APÉNDICE 12 – GEOTECNIA

APÉNDICE 12 — COMPONENTE DE GEOTECNIA

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción....3
2. Normatividad Aplicable....3
3. Fase De Factibilidad....4
4. Plan De Exploración Geotécnico Para La Factibilidad Y Los Estudios Y Diseños....5
5. Consideraciones Técnicas Etapa De Factibilidad, Estudios Y Diseños....6
5.1. Analisis Geotecnicos....6
5.2. Caracterización De La Localización Del Proyecto....7
5.2.1. Localización De Amenaza Sísmica....7
5.2.2. Localización Geológica....7
5.2.3. Localización Geotécnica....8
5.2.4. Estudios De Riesgo, Amenaza Y Vulnerabilidad....9
5.2.5. Riesgos Previsibles....10
5.2.6. Cantidades De Obra....10
5.2.7. Matriz Multicriterio....10
5.2.8. Conclusiones Y Recomendaciones....11
5.3. Puentes Vehiculares, Peatonales, Deprimidos (Soterrados) Y/O Box Culvert (En Caso Que Aplique)....11
5.4. Intersecciones Vehiculares A Nivel (En Caso Que Aplique)....17
5.5. Análisis Patológico De Estructuras (En Caso Que Aplique)....17
5.6. Determinación De La Respuesta Sísmica Local Para Intersecciones A Desnivel (En Caso Que Aplique)....17
5.7. Estudios Geotécnicos Para Excavaciones Análisis De Estabilidad De Taludes Y Estructuras Complementarias De Soporte Y/O Contención, Pantallas, Muros De Contención, Anclajes Etc. (En Caso Que Aplique)....20
5.8. Evaluación Del Suelo De Cimentación Para La Estructura De Pavimento Y/O Espacio Público. (En Caso Que Aplique)....26
5.9. Estudios Geotécnicos Para Redes De Servicios Públicos (En Caso Que Aplique)27
5.10. Análisis De Riesgo Público....28
5.11. Analisis De Resultados....30
6. Entregables....30

9. Contenido Basico Del Informe Final.....32

APÉNDICE 12 – GEOTECNIA

1. INTRODUCCIÓN

Los diseños geotécnicos, comprenden entre otras actividades, el análisis del entorno geológico, hidrogeológico (en caso de requerirse), sísmico y de amenaza, la complementación de la investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones necesarias para el diseño, construcción y conservación de las obras, de manera que se garantice un adecuado comportamiento de éstas, así como de las estructuras propias del proyecto, instalaciones, predios, construcciones y redes adyacentes al proyecto. Considerando los resultados de la investigación geotécnica para el diseño de cimentación de estructuras y/o estabilización de taludes, y el proceso de inventario y diagnóstico respectivo, el Contratista deberá presentar los diseños de cimentación o refuerzo de cimentación, o el diseño para la estabilización de taludes, etc., que no fueron contemplados previamente, pero que se requieren implementar para dar cumplimiento al objeto contractual y lograr la integralidad del proyecto, efectuando los análisis de alternativas a que haya lugar, teniendo en cuenta toda la información existente. El Contratista debe garantizar que la alternativa de diseño seleccionada es la más viable y beneficiosa para el proyecto y la ciudad, enmarcándose en el principio de economía. Es importante anotar que los criterios presentados en los siguientes numerales, corresponden a unos criterios básicos para la elaboración de los Estudios Geotécnicos, pero será responsabilidad del Contratista realizar las actividades y análisis que permitan elaborar un estudio

2. NORMATIVIDAD APLICABLE

Los estudios indicados en el presente capítulo deberán estar orientados de conformidad con toda la Normatividad vigente, así:

- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes Ministerio de Transporte CCP 14 Resolución 108 de 26 de enero de 2015 o el que se encuentre vigente a la fecha de inicio del contrato, aplicado en obras de infraestructura vial tales como: puentes vehiculares, puentes peatonales, box culvert, estructuras de contención, estabilidad de taludes.
- Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR/10, Ley 400 de 1997, o el que se encuentre vigente a la fecha de inicio del contrato aplicado a edificaciones verticales.
- Decreto 523 de 2010 de la Alcaldía Mayor de Bogotá (Microzonificación Sísmica de Bogotá Distrito Capital) o el que se encuentre vigente. En caso de utilizar el espectro sísmico de dicho decreto, en estructuras diferentes a edificaciones, se deberán hacer los análisis necesarios para llevar este espectro a un periodo de retorno de 1000 años de acuerdo con lo definido en el CCP-14.
- Normas NS de la Empresa de Acueducto, agua y alcantarillado de Bogotá, específicas para geotecnia.
- Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público en Bogotá D.C. – ET-IC 01 adoptado mediante Resolución 010910 de 2019, o las que se encuentren vigentes a la fecha de inicio del contrato.
- Normatividad vigente de índole ambiental que rija sobre aspectos inherentes a los trabajos de exploración e investigaciones del subsuelo.

- Manual de contratación de la SDHT.

En todo caso, se deberá evaluar la pertinencia de utilizar nuevas tecnologías y/o materiales reciclados, para mejoramientos de suelo para cimentación, las primeras capas de los cuerpos de terraplenes, rellenos de muros de contención, etc., para lo cual debe ceñirse a lo establecido en el documento "CONDICIONES TECNICO-AMBIENTALES ESPECIALES" Versión: 2, o aquel que lo modifique o sustituya y que se encuentre vigente al acta de inicio del contrato, documento que se refiere a la implementación de la Resolución No. 1115 de 2012 para el "Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)" Resolución 932 de 2015 por la cual se "Modifica y Adiciona la Resolución 1115 de 2012; Decreto 586 de 2015 por medio del cual se "Adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición – RCD", las cuales son de obligatorio cumplimiento, conforme a la normatividad legal ambiental vigente a la fecha de inicio del contrato. En tal sentido, el Contratista, deberá proponer el mecanismo con el que implementará la utilización del RCD en todo el proyecto, a partir de los diseños resultantes.

Los equipos utilizados para la verificación de características técnicas en los Diseño y Ejecución de proyectos deberán estar calibrados en un laboratorio acreditado para tal fin, los certificados de calibración de dichos equipos deben ser entregados para su aprobación al Interventor, antes de que el equipo sea utilizado. Adicionalmente, teniendo en cuenta que se requiere la ejecución de ensayos, éstos deberán realizarse en laboratorios acreditados por el organismo competente, como la ONAC, o laboratorios idóneos certificados con las normas ISO/IEC 17025:2005 o ISO 9001:2008, o versiones más recientes, que aseguren la adecuada medición e identificación de los atributos técnicos objeto de evaluación. Los certificados de acreditación o de idoneidad, deberán ser entregados al interventor antes de la realización de los ensayos, esto con la finalidad de que la Interventoría tenga aprobado el laboratorio de suelos previo al inicio del desarrollo del proyecto.

3. FASE DE FACTIBILIDAD

3.1. INVESTIGACIÓN Y RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

La búsqueda, recopilación y análisis de información secundaria, deberá contemplar aspectos principales como: antecedentes de proyectos, estudios y normatividad, en lo relacionado con geología, geomorfología, zonificación sísmica, antecedentes de amenazas por riesgo y vulnerabilidad, riesgo por inundaciones o remoción en masa, hidráulica e hidrología, cartografía, uso del suelo, efectos por vibraciones producidas por el tráfico en el sector y en general todos aquellos aspectos que permitan tener un adecuado conocimiento del proyecto desde el punto de vista geotécnico, lo cual se deberá complementar con el reconocimiento visual de las zonas que hacen parte del proyecto, con el objetivo fundamental de realizar un diagnóstico preliminar.

Para los efectos, el Contratista deberá recopilar y analizar como mínimo, y sin limitarse a ello, la información resultante de los estudios y diseños, proyectos localizados en la zona de influencia del proyecto, estudios de efecto de vibraciones producidas por el tráfico y demás documentación relacionada en la sección de Antecedentes del Anexo técnico separable.

Como producto del reconocimiento visual de la zona de proyecto, así como también del proceso de búsqueda y análisis de información, se deberá entonces establecer el entorno geológico, geotécnico, las características del subsuelo, el entorno sísmico y de amenaza y realizar las respectivas recomendaciones geotécnicas, que incluyan criterios generales de cimentación para estructuras principales y redes de servicios públicos, potenciales problemas de estabilidad, así como también el grado de riesgo y posible afectación de las construcciones existentes frente a las obras que resultarán de los estudios y diseños objeto del presente pliego de condiciones. Deberá llevarse un cuidadoso registro fotográfico de todo el reconocimiento visual y efectuarse un inventario de las condiciones geológicas y geotécnicas más importantes del proyecto.

Se deberá recopilar y estudiar la información relacionada con estudios anteriores en el área de influencia directa del proyecto y características ambientales, aclarando que, en todos estos casos, esta información es una primera fase del trabajo total a realizar, puesto que el Contratista tiene la obligación de efectuar los estudios relacionados, de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones.

Como resultado del proceso de Investigación, Recopilación y Análisis de Información, y considerando integralmente otros de los estudios requeridos en el presente Pliego de Condiciones, como por ejemplo topografía y redes entre otros, el Contratista deberá presentar el Plan de Investigación del subsuelo a realizar para los Estudios y Diseños, correspondientes a las estructuras que presente el proyecto como: cimentación para estructuras principales, redes de servicios públicos, muros de contención, pasos deprimidos, puentes, taludes, túneles, box culvert y demás estructuras que requieran del análisis geotécnico.

4. PLAN DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICO

El Contratista deberá revisar la información existente correspondiente a la investigación del subsuelo realizada en otros contratos y que corresponda al sector analizado, la cual puede ser consultada en el centro de Documentación del IDU, o a través del Repositorio Institucional en la página Web del IDU, y determinar las complementaciones y verificaciones que considere del caso, debidamente justificadas desde el punto de vista técnico, para efectos del planteamiento del plan de exploración geotécnico a realizarse en la etapa de estudios y diseños.

En todo caso, el plan de investigación del subsuelo deberá estar aprobado por la Interventoría y remitido a la SDHT con el correspondiente cronograma de ejecución y valoración económica de los trabajos a realizar, e indicando claramente el presupuesto total para los Estudios Geotécnicos.

