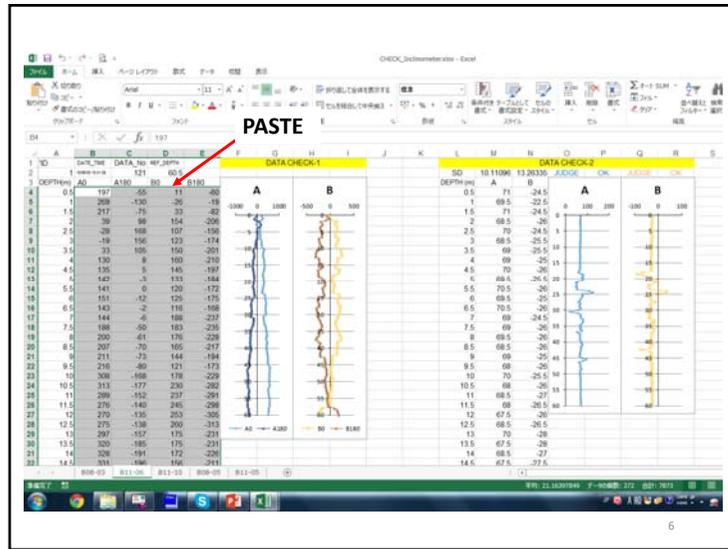
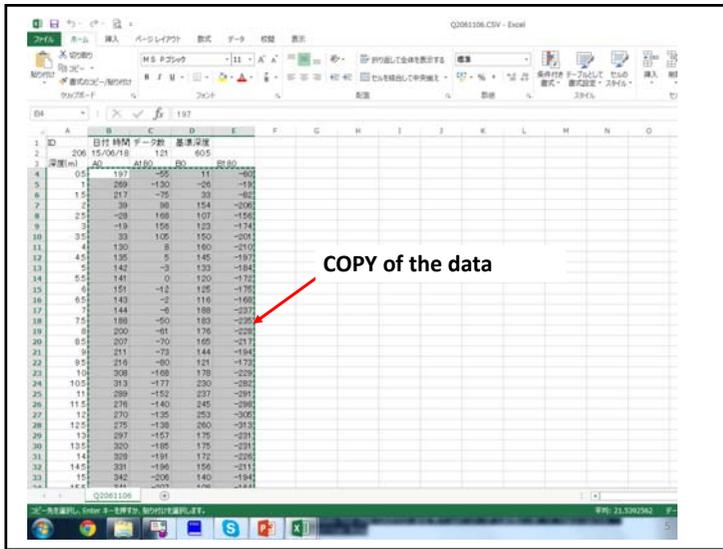
2

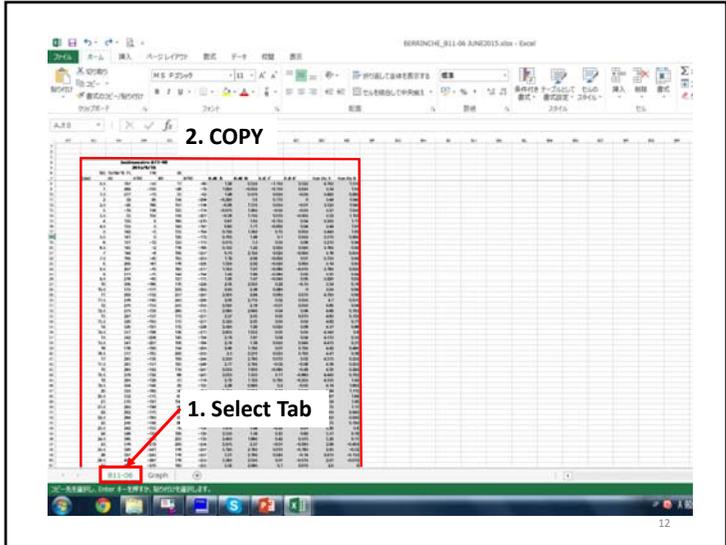
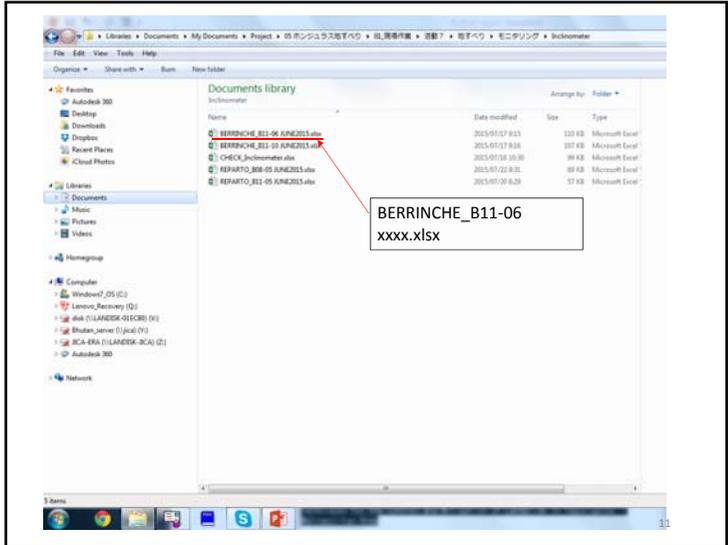
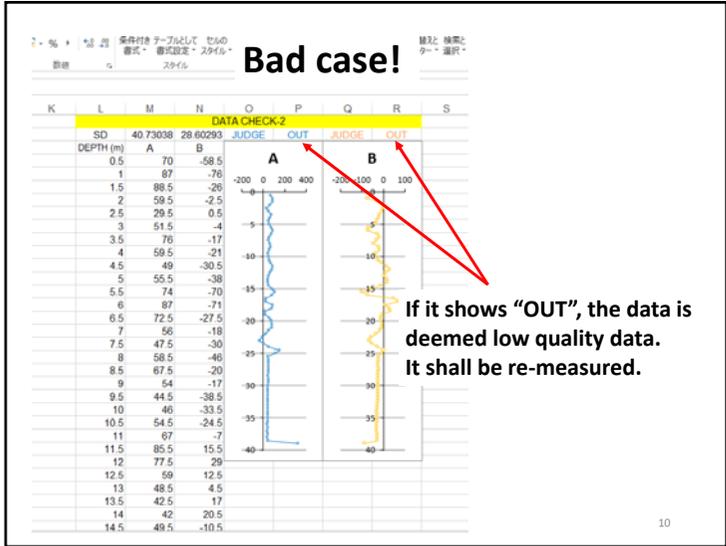
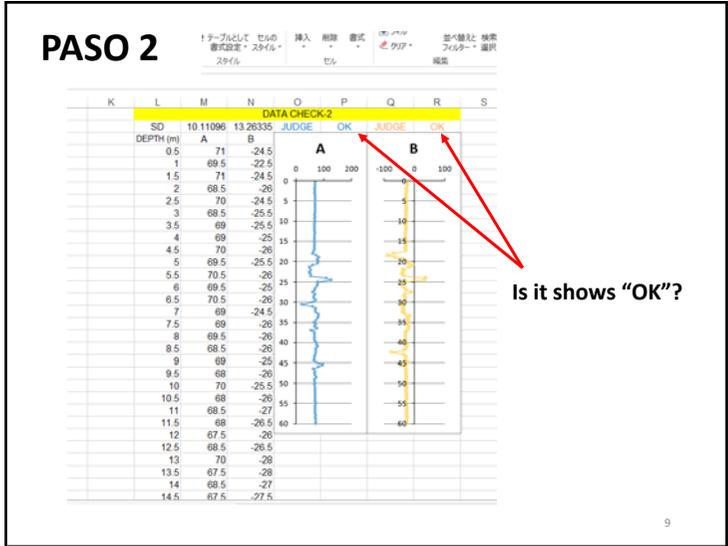


