SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS EN INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA.

APÉNDICE 3

INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS DE INSTRUMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO HIDROGEOLÓGICO

ÍNDICE

ÍNDICE 2
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO 4
2. PLAN DE AUSCULTACIÓN 4
2.1. Sistemas de auscultación 4
2.2. Umbrales 5
2.3. Frecuencia de lecturas 6
2.4. Protocolo de Actuación 6
2.5. Procesado de datos 6
3. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN 7
3.1. Control hidrogeológico 7
3.1.1. Instalación de piezómetros 7
3.1.2. Aforos 12
3.1.3. Instrumentación 16
3.1.4. Módulos de adquisición y almacenamiento de datos 18
3.1.5. Estaciones meteorológicas. 19
3.2. Control de movimientos verticales 19
3.2.1. Extensómetros 19
3.2.2. Hitos de nivelación 20
3.2.3. Bases de nivelación 20
3.2.4. Regletas de nivelación 20
3.2.5. Miniprismas y control de asientos robotizado 20
3.2.6. Electroniveles 21
3.2.7. Arquetas de subsidencia combinada 22
3.2.8. Placas de asiento 22
3.2.9. Líneas continuas de asiento 23
3.2.10. Otros sistemas de control de movimientos verticales 24

3.3. Control de movimientos horizontales 24
3.3.1. Inclinómetros 24
3.3.2. Clinómetros 25
3.3.3. Desplomes 25
3.3.4. Otros sistemas de control de movimientos horizontales 25
3.4. Control de movimientos en el interior de túneles 25
3.4.1. Convergencias 25
3.4.2. Células de presión 26
3.4.3. Extensómetros de cuerda vibrante 26
3.4.4. Células de carga en anclajes 27
3.4.5. Vehículo auscultador (vehículo de inspección automatizada) 27
4. INFORMES DE SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 28
4.1. Informe de Incidencias 28
4.2. Informes de seguimiento periódicos 29
4.3. Informe Final de Auscultación 29

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto de estos trabajos es disponer los sistemas de instrumentación necesarios, en su caso, y las actuaciones preventivas y/o correctoras de auscultación para seguimiento y control, una vez realizada la correcta identificación de la problemática existente en la zona de estudio.

Todos los instrumentos y accesorios necesarios deberán ser suministrados por el Contratista, conforme a las condiciones del Pliego vigente, debiendo estar disponibles con anterioridad al comienzo de la auscultación y debiendo prever el Contratista la incorporación de los medios auxiliares necesarios para la correcta realización de los trabajos.

El personal de instrumentación responsable de la instalación, pruebas, vigilancia y toma de lecturas y registros de los instrumentos, deberá ser personal cualificado y con experiencia en el campo de la instrumentación, a satisfacción de la Responsable de Ineco.

2. PLAN DE AUSCULTACIÓN

Será responsabilidad del Contratista la ejecución de todos los trabajos de instrumentación, incluida instalación, mantenimiento de equipos, toma de lecturas… y de la Dirección el seguimiento y comprobación de las mismas.

Para todo ello, el contratista seguirá las indicaciones de la Dirección.

Previamente al comienzo de los trabajos de campo u obra, el Consultor deberá entregar un Plan de Instrumentación, encuadernado en formato DIN-A3, que estará constituido por la memoria y anejos, planos, programa de trabajos propuesto, presupuesto comparado con el de adjudicación, las prescripciones técnicas de este pliego.

Dicha Propuesta de Instrumentación contendrá al menos los siguientes elementos:

- Resumen del análisis de la situación y problemática de la zona, así como los principales aspectos a controlar.

- Se incluirán los reconocimientos geotécnicos necesarios para la instalación de los distintos sistemas, como por ejemplo para la instalación de inclinómetros, extensómetros y piezómetros que requieren en la mayoría de los casos de la ejecución de un sondeo.

- Se definirán los distintos sistemas de auscultación a aplicar y su diseño apoyado en planos y esquemas que recojan la disposición de cada sistema. Todo ello conforme se detalla en el presente pliego en los apartados siguientes.

- Se desarrollarán además los siguientes aspectos: umbrales de alarma para cada tipo de instrumentación, frecuencia de lecturas, protocolo de actuación, tratamiento de la información, sistema de transmisión de datos...

2.1. Sistemas de auscultación

En el Plan de Instrumentación se realizará una descripción de las principales características del sistema a implantar, donde al menos deberán quedar recogidos los siguientes aspectos:

- Elementos del sistema. Se describirá cada sistema de instrumentación a emplear, instalación, funcionamiento, interpretación, especificaciones técnicas, plan de calibración y

mantenimientos, costes, etc…, incluyendo planos, esquemas de configuración y/o fotografías de los distintos elementos.

- Esquema de funcionamiento. Deberán incluirse planos, esquemas de configuración y/o fotografías que muestren los distintos componentes que forman cada sistema y su funcionamiento.

- Instalación. Será responsabilidad del Contratista la correcta instalación de la instrumentación, así como la verificación del buen funcionamiento del sensor una vez instalado, su calibración y el mantenimiento de los equipos. Si se detectase cualquier fallo en el mismo, el coste repercutido por su sustitución será asumido por el Contratista.

- Toma de datos. Para cada instrumento se detallará el modo en el que se realizará la toma de lecturas, para lo cual deberá especificarse si se trata de sensores de lectura manual o automática.

- Procesado de datos. Este tema se encuentra desarrolla más adelante.

- Especificaciones técnicas. Siempre que proceda, se deberá incluir en un anejo las fichas del fabricante donde aparezcan las especificaciones técnicas de cada uno de los tipos de sensores a instalar. Se incluirán expresamente los datos básicos referentes a rango de medida, precisión, exactitud… de cada sensor.

- Plan de calibración y mantenimiento de equipos. Será responsabilidad del Contratista la realización del Plan de Calibraciones así como su correcta ejecución. Se deberá incluir una tabla que recoja por cada sensor, siempre que proceda, las fechas de inicio y fin de vigencia de la misma. Será condición indispensable mantener actualizada dicha tabla. Se adjuntará en un anejo correspondiente copia de los certificados de calibración acreditados de cada uno de los instrumentos instalados.

De igual forma se expondrá en una tabla los hitos de mantenimiento periódico relacionados con el cambio de baterías, limpieza de sensores, revisión de las instalaciones, etc. Antes de colocar cada tipo de aparato, se realizarán pruebas de consumo de batería para determinar dichos periodos.

Se elaborará un cronograma con las visitas previstas relacionadas con calibración y mantenimiento periódicos.

2.2. Umbrales

Incluido en el Proyecto de Instrumentación, para cada una de las magnitudes a controlar deberán establecerse unos umbrales iniciales de referencia de forma que permitan conocer en todo momento el nivel de alerta en el que se encuentra cada sensor.

Para la definición de dichos umbrales se tendrán en cuenta datos básicos tales como: naturaleza del suelo, tipología de la estructura, tipo de cimentación, previsión de movimientos admisibles en función de las distintas fases constructivas cuando proceda y experiencias previas en entornos similares. Asimismo, se tendrá en cuenta la normativa o recomendaciones existentes, y, en particular, las que se refieren a los condicionantes en cuanto a explotación y mantenimiento de la línea.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, deberá realizarse una descripción en forma de resumen que justifique la consecución de dichos umbrales. La definición de estos umbrales estará basada principalmente en cálculos teóricos y en experiencia práctica y sentido común.

Con posterioridad, una vez se vayan obteniendo datos y éstos se vayan analizando e interpretando, los umbrales deberán revisarse y ajustarse de acuerdo a las condiciones reales del entorno.

Se emplearán como mínimo dos umbrales, que imitando el código semafórico, establecerán tres niveles de riesgo: verde, ámbar y rojo.

Atendiendo a los umbrales establecidos y a las implicaciones de los niveles de riesgo se deberán establecer las distintas frecuencias de lectura, así como las posibles medidas de actuación que deberán quedar recogidas en el Protocolo de Actuación.

2.3. Frecuencia de lecturas

Al igual que los umbrales, todos los instrumentos deberán llevar asociados unas frecuencias de medida. Estas frecuencias podrán verse modificadas en vista de la evolución de las magnitudes registradas a lo largo de todo el periodo de auscultación. Cualquier modificación estará siempre sujeta a la aprobación de la Dirección.

Las periodicidades propuestas deberán quedar reflejadas en tablas donde estará perfectamente definido el aumento en la frecuencia de lecturas en función del umbral de referencia en el que se encuentre el instrumento analizado.

Previo al inicio de las lecturas deberá realizarse una “lectura cero” para toda la instrumentación instalada. Esta lectura cero será la media de dos lecturas consecutivas.

El Contratista propondrá una frecuencia de lecturas, que podrá ser modificada durante la ejecución de la obra en función de los resultados obtenidos, de la evolución de los registros o de la superación de los umbrales de control establecidos, si la Dirección así lo estima oportuno.

2.4. Protocolo de Actuación

Una vez establecidos los umbrales de control y la frecuencia de lecturas, se deberán prever medidas de actuación en cada caso. Previo a la activación del protocolo, deberá realizarse una comprobación del resultado obtenido. Para ello se realizará una segunda lectura de comprobación, además de comprobar el dato con los obtenidos en los sensores ubicados en su entorno.

En la redacción del protocolo se deberá incluir una lista de personas que actuarán como la cadena de mando responsable de la toma de decisiones cuando algún sensor rebase el umbral rojo. En ese listado de personas deberán estar representadas todas las partes implicadas.

2.5. Procesado de datos

Cada instalación tendrá en campo su propio sistema de medición y registro de datos. Dichos datos, en bruto, tal cual se toman por cada instalador se guardarán en su formato original. Cada grupo de datos se enviará a la Dirección (vía telefónica a través de Internet) en formato legible (ASCII) indicando la fecha y magnitud medida.

