



**CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A
GALICIA.**

=====

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

=====

Madrid, enero de 2019



ÍNDICE

1	PRESCRIPCIONES GENERALES	3
2	TERMINOLOGÍA DEL CONTRATO	3
3	OBJETO DEL CONTRATO	3
4	AMBITO DEL CONTRATO	4
5	RELACIONES DEL CONSULTOR CON LA ADMINISTRACIÓN	4
6	DOCUMENTOS QUE FACILITARÁ ADIF	5
7	EJECUCIÓN DEL CONTRATO	5
7.1	Contenido	5
7.2	Descripción de los trabajos.....	7
7.3	Trabajos regulados por el Pliego.....	10
7.4	Seguimiento y control de los trabajos.....	13
7.5	Informe de Evaluación	15
7.6	Estudio Hidrogeológico.....	16
7.7	Normativa de referencia	17
8	PERMISOS, LICENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS	17
9	PRECAUCIONES DURANTE Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	18
10	INSPECCIÓN DE LOS TRABAJOS	18
11	PROPIEDAD DE LA DOCUMENTACIÓN	19
12	PLAZO	19
13	COMPOSICIÓN DE PRECIOS.....	19

ANEJOS

ANEJO Nº 1.- PRECIOS UNITARIOS

ANEJO Nº 2.- PRESUPUESTO

ANEJO Nº 3.- DOTACIONES MINIMAS

ANEJO Nº 4.- INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E
HIDROGEOLÓGICOS.

ANEJO Nº 5.- INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS DE INSTRUMENTACIÓN Y
SEGUIMIENTO HIDROGEOLÓGICO



1 PRESCRIPCIONES GENERALES

El objeto del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares es el de establecer las condiciones que han de regir la adjudicación y, en su momento, la realización de los trabajos relativos al Contrato de "REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A GALICIA."

El presente Pliego se considera integrado en su totalidad en el de Cláusulas Administrativas Particulares del Contrato y en el resto de la normativa vigente que regula los Contratos de Servicios.

Para la elaboración del estudio objeto del presente contrato serán de aplicación todas las normas, instrucciones, recomendaciones y Pliegos oficiales vigentes, y en especial las instrucciones y recomendaciones que establezca el ente público Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF).

2 TERMINOLOGÍA DEL CONTRATO

- Director del Estudio, es el responsable designado al efecto por el ADIF para la dirección de los trabajos objeto del presente Contrato. Para el desempeño de esta labor podrá contar con otros representantes de ADIF que integrarán el equipo de DIRECCIÓN.
- Consultor, es el licitador que resulte adjudicatario del presente Contrato de Consultoría y Asistencia.
- Jefe de la Oficina Técnica, es el representante del Consultor y responsable absoluto de los trabajos contratados.

3 OBJETO DEL CONTRATO

El objeto del Contrato es la prestación de los servicios para la realización del estudio y el seguimiento hidrogeológico de la zona afectada por trazado previsto en el Proyecto Básico de Altas Prestaciones a Galicia Tramo Ourense-Vigo.

Este tramo tiene una longitud aproximada de 53,7 Km y se ha previsto construir los siguientes 8 túneles que suponen unos 43,2 km de longitud aproximadamente:

- Túnel de Piterira: solo vía derecha 2392 m
- Túnel de Cangues: solo vía izquierda 2163 m
- Túnel de Bugalleira: doble vía 2271 m
- Túnel de Presigueiro: doble vía 2278 m
- Túnel de Irixo: bitubo (un tubo por vía). Vía derecha 17966 m y vía izquierda 17950 m
- Túnel de Os Campos: doble vía 2865 m
- Túnel de O Galo: doble vía 4815 m



- Túnel de Barro: bitubo (un tubo por vía). Vía derecha 8455 m y vía izquierda 8411 m

Es obvio esperar que la mayor parte del riesgo de afección al medio hidrogeológico se produzca en el ámbito de estos túneles. No obstante, el estudio y el seguimiento deben extenderse al entorno de todo el tramo para conocer, controlar, corregir o descartar de forma adecuada y razonable las potenciales afecciones hidrogeológicas.

Es objeto del Contrato la ejecución de las investigaciones, ensayos, instalación de la instrumentación que se requiera para el reconocimiento de problemas de carácter hidrogeológico y el seguimiento durante un periodo de tiempo suficientemente largo de la evolución de los diferentes aspectos hidrogeológicos susceptibles de ser afectados por la construcción de los túneles previstos. El objetivo último del trabajo consiste en obtener un conocimiento suficientemente detallado y fiable del comportamiento hidrogeológico del entorno del tramo, antes de su construcción, de tal forma que se puedan prever las afecciones de la construcción de los túneles sobre el medio hidrogeológico y de este sobre los propios túneles.

4 AMBITO DEL CONTRATO

Dentro del trazado previsto en el Proyecto Básico, existe un riesgo significativo de afección sistema hidrogeológico del entorno de las obras previstas, por lo que es necesario conocer el comportamiento previo del sistema hidrogeológico y pronosticar las modificaciones que producirán la construcción y la explotación de la línea ferroviaria.

En este contexto surge la necesidad de plantear la realización de un estudio hidrogeológico regional de amplitud suficiente como para conocer las relaciones entre los túneles y el entorno. Este estudio debe incluir además el seguimiento de los dispositivos de monitorización que se instalen durante al menos un año con anterioridad al inicio de las obras y realizar un seguimiento de la evolución de los niveles piezométricos y puntos de agua del entrono durante la ejecución de las obras.

5 RELACIONES DEL CONSULTOR CON LA ADMINISTRACIÓN

La Dirección del Contrato o el personal designado por la misma son el agente que recepcionará los Encargos y los comunicará al Jefe de Oficina Técnica determinando qué labores y documentos previos son necesarios para la puesta en marcha de los trabajos.

Durante el desarrollo de los trabajos todas las relaciones de Consultor con ADIF referentes al contrato se establecerán únicamente a través del Director, o de las personas en quien expresamente delegue este.

La Dirección del Contrato definirá las labores y trabajos que deban realizarse con personal y medios de ADIF. Es labor del consultor cumplimentar los permisos que sean necesarios para contar con medios y personal de ADIF, independientemente de la ayuda que preste la Dirección. De todos los trámites realizados se entregará la documentación emitida y las respuestas.

Es necesaria la disponibilidad continua del Jefe de Oficina Técnica para asistir a las reuniones o visitas que se consideren necesarias para la correcta marcha de los



trabajos, bien sea acompañando a la Dirección del Contrato y/o del Receptor de los Trabajos.

Las obligaciones de ADIF y el contratista en materia de coordinación de actividades empresariales señaladas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y demás normativa legal de incidencia en la coordinación de actividades en obra y servicios, se atenderán a lo dispuesto en el Procedimiento Operativo de Prevención nº 12 de ADIF.

6 DOCUMENTOS QUE FACILITARÁ ADIF

Una vez resuelto el Concurso, el Director del Estudio entregará al Jefe de la Oficina Técnica del adjudicatario la documentación necesaria para proceder a la planificación y programación de los trabajos.

- Como documentación general se entregará:
 - Certificado de adjudicatario.
 - Tabla para el control y seguimiento de los trabajos de campo.
 - Plantillas para la presentación de las investigaciones y ensayos realizados.
 - Formato de portada para la presentación de documentos escritos.
 - Cualquier otra documentación que considere la Dirección.
- Como documentación específica para la realización de los trabajos particulares que se encarguen:
 - Base topográfica correspondiente a la zona de ejecución de los trabajos cuando esta exista.
 - Documentación relativa a los trabajos procedentes de Estudios y Proyectos de ADIF, Ejecución de Obra o mantenimiento de líneas en servicio o procedente de otra Administración a la que tenga acceso ADIF.
 - Informes y fichas de seguimiento de la infraestructura

7 EJECUCIÓN DEL CONTRATO

7.1 Contenido

De una manera general el Estudio y Seguimiento Hidrogeológico se compone de las siguientes partes:

Primera Fase. Recopilación, evaluación y análisis de toda la información existente que sea de aplicación al trabajo contratado, estudios hidrogeológicos y geológico-geotécnicos previos, cartografía, documentación del seguimiento del tramo en fase de explotación, instrumentación existente, bibliografía general de la zona, registros públicos, serie de datos procedentes de estaciones meteorológicas y de aforos del entorno, etc.



Cartografía geológica e hidrogeológica complementaria a la existente. Deberá incluir un inventario de puntos de agua (IPA) con determinación de las coordenadas X , Y y Z. Nuevo análisis y reinterpretación de la información disponible incluyendo los datos IPA. Construcción y homogenización de series temporales de datos para un futuro seguimiento hidrogeológico.

En los trabajos previstos en este Pliego, esta fase se corresponde con los trabajos previos e iniciales y culminan con el Informe de Evaluación de la información existente y de propuesta de actuaciones.

Segunda Fase. Campaña de Prospecciones geotécnicas con propósito específicamente hidrogeológico. Entre ellas estará la perforación de sondeos de gran diámetro en puntos estratégicos y su equipamiento como piezómetros (incluidos varios fuera de la traza para determinación de flujos subterráneos), la perforación de pozos y la realización de ensayos de bombeo en las unidades acuíferas de tipo calcáreo de cara a cuantificar su permeabilidad. La realización de otros ensayos de permeabilidad (Lugeon o Lefranc) en unidades menos permeables, de naturaleza detrítica. La toma de muestras y análisis granulométricos por tamizado y sedimentación para una estimación alternativa de la permeabilidad, que sirva de contraste a los ensayos puntuales en campo.

Tercera Fase. Seguimiento hidrogeológico con medidas periódicas no sólo piezométricas (tanto en los piezómetros perforados en la Segunda Fase como en los pozos de abastecimiento público o privado que se hayan podido inventariar) sino también foronómicas en aquellos manantiales que sirvan de descarga a los acuíferos perforados por las obras; son éstos los que potencialmente podrán sufrir el impacto del rebaje de los niveles de agua subterránea debido al drenaje de los túneles. Este seguimiento debe completarse con el correspondiente climático (al menos, precipitación y temperatura) de cara a correlacionar las oscilaciones piezométricas con las recargas.

Esta fase es la de mayor duración y se prolongará durante los tres años de su actividad.

Cuarta fase. Elaboración de los modelos matemáticos necesarios, que permitan simular y predecir los caudales extraídos a los diferentes acuíferos y los aportes de agua a los túneles. Para la calibración y la comprobación de los modelos, que puede plantearse durante la Tercera Fase, se utilizarán los resultados de la misma.

Con la información recogida en la segunda fase, durante el primer año de desarrollo de la tercera fase y los resultados iniciales de la cuarta fase, se elaborará el Estudio Hidrogeológico final donde se recogerá toda la información obtenida en los puntos anteriores, la elaboración de los modelos geológicos e hidrogeológicos conceptuales del área estudiada, análisis del comportamiento hidrogeológico previsto y real de los acuíferos una vez ejecutadas las obras, interpretación de los resultados obtenidos, pronóstico del comportamiento futuro y necesidad y pre-diseño de actividades correctoras.

Al final del contrato se realizará un Informe de Síntesis y de Final del Seguimiento Hidrogeológico (abreviadamente Informe de Síntesis) que tiene los siguientes objetivos:

- Sintetizar las características de los elementos que componen los modelos conceptuales y numéricos elaborados, sus relaciones y sus esquemas de



funcionamiento. Comprobar la bondad de estos modelos con la información obtenida durante el Seguimiento Hidrogeológico.

- Detallar los aspectos y conclusiones del Estudio Hidrogeológico que deben modificarse o matizarse como consecuencia de los resultados obtenidos en el Seguimiento Hidrogeológico.
- Resumir y recopilar la información obtenida durante el Seguimiento Hidrogeológico.

7.2 Descripción de los trabajos

Trabajos preliminares:

- Registro y análisis de la información geológico-geotécnica e hidrogeológica procedente de los estudios anteriores o simultáneos, especialmente de los estudios geológico-geotécnicos, y de la información existente durante las fases de obra y explotación, tal como terrenos atravesados, avances, caudales captados, aforos, niveles piezométricos, filtraciones, golpes de agua, incidencias, etc.
- Recopilación de toda la información bibliográfica y cartográfica (geológica, hidrogeológica...) existente sobre la zona de estudio.
- Recopilación de la información disponible por las distintas administraciones de carácter hidrogeológico y de contaminación de suelos y aguas que correspondan al entorno del trazado.
- Adquisición a costa del Adjudicatario de una cartografía digitalizada y una serie de fotografía aérea estereoscópica actualizadas y a escala adecuada (entre 1:25.000 y 1:10.000) para realizar el Estudio Hidrogeológico. Las distintas opciones disponibles en el mercado serán presentarán a la Dirección del Contrato para que determine la más adecuada.
- Recopilación de datos hidrogeológicos de la zona de estudio (series temporales termo-pluviométricas, aforos, niveles piezométricos, inventario de puntos de agua,...) procedentes de otras administraciones (confederaciones hidrográficas, IGME, Agencia Estatal de Meteorología...
- Revisión del estado actual de las instalaciones existentes en el área de estudio que puedan proporcionar información útil, tales como estaciones de aforo, piezómetros, pozos, etc. Evaluación de las mediciones y controles que se realizan en la actualidad.
- Elaboración y entrega después de transcurrido un plazo máximo de cuatro (4) meses desde el inicio del Contrato del Informe de Evaluación. Dicho documento incluirá:
 - Delimitación preliminar de la zona de estudio basada en criterios geológicos, orográficos y de hidrología de superficie.
 - Evaluación del grado de utilidad y de la suficiencia de toda la información geológico-geotécnica, ambiental e hidrogeológica disponible.
 - Cartografía geológica a las escalas 1:25.000 o 1:10.000 del entorno del trazado que puede ser afectado por la obra. En principio será suficiente



emplear dichas escalas para la cartografía del área de estudio, aunque podría ser necesario una escala de mayor detalle en algunas zonas.

- Borrador de cartografía hidrogeológica del agua subterránea.
- Identificación preliminar de las afecciones producidas al medio subterráneo.
- Evaluación preliminar de los posibles riesgos hidrogeológicos sobre la infraestructura ferroviaria de Alta Velocidad.
- Recomendaciones de carácter hidrogeológico a tener en cuenta en los proyectos y actuaciones de mejora.
- Propuesta de campaña de investigación hidrogeológica: sondeos, red de control, geofísica, ensayos de campo, etc.

Trabajos de campo:

- Inventario hidrogeológico de los elementos de interés existentes en la zona de estudio: manantiales, pozos, drenajes, cauces, zonas de infiltración kársticas, sumideros, surgencias, etc., registrando los siguientes parámetros de interés:
 - Aforo de caudales, consumos y destino.
 - Niveles piezométricos.
 - Esquema constructivo de la columna litológica atravesada.
 - Instalaciones asociadas: impulsiones, conducciones, depósitos, balsas...
 - Parámetros fisicoquímicos básicos (pH, temperatura, conductividad...).
- Completar/corregir la cartografía geológica-hidrogeológica de detalle existente en el área de estudio, donde sea necesario.
- Realizar la campaña de investigaciones propuesta y aprobada por el Director del Estudio.
- Establecer, mantener y medir la Red de Control Hidrogeológico formada por elementos externos e internos a las obras que permita controlar la interacción entre las mismas y el medio hidrogeológico. Puede estar formada por los siguientes elementos, tanto de lectura manual como automática:
 - Red piezométrica: formada por columnas de sensores piezométricos de cuerda vibrante y de tubo abierto.
 - Red fononómica: formada por secciones e instalaciones de aforo de cauces, manantiales, drenajes y captaciones de interés.
 - Red meteorológica: formada por estaciones propias y externas con las se consiga colaboración.
 - Red hidroquímica: formada por los puntos donde tomen muestras de agua para su análisis en laboratorio o in situ o se instalen elementos de registro automático de parámetros físico-químicos.

Análisis de gabinete:

- Tratamiento, análisis y representación de la información obtenida en las actividades anteriores y la proporcionada por estudios, proyectos y seguimientos anteriores y simultáneos que sean de interés para el objeto del Contrato.



- Análisis de la distribución de permeabilidades de cada uno de las unidades hidrogeológicas diferenciadas.
- Establecer un modelo geológico conceptual del área de estudio que al menos consistirá en una cartografía de superficie y los perfiles necesarios para establecer la estructura geológica en profundidad. Este modelo no es estático, sino que se revisará y actualizará continuamente con la nueva información disponible.
- Establecer un esquema o modelo conceptual inicial del funcionamiento hidrogeológico del entorno de túnel, que incluya al menos los siguientes aspectos: caracterización y distribución tridimensional de las distintas unidades hidrogeológicas, distribución de niveles piezométricos, direcciones de flujos, balance(s) hídrico(s), régimen de explotación existente e histórico y relaciones entre las distintas unidades y con las aguas superficiales. Lo mismo que con el modelo geológico anterior, este esquema o modelo hidrogeológico no es estático, sino que se revisará y actualizará continuamente con la nueva información disponible.
- Utilizar el esquema de funcionamiento hidrogeológico para analizar la interacción de la obra ejecutada con el medio hidrogeológico durante las fases de construcción y de explotación.
- Elaboración de los modelos conceptuales que sean relevantes para analizar el comportamiento hidrogeológico del entorno del trazado y su interacción con la infraestructura ferroviaria.
- Evaluación de la necesidad de adoptar medidas correctoras y análisis de su viabilidad y efectividad.
- Redacción y entrega preliminar transcurridos doce (12) meses desde el inicio del Contrato del documento final del Estudio Hidrogeológico y que constará al menos de los siguientes apartados:
 - Recopilación y tratamiento de la información disponible.
 - Documentación (plantas, perfiles, texto, tablas, gráficos,...) necesaria para explicar y definir los modelos conceptuales, geológicos e hidrogeológicos, actualizados hasta ese momento.
 - Necesidad, análisis y pre-diseño inicial de medidas correctoras.
 - Propuesta de plan de vigilancia hidrogeológico durante la fase de explotación.
 - Análisis de la afección producida por el comportamiento hidrogeológico de la zona sobre la infraestructura ferroviaria de Alta Velocidad.
 - Propuestas de mejora tendentes a minimizar la afección sobre la infraestructura ferroviaria.
- Seguimiento y Control Hidrogeológico de la información obtenida por la Red de Control Hidrogeológico, incluyendo estas actividades:
 - Registro y tratamiento de la información procedente de la Red de Control Hidrogeológico y su correlación con la evolución y comportamiento de la infraestructura ferroviaria.
 - Cualquier otra información hidrogeológica del entorno.



- Análisis de la información hidrogeológica, interpretando las posibles desviaciones sobre las previsiones del Estudio Hidrogeológico y la efectividad de las posibles medidas correctoras y mitigadoras adoptadas.
- Redacción y edición de Informes Periódicos de Seguimiento Hidrogeológico.
- Redacción del Informe Final de Síntesis del Seguimiento Hidrogeológico donde se recopilará toda la información obtenida durante esta actividad y las conclusiones que se deriven.
- Asesoramiento al ADIF durante los proyectos y las obras en los problemas y aspectos hidrogeológicos que puedan surgir.

7.3 Trabajos regulados por el Pliego

Este Pliego regula la realización por parte del Consultor de los siguientes trabajos: trabajos y ensayos de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete.

Trabajos y ensayos de campo:

- Suministro de todo el personal, medios y equipos necesarios.
- Supervisión, seguimiento y testificación de los trabajos y ensayos de campo por parte de técnicos competentes cualificados.
- Realización de todos los trabajos necesarios para el replanteo de los sondeos y demás puntos de investigación y registro de las coordenadas y cota de los mismos. La Dirección fijará el sistema y precisión del replanteo y nivelación, en función del tipo de trabajo, su importancia, y la existencia de cartografía y/o bases de replanteo suficientemente próximas al área de los trabajos. Una vez materializados estos puntos en el terreno, por el Consultor, éste será responsable de su posterior localización.
- Petición de todos los permisos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, salvo indicación en contra. Si fuera necesario, sería apoyado en esta labor por la Dirección, en la medida de lo posible.
- Detección de servicios existentes (conducciones y canalizaciones de agua, electricidad, gas, telefonía, etc.) en los puntos de investigación.
- Sondeos mecánicos.
- Toma de muestras de rocas y suelos inalteradas y testigos parafinados.
- Toma de muestras de agua en sondeos, pozos, manantiales, cauces, abastecimientos...
- Ensayos de permeabilidad "in situ" en suelos y en macizos rocosos.
- Medición y registro de niveles piezométricos en sondeo (piezómetros abiertos y piezómetros de cuerda vibrante).
- Identificación, preparación, conservación y envío al laboratorio de las muestras obtenidas.
- Almacenamiento y conservación de muestras.
- Calicatas (manuales o mecánicas).



- Trabajos de prospección geofísica mediante métodos sísmicos, eléctricos gravimétricos y electromagnéticos.
- Inventario de puntos de aguas superficiales y subterráneas.
- Medidas en campo de parámetros físico-químicos de muestras de agua. Cuando los valores obtenidos se encuentran por encima o cerca del umbral máximo de rango de utilización del equipo, se realizarán las diluciones necesarias para obtener un valor dentro de rango. En los resultados se registrarán las diluciones realizadas, los valores medidos y el valor calculado para la muestra original. A efectos del presente PPTP se distinguen dos tipos:
 - Medida en campo de parámetros básicos físico-químicos: incluye al menos temperatura, pH y conductividad eléctrica (con estimación de TSD).
 - Medida en campo de parámetros estándar físico-químicos: incluye al menos temperatura, pH, conductividad eléctrica (con estimación de TSD), turbidez, contenido en sulfato, contenido en cloruro, contenido en calcio, dureza total y alcalinidad TAC.
- Afros de cauces de aguas superficiales, de manantiales y de captaciones de agua subterránea.
- Mantenimiento de las instalaciones civiles, mecánicas y electrónicas que se formen parte de la Red de Control Hidrogeológico montadas.
- Puntos de observación geológicos.

Ensayos de laboratorio:

- Realización de los ensayos y análisis de aguas previstos en este PPTP o en su presupuesto.
- Ensayos en muestras de suelos y de agua de carácter hidrogeológico o de carácter hidroquímico del agua. A efectos del siguiente PPTP se distinguen cuatro tipos:
 - Análisis químico de agua para determinar sus parámetros básicos de calidad en laboratorio. También se denomina análisis de calidad del agua.
 - Análisis químico para barrido simplificado de posibles contaminantes. También se denomina barrido simplificado.
 - Análisis químico para barrido básico de posibles contaminantes. A efectos de este PPTP se denomina barrido básico.
 - Análisis químico para barrido completo de posibles contaminantes. También se denomina barrido completo.

En la siguiente tabla se indican los parámetros que se miden en cada tipo:

PARÁMETRO	TIPOS DE ANALISIS DE AGUA			
	B. SIMPLIFICADO	B. BÁSICO	B. COMPLETO	A. CALIDAD
TPH	X	X	X	
Aceites y grasas	X	X	X	
Barrido de COV			X	



PARÁMETRO	TIPOS DE ANALISIS DE AGUA			
	B. SIMPLIFICADO	B. BÁSICO	B. COMPLETO	A. CALIDAD
Barrido de COSV			X	
Metales: Fe; Mn; Ba; Co; Mo; Pb; Ni; Zn; Cd; Cu; Cr ; As y Hg		X	X	
Cromo hexavalente			X	
pH	X	X	X	X
Conductividad	X	X	X	X
BTEX	X	X	X	
PAH			X	
PCB			X	
Pesticidas organoclorados			X	
Herbicidas organoclorados			X	
Amonio	X	X	X	
Nitratos			X	X
Cianuros			X	
Fenoles			X	
Tensioactivos aniónicos			X	
Tensioactivos catiónicos			X	
Cationes: Ca ⁺⁺ ; Mg ⁺⁺ ; Na ⁺ y K ⁺				X
Aniones: SO ₄ ⁼ ; Cl ⁻ ; CO ₃ ⁼ y HCO ₃ ⁻				X
Sólidos en suspensión; residuo seco a 110 °C; dureza total, permanente y temporal en 9HF y materia orgánica en medio ácido				X
Coliformes fecales	X	X	X	

- Ensayos de carácter geotécnico previstos en este PPTP o en su presupuesto a realizar en muestras recogidas dentro de su estudio y que la Dirección del Contrato considere necesarias por su urgencia o importancia.
- Elaboración y entrega de los partes de los ensayos.

Trabajos de gabinete:

- Elaboración y entrega de un Informe de Evaluación en el que se indique, en base a una cartografía geológica detallada realizada a las escalas 1:25.000 y 1:10.000, la situación de los reconocimientos y se proponga el programa de los trabajos a realizar, que deberá ser aprobado por el Director del Estudio.
- Elaboración y entrega de avances provisionales de documentos.
- Elaboración y entrega provisional de los registros de los reconocimientos realizados.



- Trabajos de delineación.
- Trabajos de mecanografía, secretaría y ofimática para elaboración de escritos, atención de comunicaciones, correspondencia, etc.
- Encuadernación en tomos y embalaje en cajas de todos los documentos.
- Redacción y entrega de la Maqueta del Estudio Hidrogeológico.
- Entrega del Estudio Hidrogeológico definitivo y los Informes de Seguimiento Hidrogeológico periódicos y final, en papel y soporte informático CD-ROM.
- Recopilación y entrega al ADIF de todos los registros, informes y datos obtenidos o preparados como parte de estos trabajos.

7.4 Seguimiento y control de los trabajos

El consultor entregará semanalmente una tabla con el estado de ejecución de los trabajos de campo. A tal efecto, la Dirección facilitará una tabla que se adoptará como formato para el seguimiento de los trabajos. Este Parte Semanal de seguimiento de los trabajos se remitirá todos los lunes al Director del Contrato, cumplimentándose al máximo desde el principio.

Contendrá todos los reconocimientos y los elementos de la red de control previstos en el Informe de Evaluación y se registrará su estado, posibles incidencias y cambios realizados.

Para el control de los trabajos el Consultor entregará a la Dirección, en las fechas requeridas, todos los documentos provisionales que ésta le solicite.

Durante la redacción del Estudio Hidrogeológico se entregará la siguiente documentación:

El Informe de Evaluación se entregará en el plazo máximo de cuatro (4) meses a contar desde el inicio del Contrato.

El Consultor deberá entregar la Maqueta del Estudio Hidrogeológico a los doce (12) meses de la firma del contrato.

Un mes más tarde se entregará el Estudio Hidrogeológico definitivo.

Después de la recepción del Estudio Hidrogeológico comenzará el Seguimiento y Control Hidrogeológico que durará veinticuatro (24) meses. Durante esta fase se realizarán los Informes Periódicos de Seguimiento Hidrogeológico, cuya frecuencia será fijada por la Dirección del Contrato.