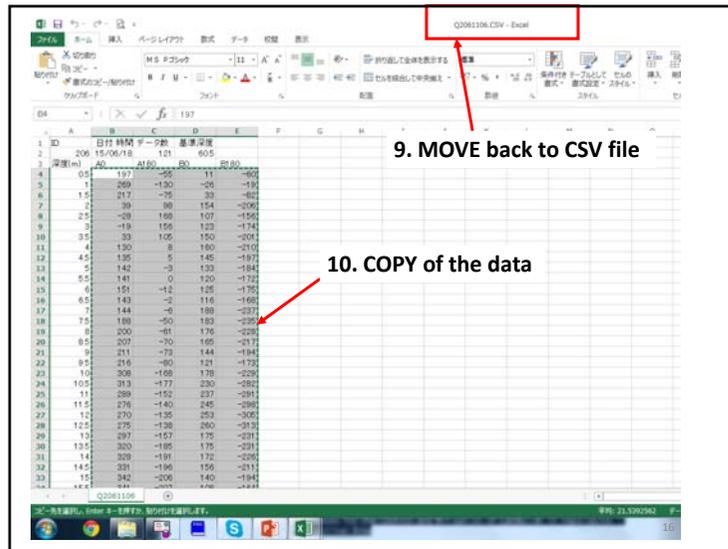
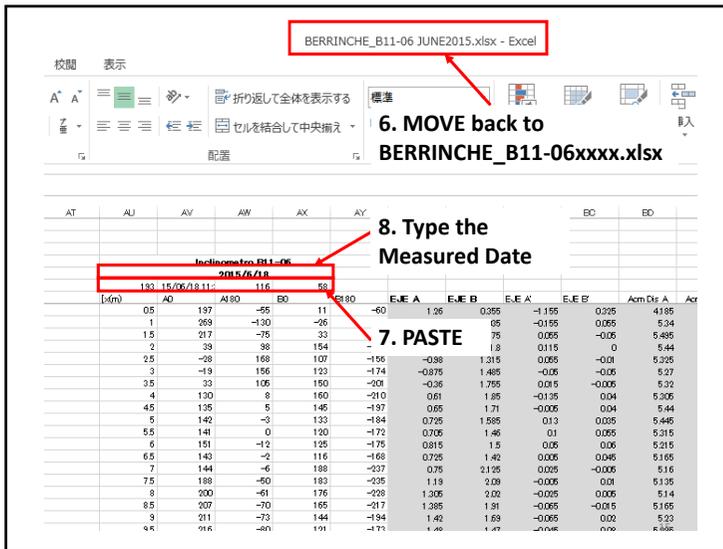
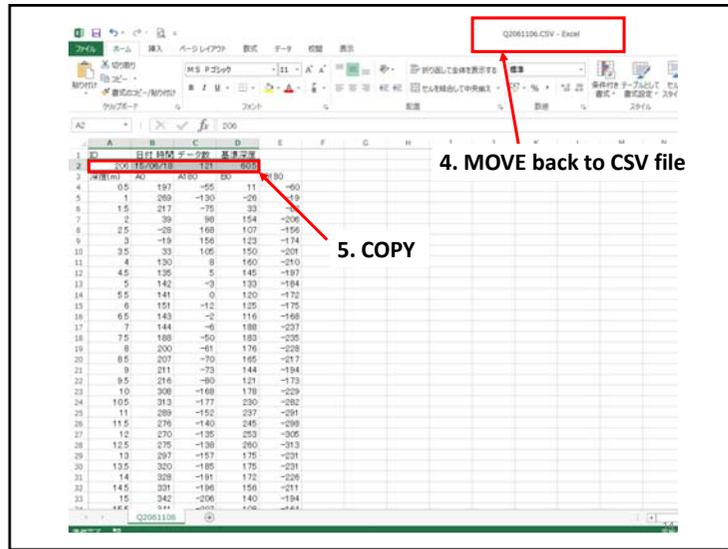
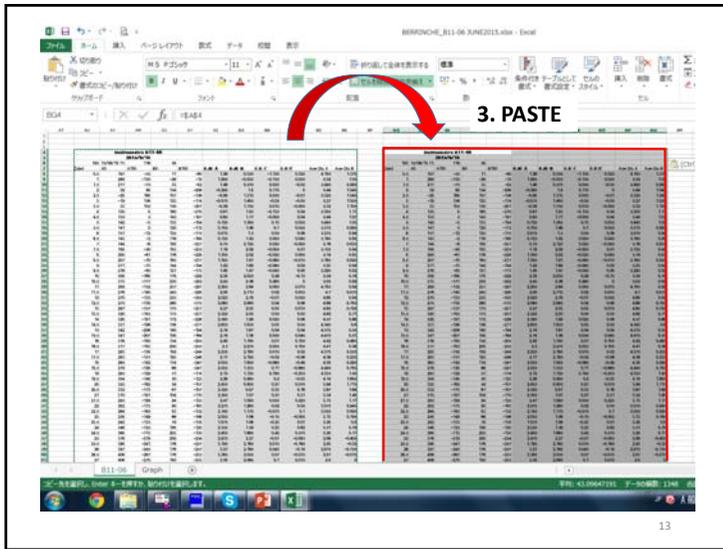
3



4







BERRINCHE_B11-06 JUNE2015.xlsx - Excel

11. MOVE back to BERRINCHE_B11-06xxxx.xlsx

12. PASTE

Inclinometro B11-06 2015/6/18									
x(m)	15/06/18 11:11:11	116	B180	EJE A	EJE B	EJE A'	EJE B'	Acm Dct A	Acr
0.5	197	-55	11	-63	1.26	0.355	-1.155	0.325	4185
1.5	269	-130	-26	-19	1.995	-0.035	-0.155	0.055	5.34
2	29	-75	33	-49	1.46	0.575	0.055	-0.05	5.495
2.5	29	98	154	-206	-0.295	1.9	0.115	0	5.44
3	-19	168	107	-156	-0.98	1.315	0.055	-0.01	5.325
3.5	-19	156	123	-174	-0.875	1.485	-0.05	-0.05	5.27
4	33	106	150	-20	-0.36	1.755	0.035	-0.005	5.32
4.5	130	9	160	-210	0.61	1.95	-0.135	0.04	5.305
5	135	5	145	-197	0.65	1.71	-0.005	0.04	5.44
5.5	142	-3	133	-184	0.725	1.585	0.13	0.035	5.445
6	151	0	120	-172	0.705	1.46	0.1	0.055	5.315
6.5	151	-12	135	-175	0.815	1.5	0.05	0.06	5.215
7	144	-6	188	-237	0.75	2.125	0.025	-0.005	5.16
7.5	188	-60	193	-235	1.19	2.09	-0.005	0.01	5.195
8	200	-41	176	-229	1.305	2.02	-0.005	0.005	5.14
8.5	207	-70	165	-217	1.385	1.91	-0.005	-0.015	5.155
9	211	-73	144	-194	1.42	1.69	-0.005	0.02	5.23
9.5	216	-80	191	-173	1.48	1.47	-0.005	0.06	5.465

NG

NG

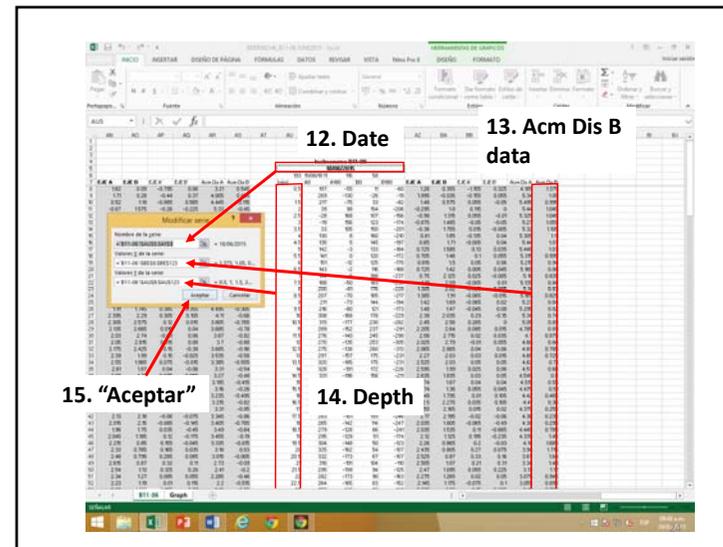
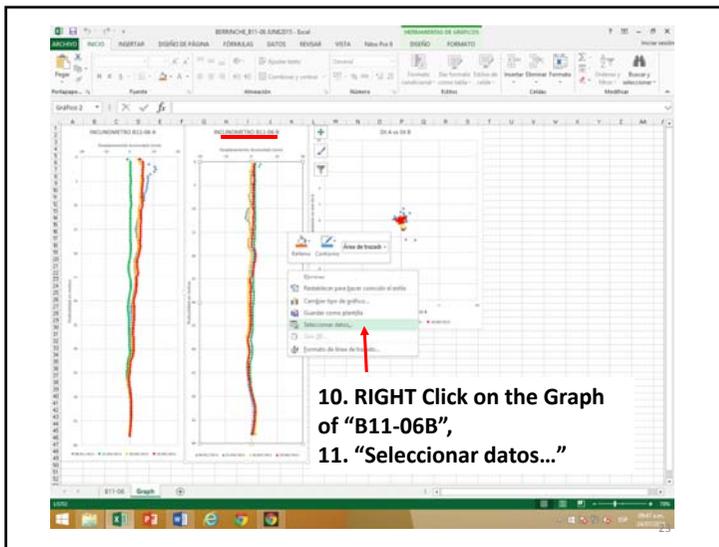
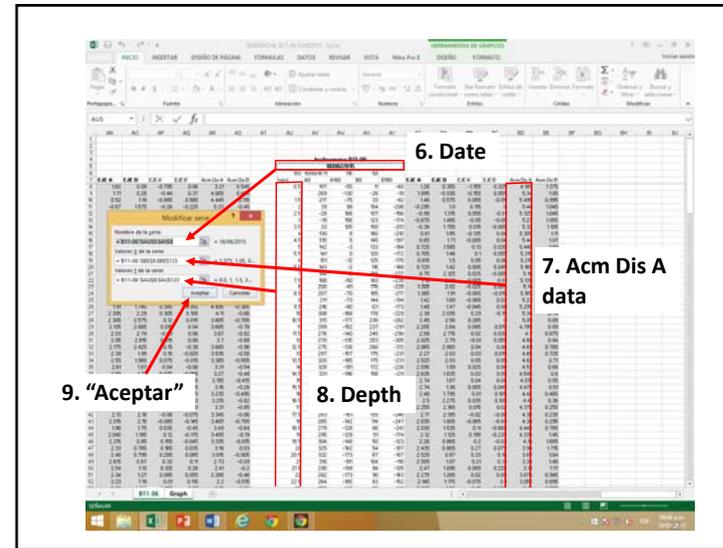
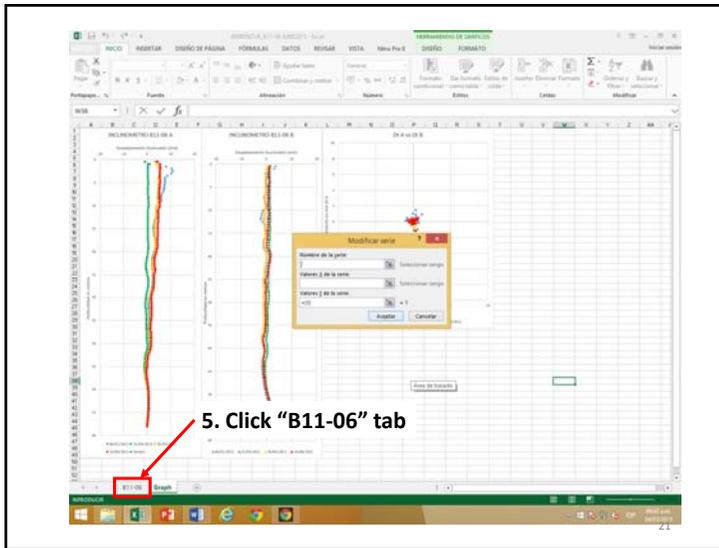
Is there neither too much nor too little?