Dependiendo de la magnitud de la información a medir y del propio sistema de medida el periodo de lecturas será diferente.

Con el fin de hacer las magnitudes y control más manejable, se realizará un “pretratamiento” de datos que incluirá una tabla resumen diaria de cada una de esas magnitudes. Para cada punto de medida se obtendrán los valores estadísticos máximo, mínimo, medio y desviación. Asimismo se establecerá una

comparación con los umbrales de control del proyecto, para que en el caso de que se supere cualquier umbral se emita un comunicado de aviso.

Adicionalmente, y a solicitud de la Dirección, se dispondrá un sistema de gestión de ficheros de medida a través de un servidor FTP, desde donde se podrán descargar los ficheros originales con toda la información de las medidas. Será por una parte un sistema de Back Up y, por otra parte, la fuente desde donde se podrá estudiar con detalle el histórico de cualquier posible incidencia.

Una vez puesto en marcha el sistema y realizados los primeros análisis, será el momento de comparar las medidas con los umbrales prefijados. Si la medida se sale fuera del intervalo, una vez ajustados los umbrales, se activará el plan de acción establecido poniendo en marcha los mecanismos de aviso y protocolo de actuación.

Se establece entre el inicio de la recepción y análisis de las primeras medidas un periodo de "aprendizaje" de la forma del tratamiento inicial que lleve a optimizar la periodicidad de las medidas y el número de datos a guardar y representar. Dicho período de aprendizaje será definido por la Dirección en función de la magnitud y complejidad del estudio a realizar.

En cualquier caso, los datos temporales pretratados se podrán consultar en tiempo real en la Web de instrumentación creada a tal efecto. Su uso se habilitará de forma privada bajo "usuario" y "contraseña". El sistema de consulta Web deberá ser totalmente compacto y, una vez introducidos los datos en su base, deberá asignarse una codificación que permita visualizar que tipo de sensor es el origen del dato, así como hacer referencia a su ubicación (sección, zona o nombre que les identifique). Estarán codificados según el esquema de instrumentación. Ello permitirá punto a punto observar la evolución temporal.

3. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

3.1. Control hidrogeológico

Se describen a continuación las prescripciones generales para la instalación y seguimiento de la instrumentación habitualmente empleada en campañas de investigación hidrogeológica

3.1.1. Instalación de piezómetros

Prescripciones generales

Aunque la denominación puede producir confusión, no se debe confundir este tipo de piezómetros con los sondeos geotécnicos con tubería ranurada instalada para la observación del nivel freático.

Antes de darse el visto bueno a cada piezómetro instalado, se comprobará su funcionamiento, previa entrega por parte del Consultor, de un Croquis Constructivo de Piezómetro, en el que se reflejen como mínimo los diámetros de perforación y entubado, tipo de tubería y tramos ranurados y ciegos, y la disposición y composición final del relleno anular, sello sanitario, etc.

Adicionalmente el estado final del piezómetro y mediciones realizadas quedarán reflejadas en el Acta de Finalización de Sondeo, que la Dirección del Estudio podrá proponer cumplimentar a través del Apoyo Técnico.

Piezómetros abiertos

Se realizarán mediante perforación a rotación como tónica habitual, aunque si la información geológica y las dimensiones y potencia de las unidades a perforar son suficientemente conocidas se pueden

realizar a destroza (con corona ciega, trialeta tricono, etc.) previa justificación por parte del Consultor y aceptación por la Dirección del Estudio.

Cuando las perforaciones y los piezómetros tengan como objetivo la investigación de la contaminación de suelos o aguas, se utilizarán materiales y procedimientos adecuados a esta finalidad.

La perforación deberá ser realizada con un diámetro mínimo (que permita el sistema de perforación empleado) y que asegure una correcta instalación del piezómetro y la conexión fiable de éste con el acuífero.

Se instalará tubería piezométrica comercial (siempre ranurado de fábrica), de un diámetro interior mínimo de 60 mm., aunque este diámetro se puede ver incrementado en los casos en los que las condiciones geológicas hidrogeológicas lo aconsejen. Se debe tener en cuenta en la elección de la entubación, que ésta debe tener un diámetro suficiente para poder introducir una bomba sumergible de una capacidad suficiente para generar un descenso de lámina de agua de al menos 2 metros.

La disposición de tubería ciega y ranurada en el interior del sondeo se diseñará de forma que los límites inferior y superior de la rejilla queden siempre enfrentados a relleno anular de gravilla o arena silícea (en caso de instalarse empaque), que a su vez debe quedar dentro de los límites de la formación acuífera a estudiar, sin alcanzar el contacto de la formación acuífero con las unidades que la limitan.

La tubería piezométrica filtrante presentará una superficie abierta de al menos el 10%, y la apertura de rejilla o paso de rejilla será seleccionado en función de la granulometría del acuífero y del empaque de gravas empleado (en caso de utilizarse).

Se entiende que el grosor de pared debe ser seleccionado a partir de los espesores comerciales disponibles, en relación con el diámetro interior de tubería seleccionado y el material de la propia tubería (PVC-U, acero, acero inoxidable, etc). De entre los espesores disponibles se debe tener en cuenta además, los condicionantes geológico-hidrogeológicos que puedan afectar a la durabilidad de la tubería en el tiempo, especialmente la acidez del agua si se pretende instalar tubería de acero o el carácter incrustante del agua. Otros condicionantes a tener en cuenta (sobre todo en piezómetros de gran profundidad), son la resistencia a las tracciones mecánicas y a los esfuerzos de compresión exterior producidos por empujes del terreno, e incluso por el relleno del anular.

La unión entre tubos debe ser mecánica roscado de fábrica, no aceptándose en ningún caso fijaciones mediante cinta adhesiva, pegamentos o similares. Se admitirá, de forma justificada, el empleo de sistemas de fijación adicionales a la rosca de fábrica (pegamento, remaches, etc.).

Se colocará un tapón de fondo en la tubería, con fijación similar a la de las juntas de tubería, no admitiéndose de igual manera fijaciones mediante cinta adhesiva, pegamentos, etc.

Se deben instalar centradores en la tubería que aseguren el correcto centrado de ésta en el interior de la perforación. La instalación se debe hacer de forma mecánica, utilizando para la bajada y sujeción los elementos y mordazas necesarios con los que debe contar el equipo de perforación.

La longitud final de la tubería instalada debe ser tal que, como mínimo, se supere en 5 metros con tubería ciega la profundidad del último tramo ranurado.

Una vez conocidas las características litológicas y geomecánicas de los materiales perforados, se decidirá la conveniencia de la instalación de empaque de de gravas o no, y sus características. En el caso de perforarse varios niveles incluida la formación que se pretende controlar piezométricamente (formación acuífera), se debe asegurar el correcto aislamiento piezométrico entre la formación de interés y el resto mediante sellos de bentonita. En estos casos se hace indispensable la implantación de

macizo de gravas para asegurar la ubicación de los sellos de bentonita, asegurando así la independencia piezométrica de niveles.

El prefiltro o macizo de gravas, en caso de instalarse, debe tener un espesor total mínimo de 30 mm. Estará compuesto de gravilla y/o arena silícea calibrada, en el anular, entre la tubería y la pared del sondeo. Tanto la apertura de los tramos filtrantes como la granulometría de este prefiltro será determinada en función de la granulometría del acuífero, con el objeto de construir piezómetros eficientes para su seguimiento piezométrico, incluso en la realización de ensayos de bombeo; exigiéndose esta condición para el abono de los piezómetros.

La elección inicial de la granulometría del prefiltro debe elegirse en función de los datos granulométricos recogidos en estudios previos o en la bibliografía consultada. No obstante, estos valores y la idoneidad del prefiltro empleado deben ser confirmados tras la perforación de los primeros sondeos de campaña, sondeos en los que se tomarán específicamente muestras con esta finalidad para su ensayo granulométrico en laboratorio.

A continuación se indica, tan solo a modo informativo, el criterio general para la elección de rejilla y prefiltro, no obstante el Consultor será responsable de la su elección y de la correcta eficiencia de los piezómetros construidos:

- Niveles de gravas medias y gruesas predominantes sobre la fracción arenosa; la cantidad de gravas es de un 60 - 70 % o superior y la proporción de arenas finas es inferior al 10 %: son adecuadas aperturas de rejilla entre 5-10 mm. y es posible que no proceda la utilización de macizos de gravas artificiales y son ideales para la creación de prefiltros naturales mediante sistemas de desarrollo bidireccionales.

- Mezclas de arenas y gravas en distinta proporción, pero siempre con un contenido en finos inferior al 20%: son adecuados pasos de rejilla entre 0,5-3 mm. y la colocación de un prefiltro de granulometría entre 2-15 mm. El paso de rejilla siempre debe ser inferior a la granulometría del prefiltro y tanto la granulometría de éste como el paso de la rejilla se fijarán dentro de los intervalos anteriores, a la vista de las curvas granulométricas de los ensayos de laboratorio.

- Mezclas de gravas y/o arenas con un contenido en finos superior al 20%: es adecuado la utilización de filtros dobles constituidos por un macizo de arena (1-2 mm. de grosor) pegada a la rejilla (apertura 0,5-1 mm.) con resinas epoxy de 15-20 mm. de espesor y un prefiltro exterior, de granulometría más gruesa (2-3 mm.) y 80 mm. de espesor. En caso de imposibilidad de utilizar tubería con macizo de arenas pegado, se puede sustituir éste por un forrado de la tubería filtrante troquelada con tela metálica mosquitera, colocando el prefiltro exterior directamente entre la tela y el terreno.