Un mes antes de la finalización del Contrato se entregará la Maqueta del Informe de Síntesis y de Final del Seguimiento Hidrogeológico.

Finalizado el periodo de seguimiento, el adjudicatario entregará la versión definitiva del Informe de Síntesis y de Final del Seguimiento Hidrogeológico, en el plazo de 2 meses.

Los registros de los sondeos y calicatas se entregarán antes de transcurridos quince días desde su finalización. Se entregará igualmente el plano de situación de las prospecciones en el que se indicará la situación propuesta inicialmente para los reconocimientos y la posición en la que realmente se han ejecutado. Los cambios en



la situación de los puntos de investigación deberán ser aprobados por la Dirección previamente a su ejecución.

Toda la documentación que pueda ser de interés deberá gestionarse mediante un Sistema Centralizado de Gestión al que pueda acceder el Director del Contrato mediante un sistema autorizado vía página web o similar. Las fotografías de sondeos, calicatas y ensayos de penetración estarán disponibles en este sistema la misma semana de su ejecución.

El Consultor entregará un acta de cuantas reuniones y visitas al tramo realice la Dirección en el plazo máximo de una semana desde su celebración.

Los técnicos participantes en los trabajos deberán poder asistir a todas las reuniones que, a requerimiento de la Dirección, sea preciso mantener en relación con éste, así como realizar cuantas visitas a la zona de trabajo y a las instalaciones del Consultor se consideren necesarias para su correcta realización.

A partir de la información existente se han estimado como unidades base para la licitación las que aparecen en el Presupuesto (Anejo nº 2). No obstante, no existe un programa de trabajos definitivo, por lo que éstos se llevarán a cabo en función de las necesidades. En consecuencia, el número de unidades puede ser modificado durante la realización del Estudio en función de las necesidades reales de investigación hidrogeológica.

El Consultor deberá entregar, ineludiblemente a la Dirección, una copia del procedimiento de ejecución a utilizar para aquellos ensayos o trabajos que no estén regulados por una normativa oficial publicada, así como la verificación y calibración de los equipos a utilizar.

La Dirección podrá decidir la división del Estudio Hidrogeológico en varios tramos. En este caso, el Consultor deberá presentar tantos estudios hidrogeológicos distintos como tramos resulten y todas las referencias del presente Pliego se entienden aplicables a cada uno de ellos.

La Dirección, durante el desarrollo del contrato, proporcionará todas las instrucciones necesarias para asegurar la calidad del trabajo, reservándose el derecho a modificar los anteriores plazos y el contenido de la documentación exigida en los mismos. Asimismo, podrá solicitar al Consultor la elaboración de informes temáticos específicos, previamente a la entrega del informe definitivo, en función de la problemática existente.

Durante la elaboración del Estudio Hidrogeológico se tendrá en cuenta también la información de carácter hidrogeológico proporcionada por los estudios, proyectos y seguimientos realizados en el área estudiada. Para ello se realizarán de forma conjunta todas las reuniones y visitas a la zona con objeto de alcanzar las sinergias necesarias.

Para proceder a la certificación mensual, deberá remitirse la última semana de cada mes, el registro de los trabajos de campo a certificar y la relación valorada a origen de los trabajos realmente ejecutados. Tras la aceptación de la Dirección, la factura deberá entregarse antes del día 10 del mes siguiente. No se procederá a la certificación mensual en caso de no recibirse esta documentación en plazo.



7.5 Informe de Evaluación

El Consultor deberá entregar un Informe de Evaluación, encuadernado en formato DIN-A3, que estará constituido por la memoria y anejos, planos, programa de trabajos de la campaña propuesta, presupuesto comparado con el de adjudicación, las prescripciones técnicas de este Pliego.

Los objetivos del Informe de Evaluación son:

- Evaluar la información disponible para el estudio.
- Identificación preliminar de posibles afecciones.
- Presentación inicial de recomendaciones para los proyectos y las obras.
- Proponer las investigaciones y la campaña de reconocimientos.

Para la elaboración del Informe de Evaluación se tendrá en cuenta toda la información disponible en cuanto a informes, estudios y proyectos realizados en la zona. Si fuera necesario, la Dirección podría facilitar el acceso a dicha información, en la medida de lo posible.

El Consultor deberá entregar el Informe de Evaluación en un plazo de 4 meses a contar desde el inicio del Contrato. Para su revisión, la Dirección y el Consultor podrán realizar visitas conjuntas a la traza. Los comentarios y correcciones realizados se tendrán en cuenta en un nuevo documento que se entregará en el plazo de una semana. Sólo una vez entregado y revisado dicho documento se aprobará la campaña de reconocimientos propuesta, que deberá ser ejecutada de inmediato.

La entrega del mencionado Informe de Evaluación exigirá del Consultor la elaboración de una cartografía geológica-hidrogeológica de superficie detallada que estará apoyada en una fotointerpretación previa y se plasmará en unos planos de planta y perfil geológicos y en una memoria, a modo de avance del modelo geológico conceptual y del modelo de funcionamiento hidrogeológico, para lo cual el Consultor dispondrá en campo el personal de la experiencia suficiente y los medios necesarios.

En anejo aparte, el Consultor incluirá el organigrama del personal que intervendrá en los trabajos, indicando el nombre y teléfonos de contacto del personal participante, incluyendo técnicos y sondistas. Se incluirá también la relación de los subcontratistas participantes.

Los planos estarán constituidos por una planta geológica a escala 1:10.000 ó 1:25.000, en los que se representarán todos los reconocimientos propuestos. También se incluirán los perfiles geológicos necesarios del entorno del trazado. Los sondeos se representarán en el perfil mediante un segmento a escala indicando su profundidad entre paréntesis. Se tomará como base la planta y el perfil del estudio informativo. Los planos tendrán un grado de definición suficiente para que un técnico, que pudiera ser otro distinto de quien los ha preparado, lleve a cabo el replanteo en campo de cada punto de prospección y para que pueda gestionar la petición de los permisos necesarios.

La investigación hidrogeológica se denominará por su P.K.. Detrás de la inicial correspondiente a cada punto de investigación (S-sondeo, C-calicata, etc.) se añadirá la inicial H.

Para la denominación de los Puntos de Observación Geológicos inventariados se emplearán las siglas PO.



Los trabajos a llevar a cabo, descritos en la memoria, serán programados en el tiempo y expresados en un programa de trabajos o cronograma con indicación explícita de los recursos requeridos (sondas, retroexcavadoras,...), habilitando los plazos y el número de los mismos que permitan asegurar la calidad de los trabajos con arreglo a su rendimiento. En el cronograma se indicarán expresamente las fechas concretas de compromiso de entrega de los distintos documentos de avance o provisionales así como del documento final.

El cronograma será valorado con arreglo a los conceptos incluidos en el cuadro de precios de este pliego, a los precios unitarios que figuran en la proposición económica. Se incluirá un presupuesto comparativo entre los trabajos propuestos y los del presupuesto de adjudicación.

El programa de trabajos y el presupuesto serán las herramientas de control del desarrollo de los trabajos.

El Director del Estudio, durante el desarrollo del mismo, proporcionará todas las instrucciones necesarias para asegurar la calidad del trabajo.

7.6 Estudio Hidrogeológico

El Consultor redactará el correspondiente estudio hidrogeológico que comprenda los aspectos del trazado objeto de estudio para su posterior empleo en la redacción del correspondiente proyecto constructivo. El Estudio incluirá como mínimo los aspectos siguientes:

- Antecedentes y metodología
- Breve descripción de la obra desde el punto de vista hidrogeológico
- Modelo geológico conceptual
- Caracterización hidrogeológica de materiales
- Unidades hidrogeológicas o masas de aguas subterráneas
- Esquema de funcionamiento hidrogeológico natural
- Interacción entre las obras y el medio hidrogeológico
- Evaluación de impactos hidrogeológicos
- Propuesta de medidas correctoras
- Planos
- Anejos

No obstante, este contenido mínimo estará sujeto a posibles variaciones según dictamine el Director del Estudio.

Asimismo, se tendrá en cuenta lo indicado en las Instrucciones y Recomendaciones para Redacción de Proyectos de Plataforma facilitadas por ADIF, con las posibles modificaciones indicadas por el Director del Estudio.

El estudio incluirá, en anejo independiente, los datos de otros estudios y anteproyectos realizados hasta la fecha, que hayan sido empleados en la elaboración del mismo.



La presentación de resultados se ajustará al presente Pliego así como a las indicaciones del Director del Estudio una vez iniciados los trabajos.

Presentación de trabajos y ensayos de campo

En los anejos del estudio deberán quedar recogidos en formato DIN-A3 todos los datos que se incluyen a continuación. En la parte superior de cada hoja se indicará el nombre del Consultor, la denominación contractual del Estudio y se incluirá el logotipo de ADIF.

7.7 Normativa de referencia

Para la ejecución del presente Estudio, además de las prescripciones que figuran en el presente Pliego, en el de Prescripciones Técnicas Tipo para los Proyectos de Plataforma (PGP-ADIF) y en la Normativa vigente de Instrucciones y Recomendaciones para Redacción de Proyectos de Plataforma, así como las indicaciones dadas por la DIRECCIÓN, se seguirá:

- La normativa vigente, preferentemente UNE o NLT, en lo referente a los ensayos de laboratorio, o en caso de no existir norma, las reglas de buena práctica establecidas.
- Los criterios de las Sociedades Españolas de Mecánica de Suelos y Rocas, y de la ISRM.
- Las especificaciones que figuran en el Código Técnico de la Edificación (Ministerio de la Vivienda, 2006), la ROM 0.5-05 Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias (Ministerio de Fomento, 2005), la Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras (Ministerio de Fomento, 2003) y el EUROCÓDIGO 7, entre otras.

En caso de contradicción se comunicará a la DIRECCIÓN para que decida lo más conveniente.

8 PERMISOS, LICENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

La obtención de los permisos y licencias de los propietarios, o titulares del dominio público, que se requieran para la realización de los trabajos encomendados, será incumbencia del Consultor, así como el abono de los importes, tasas, cánones, compensaciones o indemnizaciones a que dé lugar el desarrollo de los mismos, y que deben considerarse integrados en los precios unitarios ofertados.

Asimismo, salvo indicación en contra, será competencia del Consultor la detección previa de los posibles servicios enterrados que puedan ser afectados por la realización de los trabajos (líneas de teléfono, gas, electricidad, abastecimiento de agua, etc). El Consultor se hará cargo, en caso de producir alguna avería por negligencia, de todos los gastos de reparación e indemnizaciones a las que hubiere lugar.



9 PRECAUCIONES DURANTE Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El Consultor adoptará las medidas necesarias para que durante la ejecución de los trabajos encomendados quede asegurada la protección a terceros, siendo de su total responsabilidad las indemnizaciones por los daños y perjuicios que puedan ocasionarse como consecuencia de aquellos si a tenor de las disposiciones y leyes vigentes, incurriese en culpabilidad.

Será obligación del Consultor la restitución a su estado inicial de caminos, carreteras, terrenos, etc. afectados por la realización de los trabajos. Asimismo, deberán retirarse todo tipo de objetos y materiales, ajenos a la zona afectada, utilizados en los trabajos con la única excepción del elemento necesario para la señalización del reconocimiento de campo que haga posible su localización posterior.

En ningún caso se admitirá la ejecución de otros trabajos perdurables en el terreno a excepción de las propias perforaciones sin el permiso o autorización por escrito del titular del suelo.

La DIRECCIÓN podrá comprobar expresamente el cumplimiento de las mencionadas especificaciones realizando una inspección detallada, en una visita expresa a la zona, posteriormente a la realización de los trabajos.

10 INSPECCIÓN DE LOS TRABAJOS

Todos los equipos podrán ser inspeccionados y contrastados en cualquier momento por la DIRECCIÓN, quien podrá ordenar su sustitución en caso de funcionamiento deficiente.

El personal técnico que figure en la oferta como ejecutor directo de los trabajos objeto del Contrato no podrá ser sustituido sin autorización expresa del Director del Estudio.

La DIRECCIÓN podrá ordenar en cualquier momento y cuantas veces considere necesario la sustitución del personal y equipos del Consultor cuyo comportamiento, rendimiento o capacidad no considere satisfactorios. Asimismo, podrá ordenar repetir todos aquellos trabajos o reconocimientos que a su juicio sean deficientes o incumplan las prescripciones de este Pliego, en cuyo caso no serán de abono.

Cualquier duda que pudiera suscitarse en la interpretación de estas condiciones técnicas o en la realización del trabajo deberá ser planteada para su resolución al Director del Estudio.

Para la correcta ejecución de los trabajos, la DIRECCIÓN organizará las visitas a las zonas del estudio y las reuniones con el equipo del Consultor que considere necesarias.

Antes de la confección material y entrega de los documentos finales, el Consultor deberá presentar al Director del Estudio el resultado de los trabajos para su examen y aprobación.

Sin perjuicio de la facultad conferida a la DIRECCIÓN de poder exigir en cualquier momento la revisión del estado de los trabajos, se establecen los siguientes controles puntuales:

Reuniones informativas sobre aspectos generales o particulares, a las que asistirán el Director del Estudio o posibles colaboradores por él designados, el Jefe de la Oficina



Técnica y aquellas personas de su organización que estén relacionados con los temas a tratar.

Informes semanales por escrito sobre el estado de los trabajos que el Consultor someterá a la consideración de la DIRECCIÓN, o con la periodicidad que fije el Director del Estudio.

A requerimiento del Director del Estudio, el Consultor informará por escrito sobre cualquier aspecto del desarrollo de los trabajos en el plazo que aquel fije.

11 PROPIEDAD DE LA DOCUMENTACIÓN

Tanto la documentación final como toda aquella que, a lo largo del desarrollo del Contrato haya sido generada, tiene la consideración de propiedad del ADIF y no podrá ser difundida ni entregada para su uso a terceros sin su previa autorización.

Los trabajos objeto de esta asistencia técnica no podrán utilizarse por el Consultor sin permiso expreso del ADIF, debiendo entregarse los originales de los documentos con anterioridad a la recepción del Contrato.

12 PLAZO

El plazo de ejecución del contrato será de TREINTA Y SEIS (36) meses.

Se aportará la documentación pertinente que permita garantizar la correcta ejecución de los trabajos en el plazo ofertado.

El plan de trabajo que proponga el Consultor, de merecer la aprobación del Director del Estudio, adquirirá carácter contractual incluso en sus plazos parciales. Igualmente las modificaciones que del mismo se pudieran efectuar, deberán contar en todo caso con la aprobación correspondiente.

13 COMPOSICIÓN DE PRECIOS

La valoración de los trabajos realizados por el Consultor se efectuará por el sistema de Precios Unitarios, entregando mensualmente una propuesta de Relación Valorada de los trabajos a origen del contrato y una relación valorada a origen del Encargo. Se han estimado como unidades base para la licitación las que aparecen en el Presupuesto (Anejo nº 2). Tras la aceptación de la Relación Valorada por parte de la Dirección, la factura deberá entregarse antes del día 10 del mes siguiente. No se procederá a la certificación mensual en caso de no recibirse esta documentación en plazo.

Todos los gastos ocasionados por la aplicación de las especificaciones del presente Pliego y de las Normas Oficiales vigentes, así como por la observación de las reglas de buena práctica establecidas, se encuentran comprendidos en los precios del Contrato.

Todos los precios unitarios de perforación y ensayos in situ incluyen todo tipo de gastos que puedan ocasionarse por la necesidad de perforar los sondeos con agua, tales como localización de agua, transporte y suministro de la misma hasta pie de sondeo, almacenamiento y acopio en cubas, balsas, etc.

Todos los precios unitarios se refieren a unidades correcta y totalmente ejecutadas.



El precio unitario "Ud. Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento, incluido plano o croquis y fotografía en color" incluye todos los trabajos topográficos de replanteo y nivelación que fuesen necesarios.

El precio unitario "Ud. Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento, incluido plano o croquis y fotografía en color" se refiere exclusivamente a sondeos, calicatas y ensayos de penetración.

Los precios unitarios correspondientes a la perforación de sondeos incluyen todos los gastos ocasionados por la disposición a pie de obra de los técnicos titulados encargados de la supervisión y correcta ejecución de los trabajos de campo de sondeos, petición de permisos, visitas a obra, transportes, etc. Por su parte el precio unitario referido a la "testificación de sondeos" únicamente se certificará cuando la Dirección del Contrato haya solicitado testificar los sondeos.

En el precio unitario "Ud. Ensayos de bombeo, incluso sistema de evacuación del agua bombeada" se incluyen todos los gastos de control de niveles freáticos en los piezómetros asociados.

El precio unitario "Ud. Análisis mineralógico mediante difracción de rayos X" incluye la preparación de las cuatro muestras y el análisis de una de ellas mediante el método del polvo total y tres mediante agregados orientados, una con el tratamiento básico, otra con etilenglicol y la tercera con tratamiento térmico a 550º.

El precio unitario "Ud. Determinación del índice de Schimazek" incluye el análisis petrográfico mediante lámina delgada y el ensayo brasileño correspondiente.

El precio unitario "Ud. Medida del nivel piezométrico en cada sondeo terminado, después de realizado al menos un achique" implica que sólo será de abono la medición del nivel piezométrico en un sondeo, si previamente ha sido realizado algún achique, total o parcial, en el mismo. Este primer achique no será objeto de abono independiente. En principio, sólo se requiere un achique por sondeo.

El precio unitario "Ud. Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado,..." se refiere al achique total del agua del sondeo y no a su achique parcial, que no será de abono.

Los precios unitarios "M. Testificación geofísica de sondeos..." corresponden a la longitud realmente testificada para cada parámetro del terreno medido e incluyen la ubicación de la sonda en el interior del sondeo hasta la profundidad necesaria.

El precio unitario "Ud. Informe de resultados de las investigaciones, ensayos, instrumentación" incluye todo tipo de gastos que puedan derivarse de la redacción del informe, los gastos de adquisición de documentación adicional relacionada, así como los que puedan ocasionarse por asistencia a reuniones y visitas a obra e instalaciones.

Cualquiera de los trabajos o ensayos "in situ" (geofísicos, presiométricos, piezoconos) incluye en su precio el suministro de datos y el informe necesario para su interpretación.

Los ensayos de laboratorio que requieran un informe para su interpretación y empleo directo por parte del Receptor de los Trabajos incluyen en su precio dicho informe.

En los casos en que las normas de los ensayos correspondientes incluyan la determinación de propiedades físicas de suelos y rocas, tales como la densidad y el



contenido de humedad, el precio unitario de dichos ensayos incluirá también el abono de dichas determinaciones.

En aquellas unidades de obra para las que existen varios modos alternativos de ejecución, que cumplan con las prescripciones del presente Pliego, y que se reflejan en consecuencia en diferentes precios unitarios, el Consultor deberá utilizar el procedimiento de ejecución de precio unitario menor, salvo aprobación expresa y escrita en contrario por parte del Director del Estudio.

Es un objetivo fundamental de este contrato el asesoramiento del consultor a la Dirección en lo que se refiere a la viabilidad de los trabajos solicitados por el Receptor de los Trabajos. En este sentido, en su papel de experto en realización de trabajos de campo y laboratorio y considerando las características particulares del terreno y materiales donde se propone su ejecución y las circunstancias locales en lo referido a permisos, emplazamiento de los trabajos y seguridad frente a riesgos laborales o robos deberá informarse a la Dirección cuando una investigación, actividad o ensayo se considere inadecuada, innecesaria o inviable. No será de abono la realización reiterada de investigaciones, ensayos o instrumentación que obtenga resultados no válidos para los objetivos del Encargo.

El precio unitario "Jornada de trabajo de equipo de dos técnicos especialistas en labores de mantenimiento o lectura de instrumentación" y "Jornada de trabajo de equipo de dos técnicos especialistas con pernocta en labores de mantenimiento o lectura de instrumentación" incluye los gastos de viaje, manutención y pernocta correspondientes a un técnico especialista y su ayudante en la instrumentación o conjunto de aparatos correspondiente a cada caso particular. Incluye los medios y aparatos necesarios para descargar y almacenar la información de los dispositivos y la actualización de las tablas y gráficas de seguimiento incluidas en el sistema de intercambio de datos del contrato. La certificación de estas unidades requiere que previamente se haya aprobado un plan de trabajo por parte de la Dirección en el que se indiquen las jornadas necesarias para realizar las medidas periódicas o labores de mantenimiento. La necesidad de más técnicos para la realización de una actividad concreta, requerirá justificación por escrito y aprobación por parte de la Dirección del Contrato y se certificará proporcionalmente al número de técnicos extraordinarios a los dos habituales.

No son de abono las reparaciones y visitas de reparación de la instrumentación por averías en los componentes. Al realizar el presupuesto original deberá indicarse y presupuestarse las partidas periódicas que se consideren necesarias para mantenimiento de las instalaciones o el cambio de elementos tales como baterías u otros consumibles. En el caso de labores de mantenimiento que no se contemplaran en el Plan de Trabajo original se informará por escrito a la Dirección requiriendo autorización y se emitirá un informe con el resultado de la visita.

La unidad "Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías" incluye a los técnicos que operan el aparato así como a los vehículos necesarios para transportarlos y las gestiones pertinentes para operar en túnel. La unidad "Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías posicionado con coordenadas absolutas" incluye el personal y medios topográficos que se requieran para posicionar los puntos en coordenadas topográficas absolutas. La resolución del escaneado debe permitir reconocer las fisuras de apertura inferior a 5 mm. Ambas unidades incluyen la entrega de la información en su formato original, visor y



licencia necesarios para visualizarlos, fotografías en archivos TIFF o similar con su máxima resolución y montaje en DWG o DXF de las fotografías posicionadas en la totalidad del túnel. Incluye una copia en papel del resultado.

La unidad "Mapeado de patologías en escaneado de revestimiento de túnel" se refiere a la detección y delineación de las patologías habituales, incluyendo fisuración. El mapeado se podrá consultar tanto en el visor correspondiente al sistema de escaneado como en formato CAD entregándose ambos formatos más una copia en papel.

Todos los precios unitarios comprenden, sin excepción ni reserva, aún cuando no figure expresamente en la descripción de los mismos, la totalidad de las cargas ocasionadas por la ejecución de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos hasta su completa terminación, comprendidos los que resulten de las obligaciones impuestas al Consultor por los diferentes documentos del Contrato, y en particular, los siguientes:

- Los gastos de personal y mano de obra.
- Los gastos de material fungible, de consumo y suministros diversos.
- Los gastos de equipos y medios de transporte.
- Los gastos de alquiler de locales, almacenes e instalaciones.
- Los gastos de transporte, almacenaje y conservación de muestras y testigos.
- Los gastos de vigilancia de los sondeos, materiales, herramientas, vehículos de transporte, balsas de agua, etc., durante la ejecución de los trabajos.
- Los gastos de transporte, funcionamiento, conservación y reparación de equipos e instalaciones auxiliares, así como la depreciación o amortización de la maquinaria y elementos recuperables de las mismas.
- Los seguros de toda clase.
- Los gastos de financiación y los impuestos y tasas de toda clase, excepto el IVA.

Madrid, enero de 2019

Propone,
EL JEFE DE HIDROGEOLOGÍA

VOBO,
EL GERENTE DE ÁREA DE INGENIERÍA DEL
TERRENO

Fdo: Miguel Simón Garrido Ruiz (*)

Fdo: Francisco Javier Izquierdo Revilla (*)

(*) Firman en virtud de la Resolución del Presidente de la Entidad Pública Empresarial ADIF-ALTA VELOCIDAD, de 17 de enero de 2014, por la que se acuerda encomendar la realización de determinadas tareas a la Entidad Pública Empresarial Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). BOE 11/02/2014



**CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A
GALICIA.**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

ANEJO Nº 1

PRECIOS UNITARIOS





Código	Uds.	Descripción	Precio
CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A GALICIA			
Presupuesto			
Trabajos de Campo y Ensayos			
1	ud	Abono fijo por transporte de cada equipo de sondeo, penetrómetros estáticos, piezocono u otros equipos especiales al área de trabajo	902,09
2	ud	Transporte, montaje y desmonte de plataforma flotante para sondeos en agua	8.704,80
3	ud	Abono fijo por transporte al área de trabajos de penetrómetro dinámico, equipo de placa de carga, presiómetro, dilatometría, sísmicos, eléctricos, electromagnéticos, diagrafías, geo-radar, vane-test, etc	530,11
4	ud	Emplazamiento de sonda, penetrómetro estático, piezocono u otros equipos especiales en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares	79,79
5	ud	Emplazamiento de sonda en plataforma flotante en cada punto a reconocer	318,99
6	ud	Emplazamiento de penetrómetro dinámico en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares	38,22
7	ud	Recargo por apertura de accesos mediante maquinaria u otros medios auxiliares en cada punto de reconocimiento en que sea preciso y reposición	241,80
8	ud	Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento i/ plano o croquis y fotografía en color	17,01
9	m	Perforación a rotación en suelos con barrena helicoidal $\varnothing > 200$ mm	42,50
10	m	Perforación a rotación en rellenos o suelos, con diámetros comerciales hasta $\varnothing < 120$ mm con extracción continua de testigo de $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua	47,81
11	m	Perforación a rotación o rotopercusión, con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en gravas-bolos i/ suministro de agua	85,10
12	m	Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en rocas de dureza media con extracción de testigo $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua	63,80
13	m	Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm, en rocas de gran dureza con extracción continua de testigo i/ suministro de agua	76,54
14	m	Perforación a destroza en cualquier tipo de terreno, con diámetro de hasta 200 mm y hasta 200 m de profundidad i/ suministro de agua	38,69
15	m	Recargo por perforación a rotación en cualquier tipo de terreno, con recuperación de testigo mediante sistema "wire-line" y diámetro mínimo hq a partir de 100 m de profundidad	11,53
16	m	Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 25 y 50 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line	10,60
17	m	Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 50 y 100 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line	22,32
18	m	Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, para más de 100 m de profundidad, excepto si se perfora con "wire-line"	24,18
19	m	Recargo adicional por perforación con diámetro $f > 120$ mm	15,90
20	m	Recargo por perforación inclinada, para cualquier inclinación y profundidad	58,50
21	m	Recargo por perforación inclinada en sentido ascendente para cualquier inclinación y longitud	29,01
22	m	Recargo por perforación con batería triple	12,74
23	m	Recargo por perforación a rotación en cualquier tipo de terreno desde plataforma flotante sobre agua	29,01
24	m	Recargo por perforación con sonda apeada, en casos especiales de utilización, previa petición de su empleo por la administración	9,49



Código	Uds.	Descripción	Precio
25	m	Recargo por registro continuo de parámetros de perforación	9,53
26	ud	Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto	28,65
27	ud	Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo pistón o shelby i/ camisa	67,70
28	ud	Ensayo spt	25,48
29	ud	Testigo parafinado de más de 35 cm de longitud y $\phi > 70$ mm	11,62
30	ud	Recargo por toma de muestras inalteradas o ensayos S.P.T. a partir de 25 m de profundidad	6,33
31	ud	Toma de muestras de agua en el interior de un sondeo	9,02
32	ud	Caja portatestigos de cartón parafinado i/ transporte a almacén designado y fotografía en color	10,60
33	ud	Caja portatestigos de plástico i/ transporte a almacén designado y fotografía en color	10,60
34	ud	Caja portatestigos de madera i/ transporte a almacén designado y fotografía en color (capacidad mínima de 4 m de testigo)	28,65
35	m	Tubo ranurado de pvc, diámetro útil 60-100 mm, colocado en el interior de un sondeo, pegado o roscado	8,37
36	ud	Arqueta y tapa metálica de protección de boca de sondeo, fijada al terreno con mortero de cemento	70,21
37	ud	Ensayo de permeabilidad lugeón, hasta 100 m de profundidad	127,59
38	ud	Ensayo de permeabilidad lugeón a partir de 100 m de profundidad	198,27
39	ud	Ensayo de permeabilidad lefranc	76,54
40	ud	Medida del nivel piezométrico en cada sondeo terminado, después de realizado al menos un achique	5,77
41	ud	Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, hasta 50 m de profundidad	29,01
42	ud	Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, a partir de 50 m de profundidad	96,71
43	m	Sellado de sondeos con lechada de cemento, previa petición de su empleo por la administración	19,35
44	m	Testificación de sondeos	7,74
45	ud	Ayuda de sonda para ejecución de ensayos presiométricos, dilatométricos, vane-test o similares, hasta 100 m de profundidad	76,54
46	ud	Ayuda de sonda para ejecución de ensayos presiométricos, dilatométricos o similares, a partir de 100 m de profundidad	116,07
47	ud	Ensayo presiométrico con ciclo intermedio de carga-descarga	255,28
48	ud	Ensayo dilatométrico en suelos con sonda plana (presión máxima (2 mpa)	191,49
49	ud	Ensayo vane-test en el interior de un sondeo	223,38
50	m	Penetración dinámica	19,07
51	m	Penetración estática	31,90
52	m	Penetración estática cptu (piezocono), con medida y registro continuo de resistencia en punta, fuste y presión intersticial	44,64
53	ud	Ensayo de disipación de presiones intersticiales (máximo 1 hora)	63,80
54	ud	Sondeo eléctrico vertical (s.e.v.) De hasta 400 m de apertura de ala	127,59
55	ud	Sondeo eléctrico vertical (s.e.v.) De más de 400 m de apertura de ala	164,42
56	m	Prospección mediante tomografía eléctrica, usando dispositivos electrónicos focalizados, con espaciado entre electrodos de 5 a 10 m y al menos 10 niveles de medida i/ toma de datos, procesado e interpretación	4,84
57	ud	Perfil sísmico de refracción con implantación de 50 m de longitud mínima, registro de ida y vuelta y dispositivo de 12 geófonos con realización de al menos 5 tiros	183,77
58	ud	Perfil sísmico de refracción con implantación de 100 m de longitud mínima, registro de ida y vuelta y dispositivo de 24 geófonos con realización de al menos 7 tiros	338,52



Código	Uds.	Descripción	Precio
59	km	Perfil sísmico de reflexión con dispositivo de medida mínimo de 24 canales y técnica cdp, espaciado mínimo entre geófonos de 5 m, energía mediante cartuchos adecuados o explosivos especiales tipo pirotécnico, i/ toma de datos, procesado e interpretación	677,03
60	ud	Perfil de sísmica pasiva con implantación lineal de 24 geófonos espaciados de 1 a 5 m	290,16
61	ud	Sondeo electromagnético en el dominio de tiempos (sedt), con bucle de medida de hasta 100 m x 100 m	193,44
62	m	Prospección con geo-radar con registro continuo i/ toma de datos, procesado e interpretación	1,87
63	m	Testificación geofísica de sondeos, con registro de descenso y ascenso, mediante técnicas radiactivas, eléctricas, sónicas de onda completa, termometría o calibre de 3 brazos, por cada uno de ellos	4,28
64	m	Testificación geofísica de sondeos con registro de flujo mediante sonda de tipo micromolinete (tres pasadas en ascenso y descenso) o registro de la orientación de las discontinuidades con sonda teleacústica u óptica u otra	8,65
65	ud	Calicata manual o mecánica, de 3 m de profundidad mínima i/ fotografías en color y reposición	116,07
66	ud	Toma de muestra en saco en calicata, cantera o zona canterable, acopio u otros puntos, de más de 60 kg	21,20
67	ud	Toma de testigos en roca "in situ" con máquina sacatestigos o tallado de bloque	159,59
68	ud	Toma de muestras en bloque, en cualquier tipo de terreno, excepto roca	38,22
69	ud	Estación de medida de discontinuidades planares en macizos rocosos i/ las operaciones de preparación de las superficies estructurales	76,54
70	ud	Medida de trayectoria y desviación en sondeos inclinados, o verticales previa petición de su empleo por la administración	159,59
71	m	Perforación sin recuperación de testigo para la investigación de la existencia de cavidades bajo la plataforma	23,16
72	ud	Determinación de la densidad y humedad "in situ" por el método nuclear en el interior de calicata	50,00
73	ud	Recargo por realización de calicata en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios	150,00
74	ud	Recargo por realización de penetrómetro dinámico en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios	19,35
75	ud	Ensayo de carga con placa de f = 50/60 cm i/ todos los medios auxiliares necesarios, dispositivo de reacción y fotografías en color	638,35
76	ud	Ensayo de carga con placa en vía, con diámetro hasta 60 cm i/ excavación y reposición, fotografías en color y todos los medios auxiliares necesarios, excepto dispositivo de reacción	553,16
77	ud	Reacción necesaria para ensayo de carga con placa en vía	308,48
78	m	Preparación de pozo para ensayo de bombeo i/ la perforación del mismo con diámetro >250 mm, engravillado con diámetros seleccionados, sellado en los tramos necesarios, colocación de tubería ciega o ranurada, y cualquier operación adicional necesaria	182,30
79	ud	Ensayo de bombeo i/ desplazamiento de máquina de bombeo, limpieza y desarrollo del pozo, control de bombeo y recuperación en pozo y piezómetros anexos, sistema de evacuación del agua bombeada y todos los medios auxiliares necesarios	2.611,45
80	m	Prospección con geo-radar multifrecuencia con registro continuo, procesado e interpretación	2,00
81	ud	Ensayo de carga con placa dinámica de 300 mm según norma une 103807-2	30,00
82	ud	Ensayo de carga con placa dinámica de 300 mm según norma une 103807-2 en calicatas de vía	65,00



Código	Uds.	Descripción	Precio
83	ud	Jornada de piloto de corte de tensión, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución	420,00
84	ud	Jornada de piloto de corte de vía, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución	360,00
85	m	Testificación sísmica en sondeo (down-hole) con geófonos de tres componentes, de tres registros independientes en cada posición del geófono, espaciados 1 metro	15,00
86	m	Testificación sísmica en sondeo (cross-hole) con martillo especial para ondas s y registro de dos tiros independientes por geófono, espaciados 1 metro	15,00
87	m	Perforación a destroza en cualquier tipo de terreno, con diámetro de hasta 400 mm y hasta 200 m de profundidad i/ suministro de agua	66,47
88	ud	Punto de agua superficial o subterránea inventariado, incluso desplazamientos, entrevistas, fotografía, localización, aforo, archivo o registro en la base de datos.	15,00
89	ud	Revisión e inspección de punto de agua superficial o subterránea durante épocas de aguas altas o bajas, incluido en el inventario y en la red de control manual. Se incluye desplazamientos, entrevistas, mediciones de campo (aforo, nivel de agua, etc), fotografía y registro en base de datos.	5,00
90	ud	Medida en campo de parámetros básicos físico-químicos en una muestra de agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica y estimación de TSD.	5,00
91	ud	Medida en campo de parámetros estándar físico-químicos en una muestra de agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica (con estimación de TSD), turbidez, dureza total, alcalinidad TAC, contenido en calcio, cloruro y sulfato.	50,00
92	ud	Toma de muestra agua, refrigerada y conservada para realizar análisis de parámetros físicos y químicos en laboratorio. Incluso transporte y custodia.	9,70
93	ud	Aforo manual en cauce natural o artificial mediante molinete o sistema similar. Incluido equipos auxiliares, calibraciones y trabajos necesarios de gabinete para cálculos y análisis.	100,00
94	ud	Campaña de recogida de datos en campo durante el seguimiento hidrogeológico, incluso mantenimiento, lectura, descarga y programación de registradores de nivel en sondeos y vertederos, pluviómetros automatizados, medida manual de nivel de agua en sondeos no instrumentados y redacción de nota técnica correspondiente. En cada uno de los tres subtramos del proyecto básico.	2.500,00
Ensayos de laboratorio			
95	ud	Apertura y descripción muestras	6,33
96	ud	Preparación de cada muestra, para cualquier número de ensayos	6,33
97	ud	Determinación de la humedad natural	6,33
98	ud	Determinación de la densidad aparente	9,49
99	ud	Determinación de peso específico	25,48
100	ud	Determinación de los límites atterberg	25,48
101	ud	Comprobación de no plasticidad	12,74
102	ud	Determinación de límite de retracción	19,07
103	ud	Determinación de granulometría por tamizado	25,48
104	ud	Determinación de granulometría por tamizado en zhorras (muestras en saco)	35,06
105	ud	Determinación de granulometría por sedimentación	38,69
106	ud	Determinación de equivalente de arena	15,90
107	ud	Ensayo de compresión simple en suelos	28,65
108	ud	Ensayo de corte directo, sin consolidar y sin drenaje, sobre muestra inalterada	51,05
109	ud	Ensayo de corte directo, consolidado y sin drenaje, sobre muestras inalteradas	70,21



Código	Uds.	Descripción	Precio
110	ud	Ensayo de corte directo, consolidado y drenado, sobre muestra inalterada	114,90
111	ud	Ensayo triaxial uu, sin consolidar y sin drenar, sobre muestra inalterada	127,59
112	ud	Ensayo triaxial cu, sobre muestra inalterada, con consolidación previa, rotura sin drenaje y medida de presiones intersticiales	241,80
113	ud	Ensayo triaxial cd, sobre muestra inalterada, con consolidación previa y rotura con drenaje	280,49
114	ud	Ensayo edométrico con al menos siete escalones de carga y tres de descarga, y curvas de consolidación-tiempo	145,08
115	ud	Ensayo de colapsabilidad	95,70
116	ud	Ensayo de hinchamiento lambe	44,64
117	ud	Determinación de presión de hinchamiento	51,05
118	ud	Ensayo de hinchamiento libre	51,05
119	ud	Determinación de la permeabilidad en aparato triaxial o edómetro de gran diámetro (4" a 9")	95,70
120	ud	Ensayo de dispersión o erosión interna (pin-hole)	95,70
121	ud	Ensayo próctor normal	41,48
122	ud	Ensayo próctor modificado	57,39
123	ud	Determinación C.B.R. de laboratorio, sin incluir próctor	95,70
124	ud	Ensayo de desgaste los ángeles	48,37
125	ud	Ensayo de compresión simple en roca, i/ tallado	38,22
126	ud	Ensayo de compresión simple en roca, instrumentado con bandas extensométricas	67,70
127	ud	Ensayo de corte sobre discontinuidades en roca i/ tallado y preparación	95,70
128	ud	Ensayo triaxial en roca i/ tallado	127,59
129	ud	Ensayo brasileño	51,05
130	ud	Ensayo de carga puntual franklin	31,90
131	ud	Determinación dureza schmidt	6,33
132	ud	Determinación slake durability index	76,54
133	ud	Determinación de la estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción del desmoronamiento en agua	63,80
134	ud	Determinación del porcentaje de absorción de agua	22,32
135	ud	Determinación cuantitativa de carbonatos	20,18
136	ud	Determinación cuantitativa de sulfatos	26,60
137	ud	Determinación cualitativa de sulfatos en suelos o agua	8,46
138	ud	Determinación cuantitativa de materia orgánica	22,32
139	ud	Análisis químico completo de agua, para determinar su agresividad	95,70
140	ud	Análisis mineralógico mediante difracción de rayos x	106,39
141	ud	Análisis petrográfico mediante lámina delgada i/ preparación de la lámina y fotografías en color	63,80
142	ud	Determinación de la velocidad sónica en testigos	9,49
143	ud	Determinación de la estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico (5 ciclos)	67,70
144	ud	Determinación del coeficiente micro-deval húmedo y friabilidad	191,49
145	ud	Determinación del índice dri (drilling rate index)	127,59
146	ud	Determinación del índice dureza cerchar	31,90
147	ud	Determinación del índice de abrasividad cerchar	26,60
148	ud	Determinación del índice de schimazek	131,87
149	ud	Determinación de la presión de hinchamiento en roca (ensayo hudder-amberg)	541,63
150	ud	Determinación de la densidad "in situ" por el método de la arena en suelos i/ humedad	42,50
151	ud	Determinación del contenido de sales solubles de los suelos	37,21
152	ud	Determinación del índice de lajas y agujas	63,80
153	ud	Ensayos de laboratorio en muestra de balasto de plataforma (desgaste, micodeval, friabilidad, granulometría, resistencia hielo-deshielo, estabilidad sulfato sódico...)	338,52



Código	Uds.	Descripción	Precio
154	ud	Análisis químico de agua, para determinar sus parámetros básicos de calidad en laboratorio: temperatural, pH, conductividad eléctrica, contenido en aniones y cationes mayoritarios.	75,00
155	ud	Análisis químico de agua, para barrido simplificado de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX...).	150,00
156	ud	Análisis químico de agua, para barrido básico de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, metales pesados...).	225,00
157	ud	Análisis químico de agua, para barrido completo de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, pesticidas, metales pesados...).	375,00
158	ud	Análisis químico de una muestra de suelo o roca, para barrido simplificado de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX...).	185,00
159	ud	Análisis químico de una muestra de suelo o roca, para barrido básico de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, metales pesados...).	260,00
160	ud	Análisis químico de una muestra de suelo o roca, para barrido completo de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, pesticidas, metales pesados...).	400,00
Control auscultación y seguimiento			
161	m	Varilla de acero inoxidable para extensómetros i/ vaina de pvc y elementos de unión	17,67
162	ud	Arqueta para protección de elementos de instrumentación	61,97
163	m	Tubería de inclinómetro doblemente ranurada en aluminio anodizado i/ elementos auxiliares	23,26
164	m	Varilla de acero de 25 mm de diámetro para referencia topográfica profunda i/ manguitos de empalme y vaina de protección exterior	18,73
165	ud	Hito de control topográfico en acero inoxidable para mediciones de precisión i/ arqueta metálica con tapas	199,93
166	ud	Hito de nivelación de hormigón hm-20 de 30 x 30 x 30 cm con clavo para el control topográfico de asientos	104,05
167	ud	Piezómetro de cuerda vibrante completamente instalado a profundidades comprendidas entre 5 y 20 m incluido cableado hasta estación de control y parte proporcional de sellados y filtros.	754,73
168	m	Tubería roscada de PVC para piezómetro abierto, de 50 mm de diámetro y 4 mm de espesor, incluso parte proporcional de engravillado y sellado anular.	20,03
169	ud	Placa de asiento, con un metro de varilla, tubería de protección de pvc u hormigón y referencia topográfica inoxidable	167,41
170	ud	Célula de presión de 3 mpa de rango y precisión de 0,5% de fondo de escala i/ p.p. De cableado, instalación y centralización en armario de intemperie	685,03
171	ud	Caseta de control i/ instalación de paneles	2.601,84
172	ud	Movillización de equipo de perforación en superficie	586,49
173	ud	Emplazamiento de equipo de perforación en puntos de instalación de piezómetros, inclinómetros, extensómetros o bases profundas	93,38
174	m	Perforación desde superficie a destroza con 116 mm o inferior i/ montaje, cementado e instalado en arquetas de referencia de nivelación, inclinómetros, extensómetros piezómetros según corresponda	80,32
175	ud	Regleta de nivelación para control topográfico de edificios	14,05
176	ud	Electronivel montado en barras rígidas de 2 m totalmente instalado	1.169,01
177	ud	Medidor de juntas/fisuras en dos dimensiones (apertura y cizallamiento) con transductores de desplazamiento centralizado	1.317,79
178	ud	Prisma para medición con teodolito motorizado	160,91
179	ud	Suministro, montaje y mantenimiento de teodolito automático programable y motorizado	33.357,18
180	ud	Chapa de acero perforada de 2 mm de espesor, con perforaciones de 20 mm de diámetro y dimensiones 100 x 100 cm	6,46



Código	Uds.	Descripción	Precio
181	ud	Perno de convergencia para cinta extensométrica de medida de convergencias en túnel	2,41
182	ud	Diana de puntería para medidas de convergencia por sistema de lectura con láser en túnel	9,86
183	ud	Montaje de un perno o diana de puntería para convergencias en túnel	17,52
184	m	Perforación en interior de túnel de 116 mm o inferior i/ montaje, cementado e instalado para extensómetros	65,55
185	m	Varilla de acero para recrecido de placa de asiento i/ p.p. De manguitos de unión en túnel	25,05
186	m	Tubería de pvc para extensómetro incremental con marcas abs en túnel	108,10
187	ud	Célula eléctrica de medida de carga en anclajes, de 1500 kn de capacidad y 5 kn de precisión en túnel	1.022,53
188	ud	Pareja de células de presión radial de 5 mpa de rango y tangencial de 35 mpa de rango y precisión de 0,5% en túnel	1.053,68
189	ud	Célula de presión total de 5 mpa de rango y precisión de 0,5% de fondo de escala en túnel	643,74
190	ud	Extensímetro de cuerda vibrante de sensibilidad 1×10^{-6} mm y rango 3×10^{-3} mm en túnel	260,92
191	ud	Varilla de acero de 25 mm de diámetro para referencia topográfica profunda i/ manguitos de empalme y vaina de protección exterior en túnel	19,98
192	ud	Cabezal automatizado para extensómetro de varilla simple en túnel	597,78
193	ud	Elemento de fondo para varilla extensométrica en túnel	63,29
194	ud	Punto de centralización en armario estanco para lectura de señal de sensor con protección ip-55 en túnel	43,11
195	m	Cable para centralización de sensores en túnel	2,96
196	m	Ensayo de comprobación de huecos en el revestimiento de la bóveda con georadar i/ p.p del correspondiente informe	11,46
197	m	Complemento de cable estanco apantallado para piezómetro de cuerda vibrante a patir de 20 m de profundidad, incluida la parte propocional de sellados y filtros.	3,65
198	ud	Jornada de equipo de topografía compuesto por topógrafo, auxiliar (ayudante) y equipos	300,00
199	ud	Jornada de trabajo de equipo de dos técnicos especialistas en labores de mantenimiento o lectura de instrumentación.	600,00
200	ud	Jornada de trabajo de equipo de dos técnicos especialistas con pernocta en labores de mantenimiento o lectura de instrumentación	800,00
201	ud	Dinaplaca 600 mm	65,00
202	ud	Taladro en solera de túnel	100,00
203	m	Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías	2,00
204	m	Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías posicionado con coordenadas absolutas	3,50
205	m	Mapeado de patologías en escaneado de revestimiento de túnel	4,00
206	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento automático de datos para la medida de hasta cuatro sensores de cuerda vibrante. Incluye instalación, software, memoria, fuente de alimentación o baterías, conexiones de descarga e integración en sistema remoto. Precio por sensor conectado	750,00
207	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento automático de datos para la medida de hasta 32 sensores. Incluye instalación, software, memoria, fuente de alimentación-baterías, conexión de descarga, multiplexor, convertidor de cuerda vibrante, armario o caja estanca de montaje e integración en sistema remoto. Precio para los 32 sensores	4.000,00



Código	Uds.	Descripción	Precio
208	ud	Limnigrafo electrónico y autónomo para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en sondeos, incluido suministro e instalación	845,00
209	ud	Registrador electrónico y autónomo para medida de las variaciones presión atmosférica y compensación en las medidas de variaciones de nivel de agua en sondeos incluso suministro e instalación	600,00
210	m	Cable de acero inoxidable trenzado de 2 mm de diámetro para suspensión de limnógrafo o registrador de presión incluyendo los accesos necesarios	1,90
211	ud	Vertedero para el control de caudales en manantiales y canales abiertos, incluso suministro de materiales transporte y obra necesaria para su completa instalación incluso calculo de curva de gasto y calibración	1.500,00
212	ud	Aforador de canal prefabricado calibrado tipo parshall, rbc o similar de 10 l/s de caudal máximo de medida y con pocillo tranquilizador para medida de nivel de agua	1.500,00
213	ud	Aforador de canal prefabricado calibrado tipo parshall, rbc o similar de 50 i/s de caudal máximo de medida y con pocillo tranquilizador para medida de nivel de agua	2.800,00
214	ud	Recargo por acondicionamiento de obra civil e instalaciones existentes para la instalación de sistema de aforo, cuando sea preciso.	1.500,00
215	ud	Limnógrafo electrónico y autónomo de precisión submilimétrica para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en canales abiertos (vertederos...), incluido sistema de montaje y protección antivandálica. Debe incluir compensación de temperatura y presión atmosférica.	2.600,00
216	ud	Limnigrafo capacitativo, electrónico y autónomo para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en canales abiertos (vertederos...) y pozos someros, incluido sistema de montaje y protección antivandálica.	650,00
217	ud	Aforador electrónico autónomo formado por sensor ultrasónico integrado para medida de velocidad del agua y calado del canal, modulo programable de adquisición y almacenamiento de datos y armario intemperie con grado de protección ip 65 o superior	9.500,00
218	ud	Caudalímetro totalizador de turbina tangencial y precisión de clase b o superior d 80 mm o menor, pn 16 bares y salida de pulsos	1.100,00
219	ud	Caudalímetro totalizador de turbina tangencial y precisión de clase b o superior d 150-200 mm pn 16 bares y salida de pulsos	1.600,00
220	ud	Caudalímetro totalizador de turbina tangencial y precisión de clase b o superior d 100-125 mm pn 16 bares y salida de pulsos	2.500,00
221	ud	Caudalímetro totalizador de inducción electromagnética y precisión de clase b o superior, d 80 mm o menor pn 16 bares y salida de pulsos	2.400,00
222	ud	Caudalímetro totalizador de inducción electromagnética y precisión de clase b o superior d 100-125 mm pn 16 bares y salida de pulsos	3.200,00
223	ud	Caudalímetro totalizador de inducción electromagnética y precisión de clase b o superior, d 150-200 mm pn 16 bares y salida de pulsos	3.800,00
224	ud	Caudalímetro electromagnético de inserción para tuberías entre 80 y 300 mm de diámetro pn 20 bares y salida de pulsos	4.000,00
225	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento de datos de alimentación autónoma para controlar un caudalímetro con generador de señal de pulsos	650,00
226	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento de datos de alimentación autónoma, con dos canales: uno para controlar un caudalímetro con generador de señal de pulsos y el otro para un sensor analógico. Totalmente integrado en una carcasa metálica con grado de IP-68. Incluso montaje, programación y puesta en funcionamiento.	800,00



Código	Uds.	Descripción	Precio
227	ud	Módulo programable de adquisición y almacenamiento de datos con cinco canales de entrada duales analógicos e I/O, dos canales de entrada para contadores de pulsos, dos canales de control I/O, compatibilidad con sensores SDI-12 y comunicación con PC mediante USB o RS-232. Memoria interna no volátil para almacenar datos mínima de 512 KB. Incluyendo armario o caja de montaje y fuente de alimentación, calibración, programación montaje, instalación y puesta en funcionamiento.	650,00
228	ud	Módulo programable de adquisición y almacenamiento de datos con dieciseis canales de entrada analógicos que se puedan parrear para medidas diferenciales, dos canales de entrada para contadores de pulsos, tres canales de control analógicos, ocho canales de entrada o de control I/O, compatibilidad con sensores SDI-12 y comunicación con PC mediante USB o RS-232. Memoria interna no volátil para almacenar datos mínima de 4MB. Incluyendo armario o caja de montaje y fuente de alimentación, calibración, programación montaje, instalación y puesta en funcionamiento.	1.800,00
229	ud	Sensor de presión para medida de nivel del agua, con compensación de temperatura y presión atmosférica. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento. Cuando se utilice en vertederos o canales de aforo debe tener una precisión submilimétrica.	680,00
230	ud	Sensor de conductividad eléctrica y temperatura del agua, con compensación de temperatura. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	450,00
231	ud	Sensor de pH de tecnología ISFET, con compensación de temperatura. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	1.100,00
232	ud	Sensor de pH de tecnología de electrodo de vidrio, con compensación de temperatura. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	450,00
233	ud	Sensor genérico de un solo parámetro, no definido en otra unidad. Incluido compensaciones de funcionamiento, cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	300,00
234	ud	Suplemento autorizado por la dirección del contrato, para sensores especiales protegidos para ambientes muy corrosivos.	300,00
235	ud	Estación meteorológica automática para registro de datos pluviométricos y térmicos, incluso módulo programable de adquisición y almacenamientos de datos, soporte y suministro de energía.	3.000,00
236	ud	Estación meteorológica automática para registro de datos pluviométricos y térmicos, incluso calefacción para precipitaciones nivales, módulo programable de adquisición y almacenamientos de datos, sopo	3.500,00
		Informes	
237	ud	Informe inicial de evaluación de la información existente y de propuesta de actuaciones	25.000,00
238	ud	Informe de estudio geológico de detalle del entorno de los túneles y del área de afección	50.000,00
239	ud	Informe Hidrogeológico.	75.000,00
240	ud	Informe periódico de seguimiento hidrogeológico de cada uno de los tres subtramos del proyecto básico.	1.500,00

Código	Uds.	Descripción	Precio
251	ud	Informe final de síntesis del seguimiento hidrogeológico.	20.000,00
252	ud	Informe no previsto de seguimiento hidrogeológico	1.200,00
253	ud	Modelo numérico de simulación de la interacción entre túnel y su entorno hidrogeológico, incluso revisiones y calibrado.	5.000,00



**CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A
GALICIA.**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

ANEJO Nº 2

PRESUPUESTO





Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A GALICIA					
Presupuesto					
Trabajos de Campo y Ensayos					
1	ud	Abono fijo por transporte de cada equipo de sondeo, penetrómetros estáticos, piezocono u otros equipos especiales al área de trabajo	3,00	902,09	2.706,27
2	ud	Transporte, montaje y desmonte de plataforma flotante para sondeos en agua	0,00	8.704,80	0,00
3	ud	Abono fijo por transporte al área de trabajos de penetrómetro dinámico, equipo de placa de carga, presiómetro, dilatometría, sísmicos, eléctricos, electromagnéticos, diagrfías, geo-radar, vane-test, etc	0,00	530,11	0,00
4	ud	Emplazamiento de sonda, penetrómetro estático, piezocono u otros equipos especiales en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares	14,00	79,79	1.117,06
5	ud	Emplazamiento de sonda en plataforma flotante en cada punto a reconocer	0,00	318,99	0,00
6	ud	Emplazamiento de penetrómetro dinámico en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares	0,00	38,22	0,00
7	ud	Recargo por apertura de accesos mediante maquinaria u otros medios auxiliares en cada punto de reconocimiento en que sea preciso y reposición	14,00	241,80	3.385,20
8	ud	Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento i/ plano o croquis y fotografía en color	14,00	17,01	238,14
9	m	Perforación a rotación en suelos con barrena helicoidal $\varnothing > 200$ mm	0,00	42,50	0,00
10	m	Perforación a rotación en rellenos o suelos, con diámetros comerciales hasta $\varnothing < 120$ mm con extracción continua de testigo de $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua	56,00	47,81	2.677,36
11	m	Perforación a rotación o rotopercusión, con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en gravas-bolos i/ suministro de agua	84,00	85,10	7.148,40
12	m	Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en rocas de dureza media con extracción de testigo $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua	280,00	63,80	17.864,00
13	m	Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm, en rocas de gran dureza con extracción continua de testigo i/ suministro de agua	980,00	76,54	75.009,20
14	m	Perforación a destroza en cualquier tipo de terreno, con diámetro de hasta 200 mm y hasta 200 m de profundidad i/ suministro de agua	1.595,00	38,69	61.710,55
15	m	Recargo por perforación a rotación en cualquier tipo de terreno, con recuperación de testigo mediante sistema "wire-line" y diámetro mínimo hq a partir de 100 m de profundidad	0,00	11,53	0,00
16	m	Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 25 y 50 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line	175,00	10,60	1.855,00
17	m	Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 50 y 100 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line	350,00	22,32	7.812,00
18	m	Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, para más de 100 m de profundidad, excepto si se perfora con "wire-line"	700,00	24,18	16.926,00



Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
19	m	Recargo adicional por perforación con diámetro $f > 120$ mm	0,00	15,90	0,00
20	m	Recargo por perforación inclinada, para cualquier inclinación y profundidad	0,00	58,50	0,00
21	m	Recargo por perforación inclinada en sentido ascendente para cualquier inclinación y longitud	0,00	29,01	0,00
22	m	Recargo por perforación con batería triple	0,00	12,74	0,00
23	m	Recargo por perforación a rotación en cualquier tipo de terreno desde plataforma flotante sobre agua	0,00	29,01	0,00
24	m	Recargo por perforación con sonda apeada, en casos especiales de utilización, previa petición de su empleo por la administración	0,00	9,49	0,00
25	m	Recargo por registro continuo de parámetros de perforación	0,00	9,53	0,00
26	ud	Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto	0,00	28,65	0,00
27	ud	Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo pistón o shelby i/ camisa	0,00	67,70	0,00
28	ud	Ensayo spt	0,00	25,48	0,00
29	ud	Testigo parafinado de más de 35 cm de longitud y $\phi > 70$ mm	0,00	11,62	0,00
30	ud	Recargo por toma de muestras inalteradas o ensayos S.P.T. a partir de 25 m de profundidad	0,00	6,33	0,00
31	ud	Toma de muestras de agua en el interior de un sondeo	0,00	9,02	0,00
32	ud	Caja portatestigos de cartón parafinado i/ transporte a almacén designado y fotografía en color	0,00	10,60	0,00
33	ud	Caja portatestigos de plástico i/ transporte a almacén designado y fotografía en color	1.400,00	10,60	14.840,00
34	ud	Caja portatestigos de madera i/ transporte a almacén designado y fotografía en color (capacidad mínima de 4 m de testigo)	0,00	28,65	0,00
35	m	Tubo ranurado de pvc, diámetro útil 60-100 mm, colocado en el interior de un sondeo, pegado o roscado	0,00	8,37	0,00
36	ud	Arqueta y tapa metálica de protección de boca de sondeo, fijada al terreno con mortero de cemento	0,00	70,21	0,00
37	ud	Ensayo de permeabilidad lugeón, hasta 100 m de profundidad	0,00	127,59	0,00
38	ud	Ensayo de permeabilidad lugeón a partir de 100 m de profundidad	0,00	198,27	0,00
39	ud	Ensayo de permeabilidad lefranc	0,00	76,54	0,00
40	ud	Medida del nivel piezométrico en cada sondeo terminado, después de realizado al menos un achique	0,00	5,77	0,00
41	ud	Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, hasta 50 m de profundidad	0,00	29,01	0,00
42	ud	Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, a partir de 50 m de profundidad	0,00	96,71	0,00
43	m	Sellado de sondeos con lechada de cemento, previa petición de su empleo por la administración	0,00	19,35	0,00
44	m	Testificación de sondeos	0,00	7,74	0,00
45	ud	Ayuda de sonda para ejecución de ensayos presiométricos, dilatométricos, vane-test o similares, hasta 100 m de profundidad	0,00	76,54	0,00
46	ud	Ayuda de sonda para ejecución de ensayos presiométricos, dilatométricos o similares, a partir de 100 m de profundidad	0,00	116,07	0,00
47	ud	Ensayo presiométrico con ciclo intermedio de carga-descarga	0,00	255,28	0,00
48	ud	Ensayo dilatométrico en suelos con sonda plana (presión máxima (2 mpa)	0,00	191,49	0,00
49	ud	Ensayo vane-test en el interior de un sondeo	0,00	223,38	0,00
50	m	Penetración dinámica	0,00	19,07	0,00
51	m	Penetración estática	0,00	31,90	0,00

Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
52	m	Penetración estática cptu (piezocono), con medida y registro continuo de resistencia en punta, fuste y presión intersticial	0,00	44,64	0,00
53	ud	Ensayo de disipación de presiones intersticiales (máximo 1 hora)	0,00	63,80	0,00
54	ud	Sondeo eléctrico vertical (s.e.v.) De hasta 400 m de apertura de ala	0,00	127,59	0,00
55	ud	Sondeo eléctrico vertical (s.e.v.) De más de 400 m de apertura de ala	0,00	164,42	0,00
56	m	Prospección mediante tomografía eléctrica, usando dispositivos electródicos focalizados, con espaciado entre electrodos de 5 a 10 m y al menos 10 niveles de medida i/ toma de datos, procesado e interpretación	0,00	4,84	0,00
57	ud	Perfil sísmico de refracción con implantación de 50 m de longitud mínima, registro de ida y vuelta y dispositivo de 12 geófonos con realización de al menos 5 tiros	0,00	183,77	0,00
58	ud	Perfil sísmico de refracción con implantación de 100 m de longitud mínima, registro de ida y vuelta y dispositivo de 24 geófonos con realización de al menos 7 tiros	0,00	338,52	0,00
59	km	Perfil sísmico de reflexión con dispositivo de medida mínimo de 24 canales y técnica cdp, espaciado mínimo entre geófonos de 5 m, energía mediante cartuchos adecuados o explosivos especiales tipo pirotécnico, i/ toma de datos, procesado e interpretación	0,00	677,03	0,00
60	ud	Perfil de sísmica pasiva con implantación lineal de 24 geófonos espaciados de 1 a 5 m	0,00	290,16	0,00
61	ud	Sondeo electromagnético en el dominio de tiempos (sedt), con bucle de medida de hasta 100 m x 100 m	0,00	193,44	0,00
62	m	Prospección con geo-radar con registro continuo i/ toma de datos, procesado e interpretación	0,00	1,87	0,00
63	m	Testificación geofísica de sondeos, con registro de descenso y ascenso, mediante técnicas radiactivas, eléctricas, sónicas de onda completa, termometría o calibre de 3 brazos, por cada uno de ellos	0,00	4,28	0,00
64	m	Testificación geofísica de sondeos con registro de flujo mediante sonda de tipo micromolinetete (tres pasadas en ascenso y descenso) o registro de la orientación de las discontinuidades con sonda teleacústica u óptica u otra	0,00	8,65	0,00
65	ud	Calicata manual o mecánica, de 3 m de profundidad mínima i/ fotografías en color y reposición	0,00	116,07	0,00
66	ud	Toma de muestra en saco en calicata, cantera o zona canterable, acopio u otros puntos, de más de 60 kg	0,00	21,20	0,00
67	ud	Toma de testigos en roca "in situ" con máquina sacatestigos o tallado de bloque	0,00	159,59	0,00
68	ud	Toma de muestras en bloque, en cualquier tipo de terreno, excepto roca	0,00	38,22	0,00
69	ud	Estación de medida de discontinuidades planares en macizos rocosos i/ las operaciones de preparación de las superficies estructurales	0,00	76,54	0,00
70	ud	Medida de trayectoria y desviación en sondeos inclinados, o verticales previa petición de su empleo por la administración	0,00	159,59	0,00
71	m	Perforación sin recuperación de testigo para la investigación de la existencia de cavidades bajo la plataforma	0,00	23,16	0,00
72	ud	Determinación de la densidad y humedad "in situ" por el método nuclear en el interior de calicata	0,00	50,00	0,00
73	ud	Recargo por realización de calicata en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios	0,00	150,00	0,00
74	ud	Recargo por realización de penetrómetro dinámico en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios	0,00	19,35	0,00





Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
75	ud	Ensayo de carga con placa de f = 50/60 cm i/ todos los medios auxiliares necesarios, dispositivo de reacción y fotografías en color	0,00	638,35	0,00
76	ud	Ensayo de carga con placa en vía, con diámetro hasta 60 cm i/ excavación y reposición, fotografías en color y todos los medios auxiliares necesarios, excepto dispositivo de reacción	0,00	553,16	0,00
77	ud	Reacción necesaria para ensayo de carga con placa en vía	0,00	308,48	0,00
78	m	Preparación de pozo para ensayo de bombeo i/ la perforación del mismo con diámetro >250 mm, engravillado con diámetros seleccionados, sellado en los tramos necesarios, colocación de tubería ciega o ranurada, y cualquier operación adicional necesaria	800,00	182,30	145.840,00
79	ud	Ensayo de bombeo i/ desplazamiento de máquina de bombeo, limpieza y desarrollo del pozo, control de bombeo y recuperación en pozo y piezómetros anexos, sistema de evacuación del agua bombeada y todos los medios auxiliares necesarios	4,00	2.611,45	10.445,80
80	m	Prospección con geo-radar multifrecuencia con registro continuo, procesado e interpretación	0,00	2,00	0,00
81	ud	Ensayo de carga con placa dinámica de 300 mm según norma une 103807-2	0,00	30,00	0,00
82	ud	Ensayo de carga con placa dinámica de 300 mm según norma une 103807-2 en calicatas de vía	0,00	65,00	0,00
83	ud	Jornada de piloto de corte de tensión, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución	0,00	420,00	0,00
84	ud	Jornada de piloto de corte de vía, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución	0,00	360,00	0,00
85	m	Testificación sísmica en sondeo (down-hole) con geófonos de tres componentes, de tres registros independientes en cada posición del geófono, espaciados 1 metro	0,00	15,00	0,00
86	m	Testificación sísmica en sondeo (cross-hole) con martillo especial para ondas s y registro de dos tiros independientes por geófono, espaciados 1 metro	0,00	15,00	0,00
87	m	Perforación a destroza en cualquier tipo de terreno, con diámetro de hasta 400 mm y hasta 200 m de profundidad i/ suministro de agua	0,00	66,47	0,00
88	ud	Punto de agua superficial o subterránea inventariado, incluso desplazamientos, entrevistas, fotografía, localización, aforo, archivo o registro en la base de datos.	1.000,00	15,00	15.000,00
89	ud	Revisión e inspección de punto de agua superficial o subterránea durante épocas de aguas altas o bajas, incluido en el inventario y en la red de control manual. Se incluye desplazamientos, entrevistas, mediciones de campo (aforo, nivel de agua, etc), fotografía y registro en base de datos.	2.000,00	5,00	10.000,00
90	ud	Medida en campo de parámetros básicos físico-químicos en una muestra de agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica y estimación de TSD.	3.000,00	5,00	15.000,00
91	ud	Medida en campo de parámetros estándar físico-químicos en una muestra de agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica (con estimación de TSD), turbidez, dureza total, alcalinidad TAC, contenido en calcio, cloruro y sulfato.	200,00	50,00	10.000,00
92	ud	Toma de muestra agua, refrigerada y conservada para realizar análisis de parámetros físicos y químicos en laboratorio. Incluso transporte y custodia.	561,00	9,70	5.441,70



Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
93	ud	Aforo manual en cauce natural o artificial mediante molinete o sistema similar. Incluido equipos auxiliares, calibraciones y trabajos necesarios de gabinete para cálculos y análisis.	150,00	100,00	15.000,00
94	ud	Campaña de recogida de datos en campo durante el seguimiento hidrogeológico, incluso mantenimiento, lectura, descarga y programación de registradores de nivel en sondeos y vertederos, pluviómetros automatizados, medida manual de nivel de agua en sondeos no instrumentados y redacción de nota técnica correspondiente. En cada uno de los tres subtramos del proyecto básico.	24,00	2.500,00	60.000,00
		Ensayos de laboratorio			
95	ud	Apertura y descripción muestras	561,00	6,33	3.551,13
96	ud	Preparación de cada muestra, para cualquier número de ensayos	561,00	6,33	3.551,13
97	ud	Determinación de la humedad natural	0,00	6,33	0,00
98	ud	Determinación de la densidad aparente	0,00	9,49	0,00
99	ud	Determinación de peso específico	0,00	25,48	0,00
100	ud	Determinación de los límites atterberg	0,00	25,48	0,00
101	ud	Comprobación de no plasticidad	0,00	12,74	0,00
102	ud	Determinación de límite de retracción	0,00	19,07	0,00
103	ud	Determinación de granulometría por tamizado	0,00	25,48	0,00
104	ud	Determinación de granulometría por tamizado en zahorras (muestras en saco)	0,00	35,06	0,00
105	ud	Determinación de granulometría por sedimentación	0,00	38,69	0,00
106	ud	Determinación de equivalente de arena	0,00	15,90	0,00
107	ud	Ensayo de compresión simple en suelos	0,00	28,65	0,00
108	ud	Ensayo de corte directo, sin consolidar y sin drenaje, sobre muestra inalterada	0,00	51,05	0,00
109	ud	Ensayo de corte directo, consolidado y sin drenaje, sobre muestras inalteradas	0,00	70,21	0,00
110	ud	Ensayo de corte directo, consolidado y drenado, sobre muestra inalterada	0,00	114,90	0,00
111	ud	Ensayo triaxial uu, sin consolidar y sin drenar, sobre muestra inalterada	0,00	127,59	0,00
112	ud	Ensayo triaxial cu, sobre muestra inalterada, con consolidación previa, rotura sin drenaje y medida de presiones intersticiales	0,00	241,80	0,00
113	ud	Ensayo triaxial cd, sobre muestra inalterada, con consolidación previa y rotura con drenaje	0,00	280,49	0,00
114	ud	Ensayo edométrico con al menos siete escalones de carga y tres de descarga, y curvas de consolidación-tiempo	0,00	145,08	0,00
115	ud	Ensayo de colapsabilidad	0,00	95,70	0,00
116	ud	Ensayo de hinchamiento lambe	0,00	44,64	0,00
117	ud	Determinación de presión de hinchamiento	0,00	51,05	0,00
118	ud	Ensayo de hinchamiento libre	0,00	51,05	0,00
119	ud	Determinación de la permeabilidad en aparato triaxial o edómetro de gran diámetro (4" a 9")	0,00	95,70	0,00
120	ud	Ensayo de dispersión o erosión interna (pin-hole)	0,00	95,70	0,00
121	ud	Ensayo próctor normal	0,00	41,48	0,00
122	ud	Ensayo próctor modificado	0,00	57,39	0,00
123	ud	Determinación C.B.R. de laboratorio, sin incluir próctor	0,00	95,70	0,00
124	ud	Ensayo de desgaste los ángeles	0,00	48,37	0,00
125	ud	Ensayo de compresión simple en roca, i/ tallado	0,00	38,22	0,00
126	ud	Ensayo de compresión simple en roca, instrumentado con bandas extensométricas	0,00	67,70	0,00
127	ud	Ensayo de corte sobre discontinuidades en roca i/ tallado y preparación	0,00	95,70	0,00
128	ud	Ensayo triaxial en roca i/ tallado	0,00	127,59	0,00
129	ud	Ensayo brasileño	0,00	51,05	0,00



Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
130	ud	Ensayo de carga puntual franklin	0,00	31,90	0,00
131	ud	Determinación dureza schmidt	0,00	6,33	0,00
132	ud	Determinación slake durability index	0,00	76,54	0,00
133	ud	Determinación de la estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción del desmoronamiento en agua	0,00	63,80	0,00
134	ud	Determinación del porcentaje de absorción de agua	0,00	22,32	0,00
135	ud	Determinación cuantitativa de carbonatos	0,00	20,18	0,00
136	ud	Determinación cuantitativa de sulfatos	0,00	26,60	0,00
137	ud	Determinación cualitativa de sulfatos en suelos o agua	0,00	8,46	0,00
138	ud	Determinación cuantitativa de materia orgánica	0,00	22,32	0,00
139	ud	Análisis químico completo de agua, para determinar su agresividad	0,00	95,70	0,00
140	ud	Análisis mineralógico mediante difracción de rayos x	0,00	106,39	0,00
141	ud	Análisis petrográfico mediante lámina delgada i/ preparación de la lámina y fotografías en color	0,00	63,80	0,00
142	ud	Determinación de la velocidad sónica en testigos	0,00	9,49	0,00
143	ud	Determinación de la estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico (5 ciclos)	0,00	67,70	0,00
144	ud	Determinación del coeficiente micro-deval húmedo y friabilidad	0,00	191,49	0,00
145	ud	Determinación del índice dri (drilling rate index)	0,00	127,59	0,00
146	ud	Determinación del índice dureza cerchar	0,00	31,90	0,00
147	ud	Determinación del índice de abrasividad cerchar	0,00	26,60	0,00
148	ud	Determinación del índice de schimazek	0,00	131,87	0,00
149	ud	Determinación de la presión de hinchamiento en roca (ensayo hudder-amberg)	0,00	541,63	0,00
150	ud	Determinación de la densidad "in situ" por el método de la arena en suelos i/ humedad	0,00	42,50	0,00
151	ud	Determinación del contenido de sales solubles de los suelos	0,00	37,21	0,00
152	ud	Determinación del índice de lajas y agujas	0,00	63,80	0,00
153	ud	Ensayos de laboratorio en muestra de balasto de plataforma (desgaste, micodeval, friabilidad, granulometría, resistencia hielo-deshielo, estabilidad sulfato sódico...)	0,00	338,52	0,00
154	ud	Análisis químico de agua, para determinar sus parámetros básicos de calidad en laboratorio: temperatural, pH, conductividad eléctrica, contenido en aniones y cationes mayoritarios.	246,00	75,00	18.450,00
155	ud	Análisis químico de agua, para barrido simplificado de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX...).	30,00	150,00	4.500,00
156	ud	Análisis químico de agua, para barrido básico de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, metales pesados...).	200,00	225,00	45.000,00
157	ud	Análisis químico de agua, para barrido completo de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, pesticidas, metales pesados...).	25,00	375,00	9.375,00
158	ud	Análisis químico de una muestra de suelo o roca, para barrido simplificado de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX...).	20,00	185,00	3.700,00
159	ud	Análisis químico de una muestra de suelo o roca, para barrido básico de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, metales pesados...).	30,00	260,00	7.800,00
160	ud	Análisis químico de una muestra de suelo o roca, para barrido completo de posibles contaminantes (hidrocarburos, BTEX, pesticidas, metales pesados...).	10,00	400,00	4.000,00
Control auscultación y seguimiento					
161	m	Varilla de acero inoxidable para extensómetros i/ vaina de pvc y elementos de unión	0,00	17,67	0,00
162	ud	Arqueta para protección de elementos de instrumentación	15,00	61,97	929,55



Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
163	m	Tubería de inclinómetro doblemente ranurada en aluminio anodizado i/ elementos auxiliares	0,00	23,26	0,00
164	m	Varilla de acero de 25 mm de diámetro para referencia topográfica profunda i/ manguitos de empalme y vaina de protección exterior	0,00	18,73	0,00
165	ud	Hito de control topográfico en acero inoxidable para mediciones de precisión i/ arqueta metálica con tapas	0,00	199,93	0,00
166	ud	Hito de nivelación de hormigón hm-20 de 30 x 30 x 30 cm con clavo para el control topográfico de asientos	0,00	104,05	0,00
167	ud	Piezómetro de cuerda vibrante completamente instalado a profundidades comprendidas entre 5 y 20 m incluido cableado hasta estación de control y parte proporcional de sellados y filtros.	42,00	754,73	31.698,66
168	m	Tubería roscada de PVC para piezómetro abierto, de 50 mm de diámetro y 4 mm de espesor, incluso parte proporcional de engravillado y sellado anular.	400,00	20,03	8.012,00
169	ud	Placa de asiento, con un metro de varilla, tubería de protección de pvc u hormigón y referencia topográfica inoxidable	0,00	167,41	0,00
170	ud	Célula de presión de 3 mpa de rango y precisión de 0,5% de fondo de escala i/ p.p. De cableado, instalación y centralización en armario de intemperie	0,00	685,03	0,00
171	ud	Caseta de control i/ instalación de paneles	0,00	2.601,84	0,00
172	ud	Movilización de equipo de perforación en superficie	0,00	586,49	0,00
173	ud	Emplazamiento de equipo de perforación en puntos de instalación de piezómetros, inclinómetros, extensómetros o bases profundas	0,00	93,38	0,00
174	m	Perforación desde superficie a destroza con 116 mm o inferior i/ montaje, cementado e instalado en arquetas de referencia de nivelación, inclinómetros, extensómetros piezómetros según corresponda	0,00	80,32	0,00
175	ud	Regleta de nivelación para control topográfico de edificios	0,00	14,05	0,00
176	ud	Electronivel montado en barras rígidas de 2 m totalmente instalado	0,00	1.169,01	0,00
177	ud	Medidor de juntas/fisuras en dos dimensiones (apertura y cizallamiento) con transductores de desplazamiento centralizado	0,00	1.317,79	0,00
178	ud	Prisma para medición con teodolito motorizado	0,00	160,91	0,00
179	ud	Suministro, montaje y mantenimiento de teodolito automático programable y motorizado	0,00	33.357,18	0,00
180	ud	Chapa de acero perforada de 2 mm de espesor, con perforaciones de 20 mm de diámetro y dimensiones 100 x 100 cm	0,00	6,46	0,00
181	ud	Perno de convergencia para cinta extensométrica de medida de convergencias en túnel	0,00	2,41	0,00
182	ud	Diana de puntería para medidas de convergencia por sistema de lectura con láser en túnel	0,00	9,86	0,00
183	ud	Montaje de un perno o diana de puntería para convergencias en túnel	0,00	17,52	0,00
184	m	Perforación en interior de túnel de 116 mm o inferior i/ montaje, cementado e instalado para extensómetros	0,00	65,55	0,00
185	m	Varilla de acero para recrecido de placa de asiento i/ p.p. De manguitos de unión en túnel	0,00	25,05	0,00
186	m	Tubería de pvc para extensómetro incremental con marcas abs en túnel	0,00	108,10	0,00
187	ud	Célula eléctrica de medida de carga en anclajes, de 1500 kn de capacidad y 5 kn de precisión en túnel	0,00	1.022,53	0,00
188	ud	Pareja de células de presión radial de 5 mpa de rango y tangencial de 35 mpa de rango y precisión de 0,5% en túnel	0,00	1.053,68	0,00



Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
189	ud	Célula de presión total de 5 mpa de rango y precisión de 0,5% de fondo de escala en túnel	0,00	643,74	0,00
190	ud	Extensómetro de cuerda vibrante de sensibilidad 1x10 ⁻⁶ mm y rango 3x10 ⁻³ mm en túnel	0,00	260,92	0,00
191	ud	Varilla de acero de 25 mm de diámetro para referencia topográfica profunda i/ manguitos de empalme y vaina de protección exterior en túnel	0,00	19,98	0,00
192	ud	Cabezal automatizado para extensómetro de varilla simple en túnel	0,00	597,78	0,00
193	ud	Elemento de fondo para varilla extensométrica en túnel	0,00	63,29	0,00
194	ud	Punto de centralización en armario estanco para lectura de señal de sensor con protección ip-55 en túnel	0,00	43,11	0,00
195	m	Cable para centralización de sensores en túnel	0,00	2,96	0,00
196	m	Ensayo de comprobación de huecos en el revestimiento de la bóveda con georadar i/ p.p del correspondiente informe	0,00	11,46	0,00
197	m	Complemento de cable estanco apantallado para piezómetro de cuerda vibrante a partir de 20 m de profundidad, incluida la parte proporcional de sellados y filtros.	5.040,00	3,65	18.396,00
198	ud	Jornada de equipo de topografía compuesto por topógrafo, auxiliar (ayudante) y equipos	0,00	300,00	0,00
199	ud	Jornada de trabajo de equipo de dos técnicos especialistas en labores de mantenimiento o lectura de instrumentación.	0,00	600,00	0,00
200	ud	Jornada de trabajo de equipo de dos técnicos especialistas con pernocta en labores de mantenimiento o lectura de instrumentación	30,00	800,00	24.000,00
201	ud	Dinaplaca 600 mm	0,00	65,00	0,00
202	ud	Taladro en solera de túnel	0,00	100,00	0,00
203	m	Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías	0,00	2,00	0,00
204	m	Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías posicionado con coordenadas absolutas	0,00	3,50	0,00
205	m	Mapeado de patologías en escaneado de revestimiento de túnel	0,00	4,00	0,00
206	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento automático de datos para la medida de hasta cuatro sensores de cuerda vibrante. Incluye instalación, software, memoria, fuente de alimentación o baterías, conexiones de descarga e integración en sistema remoto. Precio por sensor conectado	42,00	750,00	31.500,00
207	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento automático de datos para la medida de hasta 32 sensores. Incluye instalación, software, memoria, fuente de alimentación-baterías, conexión de descarga, multiplexor, convertidor de cuerda vibrante, armario o caja estanca de montaje e integración en sistema remoto. Precio para los 32 sensores	0,00	4.000,00	0,00
208	ud	Limnógrafo electrónico y autónomo para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en sondeos, incluido suministro e instalación	65,00	845,00	54.925,00
209	ud	Registrador electrónico y autónomo para medida de las variaciones presión atmosférica y compensación en las medidas de variaciones de nivel de agua en sondeos incluso suministro e instalación	11,00	600,00	6.600,00
210	m	Cable de acero inoxidable trenzado de 2 mm de diámetro para suspensión de limnógrafo o registrador de presión incluyendo los accesos necesarios	9.783,57	1,90	18.588,79



Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
211	ud	Vertedero para el control de caudales en manantiales y canales abiertos, incluso suministro de materiales transporte y obra necesaria para su completa instalación incluso calculo de curva de gasto y calibración	14,00	1.500,00	21.000,00
212	ud	Aforador de canal prefabricado calibrado tipo parshall, rbc o similar de 10 l/s de caudal máximo de medida y con pocillo tranquilizador para medida de nivel de agua	8,00	1.500,00	12.000,00
213	ud	Aforador de canal prefabricado calibrado tipo parshall, rbc o similar de 50 i/s de caudal máximo de medida y con pocillo tranquilizador para medida de nivel de agua	7,00	2.800,00	19.600,00
214	ud	Recargo por acondicionamiento de obra civil e instalaciones existentes para la instalación de sistema de aforo, cuando sea preciso.	29,00	1.500,00	43.500,00
215	ud	Limnógrafo electrónico y autónomo de precisión submilimétrica para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en canales abiertos (vertederos...), incluido sistema de montaje y protección antivandálica. Debe incluir compensación de temperatura y presión atmosférica.	29,00	2.600,00	75.400,00
216	ud	Limnografo capacitativo, electrónico y autónomo para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en canales abiertos (vertederos...) y pozos someros, incluido sistema de montaje y protección antivandálica.	0,00	650,00	0,00
217	ud	Aforador electrónico autónomo formado por sensor ultrasónico integrado para medida de velocidad del agua y calado del canal, modulo programable de adquisición y almacenamiento de datos y armario intemperie con grado de protección ip 65 o superior	0,00	9.500,00	0,00
218	ud	Caudalímetro totalizador de turbina tangencial y precisión de clase b o superior d 80 mm o menor, pn 16 bares y salida de pulsos	0,00	1.100,00	0,00
219	ud	Caudalímetro totalizador de turbina tangencial y precisión de clase b o superior d 150-200 mm pn 16 bares y salida de pulsos	0,00	1.600,00	0,00
220	ud	Caudalímetro totalizador de turbina tangencial y precisión de clase b o superior d 100-125 mm pn 16 bares y salida de pulsos	0,00	2.500,00	0,00
221	ud	Caudalímetro totalizador de inducción electromagnética y precisión de clase b o superior, d 80 mm o menor pn 16 bares y salida de pulsos	24,00	2.400,00	57.600,00
222	ud	Caudalímetro totalizador de inducción electromagnética y precisión de clase b o superior d 100-125 mm pn 16 bares y salida de pulsos	6,00	3.200,00	19.200,00
223	ud	Caudalímetro totalizador de inducción electromagnética y precisión de clase b o superior, d 150-200 mm pn 16 bares y salida de pulsos	2,00	3.800,00	7.600,00
224	ud	Caudalímetro electromagnético de inserción para tuberías entre 80 y 300 mm de diámetro pn 20 bares y salida de pulsos	1,00	4.000,00	4.000,00
225	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento de datos de alimentación autónoma para controlar un caudalímetro con generador de señal de pulsos	33,00	650,00	21.450,00
226	ud	Estación programable de adquisición y almacenamiento de datos de alimentación autonoma, con dos canales: uno para controlar un caudalímetro con generador de señal de pulsos y el otro para un sensor analógico. Totalmente integrado en una carcasa metálica con grado de IP-68. Incluso montaje, programación y puesta en funcionamiento.	0,00	800,00	0,00



Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe
227	ud	Módulo programable de adquisición y almacenamiento de datos con cinco canales de entrada duales análogos e I/O, dos canales de entrada para contadores de pulsos, dos canales de control I/O, compatibilidad con sensores SDI-12 y comunicación con PC mediante USB o RS-232. Memoria interna no volátil para almacenar datos mínima de 512 KB. Incluyendo armario o caja de montaje y fuente de alimentación, calibración, programación montaje, instalación y puesta en funcionamiento.	5,00	650,00	3.250,00
228	ud	Módulo programable de adquisición y almacenamiento de datos con dieciseis canales de entrada análogos que se puedan parear para medidas diferenciales, dos canales de entrada para contadores de pulsos, tres canales de control analógicos, ocho canales de entrada o de control I/O, compatibilidad con sensores SDI-12 y comunicación con PC mediante USB o RS-232. Memoria interna no volátil para almacenar datos mínima de 4MB. Incluyendo armario o caja de montaje y fuente de alimentación, calibración, programación montaje, instalación y puesta en funcionamiento.	0,00	1.800,00	0,00
229	ud	Sensor de presión para medida de nivel del agua, con compensación de temperatura y presión atmosférica. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento. Cuando se utilice en vertederos o canales de aforo debe tener una precisión submilimétrica.	0,00	680,00	0,00
230	ud	Sensor de conductividad eléctrica y temperatura del agua, con compensación de temperatura. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	5,00	450,00	2.250,00
231	ud	Sensor de pH de tecnología ISFET, con compensación de temperatura. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	5,00	1.100,00	5.500,00
232	ud	Sensor de pH de tecnología de electrodo de vidrio, con compensación de temperatura. Incluido cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	0,00	450,00	0,00
233	ud	Sensor genérico de un solo parámetro, no definido en otra unidad. Incluido compensaciones de funcionamiento, cableado, módulo de acondicionamiento de señal y materiales auxiliares para conexión a módulo registrador de datos. Totalmente calibrado, montado y puesto en funcionamiento.	10,00	300,00	3.000,00
234	ud	Suplemento autorizado por la dirección del contrato, para sensores especiales protegidos para ambientes muy corrosivos.	10,00	300,00	3.000,00
235	ud	Estación meteorológica automática para registro de datos pluviométricos y térmicos, incluso módulo programable de adquisición y almacenamientos de datos, soporte y suministro de energía.	0,00	3.000,00	0,00
236	ud	Estación meteorológica automática para registro de datos pluviométricos y térmicos, incluso calefacción para precipitaciones nivales, módulo programable de adquisición y almacenamientos de datos, sopo	2,00	3.500,00	7.000,00

Informes

Código	Uds.	Descripción	Medición	Precio	Importe	
237	ud	Informe inicial de evaluación de la información existente y de propuesta de actuaciones	1,00	25.000,00	25.000,00	
238	ud	Informe de estudio geológico de detalle del entorno de los túneles y del área de afección	1,00	50.000,00	50.000,00	
239	ud	Informe Hidrogeológico.	1,00	75.000,00	75.000,00	
240	ud	Informe periódico de seguimiento hidrogeológico de cada uno de los tres subtramos del proyecto básico.	12,00	1.500,00	18.000,00	
251	ud	Informe final de síntesis del seguimiento hidrogeológico.	1,00	20.000,00	20.000,00	
252	ud	Informe no previsto de seguimiento hidrogeológico	10,00	1.200,00	12.000,00	
253	ud	Modelo numérico de simulación de la interacción entre túnel y su entorno hidrogeológico, incluso revisiones y calibrado.	4,00	5.000,00	20.000,00	
					PEM	1.319.943,94
					GG (9%) + BI (6%)	197.991,59
					PEC	1.517.935,53
					IVA (21%)	318.766,46
					TOTAL	1.836.701,99



**CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A
GALICIA**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

ANEJO Nº 3

DOTACIONES MINIMAS



MEDIOS HUMANOS EXIGIDOS

La dotación mínima de personal que el licitador dispondrá para la realización de los trabajos contenidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas, será la siguiente:

- **2 Titulados Superiores expertos en hidrogeología** (Geólogo, Ingeniero Geólogo, Ingeniero de Minas, Ingeniero de Caminos, etc.). Al menos uno de ellos será experto también en geología y geotecnia y acreditará una experiencia superior a cinco (5) años en este tipo de trabajos; el otro será experto también en medio ambiente y acreditará una experiencia superior a cinco (5) años en este tipo de trabajos. Podrán tener dedicación parcial al contrato.
- **1 Titulado Universitario experto** en realización y control de sondeos, inventarios hidrogeológicos, cartografía geológico-hidrogeológica e instrumentación hidrogeológica. Uno de ellos será el Jefe de la Oficina Técnica, deberá pertenecer a la plantilla del licitador y deberá tener una experiencia mínima de 10 (diez) años en realización de estudios hidrogeológicos. Su dedicación será:
 - Total y con exclusividad a este contrato durante la fase de redacción del Estudio.
 - Parcial durante la fase de Seguimiento.
- **2 equipos de 1 sondista experto y su correspondiente ayudante.** Deberá acreditar una experiencia superior a cinco (5) años en la ejecución de sondeos con extracción de testigo. El ayudante de cada equipo deberá acreditar una experiencia superior a dos (2) años como ayudante en este tipo de actividades.
- **1 equipo de 1 sondista experto y sus correspondientes ayudantes.** El sondista experto jefe del equipo deberá acreditar una experiencia superior a cinco (5) años en la ejecución de pozos para exploración o explotación de aguas subterráneas. El ayudante de cada equipo deberá acreditar una experiencia superior a dos (2) años como ayudante en este tipo de actividades.
- El licitador dispondrá permanentemente en campo mientras duren los trabajos y ensayos de campo, en todo momento, a **1 titulado como mínimo** por cada sonda en ejecución.



- **1 equipo de topografía** capaz de localizar las investigaciones, realizar levantamientos topográficos del área de trabajo si no existieran y hacer trabajos de seguimiento de movimientos milimétricos en hitos de nivelación. El responsable del equipo (Ingeniero Topógrafo o similar) deberá acreditar una experiencia superior a tres (3) años en esta tipología de trabajos. El ayudante de cada equipo deberá acreditar una experiencia superior a dos (2) años como ayudante en este tipo de actividades.
- Se valorará también la colaboración de un Asesor Temático experto en hidrogeología aplicada a la obra civil y al medio ambiente, que podrá pertenecer o no a la plantilla del licitador.
- Se valorará también la colaboración de un Asesor Temático experto geología general de la zona de estudio, que podrá pertenecer o no a la plantilla del licitador.

El Director del Proyecto podrá exigir en cualquier momento el relevo de aquel personal que, a su juicio, no reúna dicho carácter. No se podrá sustituir personal sin previo conocimiento y autorización de la Dirección.

Para la valoración y admisión de la oferta técnica deberá adjuntarse el currículum vitae de cada uno de los técnicos indicados anteriormente.

MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

Se considera que para la realización de estos trabajos deberá disponerse, como mínimo, de los equipos auxiliares siguientes:

- 2 sondas a rotación capaces de obtener testigo continuo, dotadas del material complementario necesario para la realización de ensayos de penetración estándar (S.P.T.), toma de muestras inalteradas y ensayos de permeabilidad Lefranc y Lugeon. Al menos una de ellas, también estará equipada con un sistema de perforación "wireline".
- 1 equipo para la toma de muestras de aguas en sondeos.
- 1 equipo de molinete portátil para el aforo de canales naturales y artificiales.
- 1 equipo para medir en campo la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica.
- 1 equipo de lectura y descarga de datos por cada tipo de instrumentación ofertada.



- 1 equipo de perforación para pozos de ensayo de bombeo.
- 1 equipo de realización de ensayo de bombeo.

Los equipos podrán ser propiedad del licitador y en caso de ser subcontratados, se requerirá carta de compromiso del propietario.

El Consultor dispondrá de los medios de transporte necesarios para el adecuado desplazamiento de los equipos y del personal, incluso de la Dirección y de cuantas personas para las labores de Inspección designe el Director del Estudio.

Es responsabilidad del consultor tener activo un almacén cerrado y de uso exclusivo durante la duración de los trabajos para guardar las cajas de sondeo y muestras. Dependiendo de la envergadura de los trabajos podrá exigirse que dicho local se encuentre próximo a la localización de los trabajos. El acceso a dicho local estará siempre disponible a la Dirección y al Receptor de los Trabajos. Una vez finalizados los trabajos, la custodia y conservación de las muestras y testigos de sondeo seguirán siendo responsabilidad del consultor por un plazo de hasta un año tras la finalización del contrato, salvo indicación de la Dirección. El reagrupamiento de las muestras de diferentes actuaciones en alguna localización lejana al área de actuación se consultará con la Dirección del Contrato.

ACREDITACIONES DEL LABORATORIO

El laboratorio y empresas que ejecutarán los ensayos e investigaciones deben estar inscritos en el Registro General de Laboratorios del Ministerio de Fomento, estando capacitados según su declaración responsable para realizar todos los ensayos referidos en el Pliego y su relación valorada. Se deberá aportar el documento acreditativo correspondiente.



**CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A
GALICIA.**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

ANEJO Nº 4

INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS



ÍNDICE

1. TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO	3
1.1. Condiciones generales.....	3
1.2. Sondeos mecánicos.....	3
1.3. Calicatas.....	13
1.4. Ensayos de penetración	14
1.5. Ensayos de penetración estática CPT y CPTU	15
1.6. Ensayos de corte en el interior de sondeos (vane-test).....	15
1.7. Ensayo de carga con placa.....	16
1.8. Ensayos de carga con placa dinámica	16
1.9. Investigación geofísica	17
1.10. Testificación geofísica de sondeos.....	23
1.11. Ensayos sísmicos en Sondeo (Cross-Hole y Down-Hole).....	25
1.12. Inventario de puntos de agua	26
1.13. Puntos de observación geológicos.....	27
1.14. Ensayos de bombeo	27
1.15. Supervisión de los trabajos y ensayos de campo	28
2. ENSAYOS DE LABORATORIO	28
2.1. Condiciones generales.....	28
3. PRESENTACIÓN DE TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO	33



1. TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO

1.1. Condiciones generales

Para la ejecución de los trabajos de campo deberá disponerse de autorización del titular del terreno. El Consultor enviará puntualmente copia al Director del Contrato de todos los permisos solicitados con el registro de entrada del organismo correspondiente, así como de todas las contestaciones recibidas.

Todos los equipos de trabajo deberán estar en buenas condiciones durante el desarrollo de la campaña. Si a juicio de la Dirección algún equipo fuera inadecuado, deberá ser reemplazado por otro a costa del Consultor.

Los trabajos de campo se efectuarán en el emplazamiento previsto en el Proyecto de Reconocimientos. No serán de abono aquellas investigaciones desplazadas de su posición que no hayan sido aprobadas previamente por la Dirección, que no hayan sido realizadas siguiendo las especificaciones de este Pliego o cuyos resultados sean incorrectos o dudosos por causas imputables al Consultor. En dicho caso la Dirección podrá mandar repetir dichos trabajos a costa del Consultor.

Cada equipo de trabajos de campo (sondeos, calicatas, estaciones geomecánicas, etc.) deberá tener a pie de obra, determinados medios de ayuda para la clasificación y descripción del terreno. Entre éstos, se consideran como imprescindibles los siguientes: martillo y brújula de geólogo, lupa, metro de carpintero, cámara fotográfica, esclerómetro, penetrómetro de bolsillo, aparato vane-test de bolsillo, sonda piezométrica eléctrica que permita alcanzar la máxima profundidad perforada y ácido clorhídrico diluido para la determinación cualitativa del contenido de carbonatos. Con objeto de aumentar la confidencialidad de la documentación manejada en campo, en ningún plano figurará el nombre o logotipo del ADIF o del Consultor ni se hará alusión alguna a la denominación del Contrato.

La situación de los sondeos, calicatas y penetrómetros se determinará preferentemente por métodos topográficos clásicos, debiendo quedar localizados por referencias a puntos fijos bien identificados. En este caso, la cota será determinada por nivelación geométrica. En el caso de utilizarse sistemas de posicionamiento por satélite GPS, el error en coordenadas (x,y,z) deberá ser inferior a 5 m, en cuyo caso, se elaborará una nota técnica a entregar al Director del Contrato en la que se recoja la precisión del método.

Al menos se comprobará en cinco puntos que los errores de coordenadas entre la cartografía suministrada por ADIF y las coordenadas medidas en campo son menores que estos 5 m. Con los resultados obtenidos se propondrá un método detallando sus variables (datum, elipsoide y otros) y los equipos a emplear.

1.2. Sondeos mecánicos

Situación de sondeos

Los sondeos se llevarán a cabo en los puntos previstos en el proyecto de reconocimientos, en donde los datos obtenidos permitan asegurar el cumplimiento



del objeto de su perforación, cuidando de minimizar la ocupación de viales, laafección al tráfico y la perturbación del entorno.

En los lugares a sondear en que deban ser tenidas en cuenta medidas de seguridad para protección de servicios urbanos o instalaciones enterradas, se hará previamente la preparación del terreno con los medios auxiliares adecuados. Si fuera necesario, se realizarán calicatas por medios manuales hasta superar la profundidad de dichos servicios.

Los lugares a perforar tendrán señalizada el área de trabajo, y dispondrán de las medidas de seguridad para los viandantes, la circulación de vehículos, el mobiliario urbano, el arbolado y, en definitiva, el entorno en que se lleva a cabo la actuación. Se insistirá en que se mantenga la limpieza del área de trabajo, debiéndose respetar las normas de seguridad en las diferentes maniobras y la utilización de los E.P.I (equipos de protección individual) por parte de los sondistas. Se pondrá especial atención en la delimitación del perímetro del área de trabajo para evitar la entrada a personal ajeno a los trabajos o que no disponga de las medidas de protección reglamentarias.

Asimismo, se observará que el material esté en todo momento en buenas condiciones, con objeto de evitar accidentes o incidentes y conseguir que los resultados obtenidos sean del todo fiables.

Las bocas de los sondeos terminados quedarán protegidas con tapas metálicas y estarán enrasadas con el terreno o vial, disponiendo sistemas de apertura con herramientas específicas, preferiblemente llave Allen, que permitan la medida regular del nivel piezométrico. Se colocará una arqueta en cada boca de sondeo con posterioridad a su cajeo y recibido con mortero.

Se procederá al adecuado cierre y compactación de las pozas de decantación de lodos inmediatamente después de finalizados los sondeos, así como a su señalización, por motivos de seguridad, mientras permanezcan abiertas durante la ejecución de los mismos.

A petición expresa del Director del Estudio podrá procederse al sellado de los sondeos. Dicha operación se realizará siempre de abajo a arriba.

Los puntos investigados serán fotografiados antes, durante la realización de los sondeos y después de finalizados éstos.

Deberá comunicarse, con la debida antelación y por escrito, la fecha de llegada al tramo, PK, tipo de máquina y propiedad de cada sonda conforme al plan de trabajos previsto aprobado. Deberá comunicarse por escrito la salida de cada sonda y el motivo.

Prescripciones generales

Los sondeos mecánicos se realizarán a rotación, con recuperación continua de testigo. Puntualmente, si las circunstancias lo requieren, y siempre a indicación de la Dirección, se podrían emplear otros sistemas de perforación.



Ocasionalmente el Director del Estudio podrá ordenar o autorizar la perforación a rotopercusión, con o sin recuperación del detritus y con la entubación que se precise para otras operaciones o ensayos posteriores.

El diámetro del taladro en sondeos en suelos será siempre igual o superior a 101 mm (con un diámetro de testigo igual o superior a 84 mm), y en sondeos en roca, perforados con sistema convencional, a 86 mm con un diámetro del testigo igual o superior a 72 mm. Se emplearán, en todo caso, diámetros de perforación suficientes para garantizar que se alcanza el fondo del sondeo con dichos diámetros mínimos. Cualquier cambio en los diámetros mínimos debe estar previamente justificado por el Consultor y autorizado por la Dirección.

En sondeos perforados con sistema wire-line, el diámetro mínimo será el correspondiente al tipo HQ. La perforación con diámetros inferiores requerirá la aprobación de la Dirección.

Se empleará maquinaria de perforación de características apropiadas para alcanzar la profundidad prevista, no siendo de abono los sondeos que no alcancen dicha profundidad. En caso de pérdida del sondeo o de no alcanzar la profundidad requerida, el Consultor deberá repetir el sondeo a su costa o reperforarlo.

Para estabilizar los sondeos, cuando se perfore con adición de agua, si fuera preciso, se utilizará entubación metálica. En ningún caso la entubación penetrará en el terreno a mayor profundidad que la prevista para la ejecución de ensayos o toma de muestras.

En todos los casos el fondo de la perforación deberá limpiarse convenientemente antes de realizar cualquier operación de toma de muestras o ensayos, no admitiéndose en el fondo del sondeo un espesor de sedimentos mayor de 5 cm. La limpieza del fondo se efectuará de forma que se asegure que el suelo a ensayar no resulta alterado por la operación.

En suelos, salvo condiciones especiales de dureza u otras circunstancias, se hará la perforación en seco. En cualquier caso, en suelos cohesivos se deberá obtener no menos del 95 % de recuperación, y en suelos granulares no menos del 90 %.

En los suelos granulares se efectuarán ensayos de penetración estándar (S.P.T.), a intervalos no mayores de 2,0 m y siempre que cambie la naturaleza del terreno.

En los suelos cohesivos se tomarán muestras inalteradas a intervalos no mayores de 4,0 m mediante tomamuestras de pared delgada o gruesa, intercaladas con ensayos de penetración estándar y/o testigos parafinados, de modo que se obtenga una muestra o se realice un ensayo como mucho cada 2,0 m. Se evitará la práctica de realizar sistemáticamente un ensayo S.P.T. a continuación de una toma de muestra inalterada.

Se intensificará la toma de muestras en los metros más superficiales, reduciéndose el intervalo entre tomas a 1,5 metros.

En los casos en que la elevada dureza del terreno no permita tomar muestras inalteradas convencionales, se parafinarán porciones representativas del testigo obtenido. En ningún caso se tomará testigos parafinados en tramos de terreno en los que puedan tomarse muestras inalteradas.



En los sondeos en suelos se procederá a efectuar un ensayo S.P.T. al finalizar el sondeo. En sondeos en roca se tomará un testigo parafinado.

Cuando se detecten suelos blandos se procederá al muestro mediante el tomamuestras de pared delgada.

No obstante, el Director del Estudio podrá cambiar la metodología de toma de muestras o ensayos si lo consideran oportuno, en función de las características del terreno y/o profundidad de las prospecciones.

Cuando se perfore con adición de agua, el nivel de la misma en el sondeo se mantendrá en todo momento a la altura del nivel piezométrico o ligeramente por encima del mismo. Tanto la herramienta de perforación, como el tomamuestras del ensayo S.P.T., se retirarán lentamente, manteniendo una aportación continua de agua a fin de evitar el posible aflojamiento del suelo.

Cuando se trate de sondeos para la investigación de la cimentación de estructuras y se encuentre un estrato potente de roca, se penetrará en ella un mínimo de cinco (5) metros, salvo autorización expresa en contrario.

En todo caso, la longitud realmente ejecutada de todos los sondeos estará justificada en base a las características geotécnicas del terreno atravesado y a la tipología y características de la cimentación propuesta.

En roca, se perforará a rotación, utilizando batería doble y con extracción de testigo continuo. Las coronas de perforación serán las más adecuadas a las características del terreno. Si las recuperaciones obtenidas fueran suficientes y la calidad del testigo adecuada, a juicio de la Dirección, ésta podrá autorizar al Consultor la utilización de batería sencilla.

El Consultor deberá controlar la velocidad y la presión de la perforación, caudal y presión de agua y longitud de carrera, con vistas a conseguir la máxima recuperación de testigo posible. A este respecto, si la Dirección lo ordenara, se procederá al registro continuo de los principales parámetros de perforación, tanto analógica como digitalmente. Los parámetros a registrar serán principalmente los siguientes: velocidad de avance, revoluciones por minuto, par de rotación, carga sobre la corona, presión de inyección, caudal de inyección, etc.

En sondeos inclinados con longitud superior a 70 metros deberá medirse y registrarse la desviación producida.

Si se encontraran formaciones blandas o muy fracturadas, el Consultor tomará las precauciones necesarias para mantener el testigo tan inalterado como sea posible y conseguir su recuperación. En suelos metaestables, muy sensibles a la adición de agua, deberá limitarse la aportación de agua al sondeo, realizando en seco la maniobra anterior a la toma de muestras o ensayos de penetración.

En algunas condiciones de especial dificultad de recuperación de testigo, la Dirección podrá ordenar la utilización de baterías especiales, refrigeradas por aire, y/o la utilización de baterías triples, dotadas de camisa de fibra de vidrio, baterías bipartidas u otras.



En roca, la longitud de carrera no será en ningún caso mayor de tres (3) metros. En formaciones blandas o fracturadas, esta longitud no deberá exceder de un metro y medio (1,5 m), reduciéndose incluso a medio (0,5) metro si fuera aconsejable.

Una vez extraído el tubo portatestigos del sondeo, se sacará el testigo del mismo cuidadosamente, colocándolo en la canaleta. Se considerará como elemento imprescindible la utilización de canaleta para la colocación del testigo. Una vez dispuesto todo el testigo recuperado en la canaleta, se medirá la recuperación obtenida, se anotará si "falta" o "sobra" testigo y se anotará la causa. A continuación se cortará y colocará correctamente en la caja portatestigos suministrada por el Consultor, siguiendo la secuencia en que fue obtenido y empezando siempre por el final, disponiendo separadores entre las diferentes maniobras realizadas y delimitando las cotas de toma de muestras (S.P.T., muestras inalteradas, testigos parafinados, etc.). En caso de pérdida de testigo se indicará en la caja correspondiente.

Además del porcentaje de recuperación, se determinará para todos los testigos de materiales rocosos el índice de calidad de roca (RQD). Aquellas fracturas que evidencien haber sido producidas durante la perforación o manipulación de los testigos, no se considerarán como tales a los efectos de determinar el índice RQD.

La testificación geológico-geotécnica deberá realizarse "in situ" de forma simultánea a la perforación o inmediatamente después de la misma, no debiendo retrasarse. La zona de trabajo para realizarla estará fuera de peligro, de caídas accidentales de materiales, donde no se entorpezcan las labores del sondista, donde no se acumule o circule agua y con espacio suficiente para poder extender las cajas del sondeo.

El sondista deberá llevar un registro o parte de campo continuo de la ejecución de cada sondeo, en el que el sondista haga constar como mínimo los siguientes datos: maquinaria y equipos utilizados, fechas de ejecución, coordenadas y cota de boca, operaciones realizadas, columna estratigráfica y descripción de los terrenos encontrados indicando en qué tramos se ha perforado en seco y cuáles con adición de agua u otros fluidos autorizados. También se incluirán los resultados de los ensayos de penetración realizados, situación y características de las muestras obtenidas, ganancias y/o pérdidas del líquido de perforación, cotas del nivel freático y de otros niveles acuíferos, recuperaciones obtenidas y diámetro del sondeo y cuantas incidencias se hubieran producido durante la perforación. Este registro podrá ser solicitado por la Dirección del Contrato.

El técnico supervisor deberá llevar también un registro del sondeo, con el contenido mínimo que se detalla en este Pliego. Este registro o parte de campo, ejecutado en tiempo real, deberá estar en todo momento a disposición del Director del Estudio para comprobación de la marcha del sondeo. Una vez terminado el sondeo, se entregará al menos una copia del parte de campo a la Dirección.

La clasificación y descripción de los suelos y rocas se efectuará de acuerdo a los criterios de las Sociedades Españolas de Mecánica de Suelos y Rocas y de las prescripciones indicadas en este Pliego.



Ensayos de penetración estándar

Tanto el equipo utilizado como el procedimiento operativo del ensayo se ajustará a lo establecido en la Norma UNE-EN ISO22476-3. No obstante, si el tomamuestras penetra los 450 mm indicados en la misma, siguiendo una norma de buena práctica, se hincará el tomamuestras otros 150 mm más anotando el golpeo correspondiente. La longitud del tomamuestras se ajustará a la longitud ensayada.

Se dispondrá de un certificado de calibración del valor de Er bajo la cabeza de impacto o yunque, para cada uno de los equipos utilizados.

Toma de muestras inalteradas y testigos parafinados

El tomamuestras de pared delgada, para reconocer los suelos blandos, tendrá de 1 a 2 mm de espesor, longitud mínima de 45 cm y diámetro mínimo interior de 70 mm. No podrán utilizarse tomamuestras de diámetros inferiores sin la aprobación de la Dirección. Este tipo de tomamuestras, en número razonable, con los complementos necesarios par su uso, estará permanentemente en obra como dotación básica del equipo de sondeos. Antes de proceder a la toma de una muestra, se retirarán todos los materiales sueltos o alterados del fondo del sondeo. La toma de la muestra se efectuará a velocidad constante, hincando lentamente el tomamuestras en el terreno mediante presión.

El tomamuestras seccionado, para reconocer el resto de suelos, será de pared gruesa de 4 mm de espesor, longitud mínima 60 cm y diámetro mínimo interior de 70 mm. La secuencia y demás condiciones de hincado de estos tomamuestras serán las mismas que para la realización del ensayo SPT con idea de facilitar la correlación del golpeo con dicho ensayo SPT. Una vez hincado el tomamuestras, la muestra se cortará del terreno por rotación, sacándose seguidamente el tomamuestras con las debidas precauciones.

Extraído el tomamuestras y separado el varillaje, se eliminarán cuidadosamente al menos 3,0 cm de la muestra por ambos extremos y se rellenarán inmediatamente los huecos con parafina líquida. Los extremos del tubo que aloja a la muestra deberán protegerse con tapas cuidadosamente ajustadas. Los tubos que contengan las muestras se etiquetarán para su identificación, almacenándose cuidadosamente para su envío al laboratorio. Con anterioridad al sellado de la muestra se procederá a hincar el penetrómetro de bolsillo y el aparato Vane-test de bolsillo, en los extremos de la misma, anotando las medidas obtenidas.

Cuando la resistencia del terreno sea elevada impidiendo la toma de muestras inalteradas o la realización de ensayos SPT de longitud suficiente para su posterior ensayo en el laboratorio y el terreno sea cohesivo, se sustituirá la toma de muestra inalterada por el parafinado de un trozo del testigo obtenido de la mayor longitud posible (> 35 cm). Estas porciones, previa limpieza superficial, se recubrirán con material no absorbente, y el conjunto se protegerá con un baño de parafina, de espesor suficiente para asegurar la invariabilidad de sus condiciones de humedad. En circunstancias especiales, la Dirección podrá autorizar otros sistemas de protección de las muestras, siempre que se garantice su inalterabilidad. El diámetro mínimo de las



muestras parafinadas será de 70 mm. Cada porción de testigo seleccionado se etiquetará para su correcta identificación.

Las Normas de aplicación para la toma de muestras inalteradas en sondeos serán la ASTM D-3550/84 y ASTM D-1587/94.

Toma de muestras de agua

Cuando se encuentra agua en el terreno en alguno de los puntos de reconocimiento (sondeos, calicatas, etc.), se procederá a la toma de muestras para estudiar su agresividad y/o calidad, garantizando siempre que se trata del agua del propio terreno. Si se hubiese perforado con adición de agua, además de la muestra de agua del propio terreno, se adjuntará una muestra del agua utilizada para perforar.

Las muestras de agua se envasarán en recipientes limpios de plástico o vidrio, dotados de cierre hermético, procediéndose al llenado de los mismos después de enjuagarlos con el agua a muestrear. Cada una de las muestras se etiquetará correctamente indicando su procedencia.

La toma de muestra de agua para análisis químicos se ejecutará de acuerdo a lo establecido en la Norma UNE 41.122/95.

Mediciones del nivel piezométrico

El Consultor deberá llevar un registro del nivel piezométrico en todos los sondeos, no sólo durante la perforación, sino también tras su finalización, al menos hasta la terminación de la campaña de campo. Si durante la ejecución del sondeo se utilizaran lodos bentoníticos, o geles especiales de perforación, se limpiará éste una vez finalizado mediante circulación de agua limpia. La utilización de lodos bentoníticos o geles especiales precisará la aprobación previa del Director del Estudio, en especial si se pretende realizar posteriores ensayos de permeabilidad.

Tras la terminación de cada sondeo, se introducirá en éste un tubo perforado o ranurado, de PVC o galvanizado, para la medición del nivel piezométrico y posibles comprobaciones de la profundidad del sondeo. Este tubo tendrá un diámetro útil entre 60 y 100 mm, sus uniones irán soldadas o roscadas y sus extremos se tapanán y protegerán adecuadamente. No serán de abono tubos de diámetro inferior al indicado.

Los tubos piezométricos se nivelarán cuidadosamente, dejando en el extremo libre una referencia de nivel. El Consultor tomará las medidas necesarias para evitar el aterramiento u obstrucción del sondeo antes de la colocación del tubo piezométrico. Si fuera necesario, el tubo se colocará antes de retirar completamente la entubación. Los tubos, además de permitir el control diferido del nivel piezométrico, podrán ser utilizados en su momento para el rellenado u obturación de los sondeos. Si estuviera previsto realizar algún ensayo especial en el interior del sondeo, se preverá la colocación de un revestimiento provisional de las características que se precisen.

En los sondeos en ejecución se controlará la posición del agua en los mismos, indicando la profundidad a que se encuentra el sondeo, el nivel alcanzado por el agua y la fecha y hora de las lecturas.



Durante la realización de la campaña de campo el Consultor efectuará diariamente una medición del nivel piezométrico en todos los sondeos terminados hasta su estabilización. Una vez estabilizado éste, las medidas podrán espaciarse hasta una medición por semana. Como criterio general se considerará que un nivel está estabilizado cuando no existen diferencias en las medidas efectuadas a lo largo de una semana. La Dirección podrá modificar esta secuencia de medidas, en función de las características hidrogeológicas existentes.

Cuando se perfore en seco, se anotará el nivel al que se detectó por primera vez el agua y la posterior evolución de los niveles de ésta. Si se perfora con agua, deberá realizarse siempre un achique de la misma, total o parcial, al finalizar el sondeo, controlando los niveles de achique y las posibles recuperaciones de nivel, de modo que pueda garantizarse la posición del posible nivel piezométrico. Por lo tanto, el Consultor deberá disponer, a pie de obra, del adecuado equipo para realizar estos achiques (cacillo, minibomba, aire comprimido, etc.). La Dirección podrá solicitar achiques adicionales si las condiciones hidrogeológicas así lo requieren.

El Consultor llevará un registro de estos niveles, en el que se indique para cada sondeo la fecha de finalización, profundidad del sondeo, medición del nivel al acabar el sondeo, medición tras el achique y sucesivas mediciones. Dicho registro contendrá información sobre la naturaleza de los niveles indicando si corresponden, a su juicio, a niveles freáticos, niveles colgados, etc., así como sobre las incidencias que puedan haber influido en los niveles medidos, tales como lluvias, riegos, mareas, etc.

En el caso de sondeos surgentes, se procederá al control de los caudales de surgencia con un ritmo de medidas ajustado a la magnitud de los mismos y se instalarán manómetros en las bocas de los sondeos.

Si se considerase necesario, el Consultor propondrá a la Dirección la instalación de piezómetros cerrados (preferentemente de cuerda vibrante) en el interior del sondeo. El sensor del piezómetro tendrá una precisión superior al 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas. Si en un mismo sondeo se quisieran determinar los niveles piezométricos de los posibles acuíferos interceptados en el mismo, se aislarán éstos disponiendo lechada de cemento, bentonita-cemento o bentonita granular entre uno y otro piezómetro. Todas las operaciones de suministro, transporte, colocación, engravillado, sellado, cableado y tiempos de espera están incluidas en la unidad correspondiente.

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 esquema con la disposición de los piezómetros en cada sondeo y propondrá 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 lectura de presión cero.

Ensayos de permeabilidad "in situ"

Si las características de la obra a proyectar o del propio terreno lo aconsejan, se procederá a la realización de ensayos de permeabilidad "in situ". El tipo de ensayo, preferentemente Lugeon o Lefranc, se decidirá según la naturaleza y estado del terreno.



En roca se realizarán ensayos Lugeon, reservándose los ensayos Lefranc para suelos y rocas muy fracturadas. Cualquier otro tipo de ensayo de permeabilidad "in situ" requerirá la autorización previa de la Dirección.

El ensayo Lugeon se realizará durante la ejecución del sondeo, comenzando por el fondo y de forma ascendente, o una vez finalizado éste. Para ello se inyectará agua a presión, en escalones sucesivos de carga y descarga de 0, 1, 2, 5 y 10 kp/cm², manteniendo la presión constante en cada escalón durante un periodo de 10 minutos y midiendo las admisiones producidas. Se ensayarán tramos de sondeo de unos 5 m, aislando el tramo de ensayo del resto mediante dos obturadores, o uno sólo si el ensayo se realiza en el fondo del sondeo. Se utilizarán preferentemente obturadores hinchables.

La inyección se realizará mediante bomba, midiendo la presión con manómetro y el volumen inyectado con un contador de agua o un recipiente tarado. Se utilizarán bombas de 150 l/min cuando se trabaje a una presión de 10 Kp/cm².

Deberán siempre alcanzarse los 10 kp/cm², excepto en rocas blandas en las que se recomienda no superar los 5 kp/cm².

Los resultados del ensayo Lugeon se representarán en función de la profundidad, de forma gráfica, en unidades Lugeon, o caudal de admisión en l/min x m en función de la presión ensayada, indicando también el coeficiente de permeabilidad equivalente.

El ensayo Lefranc se realizará en el interior de un sondeo, durante su ejecución o una vez finalizado, para determinar el coeficiente de permeabilidad k en suelos permeables o semipermeables de tipo granular (aluviales, arena, limo) con velocidad de flujo lenta y situados bajo el nivel freático, o en rocas muy fracturadas.

Este ensayo se podrá realizar midiendo los caudales (a régimen permanente) o midiendo los niveles (a régimen variable). Si durante su ejecución la inestabilidad del terreno lo aconsejara, se procedería a rellenar con gravilla el tramo de ensayo.

En el ensayo Lefranc a régimen permanente, como norma general, deberá medirse el caudal de admisión cada 5 minutos, manteniendo constante el nivel en la boca del sondeo durante 45 minutos. Si la admisión es muy alta, deberá medirse cada minuto durante los 20 primeros y después cada 5 minutos hasta llegar a los 45 minutos. El k del tramo será el promedio de todos los valores obtenidos. Se utilizará sonda eléctrica, cronómetro y medidor de volúmenes de agua.

El ensayo a régimen variable se realizará preferentemente de forma descendente. La carga máxima de agua no excederá de 10 metros medidos desde el centro de la cámara filtrante y la longitud de ésta no excederá de 5 m. Se utilizará sonda eléctrica y cronómetro, realizándose al menos 5 observaciones tomando los tiempos de observación de acuerdo a la velocidad de descenso/ascenso del nivel de agua en el tubo. Para cada una se registrará la profundidad del tramo ensayado y demás datos geométricos, así como las sucesivas posiciones de la lámina de agua con el tiempo. Los puntos de observación se representarán en una gráfica descensos/tiempo.

En cada sondeo de túnel deberá realizarse, al menos, un ensayo de permeabilidad "in situ", Lugeon o Lefranc, realizado a cota de túnel. En los sondeos en terrenos aluviales se realizará al menos un ensayo Lefranc si se prevé proyectar rellenos apoyados sobre los mismos.



En todos los ensayos deberá describirse siempre la metodología seguida e indicarse las relaciones presión-admisión o carga de agua-admisión, para cada tramo ensayado, a fin de estimar la permeabilidad y/o inyectabilidad del terreno.

Ensayos de presiometría y dilatometría

El equipo a utilizar para estos ensayos deberá reunir las condiciones adecuadas al tipo de terreno a ensayar, principalmente por los diferentes rangos de presiones a alcanzar. En el caso de rocas los equipos deberán poder alcanzar hasta 200 kg/cm² (caso del ensayo dilatométrico). Estas presiones deben aplicarse en varios ciclos de carga-descarga, realizándose al menos doce (12) escalones por ciclo hasta alcanzar la estabilización de las deformaciones. La utilización de lamas de protección de la célula de carga sólo será autorizada en el caso de que el terreno contenga gravas abundantes.

En suelos excepcionalmente blandos y con dificultades para mantener estable la perforación previa, necesaria para un ensayo presiométrico, puede realizarse un ensayo con célula plana (DMT), que no precisa perforación. Esta célula se sitúa a la cota de ensayo mediante hincas por empuje hidráulico, preferentemente o por golpeo.

Envase, protección y transporte de muestras

Todas las muestras y testigos se envasarán convenientemente para evitar su alteración durante el transporte o almacenamiento, y se enviarán a la mayor brevedad posible al laboratorio.

Las cajas para almacenaje de los testigos deberán protegerse siempre de la intemperie retirándose cada día al almacén. Bajo ningún concepto se abandonarán a la intemperie durante la noche en el mismo emplazamiento del sondeo. A tal efecto, el consultor dispondrá de un almacén próximo a la zona de trabajos para el acopio de las cajas de testigos.

Las cajas portatestigos preferentemente serán de plástico. El empleo de otros materiales (madera, cartón parafinado u otros) deberá ser aprobado previamente por la Dirección. En terrenos húmedos o arenosos saturados no es aconsejable la utilización de cajas de cartón parafinado por su escasa durabilidad.

Todas las muestras deberán conservarse en el laboratorio en un ambiente de temperatura y humedad controlados. Únicamente se procederá a la apertura de los envases de las muestras que vayan a ensayarse, y sólo en el momento de la realización de los ensayos correspondientes. El resto de las muestras deberán conservarse en condiciones óptimas de humedad y temperatura, al menos durante doce meses desde la fecha de finalización contractual en el laboratorio del Consultor o donde éste proponga previa notificación y visto bueno de la Dirección. Este periodo de "archivo" de muestras será aplicado a las cajas portatestigos, con todos los testigos obtenidos y no destinados a ensayo. Antes de la eliminación definitiva de las cajas, se deberá notificar por escrito tal circunstancia al Director del Contrato con una antelación mínima de diez días a la fecha de eliminación.



1.3. Calicatas

Las calicatas se realizarán mecánicamente hasta una profundidad no inferior a 3,5 m, salvo que aparezca roca o que las características del terreno o la presencia de agua lo impidan. Las calicatas tendrán las dimensiones necesarias en planta para permitir su inspección y descripción, la realización de fotografías en color, la obtención de eventuales tomas de m

En caso de alcanzarse una profundidad inferior a 1,50 metros por imposibilidad de seguir excavando debido a la existencia de bolos o encostramientos carbonatados o de otra naturaleza, se repetirá la calicata en un punto próximo. A efectos de medición y abono se computará una sola calicata. La Dirección podrá requerir el empleo de martillo neumático.

La Dirección se reserva la facultad de requerir el empleo de maquinaria especial cuando considere necesario alcanzar mayores profundidades.

La toma de muestras se efectuará siempre en la pared de la calicata, seleccionando con precisión el nivel que se quiere muestrear e indicándose exactamente la profundidad del muestreo. En ningún caso se tomarán muestras del material existente en el fondo de la calicata ni a profundidad inferior a medio metro.

Si el fin de la calicata es el de acceder a una cota o estrato de interés para la realización de un ensayo de carga con placa, el fondo de la misma se dejará ligeramente por encima de la cota de ensayo, de modo que este exceso se elimine en el momento de la realización del ensayo para evitar o disminuir la posible descompresión del terreno, sobre todo si la profundidad fuese superior a 1,0 m. Así mismo se darán las dimensiones adecuadas en planta para permitir la correcta realización del ensayo y asegurar la estabilidad de las paredes.

Antes de proceder a la restitución del terreno extraído, si se observasen indicios de humedad o rezume de agua, se mantendrá abierta la excavación al menos durante 30 minutos con el fin de valorar y estimar la posible permeabilidad del terreno.

Se procederá al adecuado cierre y compactación de las calicatas abiertas de manera que se restituya la totalidad del terreno extraído.

Todas las calicatas serán descritas por un geólogo, adjuntando un corte estratigráfico del terreno, así como el estado del mismo en cuanto a humedad, dureza o compacidad de cada estrato. Durante la ejecución de las calicatas se procederá a la medición de la resistencia al corte sin drenaje mediante el aparato vane-test de bolsillo en las paredes de las calicatas. Se tomarán igualmente medidas con el penetrómetro de bolsillo. Si fuera necesario, se tomarán muestras inalteradas en las paredes de las calicatas.

Toma de muestras en saco

En las calicatas se tomarán muestras en saco para la realización de ensayos en el número y cuantía que se determinen. La cantidad por cada muestra será la suficiente



para poder realizar al menos granulometría completa, un ensayo Proctor modificado y un CBR. Dicha cantidad será determinada en función del tamaño máximo de los granos del material. Se considera que el peso de cada muestra deberá ser de al menos unos 60 kg para los materiales más finos.

El envasado de las muestras se realizará en sacos de plástico de suficiente consistencia para su transporte y de modo que se evite durante el mismo la pérdida de finos. De cada muestra en saco se tomará una fracción suficiente para la determinación de la humedad natural. Esta fracción se recogerá en un envase hermético. Cada envase será etiquetado correctamente para su identificación utilizando al menos dos (2) etiquetas adhesivas, una de las cuales, se colocará en el interior del saco como medida de seguridad.

Este tipo de muestras se podrá tomar bien en superficie, en cortes de taludes o frentes de canteras, en calicatas o en sondeos con barrena helicoidal.

La toma de muestras en canteras debe ser al menos de 50 kg. y permitirá tener la cantidad adecuada para la realización de como mínimo los ensayos de granulometría y desgaste de Los Ángeles.

1.4. Ensayos de penetración

Ensayos de penetración dinámica tipo BORROS y DPSH

Para el ensayo tipo Borros se empleará una puntaza maciza de 16 cm² de sección cuadrada y un ángulo de 90º acoplada al extremo inferior de una barra de 32 mm de diámetro. La maza de golpeo deberá pesar 63,5 kg. y la altura de caída será de 50 cm.

Para el ensayo tipo DPSH, se empleará una puntaza maciza de 20 cm² de sección circular y un ángulo de 90º acoplada al extremo inferior de una barra de 32 mm. La maza de golpeo deberá pesar 63,5 kg y la altura de caída será 75 cm. Este ensayo se ajustará a lo establecido en la Norma UNE-103 801/94.

Las puntazas a utilizar en cualquiera de los ensayos de penetración dinámica deberán estar homologadas en base a la normativa correspondiente. En ambos ensayos se contará y anotará el número de golpes necesarios para cada 20 cm de avance.

Los ensayos de penetración se realizarán preferentemente con el equipo DPSH. El uso del penetrómetro tipo Borros u otro similar, debe ser autorizado previamente por la Dirección.

Todos los ensayos se realizarán hasta alcanzar un rechazo de 100 golpes en 20 cm, o bien cualquier otro rechazo especificado por la Dirección.

En caso de producirse rechazo a menos de 2 m de profundidad o cuando lo considere preciso el Director del Estudio por la duda razonable de la representatividad del ensayo, de acuerdo con las características del terreno, se realizará otro intento desplazando el equipo a un punto próximo al anterior. A efectos de medición no se considerará el abono de estos ensayos si, sumando las profundidades alcanzadas en ambos intentos, no se superan los 5 m de longitud.



Los resultados se adjuntarán en gráficos o curvas de penetración (número de golpes obtenido para cada avance de 20 cm) suficientemente claros. En cada ensayo, se reflejará la localización, cota de boca, fecha de ejecución y cuantas observaciones puedan ayudar a interpretar los resultados, sobre todo si se estima que ha podido producirse falso rechazo por golpear sobre algún bolo u otro obstáculo aislado. Se indicará la profundidad del nivel piezométrico cuando sea posible su medición. Se registrará la longitud de varillaje mojado como una estimación de la misma.

1.5. Ensayos de penetración estática CPT y CPTU

Para la realización de los ensayos de penetración estática CPT deberán utilizarse equipos automáticos con punta eléctrica, que permitan medir independientemente la resistencia en punta y el rozamiento lateral. El cono normal (holandés) se hará penetrar en el suelo a una velocidad constante y lenta de unos 20 mm/seg y tendrá un ángulo de abertura en el vértice de 60º y un diámetro en el extremo de la punta de 35,7 mm, equivalente a un área de 1000 mm². Si el Director del Estudio lo considerase oportuno podría solicitar la utilización de conos diferentes para aplicaciones especiales. Las características geométricas del equipo, el procedimiento de ensayo, su ejecución y la presentación de resultados, se ajustarán a lo establecido en la norma UNE-103 804/93.

El dispositivo para la realización de los ensayos CPTU (piezocono) estará equipado con sistemas electrónicos de adquisición de datos y llevará instalado un sensor adicional situado en la punta eléctrica que permita el registro continuo en relación al tiempo, además de la resistencia en punta y el rozamiento por fuste, de las presiones intersticiales generadas durante la hinca (mediante señales analógicas o acústicas que se transforman en señales digitales y éstas se restituyen en forma gráfica o numérica mediante un ordenador situado en superficie). En función de los parámetros a investigar el Director del Estudio podrá solicitar la instalación adicional de otros sensores especiales.

1.6. Ensayos de corte en el interior de sondeos (vane-test)

Se realizará conforme a la norma ASTM D-2573.

Se utilizará un molinete formado por cuatro aspas con relación $H=2D$, siendo H la altura de las aspas y D el diámetro equivalente.

En suelos blandos, con $c_u < 50$ kN/m², se recomienda un tamaño del aspa de 75 mm de ancho y 150 mm de altura, mientras que en suelos algo más resistentes ($50 < c_u < 100$ kN/m²), un tamaño de 50 x 100 mm.

Este ensayo no se realizará en suelos de resistencia superior a 100 kN/m².

El ensayo se realizará en el fondo del sondeo, durante su ejecución o una vez finalizado, inmediatamente después de haber introducido el molinete a la profundidad requerida, y siempre antes de transcurridos 5 minutos para evitar distorsión en los resultados. El procedimiento de ejecución del ensayo requerirá hincar previamente, por métodos dinámicos o estáticos, el molinete en el suelo hasta una profundidad de 5 veces H y garantizar que la varilla no colabora a fricción. El par



torsor en el extremo libre del varillaje se aplicará a velocidad constante entre 6 y 12 9/min.

El ensayo requerirá una cadencia intensa en su ejecución en cada punto del terreno a investigar (generalmente una vez por metro perforado),. La separación mínima entre puntos de ensayo a lo largo de la perforación será de 0.5 m.

La profundidad máxima de ejecución de este ensayo se limitará a 70 m, dependiendo de la naturaleza y características del suelo.

Los resultados incluirán los siguientes datos: momento torsor necesario para producir el corte del suelo, resistencia al corte del suelo inalterado y resistencia al corte del suelo remoldeado.

1.7. Ensayo de carga con placa

El ensayo de carga con placa circular se ajustará a lo establecido en la norma NLT 357/98.

En general, se utilizarán placas circulares de 30 cm de diámetro (La norma contempla emplear placas de 300, 600 y 762 mm). Si lo considera oportuno, el Director del Contrato podrá exigir el uso de determinado tamaño de placa, así como modificar el rango y secuencia de los escalones de carga. Siempre se realizarán como mínimo dos ciclos de carga-descarga. Como dispositivo de reacción se utilizará el más adecuado a las condiciones del ensayo y del emplazamiento en que éste se efectúe.

Una vez finalizado el ensayo, se procederá a la toma de una muestra en saco del suelo existente bajo la placa, para determinar la humedad natural y la densidad seca máxima y humedad óptima. En la zona más próxima posible a la ubicación del ensayo, aunque no afectada por las cargas, se determinará la densidad y humedad in situ del terreno.

Si para la realización del ensayo de carga con placa hubiera que realizar una excavación, deberá restituirse ésta adecuadamente, compactando por tongadas el material extraído, si procede, para lo cual se dispondrán los medios de compactación necesarios. Por motivos de seguridad, la longitud máxima de los elementos de extensión para aplicar las cargas se limitará a 60 cm. Asimismo, la excavación no podrá superar 1,5 metros de profundidad, salvo que ésta quede inscrita en otra de mayor tamaño. En cualquier caso, el procedimiento para realizar el ensayo deberá requerir la aprobación previa del Director del Estudio.

1.8. Ensayos de carga con placa dinámica

Se efectuarán de acuerdo con la normativa ASTM E2835 – 11.

Siempre se realizarán como mínimo tres ciclos de aplicación de la carga, obteniéndose los módulos dinámicos en cada uno de ellos.



1.9. Investigación geofísica

Las técnicas geofísicas a aplicar deberán elegirse acertadamente en función del aspecto a investigar, la resolución, la penetración y las limitaciones de cada una de ellas.

Serán realizadas siempre por personal experto en el uso de las diferentes técnicas, tanto en las mediciones en campo como en su procesado e interpretación posterior.

Al tratarse de técnicas cuyos resultados se obtienen por métodos indirectos, deberán emplearse con precaución y su interpretación deberá estar siempre apoyada en métodos directos, tales como cartografía geológica de superficie, catas y sondeos, de modo que sus resultados sirvan de extrapolación.

Previamente a la ejecución de una campaña geofísica se hará un reconocimiento por la zona objeto de estudio, con el fin de verificar las condiciones en que se realizará ésta, quedando recogido en el documento de Propuesta de Campaña.

En los métodos de prospección eléctrica, para profundidades > 50 m, se deberá justificar expresamente que se alcanzan valores de voltaje en los electrodos de potencial suficiente para que la calidad de las medidas sea buena, mediante la utilización de un voltaje de inyección más elevado (>400 V), dispositivos electródicos con baja K (Wenner), y suficientes niveles de investigación.

Los resultados obtenidos de los estudios geofísicos se representarán a la misma escala del proyecto y con el mismo sistema de representación, para que los datos geológicos y geofísicos puedan ser comparables de una manera directa.

Es responsabilidad del consultor garantizar que los aparatos empleados están debidamente calibrados. Se adjuntará al proyecto de reconocimientos los certificados correspondientes.

A continuación se incluyen las prescripciones de algunas de las técnicas más comunes. El empleo de otras distintas deberá contar con la autorización previa de la Dirección, para lo cual el Consultor realizará un informe específico indicando las características de la técnica a emplear, su objetivo y fiabilidad en base a sus limitaciones y condiciones de utilización.

Sondeo eléctrico vertical (SEV)

Se utilizará para la investigación de discontinuidades horizontales del subsuelo y posición del nivel freático, siempre que existan contrastes suficientes de resistividad entre las diversas capas del subsuelo, en medios estratificados horizontales o subhorizontales con extensión lateral de las capas muy elevada.

En caso de situarse los SEV cerca de conducciones eléctricas o elementos metálicos enterrados, se justificará dentro del documento de propuesta de campaña las condiciones en las que se debe realizar el ensayo para obtener una calidad óptima en la recogida de datos, por ejemplo, para paliar o eliminar las perturbaciones de origen industrial se utilizarán electrodos MN impolarizables, etc.



Se utilizarán preferentemente configuraciones tipo Schlumberger, debiéndose cumplir siempre la relación $MN < AB/5$ y se realizarán, al menos, 5 medidas por ciclo logarítmico. Para evitar problemas de polarización, se efectuarán al menos dos ciclos de inyección con polaridad cambiada en cada medida. El valor de potencial espontáneo (SP) se obtendrá también en cada medida.

La utilización de cualquier otra configuración será convenientemente justificada a la Dirección.

En la ubicación de uno de los SEV realizados, deberá ejecutarse un sondeo mecánico paramétrico que permita determinar el espesor y naturaleza de las distintas capas para un mejor ajuste y calibración del modelo.

Los datos obtenidos en campo deberán interpretarse en gabinete. Las curvas de campo de los SEV se representarán en gráficas bilogarítmicas con la variación de la resistividad aparente (ρ_{ap} en $\Omega \cdot m$) en función de la separación interelectrónica $AB/2$ (semiapertura de ala en m).

Una vez interpretadas las curvas de resistividad, se presentarán los resultados con los valores de resistividad real en $\Omega \cdot m$ y los valores de espesor en metros, confeccionándose perfiles geoelectrónicos que han de correlacionarse con la geología de la zona. El error entre los valores de resistividad obtenidos en campo y los calculados en gabinete no superará el 5%. Para disminuir la incertidumbre en la interpretación, se realizará un análisis de equivalencia de cada SEV, representando las curvas equivalentes de resistividad vs profundidad superpuestas a la de menor error obtenido.

El informe presentado deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Datos originales medidos en campo (incluyendo Potencial espontáneo, voltaje medido, intensidad de corriente y constante de configuración geométrica).
- Curvas de campo de los SEV con Resistividad aparente frente a $AB/2$.
- Perfil geoelectrónico del terreno con los valores de resistividad real del subsuelo y la correlación geológica correspondiente con la situación de los sondeos realizados.

Tomografía eléctrica

Los levantamientos utilizarán preferentemente los siguientes parámetros:

- Número de electrodos: Al menos de 16 electrodos, siendo preferible un número mayor (de 24, 48 o más).
- Separación de electrodos: Hasta 10 m de máximo, en función del objetivo del estudio.
- Niveles de investigación: Dependerá de la profundidad a investigar, pero preferiblemente superior a 10.
- Configuración electródica: En general se utilizará Schlumberger. La utilización de dispositivos focalizados, tipo polo-dipolo, polo-polo o dipolo-dipolo se justificará en su caso. En el caso de utilización de dispositivos dipolo-dipolo, se combinarán con otros dispositivos (Schlumberger, Wenner, etc.) para niveles de investigación superiores a 5, debido a su alta constante de configuración geométrica. Cuando se



utilicen varios dispositivos electródicos en una misma sección se solaparán, al menos, dos niveles de investigación.

El informe de tomografía eléctrica presentado deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Pseudosecciones de resistividad aparente con los datos numéricos de campo, representadas conjuntamente con las secciones de resistividad obtenidas a partir de su inversión.
- Descripción del software y/o algoritmos utilizados en la inversión, así como el tipo de inversión realizada (robusta, suavizada,...). En ningún caso se realizarán inversiones de modelos ampliados ("extended models") a las zonas donde no se hayan realizado medidas.
- Secciones con la distribución de la resistividad real del terreno en las que se exprese de forma clara su interpretación geológico-geotécnica, señalando expresamente la posición de los sondeos ejecutados. Estas secciones se representarán a la misma escala del Proyecto, y la escala de colores será la misma para todas las secciones realizadas en el estudio.
- Ficheros digitales con los datos originales de campo.

Sísmica de refracción

Su aplicación requerirá que la velocidad V_p de las capas subyacentes en el terreno aumente con la profundidad, condición indispensable para que se produzca la refracción crítica de las ondas según la Ley de Snell. En caso de tener la certeza de que no se cumpla dicha condición, la utilización de esta técnica se justificará dentro del documento de propuesta de campaña, o bien se propondrá otro estudio alternativo que permita analizar la presencia de capas de baja velocidad en profundidad ("inversiones de velocidad").

En caso de que las litologías presenten anisotropías no horizontales (estratificación, esquistosidad,...), se realizará al menos un perfil transversal a la dirección de la anisotropía.

Se emplearán dispositivos constituidos por implantaciones de 12 o de 24 geófonos, espaciados de 2 a 5 metros, configurando implantaciones desde 24 hasta 100 metros, en función de la profundidad a investigar. En el caso de 12 geófonos se efectuará un mínimo de cinco tiros equidistantes (uno central, dos interiores y dos exteriores a unos 5 metros de ambos geófonos extremos) y de siete en el caso de 24 geófonos (uno central, cuatro interiores y dos exteriores a unos 5 metros de los geófonos extremos).

En caso de que varias implantaciones sísmicas se dispongan contiguas para configurar un perfil sísmico se solaparán al menos los dos últimos geófonos de la implantación anterior con los dos primeros de la siguiente para reducir la pérdida de información, y asegurar el recubrimiento de todo el perfil, aunque, en principio, se dará preferencia a la utilización de dispositivos largos.

En el caso de profundidades de investigación elevadas para el método (>25 m) se deberá demostrar que existe recubrimiento en ida y vuelta del refractor basal,



mediante la realización de tiros lejanos. En estos casos es recomendable generar la señal con métodos de impacto, impulsivos o vibradores distintos al impacto de un martillo sobre una placa metálica apoyada sobre el terreno, que aseguren un registro de calidad. Cualquier otro dispositivo diferente al uso convencional de martillo sobre placa requerirá de la correspondiente propuesta y autorización previa de la Dirección.

El procesado e interpretación de los registros sísmicos de refracción obtenidos para determinar la distribución de los valores de V_p del terreno en la sección sísmica se podrá realizar al menos por el Método Recíproco Generalizado o equivalentes, y preferiblemente mediante métodos de tipo tomográfico que permitan su representación con distribución continua. El uso de cualquier otro método requerirá el permiso previo de la Dirección.

El informe sísmico de refracción presentado deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Gráficos tiempo-distancia (curvas dromocrónicas) y distribuciones de Velocidad de ondas p en profundidad a la escala del Proyecto. Se utilizará la misma escala de colores en todas las secciones del estudio.
- Interpretación de las secciones sísmicas interpretadas en base a los datos geológicos disponibles con indicación de los valores de V_p , espesor de cada capa y límites entre material excavable, ripable o que requiera explosivos. Se utilizarán correlaciones V_p /ripabilidad que tengan en cuenta factores geológicos (litología, diaclasado, etc...).
- Sismogramas de, al menos, los dos tiros exteriores de cada implantación y del tiro central.
- Registros digitales con los datos originales de campo.

En los gráficos tiempo-distancia (dromocrónicas) se considerarán inaceptables errores superiores al 5 % en el valor de los tiempos recíprocos.

En el caso de realizar la inversión mediante tomografía sísmica de superficie para obtener el modelo de velocidades, se utilizará preferiblemente un número de disparos no inferior a 5 por sección, y se deberán proporcionar las dromocronas medidas y calculadas para el modelo de velocidades ajustado, así como el trazado de los rayos.

Sísmica de reflexión

Se aplicará específicamente en la detección de contactos horizontales o de bajo buzamiento (alrededor de unos 30º), no siendo adecuado para el estudio de discontinuidades subverticales o zonas muy estructuradas en cuyo caso se justificará a la Dirección.

Se operará según la técnica Common Depth Point (CDP), para mejorar la relación señal/ruido en la sección sísmica resultante y obtener distribuciones de velocidades dinámicas que permitan calcular profundidades. Se realizará una corrección estática refiriendo los datos a un plano de referencia ("datum plane").



El espaciado entre geófonos será de 5 a 10 m y el espaciado entre puntos de tiro será el necesario en cada caso para obtener una cobertura ("fold") como mínimo del 120 % para aumentar la relación señal/ruido en las secciones sísmicas resultantes.

El sismógrafo a utilizar dispondrá como mínimo de 24 canales, y preferiblemente 48 ó 96, y los geófonos deberán tener una frecuencia natural igual o mayor de 35 Hz.

Al inicio de los trabajos se deberán realizar los ensayos de campo necesarios para determinar la distancia óptima ("offset") en cada caso del dispositivo de registro, entre el punto de tiro y el primer geófono activo, en función de la profundidad a investigar, velocidad de las capas del subsuelo, longitud del dispositivo de medida y espaciado entre geófonos. Estos ensayos y sus resultados deberán quedar documentados en el informe.

La generación de la señal sísmica habrá de hacerse, dependiendo de la profundidad a investigar, mediante métodos de impacto, impulsivos o vibradores de la suficiente energía para asegurar un registro de calidad. No se permite la utilización del impacto de un martillo sobre una placa metálica apoyada sobre el terreno.

Cuando existan pozos, especialmente con diagráfias de velocidades sísmicas (sonic logs), deberán proporcionarse al consultor, para que tenga en cuenta estos datos a la hora de realizar el análisis de velocidades y poder restituir la posición en profundidad de los reflectores.

El informe sísmico de reflexión presentado deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Secciones sísmicas distancia-tiempo y distancia-profundidad sin ninguna interpretación a la escala longitudinal del Proyecto. Se incluirán los resultados del análisis dinámico de velocidades y la posición de los mismos en la sección.
- Sección distancia-tiempo interpretada, y restitución en profundidad de la interpretación geológica.
- Sección distancia-profundidad con la interpretación geológica superpuesta.
- Sismogramas representativos del estudio; al menos los correspondientes al 10 % de los tiros.

En el informe deberá explicarse con detalle la secuencia de procesado con indicación de los filtros empleados y especialmente el análisis de velocidad aplicado para el cálculo de la sección sísmica distancia-profundidad a partir de la sección distancia-tiempo.

Sísmica pasiva (Refracción por Microtremor –ReMi–)

Esta técnica se aplicará para controlar la posición y espesores de rellenos, zonas alteradas, y zonas de baja velocidad en profundidad, así como para calcular módulos elásticos.

Se emplearán dispositivos constituidos por implantaciones de 24 geófonos, espaciados entre 1 y 5 metros. Para cada una de estas implantaciones se tomarán al menos 10 registros de 30 segundos de duración. Se utilizarán preferiblemente



geófonos con frecuencia de corte entre 4,5 y 10 Hz aproximadamente. El intervalo de muestreo habitual en estas medidas es de 2 ms (frecuencia de muestreo de 500 Hz).

Para el análisis de las ondas superficiales se empleará preferiblemente el análisis espectral de Louie (2001).

Para enriquecer el registro espectral en frecuencias más altas (>50 Hz), se efectuarán de 3 a 5 golpes repartidos aleatoriamente a lo largo de la línea durante el tiempo de adquisición.

Los valores de Vs obtenidos se representarán en forma de diagramas velocidad-profundidad para cada una de las implantaciones efectuadas. En caso de disponerse de varias implantaciones contiguas los resultados se representarán como secciones bidimensionales. El solape entre implantaciones contiguas será de al menos tres geófonos.

En el caso de posibles variaciones laterales importantes de velocidad (ej. zonas kársticas), y si existe suficiente ruido ambiente, se realizarán inversiones en 2D mediante la interpretación de los registros de 4 a 6 geófonos de manera consecutiva, solapando dos geófonos con el anterior conjunto de trazas.

El empleo de otros métodos sísmicos basados en análisis de Ondas Superficiales (SASW y MASW se justificara a la Dirección indicando los objetivos perseguidos y sistemática de realización.

Para cada una de estas configuraciones se incluirán los siguientes datos:

- Registros digitales con los datos originales de campo (sismógrafo de 24 canales).
- Diagrama velocidad aparente de fase en función de la frecuencia (resultado del análisis espectral).
- Curva de dispersión (Velocidad de fase / Frecuencia o Periodo).
- Gráfico Vs con la profundidad a la misma escala del proyecto, interpretado según los datos geológico-geotécnicos disponibles, con identificación de los espesores de capas.

Geo-radar (GPR)

Para planificar la campaña de investigación se tendrán en cuenta factores tales como el contraste en las propiedades eléctricas de los materiales, la penetración y la resolución, que dependen del terreno, de la frecuencia de la antena empleada y del ruido electromagnético presente.

La separación entre medidas y/o la velocidad de desplazamiento será la necesaria para conseguir mayor resolución lateral en las secciones y se podrán utilizar antenas de contacto o aéreas que permitan auscultar con la suficiente calidad.

Se distinguen dos tipos de Geo-radar:

El Geo-radar monofrecuencia (GPR-1F) utiliza dos antenas, una emisora y otra receptora, ambas de la misma frecuencia, que se van desplazando a lo largo de un perfil.



La selección de la frecuencia de las antenas será función del compromiso entre la resolución y la penetración a alcanzar, lo que requerirá repetir las medidas operando con diferentes frecuencias sobre los mismos perfiles. Se operará preferentemente con un rango de frecuencias de las antenas entre los 100 MHz y 1 GHz. La frecuencia de las antenas no será inferior a 100 MHz.

La interpretación de los registros de geo-radar 1-F debe basarse en la adecuada caracterización de la textura, amplitud, continuidad y terminación de las reflexiones. Deberá integrarse toda la información proporcionada por los diferentes perfiles con el resto de la información disponible del subsuelo a la misma escala (geología, sondeos, calicatas y otros datos geofísicos).

Para la estimación de las velocidades de propagación se realizarán estudios de CMP (Common Mid Point) de zonas con control en profundidad, y, en su defecto, se podrán utilizar tablas de constantes dieléctricas siempre y cuando se calibren con datos de espesores obtenidos de calicatas previas situadas en el perfil geofísico.

Se indicará el método de procesado de la señal y el software a emplear, así como las correcciones aplicadas.

Su utilización se restringirá a la detección de huecos o cavidades a profundidad somera. Cualquier otra aplicación requerirá la autorización previa de la Dirección. En cualquier caso, deberán tenerse en cuenta las características de los materiales presentes que puedan desaconsejar su utilización.

Geo-radar multifrecuencia 3D (Step-frequency).

En casos complejos en que se necesite una alta resolución se podrán utilizar los sistemas de radar 3D multifrecuencia, siempre bajo permiso expreso de la Dirección y justificando su necesidad.

Se operará con baja velocidad de desplazamiento para conseguir mayor resolución lateral en las secciones y se mantendrán las antenas en contacto permanente con la superficie a auscultar para mejorar la calidad del registro.

Se indicará el método de procesado de la señal y el software a emplear, así como las constantes dieléctricas estimadas para obtener la escala de profundidades. Esta escala debe estar avalada y correlacionada mediante los datos de espesores obtenidos de calicatas manuales o mecánicas, previamente realizadas, situadas en el perfil geofísico.

La Dirección podrá exigir la ejecución posterior de alguna calicata en puntos del perfil elegidos al azar o sobre anomalías concretas, para comprobar la precisión de los espesores obtenidos con el geo-radar.

1.10. Testificación geofísica de sondeos

Se analizará en la Propuesta de Reconocimientos si las diferentes técnicas a emplear requieren que el sondeo esté sin entubar y si es necesario que contengan agua concretándose que alternativas existen en el caso de que finalmente no se den esas circunstancias.



Técnicas radioactivas.

Si se usan sondas radiactivas activas, será necesario seguir las estrictas normas de seguridad a que están sujetas y contar con los permisos pertinentes para su utilización, tanto del propio equipo como del personal operario. Habitualmente se emplean las siguientes sondas:

- Gamma natural.
- Gamma-gamma.
- Neutrón-neutrón.
- Neutrón-gamma.

Técnicas eléctricas.

- Resistividad.
- Potencial espontáneo.

Técnicas electromagnéticas

Radar de sondeo.

Inducción electromagnética.

Técnicas acústicas

- Sonda acústica de onda completa
- Televiwer acústico.

Otras técnicas

- Calibre
- Temperatura
- Verticalidad y azimut
- Televiwer óptico

Proceso de adquisición de la información :

Se testificará siempre de abajo a arriba, introduciendo la sonda hasta el fondo del sondeo y subiéndola a velocidad constante a la vez que se mide, a excepción de la sonda de temperatura con la que se testificará de arriba a abajo para no alterar el equilibrio térmico del fluido, y con la sonda de acimut y verticalidad que se medirá en ambas direcciones.

Respecto a las medidas a realizar, el contratista aplicará para cada sonda los procedimientos específicos del equipo utilizado. En cualquier caso, se establece que todas las sondas deberán desplazarse a muy baja velocidad (máximo 6 m/min) para



incrementar la resolución vertical de los registros, excepto la sonda de flujometría que podrá desplazarse a velocidad máxima de 12 m/min.

En el caso concreto del registro acoustic televiewer, la velocidad máxima de registro será de 1,5 m/min. La sonda sónica de onda completa se desplazará durante los registros a una velocidad máxima de 3 m/min.

Las medidas se realizarán utilizando cada una de las sondas correspondientes con un equipo electrónico que interprete adecuadamente las señales enviadas por la sonda y que sea capaz de indicar en cada momento la posición de la misma, con una precisión de centímetros así como su velocidad.

Con los datos obtenidos se elaborará un informe final que contenga las diagráffas correctamente representadas, la interpretación litológica de las mismas y las distintas características de los materiales atravesados en términos de interés geológico-geotécnico, los datos del sondeo mecánico que pudieran ser de interés para su interpretación y un plano de situación en planta con las investigaciones realizadas. Se indicará cuál es el software y/o el método a aplicar para la interpretación litológica o paramétrica de las diagráffas.

Se identificarán las diferentes unidades litológicas atravesadas por los sondeos, definiendo los contactos entre ellas y estableciendo la correlación entre sondeos cuando sea posible.

Los registros sónicos de onda completa deberán incluir los registros brutos y los gráficos con los valores de V_p , V_s , Módulo de Young (E), Módulo de Rigidez (G), Módulo de Bulk (K) y Coeficiente de Poisson (μ) deducidos en su interpretación. También se deben identificar en ellos las zonas de falla diferenciando entre fallas abiertas y fallas selladas. Los registros acoustic televiewer, además de las imágenes 3D o de la pared del sondeo desarrollada, deben incluir el análisis estructural completo del sondeo (diagramas de polos, diferenciación de familias de discontinuidades en función de la profundidad, etc.).

Siempre ha de completarse la testificación geofísica realizada con el perfil obtenido procedente de la testificación geológico-geotécnica del sondeo correspondiente, si la hubiere. Si en un mismo sondeo se utilizasen varias técnicas distintas, deberán compararse conjuntamente sus diagráffas resultantes.

A efectos de medición y abono, si tuviera que testificarse, tanto en el descenso como en el ascenso de la sonda por el interior del sondeo, se considerará como un único perfil. El consultor propondrá a la Dirección el tramo del sondeo a ensayar, siendo de abono únicamente el tramo ensayado.

1.11. Ensayos sísmicos en Sondeo (Cross-Hole y Down-Hole)

Para mejorar la identificación de las ondas S se requiere obtener en cada punto al menos dos registros independientes correspondientes a impactos orientados en sentidos contrarios a lo largo de una dirección.

Los registros se obtendrán de abajo a arriba, con geófonos triaxiales.

En el caso de que los sondeos se encuentren llenos de agua deberán usarse hidrófonos.



Cross-Hole: Se debe realizar según la norma D4428 ASTM (2007), donde se explican los procedimientos específicos que hay que seguir para la preparación de los sondeos, la adquisición de los datos y su interpretación.

Se requiere un mínimo de dos sondeos separados entre sí entre 3 y 5 metros.

Se deberá cuidar al máximo la ejecución de los sondeos y medir la dirección y el azimut en cada registro. Además, los sondeos se deben revestir de forma que se asegure el contacto íntimo entre la entubación y el terreno para evitar un mal acoplamiento que pueda provocar retrasos en los tiempos de llegada y atenúe la amplitud de las ondas. Asimismo, deberán fijarse bien los geófonos a la pared del sondeo para cada profundidad ensayada. Debe realizarse el ensayo poco tiempo después de finalizar el sondeo, con el fin de evitar la posible alteración de las paredes de la perforación.

Se deben realizar ensayos independientes para la medida de ondas P y S empleando las fuentes impulsivas más adecuadas para cada uno de los ensayos.

La profundidad de investigación puede alcanzar los 100 m y se recomienda la medida a intervalos de 1 m.

Los resultados se proporcionarán en forma de curvas de V_p , V_s y los diferentes módulos calculados, junto con la señal en bruto. Se proporcionará también una interpretación geológica de los datos a la misma escala del proyecto.

Down-Hole. Deberá seguirse la norma ASTM D7400 (08 Standard Test Methods for Down-Hole Seismic Testing).

Para cada posición del geófono triaxial situado a determinada cota en el sondeo es necesario realizar tres registros independientes que corresponden a un impacto vertical y a dos tangenciales de sentidos contrarios producidos en un mismo punto del terreno próximo a la boca del sondeo.

Se recomienda que el espaciado no sea superior a 1 m. para lograr una óptima resolución.

Para la determinación de V_s es indispensable utilizar un geófono de pozo de tres componentes (triaxial).

1.12. Inventario de puntos de agua

Se realizarán fichas individualizadas de los puntos de agua inventariados, donde se incluirán los siguientes resultados como mínimo:

- Localización: municipio, paraje y coordenadas UTM (X,Y y Z) indicando el método empleado para obtenerlas.
- Croquis de situación del punto.
- Croquis de la explotación, si procede, indicando su grado de utilización y conservación.
- Fotografía representativa del punto, pueden ser necesario más de una.
- Entorno geológico/hidrogeológico.



- Niveles piezométricos. Esquema constructivo del alumbramiento y, si es posible, columna litológica atravesada.
- Caudales extraídos, caudales utilizados, sobrantes.
- Consumos, especificando dotaciones y desglosando si hay varios.
- Instalaciones asociadas: impulsiones, conducciones, depósitos, balsas..., incluyendo croquis, si es necesario, y grado de conservación y utilización.
- Parámetros fisicoquímicos básicos (pH, temperatura, conductividad...).
- Muestras

1.13. Puntos de observación geológicos

Se realizarán fichas individualizadas en los afloramientos más representativos sobre litologías similares a las del trazado (contactos entre litologías, pliegues, fallas, etc.), constituyendo puntos de observación geológica, en los que se recojan al menos los datos que se indican a continuación.

- Denominación del punto de observación
- Identificación: litologías (indicando la abreviatura de las unidades geológico-geotécnicas) y edad geológica.
- Localización: situación aproximada, provincia, término municipal, distancia aproximada a la traza, planta de situación y croquis del afloramiento.
- Descripción geológico-geotécnica: interés del afloramiento, datos estructurales (dirección y buzamiento de las discontinuidades), grado de meteorización, etc.
- Croquis del terreno.
- Fotografías general y de detalle del afloramiento.

Los puntos de observación geológicos serán perfectamente identificables sobre los planos de la planta geológica realizada junto con los símbolos estructurales que correspondan. Se garantizará que existan Puntos de Observación en todas las unidades geológico-geotécnicas representativas.

1.14. Ensayos de bombeo

Para la ejecución de los ensayos de bombeo se efectuará una perforación de un diámetro tal que permita la colocación de tubería de 200 mm de diámetro mínimo de rejilla en el tramo a ensayar y el engravillado correspondiente. El huso granulométrico de esta gravilla y la apertura del filtro se ajustarán a la naturaleza del terreno. Cada uno de estos pozos penetrará al menos 3 m por debajo de la base del acuífero. Se procederá al sellado de la parte superior del pozo con mortero de cemento. Posteriormente se procederá al desarrollo del pozo con aire comprimido.

Cada uno de estos pozos de bombeo llevará asociado al menos 4 piezómetros.

Los ensayos constarán de dos fases, una primera fase de bombeo escalonado para determinar el caudal de ensayo y una segunda fase de bombeo a caudal constante hasta alcanzar el régimen permanente y en cualquier caso, de al menos 24 horas de



duración. Se controlará igualmente la recuperación del nivel durante la menos 24 horas. Los caudales se controlarán mediante tubo de Pitot.

El consultor dispondrá de un sistema de evacuación del agua bombeada lo suficientemente alejado del punto de ensayo para evitar el retorno de caudales a la zona afectada por el ensayo de bombeo.

Las medidas piezométricas en el pozo y piezómetros auxiliares se realizan con frecuencias de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105, 120, 150 y 180 minutos y posteriormente cada hora, siendo este también el plan de medidas seguidas en las recuperaciones. Los niveles se controlarán mediante sondas eléctricas graduadas en centímetros.

Previamente a su ejecución, deberá entregarse una propuesta de construcción del pozo de bombeo así como un protocolo de ejecución del ensayo de bombeo previsto, para su aprobación por la Dirección.

Se empleará un procedimiento de interpretación adecuado a las características del ensayo, método de Theis y Jacob para el régimen no permanente y/o método descensos-distancias (o de Thiem) para el régimen permanente. Para cada uno de ellos se incluirán las curvas que permitan el cálculo de la permeabilidad, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.

1.15. Supervisión de los trabajos y ensayos de campo

Consistirá en la disposición permanente a pie de obra, salvo autorización expresa en contrario de la Dirección, de como mínimo dos técnicos expertos en la materia que serán los encargados de la supervisión y correcta ejecución de todos los trabajos de campo que se estén realizando, la testificación "in situ" de los sondeos y calicatas, la petición de permisos si fueran necesarios, etc. Estos técnicos actuarán según el plan de trabajos previsto o según indique el Director del Contrato, debiendo estar a disposición del mismo siempre que éste lo requiera.

Durante la realización de los trabajos, el Consultor deberá llevar un registro completo, numerado, exacto y legible de cada sondeo o tipo de prospección, que contendrá toda la información sobre las condiciones y naturaleza del terreno, las características del sistema de reconocimiento empleado, las incidencias producidas y la interpretación de los resultados. La Dirección podrá solicitar en cualquier momento al Consultor la entrega de dichos registros.

2. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.1. Condiciones generales

Las muestras tomadas en los distintos reconocimientos se enviarán al laboratorio para realizar los correspondientes ensayos. Éstos dependerán del tipo de terreno, la calidad y la cantidad de la muestra extraída.

Los ensayos de laboratorio se efectuarán conforme a la propuesta aprobada por el Director del Estudio que figura en el Proyecto de Reconocimientos. Se seguirá la normativa vigente, preferiblemente normativa UNE o NLT o, en caso de no existir



norma, las reglas de buena práctica establecidas. En cualquier caso el Consultor seguirá las indicaciones que reciba por parte de la Dirección.

El Consultor deberá utilizar sus propios equipos materiales y humanos ofertados, con prioridad respecto a los de sus colaboradores o subcontratistas. Estos equipos no podrán ser sustituidos por otros distintos sin la aprobación expresa previa de la Dirección.

Todos los equipos de trabajo deberán estar en buenas condiciones durante el desarrollo de los ensayos. Si a juicio del Director del Estudio algún equipo fuera inadecuado, deberá ser reemplazado por otro a costa del Consultor.

No serán de abono aquellos ensayos de laboratorio que no hayan sido aprobados previamente por la Dirección, que no hayan sido realizados siguiendo las especificaciones de este Pliego o cuyos resultados sean incorrectos o defectuosos sistemáticamente por causas achacables al Consultor.

ADIF se reserva la facultad de comprobar los resultados de los ensayos que, a juicio del Director del Estudio, ofrezcan alguna duda, para lo cual el Consultor dispondrá una muestra preparada al efecto. Dicha comprobación será por cuenta de ADIF, salvo en las situaciones en las que la diferencia obtenida, una vez cotejada, difiera notablemente del resultado ofrecido por el Consultor, en cuyo caso, éste abonará el coste del mismo.

El Consultor se compromete a comenzar cuanto antes los ensayos de laboratorio, desde el mismo inicio de los trabajos de campo aprobados en el Proyecto de Reconocimientos.

A continuación se indica la normativa de referencia para algunos ensayos.

Denominación	Norma	UNE
Apertura y descripción de muestras.	ASTM-D2488	EN ISO 14688-1/02
Preparación de cada muestra para cualquier nº de ensayos.	NLT-101/72	103100/95
Determinación de humedad natural.	NLT-102/91	103300/93
Densidad aparente ó seca		103301/94
Peso específico de partículas sólidas		103302/94
Granulometría por tamizado, en suelos.	NLT-104/71	103101/95
Proctor normal.	NLT-107/91	103500/94
Proctor modificado.	NLT-108/91	103501/94
CBR de Laboratorio, normal o modificado, sin incluir Proctor.	NLT-111/78	103502/95



Denominación	Norma	UNE
Presión máxima de hinchamiento, en muestra inalterada o remodelada.	ASTM D-3877	103602/96
Hinchamiento libre, en muestra inalterada o remodelada, en edómetro.	ASTM D-3877	103601/96
Hinchamiento Lambe		103600/96
Ensayo edométrico con curvas consolidación –tiempo		103405/94
Ensayo de colapsabilidad	NLT-254/99	103406/06
Compresión simple en suelos.	NLT-202/91	103400/93
Compresión simple en suelos con presión lateral en célula triaxial		103402/98
Corte directo en suelos.	ASTM-D3080	103401/98
Corte sobre discontinuidades rocosas		ISRM
Triaxial en suelos.		103402/98
Permeabilidad en célula triaxial (1,5" – 2")		103402/98
Permeabilidad en aparato triaxial ó edómetro de gran diámetro (4" a 9")		103402/98
Permeabilidad bajo carga constante en suelos granulares		103403/99
Triaxial en roca		22950-4/92
Carbonatos (cuantitativos).	NLT-116/91	103200/93
Límites de Atterberg		103103/94 y 103104/93
Comprobación de la no plasticidad.	NLT-106/91	103104/93
Determinación del límite de retracción.		103108/96
Granulometría del material que pasa por el tamiz 0,080 UNE. (Sedimentación).	MELC-16-01-a NLT-152/89	103102/95
Granulometría por tamizado en zhorras.	NLT-150/89	103101/95



Denominación	Norma	UNE
Análisis químico completo de agua según EHE para calificar la agresividad para amasados de morteros y hormigones, determinando:		7234
PH		7235
Sustancias orgánicas solubles en éter.	(TGL-11357)	7131
Sulfatos.		7130
Sustancias solubles en agua.		7178
Cloruros.		7132
Hidratos de carbono.		
Análisis químico completo de agua según EHE anejo 5, para determinar su agresividad al hormigón, determinando:		
PH		
Magnesio	EHE	
Amonio		
Sulfatos		
Dióxido de carbono libre		
Residuo seco a 110ºC		
Equivalente de arena.	NLT-113/87	103109/95 ´ EN 933-8/99
Compresión simple en roca, incluso tallado y refrentado.	NLT-250/91	22950-1/90
Determinación del coeficiente de desgaste de Los Ángeles.	NLT-149/91	EN 1097-2/98
Determinación cualitativa de sulfatos en suelos ó agua		103202/95
Determinación del contenido de sulfatos solubles.	NLT-120/72	103201/96
Determinación de la materia orgánica.	NLT-118/72 NLT-117/72	103204/93
Determinación del contenido de sales en suelos.	NLT-114/99	103205/06
Determinación del contenido de yesos en suelos.	NLT-115/99	103206/06
Acidez de Baumann-Gully en suelos.	EHE Anejo 5	



Denominación	Norma	UNE
Contenido de sulfatos en suelos.	EHE Anejo 5	
Análisis mineralógico. (Difracción por rayos X). Método del difractor de polvo		
Porcentaje de absorción de agua.	ASTM-C97	EN 1097-6/00
Medida de la velocidad de propagación de ondas en probetas cilíndricas, incluida la preparación (velocidad sónica).	ASTM-D2845	83308
Compresión simple en roca con bandas extensiométricas, incluso tallado y refrentado.	ASTM-D3148	22950-3/90
Ensayo a tracción indirecta (brasileño).	NLT-253/91	22950-2/90
Ensayo de dispersión o erosión interna (Pin- Hole).	NLT-207/91	
Determinación del índice de Schimazek.		Pr EN 22952 y 22950-2/90
Abrasividad Cerchar.	NF P94-430-1/00	
Dureza Cerchar.	XP P94-412/01	
Determinación del D.R.I. (Drilling Rate Index).	NTNU 13 A-98	
Determinación del desmoronamiento de rocas blandas. Slake Durability Index.	NLT-251/91	
Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la erosión de desmoronamiento en agua.	NLT-255/99	
Determinación del Índice de Lutten.		
Determinación de granulometría completa de balasto con tamices de malla redonda, incluyendo la determinación del porcentaje de elementos de $\varnothing > 80$ mm.	U.I.C.	EN 933-1/97
Granulometría de balasto con tamices de malla cuadrada.	NRV 3-4-0.2/96	
Determinación del espesor mínimo de elementos granulares en balasto.	NRV 3-4-0.2/96	
Determinación del coeficiente de limpieza de la piedra en balasto.	NVR 3-4-00	146130/00 anexo C
Resistencia a los ciclos de hielo y deshielo del balasto.		EN 1367-1/99



Denominación	Norma	UNE
Análisis petrográfico mediante lámina delgada, incluyendo preparación y fotografías en color.	NVR 3-4-00	EN 932-3/96 EN 12407/00
Ensayo de carga puntual Franklin.	NLT-252/91	22950-5/96
Determinación de caras de fractura en balasto o subbalasto.		EN 933-5/98
Coefficiente de forma del árido.		EN 933-4/99
Determinación de elementos aciculares y lajosos (índice de forma) en balasto, mediante calibre o plantilla.	NVR 3-4-00 NRV 3-4-0.2/96	
Determinación del porcentaje de distintos tipos de roca constituyentes de un balasto. (Coeficiente de homogeneidad).	NRV 3-4-0.2/96	
Determinación del coeficiente Micro-Deval húmedo.	NF P 18572	EN 1097-1/96
Determinación del coeficiente de friabilidad.	NLT-351/74	83112/89
Determinación de la dureza Schmidt.	NRV 3-400	83307
Determinación de la estabilidad de un balasto frente a disoluciones de sulfato sódico o magnésico.	NLT-158/72	EN 1367-2/98
Reactividad de los áridos con los álcalis del cemento (álcali-sílice).		146507-1/99
Densidad "in situ" por medio de isótopos radioactivos.	ASTM D-3017/01	

3. PRESENTACIÓN DE TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO

En los anejos del estudio deberán quedar recogidos en formato DIN-A3 todos los datos que se incluyen a continuación. En la parte superior de cada hoja se indicará el nombre del Consultor, la denominación contractual del Estudio y se incluirá el logotipo de ADIF.

Sondeos

Para cada sondeo se adjuntará una ficha técnica que incluya al menos lo siguiente:

Un registro de situación y emplazamiento del sondeo, en hoja previa, que incluya: fotografías en color (del entorno antes y después del emplazamiento, con la sonda posicionada durante su ejecución y de la tapa del sondeo), planta de situación (sobre planos del estudio informativo) y ubicación sobre foto aérea/ortofoto. En el caso de que se haya realizado un acceso se indicará en la planta de situación.



El registro del sondeo que contenga al menos la siguiente información:

Identificación del sondeo y referencia a los datos de levantamiento (coordenadas x,y,z). Se indicará también el PK, la distancia al eje y la inclinación y orientación del sondeo.

Fecha de comienzo y de terminación.

Nombres del técnico supervisor y del sondista.

Identificación de la maquinaria utilizada.

Datos de perforación: sistema de perforación, tipo de batería, corona, diámetro de perforación, perforación en seco o con adición de agua, tipo de lodos (si se emplearan), diámetro del revestimiento y profundidades de todas las maniobras realizadas.

Porcentaje de recuperación del testigo.

Descripción geológico-geotécnica del testigo. Se efectuará una descripción sistemática del testigo, indicando siempre primero la abreviatura de la unidad geológico-geotécnica correspondiente.

En terrenos tipo suelo la descripción seguirá el orden siguiente: litología, indicando el componente principal seguido del componente secundario mediante sufijos indicativos del porcentaje que representa, color y consistencia/compacidad. A continuación y aparte se incluirán también los datos adicionales que se consideren relevantes, tales como tamaño de grano, textura, componentes accesorios, cambios composicionales, grado de cementación, contenido en materia orgánica, observaciones organolépticas, valores de la resistencia al corte sin drenaje con aparato vane-test de bolsillo y resistencia a la penetración con el penetrómetro de bolsillo, etc.

En terrenos tipo roca se indicará la litología, resistencia y color y a continuación otros datos relevantes tales como naturaleza y tamaño de los clastos de la matriz, componentes accesorios, tipo de cemento, signos de oxidación, niveles nodulares intercalados, reacción al CIH, etc.

Pueden tomarse como referencia las nomenclaturas recomendadas en la Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras (Ministerio de Fomento, 2003), Código Técnico de la Edificación (Ministerio de la Vivienda, 2006) o la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). El empleo de cualquier otra nomenclatura deberá contar con la aprobación de la Dirección.

Profundidad de cada cambio de tipo de terreno y su espesor.

Profundidad de fin de sondeo.

Para cada muestra obtenida, las cotas del principio y del fondo, tipo, longitud y número (todas las muestras se numerarán consecutivamente).

Número de golpes para 4 tandas de 15 cm de penetración y el valor del golpeo N del ensayo SPT. En columna aparte se indicará el valor de N corregido.

El número de golpes por cada tramo de penetración deberá incluirse también en el caso de muestra inalterada (MI).



Profundidad del nivel piezométrico.

Método y cuantía de presión utilizado para introducir el tomamuestras de pared delgada y longitud y diámetro de cada una de las muestras obtenidas.

Resultado de los ensayos in situ: ensayos de permeabilidad, presiómetros y otros.

Resultados de la totalidad de los ensayos de laboratorio realizados y clasificación según USCS de todas las muestras ensayadas en suelos.

Parámetros de perforación (velocidad de avance, presión, par, r.p.m. etc.), cuando se soliciten expresamente; en caso contrario, sólo se anotarán observaciones cualitativas de dichos parámetros.

Se incluirá un apartado denominado "observaciones" en la parte inferior de cada hoja, en el cual deberá registrarse siempre si se ha detectado o no nivel piezométrico, su cota y fecha y los comentarios al respecto. Se registrarán también datos tales como achiques realizados, pérdidas de fluido de perforación, inestabilidades de las paredes, caídas de batería, comentarios sobre recuperaciones, expansiones o retracciones del testigo, averías y otras incidencias. Se indicarán las correcciones aplicadas para determinar el valor de golpeo Ncorregido. Se incluirá también la leyenda de las siglas y abreviaturas adoptadas.

Fotografías en color de cada una de las cajas portatestigos, incluidas en hojas aparte a continuación, indicando al pie de cada una el tramo de profundidad que corresponda.

Además, en los sondeos en roca el registro incluirá también:

RQD, número de fracturas cada 30 cm y grado de meteorización.

Resistencia de la matriz rocosa.

Identificación del tipo de discontinuidad: estratificación, esquistosidad, falla, diaclasa, etc.

Número y orientación de las familias de discontinuidades (dirección y buzamiento).

Características de las discontinuidades: rugosidad, espesor y naturaleza del material de relleno.

Profundidades en las que se observan cambios en la velocidad de avance del sondeo, con las observaciones precisas.

Calicatas

Para cada calicata se adjuntará una ficha técnica que contenga al menos la siguiente información:

Identificación de la calicata y referencia a los datos de levantamiento (coordenadas x,y,z). Se indicará también el PK y la distancia al eje.

Nombre del técnico supervisor.

Fecha de ejecución.

Identificación de la maquinaria utilizada.



Profundidad alcanzada en la calicata.

Se indicará en un apartado denominado "observaciones" toda la información sobre condiciones de excavabilidad del terreno, estabilidad de las paredes y posición del nivel freático. Asimismo, se indicará el tiempo en que la excavación ha permanecido abierta desde su finalización.

Descripción geológico-geotécnica del corte del terreno visualizado en la calicata. Los criterios de descripción serán los mismos que los indicados para los sondeos.

Profundidad de cada cambio de tipo de terreno y su espesor.

Profundidad de la toma de muestras, acotada con la suficiente precisión.

Resultados de la testificación geotécnica: valor de la resistencia al corte sin drenaje con aparato vane-test de bolsillo y resistencia a la penetración con el penetrómetro de bolsillo.

Resultados de la totalidad de los ensayos de laboratorio realizados (ensayos de identificación, Próctor, CBR, químicos, etc). Se incluirá la clasificación según USCS de todas las muestras ensayadas.

Fotografías en color de la calicata abierta, del material extraído y de la zona después de su reposición.

Además, en las calicatas de plataforma se incluirá también:

Clasificación según la ficha UIC-719 (para plataformas en estudio con ancho ibérico)

Densidad y humedad "in situ" por el método nuclear y por el método de la arena.

Grado de compactación (%) respecto de la densidad máxima Próctor Normal/Modificado.

Croquis de la sección transversal que ilustre la posición del reconocimiento.

Ensayos de penetración dinámica o estática

Para cada ensayo de penetración se adjuntará una ficha técnica que contenga al menos la siguiente información:

Identificación del ensayo de penetración y referencia a los datos de levantamiento (coordenadas x,y,z). Se indicará también el PK y la distancia al eje.

Nombre del técnico supervisor.

Fecha de ejecución.

Identificación de la maquinaria utilizada.

Profundidad alcanzada.

Identificación del nivel de rechazo.

Profundidad del nivel freático cuando sea posible su medición o estimación mediante la longitud del varillaje mojado u otro sistema.

Fotografía en color del emplazamiento durante la ejecución de cada ensayo.



En el caso del ensayo de penetración dinámica se incluirá el registro del número de golpes necesarios para cada 20 cm de penetración, así como los datos del aparato siguientes: peso de la maza, altura de caída, dimensiones de la puntaza, diámetro del varillaje y sistema de golpeo (automático o manual).

Además, en los penetrómetros de plataforma se incluirá también:

Croquis de la sección transversal que ilustre la posición del reconocimiento.

En el caso del ensayo de penetración estática se utilizarán exclusivamente equipos automáticos con punta eléctrica y se incluirán los datos del aparato siguientes: croquis con dimensiones de la puntaza, área de la camisa de fricción, capacidad de empuje y velocidad de avance y los registros continuos de la resistencia en punta y del rozamiento lateral, así como el de presión intersticial y de disipación de la misma en el caso del piezocono.

Investigación geofísica

Para cada punto o perfil geofísico investigado se adjuntará un informe que contenga, con carácter general, la siguiente información:

Identificación de la prospección: método geofísico utilizado.

Nombres del operador y del técnico responsable.

Fecha de ejecución.

Plano de replanteo en planta de los puntos y perfiles investigados con la situación de las prospecciones realizadas.

Croquis de las configuraciones o dispositivos utilizados.

Descripción de los equipos utilizados, medios auxiliares y cuantas observaciones sean precisas, en relación con la ejecución.

Método de procesado e interpretación de los datos, con indicación del software empleado.

Registros numéricos originales de campo.

Filtrado de los datos defectuosos.

Perfiles resultantes de las alineaciones prospectadas y características de los distintos horizontes con la interpretación geológica superpuesta y la ubicación de los reconocimientos existentes.

Informe explicativo de la campaña realizada y los resultados obtenidos.

Fotografías en color.

De modo específico, en función del tipo de investigación realizada, se completará la anterior información con los documentos especificados con anterioridad en los apartados correspondientes del presente Pliego.



Ensayos de presiometría y dilatometría

Se incluirá una memoria previa que incluirá los siguientes aspectos:

Propietario de los equipos y técnicos que realizan los ensayos y su interpretación.

Modelo y marca de los equipos utilizados y sus características.

Descripción de los métodos de interpretación utilizados y contraste entre los distintos resultados obtenidos. Especial atención se prestará en lo referente a la estimación de la presión límite, donde se podrán utilizar distintos métodos. En cualquier caso, cuando sea necesario utilizar una extrapolación, los resultados siempre se compararan con los obtenidos mediante el siguiente sistema:

Se considera como presión límite la necesaria para alcanzar un valor de deformación volumétrica $(V_i - V_0)/V_0 = 1$. Para estimarlo se utilizará la extrapolación de la curva neta de la Presión VS $\log((V_i - V_0)/V_0)$. Siendo:

V_0 es el volumen inicial de la cavidad donde se realiza el ensayo.

V_i es el volumen de la cavidad alcanzado en el escalón i .

Resultados de la calibración en tubo rígido y en vacío de todas las camisas empleadas en la campaña, identificando claramente cada una e indicando las siguientes características: material, espesor y diámetro exterior. Se incluirán las curvas presión-deformación y las correlaciones matemáticas que se vayan a emplear en los cálculos.

Para cada punto ensayado se aportará la siguiente información:

Sondeo donde se realiza el ensayo, profundidad donde se emplaza, litología y unidad geotécnica ensayada.

Identificación clara de la camisa empleada en la prueba y la marca y modelo de la sonda.

Registro de la curva presiométrica bruta, representado adicionalmente todos los valores de corrección acumulada que se aplican en cada escalón de carga.

Registro de la curva presiométrica neta, indicando los tramos rectos usados en los cálculos de los módulos de rigidez del terreno en cada ciclo de carga-descarga. También se indicará la presión de fluencia bruta y neta estimada.

Para cada ciclo se indicará los pares de valores netos utilizados en el cálculo de la rigidez del terreno, radio neto inicial adoptado de la cavidad, coeficiente de Poisson y módulos de corte y módulos presiométricos estimados.

Salvo que se alcance claramente la rama horizontal de la curva presiométrica y se pueda estimar directamente la presión límite, se representará la extrapolación utilizada para estimarla. Se indicará claramente cual es la curva de partida, el tramo utilizado en la extrapolación y el tramo extrapolado hasta alcanzar la deformación correspondiente a la presión límite.

Ensayos de carga con placa



Para cada ensayo de carga con placa se adjuntará una ficha técnica que contenga al menos la siguiente información:

Identificación del ensayo de carga con placa y referencia a los datos de levantamiento (coordenadas x,y,z). Se indicará también el PK y la distancia al eje.

Nombre del técnico supervisor.

Fecha de ejecución.

Condiciones de ejecución del ensayo: climatología, temperatura y humedad.

Características de la placa empleada (forma y dimensiones, dispositivo de reacción, etc.) y croquis del dispositivo de ensayo utilizado.

Corte del terreno visualizado en la calicata abierta y características de identificación del suelo bajo la placa, ensayada a partir de muestra obtenida una vez finalizado el ensayo.

Datos originales de campo donde figuren los escalones de carga, el tiempo, la lectura de los cuadrantes y el asiento obtenido.

Gráficos presión-asiento y tiempo-asiento.

Módulo de deformación vertical de cada ciclo de carga y relación entre módulos E_{v2}/E_{v1} .

Se indicarán en un apartado denominado "observaciones", situado en la parte inferior, los comentarios en relación al comportamiento del terreno durante la realización del ensayo y las incidencias ocurridas durante su ejecución.

Fotografías en color durante la ejecución del ensayo y después del mismo.



**CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A
GALICIA.**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

ANEJO Nº 5

**INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS DE INSTRUMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLÓGICO**



ÍNDICE

ÍNDICE 2

1. PLAN DE AUSCULTACIÓN	4
1.1. Sistemas de auscultación	4
1.2. Umbrales	5
1.3. Frecuencia de lecturas	6
1.4. Protocolo de Actuación	6
1.5. Procesado de datos.....	6
2. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN	7
2.1. Control hidrogeológico.....	7
2.2. Instalación de piezómetros.....	7
2.3. Aforos	12
2.4. Instrumentación.....	17
2.5. Módulos de adquisición y almacenamiento de datos.....	20
2.6. Estaciones meteorológicas.....	20
2.7. Control de movimientos verticales.....	21
2.8. Extensómetros	21
2.9. Hitos de nivelación	21
2.10. Bases de nivelación	22
2.11. Regletas de nivelación	22
2.12. Miniprismas y control de asientos robotizado	22
2.13. Electroniveles	23
2.14. Arquetas de subsidencia combinada.....	23
2.15. Placas de asiento.....	24
2.16. Líneas continuas de asiento.....	25
2.17. Otros sistemas de control de movimientos verticales	26



2.18.	Control de movimientos horizontales	26
2.19.	Inclinómetros	26
2.20.	Clinómetros.....	27
2.21.	Desplomes	27
2.22.	Otros sistemas de control de movimientos horizontales	27
2.23.	Control de movimientos en el interior de túneles	28
2.24.	Convergencias.....	28
2.25.	Células de presión	28
2.26.	Extensómetros de cuerda vibrante	28
2.27.	Células de carga en anclajes	29
2.28.	Vehículo auscultador (vehículo de inspección automatizada)	29
1.	Láser-Escaner	30
2.	Cámaras de alta resolución	30
3.	INFORMES DE SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
3.1.	Informe de Incidencias	31
3.2.	Informes de seguimiento periódicos	31
3.3.	Informe Final de Auscultación	32



TRABAJOS DE AUSCULTACIÓN

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 Dirección del Contrato.

1. 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, encuadrado 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...

1.1. 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.

1.2. 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.

1.3. 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.

1.4. 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.

1.5. 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.

2. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

2.1. Control hidrogeológico

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

2.2. 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 silíceas (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 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 silíceas calibradas, 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 eliminarán 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 instalarán 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 Dirección del Contrato, 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 Dirección del Contrato y aceptadas por ésta.

2.3. 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 cuenta 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 en 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 Dirección del Contrato.

Registro de datos y presentación

Todos los datos del aforo deberán quedar reflejados en un Parte de Aforo en Campo, y posteriormente transcritos 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.

2.4. 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 Dirección del Contrato.

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 Dirección del Contrato 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 instalar 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 Dirección del Contrato.

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.

2.5. 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.

2.6. Estaciones meteorológicas.

Cuando no sea posible obtener registros de estaciones meteorológicas públicas o cuando estas no tengan la calidad suficiente o simplemente no sean útiles, la Dirección del Contrato puede ordenar la instalación de estaciones meteorológicas propias de ADIF.

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.

2.7. 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.

2.8. 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.

2.9. 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.



2.10. 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.

2.11. 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.

2.12. 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 permitir 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.

2.13. 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 $\pm 13\text{mm/m}$ y la precisión de $0,1\text{mm/m}$.

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.

2.14. 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.

2.15. 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 100mm 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 relleno del relleno.

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

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.



2.16. 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.

2.17. Otros sistemas de control de movimientos verticales

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

2.18. Control de movimientos horizontales

2.19. Inclínómetros

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 (2×10^{-5} rad) radianes y una precisión de cinco por diez elevado a menos cuatro radianes (5×10^{-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.

2.20. 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 $\pm 10^\circ$ a $\pm 30^\circ$.

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.

2.21. 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.

2.22. Otros sistemas de control de movimientos horizontales

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



aprobación de la Dirección.

2.23. Control de movimientos en el interior de túneles

2.24. 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.

2.25. Células de presión

El rango de presiones será de tres MegaPascuales (3 MPa) para las células radiales y de treinta MegaPascuales (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.

2.26. 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 $\mu\text{m}/\text{m}$ con una resolución de 0,5 $\mu\text{m}/\text{m}$.



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.

2.27. 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.

2.28. Vehículo auscultador (vehículo de inspección automatizada)

Equipos de inspección para realizar una auscultación continua 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**.

1. 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.

2. 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.

3. 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:

3.1. 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.

3.2. 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.

3.3. 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.



AUTORIZACIONES

IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO:

CONTRATO DE SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y SEGUIMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL ENTORNO DEL TRAMO OURENSE-VIGO. LÍNEA DE ALTA PRESTACIONES A GALICIA.

- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.
- SE INCLUYEN 5 ANEJOS.

RELACIÓN DE CARGOS FIRMANTES

Propone	Firma: Miguel Simón Garrido Ruiz	Cargo: Jefe de Hidrogeología (*)
Conforme	Firma: Francisco Javier Izquierdo Revilla	Cargo: Gerente de Área de Ingeniería del Terreno (*)

(*) Firman en virtud de la Resolución del Presidente de la Entidad Pública Empresarial ADIF-ALTA VELOCIDAD, de 17 de enero de 2014, por la que se acuerda encomendar la realización de determinadas tareas a la Entidad Pública Empresarial Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). BOE 11/02/2014