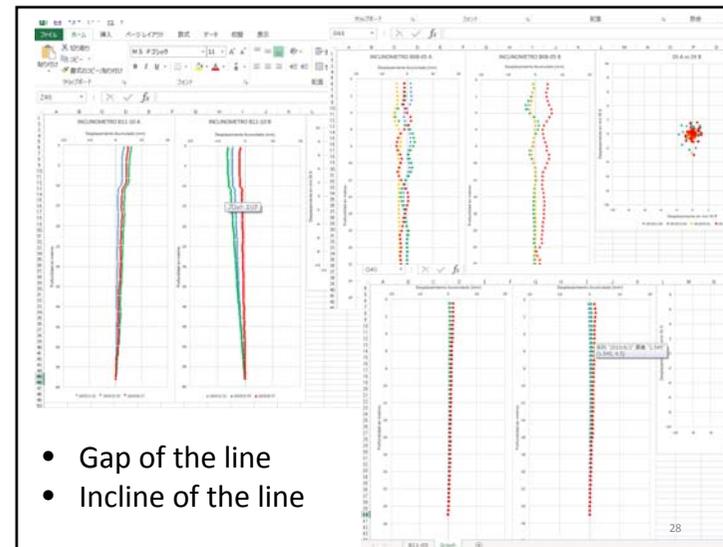
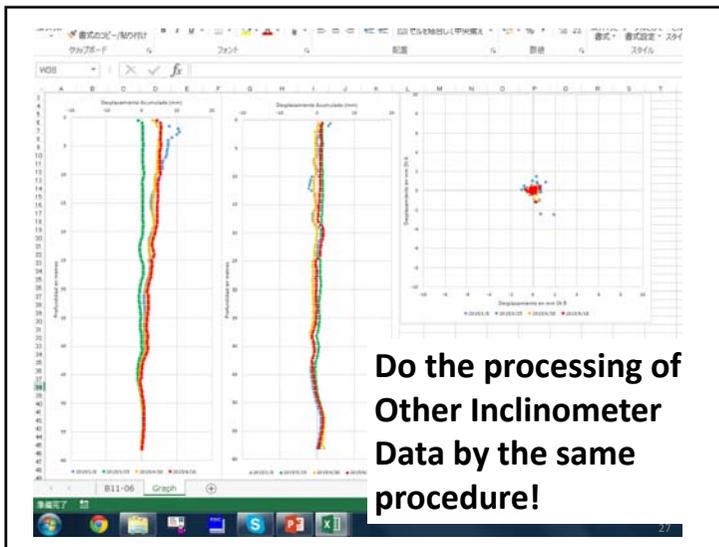
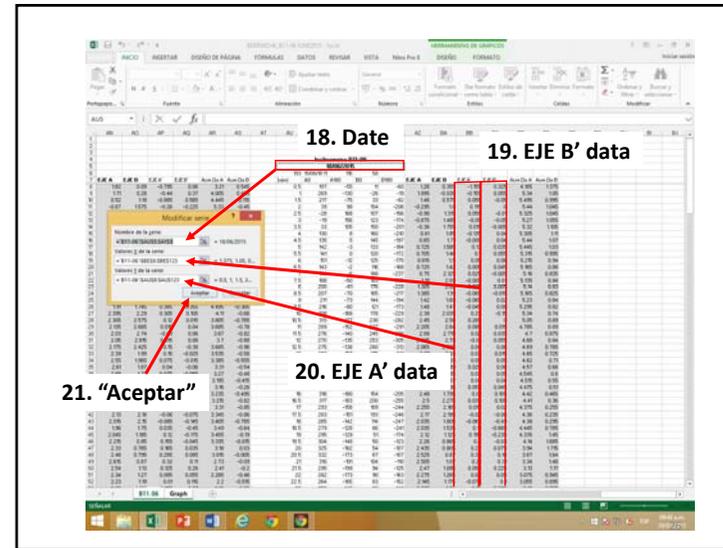
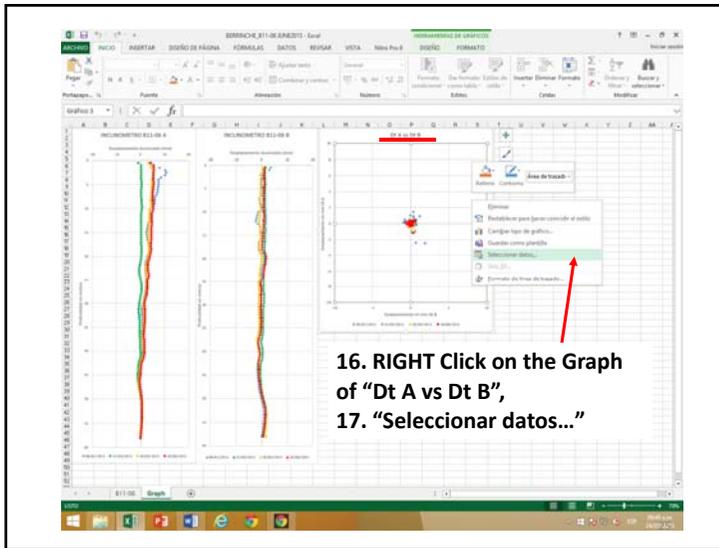
1. Select "Graph"

2. RIGHT Click on the Graph of "B11-06A",

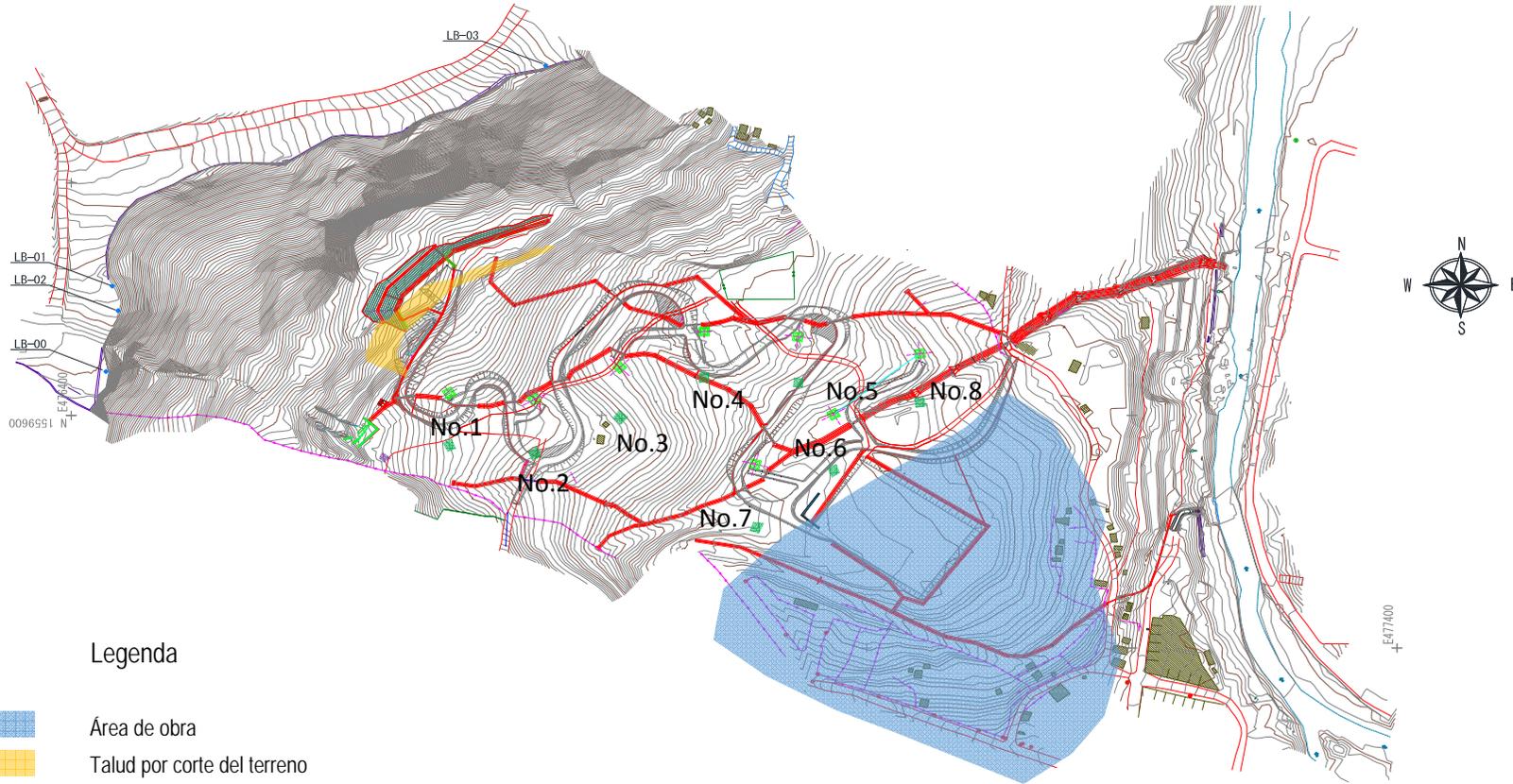
3. "Seleccionar datos..."