Los planes de Investigación Geotécnica deberán presentarse debidamente justificados desde el punto de vista técnico, soportado con el plano de localización de los sondeos y barrenos que se requieran realizar, junto con la información geotécnica existente de estudios y diseños anteriores que se hayan realizado en el área de influencia directa del proyecto. El plan de exploración del subsuelo deberá tener en cuenta la información de redes existentes de las empresas de servicios públicos previos a su ejecución, dado que todos los daños causados a las redes existentes durante el proceso de exploración deberán ser asumidos por el Contratista. Cuando se realicen perforaciones o barrenos se deben restablecer las condiciones del sitio, en igual o mejores condiciones de su estado inicial.

Se precisa que, a partir de la información del subsuelo existente, la exploración adicional que plantee el Contratista debe ser solamente en los puntos en que dicha información no exista, o que los parámetros geotécnicos existentes sean insuficientes para la elaboración de un estudio confiable, o en los puntos en los que se requiera corroborar información específica.

Para la obtención de información primaria de tipo geotécnico, necesaria para realizar el predimensionamiento de la cimentación de estructuras principales, secundarias, complementarias y redes; se deberá elaborar un plan de investigación geotécnica que complemente la campaña de exploración geotécnica de estudios y diseños anteriores en el área de influencia directa del proyecto.

Se deberá incluir el plano de localización de sondeos y barrenos existentes y programados, exploraciones que deberán estar debidamente georreferenciados en cuanto a coordenadas, cotas y abscisado se refiere, con su respectivo cuadro resumen.

Nota: En los casos que aplique se deberá tener en cuento lo establecido en TABLA 10.4.2-1 DEL CCP-14 frente a la profundidad de exploración.

5. CONSIDERACIONES TÉCNICAS

A partir de la información recopilada para la etapa de Factibilidad se deberán plantear alternativas a nivel geotécnico de acuerdo con la implantación del proyecto y finalmente evaluar y definir la alternativa que se llevará a nivel de diseño de detalle en la etapa de estudios y diseños.

Con base en la información geotécnica secundaria (estudios anteriores) y primaria (la cual debe ejecutarse de carácter obligatorio en esta etapa y debidamente justificada técnicamente), se deberán realizar los predimensionamiento de las estructuras geotécnicas para cada una de las alternativas de solución del proyecto, con el propósito de evaluarlas a través de una matriz multicriterio que permita definir la alternativa óptima.

A continuación, se presentan los lineamientos técnicos mínimos a considerar desde el componente de geotecnia que el Contratista deberá tener en cuenta para realizar el planteamiento y evaluación de alternativas, así como la definición de la alternativa óptima a desarrollar en la etapa de diseños.

5.1. ANALISIS GEOTECNICOS

A partir del análisis de la información recopilada el Contratista deberá plantear diferentes alternativas de solución geotécnica para el proyecto, que permitan dar cumplimiento al objeto contractualmente establecido.

Así mismo, deberá identificar las interferencias con las redes húmedas existentes a lo largo del proyecto, conforme a la normatividad técnica de la EAAB en cuanto a distanciamiento, profundidad y requerimientos de instrumentación y monitoreo para las alternativas de cimentación propuestas.

Adicionalmente, se deberá efectuar una descripción detallada de cada una de las alternativas propuestas presentando la relación de los aspectos a considerarse en el análisis de cada una de ellas y que pueden influir en la ejecución de los estudios, diseños y construcción de las obras respectivas. Para tal efecto, se deberán presentar los esquemas en planta y perfil con la implantación de las alternativas, que permitan facilitar el planteamiento del proyecto, así como su análisis geotécnico y recomendaciones de solución.

En caso de que se requiera evaluar el ajuste o actualización de una estructura existente, se deberá incluir la descripción de la cimentación de la misma, especificando el tipo de intervención que se pretende realizar para cada una de las alternativas propuestas.

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Con base en lo dispuesto en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes Ministerio de Transporte CCP-2014 Resolución 108 de 26 de enero de 2015 o el que se encuentre vigente, la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR/10 Ley 400 de 1997 Decreto 926 de 2010 y el Decreto 523 de 2010 de la Alcaldía Mayor de Bogotá (Microzonificación Sísmica de Bogotá Distrito Capital), conforme lo dispuesto en el numeral 8.1.3 el Contratista deberá realizar la descripción de la caracterización del Geológica, geomorfológica geotécnica y sísmica del proyecto para cada uno de los sitios que requieran el análisis de alternativas para las estructuras a implantar. Así mismo, deberá identificar las amenazas y riesgos que pueden llegar a afectar cada una de las alternativas que se evalúen, estableciendo sus posibles implicaciones.

5.2.1. Localización de amenaza sísmica

Se deberán presentar los análisis para cada estructura a partir de la información existente:

Con NSR-10, Decreto 523 de 2010 o los que se hallen vigentes a la firma del acta de inicio del contrato, y demás decretos reglamentarios para estructuras verticales como estaciones portales y edificaciones que se hallen dentro del alcance de la Norma y decretos, sin perjuicio de la información primaria que se obtenga para la zona de influencia directa del proyecto.

Con CCP-14 para toda aquella estructura vial correspondientes a; Muros de contención y/o estribos, Box Culvert, Puentes peatonales y vehiculares.

5.2.2. Localización geológica

Se deberán considerar como mínimo y sin limitarse a ello, los siguientes aspectos, presentando la correspondiente cartografía a escalas previamente acordadas con la Interventoría, de acuerdo con el nivel de detalle que se requiera para cada caso específico:

- Descripción litológica y columna lito estratigráfica.
- Delimitación y espesor de cada una de las unidades de roca identificadas
- Identificación de zonas singulares que afecten el comportamiento mecánico como: fallas, diques, zonas de brecha, zonas de flujo, etc.
- Definición del modelo estructural del corredor vial o parque en cuanto a: fallas existentes y su actividad, estructuras geológicas y plegamientos existentes.

- Levantamiento estructural de las discontinuidades de los depósitos rocosos, incluyendo aspectos como litología, espaciamiento, estado de meteorización, fracturación, identificación de familias de diaclasas, rellenos de diaclasas, continuidad o persistencia del macizo, etc.
- Descripción de la posible historia de esfuerzos y condiciones de plegamiento en el área de influencia del proyecto.
- Descripción del modelo hidrogeológico de acuerdo con el alcance del proyecto y concertado con la interventoría de acuerdo con el apéndice hidrosanitario.
- Inventario de zonas inestables.

5.2.3. Localización geotécnica

Teniendo en cuenta que la oficina de planeación Distrital emitió unos mapas que hicieron parte del POT 555 de de 2021 y del Decreto 523 de 2010, el Contratista deberá verificar en campo y hacer entrega de los siguientes productos:

Los perfiles estratigráficos deberán presentar la localización de niveles de agua y/o presencia de nivel freático (indicando la posibilidad de que exista una presión superior a la del nivel superficial del terreno), bolsas de gases o cualquier otra característica que se considere relevante para el proyecto, así como las propiedades físicas y mecánicas de cada uno de los estratos identificados durante los trabajos de campo, lo cual deberá ser consignado en diagramas planta-perfil, tanto en el informe final como en planos, donde se ubiquen las perforaciones existentes y realizadas en el proyecto así como la implantación de la cimentación de las estructuras proyectadas, con su respectivo cuadro de coordenadas.

Con base en la información geotécnica primaria y secundaria para la etapa de factibilidad y el análisis de cargas, se deberán realizar los análisis geotécnicos de estructuras primarias, secundarias, complementarias, tratamiento de los taludes y cimentación de redes con el propósito de evaluarlas en la matriz multicriterio.

Los resultados de los ensayos de laboratorio (nuevos y existentes) deberán consolidarse en tablas resumen que incluya como mínimo y sin limitarse a ello, la siguiente información: abscisa, coordenadas, cotas, sondeo o barreno No., Muestra No., profundidad, descripción de la muestra, clasificación AASHTO y USCS, humedad, granulometría, límites de Atterberg, parámetros de resistencia, parámetros de deformación, etc.

Con base en el análisis de variabilidad de los parámetros físicos y mecánicos con respecto a la profundidad, se deberá presentar la sectorización en términos de tramos homogéneos o los modelos geotécnicos a implementarse para cada sector de análisis. Así mismo deberán identificarse las condiciones especiales del subsuelo que deban ser analizadas de manera independiente en cada caso particular (en el caso en que aplique).

Para el caso de taludes, se deberá presentar el perfil típico del talud de análisis, junto con los parámetros de resistencia del suelo o macizo rocoso, análisis de posibles mecanismos de falla, en los cuales se incluya el análisis debido al rumbo y pendiente de los cortes propuestos en el caso

de los macizos rocoso y estimativo de cargas (sobrecargas y cargas externas) para su modelación correspondiente.

Para la definición de modelos geotécnicos de análisis, se deberán presentar los estimativos de cargas, suministrados por el componente estructural, a las que estarán sometidas cada una de las estructuras (principales, secundarias, complementarias, redes y taludes) que se pretenden analizar con cada una de las alternativas de implantación del proyecto. Dichas cargas deberán estar debidamente soportadas en la normatividad técnica aplicable y los estimativos particulares que apliquen al proyecto.

Los análisis geotécnicos realizados, serán el soporte para los predimensionamientos de las cimentaciones de estructuras que se requieran evaluar, en cada una de las alternativas de solución que se desarrollan en la etapa de factibilidad.

Para efectos de los análisis geotécnicos, se podrá utilizar cualquier metodología de diseño existente (siempre y cuando se enmarque en la normatividad vigente), explicando y justificando los criterios empleados para tal fin. Así mismo, deberá anexar las memorias de cálculo que soportan los análisis de las estructuras analizadas, las cuales deben contener el procedimiento detallado de análisis geotécnico y premisas de prediseño. Podrán incluirse las modelaciones a través de los diferentes programas geotécnicos disponibles, incluyendo una descripción de los mismos y la correspondiente interpretación de los resultados obtenidos.

5.2.4. Estudios de riesgo, amenaza y vulnerabilidad

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) vigente, con respecto a la zonificación de amenaza por movimientos en masa, para la categoría alta y media se deberá proponer las posibles medidas para prevenirlas o mitigarlas para lo cual, se plantean las siguientes actividades: i) Ubicar la fuente generadora, ii) Información histórica sobre el proceso, iii) Identificar otras amenazas secundarias que pueden desencadenarse, iv) Frecuencia o recurrencia en que se puedan presentar, v) Magnitud e intensidad en que se manifiestan, vi) Extensión y tamaño de la afectación, vii) Estudios científicos y técnicos realizados y disponibles, viii) Definir instrumentos de análisis y seguimiento.