El engravillado (en caso de utilizarse) se hará simultáneamente a la retirada del tubo de revestimiento para evitar el desmoronamiento de las paredes.

En los tramos no ranurados, el espacio anular entre el terreno y la entubación se rellenará mediante un sello impermeable, que puede estar constituido por dos alternativas:

- Sellos de bentonita granular sin finos sueltos ni partículas que floten. Si es necesario, se eliminaran mediante cribado.

- Cementaciones de lechada de cemento-bentonita vertida mediante tubería auxiliar. Cuando se coloquen sobre filtros granulares se dispondrá un una capa de separación de bentonita granular. Este tipo de cementaciones son indispensables cuando se requiera que el relleno

anular tenga resistencia mecánica y se debe tener en cuenta el tiempo de curado necesario para programar las operaciones.

La disposición de tramos de tubería ranurada y ciega y de los rellenos anulares de material filtro o de sellante se diseñará a partir de la columna litológica obtenida. Como criterio general se debe considerar que los límites superior e inferior de los sellos deben rebasar por ambos márgenes el contacto litológico que pretenden sellar. Los tramos de sello deben quedar siempre e invariablemente enfrentados a tramos de tubería ciega.

La instalación de bentonita se hará de forma lenta, simultáneamente a la retirada de la tubería de revestimiento. Se debe controlar en todo momento la profundidad alcanzada durante la instalación, esperando los tiempos necesarios para su depósito, decantación y consolidación inicial. Las profundidades de instalación deben ser invariablemente las diseñadas de forma previa a la instalación.

Se sellará el anular entre la tubería de revestimiento y el taladro en, como mínimo, los 2 metros superiores con el fin de crear un sello superficial sanitario que evite la entrada de contaminantes o aguas superficiales entre el anular y el terreno. La profundidad de alcance del sello sanitario debe estar justificada en función de la naturaleza y características de los materiales superficiales perforados (rellenos, zonas de alteración, epikarst, etc.) debiendo salvarse estos niveles mediante el sello sanitario superficial.

Por encima del tramo ranurado se instalará una longitud de tubería ciega suficiente para evitar la entrada de aguas superficiales por infiltración externa a la tubería.

Se dotará con tapa (roscada o a presión) la tubería piezométrica y tapa o arqueta metálica de protección con cierre, antivandálico si fuese necesario, al piezómetro.

La arqueta de protección de la boca del piezómetro se fijará firmemente al terreno, cementados de forma que no sea posible levantarla ni moverla manualmente. Dicha arqueta estará roscada interiormente con una rosca estándar, de manera que sea posible prolongarla hacia arriba mediante un tubo acoplado a ella. La finalidad de este sistema es permitir que el piezómetro siga siendo operativo aun en el caso de que la superficie del terreno cambie de cota, por adición de terraplén, pavimentación u otra obra futura durante las actuaciones proyectadas/en ejecución.

En caso de previsión de instalación de algún tipo de instrumentación en el interior de los piezómetros durante la fase de trabajos de campo o en fases posteriores de seguimiento (si las hubiere), se deben instalar arquetas metálicas de protección de tipo antivandálico. Estas arquetas, cuyo diseños se debe presentar a la Dirección y debe contar con el visto bueno de ésta, dispondrán de doble o triple cierre mediante candado o similar y /o tornillos de cierre de seguridad con apertura mediante empleo de herramientas específicas que no sean de uso común.

Piezómetros cerrados

Estos piezómetros quedarán preferentemente equipados con sensores piezométricos de cuerda vibrante en el interior del sondeo.

Una de las ventajas de este tipo de instrumentos es que permiten instalar varios sensores en un sondeo, siempre que haya suficiente separación y se utilice un procedimiento de instalación adecuado.

El sensor del piezómetro tendrá una precisión superior al 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas. Como norma general estos sensores se instalaran suspendidos de una tubería auxiliar perdida de acero o PVC rígido que llegará hasta el fondo de la perforación. Esta tubería servirá para rellenar totalmente el sondeo de lechada de abajo hacia arriba, dejando los sensores embebidos

en el relleno. El espacio ocupado por la instalación y el diámetro de la perforación deben ser suficientes para permitir el ascenso de la lechada sin obstrucciones y sin que los equipos sean arrastrados.

En situaciones concretas y simples se puede estudiar otras alternativas de instalación que debe ser aprobado por la Responsable de Ineco, como:

- Englobar el sensor dentro de un lecho de material granular y rellenar el resto del sondeo con bentonita granular.

- Usar un piezómetro hincado en el fondo del sondeo y rellenar el sondeo de material sellante.

El filtro de los sensores será de acero sinterizado y estará situado en la base del sensor. Antes de su instalación se desmontará el filtro y se volverá a montar sumergido en un recipiente lleno. Durante la instalación se mantendrá con el filtro hacia arriba para evitar que se vacíe el agua que contiene. Esta agua impide la entrada de aire, que aumentaría el tiempo de respuesta, y de lechada de relleno.

En los piezómetros hincados en el terreno y utilizados para medir presiones intersticiales negativas, se utilizarán filtros cerámicos laterales. Se seguirán las instrucciones del fabricante para evitar que estos filtros se sequen o contengan aire ocluido.

Los diferentes piezómetros de cuerda vibrante colocados en un sondeo, dispondrán de sus correspondientes cables conectados a una caja de bornes con protección a la intemperie.

El Consultor entregará a la Dirección, un Croquis de instalación piezométrica a modo de esquema con la disposición de los piezómetros en cada sondeo y la composición del mismo en cuanto a relleno (espesores y tipo de gravilla, sellos o cemento, diámetro de perforación, etc). Asimismo se reflejará la secuencia de las medidas a realizar. Asimismo, deberá entregar un certificado de calibración de los mismos con las constantes de conversión frecuencia-presión y la frecuencia de lectura del sensor a presión cero atmosférica en el momento y en la ubicación de la instalación.

A efectos de medición y abono, todas las operaciones de suministro, transporte, colocación, engravillado, sellado, cableado y tiempos de espera están incluidas en la unidad correspondiente.

Medidas de nivel piezométrico automáticas

Durante el avance de los trabajos, se podrán sustituir las medidas de tipo manual o bien ser planteadas en nuevos sondeos, por medidas de nivel piezométrico de tipo automatizado.

Este tipo de medidas se basan en el empleo de sensores y registradores de datos (“dataloggers”). Los sensores se emplazan en el interior de la perforación, a profundidades determinadas siempre por debajo de la lámina de agua existente. El rango de medida debe ser adecuado a la columna de agua esperable por encima del sensor.

Los sensores son capaces de medir instantáneamente la presión de columna de agua existente sobre ellos. Estas mediciones serán almacenadas en un registrador de datos (datalogger), con un intervalo temporal de medida fijado inicialmente.

La periodicidad de descarga de datos (en caso de contar con registrador de datos de almacenamiento) se puede espaciar en el tiempo, con respecto a las medidas de tipo manual fijadas para seguimiento piezométrico.

Las medidas de piezometría o descarga de datos en piezómetros abiertos deben ir acompañadas invariablemente de una medida piezométrica de tipo manual, para contraste y calibración de las medidas registradas por el sensor.

El tipo de instrumentación, rango, pautas de medida y descarga de datos deben ser fijados de forma previa a su implantación, pautas que deben ser presentadas de forma justificativa a la Responsable de Ineco y aceptadas por ésta.

3.1.2. Aforos

Prescripciones generales

Se refiere a la realización de campañas foronómicas Se establecerá la metodología atendiendo a dos criterios fundamentales: El objetivo del aforo y la técnica de aforo empleado.

Se empleará la técnica de aforo más conveniente en cada caso concreto y cada escenario concreto.

Los aforos deben realizarse en un periodo de tiempo lo más reducido posible con el fin de intentar asegurar que todos los datos que se obtengan puedan considerarse representativos de unas condiciones externas (periodo hídrico, funcionamiento de derivaciones, caudales de descarga de embalses, etc.), que resulten lo más homogéneas posibles en todos los puntos del curso de agua que queramos estudiar.

En caso de que una vez iniciados los aforos en un cauce superficial de agua, el régimen del mismo se vea modificado por algún tipo de cambio en estas condiciones externas (por periodos de lluvias, detracciones de caudal, etc.), los aforos se deben interrumpir. Una vez recuperadas las condiciones de estabilidad, se debe repetir el aforo, y en su caso todos los aforos anteriores que tengan implicación en un aforo diferencial.

Aforos con molinete

Se podrá utilizar este método cuando la altura de la sección mojada sea mayor que la longitud del radio de la hélice del molinete. Los aforos con molinete, en especial en cauces naturales, se efectuarán siguiendo la metodología establecida en el capítulo 7.1 y apéndice 7.1 de la publicación Manual de Hidrología Subterránea, Custodio, E. & Llamas, M. R. (1996).

Los aforos con molinete pueden realizarse por vadeo o bien desde un puente, en el caso que se disponga de un molinete de la suficiente longitud. El aforo por vadeo es adecuado sólo para profundidades menores de 1m, y el de puente para profundidades mayores.

Se tomarán todas las precauciones necesarias para evitar accidentes, tales como el uso de traje impermeable (vadeadores), cinturón de seguridad con cabo deslizante, sujeto firmemente en ambas orillas del cauce, etc…

Las secciones de aforo deben situarse siempre de forma perpendicular a las líneas de la corriente. El punto de aforo debe ser seleccionado de forma que la sección transversal sea lo más regular posible, con flujo de agua perceptible en toda la sección y profundidad de lámina de agua adecuada para el modelo de molinete empleado.

En caso de existir, se deben seleccionar tramos canalizados del cauce, estribos de puentes o tramos de cauces en estado natural, pero con secciones regulares y limpias de grandes piedras o vegetación, y en los que no se produzcan pérdidas o retornos, remolinos y contracorrientes, ni tampoco, zonas de aguas muertas que alteren su régimen laminar. En la búsqueda de estas infraestructuras, se debe primar la

identificación y empleo de instalaciones de aforo construidas a tal efecto, por organismos que realizan controles foronómicos propios (IGME, Confederaciones Hidrográficas, etc.).

Se deberá dividir la superficie libre del transversal del río en los puntos necesarios, suficientemente próximos entre sí para la correcta discretización del cauce, en cuanto a forma y profundidad. Los dos puntos extremos deben de estar próximos a las respectivas orillas, y la distribución de estos puntos debe ser tal que las franjas resultantes sean aproximadamente rectangulares. En caso de que la topografía del fondo sea irregular los puntos deben ser más numerosos.

Las separaciones o distancias entre las verticales variarán en función de las discontinuidades del perfil o sección transversal del cauce, de manera que serán mayores en los más regulares y menores en los más irregulares, dado que deberán controlarse todos aquellos puntos en los que exista cambio de pendiente en la línea de fondo, así como los puntos considerados de velocidad máxima.

En cada uno de los puntos se realizarán las medidas de velocidad media con el molinete en la vertical, moviendo el molinete lentamente de arriba abajo, de forma que una de las medidas debe estar muy próxima a la superficie del agua y otra muy próxima al fondo. La medida deberá tener la duración suficientemente para asegurar que la velocidad media reflejada corresponde a la media de velocidades que se dan en la vertical del punto de medida, no aceptándose medidas por debajo de 1 minuto de duración en cauces poco profundos y de 5 minutos en cauces profundos. Esta operación se debe repetir en cada uno de los puntos en los que se haya dividido la sección.

En cauces estrechos en los que la discretización de la sección obtiene puntos de medición muy próximos y similares entre sí (profundidad, velocidad de flujo medida…) se puede hacer una única medición de velocidad media a lo largo de toda la sección de cauce, adoptando la velocidad media obtenido como la propia de circulación del cauce. Se debe medir y describir con detalle todas las particularidades y dimensiones del cauce o sección.

Se debe aplicar el coeficiente de corrección adecuado, según la forma y tipología de margen, en cada una de los dos puntos extremos configurados.

Los aforos deberán repetirse las veces que sean necesarias hasta verificar que los valores obtenidos son coherentes. Con el mismo fin se ha de comprobar periódicamente el correcto funcionamiento del dispositivo de medida, en este caso el molinete (palas del molinete, giro sobre el eje, conexiones con la unidad de visualización…).

Aforos con flotador

Debido a la imprecisión de este método, su uso quedará limitado a situaciones donde no se pueda utilizar otros de los procedimientos descritos o bien como método de contraste.

Para la ejecución del aforo se procederá de la siguiente forma: Se tomará un tramo de la corriente de longitud conocida; se medirá el área de la sección, y se lanzará un cuerpo flotante, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que tarda el flotador en llegar al punto de control situado aguas abajo.

El objeto flotante debe cumplir una serie de condiciones que favorecen la medida de velocidad. Entre estas condiciones se cuentan la esfericidad del objeto, sus dimensiones con respecto a la sección del cauce, la flotabilidad (favoreciéndose aquellos que por peso, en su avance discurren por debajo de la superficie del agua y no sobre ésta). Una esfera de madera o plástico denso (densidad ligeramente inferior a 1) y diámetro de unos 50 mm es un flotador ideal.

Aforos con recipiente graduado

Se empleará este método en fuentes y manantiales y cauces de pequeña entidad, en los que el caudal drenado se puede controlar mediante el llenado de un recipiente graduado, de dimensiones manejables por el operario.

El material necesario es un recipiente graduado adecuado para el caudal de la surgencia y un cronómetro para calcular tiempos de llenado. La técnica consiste en el llenado de un volumen exacto y conocido en un tiempo determinado.

El aforo se repetirá el número de veces que resulte necesario (al menos 3) hasta comprobar que la medida obtenida es fiable y representativa, siendo el valor válido la media de los valores de tiempo empleados en cada aforo.

Aforos con colorantes y trazadores químicos

Se debe elegir una sección adecuada del cauce, en la que el flujo sea prácticamente constante y uniforme.

Estos métodos se basan en, la variación de concentración que experimenta un soluto en disolución, desde su punto de vertido a otro de observación, situado a una distancia determinada, al ser vertida sobre el cauce de un río. En este sentido se seguirá las diferentes metodologías establecidas en el capítulo 7.1 y apéndice 7.1 de la publicación Manual de Hidrología Subterránea, Custodio, E. & Llamas, M. R. (1996).

Se añadirá la sustancia a diluir o el colorante en el punto de control aguas arriba. Se medirá la concentración o colorimetría, en función del tiempo un punto de control situado aguas abajo, a una distancia conocida del punto de vertido.

El cálculo de la velocidad de flujo, en una sección de dimensiones conocidas da lugar a la obtención del caudal de circulación puntual.

Aforos en cauces superficiales

Los aforos en cauces superficiales, tienen como objetivo la medida del caudal circulante por todos los cauces de tipo superficial (ríos, arroyos, caudales efluentes, etc.). Estos cauces normalmente tienen relación directa o indirecta con el medio acuífero a estudiar, por lo que en ocasiones su caudal debe ser cuantificado y analizado convenientemente, así como sus variaciones temporales.

Una particularidad de este tipo de aforos es la realización de aforos diferenciales, que tiene por objeto estudiar la evolución en la relación existente entre los sistemas acuíferos y los diferentes cauces fluviales que atraviesan los afloramientos permeables en la superficie. Esta relación se puede cuantificar evaluando el caudal de paso antes y después de atravesar el cauce una formación, conjunto de materiales, falla… La diferencia constituye el caudal intercambiado entre ambos.

Aforos en fuentes y manantiales

Los aforos en fuentes o manantiales tienen la finalidad de seguimiento de caudal drenado por surgencias naturales, en función de las condiciones hidrogeológicas reinantes en cada momento, ya sean naturales o en estado de afección por actuaciones en el medio.

La metodología de aforos cuanta con diversos métodos de ejecución. El método elegido será el que se considere más adecuado para cada caso en particular y que garantice unos resultados precisos y fiables, si bien el método va a depender en gran medida de la entidad de la surgencia natural y del volumen de agua drenado por unidad de tiempo.

Aforos en túnel

Los aforos en túnel corresponden a un caso muy particular en cuanto a la tipología de punto a controlar. En el caso de túneles que no han sido sometidos a tratamientos de impermeabilización (o ésta no ha sido eficiente), se convierten en zonas de drenaje de acuíferos, en los que es posible establecer puntos de observación directa para controlar el caudal drenado por éste, bien sea en el avance de la perforación durante la construcción, bien las fluctuaciones de caudal acontecidas posteriormente (ya sean por causas naturales o modificaciones antrópicas).

Los métodos de aforo serán los mismos que los indicados para cauces superficiales y para manantiales y fuentes, aunque el sistema empleado habitualmente en este tipo de medidas es el del molinete. En todo caso el método de medida estará condicionado por el caudal a aforar, empleando el cada caso el método que mejor se ajuste a éste.

La localización de los puntos de agua a controlar en el interior del túnel, se hará a partir del punto kilométrico (p.k.), túnel (en caso de existencia de dos túneles paralelos) y posición de la surgencia en la sección del túnel, haciendo referencia a izquierda y derecha en el sentido de avance de p.k.

La formación geológica en la cual se detecta la surgencia es otro apartado importante a definir a la hora de hacer el control de caudales en el interior del túnel.

Este tipo de seguimiento cuenta con la dificultad añadida de que las secciones de aforo son del todo irregulares y muy difíciles de controlar. Si el caudal drenado por el túnel tiene una magnitud suficiente (de forma constante o en picos de caudal) se debe proponer la construcción de secciones de control de aforo para su medición y seguimiento en el tiempo.

Estas secciones se deben construir en uno o los dos márgenes del túnel, en zonas que entorpezcan los trabajos en el interior y que a su vez no se vean afectados por los mismos, como pueda ser el tránsito de maquinaria, personal etc. Deben recoger la totalidad del agua drenado por el túnel. Deben estar configuradas de forma que su interior conforme una sección uniforme y homogénea con velocidad de circulación a su través uniforme, que posibilite una medición fiable del caudal circulante mediante el método seleccionado finalmente.

La posición de las secciones de control de aforo debe ser definida de forma conveniente por el Consultor, presentando un plan de control que de manera justificada recoja todos los aspectos constructivos de las mismas, número, dimensiones, posición, etc. La propuesta de instalación y características deben ser aceptadas por la Responsable de Ineco.

Registro de datos y presentación

Todos los datos del aforo deberán quedar reflejados en un Parte de Aforo en Campo, y posteriormente trascritos a las correspondientes Fichas de Aforo. La Dirección del Estudio podrá solicitar en cualquier momento los Partes de Aforo en Campo, una vez realizados los aforos, debiéndose cumplimentarse éstos durante la ejecución.

Los aforos realizados con molinete deben formalizarse en un estadillo de registro, en el que deben constar la anchura del cauce, distancias parciales de las medidas a uno de los márgenes, profundidades en cada punto de medida, velocidad media medida en la vertical de cada punto, así como una valoración de la forma y estado de los márgenes que permita la aplicación del coeficiente correspondiente. Se debe acompañar de un croquis de la sección del cauce, reflejando en el mismo, forma y magnitudes.

La Ficha de Aforo debe incluir toda esta información reflejada en los Partes, así como el cálculo final de caudal circulante por la sección de aforo, un croquis en planta de la situación del punto de aforo y fotografía de ejecución y ubicación.

En el resto de tipos de aforos se debe incluir una descripción detallada del método de medición, así como de la sustancia u objeto empleado, medidas realizadas, tiempos empleados, distancias de control, muestreos y concentraciones detectadas y dimensiones del canal de aforo (profundidad de márgenes e interior del canal, ancho de cauce…).

En el caso de manantiales, se deben incluir una serie de observaciones específicas, en cuanto a la naturaleza del punto de aforo: estas son la naturaleza genética de la surgencia, la observación de la variación de la cota de surgencia en función de la época de año en que se realiza el aforo, el carácter estacional del caudal drenado por la misma, etc.

Las Fichas de Aforo deben incluir de forma detallada y descriptiva el método de aforo empleado, así como los cálculos de caudal obtenidos a partir de ellas y las posibles interpretaciones a realizar una vez analizados los resultados.

3.1.3. Instrumentación

Instrumentación de piezómetros cerrados

Los sondeos piezométricos cerrados se instrumentarán preferiblemente con sensores de cuerda vibrante.

Cada sensor piezométrico necesita, una vez construido, una calibración inicial en la que se obtiene su constante de conversión, necesaria para transformar las frecuencias medidas en presiones. Además, en el momento de la instalación se calibra su “cero” de presión, que al igual que las constantes, es también distinto para cada sensor. El dispositivo ha de contar asimismo con un termistor integrado, que permita controlar la posible influencia térmica sobre el transductor de presión.

Los sensores piezométricos deberán tener una precisión mínima del 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas.

La instalación exterior del cable, permitirá la correcta identificación del sensor a donde está conectado y permitirá siempre la lectura manual mediante conectores aprobados por la Responsable de Ineco.

Cuando se considere necesario un registro continuo de los sensores se conectaran a un módulo de adquisición y almacenamiento de datos (“datalogger”). El cableado se realizará de manera que permita la fácil conexión de un lector manual sin tener que desconectar el módulo de lectura automático. El dispositivo se elegirá en función de la memoria necesaria, número de canales ocupados y las funcionalidades que debe tener y será aprobado por la Responsable de Ineco a propuesta del Consultor.

Instrumentación de piezómetros abiertos

Los sondeos piezométricos abiertos podrán ser instrumentados mediante la colocación de un sensor de presión autónomo, que permitirá medir y registrar el nivel del agua en el sondeo.

El dispositivo se suspenderá de un cable de acero inextensible, de textura Vectran, y de longitud conocida. Deberá estar siempre inmerso en la columna de agua, para lo cual habrá de preverse la posible variación del nivel piezométrico. El sensor de presión tendrá una precisión de 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas.

Estos dispositivos registran la presión de la columna de agua que se encuentra por encima del sensor más la presión atmosférica. Por tanto, para conocer exactamente la presión correspondiente a la columna de agua, será necesario compensar las variaciones de la presión atmosférica, restándola de la presión absoluta registrada. Con este propósito debe instalarse a su vez un sistema de medida de presión atmosférica. Para ello se puede emplear en el propio piezómetro por un barómetro de superficie de dimensiones reducidas, o bien, emplear un sensor que permita compensar la presión.

El sensor de presión atmosférica puede ser único si los sondeos equipados con sensores de registro continuo se encuentran en áreas próximas y a cotas absolutas del mismo rango, o bien se deben instalas varios cuando las condiciones de proximidad y altitud entre piezómetros es muy diferente.

El dispositivo ha de contar también con un termistor integrado, que permita controlar la posible influencia térmica sobre el transductor de presión.

Para volcar los datos registrados a un ordenador portátil, u otro dispositivo, es necesario extraer el sensor del sondeo y tras realizar el volcado, devolverlo a su posición inicial. Es posible también conectar el sensor a un cable de datos que permita hacer la lectura en el exterior del sondeo (sin extraerlo), o interconectarlo a un registrador de datos, pero debe disponerse de una fuente de alimentación externa pues en caso contrario está muy limitada la longitud del cable que puede emplearse.

El Consultor determinará en cada caso el método más conveniente a utilizar, en función de la cota del nivel piezométrico y las variaciones que del mismo se prevean. El tipo de sensores, precisión, periodicidad de medidas y descarga de datos se deben fijar de acuerdo con la Responsable de Ineco.

Instrumentación de aforos

Deberán efectuarse medidas de caudal de forma automática o programada en las secciones de control que a tal efecto se determinen en el Estudio. Para ello, se instalarán previa adecuación de estas secciones, los oportunos dispositivos de lectura y registro.

Las secciones de control de aforo estarán conformadas por un canal prefabricado de sección conocida, de hormigón u otros materiales resistentes a la intemperie y a condiciones atmosféricas adversas.

Para dimensionar los canales de aforo es necesario considerar el caudal máximo y mínimo que han de soportar. Antes del punto de medición, el canal ha de extenderse al menos diez veces la anchura de la sección. En la zona de salida el flujo ha de discurrir libremente.

Para evitar el crecimiento de maleza y la acumulación de sedimentos en el canal de aforo, la velocidad de la corriente deberá ser superior a 0.3 m/s. Es preciso también disponer de un flujo laminar, sin remansos ni remolinos en toda su longitud.

Se determinará la pendiente por métodos topográficos con una precisión del 0,5%.

El cálculo del caudal se realizará preferentemente mediante el empleo de dispositivos que obtengan tanto la velocidad de flujo como el área mojada del canal (superficie total atravesada por el flujo).

Para el cálculo de la velocidad de flujo podrán emplearse dispositivos de tecnologías diversas, tales como la correlación ultrasónica, efecto Doppler u otras, de una precisión del 2%. El área mojada, puede obtenerse a partir de la medida del calado, aplicando el algoritmo correspondiente a la superficie transversal de la sección de control. Existen en el mercado dispositivos que proporcionan simultáneamente la velocidad de flujo y el calado.

El caudal puede también deducirse de forma indirecta determinando únicamente el calado. Para ello podrán emplearse vertederos de pared delgada, canales Parshall, o simplemente aplicando la fórmula

de Manning. No obstante, deberán realizarse mediciones de campo de la velocidad de flujo con distintos métodos (micromolinete, flotador, etc.), y establecer una curva de gasto que permita contrastar los datos de caudal que se obtengan con los que se esperan de la aplicación de los métodos de cálculo del caudal reseñados.

Cuando el aforo se realice aplicando la fórmula de Manning (u otra similar) es imprescindible que el canal tenga la longitud necesaria para que el flujo sea uniforme y que se calibre la constante del canal una vez instalado mediante técnicas de aforo manual.

Se debe tener en cuenta que los dispositivos de aforo basados en el calado crítico (vertederos, canales Parshall o RBC…) necesitan que el régimen de flujo de aguas arriba sea de tipo lento, si no es así y no se pueden instalar dispositivos de resalto para tranquilizar el flujo, estos sistemas no se podrán emplear.

Cuando el aforo realice en una tubería se puede utilizar contadores de agua como dispositivos de aforo, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

- El diámetro empleado y el rango del contador debe ser adecuado a las velocidades esperadas del flujo del agua.

- El flujo del agua debe ser siempre a sección llena y respetando la distancia de homogeneidad antes y después del medidor indicadas por el fabricante.

-

- No se utilizarán contadores de molinete transversal, por su facilidad de atasco y baja resistencia a la abrasión.

-

- Siempre que sea necesario se utilizarán contadores con salida de pulsos que permita su conexión a un registrador de datos continuo.

Cuando la medida del calado se realice mediante un dispositivo de medida de la presión hidrostática, deberá necesariamente estar dotado de cable venteado u otro mecanismo que permita compensar las variaciones de la presión atmosférica. La precisión del dispositivo será del 2%.

Los dispositivos de medida de velocidad y/o calado deberán ser autónomos o bien podrán alimentarse a través de un módulo de adquisición y almacenamiento de datos al que necesariamente estarán conectados.

El módulo de almacenamiento se instalará en interior de un armario de control ubicado en el interior de una caseta prefabricada o de obra de fábrica construida al efecto; o bien, de existir, en la propia caseta del manantial o captación.

Todos los dispositivos tendrán un grado de protección, rango de operatividad térmica y rango de trabajo acorde con la función que realicen.

Deberán justificarse los sistemas y tecnologías elegidas para determinar el caudal en cada sección de control instrumentada, y éstos deben ser aprobados por la Dirección del Estudio.

3.1.4. Módulos de adquisición y almacenamiento de datos

Los módulos de adquisición y almacenamiento de datos deben tener las siguientes características:

- Ser dispositivos programables que permitan almacenar las lecturas correspondientes al menos a tres meses con un periodo entre lecturas de 15 minutos.

- La aplicación de programación y traspaso de datos deberá ejecutarse en un ordenador portátil, sin requisitos que puedan considerarse singulares. También debe ser compatible con el software y la emulación de puerto serie que realice el módulo de comunicaciones.

- Tener un grado de protección similar o superior a IP-65 y un rango mínimo de operatividad térmica entre 0º C y 50º C.

- Tener una alimentación interna y autónoma por baterías, capaz de garantizar el funcionamiento del equipo durante más de seis meses. La alimentación se adaptará a una fuente externa de corriente continua cuando el módulo se integre dentro de un armario de terminales y de montaje de módulos cuando así lo determine la Dirección del Estudio.

- El armario de terminales se instalará en el interior de una caseta de obra o prefabricada dotada de puerta con cerradura.

3.1.5. Estaciones meteorológicas.

Se obtendrán registros de estaciones meteorológicas públicas.

Al menos serán estaciones con registro continuo de temperatura y pluviometría. Tendrán de alimentación autónoma y estarán dotadas de sistema calefactor,o similar cuando se prevean precipitaciones de nieve con una frecuencia significativa.

3.2. Control de movimientos verticales

Todos aquellos dispositivos de control de movimientos verticales que se midan mediante un Nivel de Precisión (extensómetros, hitos, bases y regletas de nivelación), tendrán la precisión del propio aparato de medida.

Existen dos tipos de niveles, ópticos y digitales. En ambos casos las precisiones del aparato serán de 0,3mm para un recorrido de un kilómetro de nivelación doble.

3.2.1. Extensómetros

Los extensómetros se colocarán en los puntos indicados en el Plan de Instrumentación, correspondiendo a zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno, o de la posible afección a edificios, obras o instalaciones. Cualquier otra ubicación o especificación relativa al número de puntos de anclaje o posición de los mismos, no contemplada en el Plan de Instrumentación inicial, debe contar con la autorización expresa de la Dirección.

En el caso de los extensómetros de exterior, se instalarán con suficiente antelación con respecto al momento en que la influencia de la excavación alcance el punto en que están situados. Como norma general, la distancia mínima entre el extensómetro y el frente de excavación en el momento de la instalación será de treinta metros (30 m). La cabeza del extensómetro estará protegida por una arqueta cerrada con llave.

Los extensómetros de interior se instalarán lo más rápido posible tras la excavación. No deberá transcurrir más de un día desde ésta hasta el momento de su instalación y la primera lectura se hará de forma inmediata.

La lectura podrá realizarse manualmente con un calibrador, aunque se recomienda la lectura eléctrica centralizada mediante potenciómetro, cuerda vibrante o cualquier otro método similar. La frecuencia de lecturas se determinará en función de todos los condicionantes existentes y de acuerdo con la Dirección.

3.2.2. Hitos de nivelación

Se situarán en superficie según itinerarios longitudinales al relleno, en coronación y taludes, o transversales para medir cubetas de asiento. Se procurará no separar los hitos entre sí más allá de veinte metros (20 m), con objeto de preservar la calidad de la medición.

Al igual que los extensómetros de varillas, solo proporcionan información de los movimientos registrados en el extremo del hito, que es el que se encuentra anclado solidariamente al terreno.

La lectura se realizará de forma manual mediante Nivelación de Precisión. La frecuencia de lecturas se determinará en función de todos los condicionantes existentes y de acuerdo con la Dirección.

3.2.3. Bases de nivelación

Las bases de nivelación son dispositivos auxiliares que se emplean para poder realizar los controles topográficos de nivelación de precisión. Son los puntos de referencia de los controles topográficos. Toda nivelación de precisión debe empezar y acabar en una base de nivelación. Se deben situar, siempre que sea posible, fuera de la zona de afección de forma que no se vean afectados por ningún movimiento. Su estabilidad es la característica principal que les confiere ser los puntos de referencia.

En el caso en el que fuese inviable la instalación de la base fuera de la zona de afección, entonces se instalará a la profundidad a la que se considere que el sustrato es estable (habitualmente suelen estar instalados a unos 20m de profundidad).

El proceso de instalación será el mismo que en el caso de los extensómetros de varillas.

3.2.4. Regletas de nivelación

Para realizar el control de movimientos verticales en edificios deberán instalarse regletas de nivelación en los elementos estructurales de la fachada.

La medición se realizará de forma manual mediante nivelación de precisión. La frecuencia de lecturas se determinará en función de todos los condicionantes existentes y de acuerdo con la Dirección.

3.2.5. Miniprismas y control de asientos robotizado

Cuando la Dirección estime necesario realizar un control de subsidencias en tiempo real, se empleará el sistema de control de asientos robotizados mediante estaciones totales.

Para ello es necesario instalar los siguientes componentes:

Puntos de control. Pueden ser de 2 tipos:

- Sistema de medición con prismas: requiere la instalación física de prismas, los cuales deben estar colocados de manera firme y estable.

Mide el movimiento vertical de puntos colocados sobre una rejilla virtual horizontal. El ángulo de medida en relación con el ángulo horizontal es de 0° a 45°, por lo que no se pueden tomar medidas en un radio de 6 m con centro en la estación robotizada.

- Sistema de medición sin prismas: no requiere la instalación de prismas, ya que la lectura se realiza directamente sobre la misma superficie a medir. Este último sistema se deberá combinar con el sistema de medición con prismas, con objeto de confirmar que las lecturas de este sistema son correctas.

Este sistema se usa para la supervisión en tiempo real del hundimiento y elevación sin la necesidad de objetivos o prismas, proporcionando las medidas absolutas de deformación vertical mientras continuamente se calibra con objetivos o prismas de referencia. La temperatura y correcciones de presión, son aplicadas de la misma manera en tiempo real.

Se deberán instalar algunos prismas de referencia fuera de la zona de trabajo, con objeto de que el sistema pueda comprobar que funciona correctamente, corrigiendo eventualmente sus medidas por el método de los menores cuadrados (posición virtual del teodolito en caso de movimiento de éste, corrección de los efectos térmicos).

Estaciones motorizadas: para la toma de lecturas de los puntos de control. El sistema se instalará en altura sobre un poste en acero u hormigón, o en una azotea o terraza de edificios cercanos situado fuera de la influencia de los movimientos.

Sistema de comunicación: el sistema debe permite comunicar sus lecturas en tiempo real mediante sistemas de transmisión remotos (vía radio, Wifi, 3G, GPRS, etc) al puesto de vigilancia que puede encontrarse en un local próximo. Dicho sistema de comunicación deberá estar constituido por los elementos necesarios, tales como ordenadores, alimentación eléctrica, materiales para las conexiones del tipo cables, convertidores de los protocolos de transmisión, radios y/o módems, etc., y todo lo necesario para llevar a cabo la transmisión de datos.

3.2.6. Electroniveles

El fundamento de estos sensores consiste en medir variaciones de tensión proporcionales a la inclinación del dispositivo que contiene al sensor. De esta forma se obtienen asientos diferenciales si se colocan de forma horizontal, o de control de desplome si se colocan verticales.

Los componentes de este sistema son los siguientes:

- Sensor: es el encargado de medir las variaciones de tensión en función de la inclinación. El rango mínimo de medida debe ser de ± 13mm/m y la precisión de 0,1mm/m.

- Barra de anclaje: es la barra metálica de longitud conocida (habitualmente de 1 o 3m) en la que se encuentra instalada el sensor. Esta barra debe estar firmemente anclada a la estructura que se desea medir. Es habitual instalar varias barras consecutivas hasta cubrir la longitud deseada. Este sistema requiere que uno de los extremos de la secuencia de barras se encuentre anclado a un punto estable, que servirá de referencia a partir del cual acumular los asientos diferenciales. Las barras deberán estar firmemente ancladas a la estructura cuyos movimientos se desean medir.

- Unidad Central: es la unidad encargada de recopilar las medidas de los electroniveles. Esta unidad suele estar instalada dentro de un cajetín de registro que contiene otros elementos necesarios para la transmisión de datos, o dispositivos adicionales para complementar las lecturas, como pueden ser módems, antenas de transmisión, sensores de temperatura, etc.

- Cables de transmisión: son los cables que unen cada sensor a la unidad central.

  Habitualmente las lecturas se envían mediante un sistema de transmisión remota (vía radio, Wifi, 3G, GPRS, etc), al un ordenador central que realizará el procesado final de los datos.

3.2.7. Arquetas de subsidencia combinada

Para realizar controles de movimientos en los tres ejes espaciales X, Y y Z en superficie se empleará el sistema de arquetas de subsidencia combinadas.

Los componentes de este sistema son:

- Hitos de nivelación para medir movimientos verticales empleando nivelación de precisión.

- Pernos de convergencia que permiten medir, mediante cinta extensométrica, la distancia horizontal entre hitos de nivelación.

A elección del Contratista, y con la aprobación de la Dirección, podrá acoplarse un prisma a la varilla del hito de nivelación, que tras ser medido con una estación total, proporcionará los movimientos en los tres ejes espaciales. De esta forma se sustituye la cabeza esférica del extremo del hito de nivelación por el prisma, y se elimina el perno de convergencia.

Las precisiones en las lecturas serán las del nivel de precisión y cinta extensométrica para medir los hitos y los pernos respectivamente, o las de la estación total si se emplean los prismas topográficos.

3.2.8. Placas de asiento

Las placas de asiento constan de una placa cuadrada de 1000 x 1000 x 10mm, que lleva soldada en su centro un tubo hueco de 25mm de diámetro, que se mueve solidario a la placa, y protegido exteriormente por otro tubo de 100m de diámetro concéntrico al anterior, pero no soldado a la placa.

Los materiales serán de acero, calidad mínima ST52. Los tubos interiores serán roscados (macho en la parte superior y hembra en la inferior), en segmentos de 1.000 ó 1.500 mm de longitud exacta (una vez roscados); los tubos exteriores serán del mismo tipo, excepto que el primero que apoya sobre la placa tendrá solo 1.450 mm de longitud, los restantes serán de 1.500 mm.

Las placas de asiento son instrumentos muy susceptibles a sufrir daños que pueden influir en las medidas, por lo que se debe extremar la precaución de no golpearlos accidentalmente con la maquinaria de obra. Asimismo, se tiene que prestar especial atención para mantener la verticalidad de los tubos durante el recrecido del relleno.

Las medidas pueden realizarse con instrumentos topográficos convencionales siempre que se obtenga una precisión de ±1.0mm.

Frecuencia de lecturas

De acuerdo con el apartado correspondiente desarrollado en el presente documento, se establecerán los períodos de lecturas que sean necesarios, disminuyendo la frecuencia de lecturas en función del tiempo, y de la estabilización de las mismas.

De forma general, se definirá una frecuencia de lecturas inicial, hasta que finalice el proceso de asiento cuando se haya alcanzado la altura máxima de relleno y las lecturas se hayan estabilizado por completo.

Una vez las lecturas estén estabilizadas se deberá mantener una medida con menor frecuencia hasta que finalice la ejecución de la obra o hasta que la Dirección estime necesario.

3.2.9. Líneas continuas de asiento

Este tipo de instrumentación se aplica para el control de asientos de rellenos y/o edificaciones en suelos de baja calidad geotécnica. El sistema está diseñado para la medida de movimientos verticales en emplazamientos no accesibles por técnicas convencionales, lo que permitirá evaluar el proceso de deformación y/o consolidación del terreno. Esta técnica permite además establecer los volúmenes de tierra necesarios para compensar el hundimiento de los rellenos de forma exacta, así como estimar los tiempos de espera en carga de los rellenos.

El sistema está formado por dos arquetas de control en los extremos de la línea, una tubería embebida en el terreno, y el equipo de medida. A su vez, el equipo de medida consta de un sensor unido a un carrete (manguera) y a una unidad de lectura. Las características principales de cada uno de los componentes son las siguientes:

Tubería: destinada a quedar embebida en el terreno, en el mismo contacto relleno-cimiento. Dicha tubería será la que sufra las deformaciones verticales, y además servirá de tubo guía al sensor (torpedo) mediante el cual se realizarán las mediciones. El diámetro de la tubería ha de ser lo suficientemente grande como para permitir el paso del torpedo metálico rígido, aun con puntos cuya curvatura sea muy importante. Además, debe ser suficientemente elástica en sentido longitudinal para adaptarse a la deformación del terreno y suficientemente rígida en sentido transversal para resistir el aplastamiento producido por la sobrecarga del terreno. La longitud de la tubería será la necesaria para abarcar transversalmente todo el relleno y el efecto de la compactación.

Arquetas: Se colocarán dos arquetas en los extremos de la tubería dentro de las cuales se deberá instalar un punto de referencia topográfica para poder realizar el control de asientos en los extremos de la línea.

Sonda: contiene un sensor diferencial de presión. Es un detector piezométrico con un sistema de cuerda vibrante cuya misión es emitir una señal eléctrica que indique la presión existente por el efecto del agua.

Manguera: une el sensor con la unidad de lectura y está rellena de un fluido de densidad conocida (habitualmente agua).

Unidad de lectura. Es la encargada de recoger y almacenar las medidas en campo. Es capaz de traducir la señal o impulso eléctrico recibido en un valor numérico de presión, generalmente en mm de columna de agua. Las lecturas de presión serán traducidas a valores de altura de carga o de diferencia de nivel.

El sistema tiene un alcance operativo máximo de 100 m ó 200 m de longitud, si ambos extremos son accesibles. Su precisión es de ±10 mm en condiciones normales y los datos son fiables hasta un rango de deformación de 10 m.

Las líneas continuas de asiento (LCA) consisten básicamente en colocar perpendicularmente al eje del relleno una tubería flexible. Esta tubería irá colocada en una pequeña zanja con una base de arena fina (exenta de gruesos, que podrían ocasionar roturas localizadas por punzonamiento en la tubería), excavada en la misma cimentación del relleno, con objeto de proporcionar un asiento inferior y superior homogéneo. Siempre que se pueda, la zanja se rellenará con el mismo material extraído de su excavación.

En los extremos del tubo se colocarán arquetas de protección con tapa para asegurar la durabilidad de la instalación. Cada arqueta se colocará a un lado del relleno, a una distancia aproximada de 2-3 m medidos a partir de la arista del talud del mismo y en ellas encontraremos los extremos de la manguera. Si la Dirección así lo cree conveniente, las arquetas se dejarán cerradas con una tapa metálica con llave.

En el interior de la arqueta dispondremos de un punto de referencia que deberá ser controlado mediante nivelación de precisión, con respecto al cual se realizarán las medidas de los asientos. Además, se construirá dentro de la arqueta, o muy próximo a la misma, un sistema de anclaje fijo para la unidad de lectura. Este sistema de anclaje podrá ser, por ejemplo, un dado de hormigón, que además, contendrá el clavo de nivelación para el control topográfico. Dada la proximidad del propio dado de hormigón al relleno, éste es a su vez susceptible de verse afectado por el mismo asiento que se pretende medir, por lo que se debe observar topográficamente el clavo de nivelación instalado al efecto.

Con el fin de asegurar la precisión de la toma de datos, se llevará a cabo la calibración del equipo antes de la toma de mediciones, siempre junto al emplazamiento donde se va a realizar la medida.

La medida se realiza haciendo estaciones o paradas con intervalo de 1 metro en el interior del tubo.

Al inicio y final del proceso se realiza una medida sobre el clavo de nivelación instalado en el dado de hormigón. Esta medida tiene doble funcionalidad, verificar que la toma de datos se ha realizado correctamente y referir los asientos medidos a dicho clavo de nivelación.

Las lecturas pueden tomarse de manera manual o asistida con un ordenador para representarlas gráficamente en los correspondientes perfiles de asiento.

Previamente a la instalación de la instrumentación, el consultor redactará una Propuesta de Instalación, la cual incluya las características del sistema a instalar, junto con un esquema de la instalación prevista. Así mismo, el consultor realizará una Propuesta de campañas de seguimiento.

Se tomará nota de las fechas de instalación, calibración y medidas de referencia, y se tomarán fotos una vez terminadas. Todos estos datos estarán incluidos en los informes de resultados.

Los resultados recogerán todas las lecturas realizadas hasta la fecha en forma de perfiles de asiento, así como las incidencias registradas. Si la Dirección así lo cree conveniente, cada lectura indicará la fase de obra a la que corresponde.

3.2.10. Otros sistemas de control de movimientos verticales

El contratista podrá proponer otros sistemas de instrumentación, siempre sujetos a la aprobación de la Dirección.

3.3. Control de movimientos horizontales

3.3.1. Inclinómetros

Deberán emplearse estos dispositivos para realizar controles de movimientos horizontales, ya sea deslizamientos del terreno, deflexión de pilas o pilotes, deformaciones de muros de contención

Los componentes de un inclinómetro son los siguientes:

- Tubería inclinométrica biaxial. Se trata de un tubo con doble acanaladura según dos direcciones perpendiculares que se instala verticalmente en el interior del terreno o estructura cuya deformación transversal se pretende medir.

- Sonda de medida. Es el dispositivo que se encarga de medir el ángulo de inclinación de la tubería. Habitualmente se suelen realizar lecturas a lo largo de la tubería cada uno o cero con cinco metros (1 o 0,5m). La sonda tendrá una sensibilidad de dos por diez elevado a menos cinco radianes (2 x 10-5 rad) radianes y una precisión de cinco por diez elevado a menos cuatro radianes (5 x 10-4 rad). Poseerá sensor de tipo servoacelerómetro y permitirá medir según dos ejes perpendiculares (biaxial).

- Unidad central de lectura. Es la que se encarga de la recogida y almacenamiento de las medidas en campo.

3.3.2. Clinómetros

Los clinómetros son dispositivos que miden el grado de inclinación de la superficie donde se encuentran instalados. Es muy común su empleo en fachadas de edificios, aunque pueden instalarse en cualquier tipo de estructura cuya inclinación desea conocerse.

Los hay de diversos tipos (cuerda vibrante, servo acelerómetros, etc…) y pueden medir uno o dos ejes.

El rango de medida estará en función de las necesidades, siendo lo habitual entre ±10º a ± 30º.

Las lecturas se realizarán de forma automática, lo cual debe permitir, mediante la implantación de un sistema de transmisión remota, visualizar los datos en tiempo real.

3.3.3. Desplomes

El sistema de medición de desplomes, al igual que los clinómetros, tiene como objetivo medir el grado de inclinación de la superficie sobre la que están instalados.

La medida se realizará de forma manual mediante una estación total topográfica.

El sistema estará compuesto de dos dianas o miniprismas que serán anclados en la misma vertical, a lo largo de la fachada o estructura a instrumentar.

Se intentará en la medida de lo posible, que la distancia entre ambos puntos de medida sea lo más larga posible.

Se evitará colocar el punto más bajo a la altura del paso de personas para evitar el vandalismo.

3.3.4. Otros sistemas de control de movimientos horizontales

El contratista podrá proponer otros sistemas de instrumentación, siempre sujetos a la aprobación de la Dirección.

3.4. Control de movimientos en el interior de túneles

3.4.1. Convergencias

Una vez finalizada la colocación de todos los elementos de sostenimiento y a distancia nunca superiores a quince metros (15 m) del frente, el personal del Contratista colocará los perceptivos pernos de convergencia, con referencias ocultas tras pequeñas irregularidades para preservarlos de daños en las sucesivas voladuras.

Para la medida de la convergencia se utilizará la cinta extensométrica de invar con dispositivo de tensionado automático, con un rango de cero a veinte metros (0 a 20 m) y una precisión de cero con cero cinco milímetros (0,05 mm). Como dispositivo de lectura es aconsejable el calibre de cuadrante.

Las secciones de convergencia se colocarán en principio según lo dispuesto en el Proyecto, a una distancia aproximada entre sí de quince metros (15 m). En zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno o debido a entronques, intersecciones, ensanches, etc., no previstos, y con autorización de la Dirección de Obra, se podrán instalar secciones adicionales.

Los clavos se deben colocar los más rápidamente posible tras la excavación, y como máximo a las veinticuatro horas (24 h) del paso del frente de excavación por la respectiva sección. En el momento de la instalación de los pernos se efectuará una lectura, que se establecerá como el origen de las medidas.

3.4.2. Células de presión

El rango de presiones será de tres MegaPascales (3 MPa) para las células radiales y de treinta MegaPascales (30 MPa) para las transversales. La precisión en todo caso será como mínimo de más, menos uno por ciento (1%).

Es recomendable instalar un sistema de medición a distancia mediante cuerda vibrante y centralita de lectura.

3.4.3. Extensómetros de cuerda vibrante

Estos sensores serán empleados siempre que se desee conocer la tensión a la que está sometido el hormigón de una estructura (pantalla, pilote, dovela, etc.), o la armadura embebida en dicho hormigón.

En el primero de los casos, el extensómetro quedará fijado a la armadura mediante unas bridas u otro sistema que impida que se desplace en el momento del hormigonado, pero que permita cierta holgura para medir las deformaciones del hormigón.

En el caso de que el objetivo sea medir la tensión a la que está sometida la armadura, el extensómetro deberá soldarse a la misma de forma que quede solidario con la barra de acero donde se encuentra anclado.

La situación del dispositivo en la sección de túnel y la forma de anclaje deben documentarse durante la instalación en planos y con fotografías.

El rango de medida mínimo será de 3000 µm/m con una resolución de 0,5 µm/m.

Los extensómetros de cuerda vibrante están formados por los siguientes componentes:

- Sensor: contiene un hilo anclado a los extremos cuya variación de tensión responde a deformaciones en los extremos del sensor.

- Unidad Central: es la unidad encargada de recopilar las medidas de los extensómetros. Esta unidad suele estar instalada dentro de un cajetín de registro que contiene otros elementos

necesarios para la transmisión de datos, o dispositivos adicionales para complementar las lecturas, como pueden ser módems, antenas de transmisión, sensores de temperatura, etc.

- Cables de transmisión: son los cables que unen cada sensor a la unidad central.

3.4.4. Células de carga en anclajes

Las células de carga se emplean para medir la carga a la que está sometido un anclaje. Se deberá emplear la célula cuyas dimensiones y rango de medida se adapten a las del propio anclaje.

Este sistema posee los siguientes componentes:

- Célula de carga: sensor que mide la carga a la que está sometido el anclaje.

- Unidad Central: es la unidad encargada de recopilar las medidas de las células. Esta unidad suele estar instalada dentro de un cajetín de registro que contiene otros elementos necesarios para la transmisión de datos, o dispositivos adicionales para complementar las lecturas, como pueden ser módems, antenas de transmisión, etc.

- Cables de transmisión: son los cables que unen cada sensor a la unidad central.

- Durante el proceso de instalación, deberá tenerse especial cuidado en que la célula quede perfectamente centrada entre la placa de reparto y la placa de distribución del anclaje.

3.4.5. Vehículo auscultador (vehículo de inspección automatizada)

Equipos de inspección para realizar una auscultación continúa de una superficie mediante la adquisición de imágenes, que proporcionen una completa descripción geométrica y visual de dicha superficie.

El consultor indicará el tipo de vehículo auscultador (tecnología), así como el tipo de procesado de la información a realizar, manual o automático; y los datos proporcionados por el sistema, tales como: estado actual del área en estudio mediante un mapeado de superficie, datos geométricos de la misma, información 3D. En el Plan de Trabajo se informará la precisión que se alcanza en la detección de patologías de pequeño tamaño, como es la fisuración y la velocidad necesaria para alcanzar dicha precisión.

Se realizarán las pasadas necesarias para obtener finalmente datos de todo el perímetro o de la zona a estudiar.

Por otra parte, la adquisición de la información deberá estar controlada por una señal de sincronismo proporcionada por GPS siempre que sea posible, o por un odómetro asociado a la rueda del vehículo.

En el caso de su aplicación en ferrocarriles, el consultor deberá realizar la inspección sobre un vehículo homologado para la circulación en el interior del mismo.

Posteriormente se llevará a cabo un análisis de la información mediante el software apropiado, que permita la comparación de los datos obtenidos en distintas campañas y conseguir así el estudio de la evolución de los posibles defectos. Siempre que sea posible, dicho análisis se llevará a cabo de forma automatizada.

Este sistema de auscultación, actualmente dispone de 2 tecnologías distintas:

- Inspección mediante Láser-Escáner.

- Inspección mediante Cámaras de Alta Resolución.

Láser-Escaner

Conjunto de espejos que constituyen un haz láser, el cual obtiene medidas de alta resolución con gran velocidad de escaneo.

En el caso de su aplicación en túneles ferroviarios, permite obtener un mapeado de la superficie interior del túnel, control de gálibos mediante secciones transversales al eje de la vía, y parámetros geométricos propios de la vía.

Este sistema se puede aplicar en túneles con distintas secciones a lo largo del mismo tubo, ya que tiene un amplio rango de uso en cuanto a la distancia existente entre el equipo de inspección y el paramento a reconocer, por lo que la obtención de información no se ve distorsionada por el cambio de geometría de la sección inspeccionada.

Cámaras de alta resolución

Sistema basado en el análisis de las imágenes captadas utilizando técnicas de visión artificial, a partir del cual se puede obtener un mapeado automático de la superficie en estudio.

La característica más importante de este sistema es que la configuración óptica facilita la detección de las grietas y deterioros gracias a la información en 3D que se obtiene de la superficie inspeccionada (profundidad de las grietas).

Dicho sistema requiere de unas labores de calibración de las cámaras previas a la inspección, puesto que las mismas deben encontrarse a una distancia inferior o igual a 2 m del paramento inspeccionado con lo que se logrará un rango de medición de profundidad de ± 500 mm.

En el caso de su aplicación en túneles ferroviarios, se puede obtener un mapeado de la superficie interior del túnel. Este sistema es apropiado para túneles de sección única a lo largo de todo el tubo, debido a las labores de calibración de las cámaras previas a la inspección.

4. INFORMES DE SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Todos los resultados procedentes de las medidas realizadas en la auscultación se recogerán en listados, tablas y gráficos que se presentarán a la Dirección al mismo tiempo en papel y en soporte digital.

Con carácter rutinario y con la periodicidad que la Dirección establezca, e independencia respecto a otros informes complementarios o de carácter extraordinario que pudieran ser solicitados, se establece el siguiente procedimiento para la presentación de informes, su frecuencia, así como el contenido mínimo de los mismos:

4.1. Informe de Incidencias

Contendrá la recopilación, análisis e interpretación de resultados obtenidos en el caso de detectarse incidencias.

Se realizará siempre y cuando suceda alguno de los siguientes acontecimientos:

- Superación de umbral.

- Instalación o desinstalación de un dispositivo de control.

- Pérdida de lecturas o reparación de un instrumento.

- Cualquier otro acontecimiento que altere el procedimiento normal de control de la zona de estudio.

- Su contenido mínimo será el siguiente:

- Análisis de la situación que ha motivado la creación del Informe de Incidencia.

- Esquema de situación de la instrumentación general de la zona y de la zona específica en la que se haya producido la incidencia.

- Resultados en forma de tablas y gráficos de los sensores en los que se haya producido la incidencia.

- Conclusiones y resolución de la incidencia.

4.2. Informes de seguimiento periódicos

Contendrá la recopilación, análisis e interpretación de resultados obtenidos, con carácter rutinario, en un determinado período de medición.

La frecuencia de estos informes será determinada por la Dirección en función de la magnitud y complejidad de la instrumentación instalada, de las características de la zona de estudio, de la urgencia de la disponibilidad de medidas, etc., pudiendo ser semanal, mensual, bimensual…

Su contenido mínimo será el siguiente:

- Planos actualizados de situación de la instrumentación instalada de la zona de estudio.

- Tabla con todos los sensores instalados, divididos por tipos, y donde quede reflejada, entre otras, la fecha de instalación, la fecha de la primera lectura cero, fecha de reposición si procede y umbral en el que se encuentra en el momento de emisión del informe.

- Situación de la instrumentación: activa, inactiva temporalmente, repuesta, baja definitiva, etc… teniendo en cuenta incidencias, umbrales en informes previos…

- Resultados del período de control en forma de tablas y gráficos de todos los sensores.

- Conclusiones. Deberá realizarse un análisis de los datos y una interpretación de los resultados obtenidos y en base a ello una valoración de las posibles causas que hayan podido generarlos cuando éstos hayan rebasado algún umbral.

4.3. Informe Final de Auscultación

Contendrá la recopilación global, análisis e interpretación de todos los trabajos realizados a origen y sus conclusiones.

Será único y se redactará al final de los trabajos de Auscultación.

Su contenido mínimo será el siguiente:

- Planos actualizados de situación de la instrumentación instalada de la zona de estudio.

- Tabla con todos los sensores instalados, divididos por tipos, y donde quede reflejada, entre otras, la fecha de instalación, la fecha de la primera lectura cero, fecha de reposición si procede y umbral en el que se encuentra en el momento de emisión del informe.

- Situación de la instrumentación: activa, inactiva temporalmente, repuesta, baja definitiva, etc… teniendo en cuenta incidencias, umbrales en informes previos…

- Resultados del período de control en forma de tablas y gráficos de todos los sensores.

- Conclusiones. Deberá realizarse un análisis de los datos y una interpretación de los resultados obtenidos y en base a ello una valoración de las posibles causas que hayan podido generarlos cuando éstos hayan rebasado algún umbral.

- Conclusiones y recomendaciones desde el punto de vista geológico – geotécnico, hidrogeológico, análisis de riesgos.