4. Click "Agregar"





Ficha de inspección (El Berrinche)



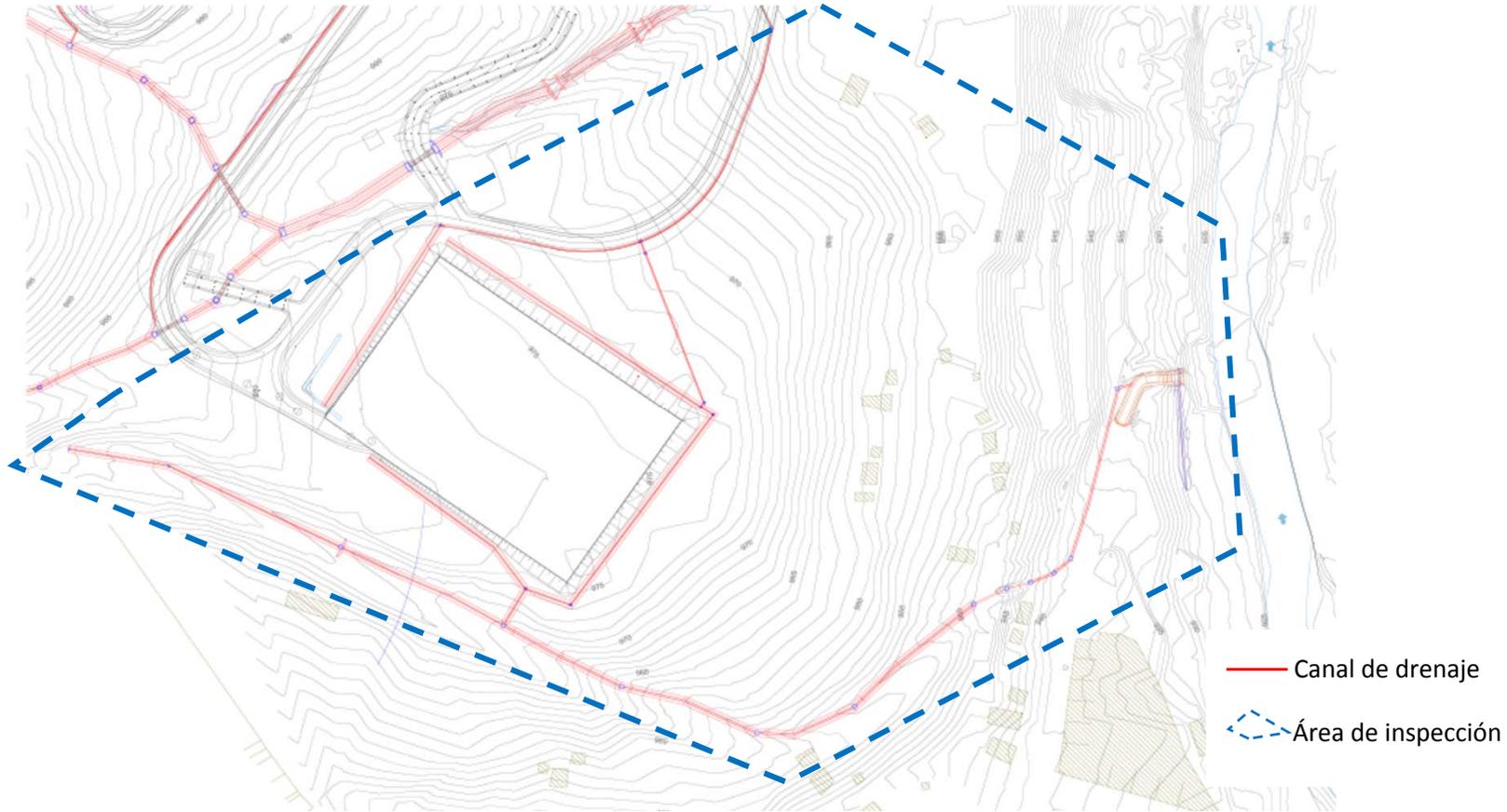
Legenda

-  Área de obra
-  Talud por corte del terreno
-  Perforación de drenaje horizontal
-  Pozo de drenaje
- No.1** Número de pozo
-  Drenaje de agua superficial

Formato 2-1

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL BERRINCHE)

Fecha de inspección:



Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto: Grieta

Caja colector N°: _____ Hacia la caja colector N°: _____

Hundimiento Otros (_____)

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

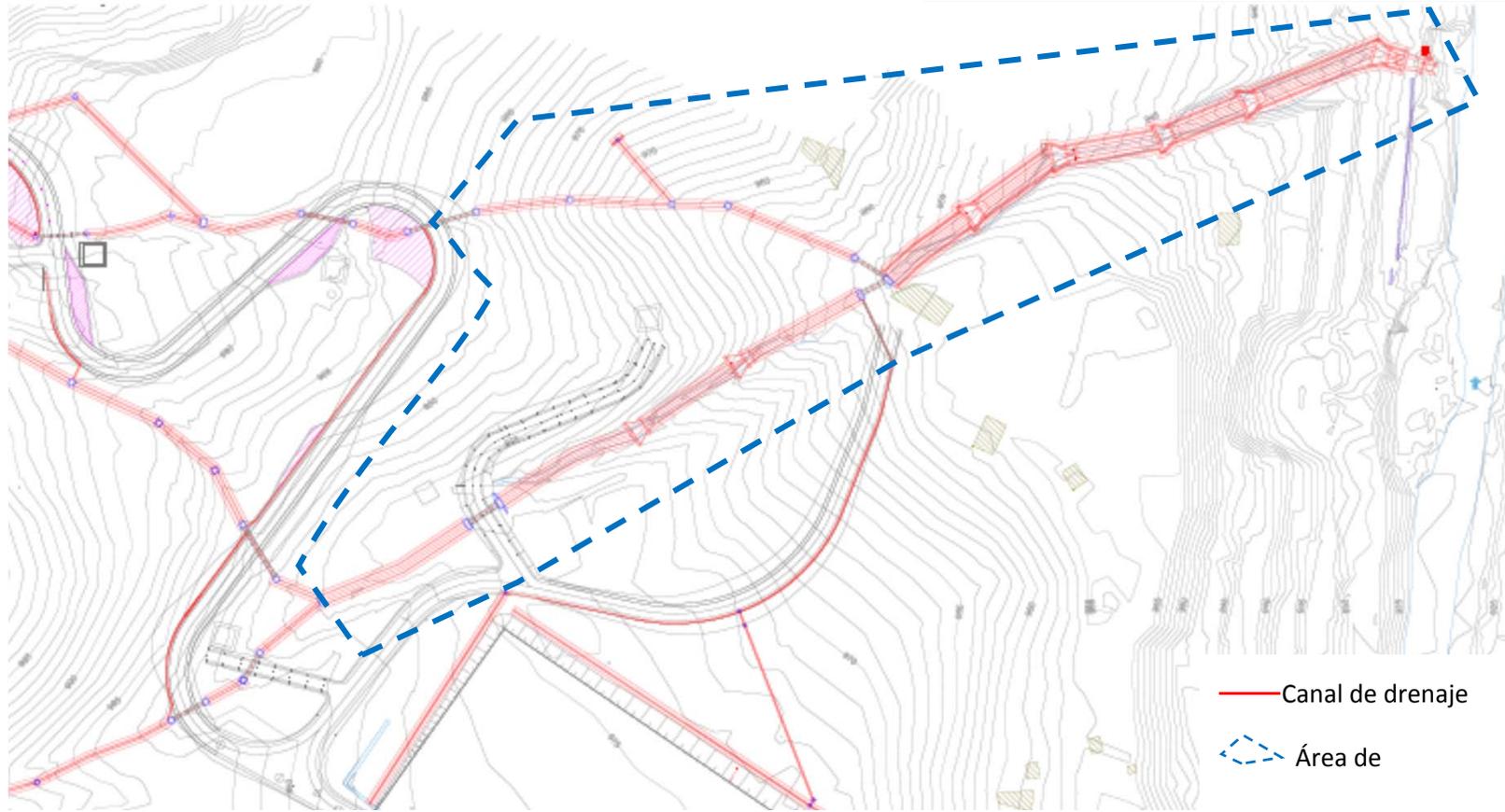
No cambio Deterioro Mejorado

Ligero Moderado Terrible

Formato 2-2

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL BERRINCHE)

Fecha de inspección:



Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto: Grieta

Caja colector N°: _____ Hacia la caja colector N°: _____

Hundimiento Otros (_____)

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

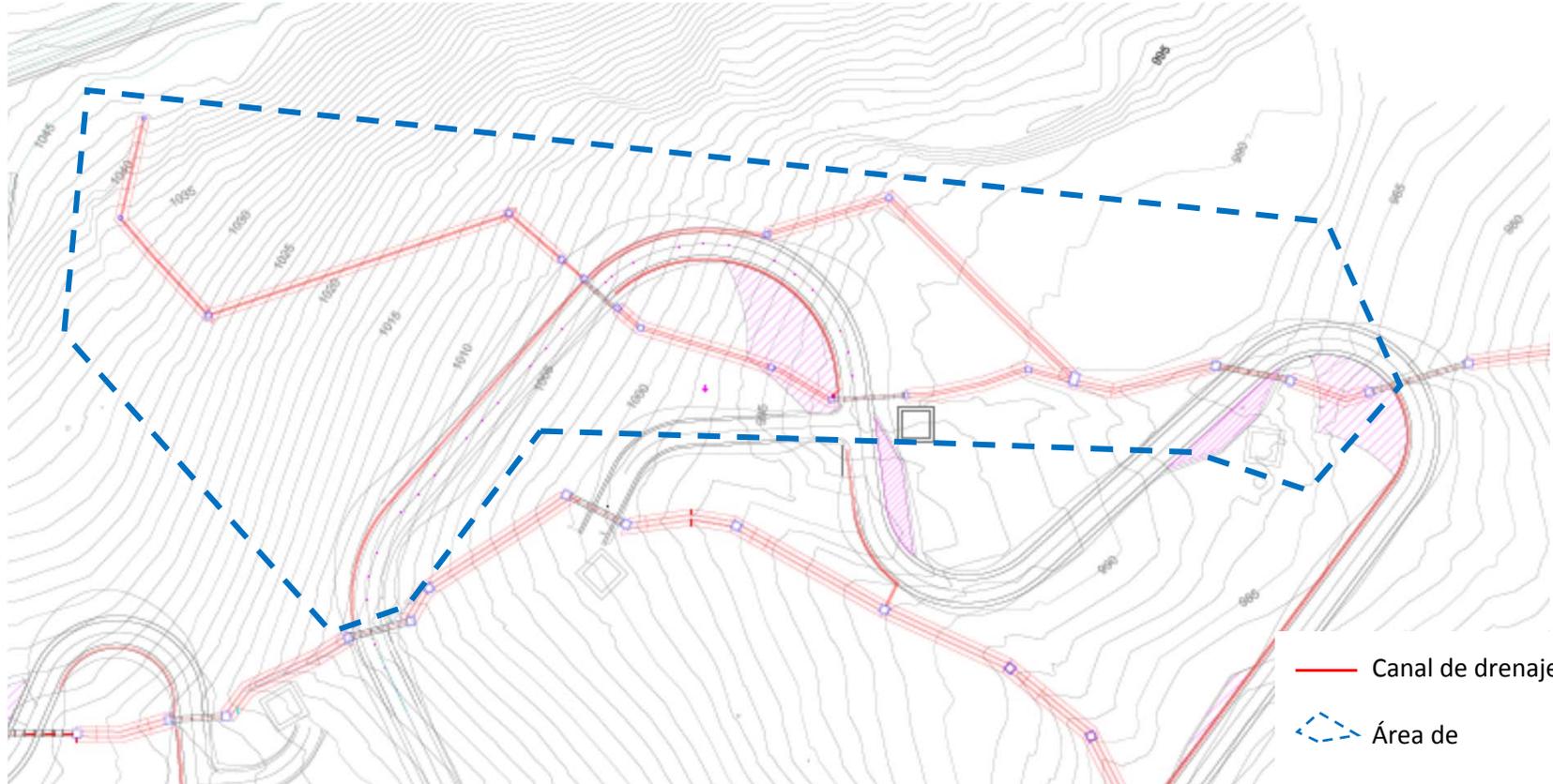
No cambio Deterioro Mejorado

Ligero Moderado Terrible

Formato 2-3

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL BERRINCHE)