Adicionalmente el Contratista deberá evaluar, si por efecto de la implementación de algunas de las alternativas, se genera alguna situación tal como: i) Movimientos en masa, ii) Ocurrencia de un sismo con posibles daños estructurales y en cimentaciones, iii) Eventos Hidrometeorológicos (inundaciones y avalanchas), etc., que amerite realizar la evaluación de amenaza y riesgo por movimientos en masa, a fin de proyectar las obras que mitiguen o desaparezca la amenaza teniendo en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas locales y regionales, así como los aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, sismológicos y de uso del suelo, y considerando los daños y su cuantificación.

Para el caso de edificaciones como edificios administrativos, cerramientos, etc. que se hallen en zonas de media o alta se deberá, según IDIGER, aplicar conforme a lo señalado por la Resolución 227 de 2006 y su Resolución IDIGER 110 de 2014 posterior que modifico algunos artículos.

En los escenarios escogidos, se debe modelar el evento y cuantificar las consecuencias (daño de las personas, las edificaciones, en los equipamientos, de la infraestructura de otras redes… etc.). Si no existen metodologías cuantitativas para modelar el escenario, debe hacerse un esfuerzo por prever de una manera cualitativa cuáles son las posibles consecuencias de la materialización de por lo menos tres tipos de riesgo como: el sismo, los deslizamientos e inundación, entre otros. Este análisis resulta fundamental para poder definir las medidas de gestión de riesgos en el conocimiento, la reducción y la respuesta.

El riesgo puede ser reducido así: i) Controlando los grados de exposición de la sociedad, ii) Evitando que recursos naturales se transformen en amenazas por vía de los procesos de degradación del ambiente natural, iii) Limitando la exposición de la sociedad a los fenómenos físicos por medio de estructuras de retención de estos (terrazas, muros, etc.), iv) Aumentando la resiliencia (de los sistemas productivos de la sociedad frente a los eventos físicos), v) Reduciendo la vulnerabilidad de la sociedad en sus diferentes dimensiones estructurales y vi) Previendo el riesgo futuro y controlando normativamente su desarrollo (gestión prospectiva).

5.2.5. Riesgos previsibles

El Contratista deberá identificar y analizar los riesgos que pueden llegar a presentarse durante la ejecución de los estudios y diseños, para cada una de las alternativas que se plantean y analizan desde la factibilidad, indicando la posible solución a dichos inconvenientes. Así mismo, deberá identificar aquellos aspectos del componente de geotecnia, que deban ser estudiados con mayor detalle y que puedan llegar a afectar el cronograma de obra que se defina para el proyecto.

5.2.6. Cantidades de obra

Con el propósito de determinar el costo preliminar asociado a la implementación de las obras propuestas en cada una de las alternativas analizadas en la etapa de factibilidad para este proyecto, el Contratista deberá presentar los respectivos cuadros de estimación de cantidades de obra, los cuales deben estar soportados en las memorias de cálculo correspondientes.

5.2.7. Matriz multicriterio

El Contratista de manera concertada con la Interventoría, deberán definir los criterios y umbrales de calificación que permitan realizar una evaluación objetiva e imparcial de cada una de las alternativas por medio de la matriz multicriterio, a través de la ponderación de diferentes aspectos, tales como: dificultades durante el proceso constructivo, costo inicial de la construcción, costo asociado a la operación, riesgo asociado a la construcción, plazo de construcción de las obras, etc., o cualquier otro aspecto que los especialistas consideren que impacten al proyecto desde el componente de geotecnia.

Como resultado de la definición de criterios y umbrales de evaluación, se deberá presentar la evaluación técnica y económica de las alternativas de solución geotécnica para cada una de las estructuras propuestas, indicando los puntajes y calificaciones obtenidas a partir de este ejercicio.

Finalmente, y después de realizarse la evaluación de las alternativas de manera conjunta con todos los demás componentes del proyecto, el Contratista deberá presentar alternativa de

solución geotécnica seleccionada, que se definió para cada una de las estructuras a implementar y a ser desarrolladas a nivel de detalle en la etapa de estudios y diseños.

5.2.8. Conclusiones y recomendaciones

El Contratista deberá presentar el análisis de los resultados de la etapa de factibilidad, así como la definición de la alternativa seleccionada a nivel geotécnico y para el proyecto en general, con las justificaciones a que hubiere lugar. Así mismo, deberá efectuar las recomendaciones en cuanto a aspectos relevantes a considerar en la etapa de estudios y diseños, que deban ser analizadas de manera específica para el proyecto desde el componente de geotecnia.

5.3. PUENTES VEHICULARES, PEATONALES, DEPRIMIDOS (SOTERRADOS) Y/O BOX CULVERT (EN CASO DE QUE APLIQUE)

Trabajos de Campo

Se realizará la exploración del subsuelo, mediante sondeos (manuales o mecánicos), de tipo CPTu, Dilatómetros, o presurometro especificándose su localización (referenciada a la nomenclatura urbana o por coordenadas del levantamiento topográfico que se efectúe, o considerando el abscisado del proyecto), su número y su profundidad. Se deberá tener en cuenta tanto el nivel de desplante como la profundidad de disipación de los esfuerzos.

Se realizarán pruebas de campo necesarias para conocer las características mecánicas y de resistencia de los diferentes estratos encontrados. Se debe informar sobre el nivel freático, posible existencia de lentes con agua a presión superior a la de la cota de superficie, existencia de gases y su variación durante los sondeos, el resultado de resistencias in-situ del suelo, así como el porcentaje de recobro y RQD según su aplicación.

Los trabajos deberán incluir como mínimo y sin limitarse a ello, el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) Veleta de Campo, deberán reportar las fluctuaciones del nivel freático durante la perforación y valores de resistencia in-situ que permitan determinar las características del perfil estratigráfico.

Los sondeos deberán estar referenciados con la topografía del proyecto y se deberá ejecutar como mínimo una perforación por cada unidad de subestructura (CCP-2014, numeral 10.4.2, Tabla 10.4.2-1.); la profundidad de cada perforación llegará hasta encontrar un estrato competente, definido como aquel cuyo número de golpes proveniente del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) sea igual o superior a 50 en 30 centímetros, de lo contrario deberá seguirse fielmente lo estipulado para tales fines en el Código de Diseño Sísmico de Puentes CCP-2014; se deberá extraer una (1) muestra alterada de suelo cada 2.0 metros o en su defecto cuando se presente cambio de estratigrafía, e inalteradas cada 3.0 metros o cuando se presente cambio de estrato.

Si se considera cimentación profunda con pilotes que se apoyen en roca, o estén embebidos en roca y con el objeto de asegurar que no se trate de bloques y así mismo determinar las características de la roca dentro de la zona de influencia de la cimentación, se deben tomar núcleos de 3 m (10 pies) como mínimo por debajo de la cota prevista para la punta, o una longitud

igual al menos tres veces el diámetro del pilote, en caso de que estos sean aislados, o de dos veces la dimensión mayor para pilotes en grupo; en cualquier caso se debe tomar la mayor longitud que resulte de acuerdo con lo anterior. (CCP-2014, numeral 10.4.2, Tabla 10.4.2-1).

En el informe del estudio de suelos deberá anexarse todos los registros de perforación debidamente referenciados en cuanto a cotas y abscisas del proyecto, plano de localización de la exploración geotécnica y registro fotográfico de la ejecución de los trabajos.

Para suelos que se identifiquen en campo como Compresibles, licuables, colapsables, dispersivos, expansivos se deberá describir el método de diagnóstico y ensayos o pruebas de campo que indique la presencia de suelos difíciles o sensibles al remoldeo.

Para la exploración del subsuelo de cada puente vehicular proyectado se deberá seguir lo exigido en el Código Colombiano de Construcción de puentes CCP-14, con relación a la profundidad y cantidad, incluyendo Ensayos de Penetración Estándar (SPT), veleta de campo, CPTu, DMT o Presurometro, tomando el muestreo de tipo alterado e inalterado que garantice un conocimiento de la estratigrafía y sus propiedades físicas y mecánicas incluido RQD (en caso de que aplique). En todo caso, previo a la ejecución de los trabajos de campo, el Contratista deberá presentar para aprobación a la interventoría, para la objeción o no objeción, para cada puente vehicular proyectado, el tipo de perforaciones a realizar, el número de metros de perforación y su distribución, para que esta realice el correspondiente análisis, y que permita elaborar un estudio confiable, realizando además la correspondiente valoración económica de la investigación del subsuelo para esta actividad.

Este proyecto de exploración deberá ser presentado a la Interventoría y a la SDHT, con actas de socialización y aprobación por parte de las empresas de servicios públicos y se deberá garantizar el acompañamiento de estas.

Ensayos de laboratorio

El Contratista deberá realizar los ensayos necesarios por estrato, para conocer los parámetros que le permitan determinar la resistencia, deformación y compresibilidad del suelo de fundación y anexar los resultados de cada una de las pruebas ejecutadas. Para ello deberán justificarse con los respectivos ensayos de laboratorio los parámetros obtenidos.

l Contratista deberá establecer el perfil de diseño y plantear a la interventoría para su estudio y concepto de conformidad, un estricto plan de ensayos de laboratorio, previo a su ejecución. En principio a las muestras alteradas ya descritas se deberán practicar ensayos de:

- Humedad Natural y
- Clasificación (granulometría y límites de Plasticidad),

A las muestras inalteradas se les deberá practicar ensayos de:

- Humedad Natural,
- Clasificación,
- Peso Unitario,

- Compresión Inconfinada,
- Corte Directo (ya sea en condición consolidada drenada, consolidada no drenada, no consolidada no drenada, dependiendo la naturaleza y las características de cada proyecto),
- Consolidación,
- Triaxiales
    - Para los efectos de evaluación del potencial de licuación de los suelos deberá practicarse los ensayos de triaxial cíclico con esfuerzo controlado y en las muestras de suelo granular se deberán ejecutar ensayos que permitan determinar la permeabilidad.
    - Para análisis de estabilidad de Cortes y/o taludes.
    - Para cálculo de parámetros como Módulos de Elasticidad.
- Carga puntual en rocas
- Otros ensayos que permitan cuantificar propiedades de permeabilidad, compresibilidad y resistencia al corte (CCP-2014 numeral 10.4.3), adicionando aquellos ensayos que se estimen convenientes y en todo caso estableciendo el plan de ensayos de acuerdo con las condiciones previstas del subsuelo.

En caso excepcional el Contratista podrá proponer ensayos alternativos o complementarios en reemplazo de los existentes para lo cual deberá elaborarse un acta de cambio de especificaciones que incluya por lo menos tres (3) cotizaciones en laboratorios reconocidos tanto de los ensayos que se excluirían como de los que se incluirían.

Se reitera que para la ejecución de los ensayos de laboratorio el Contratista deberá contar con el concepto de aprobación de la interventoría.

Perfil estratigráfico

Las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) y las rocas se describirán incluyendo su formación, identificación, características litológicas y físicas, y demás características que lleven a una caracterización geomecánica reconocida, y cualquiera otra información útil desde el punto de vista del diseño de ingeniería.

La anterior información será condensada en perfiles estratigráficos por sondeo dentro de los planos, específicamente en el alzado de cada puente proyectado deberá aparecer la columna estratigráfica detallada y la ubicación exacta de las mismas en los apoyos correspondientes, consignando los valores de los parámetros de resistencia y compresibilidad provenientes de los ensayos practicados a la profundidad exacta de muestreo.

Deberá presentarse la variación con la profundidad de cada una de las propiedades y parámetros obtenidos de la exploración y caracterización del subsuelo. En los registros de campo, deberá quedar indicada la información de la existencia o no del nivel freático aguas a presión superior a la cota de la superficie, existencia de gases y su variación durante los

sondeos, las mediciones de los mismos deberán realizarse con herramientas apropiadas para tal fin.

Análisis Geotécnico

Con base en el análisis de la información de campo, laboratorio, resultados del estudio de potencial de licuación, calidad del macizo rocoso y de la estabilidad del depósito, resultados de la evaluación de cargas estructurales realizados en el volumen correspondiente a la sección de estructuras, deberán evaluarse desde el punto de vista técnico y económico, como mínimo tres (3) alternativas diferentes de cimentación y las obras complementarias que se estimen convenientes, efectuando las respectivas recomendaciones sobre la alternativa de cimentación a ser implementada en la etapa de obra.

Así mismo, con base en la normatividad aplicable y vigente a la fecha de inicio del contrato, deberán presentarse los análisis de capacidad de carga y asentamientos propios del suelo y las soluciones que se prevean para las condiciones especiales del subsuelo que se diagnostiquen, como licuación, suelos dispersivos, colapsables o expansivos, y su correspondiente manejo en obra.

Dentro de estos análisis, el Contratista deberá contemplar los problemas que pudieran originarse y desarrollarse durante el proceso constructivo, así mismo diseñar las técnicas tendientes a mitigarlos, haciendo especial énfasis en los procesos de excavación, la protección de redes de servicios públicos domiciliarios y la estabilidad de las construcciones vecinas.

Un aspecto importante que define los estudios y diseños de estos puentes es la zona sísmica y geotécnica en la que se ubican, de acuerdo con los resultados de la Microzonificación Sísmica de Bogotá, ya que es de carácter obligatorio evaluar el potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse y el diseño debe considerar el resultado de esta evaluación incluyendo una recomendación para la modelación estructural de los elementos de la cimentación profunda en caso de que efectivamente se presente la licuación del suelo durante el sismo probable; para tales fines deberá seguirse rigurosamente los procedimientos indicados en el Título H de la Norma Sismo Resistente NSR/10.

Finalmente, el Contratista planteará la solución recomendada con su respectiva justificación y definiendo el tipo y profundidad de cimentación, teniendo en cuenta que esta última deberá estar ligada a las cotas y abscisado del proyecto; en caso de cimentaciones profundas, se indicará además la cota inferior de la zapata cabezal.

En el caso de emplearse programas de métodos numéricos para los cálculos, deberán, indicarse el tipo de programa a utilizar junto con una breve descripción del mismo, indicar claramente los parámetros y cargas de entrada (incluir imágenes con esta información), y para el caso de los asentamientos, incluir imágenes en las que se discriminen los asentamientos totales, inmediatos y por consolidación. Adicionalmente en las memorias de cálculo se deberán incluir todos los archivos de entrada y salida que permitan la visualización de las mismas.

Análisis de la capacidad portante y deformación

Para este tipo de análisis se deberá tener en cuenta que los cálculos se adelantan con base al Código Colombiano de construcción de puentes, CCP-14 o el que se halle vigente al firmar el contrato, sin olvidar el método constructivo, esto es Hincado o perforado, así:

- Sección 10 Cimentaciones.
- Numeral 10.5, Estados límites y Factores de resistencia.
- Numeral 10.6 Zapatas.
- Numeral 10.7 Pilotes Hincados.
- Numeral 10.8 Pilotes preexcavados o perforados
- Numeral 10.9 Micropilotes.
- Sección 11, Muros estribos y Pilas.
- Sección 12, Estructuras enterradas y revestimientos para túneles.

En este aparte se deberán presentar los resultados obtenidos de los análisis de capacidad portante y deformaciones (vertical y horizontal según sea el caso), al igual que las características geométricas de la cimentación, número de elementos y distribución. Se deberá incluir comentarios acerca de la magnitud de los valores alcanzados, en cuanto a la estabilidad de la estructura se refiere, indicando si son admisibles o no.

Para ello los modelos numéricos deberán contemplar, además de la carga gravitacional, cargas horizontales o de origen sísmico, independientemente del tipo de solución que se proponga (ya sea superficial o profunda) y con base en ellas deberá efectuarse el diseño geotécnico. Al respecto deberá consignarse en las memorias de cálculo el tipo de programa utilizado incluyendo una descripción de los mismos y la correspondiente interpretación de los resultados obtenidos.

Se anexará la memoria de cálculos, la cual contiene el procedimiento detallado de los cálculos de capacidad y deformación, así como el análisis de estabilidad del conjunto de la cimentación, donde se demuestre que ésta no fallará por capacidad portante, por deformaciones laterales, ni asentamientos. Para los cruces de drenajes naturales se deberá tener en cuenta el correspondiente análisis de socavación, para la determinación de la profundidad de cimentación de la estructura. Este análisis podrá realizarse por cualquier método existente explicando los criterios empleados para tal fin.

De otro lado, deberá efectuarse una modelación matemática mediante elementos finitos de los esfuerzos inducidos en las estructuras y las tuberías adyacentes de servicios públicos domiciliarios por las condiciones de carga del puente transmitidas por el sistema de cimentación propuesto, efectuando un análisis de la influencia del puente sobre las redes existentes cercanas al sistema de cimentación incluyendo sumideros, pozos especiales, cámaras, protección de tuberías de acueducto y alcantarillado existentes y propuestas y los demás dispositivos del sistema que se consideren necesarios. Al respecto deberá consignarse en las memorias de cálculo el tipo de programa utilizado incluyendo una descripción de los mismos y la correspondiente interpretación de los resultados obtenidos.

En el caso que la cimentación requiera obras complementarias para el adecuado funcionamiento de la estructura, tales como anclajes, muros, etc., se deberá presentar el diseño y los planos correspondientes.

En la memoria se incluirán gráficos, ábacos, referencias bibliográficas y todo aquello que dé claridad al estudio.

Resultados, conclusiones y recomendaciones

Se debe presentar en el Informe Final las características físicas del suelo y los parámetros de resistencia al corte, los utilizados en el diseño al igual que los resultados alcanzados en el estudio referentes a: tipo, profundidad y cota de cimentación, dimensiones y número de elementos, valor obtenido de la capacidad portante y deformación vertical y horizontal, análisis de elementos de acceso a las estructuras (terraplenes). Adicionalmente, se deberán presentar los resultados de la evaluación técnica y económica de las tres (3) alternativas de cimentación analizadas, junto con la recomendación del tipo de cimentación a ser implementada en la etapa de obra incluyendo aspectos como tipo y profundidad de cimentación, dimensiones y número de elementos requeridos.

Se debe concluir además acerca de los criterios establecidos, resultados obtenidos y alternativas estudiadas. Se deberán incluir las modelaciones y recomendaciones del proceso constructivo y de cualquier otro aspecto que se considere conveniente para cumplir satisfactoriamente con el objetivo del proyecto

Para perfiles de tipo F se deberán adelantar los ensayos de respuesta sísmica de sitio y las demás zonas restantes de acuerdo con el código Colombiano de Construcción de Puentes CCP-14, presentando el análisis y definición de parámetros para el diseño estructural de todos los elementos de cada sector.

Para las zonas bajas de los puentes deberán presentarse los correspondientes diseños y recomendaciones con base en la investigación del subsuelo para el diseño de las obras de estabilización y protección de canales y/o drenajes naturales.

Se deberán incluir los respectivos planos de localización de barrenos y sondeos, debidamente georreferenciados (coordenadas y cotas), planos de implantación de la estructura con la configuración del detalle y cotas de cimentación, planos de detalle para terraplenes de acceso a puentes y/o planos de cortes en caso de ser necesario y los demás que se consideren necesarios para dar claridad al estudio.

5.4. INTERSECCIONES VEHICULARES A NIVEL (EN CASO DE QUE APLIQUE)

Para las intersecciones vehiculares a nivel deberán considerarse, además de los resultados de los demás estudios estipulados en los presentes Pliegos de Condiciones, como tránsito y diseño geométrico, los diseños y recomendaciones para el diseño de pavimento y espacio público asociado de conformidad con lo establecido en los presentes Pliegos de Condiciones.

5.5. ANÁLISIS PATOLÓGICO DE ESTRUCTURAS (EN CASO DE QUE APLIQUE)

Durante la etapa de factibilidad, se deberá incluir la siguiente información:

- Estudios de suelos de la estructura específica.
- Planos de construcción de la cimentación
- Libro de obra del proceso constructivo de la cimentación.
- Resultado del ensayo de carga en el caso de puentes.

Exploración del subsuelo: la cual dependerá exclusivamente de la información existente pues si no se encuentra datos suficientes queda a criterio del Contratista con la aprobación de la interventoría y supervisión la investigación de campo para verificar las características geomecánicas del depósito y la caracterización de la cimentación existente.

Análisis de la información: El resultado de este análisis dictaminará la bondad de utilizar la estructura tal como está con las nuevas condiciones de esfuerzo y deformación o su refuerzo o cambio.

Los aspectos de diseño y los procesos constructivos ya fueron tratados en el numeral anterior. Se deberá entregar presupuesto detallado de acuerdo con las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público en Bogotá D.C. – ET-IC 01 adoptado mediante Resolución 010910 de 2019, o las que se encuentren vigentes a la fecha de inicio del contrato.

