

ANEXO - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS.

OBJETO: Realizar la exploración geotécnica directa mediante perforaciones mecánicas por rotación con muestreo continuo en diámetro HQ, apiques, ensayos de laboratorio, suministro e instalación de instrumentación geotécnica y exploración indirecta mediante ensayos de refracción sísmica y pruebas down-hole, en el municipio de Pereira, departamento de Risaralda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Desarrollar exploración geotécnica con equipo de perforación mecánica por rotación con recuperación continua de núcleos en diámetro HQ, con profundidad promedio entre 10 y 30 m, en 12 sitios escogidos en el área urbana, de expansión urbana del municipio, para un total de 180 metros lineales de perforación.
- Obtener muestras inalteradas de los materiales geológicos perforados para su descripción visual y para la ejecución de ensayos geotécnicos de laboratorio.
- Realizar apiques con toma de muestras inalteradas (bloque) y levantamiento geológico de los materiales observados en las paredes y fondo de la excavación.
- Identificar la profundidad del nivel de agua detectada en cada una de las perforaciones y apiques ejecutados.
- Suministrar e instalar la instrumentación para 10 sitios de perforación distribuidos así:
 - A. Suministro e instalación de tubería y aditamentos para inclinómetro, en 5 sitios de 15 metros.
 - B. Suministro e instalación tubería y aditamentos para piezómetro en 5 sitios de 15 metros en los sitios definidos por el SGC.
- Realizar ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas en las perforaciones, con el fin de caracterizar los materiales geológicos, mediante ensayos de clasificación, resistencia y compresibilidad.
- Desarrollar exploración geotécnica indirecta mediante el método de refracción sísmica para obtener tomografías sísmicas en 3 sitios, para un total de 360 metros lineales
- Realizar pruebas Down-Hole en 3 sitios de perforación definidos por el SGC.
- Calcular las velocidades compresionales (V_p) y de corte (V_s), para las ondas de cuerpo, de los diferentes estratos que componen el subsuelo de la zona de estudio y con base en estas velocidades, presentar un modelo que muestre las diferentes capas del subsuelo, la forma del contacto entre ellas y sus espesores.
- Calcular los módulos elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de poisson, a partir de V_p y V_s .

GENERALIDADES

1. Área de estudio.

El área de estudio está compuesta por un (1) polígono localizado en el municipio de Pereira departamento de Risaralda que comprende sectores del área urbana y de expansión urbana, (figura 1). El polígono se encuentra limitado al norte por el río Otún, al sur por la quebrada La Dulcera, río Consotá y colinda con predios del aeropuerto Matecaña. Incluye parte de los barrios Gilberto Peláez, La Libertad, Matecaña, Gabriel Trujillo, Simón Bolívar, Nacederos, José Hilario López I y II, Av. 30 de Agosto, Sureste de la Sierra, El Plumón, El Plumón Bajo y Alto, Villa Alicia, Alcázares, Torres de San Mateo, La Hacienda, Nueva Esperanza y Altos de Consotá, que pertenecen principalmente a las comunas Ferrocarril, aeropuerto y Olímpica.

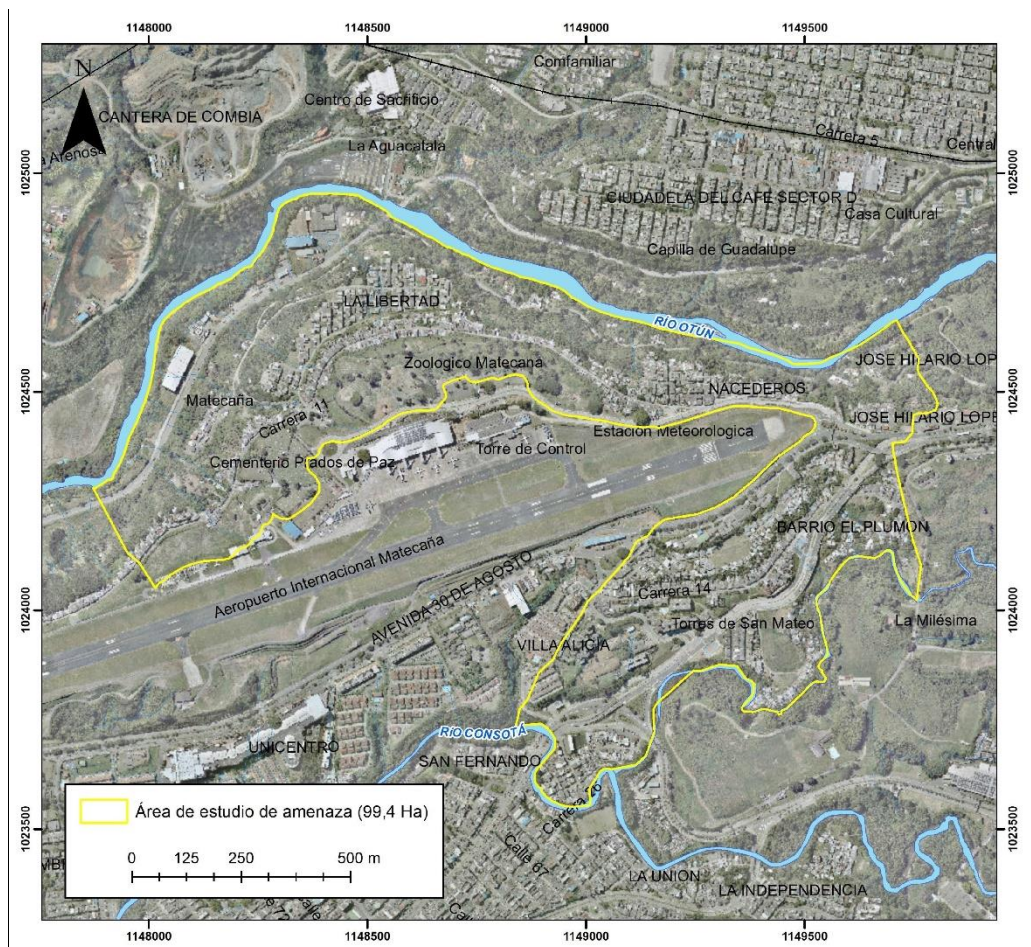


Figura 1. Localización áreas de estudio-municipio Pereira, departamento de Risaralda

Fuente: autores

Unidades Geológicas o tipos de materiales a identificar en exploración.

Regionalmente la zona de estudio se encuentra ubicada sobre el abanico volcánico Quindío-Risaralda situado en el flanco occidental de la Cordillera Central, de edad Plio-Pleistoceno, el cual se encuentra limitado al occidente por los sedimentos terciarios de la Serranía de Santa Barbara y por el valle del río Cauca. Este abanico se caracteriza por la presencia de depósitos de avalanchas de escombros, de flujos de escombros y de flujos hiperconcentrados, resultado de la interacción entre la deglaciación de los picos nevados y la actividad del complejo volcánico del paramillo del Quindío. La zona de estudio se encuentra localizada en un ambiente morfo-genético predominantemente volcánico, sin embargo, al encontrarse limitada por importantes afluentes hídricos como lo son el río Otún y la quebrada La Dulcera, algunas unidades geomorfológicas se asocian al ambiente fluvial. Localmente la unidad geomorfológica predominante es el flujo lahárico aterrazado (Vfla) asociado a la acumulación de productos volcánicos como lavas, cenizas, bloques y detritos, los cuales han sido transportados, mezclados y retrabajados por ríos presentes; y en otros casos provienen del derretimiento del hielo o nieve durante las erupciones volcánicas; esta geoforma es prácticamente plana con orden de inclinación menor de los 5° y presenta superficies irregulares debido a la acumulación y disección de la misma. Esta unidad se ve acompañada por escarpes de flujo lahárico aterrazado (Vflae), la cual se caracteriza por tener laderas de forma ondulada y pendiente escarpada con un rango mayor a 45°, el índice de contraste de relieve es bajo con valores entre 30 m y 74 m; su génesis se relaciona a procesos de disección intensos producidos por corrientes de agua las cuales socavan y deterioran los materiales no consolidados generando valles en V, en este caso, estos materiales corresponde a los depósitos de flujos de lodo y caídas de cenizas recientes. Finalmente, la unidad de origen fluvial presente en la zona es el Cauce aluvial (Fca) asociado al cauce del río Otún, la cual cuenta con un tipo de relieve plano, con un índice de relieve muy bajo y ha sido formada a partir de la sobre-excavación de corrientes perennes sobre los macizos rocosos y sedimentos de tipo aluvial (Qal).

De tal manera, las unidades geológicas y geomorfológicas presentes se encuentran asociadas tanto a las dinámicas de los complejos volcánicos mencionados anteriormente, como a las dinámicas fluviales de las corrientes que limitan la zona. Estas unidades se ven interpretadas en los estudios realizados por INGEOMINAS (1984 y 2014) para la plancha 224 – Pereira. A continuación, se describen brevemente los materiales que componen estas unidades geológicas (disponibles a escala 1:100.000) y se complementan con descripciones detalladas de unidades descritas por Pulgarín (2017) en locaciones aledañas al área de estudio.

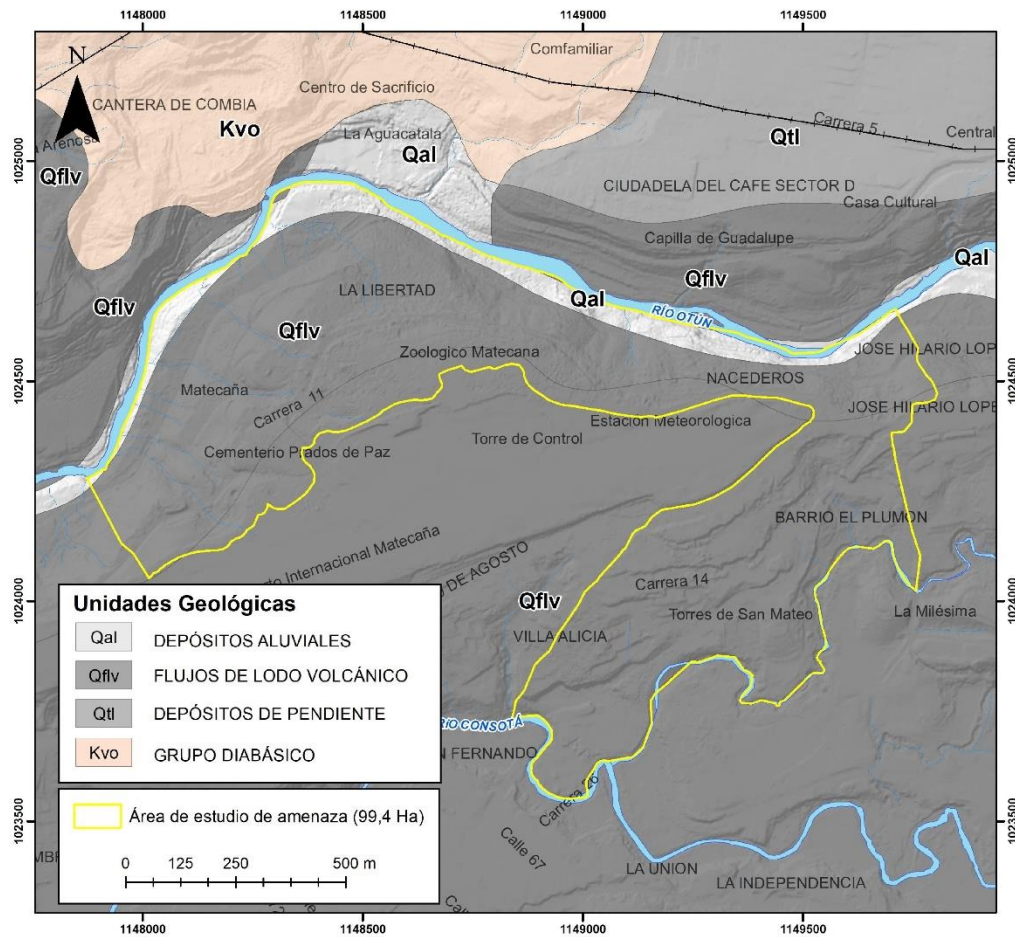


Figura 1. Mapa de Unidades Geológicas

Fuente: Geología y geoquímica de la Plancha 224 – Pereira (INGEOMINAS, 1984)

- Flujos de lodo volcánico (Qflv)

Esta unidad, de origen fluvio-glaciar, está compuesta principalmente por rocas piroclásticas, lapilli y fragmentos de rocas volcánicas, metamórficas (en menor medida) e intrusivas y presenta espesores mayores a 50 m. Particularmente, los bloques que componen estos flujos de lodo o flujos de detritos, varían en tamaño de 2 cm a 5 m aproximadamente.

Pulgarín (2017) identifica en este sector, en inmediaciones del río Otún, la formación Romelia-El Pollo (48 – 25 ka), correspondiente a un flujo de detritos que conforma una terraza de depositación con moderada disección, compuesta de fragmentos volcánicos, basamento (esquistos verdes y negros), gabros y basaltos. Esta unidad cuenta con espesores de hasta 15m y se encuentra intercalada con depósitos piroclásticos y paleosuelos.

Depósitos aluviales (Qal)

Depósitos típicamente clastosoportados de clastos muy redondeados, producto de la dinámica fluvial de cauces y ríos. En la zona de estudio se identifican depósitos asociados a los cauces del río Otún y la quebrada La Dulcera, principales afluentes en la zona.

ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Exploración geotécnica directa:

Se realizará en el área urbana, de expansión urbana del municipio de Pereira departamento de Risaralda.

- Ejecución de 12 perforaciones mecánicas con equipo de rotación, muestreo continuo, diámetro de muestreo HQ, a profundidad que varía entre 10 y 30 metros, para un total de 180 m lineales de perforación.
- En caso de encontrarse unidades de roca o el macizo rocoso, se deberá penetrar la roca al menos 2.0 m, para finalizar la perforación, lo anterior de ninguna manera se constituye en un porcentaje estimado de perforación en roca por lo que el contratista deberá perforar todo tipo de materiales.
- Obtener muestras “inalteradas” con fines de caracterización de los materiales geológicos del área de estudio.
- Ejecución de 10 apiques de 1,5 a 2,0 m de profundidad con toma de muestra en bloque con el fin de caracterizar los materiales más superficiales en zona de estudio.

Exploración Indirecta mediante métodos geofísicos

- Ejecución de 3 líneas sísmicas por método de refracción sísmica, para el cálculo de velocidades de ondas de cuerpo independientes tanto compresionales P, como de corte S, con longitud de cada línea de 120 m y un arreglo geométrico de 5m cada geófono para interpretación hasta una profundidad no menor de 50 m.
- Realizar pruebas Down-hole en tres (3) de las perforaciones definidas.

Ensayos de laboratorio de geotecnia:

- Granulometría por tamizado con lavado: 15 ensayos
- Límites de consistencia: 40 ensayos
- Lavado sobre tamiz 200: 15 ensayos
- Granulometría por hidrómetro: 15 ensayos
- Peso unitario (Roca): 15 ensayos
- Peso unitario (Suelo): 25 ensayos
- Resistencia a la compresión uniaxial(Roca): 6 ensayos
- Compresión inconfiada (Suelo): 4 ensayos
- Compresión triaxial - CU (3 puntos)(6 carreras): 12 ensayos

- Corte directo - CD, parámetros pico y residual (3 puntos) 6 carreras: 23 ensayos
- Corte directo - CD, parámetros pico y residual (3 puntos) 6 carreras (Roca): 3 ensayos
- Consolidación lenta con descarga y recarga: 6 ensayos

Instrumentación geotécnica

- Suministro e instalación de tubería y aditamentos para inclinómetro en 5 perforaciones (longitud aproximada 120 m).
- Suministro e instalación de tubería y aditamentos para piezómetro tipo Casagrande en 5 perforaciones (longitud aproximada 105 m).

En la tabla 1, se relacionan las actividades a contratar con su respectiva especificación técnica.

Tabla 1. Especificaciones técnicas asociadas

ÍTEM	1. EXPLORACIÓN DE CAMPO		2.1	Perforación mecánica por rotación, diámetro HQ	ASTM D2113 ASTM D5876
	DESCRIPCIÓN	Especificación Asociada			
2.2	Suministro e instalación tubería y aditamentos para inclinómetro	ASTM D6230			
2.3	Suministro e instalación tubería y aditamentos para piezómetro	ASTM D5092			
2.4	Apiques 1,5 a 2,0 m de profundidad	INVIAS E-104-13			
ÍTEM	2. ENSAYOS DE LABORATORIO				
	DESCRIPCIÓN	Especificación Asociada			
2.1	Humedad Natural	ASTM D 2216-10			
2.2	Granulometría por tamizado con lavado	ASTM D 422-63 (reaprobada 2007)			
2.3	Límites de consistencia	ASTM D 4318-10			
2.4	Lavado sobre tamiz 200	ASTM D 422-63 (reaprobada 2007) / D-6913			

2.5	Granulometría por hidrómetro	ASTM D 422-63 (reaprobada 2007) / D-6913
2.6	Gravedad específica	ASTM D 854-10
2.7	Peso unitario	ASTM D-2937 (roca) ASTM D-854 (suelo)
2.8	Compresión inconfiada	ASTM D 2938 (roca) ASTM D 2166 - 06 (suelos)
2.9	Compresión triaxial - CU (3 puntos)	ASTM D 4767 - 11 ASTM D 2850/03 a (reaprobada 2007)
2.10	Corte directo - CD, parámetros pico y residual (3 puntos). 6 carreras	ASTM D 3080/D3080M – 11
2.11	Consolidación lenta con descarga y recarga	ASTM D-2435
2.12	Resistencia a la compresión uniaxial	ASTM D7012-10
2.12	líneas de refracción sísmica	ASTM D 5777 (Vp)
2.13	Pruebas Down Hole	ASTM D7400

Fuente; Autores

Igualmente, los trabajos a realizar deben atender a las especificaciones técnicas que se exponen a continuación:

- Obtener las coordenadas de localización de cada una de las exploraciones y líneas indicadas en campo por el supervisor, expresadas en coordenadas geográficas y las correspondientes cotas en msnm, amarradas a la cartografía del IGAC en el sistema MAGNA SIRGAS.
- Realizar perforaciones mecánicas por rotación con recuperación continua de muestras en diámetro HQ, en un total de 180 m lineales distribuidos de la siguiente manera:
Las perforaciones se deberán realizar exclusivamente por rotación. No se aceptará el avance de perforaciones por percusión y lavado.
- Debe garantizarse en todo momento la estabilidad de la pared de perforación. Cuando se use encamisado, la punta del mismo debe avanzar hasta una cota superior a las cotas previstas del posterior muestreo. El nivel del lodo de perforación dentro de la perforación debe permanecer siempre por encima del rango de cotas del nivel freático comprobado o estimado en el sitio.

- Se deberá mantener durante la exploración, profesionales en Ingeniería Civil, Geología o Ingeniería Geológica en calidad de Residentes de Campo, según las cantidades dadas posteriormente, teniendo en cuenta la importancia que reviste su presencia y el requerimiento del personal propuesto. Estos profesionales deben dedicar tiempo completo durante la ejecución de los trabajos de campo.
- Se deberá presentar una descripción detallada de la metodología a desarrollar y equipos a utilizar; tanto de la adquisición como de la interpretación de los datos. Así mismo una relación de los trabajos ejecutados por el contratista (objetivos, cliente, lugar y fecha de ejecución, duración, síntesis de los resultados), que correspondan específicamente a la temática en cuestión, anexando soportes que así lo certifiquen.
- La recuperación de muestras debe ser continua. Cada una de ellas debe identificarse correctamente mediante un rótulo visible que indique los nombres del Proyecto y de la perforación, fecha, número y profundidad de la muestra, longitud de recuperación y observaciones si es necesario. Las muestras deben permanecer aisladas de la intemperie, deben ser envueltas totalmente con papel aluminio y posteriormente envueltas totalmente con vinipel. El rótulo de identificación debe insertarse entre las diferentes capas de vinipel evitando que quede en contacto directo con la muestra para evitar que se humedezca. Debe indicarse sobre la muestra, la dirección de la perforación, mediante una flecha. Las muestras envueltas deben descansar sobre canaletas semi-cilíndricas de PVC y posteriormente envolver el conjunto muestra-canaleta con vinipel. Finalmente, para su preservación, traslado y entrega, las muestras deben almacenarse en las cajas estándar de la Litoteca Nacional, de color azul, según se muestra en la figura 2, con marcas de tope y base, etiquetando cada una de las cajas con la identificación del Proyecto, perforación, números de las muestras, intervalo de profundidad, fecha, contratista y equipo de perforación.
- Las muestras, incluida la caja azul estándar de la Litoteca Nacional, se debe entregar en los sitios y fechas indicadas por el SGC. El costo del empaque y transporte de los núcleos estarán a cargo del Contratista.
- Las cajas azules, estándar de la Litoteca Nacional, son fabricadas con polipropileno de alta densidad (PEAD) se componen de dos partes, cuerpo y tapa, las dimensiones de las cajas son: 960 mm de longitud x 240 mm de ancho x 100 mm de alto (Figura 2).



Figura 2. Caja azul estándar de la Litoteca Nacional. (sobre la tapa se aprecian además las canaletas de PVC)

Fuente; Autores

- En cada una de las cajas de muestras, al tomarse una para realizar ensayos, se debe insertar en su reemplazo listones de madera con la información de los ensayos realizados y la fecha de los mismos, de tal manera que las muestras sobrantes, no utilizadas por el Contratista para la realización de ensayos de laboratorio, deben entregarse según las especificaciones dadas, en las instalaciones del SGC, en la ciudad de Bogotá.
- En el caso de muestras tomadas en tubos de pared delgada (Shelby), éstas no podrán ser extruidas en campo y deben transportarse en el tubo muestreador hasta el sitio de destino. En cada extremo del tubo, se debe retirar al menos 1" de suelo, que servirá para la descripción visual del material. Los extremos del tubo deben sellarse con empaquetadores plásticos expandibles.
- Para las perforaciones en materiales inconsolidados que puedan ser lavados fácilmente durante el proceso (arenas sueltas, matriz arenosa suelta de depósitos coluviales o fluvio-torrencales, materiales finos de consistencia blanda a muy blanda, entre otros) se debe ajustar la velocidad de rotación del equipo, las condiciones del fluido de perforación y si es el caso otros parámetros mecánicos, de modo que se obtenga la mejor calidad de la muestra; en todo caso, para este tipo de materiales se debe recuperar muestras de bolsas de agua de lavado adicionales a las recuperadas con el muestreador.

- Teniendo en cuenta que las actividades a contratar tienen como fin primordial el lograr la caracterización geomecánica de los materiales encontrados en las zonas de estudio, así como, determinar su disposición en profundidad, para materiales de difícil recuperación, el contratista implementará las acciones necesarias, de tal forma que se garantice el muestreo continuo sin importar el tipo de material, entre las que se encuentran:

Uso de polímeros

Uso de bentonitas

Reducción de la presión de hinchado de la tubería de perforación

Reducir la cantidad y presión de agua usada en la perforación

Reducir la velocidad de rotación en la perforación

Reducir la longitud de la corrida a 20 o 30 cm o menos si es necesario

- Los apiques se realizarán manualmente a profundidades de entre 1,5 m y 2,0 m, en función del tipo y distribución de los materiales presentes, logrando obtener en lo posible cada muestra cúbica con dimensiones de 25cm x 25cm x 25cm, y recubriendo la muestra totalmente con vinipel, rotulándola de la misma forma indicada para las muestras de perforación y empacándola para su transporte en una caja de madera.
- La instrumentación mediante instalación de los 5 piezómetros tipo Casagrande debe seguir los lineamientos y recomendaciones establecidos en normas técnicas como las presentadas por el Eurocode 7 (Geotechnical design) o AASHTO T 252-09.
- La adecuación de las perforaciones que se destinarán para este tipo de monitoreo, posterior al lavado de las perforaciones, involucra la disposición de tubería de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) ranurada, de 70 mm de diámetro externo. Su instalación conlleva el sucesivo acople de tramos de 3m, con uso de uniones de 160 mm de longitud, que se insertan progresivamente en el pozo hasta alcanzar su profundidad máxima. Posterior a esta actividad, se procede a estabilizar y confinar la tubería con el vertimiento de arena gruesa (que pasa el tamiz N°4 y es retenida por el N°8), ocupando completamente el espacio libre entre la tubería y la pared de la perforación.
- Así mismo, la instrumentación para monitoreo con inclinómetros en los 5 puntos definidos por el SGC, debe ajustarse a los lineamientos y recomendaciones establecidos en normas como INVIAS I.N.V.E – 171, AASHTO T 254 o ASTM D6230-98.
- Los piezómetros tipo Casagrande constan de un tramo de tubería perforado y recubierto con geotextil, que se dispone a la profundidad que se pretende monitorear, y que está en contacto exterior con material drenante (arena gruesa) que se vierte para cumplir con la función de filtro. Suprayaciendo este nivel se materializa un sello impermeable con arcilla.

- Las mediciones de refracción sísmica se llevarán a cabo a lo largo de los perfiles longitudinales con el uso de geófonos de configuración triaxial o multicanal 3D, de tal manera que un único sensor registre los tiempos de llegada de ondas Vp y Vs.
- Los equipos para exploración sísmica (líneas de refracción sísmica) deberán contar con geófonos espaciados cada 5m. No se aceptará equipos donde se realice una sola medición y posteriormente se asuma la relación de poisson, o una relación entre Vp/Vs.
- Para la ejecución del ensayo, no se aceptará la medición de ondas P y ondas S, con métodos de ondas superficiales (MASW, SASW, ReMi, etc), ni ningún otro método que estime la variación de la velocidad de propagación de las ondas con la profundidad.
- El Contratista debe tener en cuenta que debe asumir los gastos correspondientes a la adecuación de accesos y pago de servidumbres en los sitios de trabajo. Además, debe asegurar la entrada a los sitios con los habitantes de la región.
- Para la elaboración del registro fotográfico del muestreo, se debe utilizar una cámara digital. Debe fotografiarse cada una de las cajas de muestras, de tal manera que se cubra eficientemente toda la caja para que la foto registre de manera visible las características de las muestras y el rótulo de la caja. Así mismo, para cada avance de perforación, debe llevarse un registro fotográfico que incluya al menos una imagen en primer plano del total de muestra recuperada y además fotografías de detalle de cada tramo de muestra. Se recomienda que una vez se tome cada fotografía, se revise su calidad (foco, nitidez, etc.) a fin de descartar aquellas de baja calidad y proceder a repetir la captura de la imagen hasta garantizar las mejores imágenes.
- Todos los elementos e insumos necesarios para la ejecución de los trabajos deben ser suministrados y asumidos por el Contratista.
- El Contratista debe tener en cuenta que debe asumir los gastos correspondientes a la adecuación de accesos y de espacios requeridos para la ejecución de las exploraciones.
- El laboratorio de geotecnia propuesto para la ejecución de los ensayos de clasificación, resistencia y compresibilidad a las muestras recuperadas debe contar con certificación vigente.

Teniendo en cuenta los tiempos establecidos en la tabla 2, el SGC, considera que para poder garantizar que la falla se dé en condiciones drenadas, los ensayos de corte directo deberán realizarse implementando un tiempo mínimo hasta la falla (tf) de 240 min, excepto para materiales clasificados como MH y CH, ya que para estos (tf) será de 1440 minutos.

Tabla 2. Tiempo de falla

USCS Classification (D2487)	Minimum Time to Failure, t_f
SW, SP (<5% fines)	10 min
SW-SM, SP_SM, SM (>5% fines)	60 min
SC, ML, CL, SP-SC	200 min
MH, CH	24 h

NOTE 15—The tabulated times are based on estimates of typical normally consolidated coefficient of consolidation values for each soil type and a 1 cm drainage path. A particular soil can vary considerably from these typical values. Square root of time interpretations can yield erroneously fast rates of consolidation for partly saturated or very stiff materials. Shearing overconsolidated specimens will soften the material in

Fuente: ASTM D2487

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las actividades generales que se deben seguir para la correcta ejecución de los trabajos de exploración directa e indirecta del subsuelo e instrumentación son las siguientes:

- Recopilación y análisis de información. Es obligación del contratista recopilar y analizar información de tipo geológico y geomorfológico relevante de las zonas de estudio.
- La exploración se deberá planear concertadamente con el supervisor designado por el SGC, con el fin de garantizar la integridad de las investigaciones. Los equipos para llevar a cabo estas actividades deberán estar en buen estado y debidamente verificados con el fin de garantizar la calidad de los trabajos.
- Las perforaciones se harán de forma simultánea en las diferentes zonas de estudio y deberá realizar toda la exploración directa e indirecta y recuperación de las muestras durante los primeros 30 días calendario de iniciado el contrato.
- El contratista deberá adelantar las perforaciones en las cuales se implementará la instrumentación, en los lugares que indique el SGC.
- Las primeras diez (10) perforaciones que realice el contratista, deben ser las perforaciones donde se implemente la instrumentación.
- Los diez (10) apiques, se realizarán dentro de los primeros 15 días de haber iniciado el contrato, en los puntos definidos previamente por el SGC ; se deberán describir cada uno de los horizontes de suelo encontrados con el fin de conocer los materiales identificados en superficie que apoyarán la descripción litológica de las unidades aflorantes superficialmente.
- El contratista remitirá al o a los laboratorios, las muestras recuperadas de forma periódica, por lo menos una vez por semana, garantizando el cumplimiento del cronograma aprobado.

- Registro de campo detallado de perforación: Se debe realizar un registro detallado de campo, con descripción gráfica y registro fotográfico detallado, que incluya nomenclatura, el punto de referencia para todas las medidas de profundidad, localización, cota de inicio y terminación del punto exploratorio, equipo, sistema de perforación utilizado, sistema de muestreo, columna estratigráfica en la cual se incluya la descripción de cada estrato y profundidades del techo y base de cada uno, profundidad total de la perforación, niveles freáticos o niveles de agua en cada punto exploratorio, incluyendo toda observación sobre condiciones de agua, adicionar la información pertinente requerida por las especificaciones del sondeo o por el SGC. Tipo de muestra, profundidad de la muestra tomada y longitud de recuperación. Debe realizarse una descripción detallada de la textura, plasticidad, color y demás características geotécnicas básicas que puedan relacionarse. Durante la perforación, debe mantenerse un registro de tiempo que muestre la tasa de penetración, los tipos de brocas utilizadas en cada porción de la perforación y una cualificación del nivel de pérdidas del agua de perforación (bajo, medio, alto). El registro de campo de perforación será diligenciado por el residente en el formato aprobado por el supervisor; una vez finalizada cada perforación se debe entregar al supervisor una copia legible del registro correspondiente, al día siguiente de haber finalizado la perforación, el contratista hará entrega en limpio del archivo nativo del registro de campo de la perforación.
- El Contratista deberá entregar un reporte técnico semanal, en el cual se hará el recuento de las actividades ejecutadas, los problemas presentados, su avance, la respuesta a preguntas efectuadas en el informe anterior, inventario de muestras tomadas, inventario de muestras remitidas al laboratorio, perfiles de exploración obtenidos con el respectivo registro fotográfico. Los informes se entregarán al supervisor del SGC o quien esté designado por parte del SGC, para su revisión y discusión conjunta el día de la reunión semanal entre las partes que se establezca en la ejecución del contrato.
- El plan de ensayos de laboratorio sobre las muestras de suelo y/o roca seleccionadas, será definido por el supervisor técnico designado por el SGC. El envío de la totalidad de las muestras al laboratorio debe realizarse según las especificaciones dadas anteriormente, con el fin de optimizar los tiempos de ejecución de la fase de ensayos de laboratorio y garantizar la ejecución del contrato en el tiempo establecido.
- Para la instrumentación se debe suministrar e instalar la tubería con las siguientes especificaciones en los puntos de perforación definidos por el supervisor, de acuerdo con el tipo de instrumento a instalar.
 - Tubería ABS y aditamentos para inclinómetro para 5 perforaciones (longitud estimada 120 m) y diámetro exterior no menor a 70 mm.
 - Tubería PVC y aditamentos para piezómetro tipo Casagrande en 5 perforaciones (longitud aproximada 115 m) y diámetro de 1" a 1.5".
- Los Piezómetros tipo Casagrande deben cumplir las especificaciones mostradas en la figura 3.

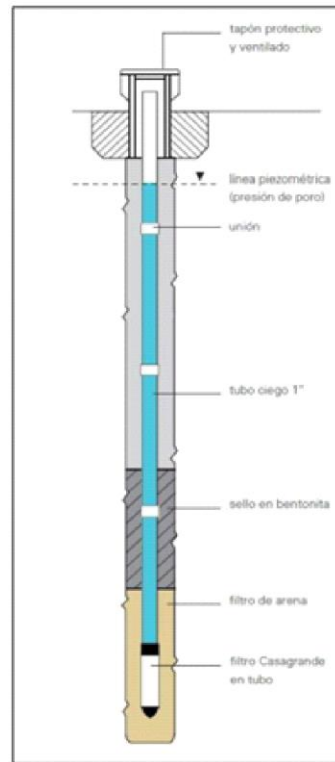


Figura 3. Esquema del piezómetro tipo Casagrande

Fuente: SISGEO, 2016

- Luego de terminadas las perforaciones donde se realizará la instrumentación geotécnica y una vez instaladas adecuadamente las tuberías requeridas, se debe proteger el tope de las mismas mediante la construcción de un elemento de concreto y/o mampostería y una tapa metálica con candado de seguridad. Sobre cada uno de estos elementos se debe colocar una placa de identificación, la cual contará con los datos de coordenadas y cota del pozo, identificación del contrato mediante el cual se instaló dicho instrumento, fecha de finalización de la perforación y profundidad perforada. El sitio donde se ejecutó la perforación debe entregarse limpio y en las mismas condiciones encontradas previo a los trabajos.
- Presentación mediante columnas geológicas estratigráficas de cada sitio de exploración, las descripciones de las perforaciones y apiques.
- Procesamiento e interpretación: Se deben especificar las etapas del procesamiento y los criterios de interpretación de los datos geofísicos, los cuales deben basarse en el modelo geológico, mostrando el proceso con un flujograma. El procesamiento de la información geofísica, debe disponer de alta tecnología con el fin de garantizar la calidad de las interpretaciones. Se deben entregar tomografías sísmicas.

- Para realizar los respectivos cálculos de velocidades no se acepta información asumida y/o correlacionada, como parámetros de entrada, en el caso de la densidad del medio o peso unitario del material, este debe ser entregado por parte del SGC.
- Confrontación con parámetros geotécnico: Los resultados deberán ser congruentes y validados con las características geomecánicas identificadas en la exploración directa.
- El contratista deberá realizar la totalidad de los ensayos de laboratorio y entrega resultados a más tardar al cumplimiento de los dos meses de haber iniciado el contrato.

EQUIPOS

El oferente debe presentar una relación detallada de los equipos propuestos para la ejecución de los trabajos, indicando su propietario o propietarios y anexar carta de compromiso de disponibilidad de los mismos. Así mismo, para cada uno, se debe incluir una descripción detallada de las especificaciones técnicas (características, certificaciones, modelo, marca, mantenimientos, estado, capacidad, entre otros).

No se aceptarán equipos remanufacturados ni repotenciados y que no cuenten con la capacidad suficiente para el logro eficiente de los resultados.

El contratista deberá certificar que cuenta tanto con los equipos de campo, como de oficina adecuados para cumplir el objeto de la contratación. Estos deben ser de marcas reconocidas en el mercado y con la capacidad suficiente para el logro eficiente de los resultados.

Las características técnicas de los equipos propuestos deberán cumplir como mínimo lo siguiente:

- Dos (2) equipos de perforación por rotación, este equipo deberá tener una potencia mínima del motor de 25 HP y antigüedad no mayor a 15 años.
- El ensayo de refracción sísmica se realiza con la ayuda de un equipo denominado cámara de refracción o sismógrafo, al cual se adapta una red de geófonos (receptores) que son los encargados de recibir la información de las ondas sísmicas después de atravesar el subsuelo. Una fuente de energía (explosivo, martillo u otras fuentes) y un sistema de disparo se anexan al sistema descrito para generar energía acústica, que se introduce en el subsuelo y posteriormente recibida en los geófonos. Los arreglos geométricos que se hacen con los geófonos y la fuente dependen de los objetivos del levantamiento (profundidad y valores de velocidades de onda, entre otros).

En particular para el presente trabajo, el equipo requerido para el desarrollo de las actividades necesarias del proyecto será aportado en su totalidad por el contratista y sus características mínimas serán las siguientes:

- Equipo digital (sismógrafo) de mínimo 24 canales de entrada
- Rango de frecuencia entre 2 y 2000 Hz
- Resolución de conversión A/D 24 bit
- Rango dinámico 110 -144 dB
- Geófonos para medición de ondas
- Cable de refracción. (Cable conector), longitud extendida de 120m, con intervalo de geófonos de 5m.

- Equipo GPS de alta precisión
- Accesorios necesarios: platina, cable para tendido de línea de mínimo 120 metros.
- Fuente de energía: martillo.
- Software. Análisis de datos

El software a utilizar debe garantizar la correcta adquisición, manejo, procesamiento, mapeo e interpretación de la información. Es importante aclarar que el equipo deberá contar con geófonos independientes para la medición de las ondas P y ondas S. No se aceptará equipos donde se realice una sola medición y posteriormente se asuma la relación de Poisson o una relación entre V_p/V_s .

La medición de las Ondas V_p y V_s , deben ser métodos no invasivos de refracción sísmica multicapa y deben ser mediciones de onda de cuerpo que viajan a través de la tierra y por ningún motivo se acepta métodos para medición de ondas superficiales que viajan a lo largo o cerca de la superficie de la tierra (SASW, MASW, ReMi, MAM, (V_s) etc).

El equipo para la ejecución de ensayos "Down-Hole " deberá contar con las siguientes características mínimas:

- Sensor o geófono de registro de señales de varios canales triaxial (3 canales) con umbral de frecuencias amplio (registro de ondas p y ondas s respectivamente)
- Sensor (acelerómetro) de envío de pulsos electromagnéticos
- Unidad de adquisición de datos
- Torpedo inclinométrico
- Cinta métrica
- Pequeño artefacto inflable para fijar el geófono
- Software de almacenamiento de datos
- Fuente de energía: martillo

PRODUCTOS ESPERADOS.

Todos los productos que a continuación se relacionan deben entregarse en formatos análogo y digital:

- Informes semanales de avance que relacionarán como mínimo: las generalidades del contrato, un resumen de las actividades realizadas durante el período, registros de campo, resultados parciales, fotografías, porcentaje de avance, imprevistos, entre otros.
- Informe final escrito, con su respectiva copia y también deberá ser entregado en copia magnética en formato Word, compatible con todas las versiones de Windows y una versión en formato PDF (también en archivo digital) en donde se incluya toda la información cruda, dromocronas, timebreaks y el procesamiento de datos (para V_p y V_s).
- Descripción de los equipos empleados, metodologías para la ejecución de los trabajos, localización de los sitios de medición, descripción general de la geología local, interpretación de resultados, información digital sin procesamiento en formato texto (*.TXT) o compatibles, información digital procesada.

- Los informes deben incluir, perfiles del subsuelo en donde se observe la correlación litológica, el tiempo de llegada y cada una de las velocidades de onda, en medio magnético y análogo; registro fotográfico del trabajo de campo que complementa, tanto el ítem donde se describe la metodología empleada, así como en la descripción de la ejecución en cada uno de los sitios de exploración.
- Datos de campo en medio magnético. La información de campo debe presentarse debidamente organizada, tanto en medio digital como análogo, este último en los formatos originales en los cuales se consignó en el momento de la toma. Debe consignarse en cada formato de campo, la marca del equipo utilizado, el nombre del operador, la fecha y demás observaciones técnicas pertinentes.
- Mapa de exploración realizada en campo. Cada línea y punto debe contener la localización geográfica (descripción del sitio con referentes permanentes del lugar), las coordenadas y las condiciones relevantes al momento de toma de datos (día lluvioso, día seco, humedad en el suelo, pendiente, observaciones de interés, entre otros). Deben estar debidamente localizados en los respectivos mapas cartográficos a las escalas correspondientes. Con el fin de garantizar la ubicación de las líneas sísmicas, se deberá utilizar un GPS de doble frecuencia. Anexar en los términos las especificaciones del GPS de doble frecuencia a utilizar por el contratista.
- Interpretación de los resultados de ensayos Down-Hole y para cada línea de refracción sísmica se deberá realizar un perfil de refractores y velocidad tanto para onda P como para onda S y la respectiva tomografía sísmica. Estas velocidades deben estar asociadas a parámetros mecánicos tales como módulos elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de Poisson.
- Diagramas de dromócronas para cada línea de refracción.
- Registros en papel y medio magnético de las primeras llegadas.
- Tomografías sísmicas y la respectiva interpretación de los resultados asociadas a las unidades geológicas existentes en la zona de estudio y las condiciones de agua subterránea o subsuperficial.
- Original y copia del informe final en formato análogo, que además deberá tener como anexo copia magnética en formato Word, compatible con todas las versiones de Windows y una versión en formato PDF en donde se incluyan las memorias de campo, y en formato Excel y PDF los informes de los ensayos laboratorio.
- Informes parciales y finales. Deberá contener la descripción de las capas del subsuelo caracterizadas por su espesor y velocidad de las ondas longitudinales P y ondas transversales S, y correlación litológica. Se deberá interpretar el tipo de perfil del subsuelo encontrado en los horizontes más superficiales con fines de comportamiento dinámico, así como también la información complementaria obtenida de cada uno de los ensayos. Para esto último, el contratista debe participar con el equipo técnico del SGC, en la integración de los resultados de la prospección geofísica al modelo geológico y geotécnico conceptual realizado para el área.

Contenido mínimo del informe final:

1. GENERALIDADES
 1. Alcance del estudio
 2. Organización del informe
 3. Descripción de actividades realizadas
 4. Delimitación geométrica del área de estudio
2. BASE TOPOGRÁFICA CON PUNTOS EXPLORADOS
 1. Método de trabajo
 2. Relacionar e indicar los puntos
3. EXPLORACIÓN DIRECTA
 1. Investigación del subsuelo
 2. Localización de la exploración
 3. Registros
4. ENSAYOS DE LABORATORIO
5. EXPLORACIÓN INDIRECTA
 1. Metodología
 2. Exploración del subsuelo
 1. Ensayos de refracción sísmica
 2. Pruebas Down-Hole
6. INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
8. BIBLIOGRAFÍA
9. ANEXOS

En el capítulo de exploración del subsuelo se debe hacer la descripción de los equipos empleados, las metodologías aplicadas para la ejecución de los trabajos, localización de los sitios de exploración, descripción general de la geología local, interpretación de resultados, información digital sin procesamiento en formato texto (*.TXT) o compatibles, información digital procesada de los registros de campo y laboratorio.

Formatos de las columnas estratigráficas de las perforaciones en medio magnético y análogo; registro fotográfico del trabajo de campo que complementa, tanto el ítem donde se describe la

metodología empleada, así como el de la descripción de la ejecución en cada uno de los sitios de exploración, correlación litológica, , entre otros, en medio magnético y análogo.

Datos de campo en medio magnético: la información de campo debe presentarse debidamente organizada, tanto en medio digital como análogo, este último en los formatos originales en los cuales se consignó en el momento de la toma. Debe consignarse en cada formato de campo, la marca del equipo utilizado, el nombre del operador, la fecha y demás observaciones técnicas pertinentes.

Mapa de localización de las exploraciones. Cada punto y línea de medición debe contener la localización geográfica (descripción del sitio con referentes permanentes del lugar), las coordenadas y las condiciones relevantes al momento de toma de datos (día lluvioso, día seco, humedad en el suelo, pendiente, observaciones de interés, entre otros). Deben estar debidamente localizados en los respectivos mapas cartográficos a las escalas correspondientes.

Secciones litoestratigráficas del subsuelo a partir de los tipos y distribución de los materiales geológicos registrados en las perforaciones y apiques, de la observación visual y de las correlaciones efectuadas con los resultados de la exploración indirecta.

Registro fotográfico detallado de cada una de las muestras y aspectos de los trabajos realizados

Formatos de los ensayos de laboratorio y de campo realizado, en medio físico y magnético, junto con las memorias de cálculo de cada uno de ellos.

Acta de permiso para realizar labores de exploración del subsuelo (debidamente diligenciada), para cada punto de exploración.

NOTA: Los documentos que se produzcan en desarrollo del contrato deberán proporcionar información clara, completa, actualizada, aplicable y verificable en forma sencilla sin redundancias. Se deberá entregar un original y una copia de cada informe presentado junto con sus anexos.