Fecha de inspección:



Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto:

Grieta

Caja colector N°: _____ Hacia la caja colector N°: _____

Hundimiento

Otros (_____)

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

No cambio

Deterioro

Mejorado

Ligero

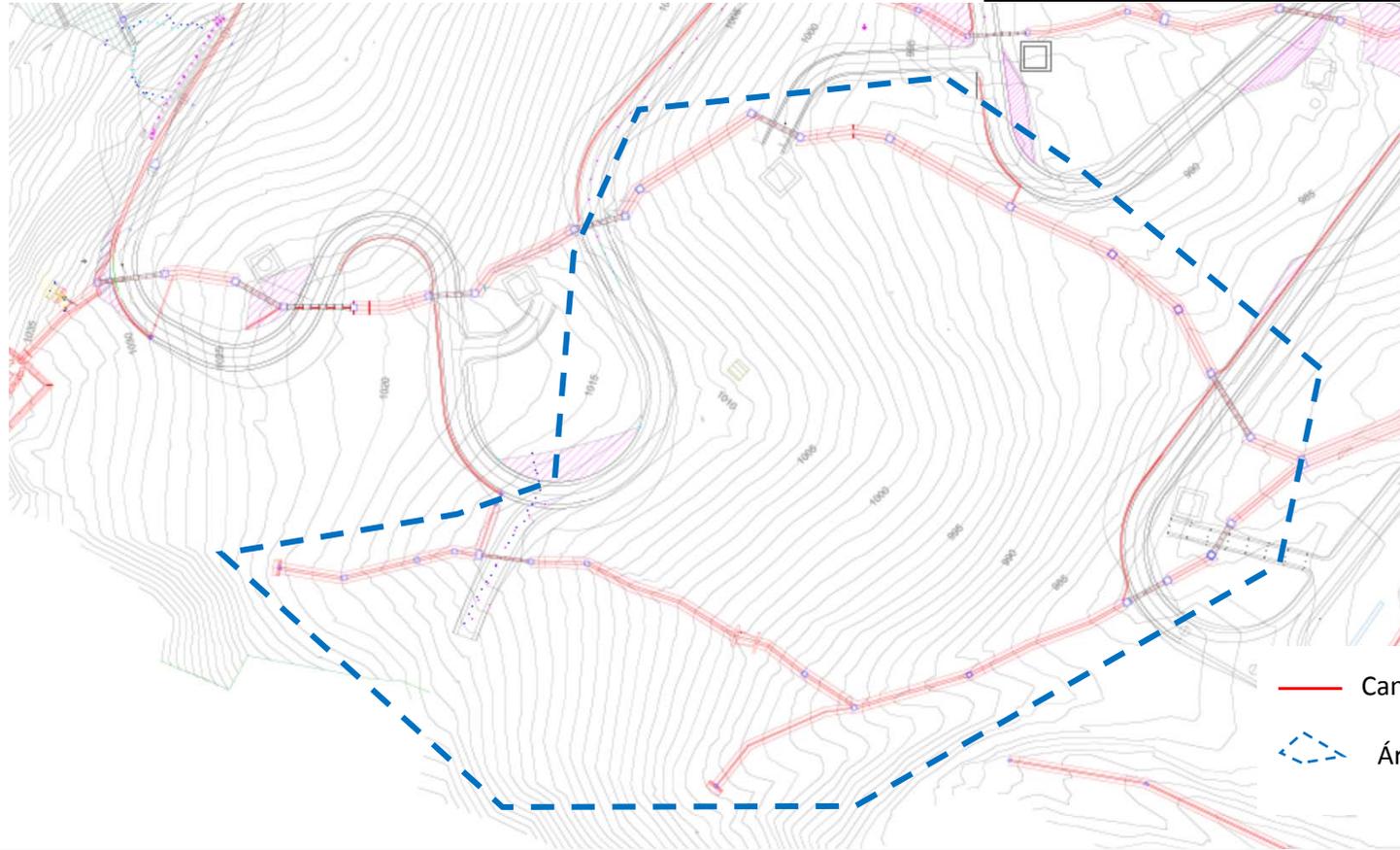
Moderado

Terrible

Formato 2-4

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL BERRINCHE)

Fecha de inspección:



— Canal de drenaje

- - - Área de

Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto:

Grieta

Caja colector N°: _____ Hacia la caja colector N°: _____

Hundimiento

Otros (_____)

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

No cambio

Deterioro

Mejorado

Ligero

Moderado

Terrible

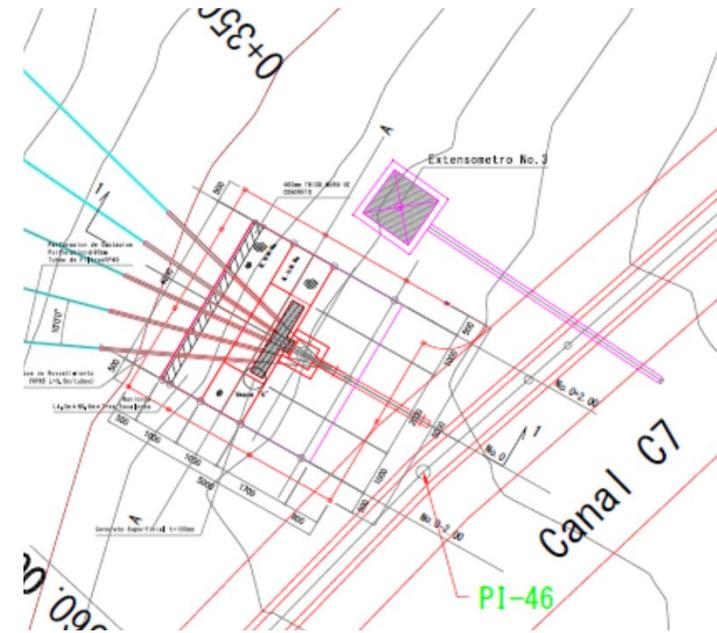
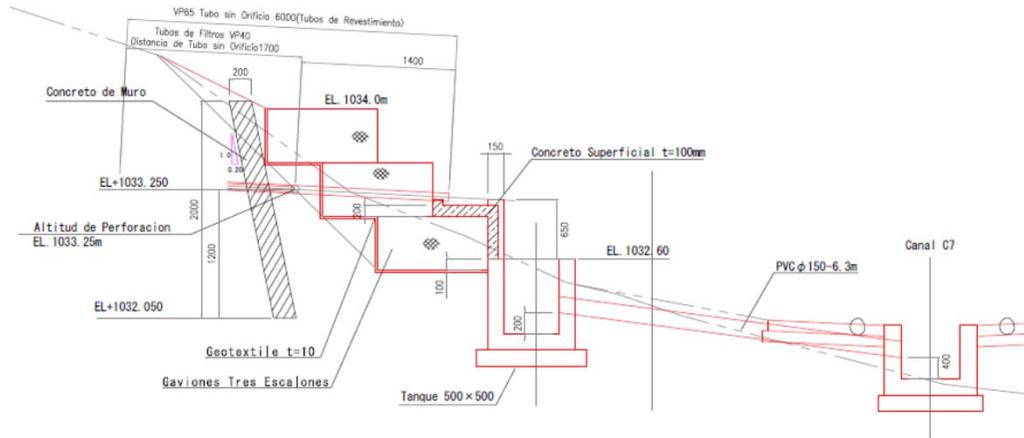
Formato 3		Pozo de drenaje					Nombre de lugar de deslizamiento:					
Nº de pozo:		Tipo de anomalía					Grado de anomalía			Medidas		
Instalaciones accesorias		Daño	Deformación	Deterioro	Aflojamiento	Otros	Ligero	Mediano	Grave	N/A	Observ.	Repar.
Superficie del terreno	Tapa											
	Entrada											
	Pared externa											
	Cerco											
	Escalera											
	Base de concreto											
	Otros											
Sección subterránea	Escarela											
	Paso											
	Plataforma de trabajo											
	Pared interna											
	Material de esfuerzo (vertical)											
	Material de esfuerzo (horizontal)											
	Cimiento de concreto											
Otros												
Nº de tubería de recolección de agua (superior)												
Cantidad de agua recolectada (L/min)												
Sedimentos		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
Anomalía												
Nº de tubería de recolección de agua (superior)												
Cantidad de agua recolectada (L/min)												
Sedimentos		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
Anomalía												
Tubería de drenaje desde el pozo de dre						Tubería de drenajeal pozo de drenaje inferior						
Cantidad de agua drenada (L/min)						Cantidad de agua drenada (L/min)						
Sedimentos			S N			Sedimentos			S N			
Anomalía						Anomalía						
Fecha de inspección:				Nombre de inspector:					Firma:			

Formato 4

Drenaje horizontal

Nombre de lugar de deslizamiento:

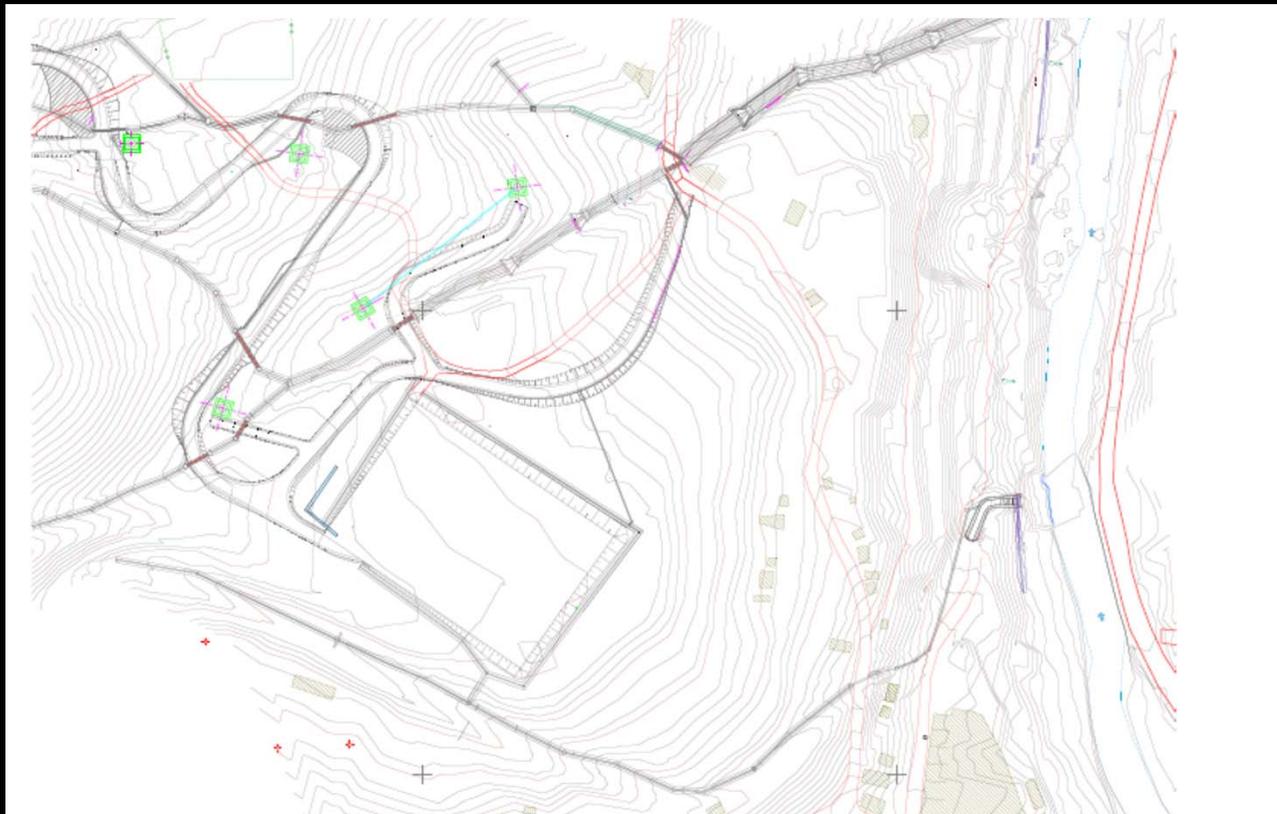
No. :



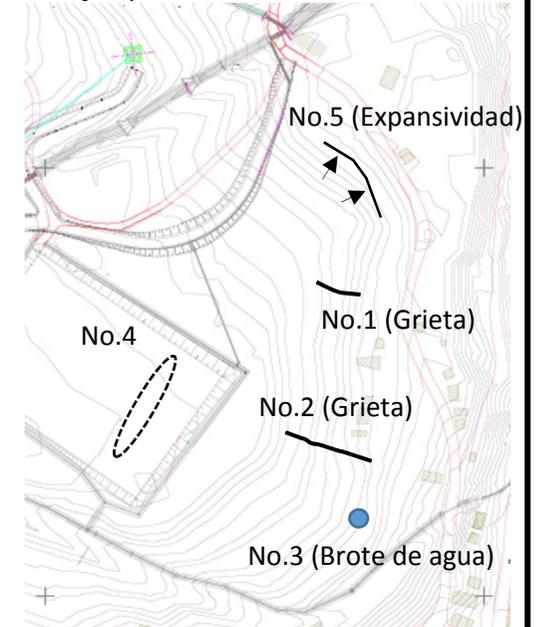
		Tipo de anomalía					Grado de anomalía				Medidas		
Instalaciones accesorias		Daño	Deformación	Deterioro	Aflojamiento	Otros	Ligero	Mediano	Grave	N/A	Observ.	Repar.	
Superficie del terreno	Caja de colector de agua												
	Tubería de drenaje												
	Gaviones												
	Superficie de concreto												
	Canal de drenaje												
	Base de concreto												
	Otros												
N° de tubería de drenaje													
Cantidad de agua recolectada (L/min)													
Sedimentos		S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S:Si, N: No	
Anomalía													
Fecha de inspección:				Nombre de inspector:						Firma:			

Formato 5

Extremos del área de deslizamiento (EL BERRINCHE)



Indicar a la figura de la izquierda los puntos de anomalía confirmados durante la inspección y numerarlos.
<Ejemplo>



Nº en la figura	Tipo de anomalía					Grado de anomalía			Medidas		
	Daño	Deformación	Deterioro	Aflojamiento	Otros	Ligero	Mediano	Grave	N/A	Observ.	Repar.
Nº											
Nº											
Nº											
Nº											
Nº											
Nº											

Fecha de inspección:

Nombre de inspector:

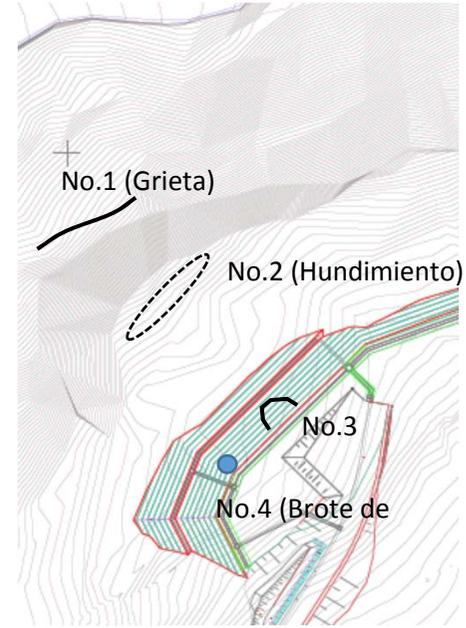
Firma:

Formato 6

Área de talud por corte del terreno (EL BERRINCHE)



Indicar a la figura de la izquierda los puntos de anomalía confirmados durante la inspección y numerarlos.
<Ejemplo>



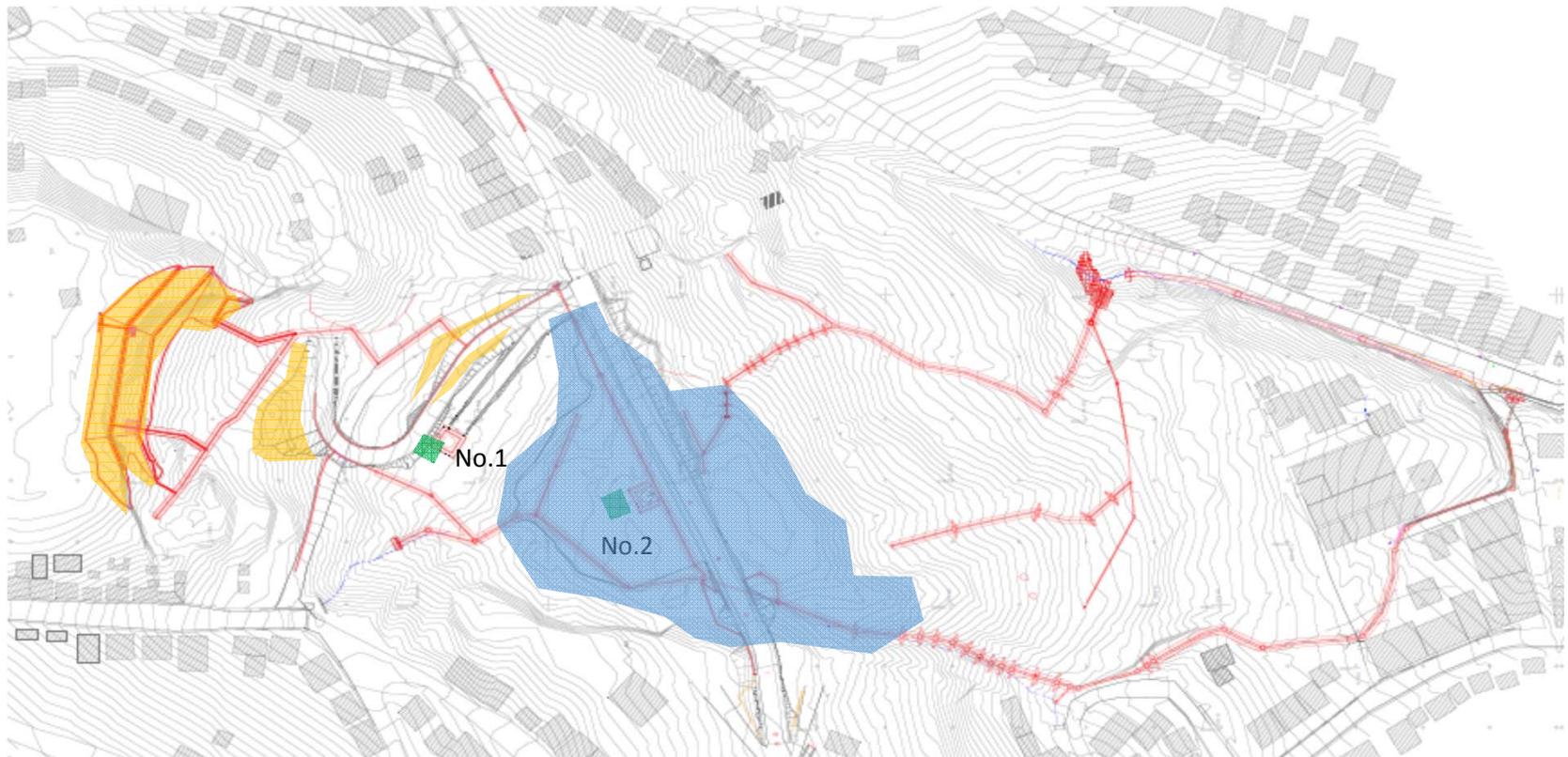
Nº en la figura	Tipo de anomalía					Grado de anomalía			Medidas		
	Daño	Deformación	Deterioro	Aflojamiento	Otros	Ligero	Mediano	Grave	N/A	Observ.	Repar.
Nº											
Nº											
Nº											
Nº											
Nº											
Nº											