5.6. DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA LOCAL PARA INTERSECCIONES A DESNIVEL (EN CASO DE QUE APLIQUE)

Se determinará un espectro de respuesta sísmica local a utilizar para las intersecciones vehiculares a desnivel del proyecto. El objetivo de esta determinación es optimizar las soluciones de diseño de puentes vehiculares y pasos deprimidos nuevos, así como de reforzamiento y actualización sísmica de puentes vehiculares existentes en el proyecto.

Inicialmente para todas las intersecciones vehiculares del proyecto, se determinará la existencia de espectros de respuesta cercanos o aplicables al sitio de interés, que hayan sido aprobados por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) en el pasado, hoy IDIGER, y que previa discusión con dicha entidad o quien esta designe para tal fin, puedan ser utilizados para las intersecciones de este proyecto, si estos se concibieron para un periodo de retorno de 475 años se deberán llevar a un periodo de retorno de 1000 años, debidamente sustentados.

De no ser aplicables los espectros de respuesta sísmica existentes, se determinarán los espectros para los sitios puntuales de análisis, a través de estudios detallados de propagación de onda, teniendo en cuenta el efecto del depósito de suelo bajo el sitio en consideración y la incidencia de la topografía, de acuerdo con el procedimiento establecido en el Código Colombiano de Diseño y Construcción de Puentes CCP-14.

Adicionalmente, es importante aclarar que, en caso de ser aplicables, teniendo en cuenta la distancia al sitio particular, y las características topográficas y del subsuelo entre otros aspectos, podrán utilizarse los espectros determinados para intersecciones vehiculares mediante el procedimiento indicado en este numeral, para el diseño de estructuras como puentes vehiculares, peatonales, box-culvert, y túneles, en caso de ser viable y conveniente técnica y económicamente.

El procedimiento para la obtención del espectro de sitio deberá incluir la determinación del perfil estratigráfico de análisis y las propiedades geomecánicas (Estáticas y Dinámicas) de cada estrato, para lo cual se deberá realizar una perforación con muestreo y ensayos de campo y laboratorio. Se establece una profundidad mínima de exploración para la determinación del espectro de sitio, de 50 metros para las zonas de suelos blandos. Esta profundidad puede ser menor cuando se penetre al menos 5.0 metros en estrato rocoso o competente (que presente en el ensayo de Penetración Estándar un valor del Número de Golpes mayor o igual a 50 en 30 centímetros). Adicionalmente, cuando se estime que el estrato competente se encuentra a profundidades mayores a 50 metros, o cercanas a ésta, es decir, del orden de 60 o 70 metros, se realizará la investigación del subsuelo requerida para la determinación completa del perfil de suelo objeto del análisis.

Se debe realizar la extracción de muestras representativas de todos los materiales cada 2.0 metros en los primeros 50 metros de exploración y cada 4.0 metros para profundidades mayores, realizando además ensayos convencionales de Penetración Estándar y Veleta de Campo. Adicionalmente, se deberá medir la fluctuación del Nivel Freático durante el tiempo que dure la perforación llevando registros diurnos y nocturnos.

La profundidad de perforación deberá medirse desde la superficie del terreno identificando el nivel topográfico correspondiente del punto (Coordenadas planas y altitud).

Adicionalmente, los trabajos incluyen las actividades que se describen a continuación:

- Medición de la velocidad de onda en toda la longitud de exploración, por medio de métodos como Down Hole, Cono Sísmico o equivalentes, cuya aplicación será definida por el Contratista. Estas mediciones deberán realizarse cada 2.0 metros en los primeros 50 metros de exploración y cada 4.0 metros para profundidades mayores. De esta forma se deberá obtener la variación de la velocidad de onda de corte con la profundidad.
- Se deberán hacer ensayos básicos de clasificación y caracterización tomando muestras cada 2.0 metros en los primeros 50 metros de exploración y cada 4.0 metros para profundidades mayores. Estos ensayos básicos de clasificación incluyen la determinación del contenido de humedad, límites de plasticidad y peso específico de sólidos.
- Se realizarán ensayos de compresión inconfinada cada 2.0 metros en los primeros 50 metros de exploración y cada 4.0 metros para profundidades mayores. Adicionalmente, se estima la realización de ensayos de consolidación lenta cada 10.0 metros en los primeros 50 metros de exploración. - Para la determinación del comportamiento del módulo cortante y la capacidad de amortiguamiento de los materiales del subsuelo, en el intervalo de deformaciones cortantes dinámicas, se deberán efectuar grupos de ensayos apropiados, como ensayos

Bender Element, Columna Resonante y ensayos Triaxiales Cíclicos. Estos ensayos de laboratorio se deberán realizar cada 10.0 metros a lo largo del perfil de suelo, para cada ensayo representativo de un rango de deformaciones cortantes.

- Dentro de las actividades del estudio deberán obtenerse las curvas dinámicas (Módulo Cortante y Relación de Amortiguamiento en función de la deformación cortante) en relación con el Índice de Plasticidad y el Índice de Consistencia.
- Para obtener los parámetros requeridos se puede realizar con CPTu.

Es importante anotar que las actividades mencionadas anteriormente, corresponden a unos criterios básicos para la determinación de la Respuesta Sísmica Local, pero será responsabilidad del Contratista definir y presentar el número y tipo de ensayos de campo y laboratorio que permitan elaborar un estudio confiable, realizando además la correspondiente valoración económica de la investigación del subsuelo para esta actividad.

Con los resultados de la investigación del subsuelo efectuada mediante la perforación a 50 metros de profundidad, así como los resultados de los ensayos de laboratorio y campo, y la información secundaria disponible, se deberán realizar los análisis dinámicos correspondientes, utilizando para la obtención de los espectros de respuesta en superficie, modelos unidimensionales y bidimensionales.

Se deberán emplear en los análisis como mínimo los acelerogramas de diseño a nivel de roca utilizados en el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas – Universidad de los Andes) que están catalogados como representativos de las fuentes sismogénicas: Lejana (Zona de Subducción), Regional o Intermedia (Frontal de la Cordillera) y Cercana (Inmediaciones del área de la ciudad).

En caso de que la SDHT así lo requiera, el Contratista deberá presentar ante el IDIGER los resultados de estos estudios de Respuesta Sísmica Local para su revisión y concepto sobre el cumplimiento de los requisitos estipulados en el Decreto 074 del 30 de enero del 2001, por lo que no se aceptará la implementación del espectro obtenido hasta tanto no se obtenga el concepto del IDIGER.

5.7. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA EXCAVACIONES ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE SOPORTE Y/O CONTENCIÓN, PANTALLAS, MUROS DE CONTENCIÓN, ANCLAJES ETC. (EN CASO DE QUE APLIQUE)

Para los análisis de estabilidad de taludes y estructuras complementarias al proyecto que se identifiquen, se deberán seguir los lineamientos generales que se presentan en los siguientes apartados, teniendo en cuenta la Normatividad vigente, en especial el Código Colombiano de Diseño y Construcción de puentes CCP-14, en su capítulo 10, 11, 12 y los que apliquen a este proceso de análisis, o el que se encuentre vigente al acta de inicio del contrato, prestando especial atención a las zonas donde se puedan presentar sectores inestables desde el punto de vista geotécnico.

En todo caso el Contratista deberá presentar a consideración de la interventoría para su aprobación, para cada sitio inestable y estructura complementaria proyectada, el tipo de exploración del subsuelo o perforaciones a realizar, el número de metros de perforación y su distribución, para que esta realice el correspondiente estudio y concepto, y que permitan elaborar un estudio confiable, realizando además la correspondiente valoración económica de la investigación del subsuelo para esta actividad. Por estructuras complementarias se entienden las estructuras de contención adicionales, alcantarillas, box-culvert, entre otras posibles.

Trabajos de campo:

De acuerdo con el tipo de estructuras requeridas, se realizarán perforaciones, (manuales o mecánicas), especificándose su localización (referenciados a la nomenclatura urbana, o por coordenadas del levantamiento topográfico que se efectúe), su número y su profundidad.

Para el caso de taludes, se deberán realizar como mínimo y sin limitarse a ello, Tres (3) exploraciones geotécnicas por talud, uno en la corona del talud, en la parte media y otro en la pata o parte inferior; localizadas de tal forma tal que se pueda obtener un perfil geotécnico típico, de igual manera el Contratista deberá presentar el perfil topográfico típico del talud y/o cuerpo del deslizamiento, secciones transversales y obtención de la superficie de falla; deberá reportarse en todos los casos el nivel de agua, y efectuar los análisis de estabilidad indicando si los mismos se efectúan en condiciones drenadas o no drenadas, teniendo en cuenta la presencia de presión de poros en el suelo o de infiltración, de igual manera con la obtención de parámetros c y f, que sean conseguidos de acuerdo a las características del sector de análisis.

En el caso de los taludes en roca, se deberá realizar la sectorización del macizo y se profundizará la información de los levantamientos estructurales realizada durante la etapa de análisis de la información, con el fin de caracterizar la calidad del macizo rocoso teniendo en cuenta aspectos como litología, espaciamiento e inclinación y dirección de las discontinuidades, rellenos de las diaclasas, estado de meteorización, fracturación, flujo de las discontinuidades, identificación de familias de discontinuidades, continuidad o persistencia del macizo, parámetros de resistencia del relleno y roca y el de la matriz rocosa con el fin de obtener los parámetros de diseño de estas zonas.

Se realizarán pruebas de campo necesarias para conocer las características mecánicas y de resistencia de los diferentes estratos encontrados. Se debe informar sobre el nivel freático y su variación durante los sondeos, el resultado de resistencias in-situ del suelo, así como el porcentaje de recobro y RQD según su aplicación.

Las perforaciones deberán incluir ensayos de campo, como mínimo el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), CPTu, Dilatómetro o Presurometro y veleta de campo, y deberán reportar las fluctuaciones del nivel freático durante la perforación y valores de resistencia in-situ que permitan determinar las características del perfil estratigráfico. Los sondeos deberán estar referenciados con la topografía del proyecto.

En el informe del estudio de suelos deberá anexarse todos los registros de perforación debidamente firmados y referenciados en cuanto a cotas y abscisas del proyecto, así como

también los planos y tablas en los que se consolide la información referente a los perfiles estratigráficos y caracterización de los materiales identificados.

Ensayos de laboratorio

Por cada estrato o capa de suelo encontrado se realizarán ensayos de clasificación (granulometría y límites de Atterberg). Se deberán incluir valores de humedad natural y resistencia a lo largo del perfil del suelo. Para cada estrato se deberán realizar ensayos de compresión inconfinada, consolidación unidimensional, corte directo o triaxiales UU CU CD (para la posterior obtención de los parámetros C y f, módulos: elástico no drenado, y drenado dependiendo del tipo de material encontrado en el perfil estratigráfico), y en el caso del macizo rocoso se deberán realizar ensayos de corte directo al contacto de la diaclasa y relleno, carga puntual en el material rocoso, previa aprobación de la interventoría, en cuanto a la cantidad de ensayos requeridos y su pertinencia, de manera consistente con los presupuestos disponibles para este tipo de obras, previo a la ejecución de los trabajos.

Si se presenta homogeneidad entre perforaciones aledañas, la ejecución de los ensayos de laboratorio del mismo tipo (tanto de las muestras alteradas como de las inalteradas) deberá programarse intercaladamente en función de la profundidad con el objeto de extrapolar los valores y obtener un registro continuo de dichos parámetros con la profundidad.

Para los efectos de evaluación del potencial de licuación de los suelos deberá practicarse los ensayos de triaxial cíclico con esfuerzo controlado y en las muestras de suelo granular se deberán ejecutar ensayos que permitan determinar la permeabilidad, o en su defecto presentar a consideración y concepto de viabilidad de la interventoría, la metodología a utilizar, la cual deberá estar convenientemente justificada mediante referentes bibliográficos o teóricos.

Deberá presentarse la variación con la profundidad de cada una de las propiedades y parámetros obtenidos de la exploración y caracterización del subsuelo.

Se reitera que para la ejecución de los ensayos de laboratorio el Contratista previamente deberá obtener el concepto de aprobación de la Interventoría.

Perfil estratigráfico

Las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) y las rocas se describirán incluyendo su formación, identificación, características litológicas y físicas, y demás características que lleven a una caracterización geomecánica reconocida, y cualquiera otra información útil desde el punto de vista del diseño de ingeniería.

La anterior información será condensada en perfiles estratigráficos por sondeo dentro de los planos, específicamente en el alzado de cada puente proyectado deberá aparecer la columna estratigráfica detallada y la ubicación exacta de las mismas en los apoyos correspondientes, consignando los valores de los parámetros de resistencia y compresibilidad provenientes de los ensayos practicados a la profundidad exacta de muestreo.

Deberá presentarse la variación con la profundidad de cada una de las propiedades y parámetros obtenidos de la exploración y caracterización del subsuelo. En los registros de campo, deberá quedar indicada la información de la existencia o no del nivel freático aguas a presión superior a la cota de la superficie, existencia de gases y su variación durante los sondeos, las mediciones de los mismos deberán realizarse con herramientas apropiadas para tal fin.

Análisis geotécnico

En análisis para las diferentes estructuras se realizar de acuerdo a el Código Colombiano de Diseño y Construcción de Puentes CCP-14 o el que se halle vigente deberán presentarse los análisis por estado de evento extremo y de servicio como es: la estabilidad estática, dinámica capacidad de carga y asentamientos propios del suelo y las soluciones que se prevean para las condiciones especiales del subsuelo que se diagnostiquen, como licuación, suelos dispersivos, colapsables o expansivos, El Contratista deberá reconocerlos y presentar las correspondientes recomendaciones para su tratamiento de manera que se asegure la estabilidad de las estructuras, deberán incluirse las memorias de cálculo, el diseño y planos de construcción requeridos

Se deberá adelantar un análisis del comportamiento de las propiedades del suelo como es la estratigrafía, variación de los parámetros físicos y mecánicos de los diferentes depósitos tanto a profundidad como horizontalmente dada por la información de los demás sitios de exploración y determinar si se puede generar un modelo geológico geotécnico o establecer alguna zonificación.

Dentro de estos análisis, el Contratista deberá contemplar los problemas que pudieran originarse y desarrollarse durante el proceso constructivo, así mismo diseñar las técnicas tendientes a mitigarlos, haciendo especial énfasis en los procesos de excavación, la protección de redes de servicios públicos domiciliarios y la estabilidad de las construcciones vecinas.

Con base en el modelo geotécnico adelantar los cálculos para:

El caso de excavaciones para box culvert, pasos soterrados redes de servicios públicos se deberá adelantar los siguientes análisis:

- Factor de seguridad de Fondo.
- Numero de estabilidad, con este se determinará la necesidad de soporte o no. o Profundidad Crítica de excavación.
- Deformaciones elásticas inmediatas de expansión del fondo y asentamiento inmediato.
- Análisis de estabilidad que determine la solución por pantallas o muros de contención.
- Establecer la condición de comportamiento de la estructura con relación a la excavación, esto es:
    - **0** Estructura parcialmente compensada cuando el peso de la estructura es superior al esfuerzo dado por el volumen retirado de material.
    - **0** Estructura compensada: cuando el esfuerzo de aplicación de la estructura es igual al esfuerzo del volumen retirado de material.
    - **0** Estructura sobre compensada; cuando el esfuerzo transmitido por la estructura es menor al esfuerzo del volumen retirado de material.

Para este cálculo se deberá tener en cuenta el nivel freático inicial y el que se halla bajo la estructura. Con estos datos se determinará la necesidad o no, de pilotes de carga axial a compresión o tracción.

- Diseño de las pantallas o muros de contención, en este caso se deberá realizar en condición estática y dinámica, de igual forma tener en cuenta que en la parte interior de la pantalla existen cargas vivas como las construcciones y cargas permanentes como las construcciones, de igual manera los esfuerzos que puedan a transmitir las redes cercanas, y presiones hidrostáticas o hidrodinámicas al igual que la presencia de gases.
- Evaluar la condición crítica de la excavación durante el proceso constructivo en la cual existe la excavación, pero no se ha colocado la carga.
- Evaluar deformaciones laterales de las pantallas que pudieran suceder y su afectación en el entorno de la excavación en por lo menos cinco veces la profundidad y ancho de la excavación
- Proyección del sistema de monitoreo de la excavación indicando el tipo de equipo su sensibilidad y su exactitud, de igual manera establecer un sistema de alarma o semáforo que indique la situación normal de deformación, media y alta, indicando las acciones de contingencia que se deberán adelantar en el momento de una situación crítica.

En los casos en los cuales existan corrientes naturales que puedan afectar las obras se deberá adelantar los análisis y cálculos para determinar la posible socavación que pudiera generarse.

Análisis de estabilidad de ladera y estructuras de contención o soporte.

Para el caso de taludes, el Contratista deberá realizar elaborar y presentar una ficha de diagnóstico como resultado de la visita de reconocimiento, con las principales características e información básica del talud (longitud, altura, nivel freático, evidencias de movientes en masa antiguos y/o activos clasificación del deslizamiento según y posibles causas del mismo, y de esta forma evaluar el estado actual de las zonas en las que se pueden presentar inconvenientes relacionados con la estabilidad de los taludes al implementar cada una de las alternativas de solución que se analicen en esta etapa.

Para el caso de efectos sísmicos, estos deberán calcularse mediante métodos reconocidos y debidamente sustentados.

- Laderas y Taludes roca

Con base en el análisis de la información de campo, resultados de los ensayos de laboratorio, se determinará la calidad del macizo rocoso y la definición de parámetros de resistencia del macizo de acuerdo con las metodologías definidas para tales fines, en la determinación del tipo de falla para taludes en roca como resultado de los análisis cinemático de los datos de discontinuidades de los macizos rocosos levantados en campo vs. los datos de rumbo y buzamiento de los taludes de corte en roca (en los casos que aplique) y resultados de la evaluación de cargas estructurales, se deberán proponer, diseñar y modelar como mínimo tres (3) alternativas de estabilización, todas ellas factibles y se deberán evaluar desde el punto de vista técnico y económico, efectuando las respectivas recomendaciones sobre la alternativa a implementar. Para ello, si el Contratista así lo desea, podrán utilizarse nuevas tecnologías de materiales de estabilización, con las respectivas

justificaciones y soportes que demuestren y aseguren que la alternativa tendrá una eficiencia del 100% en su funcionamiento.

Así mismo, se deberá diagnosticar y evaluar la incidencia de los árboles existentes en la inestabilidad geotécnica que se presenta en la zona, a fin de determinar las cargas a las que están sometidas las estructuras en la actualidad y definir junto con los resultados obtenidos del componente forestal, las cargas que se deben retirar y bajo las cuales se efectuarán los diseños de las nuevas estructuras que permitan asegurar la estabilidad, funcionalidad y durabilidad de las obras.

- Estructuras de contención:

Para este numeral el Código Colombiano de diseño y Construcción de Puentes CCP-14, en su Capítulo 11 establece los lineamientos básicos a seguir.

Adicionalmente, para la condición estática y de sismo, deberán realizarse todas las verificaciones de comportamiento, esto es, deslizamiento, volcamiento, capacidad portante, estabilidad intrínseca y estabilidad general del sistema.

Para los análisis mencionados, deberá tenerse en cuenta el modelo geológico geotécnico con parámetros del suelo de diseño, dimensión de las excavaciones y cargas temporales o permanentes. Se deberá presentar los resultados obtenidos de los análisis de deformaciones (vertical y horizontal según sea el caso), al igual que las características geométricas de las estructuras, número de elementos y distribución. Se deberá incluir comentarios acerca de la magnitud de los valores alcanzados, en cuanto a la estabilidad de la estructura se refiere, indicando si son admisibles o no. Los modelos numéricos deberán contemplar, además de la carga gravitacional, cargas horizontales o de origen sísmico, independientemente del tipo de solución que se proponga y con base en ellas deberá efectuarse el diseño geotécnico. Al respecto deberá consignarse en las memorias de cálculo el tipo de programa utilizado incluyendo una descripción de los mismos y la correspondiente interpretación de los resultados.

- Anclajes

Para este tipo de estructuras se deberá seguir las indicaciones del Código Colombiano de Diseño y construcción de Puentes CCP-14 en su numeral 10.9 o NSR 10 – C.21

Resultados, conclusiones y recomendaciones

Se presentará informe escrito indicando claramente las características del perfil de suelo utilizado en el diseño, y parámetros del suelo y parámetros del macizo rocoso (si aplica) plenamente justificados a la luz de los resultados de los ensayos de laboratorio. Adicionalmente, se deberán presentar los resultados de los análisis geotécnicos, con las correspondientes recomendaciones producto del análisis (Técnico y Económico) de las tres (3) alternativas de cimentación diseñadas, en aspectos como tipo y profundidad de cimentación, profundidad de socavación, método de estabilización con sus correspondientes dimensiones y número de elementos requeridos y obras complementarias, según sea el caso.

En los informes escritos se deberán presentar además de la recopilación de información, análisis y recomendaciones de tipo geológico y geotécnico, las memorias de cálculo completas incluyendo análisis de capacidad portante, análisis de estabilidad, análisis de esfuerzos bajo estados de carga límite, análisis de deformación vertical y horizontal, según sea el caso, verificación de los factores de seguridad que apliquen, presentando claramente los criterios adoptados en los análisis, forma de obtención de datos de entrada, análisis de fotografías aéreas, resultados obtenidos y alternativas estudiadas, con los correspondientes referentes bibliográficos y teóricos empleados. Se presentarán recomendaciones del proceso constructivo, incluyendo excavaciones y manejo de agua durante esta etapa, especificaciones de materiales, cantidades de obra y cualquier otro aspecto que se considere conveniente para cumplir satisfactoriamente con el objetivo del proyecto y dar solución definitiva a los problemas de inestabilidad que afectan los sitios estudiados.

Se deberá realizar análisis de la estabilidad de los taludes, indicando el tipo de modelación proyectado o programa computacional indicado; teniendo en cuenta la longitud y altura del talud, parámetros del suelo o roca, factores externos, presencia del NAF, consideraciones sísmicas.

Se deberá presentar los respectivos factores de seguridad, estructuras de contención propuestas, con las respectivas memorias de cálculo para cada estructura de contención proyectada, manejo de agua superficial y subsuperficial, diseño de las obras de drenaje requeridas, y las respectivas recomendaciones del proceso constructivo, especificaciones y/o ficha técnica de materiales propuestos, planos con detalles constructivos, cantidades de obra y coordenadas y cualquier otro aspecto que se considere conveniente, para cumplir satisfactoriamente con el objetivo del proyecto.

Los ajustes y/o actualización y/o complementación de los Estudios y Diseños Geotécnicos deberán estar integrados a los ajustes y/o actualización y/o complementación de los Estudios y Diseños Hidrológicos, Hidráulicos y Estructurales que contempla el Contrato para cada punto de intervención.

Adicionalmente, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Elaboración de la ficha de diagnóstico de taludes: En donde se presenten las características geométricas del talud, como longitud, altura, presencia del NAF (si lo hay), cargas externas, fisuras de tracción en la parte superior del talud, coeficiente sísmico, dependiendo el área de influencia.
- Definir zonas con características homogéneas, es decir, que presenten comportamiento geotécnico similar, recomendaciones de cimentación, taludes de cortes y rellenos.
- Para el tema de taludes se deberá analizar la estabilidad en cada uno de los sectores que presenten riesgo o potencial de inestabilidad.
- Modelación geotécnica de taludes: Presentando el modelo geotécnico utilizado y cada uno de los parámetros de entrada utilizados, con sus respectivas memorias de cálculo, análisis de estabilidad, evaluación y análisis del factor de seguridad bajo diferentes escenarios: con y sin obras, con y sin sismo, con y sin nivel freático, propuestas de mitigación, estabilización y contención de taludes.

- Memorias de cálculo, modelaciones y verificaciones de los diseños.
- Recomendaciones geotécnicas y de construcción, obras de mitigación o contención con su respectivo diseño y memorias de cálculo.

5.8. EVALUACIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y/O ESPACIO PÚBLICO. (EN CASO DE QUE APLIQUE)

En sectores de rellenos o proyectos localizados en microzonas sísmicas Lacustre 500, Lacustre Aluvial 200, Lacustre Aluvial 300, Aluvial 200, Aluvial 300, o donde los suelos sean compresibles o tengan tendencia a expandir por procesos de excavación se deberán adelantar estudios adicionales.

Al construir una estructura de pavimento se realizan trabajos que afectan las condiciones naturales del subsuelo en resistencia y parámetros geológicos de compresibilidad o expansibilidad por lo cual se requiera un análisis donde se evalué los esfuerzos de alivio, subpresión, posteriormente al excavar la caja y al colocar la estructura, evaluar las nuevas cargas.

Para garantizar la estabilidad de la estructura del pavimento se deberá adelantar una investigación del subsuelo que deberá contener:

- Exploración del subsuelo mediante sondeos directos cada 50 m.
- La profundidad de la exploración será del orden de dos veces el ancho de la vía a analizar.
- Como exploración indirecta se puede realizar ensayos de geofísica o geoeléctricos.

Con relación a los ensayos de laboratorio deben contener:

- Humedad natural.
- Límites de consistencia.
- Gradaciones con lavado en tamiz 200
- Ensayos de consolidación con ciclos de descarga (No lenta).
- Ensayos de compresión inconfinada.
- Ensayos triaxiales CD
- Ensayos de succión.
- Ensayos de Colapsibilidad.

El análisis geotécnico a analizar es el de:

- Evaluación de Expansión incluida la presencia de nivel freático o aguas colgadas, por proceso constructivo al excavar.
- Evaluación de probabilidad de Licuación.
- Evaluación de los asentamientos al colocar la estructura.
- Teniendo los parámetros del ensayo triaxial CD evaluar las deformaciones con el tiempo dentro del periodo de diseño inicial del pavimento.
- Evaluación de capacidad portante.
- Si las condiciones de estabilidad de la estructura son precarias por deformación por expansiones o consolidación a corto y largo plazo, proyectar un mejoramiento o

estabilización de la subrasante en la cual se deberá hallar el valor mejorado de resistencia al corte no drenada, drenada y CBR.

- Si dentro del alineamiento del proyecto existen individuos arbóreos evaluar su potencial de succión y establecer las acciones a llevar a cabo para su mitigación.

5.9. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS (EN CASO DE QUE APLIQUE)

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación de redes y de la investigación geotécnica preliminar, se ejecutará la exploración del subsuelo requerida, para lo cual el Contratista de acuerdo con las normas técnicas establecidas por las empresas de servicios públicos, deberá realizar como mínimo un (1) sondeo o barreno en el área de influencia directa del proyecto, en el que se evidencie la interferencia con las redes húmedas. En todo caso, previo a la ejecución de los trabajos de campo, el Contratista deberá presentar para concepto de recibo de la Interventoría, el tipo de perforaciones a realizar, el número de metros de perforación y su distribución, para que esta realice el correspondiente estudio y emita concepto, y que permitan elaborar un estudio confiable; de igual manera, se deberán presentar dentro del plan de inspección de ensayos, la programación y posterior ejecución de la caracterización física y mecánica de los estratos encontrados. Dicho plan de investigación deberá estar acorde con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma los diseños deberán seguir la normatividad indicada, en lo referente a los aspectos geotécnicos de la cimentación de redes e interferencias con la infraestructura proyectada, en especial las Normas que se hallen vigentes en el momento de firmar el contrato de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá que se relacionan a continuación, entre otras:

- NS-010: Requisitos para la elaboración y presentación de estudios Geotécnicos
- NS-019: Excavaciones en zanja
- NS-035: Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado
- NS-072: Entibados y tablestacados
- NS-076: Requerimientos para diseño y construcción de obras de protección de taludes
- NS-088: Geotextiles y geocompuestos de drenaje
- NS-122: Aspectos técnicos para diseño y construcción de subdrenajes
- NS-139: Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado.

Para todos los casos se deberá presentar el análisis de estabilidad de las zanjas e indicar el cumplimiento de los factores de seguridad, y en caso de requerirse se deberá presentar el análisis para el uso de tablestacados o Entibados y su respectiva cuantificación.

En el caso de interferencia de redes, el Contratista deberá efectuarse una modelación matemática en elementos finitos de los esfuerzos inducidos en las estructuras y en las tuberías adyacentes de servicios públicos domiciliarios por las condiciones de carga de los puentes u otras estructuras transmitidas por el sistema de cimentación propuesto, efectuando un análisis de la influencia del

puente u otras estructuras sobre las redes existentes cercanas al sistema de cimentación incluyendo, sumideros, pozos especiales, cámaras, protección de tuberías de acueducto y alcantarillado existentes y propuestas y los demás dispositivos del sistema que se consideren necesarios. Al respecto deberá consignarse en las memorias de cálculo el tipo de programa utilizado incluyendo una descripción de los mismos y la correspondiente interpretación de los resultados obtenidos. De encontrarse que la cimentación de la estructura puede potencialmente afectar la red, se deberá diseñar las medidas tendientes a mitigar el riesgo.

En los casos de red matriz, o en los sitios que las entidades de servicios públicos lo soliciten se deberá establecer un programa de monitoreo geotécnico.

Los análisis geotécnicos correspondientes a las redes húmedas deberán ser incluidos tanto en el diseño geotécnico, como en el diseño hidráulico.

5.10. ANÁLISIS DE RIESGO PÚBLICO

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolla en la ciudad de Bogotá, se hace necesario que el Contratista, de estricto cumplimiento a lo establecido en el Decreto 172 de 2014 – *"Por medio del cual se reglamenta el Acuerdo 546 de 2013, se organizan las instancias de coordinación y orientación del Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático y se definen lineamientos para su funcionamiento"*, así como también el Decreto Distrital 334 de 2004 - Por el cual se organiza el Régimen y el Sistema para la Prevención y Atención de Emergencias en Bogotá Distrito Capital y se dictan otras disposiciones", que en sus artículos 15 y 16, que indica:

Artículo 15º. Análisis de riesgos y de medidas de prevención y mitigación*. En desarrollo de lo dispuesto en los artículos 8 y 9 del Decreto 919 de 1989, las entidades o personas públicas o privadas cuyas actividades puedan dar lugar a riesgos públicos deben hacer análisis de riesgos, de planes de contingencia y de medidas de prevención y mitigación. Para este efecto, la DPAE, en consulta con las Comisiones Interinstitucionales pertinentes del SDPAE, preparará para su adopción por Decreto del Alcalde Mayor las normas en virtud de las cuales se definan los casos específicos de exigibilidad, los términos técnicos, las instancias institucionales para su presentación y aprobación, y los mecanismos de seguimiento y control. Los planes de contingencia y las medidas de prevención y mitigación necesarios según los análisis efectuados conforme a este artículo y a lo establecido en el artículo 16 o, deben ser adoptados por las personas públicas o privadas en desarrollo de las actividades a su cargo que sean generadoras de riesgo público.*

PARAGRAFO. En todos aquellos casos en que las personas privadas estén obligadas a realizar análisis de riesgos, planes de contingencia y de medidas de prevención y mitigación en los términos de los artículos 15 y 16 del presente Decreto, estas responderán por las consecuencias de no haber efectuado dichos análisis o de haberlos hecho de manera deficiente o derivadas de la no adopción de los planes de contingencia y de las medidas de prevención y mitigación.

Artículo 16º. Responsabilidad especial de realizar o exigir análisis de riesgos, planes de contingencia y medidas de prevención y mitigación obligatorios*. En desarrollo de lo dispuesto en los artículos 8 y 9 del Decreto Extraordinario 919 de 1989, e independientemente de*

lo que se disponga en desarrollo del artículo 15 y sin que sea necesaria la reglamentación prevista en dicha norma, es responsabilidad especial de cada Entidad o autoridad competente del orden central o descentralizado de Bogotá Distrito Capital, o privada que cumpla funciones públicas o preste servicios públicos, que estime que pueden generarse riesgos públicos en desarrollo de actividades que están dentro de su órbita de competencia, realizar o exigir, según el caso, análisis de riesgos, planes de contingencia y de medidas de prevención y mitigación en los siguientes eventos:

1. *En los proyectos de inversión del Banco de Proyectos de Inversión del Distrito (EBI)*
2. *En el otorgamiento o renovación de licencias, concesiones, permisos y otras autorizaciones administrativas, ya sea como condición o requisito previo para su expedición o como parte de su contenido mismo.*
3. *En los procesos de prefactibilidad, factibilidad y diseño de obras y proyectos.*
4. *En los términos de referencia o en los pliegos de condiciones para la celebración de contratos o como una obligación específica a cargo de la persona que celebre el respectivo contrato con la administración.*
5. *En los procesos de organización y prestación de servicios públicos, tanto en el diseño de los planes como en los procedimientos de operación permanente.*
6. *En la elaboración de los planes maestros de equipamientos del sector social.*
7. *En los instrumentos de gestión urbana derivados del Plan de Ordenamiento Territorial y*
8. *En las licencias de urbanismo y de construcción conforme a lo previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial.*

***PARAGRAFO 1º**. Para los efectos previstos en este artículo se entiende por riesgo público el daño probable que, en desarrollo de las actividades y proyectos desarrollados por entidades públicas, privadas o ciudadanas, se produzcan sobre la población y sus bienes, sobre la infraestructura y la economía pública y privada y sobre el ambiente, en espacios distintos y externos a los espacios propios o privados en los cuales se adelantan dichos proyectos y actividades*

***PARAGRAFO 2º**. Las entidades o autoridades competentes a que se refiere el presente artículo definirán mediante resolución los casos específicos en los cuales se realizarán o exigirán los análisis de riesgos, planes de contingencia y de medidas de prevención y mitigación.*

En consecuencia, considerando que las actividades de obra que se ejecuten como resultado de los Estudios y Diseños planteados por el Contratista, son generadoras de riesgo público para la comunidad afectada por el proyecto, se deberá identificar el riesgo, efectuará el correspondiente análisis del riesgo, y planteará los planes de contingencia y medidas de mitigación inherentes al proyecto.

5.11. ANALISIS DE RESULTADOS

Como parte de las actividades a desarrollarse durante la Fase de Factibilidad, el Contratista deberá realizar una revisión de los siguientes documentos:

- Certificaciones de calibración de los equipos de ensayos, prensas, balanzas etc., vigencias que dependen del tipo de equipo y de la Superintendencia de Industria y Comercio.
- Los resultados obtenidos de los laboratorios de ensayos deberán indicar entre otros: norma de ensayo, equipo utilizado y certificado de calibración, a fin de establecer el grado de confiabilidad de la información.
- Cada uno de los reportes de ensayos de laboratorio, deberá entregarse de manera independiente indicando la norma de ensayo que la rige ASTM, IDU, NTC, INVIAS, EAAB.
- Se deberá entregar los registros crudos de campo y los perfiles construidos con las propiedades halladas en los resultados de laboratorio.

Las características anteriores, deberán ser tenidas en cuenta para la entrega de los estudios y diseños definitivos.

6. ENTREGABLES

El Contratista deberá entregar al inicio del contrato un cronograma de entrega de productos, dentro del plazo del contrato, teniendo en cuenta como mínimo los siguientes entregables para el componente de Geotecnia, los cuales deberán contar con la respectiva aprobación de la Interventoría.

FASE	PRODUCTO
FACTIBILIDAD	1. Cronograma y metodología detallada de trabajos geotécnicos 2. INFORME DE INVESTIGACIÓN Y RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN: Resultados de la búsqueda, recopilación y análisis de información primaria y secundaria. 3. PLAN DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO PARA FUNDACIONES, REDES Y DEMÁS ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS: Planos de localización e implantación del proyecto, planteamiento de alternativas de solución, ubicación de sondeos (nuevos y existentes), protocolo del laboratorio para toma, transporte, conservación y ensayo de muestras, balance financiero del programa de exploración geotécnica y ensayos de laboratorio, cronograma detallado de trabajos de campo y ensayos de laboratorio, certificados de calibración de equipos de laboratorio, relación de personal de campo 4. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE FACTIBILIDAD: Consolidación del informe de avance, ajuste de acuerdo con observaciones previas, análisis del espectro sísmico de diseño, predimensionamiento y modelación de alternativas de diseño geotécnico de estructuras principales, secundarias, taludes, redes y complementarias, definición de criterios y umbrales de evaluación para seleccionar la alternativa óptima, análisis comparativo técnico y económico de alternativas,

APÉNDICE 12 – GEOTECNIA

FASE	PRODUCTO
	definición de alternativa óptima para diseño, estimación de cantidades de obra, riesgos previsibles, conclusiones y recomendaciones
ESTUDIOS Y DISEÑOS	1. PLAN DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO PARA FUNDACIONES, REDES Y DEMÁS ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS: Planos de ubicación de barrenos y sondeos (nuevos y existentes), protocolo del laboratorio para toma, transporte, conservación y ensayo de muestras, balance financiero del programa de exploración geotécnica y de ensayos de laboratorio, cronograma detallado de trabajos de campo y ensayos de laboratorio, certificados de calibración de equipos de laboratorio. 2. INFORME DE AVANCE : Localización y descripción del alcance del proyecto, marco teórico de las metodologías de diseño a emplear, zonificación geológica, geotécnica, sísmica, amenaza, etc., inventario y diagnóstico de la infraestructura existente, dicha de diagnóstico de taludes, resultados de exploración y ensayos de laboratorio, registros fotográficos, cuadro consolidado de ensayos de laboratorio, análisis de variabilidad de resultados, perfiles estratigráficos, definición de parámetros de diseño geotécnico para: cimentación de estructuras principales, secundarias taludes, complementarias, y demás redes (según aplique). 3. INFORME DE AVANCE 2: Análisis del espectro sísmico de diseño, dimensionamiento y modelación de alternativas de cimentación de estructuras principales, secundarias, taludes, redes y complementarias, análisis comparativo técnico y económico de alternativas, definición de alternativa óptima para diseño 4. ESTUDIOS Y DISEÑOS GEOTÉCNICOS DEFINITIVOS: Consolidación de informe de factibilidad, e informes de avance 1 y 2 ajustado de acuerdo con las observaciones previas, modelación de alternativa definitiva para cimentación para estructuras principales, secundarias, taludes, complementarias y redes, memorias de cálculo, planos, procesos constructivos, planes de instrumentación y monitoreo, recomendaciones de mantenimiento y construcción, cantidades de obra, especificaciones generales y particulares, plan de contingencia y análisis del riesgo público, identificación de riesgos previsibles
ESPECIFICACIONES, DETALLES,	5. COMPLEMENTACIÓN Y AJUSTE DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS GEOTECNICOS DEFINITIVOS: El contratista

FASE	PRODUCTO
DOCUMENTOS FINALES, SEGUIMIENTO A TRÁMITES	debe ajustar y complementar los productos y diseños elaborados para su correcta materialización en el Etapa de Obra.

9. CONTENIDO BASICO DEL INFORME FINAL

A continuación, se presenta el contenido mínimo recomendado del informe final:

1. Alcance del proyecto y de los componentes
2. Inventario y diagnóstico de infraestructura existente a nivel geotécnico (estructuras, taludes, redes, etc.)
3. Resumen de la etapa de factibilidad con la recopilación y análisis de Información secundaria
4. Caracterización de la localización del proyecto (microzonificación geológica, geotécnica, sísmica, amenaza).
5. Plan de exploración geotécnica (plano de localización de barrenos y sondeos, discriminando: geotecnia para puentes, taludes, redes, muros, etc. Incluir abscisado del proyecto, límite de intervención y georreferenciación cuando aplique)
6. Resultados de ensayos consolidados (incluye los reportes de campo, protocolo de manejo, transporte, ensayo y conservación de muestras, certificados de calibración de equipos, reportes de ensayos firmados por laboratorista e ingeniero de laboratorio, registro fotográfico de muestras y trabajos de campo).
7. Procesamiento de ensayos de laboratorio (tablas consolidadas de resultados, análisis de variabilidad de cada una de las propiedades físicas y mecánicas con respecto a la profundidad, sectorizaciones, planos en planta-perfil de perfiles estratigráficos consolidando información de laboratorios e implantación de la infraestructura proyectada).
8. Caracterización del macizo rocoso (en caso de que aplique)
9. Definición de perfil geotécnico de diseño y parámetros de diseño.
10. Marco teórico de las metodologías y criterios de diseño a emplear.
11. Memorias de cálculo, modelaciones y verificaciones de los diseños.
12. Análisis comparativo técnico y económico de alternativas (en caso que aplique)
13. Planos de cimentación de estructuras, planos de diseño de taludes, estructuras de contención, planos de modulación de losas, y demás detalles de índole constructivo.
14. Cuadro de cantidades de obra y memorias de cálculo, discriminadas por componentes (espacio público, pavimentos, redes húmedas, redes secas, estructuras, geotecnia y plan de manejo de tráfico y desvíos)
15. Especificaciones generales y particulares de construcción
16. Plan de contingencia y análisis de riesgos
17. Riesgos previsibles
18. Recomendaciones y Conclusiones
19. Informe final con sus respectivos anexos en medio magnético (*.xlsx. *:docx, *.dwg, crudos de memorias de cálculo y modelaciones)

APÉNDICE 12 – GEOTECNIA