Fecha de inspección:

Nombre de inspector:

Firma:

Ficha de inspección (El Reparto)



- Legenda**
-  Área de obra
 -  Talud por corte del terreno
 -  Pozo de drenaje
 - No.1** Número de pozo
 -  Drenaje de agua superficial

Formato 2-1

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL REPARTO)

Fecha de inspección:



Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto: Grieta

Caja colector N°: Hacia la caja colector N°:

Hundimiento Otros ()

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

No cambio Deterioro Mejorado

Ligero Moderado Terrible

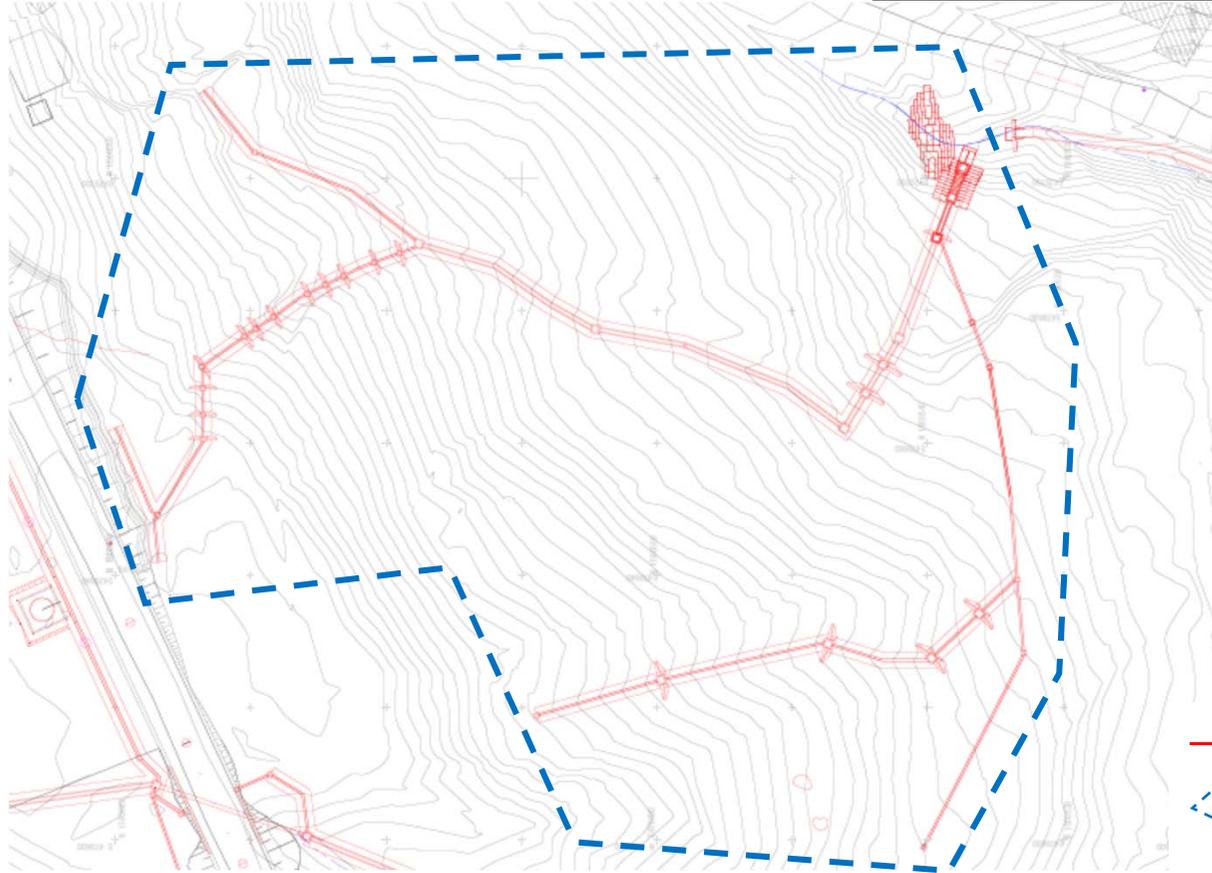
Observación y recomendación:

Nombre de Inspector: Firma

Formato 2-2

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL REPARTO)

Fecha de inspección:



— Canal de drenaje
- - - Área de

Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto: Grieta

Caja colector N°: Hacia la caja colector N°:

Hundimiento Otros ()

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

No cambio Deterioro Mejorado

Ligero Moderado Terrible

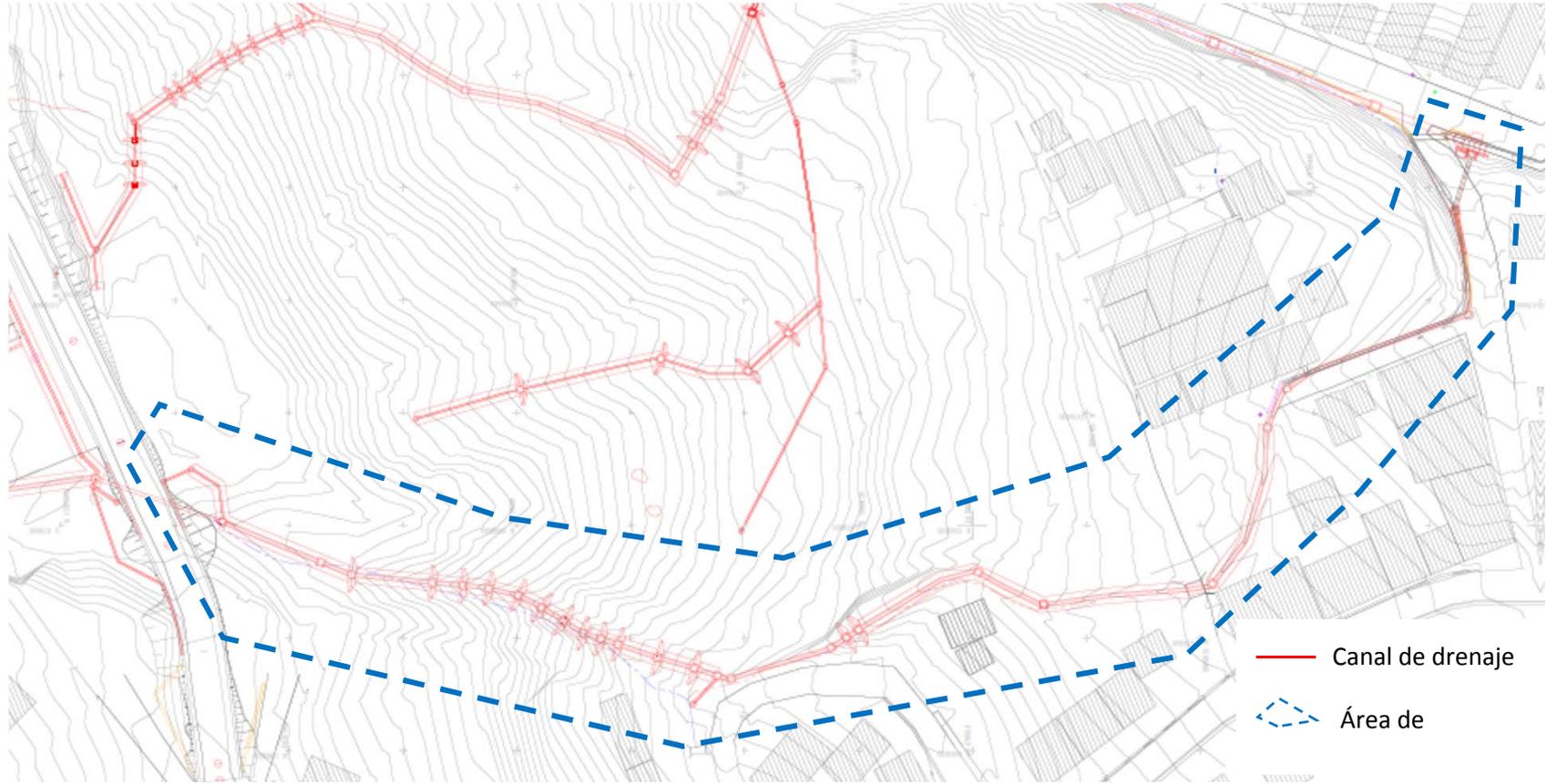
Observación y recomendación:

Nombre de Inspector: Firma

Formato 2-3

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL REPARTO)

Fecha de inspección:



Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto: Grieta

Caja colector N°: Hacia la caja colector N°:

Hundimiento Otros ()

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

No cambio Deterioro Mejorado

Ligero Moderado Terrible

Observación y recomendación:

Nombre de Inspector: Firma

Formato 2-4

Drenaje de agua superficial / Obra de drenaje (EL REPARTO)

Fecha de inspección:



Sección de canal:

Ubicación: _____ m desde

Tipo de defecto: Grieta

Caja colector Nº: _____ Hacia la caja colector Nº: _____

Hundimiento Otros (_____)

Diferencia desde la inspección precedente

Nivel de daño:

No cambio Deterioro Mejorado

Ligero Moderado Terrible

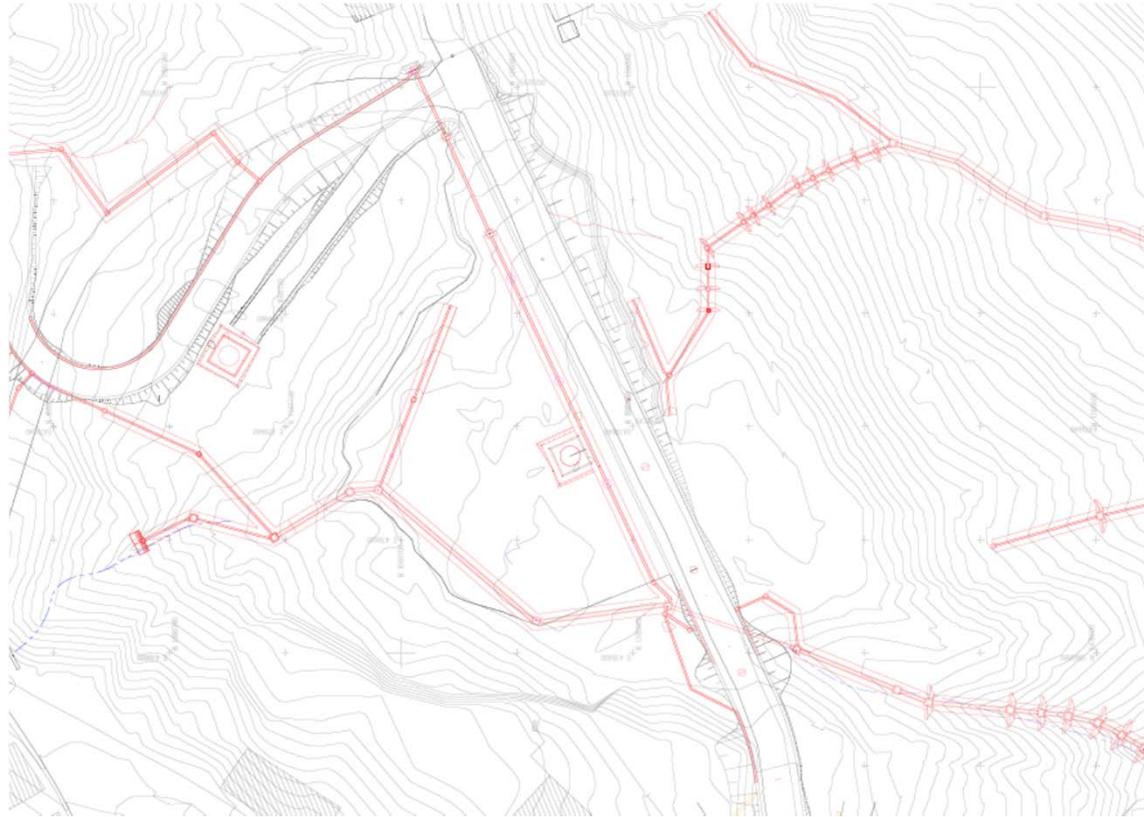
Observación y recomendación:

Nombre de Inspector: _____ Firma

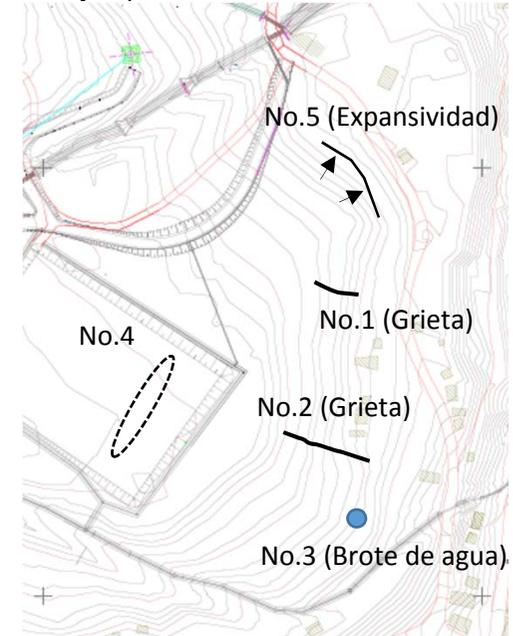
Formato 3		Pozo de drenaje					Nombre de lugar de deslizamiento:					
Nº de pozo:		Tipo de anomalía					Grado de anomalía			Medidas		
Instalaciones accesorias		Daño	Deformación	Deterioro	Aflojamiento	Otros	Ligero	Mediano	Grave	N/A	Observ.	Repar.
Superficie del terreno	Tapa											
	Entrada											
	Pared externa											
	Cerco											
	Escalera											
	Base de concreto											
	Otros											
Sección subterránea	Escarela											
	Paso											
	Plataforma de trabajo											
	Pared interna											
	Material de esfuerzo (vertical)											
	Material de esfuerzo (horizontal)											
	Cimiento de concreto											
	Otros											
Nº de tubería de recolección de agua (superior)												
Cantidad de agua recolectada (L/min)												
Sedimentos		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
Anomalía												
Nº de tubería de recolección de agua (superior)												
Cantidad de agua recolectada (L/min)												
Sedimentos		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
Anomalía												
Nº de tubería de recolección de agua (inferior)												
Cantidad de agua recolectada (L/min)												
Sedimentos		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
Anomalía												
Nº de tubería de recolección de agua (inferior)												
Cantidad de agua recolectada (L/min)												
Sedimentos		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
Anomalías												
Tubería de drenaje desde el pozo de dre						Tubería de drenaje al pozo de drenaje inferior						
Cantidad de agua drenada (L/min)						Cantidad de agua drenada (L/min)						
Sedimentos		S N				Sedimentos				S N		
Anomalía						Anomalía						
Fecha de inspección:				Nombre de inspector:				Firma:				

Formato 5

Área de relleno (EL REPARTO)



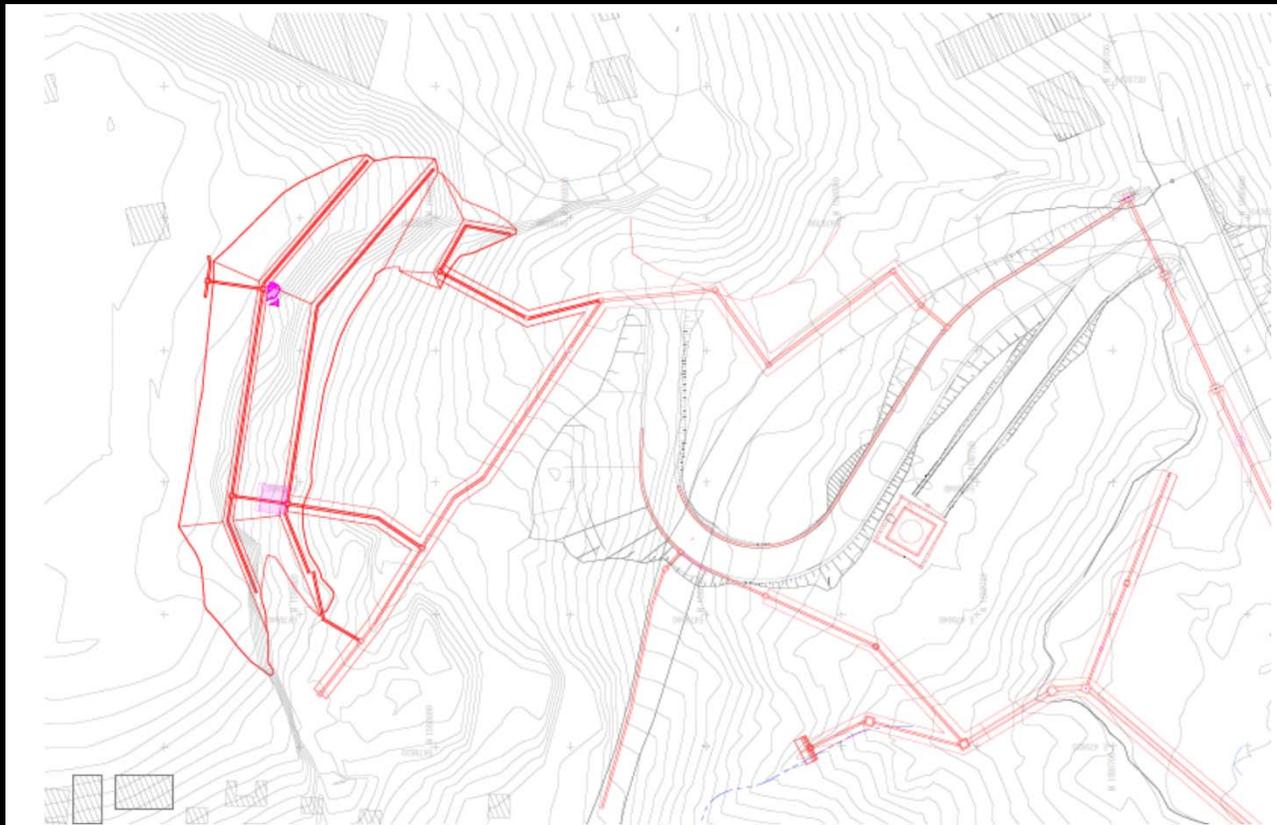
Indicar a la figura de la izquierda los puntos de anomalía confirmados durante la inspección y numerarlos.
<Ejemplo>



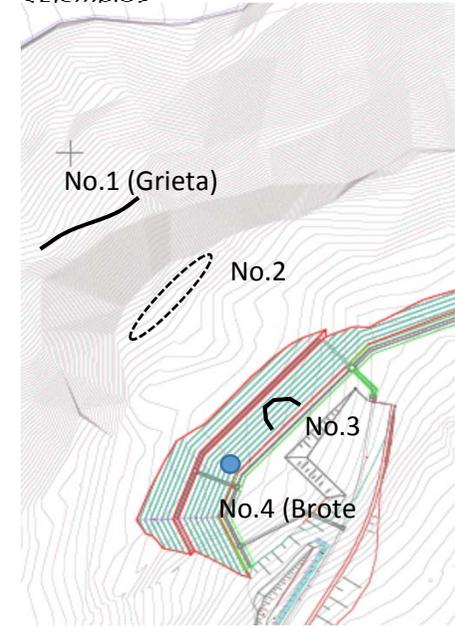
Nº en la figura	Tipo de anomalía					Grado de anomalía			Medidas		
	Daño	Deformación	Deterioro	Aflojamiento	Otros	Ligero	Mediano	Grave	N/A	Observ.	Repar.
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
Fecha de inspección:			Nombre de inspector:					Firma:			

Formato 6

Área de talud por corte del terreno (EL REPARTO)



Indicar a la figura de la izquierda los puntos de anomalía confirmados durante la inspección y numerarlos.
<Ejemplo>



Nº en la figura	Tipo de anomalía					Grado de anomalía			Medidas		
	Daño	Deformación	Deterioro	Aflojamiento	Otros	Ligero	Mediano	Grave	N/A	Observ.	Repar.
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											

Fecha de inspección:

Nombre de inspector:

Firma:

