

## ANEXÓ. RECOMENDACIONES TÉCNICAS

### Estudio Previo para la Contratación de **LA ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS DE RECONFORMACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA GULLIES AL MAR DE LA ISLA DE SAN ANDRÉS Y EN LA ISLA DE PROVIDENCIA.**

#### 1 ESTUDIOS BÁSICOS: TÉCNICOS

##### 1.1 DIAGNÓSTICO DE LOS GULLIES

El contratista dentro de los productos del contrato deberá incluir un diagnóstico del estado actual de cada uno de los Gullies, para lo cual deberá realizar un análisis de los componentes de hidrología, capacidad hidráulica, geotecnia, ecológico, social y demás que se requieran para elaborar la propuesta técnica de reconformación hidrogeomorfológica integral de la misma, en toda la extensión, desde su nacimiento a su desembocadura.

El contratista deberá analizar, revisar, ajustar, corregir y complementar de acuerdo con las condiciones actuales en campo y la normatividad técnica vigente, la información requerida de los productos entregados durante el contrato de prestación de servicio N° 138 DE 2016, cuyo objeto es *"Identificación, delimitación y priorización de las áreas de importancia estratégica para la mitigación de riesgos por inundación y conservación de ecosistemas estratégicos en la isla de Providencia"*, contrato 232 de 2017, cuyo objeto es *"Delimitación de las zonas de inundación y de las fajas forestales protectoras a escala de detalle, utilizando los ortofotomapas suministrados por CORALINA, de las corrientes priorizadas en el Archipiélago de San Andrés y Providencia, aplicando la Resolución 561 de 2012 emitida por CORPOCALDAS y la guía para el acotamiento de las rondas hídricas de los cuerpos de agua, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible"* y demás estudios relacionados directa o indirectamente, que hayan sido contratados por CORALINA, La Gobernación del Archipiélago de San Andrés y Providencia y demás entidades.

Se deberá analizar la información existente con el fin de determinar si es apropiada para los trabajos objeto de este contrato, si estas actividades o productos se desarrollaron de manera clara y suficiente, de acuerdo con las revisiones y conceptos del CONTRATISTA; se adoptarán como parte de este estudio, con el fin de evitar duplicidad de trabajos; siempre y cuando se ajusten al modelo de reconformación hidrogeomorfológica a desarrollar. El uso de la información recopilada no eximirá al CONTRATISTA de sus obligaciones y responsabilidades con relación a la seguridad y calidad de los trabajos objeto del presente contrato.

El Contratista deberá conocer las normas y planes vigentes del orden Municipal, Departamental, Regional y Nacional que estén relacionados con el presente proyecto.

Además de lo anteriormente el contratista deberá realizar recopilación detallada de información asociada a:

##### **Determinación de la población afectada**

El contratista dentro de los productos del contrato deberá determinar información sobre la población directa o indirectamente afectada, así como la población objetivo o beneficiada con la ejecución del proyecto, se deberá buscar información confiable, proveniente de entidades oficiales relacionadas con el tema.

Deben recolectarse los datos demográficos de la población, en especial los censos de población del DANE y los censos disponibles de servicios públicos de la localidad o localidades similares. Con base en los datos anteriores deben obtenerse los parámetros que determinen el crecimiento de la población.

##### **Características socioculturales de la población y participación comunitaria.**

El contratista deberá incluir dentro de los productos del contrato información acerca de las condiciones sociales y culturales de la población objetivo, con base en información primaria y/o secundaria. Esta información deberá contener como mínimo características específicas, tales como condiciones especiales de la población, distribución espacial,

estratificación, densidad poblacional y crecimiento poblacional esperado, períodos del año en los que se presentan incrementos de la población flotante, niveles de ingreso y actividades económicas predominantes, así como el crecimiento y las tendencias de desarrollo industrial y comercial. De igual forma, deberá identificarse aspectos claves de decisión en el planteamiento del proyecto, relacionados con costumbres, creencias, arraigo al paisaje y a los recursos naturales, entre otros.

### **Evaluación de riesgos**

Evaluar si los sectores previstos a diseñar se ubican en zonas de amenaza o riesgo alto, medio o bajo, definidos por la autoridad ambiental o el organismo competente, asimismo se deberá evaluar si los sectores a diseñar se encuentran en zona de ronda y zonas de manejo y preservación ambiental o zonas de reserva forestal.

### **Cartografía**

Se obtendrá la cartografía disponible en fuentes secundarias como informes o estudios de EOT, POT o plan de desarrollo municipal del municipio correspondiente, así como las entidades territoriales locales como las secretarías municipales.

De igual manera se podrán consultar entidades como el IGAC, DANE, SIGOT, Parques Nacionales, Ministerios, IDEAM, CAR's y/o autoridades ambientales competentes y otros organismos públicos que posean información cartográfica de la zona de posible intervención y circundante.

En la cartografía recopilada se deberá localizar e identificar como mínimo:

- La localización del proyecto, con identificación del departamento, municipio, vereda.
- Delimitar en forma aproximada el área de posible intervención
- Áreas de restricción ambiental extraídas de los EOT, POT o planes ordenamiento ambiental y territorial. Se deberá establecer si existe traslapo de las áreas de restricción con el área de posible intervención del proyecto.

### **Catastral**

Con base en la información disponible en fuentes secundarias como informes o estudios de EOT, POT o plan de desarrollo municipal del municipio correspondiente, así como las entidades territoriales locales como las secretarías municipales, se recopilará información que caracterice por lo menos los siguientes aspectos prediales básicos:

- Identificación de los predios ubicados en la zona del proyecto.
- Descripción de la situación legal de los predios identificados en la zona de posible intervención.
- Información general alfanumérica y cartográfica del tamaño de los predios.

### **Climatología. Meteorología e Hidrología**

Se obtendrá información climatológica y meteorológica disponible en fuentes secundarias como informes o estudios de EOT, POT o plan de desarrollo municipal del municipio correspondiente, así como las entidades territoriales locales como las secretarías municipales.

Se debe recopilar y analizar información climática disponible de las estaciones más cercanas a la zona de posible intervención, en lo posible que permita realizar la caracterización climatológica de la zona y establecer el régimen de precipitaciones.

### **Diagnóstico Hidráulico**

El objetivo de este diagnóstico es identificar las zonas de riesgo de la corriente hídrica superficial debidas al tránsito de crecientes.

El impacto sobre los elementos afectados (zonas industriales, viviendas, vías, zonas agrícolas) depende de la frecuencia de afectación y de su intensidad. En este sentido para determinar el riesgo de inundación, se tendrán en cuenta tres parámetros:

- El periodo de retorno
- Calado de lámina de agua
- La velocidad

Con estos parámetros se determinará el riesgo de inundación según el tipo de asentamiento: zonas urbanas, viviendas aisladas, zonas rústicas, zonas industriales o zonas vulnerables (en función del tipo de uso o peligrosidad).

### **Diagnóstico Morfodinámico**

Los fenómenos morfodinámicos responden a la dinámica natural de las corrientes hídricas superficiales. Estos procesos naturales, a veces, se ven agravados por actividades antrópicas como la ocupación de conos de deyección, canalización de corrientes, impermeabilización de la hoya hidrográfica, etc., que afectan sensiblemente el régimen de corrientes. En este sentido se tendrán en cuenta en la morfodinámica, aquellos procesos que originen daños sobre bienes consolidados: erosión en curva, movilidad en planta, tendencia de evolución fluvial (acreción o incisión), acumulación, zonas de especial interés (sales solubles, terreno cárstico, etc.).

### **Diagnóstico Ambiental**

El diagnóstico ambiental de las corrientes hídricas superficiales tiene como objetivo determinar el estado del medio y destacar aquellos aspectos que hacen que se desvíe de una situación ambiental óptima. En este sentido se marcarán los puntos o tramos cuya calidad ambiental esté afectada, como calidad de la vegetación de ribera, calidad del agua, zona de especial interés ambiental y calidad hidromorfológica.

## **1.2. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD**

En esta Fase se deberán realizar todos los estudios, modelaciones y prediseños necesarios para la reconfiguración hidrogeomorfológica de acuerdo con las características particulares de cada uno de los Gullies, con un grado suficiente de detalle que permita adelantar una evaluación de todos los aspectos del proyecto, para establecer las bondades, beneficios, costos, indicadores económicos, sociales y ambientales, y así determinar si el proyecto es o no factible, de lo cual dependerá que se inicie la Fase 2 del proyecto - Diseños Detallados.

Realizar la propuesta técnica, análisis y selección de alternativas de las soluciones más favorables para la reconfiguración hidrogeomorfológica de los Gullies objeto del contrato, con base en criterios técnicos, sociales, jurídicos, ambientales y económicos generando beneficios para las comunidades vulnerables, así como de los riesgos que puedan asociarse a la concepción y evaluación del proyecto, que permitan optimizar costos y adoptar soluciones ajustadas a la práctica más reciente de la ingeniería, buscando sistemas y obras que garanticen el uso eficiente de los recursos y un proyecto sostenible en todos los aspectos y con apego al cumplimiento de las normas técnicas del sector

Para cada alternativa presentada se deberán incluir los costos aproximados de inversión y las oportunidades en que deben efectuarse, así como los costos de operación, mantenimiento y eventual reposición durante el horizonte de diseño. Se deberán incluir en todas las obras diseñadas los costos ambientales ya sea por prevención, mitigación, corrección, compensación, y/o manejo de los efectos negativos que se generen.

Para la alternativa seleccionada el contratista determinará la primera de las etapas o la única, si es el caso, en las que los componentes del sistema deban construirse, de tal forma que se minimicen los costos económicos del proyecto, atendiendo simultáneamente consideraciones de tipo financiero, técnico, ambiental e institucional.

### **1.2.1. Condiciones generales.**

Las alternativas planteadas por el contratista deberán ser articuladas con el plan o esquema de ordenamiento territorial y con los planes ambientales y sectoriales tales como: Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (Pomca), sistema, o cualquiera de los componentes del proyecto, tendría dentro del desarrollo urbano o la cuenca y para que su ejecución apunte a metas municipales y regionales del sector.

Se deberá evaluar la información disponible y adoptar un plan de acción del respectivo sector, que permita en un horizonte de mediano plazo garantizar la efectividad en la toma y procesamiento de la información básica y la implantación apropiada de mediciones para asegurar su continuidad en el tiempo.

### **1.2.2. Reconocimientos de campo, investigación predial.**

El diseñador realizará los reconocimientos detallados de campo que le permitan visualizar en forma directa y sin lugar a equívocos la situación de la zona, las posibilidades reales de manejo de las soluciones a los problemas formulados, las necesidades de adquisición de predios, los requerimientos de estudios especiales así como la definición y alcance de los trabajos topográficos a realizar para el desarrollo del proyecto.

### **1.2.3. Instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos**

En el diseño de reconfiguración hidrogeomorfológica de Gullies al mar, se debe tener en cuenta lo establecido en los instrumentos de planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Estos instrumentos son:

1. Planes Estratégicos, en las Áreas Hidrográficas o Macrocuencas.
2. Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico, en las Zonas Hidrográficas.
3. Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, en Subzonas Hidrográficas o su nivel subsiguiente.
4. Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas, en las cuencas de nivel inferior al del nivel subsiguiente de la Subzona Hidrográfica.
5. Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos.

### **1.2.4. Geología, geomorfología, suelos y geotecnia.**

Todas las obras de infraestructura requieren de un diseño geotécnico que asegure su estabilidad y funcionalidad, así como la no afectación de las construcciones vecinas e infraestructura existente. El diseño geotécnico deberá fundamentarse en los estudios e investigación de suelos antes descritos.

Dentro de los estudios de geotecnia, debe exigirse lo correspondiente al establecimiento de taludes, manejo de aguas, entibados, identificación de zonas de falla y recomendaciones geotécnicas.

#### **Objeto**

Definir los requisitos para la presentación de los informes correspondientes a estudios geotécnicos para el diseño reconfiguración hidrogeomorfológica de Gullies al mar a contratar por FINDETER o sujetas a su aprobación.

#### **Alcance**

En este documento se incluyen los criterios y aspectos mínimos a considerar en los estudios geotécnicos para estructuras hidráulicas, obras puntuales, especiales, y canales.

## **REFERENCIAS NORMATIVAS**

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

#### **AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS**

- Standard test method for bearing capacity of soil for static load and spread footings. Philadelphia: ASTM. (ASTM D 1194)

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (Actual Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)

- Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -(RAS-2000). - Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -(RAS-2000). Título G.

#### **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA.**

- Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS, 2010. (NSR-10).

- INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMINAS) – DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (DAGMA).

- Estudio de Microzonificación Sísmica de Ibagué, Santa Marta, Manizales.

#### **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.**

- Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 4630)

- Suelos. Ensayo para determinar el contenido de humedad. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1495)

- Suelos. Determinación de la resistencia a la compresión triaxial no consolidada no drenada en suelos cohesivos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 2041)

- Suelos. Método de ensayo para determinar el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas y drenadas. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1917)

- Suelos. Ensayo para determinar la granulometría por tamizado. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1522)

- Suelos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión confinada de suelos cohesivos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1527)

- Suelos. Método de ensayo para determinar las propiedades de consolidación unidimensional de los suelos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1967)

#### **INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS.**

- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras

#### **REQUISITOS**

Este anexo presenta los aspectos mínimos a considerar en los estudios geotécnicos para estructuras hidráulicas, obras puntuales, especiales y canales, obras que definen los alcances geotécnicos específicos.

#### **Requisitos Técnicos Generales**

##### **Generalidades**

Todos los trabajos y ensayos citados en el presente anexo deberán caracterizar geotécnicamente el subsuelo y establecer las condiciones reinantes en el área del proyecto que permitan al Contratista establecer el método de excavación más adecuado, evaluar la estabilidad de taludes, determinar el tipo de estructuras de contención más conveniente en las zanjas (tipo de entibado), seleccionar los rellenos y determinar las capacidades portantes de los suelos y su relación con la presión de expansión solicitada. Además, instaurar el procedimiento de cimentación estructuras que garantice la estabilidad de todos los componentes del proyecto y los demás requerimientos necesarios

para adelantar los diseños. Finalmente, proporcionar las recomendaciones para la etapa de construcción y operación de las obras.

El presente anexo plantea algunos requisitos mínimos para las obras especiales, pero FINDETER podrá definir requisitos adicionales y/o específicos para cualquiera de sus proyectos.

### **Localización del proyecto**

Debe definirse la ubicación geográfica del proyecto en todos los casos, georreferenciada a las coordenadas del IGAC y por nomenclatura urbana, cuando de ella se disponga. La topografía debe ser realizada de acuerdo con los criterios y directrices establecidos para la ejecución de levantamientos topográficos

### **Exploraciones de campo**

#### **Estándares para la Exploración en Campo**

Las normas de ensayo que deben seguirse para la ejecución de las exploraciones, ensayos de campo y muestreo se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas para la ejecución de exploraciones y ensayos de campo

<b>NOMBRE</b>	<b>NORMA</b>
Perforación con brocas de diamante para investigación en el sitio	"INVE-108"
Penetración normal y muestreo con tubo partido de suelos	"INVE-1 11"

Se deberá tener especial cuidado con la estabilidad de las paredes de apiques y trincheras, y si es el caso, usar un sistema de soporte temporal. También se debe establecer el sistema de evacuación de aguas y se debe garantizar la seguridad en la excavación y sus zonas aledañas. En zonas con presencia de arenas finas saturadas se deberá tener especial cuidado en el bombeo, ya que se pueden inducir fenómenos de asentamiento en zonas adyacentes a la excavación.

Durante el proceso de perforación se deberán tomar todas las precauciones del caso, para asegurar que los huecos no se tapen o se obstruyan, mediante la implementación de algún tipo de revestimiento metálico o el uso de lodos de perforación. Si cualquier hueco se tapa o se obstruye por cualquier motivo durante la ejecución de la perforación, se deberá limpiar o si es el caso, reperfilar por cuenta del responsable de la investigación y a satisfacción de FINDETER.

Los extremos superiores de todos los sondeos y perforaciones deben protegerse y referenciarse debidamente. Una vez ejecutada la perforación, tomadas las muestras y medido el nivel freático en caso de que lo haya, se deberá tapar el hueco con el material excavado, instalando en su parte superior un tapón hecho con suelo compactado.

El contratista, deberá garantizar al en la ejecución de las exploraciones, la implementación y uso de los elementos de seguridad industrial y salud ocupacional que para este tipo labores exige la normatividad legal vigente, de tal manera se proteja la integridad de las personas encargadas de dichos trabajos. El incumplimiento de estas normas por parte del ejecutor podrá acarrear la imposición de sanciones.

#### **Cantidad Mínima de Exploraciones en Campo**

Toda obra proyectada deberá tener las perforaciones suficientes en número y profundidad para definir las características y propiedades del subsuelo a partir de las cuales, a juicio del ingeniero geotecnista, se puedan realizar los análisis geotécnicos a que haya lugar (asentamientos, capacidad portante, empujes, estabilidad de los taludes de las excavaciones y del fondo de la excavación, etc). En cualquier caso, el número de perforaciones exploratorias no puede ser inferior a dos. Estos pueden ser de tipo directo, tales como barreno manual o perforación con equipo mecánico.

La exploración mínima por tipo de obra se consigna en la Tabla 2. Sin embargo, cabe anotar que el número final de perforaciones podrá ser mayor y deberá obedecer a la necesidad de tener una buena caracterización que permita

establecer las conclusiones y recomendaciones confiables. Por otro lado, la profundidad final de la exploración deberá ser establecida con base en el tipo de cimentación probable y al bulbo de presiones inducido por la misma en el suelo.

**Tabla 2. Exploración del subsuelo**

<b>OBRA</b>	<b>Cantidad mínima <sup>a</sup></b>	<b>Profundidad mínima <sup>d</sup></b>
Estructuras Convencionales	NSR-10	NSR-10
Estructuras Hidráulicas	1 c/20m <sup>2</sup>	NSR-10
Canales	3 c/300m <sup>c</sup>	2.0 veces la prof. máx. de excavación

**NOTAS:**

<sup>a</sup> Como mínimo 2 sondeos de tipo directo

<sup>b</sup> O cada cambio morfológico, litológico o estructural de relevancia

<sup>c</sup> Los sondeos deben distribuirse en las dos márgenes y el eje del canal

<sup>d</sup> Como mínimo 1.5m de profundidad

Las profundidades anteriormente indicadas, sirven de guía, dependiendo la profundidad final de la exploración, de las condiciones geológicas-geotécnicas del área y del tipo de estructura a diseñar y construir.

**Exploraciones de campo**

**Estándares para la Exploración en Campo**

Las normas de ensayo que deben seguirse para la ejecución de las exploraciones, ensayos de campo y muestreo se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas para la ejecución de exploraciones y ensayos de campo

<b>NOMBRE</b>	<b>NORMA</b>
Perforación con brocas de diamante para investigación en el sitio	"INVE-108"
Penetración normal y muestreo con tubo partido de suelos	"INVE-111"

Se deberá tener especial cuidado con la estabilidad de las paredes de apiques y trincheras, y si es el caso, usar un sistema de soporte temporal. También se debe establecer el sistema de evacuación de aguas y se debe garantizar la seguridad en la excavación y sus zonas aledañas. En zonas con presencia de arenas finas saturadas se deberá tener especial cuidado en el bombeo, ya que se pueden inducir fenómenos de asentamiento en zonas adyacentes a la excavación.

Durante el proceso de perforación se deberán tomar todas las precauciones del caso, para asegurar que los huecos no se tapen o se obstruyan, mediante la implementación de algún tipo de revestimiento metálico o el uso de lodos de perforación. Si cualquier hueco se tapa o se obstruye por cualquier motivo durante la ejecución de la perforación, se deberá limpiar o si es el caso, reperforar por cuenta del responsable de la investigación y a satisfacción de FINDETER.

Los extremos superiores de todos los sondeos y perforaciones deben protegerse y referenciarse debidamente. Una vez ejecutada la perforación, tomadas las muestras y medido el nivel freático en caso de que lo haya, se deberá tapar el hueco con el material excavado, instalando en su parte superior un tapón hecho con suelo compactado.

El contratista, deberá garantizar al en la ejecución de las exploraciones, la implementación y uso de los elementos de seguridad industrial y salud ocupacional que para este tipo labores exige la normatividad legal vigente, de tal manera se proteja la integridad de las personas encargadas de dichos trabajos. El incumplimiento de estas normas por parte del ejecutor podrá acarrear la imposición de sanciones.

**Cantidad Mínima de Exploraciones en Campo**

Toda obra proyectada deberá tener las perforaciones suficientes en número y profundidad para definir las características y propiedades del subsuelo a partir de las cuales, a juicio del ingeniero geotecnista, se puedan realizar los análisis geotécnicos a que haya lugar (asentamientos, capacidad portante, empujes, estabilidad de los taludes de las excavaciones y del fondo de la excavación, etc). En cualquier caso, el número de perforaciones exploratorias no puede ser inferior a dos. Estos pueden ser de tipo directo, tales como barreno manual o perforación con equipo mecánico.

La exploración mínima por tipo de obra se consigna en la Tabla 2. Sin embargo, cabe anotar que el número final de perforaciones podrá ser mayor y deberá obedecer a la necesidad de tener una buena caracterización que permita establecer las conclusiones y recomendaciones confiables. Por otro lado, la profundidad final de la exploración deberá ser establecida con base en el tipo de cimentación probable y al bulbo de presiones inducido por la misma en el suelo.

**Tabla 2. Exploración del subsuelo**

<b>OBRA</b>	<b>Cantidad mínima <sup>a</sup></b>	<b>Profundidad mínima <sup>d</sup></b>
Estructuras Convencionales	NSR-10	NSR-10
Estructuras Hidráulicas	1 c/20m <sup>2</sup>	NSR-10
Canales	3 c/300m <sup>c</sup>	2.0 veces la prof. máx. de excavación

**NOTAS:**

<sup>a</sup> Como mínimo 2 sondeos de tipo directo

<sup>b</sup> O cada cambio morfológico, litológico o estructural de relevancia

<sup>c</sup> Los sondeos deben distribuirse en las dos márgenes y el eje del canal

<sup>d</sup> Como mínimo 1.5m de profundidad

Las profundidades anteriormente indicadas, sirven de guía, dependiendo la profundidad final de la exploración, de las condiciones geológicas-geotécnicas del área y del tipo de estructura a diseñar y construir.

En zonas de rellenos compresibles antrópicos, la cantidad de perforaciones podrá ser mayor con el fin de zonificar y caracterizar los mismos.

Para el caso de la evaluación de zonas inestables o potencialmente inestables, el número de exploraciones a ejecutar dependerá del tamaño estimado de la zona afectada, pero no inferior a dos (2) sondeos con equipo mecánico; la determinación de si es a rotación o percusión, dependerá de las características de las diferentes capas del subsuelo. La profundidad a la que se deben llevar las exploraciones deberá ser como mínimo de 5.0 m por debajo de los planos de fallas estimados y reconocidos por el Especialista.

**Localización y Distribución de la Exploración**

La ubicación y distribución de los sondeos dependerá de la geomorfología del sitio, de las condiciones geológicas del sector, del tipo de suelo predominante en la zona y de las características de las obras y de los sitios de aplicación de cargas. Los sondeos deben coincidir con puntos especiales de interés y deben distribuirse espacialmente de tal forma que se cubra toda el área por estudiar.

Para proyectos de tipo areal, las exploraciones realizadas deben cubrir la totalidad de la cimentación de la obra, ejecutándose como mínimo 3 exploraciones profundas (perforaciones) y dos (2) exploraciones superficiales (apiques, trincheras).

En todos los casos, la localización de la exploración debe quedar claramente establecida con base en sus coordenadas (IGAC) norte y este y su cota. De ser posible, se deberá denominar con la nomenclatura urbana. Por último, cada perforación o sondeo deberá tener una cota en superficie.

**Profundidad de la Exploración**



Toda exploración debe alcanzar la profundidad suficiente para definir las características y propiedades del subsuelo a partir de las cuales se puedan realizar los análisis geotécnicos a que haya lugar (asentamientos, capacidad portante, empujes, estabilidad de los taludes de las excavaciones y del fondo de la excavación, etc.). En cualquier caso, la profundidad de las exploraciones no puede ser inferior a 2m. Adicionalmente, podrá exigir hasta 3 metros o una mayor profundidad cuando lo considere necesario.

La profundidad mínima de exploración por tipo de proyecto se muestra en la Tabla 2. En zonas con afloramientos rocosos, las exploraciones de campo pueden realizarse a profundidades menores, las cuales deben justificarse plenamente y ser suficientes para determinar los parámetros necesarios y realizar los análisis del estudio geotécnico. Sin embargo, se deberá tener un concepto desde el punto de vista geológico, ya que la presencia de discontinuidades en la roca podría generar inestabilidades. El ensayo de Refracción Sísmica es útil en el caso de presencia de roca y se podrá utilizar en el caso de que no se pueda ejecutar la exploración directa. De igual forma, se aplicará lo indicado en **la NRS-10**.

### **Registro de Campo**

Durante las exploraciones, debe consignarse cuidadosamente la información resultante de ella en función de la profundidad. El formato a utilizar puede ser elegido libremente por el ejecutor del proyecto, no obstante, como mínimo, el registro debe contener: Información básica del proyecto (nombre, ejecutor, fecha, etc.); información básica de la exploración (tipo de exploración, nombre, localización por coordenadas y cota, equipo utilizado, profundidad máxima alcanzada, etc.); espesor y descripción de los estratos con base en la "INVE-102"; tipo, nombre y longitud de las muestras, resultados de los ensayos de campo, niveles freáticos, presencia de roca, necesidad de revestimiento, tipo de avance, características especiales tales como cambios de color en el agua recuperada, sitios donde se perdió o recobró el agua de perforación, venas, grietas, suelo residual, roca blanda o fracturada, tamaño de los fragmentos, matriz y cualquier otra característica que pueda contribuir a la descripción de la perforación realizada, observaciones de campo y convenciones.

Durante la ejecución de las perforaciones y hasta la finalización de los trabajos de campo se debe medir, la posición del nivel freático (al inicio y finalización de la jornada). Se debe además consignar información sobre filtraciones y pérdidas de agua durante la perforación, niveles colgados, agua artesiana y existencia de gases u otros fluidos.

### **Ensayos de Campo**

Los ensayos de campo deben realizarse de acuerdo con el tipo de material encontrado y pueden ser complemento de los de laboratorio. Cualquier ensayo debe llevarse a cabo con los estándares definidos en la normatividad vigente de acuerdo en el siguiente orden de prioridades:

- Normas NTC
- Normas INV
- Normas ASTM

Además, se deben realizar todos los demás ensayos que se consideren necesarios para complementar el análisis geotécnico y aquellos que sean indicados por **LA INTERVENTORIA**

El ensayo con penetrómetro se aceptará como complementario si el Ingeniero Geotecnista lo considera viable mas no deberá sustituir el ensayo de compresión inconfinaada o de corte directo (uu).

- a) SPT y VST

En lo posible se deberá caracterizar el subsuelo llevando a cabo el ensayo de penetración estándar (SPT) sobre suelos granulares máximo cada 2 m y el ensayo de corte torsional con veleta sobre suelos finos saturados normalmente consolidados bajo el nivel freático. En el primer caso, SPT ("INV E-111") debe registrarse el peso del martillo utilizado, el número de golpes para cada 6" o en su defecto, la cantidad de golpes con respecto a la penetración alcanzada. En cuanto al ensayo de veleta ("INV E170"), se recomienda la obtención del índice de plasticidad simultáneamente para realizar la corrección respectiva.

Los valores de SPT en arenas deberán ser corregidos por profundidad y posición del nivel freático. El informe deberá indicar el valor por corrección de campo empleado.

b) Ensayo de placa de carga

El ensayo debe realizarse de acuerdo con las indicaciones de la Norma "ASTM D1194 Standard test method for bearing capacity of soil for static load and spread footings".

c) Ensayos de permeabilidad

Tipo LeFranc, con cabeza variable para suelos y tipo Lugeón para macizos rocosos.

d) Otros ensayos

Con el fin de caracterizar espesores de depósitos de suelo o roca, se podrán llevar a cabo ensayos de resistividad o de refracción sísmica. Esta información se usará como complemento de la exploración directa. A menos que **FINDETER** lo determine, en ningún caso estos ensayos sustituirán la exploración directa para establecer el perfil de suelo. En su lugar se utilizarán como complemento.

### Muestreo

a) Tipo

Si la consistencia del suelo lo permite, deberán obtenerse muestras inalteradas tipo shelby, bloque, núcleo u otro, para posterior caracterización geomecánica; en caso contrario, debe procurarse su caracterización in situ directamente a través del ensayo de penetración estándar (SPT) o del ensayo de corte torsional con veleta, siempre y cuando este último se lleve a cabo en condiciones saturadas. En casos especiales podrán tomarse muestras inalteradas mediante el moldeo de estas a partir de excavaciones manuales, conformando cubos con dimensiones que se adecúen a las del laboratorio en donde se realizará el ensayo. Las muestras deberán protegerse, con papel parafinado, papel aluminio, parafina y encapsulados en material protector resistente tipo madera.

Adicionalmente, pueden extraerse muestras alteradas almacenadas en bolsa con fines de clasificación u otros. En la Tabla 3 se citan las normas que rigen la obtención de muestras.

**Tabla 3. Normas para muestreo**

NOMBRE	ENSAYO
Obtención de muestras para probetas de ensayo mediante tubos de pared delgada	"INVE-105"
Muestreo de suelos mediante tubo con camisa interior de anillos	"INVE-1 09"
Muestreo de suelos mediante barrenos con vástago hueco	"INVE-1 10"
Ensayo de penetración normal y muestreo con tubo partido de suelos	"INVE-1 11"
Toma de muestras superficiales de suelo inalterado	"INVE-1 12"

El número de muestras para ensayos por perforación no deberá ser inferior a aquel obtenido de dividir la totalidad de los metros de perforación entre 3; las muestras deberán tomarse con el propósito de caracterizar los diferentes estratos.

b) Cantidad

Deben obtenerse y ensayarse muestras representativas de suelo o roca, como mínimo las necesarias para realizar los ensayos relacionados en la Tabla 4 con las frecuencias mínimas establecidas.

El muestreo para ensayos de laboratorio deberá cubrir todos los sondeos con el fin de obtener un rango de parámetros geotécnicos de los diferentes estratos encontrados, y de esta forma sectorizar o sacar valores promedio de los mismos.

c) Conservación y Transporte

Las muestras extraídas deben conservarse y transportarse según sus características de acuerdo con la "INVE-1 03".

6.1.6 Ensayos de laboratorio

Se deben realizar los ensayos necesarios para determinar los parámetros medios de resistencia, deformabilidad, rigidez, permeabilidad y densidad, de los estratos de interés para el estudio, de tal forma que los diseños en la longitud total presenten adecuados márgenes de seguridad. Cuando el suelo presente características de expansión, colapsabilidad, o erosión, se debe caracterizar según dichos tópicos específicamente.

Los ensayos deben practicarse de acuerdo con la normatividad citada en la Tabla 4.

**Tabla 4. Ensayos de laboratorio**

Tipo de propiedad	Ensayo	Norma	Observaciones
Propiedades físicas e índice	Contenido de humedad natural	NTC 1495 Suelo. Ensayo para determinar el contenido de humedad"	
	Granulometría	NTC 1522 Suelos. Ensayo para determinar por granulometría por tamizado	En suelos finos se debe ejecutar lavado sobre tamiz 0.075 mm (N° 200); en caso de que la fracción retenida sea mayor del 60%, se completará el análisis granulométrico. En materiales granulares se realizará el análisis granulométrico complet
	Limites de consistencia	NTC 4630 Método de ensayo para la determinación del limite del liquido, del limite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos	Solo para suelos finos o con fracción fina
	Peso unitario		Suelos finos, muestras tomadas con tubo shelby. Suelos granulares: ensayo de densidad en campo con cono de arena.
Propiedades químicas*	pH	INV E- 131: pH de los Suelos.	Ensayos para redes de tubería en concreto. Las muestras para estos ensayos deben tomarse a distancias máximas de 500m y a la profundidad proyectada del eje horizontal de la tubería.
	Materia orgánica	INVE 121 Determinación del Contenido Orgánico en Suelos mediante Perdida por Ignición"	Se especifica tanto para limos orgánicos como turbas
	Comprensión inconfiada	NTC 1527 Suelos. Método	Se especifica únicamente

Tipo de propiedad	Ensayo	Norma	Observaciones
Resistencia		de ensayo para determinar la resistencia a la compresión inconfiada de suelos cohesivos	para los suelos finos saturados normalmente consolidados. Debe realizarse el ensayo particularmente en el material de fundación
	Corte directo	NTC 1917 Suelos. Método de ensayo para la determinación del corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas y drenadas”	Este ensayo debe hacerse cuando se requieran parámetros efectivos en los análisis o cuando las condiciones del problema puedan ser representadas por el ensayo o cuando LA INTERVENTORIA así lo especifique.
	Triaxial	NTC 2041 Suelos. Determinación de la resistencia a la compresión triaxial no consolidada no drenada en los suelos cohesivos	Este ensayo debe hacerse cuando se requieran parámetros efectivos en los análisis o cuando las condiciones del problema puedan ser representadas por el ensayo o cuando LA INTERVENTORIA así lo especifique.
Deformabilidad	Consolidación	NTC 1967 Suelos. Método de ensayo para determinar las propiedades e consolidación unidimensional de los suelos	Se especifica para los suelos finos saturados
	Expansión	INV-I 32. Determinación de suelos expansivos”	Se deben ejecutar ensayos sobre muestras obtenidas por debajo del nivel previsto de cimentación y por encima del nivel freático cuando el material sea potencialmente expansivo

Notas: \* Determinación de otras propiedades químicas del suelo tales como el contenido de sulfatos, cloruros, acidez o alcalinidad, podrán ser solicitadas por **la interventoría**. Para la determinación de dichos parámetros deben utilizarse los métodos del Departamento de Transporte del Estado de California (1978). Determinación de la acidez o de la alcalinidad total. \* El análisis químico de las muestras del suelo debe hacer énfasis sobre el contenido de sales.

El Ingeniero Geotecnista podrá utilizar otro ensayo, en el caso de que sea necesaria su implementación. Con el fin de obtener un perfil del subsuelo representativo, las muestras deben ser caracterizadas físicamente según la clasificación visual resultante de las actividades de campo (“INV-E102”), atendiendo como mínimo lo especificado en la Tabla 5.

**Tabla 5. Frecuencia mínima de los ensayos de clasificación**

Ensayo	Humedad natural <sup>b</sup>	Límites de consistencia <sup>b</sup>	Peso unitario o peso
--------	------------------------------	--------------------------------------	----------------------

Tipo de Suelo <sup>a</sup> OBRA							específico de sólidos <sup>b</sup>		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Obras puntuales	c/1.5m	c/ 1.5m	c/ 1.5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m
Obras especiales	c/1.5m	c/ 1.5m	c/ .5m	c/2.0m	c/2.0m	-	c/2.5m	-	c/5m
Estructuras hidráulicas	c/1.5m	c/ 1.5m	c/1.5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m
Redes matrices y alcantarillado	c/1.5m	c/ .5m	c/ .5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m
Redes secundarias	d/2m	c/2m	c/2m	c/3m	c/3m	-	c/3.5m	-	c/8m
Canales	c/1.5m	c/1.5m	c/1.5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m

Ensayo Tipo de Suelo a OBRA	Lavado sobre tamiz 200			Granulometría por tamizado b		
	A	B	C	A	B	C
Obras puntuales	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m
Obras especiales	-	c/2.0m	-	-	-	c/2.5m
Estructuras hidráulicas	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m
Redes matrices y alcantarillado	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m
Redes secundarias	-	c/3m	-	-	-	c/3m
Canales	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m

**Notas:**

<sup>a</sup> Tipo de suelo

<sup>b</sup> Mínimo un ensayo por perforación: Las frecuencias se refieren a metros de perforación, c/2.5m = cada 2.5 metros

A: Finos

B: Mixtos

C: Granulares

Para obtener un perfil del subsuelo bien caracterizado desde el punto de vista resistencia y compresibilidad en la etapa de diseño, las muestras deben ser ensayadas mecánicamente según la clasificación visual resultante de las actividades de campo ("INV-E1 02), atendiendo como mínimo lo especificado en la Tabla 6.

Ensayo b OBRA	Rpi			qu			Cc		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Obras puntuales	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/2.5m 1/estrato	1/estrato Ver nota d	-	1c/100m <sup>2</sup>	-	-
Obras especiales	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/2.0m 1/estrato	1/estrato Ver nota d	-	1 c/50m <sup>2</sup>	-	-
Estructuras hidráulicas	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/2.5m 1/estrato	1/estrato Ver notad	-	Ver nota g	-	-
Redes matrices y alcantarillado	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/3.0m 1/estrato 1 c/100 m de red Ver nota i	1/estrato Ver nota d	-	1 c/300m de red Ver nota g	-	-
Canales	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/3.5m 1/estrato 1 c/150	1/estrato Ver notad	-	1 c/400m de red Ver nota	-	-

Ensayo b	Rpi			qu			Cc		
				m de red Ver nota i			g		

Ensayo b	Exp c			CD			S	PT o CPT	
OBRA	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Obras puntuales	1 c/100m2	-	-	2 Ver nota e	2 Ver nota e	2 Ver nota e	1 c/1.5m Ver nota j	1 c/1.5m	1 c/1.5m
Obras especiales	1 c/50m2	-	-	Ver notas e y f			1c0m Ver nota j	1c/1.0m	1c/1.0m
Estructuras hidráulicas	1.0	-	-	1.0	1.0	-	1 d/1.5m Ver nota j	1d/1.5m	1c/1.5m
Redes matrices y alcantarillado	1/sector geotécnico Ver nota h	-	-	1/cada 300m	1/cada 300m	-	1 c/2.0m Ver nota j	1 c/2.0m	1 c/2.0m
Redes secundarias	1/sector geotécnico Ver nota h	-	-	1.0	-	-	1 c/2.0m Ver nota j	1 c/2.0m	1 c/2.0m
Canales	1/sector geotécnico Ver nota h	-	-	1 c/300m	2/sector geotécnico Ver nota e		1 c/1.5m Ver nota j	1c/1 5m	1c/1 5m

**Notas:**

<sup>a</sup> Tipo de suelo:

A: Finos

B: Mixtos

C: Granulares

<sup>b</sup> Ensayo:

Rpi: Resistencia a la penetración inalterada

qu: Compresión inconfiada en muestras saturadas

Cc: Compresibilidad

Exp: Expansión controlada en consolidómetro

CD: Corte directo en laboratorio en suelos parcialmente saturados

SPT: Ensayo de penetración estándar

<sup>c</sup> Sólo en presencia de suelos potencialmente expansivos

<sup>d</sup> Si se pueden extraer muestras inalteradas

<sup>e</sup> En condiciones de suelos parcialmente saturados dependiendo de las condiciones del sitio. Si la obra se encuentra en zonas de ladera con pendiente > 30° o si el Ingeniero Geotecnista lo considera necesario. Es de complejidad igual o mayor a II según la Tabla H.3-3 de la NSR-10.

<sup>f</sup> La cantidad se establece a juicio del Ingeniero geotecnista o por consideraciones especiales, como mínimo 2 <sup>g</sup> Si el suelo es compresible LL>70 e IP>40

<sup>h</sup> Si el suelo es potencialmente expansivo LL>50, NSPT>25, %p200>70, IP>35 En el nivel portante

<sup>j</sup> En suelos finos duros donde no sea posible extraer muestra inalterada

\* Las frecuencias se refieren a metros de perforación excepto si se indica algo diferente

**Parámetros geotécnicos**

El ingeniero geotecnista debe establecer, previamente, los parámetros geomecánicos con los cuales se llevarán a cabo los análisis y diseños, que deben ser obtenidos para programar y ejecutar los ensayos de campo y la toma de muestras respectivos. Además, se deberá determinar todos los parámetros geotécnicos requeridos para cumplir con las exigencias (Ver Tabla 8).

#### En Suelos Finos

- Cu: Resistencia no drenada en suelos saturados normalmente consolidados, para capacidad portante, falla de fondo, profundidad crítica, presiones para estructuras de contención (condición no drenada).

- Cc, Cr, Cv, e0 y T': Índice de compresibilidad, índice de recompresión, coeficiente de consolidación, relación de vacíos inicial y esfuerzo de preconsolidación, respectivamente, para asentamientos por consolidación primaria (suelos compresibles).

- Eu: Módulo de elasticidad no drenado para asentamientos inmediatos.

- c' y para análisis de capacidad portante y análisis de estabilidad de taludes, en suelos parcialmente saturados o condiciones CU o CD. Estos valores se obtendrán de ensayos de corte directo de laboratorio o triaxiales.

#### En Suelos Mixtos y Granulares

- c y para capacidad portante, estabilidad y presiones de estructuras de contención

- e y Gs para levantamiento de fondo

- E: módulo de elasticidad para asentamientos inmediatos o elásticos.

#### Análisis y diseños geotécnicos

En la Tabla 8 se relacionan los análisis geotécnicos por tipo de obra proyectada, los cuales se detallan en los numerales siguientes.

**Tabla 8. Análisis Geotécnicos**

OBRA Tipo de análisis	Obras puntuales	Obras especiales	Estructuras hidráulicas	Redes matrices y alcantarillado	Redes secundarias	Canales
Sectorización geotécnica	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Perfil promedio de análisis	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Capacidad portante	SI	SI	Nota a	Nota a	Nota a	NO
Asentamientos	SI	SI	Nota a	Nota a	Nota a	NO
Licuación	Nota b	Nota b	Nota b	Nota b	Nota b	Nota b
Expansividad	Nota c	Nota c	Nota c	Nota c	Nota c	Nota c
Estabilidad de excavaciones	Nota d	SI	Nota d	Nota e	Nota e	Nota ¿
Diagramas de presiones	SI	Nota g	SI	Nota h	Nota h	SI
Estabilidad de laderas	Nota i	SI	Nota i	Nota i	Nota i	Nota i
Diseño de cimentaciones	SI	SI	SI	Nota j	Nota j	NO
Diseño de excavaciones	SI	SI	SI	Nota k	Nota k	SI
Recomendaciones manejo de agua	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Recomendaciones constructivas	SI	SI	SI	SI	SI	SI
-------------------------------	----	----	----	----	----	----

**Notas:**

- <sup>a</sup> Sólo si la carga aplicada es mayor que 1.25 veces los esfuerzos efectivos originales
- <sup>b</sup> Si el suelo es potencialmente licuable, esto es si  $N < 6$ , si % finos menor a 20% y si se trata de arenas finas bajo el nivel freático
- <sup>c</sup> Si el suelo es potencialmente expansivo humedad natural al límite plástico
- <sup>d</sup> Si la profundidad de excavación es mayor que 1.5m
- <sup>e</sup> Se deben analizar la falla de fondo y la profundidad crítica
- <sup>f</sup> Se deben efectuar análisis de falla local (taludes) y general o de fondo
- <sup>g</sup> Se deben presentar análisis de interacción suelo estructura y los diagramas de presiones derivados
- <sup>h</sup> Los diagramas deben ser para estructuras tipo entibado y tablestacado
- <sup>i</sup> Si la obra se encuentra en zonas de ladera con pendiente  $> 30^\circ$  o si el Ingeniero Geotecnista lo considera necesario o es de complejidad igual o mayor a II según la Tabla H.3-3 de la NSR-10.
- <sup>j</sup> Tener en cuenta la NS-072: Entibados y tablestacados

**Evaluación de Solicitaciones**

Se deberá llevar a cabo una descripción detallada de las posibles cargas y presentar una evaluación de cada una de las demás solicitudes a la que se verá sometida la obra objeto de estudio, de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

**Sectorización Geotécnica y Perfil Promedio**

La síntesis de los trabajos de campo y laboratorio debe constituirse en un perfil promedio de análisis cuyas descripción y parámetros geomecánicos deben estar claramente definidos, además deben presentarse gráficamente en escala legible. El perfil debe incluir la posición de la tabla de agua y los principales parámetros geotécnicos establecidos para cada estrato (Ver Tabla 8). La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

**Capacidad Portante y Deformaciones**

Se deben realizar análisis de capacidad portante y deformaciones, haciendo uso de los parámetros físicos y mecánicos del suelo (resistencia y compresibilidad) sintetizados en el perfil promedio. Se deben calcular los asentamientos potenciales totales y diferenciales de las cimentaciones tanto a largo como a corto plazo. En ambos casos se debe establecer una comparación con valores admisibles de deflexión estructuras de otro tipo o con factores de seguridad los cuales también deben justificarse. La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico (Ver Tabla 8). Los parámetros deberán derivar de los resultados de ensayos de laboratorio convencionales (ensayos de clasificación, comprensión inconfiada, corte directo, consolidación, expansión en edómetro). Solo en casos especiales se aceptarán correlaciones para la obtención de dichos parámetros.

**Potencial de Licuación y Densificación**

Debe presentarse, en caso de que aplique, el tipo de perfil del suelo para análisis sismo resistente con los parámetros para la evaluación de la interacción suelo-estructura. Se debe evaluar el potencial de licuación en presencia de suelos granulares finos y si la estructura es vulnerable, deben darse las recomendaciones para evitar que se colapse o experimente una deformación excesiva. (Ver Tabla 8). La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

**Expansividad**

Se deberá evaluar el potencial de expansión en presencia de suelos finos duros (sobreconsolidados) parcialmente saturados en estado natural, y establecer su variación volumétrica bajo diferentes condiciones de carga y contenidos de humedad inicial. (Ver Tabla 8).



## **Estabilidad de Excavaciones, de Laderas y de Taludes**

Se debe evaluar la estabilidad de las paredes de las excavaciones, los taludes permanentes y temporales o de las laderas, dependiendo de las condiciones de la obra: con y sin sismo, con y sin influencia del agua, a corto y largo plazo. Si se requiere, se deben diseñar los sistemas de protección y/o contención temporal o permanente necesarios para garantizar la estabilidad de las obras. Se deberán presentar los modelos geotécnicos respectivos, en donde se muestre los diferentes planos de falla evaluados, su análisis de factor de seguridad, las diferentes capas de suelos, sus propiedades, etc. Si los resultados resultan adversos en términos de estabilidad, deberán presentarse nuevos cálculos que incluyan la implementación de obras de protección, contención o mitigación. La evaluación del modelo debe incluir un análisis sin obra y con obra.

Para los muros de contención y entibados debe obtenerse el diagrama de presiones horizontales según el tipo de estructura teniendo en cuenta cargas laterales por suelo, agua, sismo, cargas externas, etc. El diseño debe cumplir los criterios establecidos en la NSR-10, título H

Para todos los taludes previstos en la obra, temporales y definitivos, producto de excavaciones o rellenos, deben establecerse, como mínimo, la inclinación y la altura que garanticen su estabilidad, al igual que bermas y demás detalles relevantes. También establecer en los taludes la capacidad de soportar sobre carga en la corona de los mismos.

Para obras que sean proyectadas a media ladera, deberá verificarse por medio de cálculos de estabilidad, la incidencia de las excavaciones y cortes en la estabilidad general de la ladera.

La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

## **Tipo y Profundidad de Cimentación**

Se deben definir, describir y justificar el tipo de cimentación y su profundidad. En caso de que aplique, esta última debe estar ligada a las cotas y abscisado del proyecto.

## **Manejo de Aguas**

Debe hacerse una evaluación de las aguas superficiales y subterráneas presentes en la zona del proyecto y dar recomendaciones sobre su manejo ya sea de manera temporal (durante la construcción) o de forma definitiva mediante la construcción de cunetas, zanjas, sistemas de subdrenaje, entre otros.

El manejo de aguas freáticas, deberá estar condicionado a la estabilidad de construcciones vecinas, evitando que descensos en el nivel freático induzcan asentamientos en zonas adyacentes ya sea por consolidación o lavado de finos en el caso de arenas finas.

La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

## **Condiciones Especiales del Subsuelo**

En caso de que se detecten situaciones especiales del suelo de cimentación, tales como la presencia de suelos orgánicos, expansivos, colapsibles, erodables, susceptibles de licuación o contracción o cualquier otro estado o característica que afecte la obra, se debe indicar su ubicación y dar recomendaciones específicas sobre el tratamiento que debe recibir este suelo. (Ver tabla 8).

En caso de que las condiciones del subsuelo sean inadecuadas para la construcción de la estructura, se deben presentar las recomendaciones correspondientes y solicitar el cambio del sitio, del tipo de estructura, del tipo de material o cualquier otra que sea del caso.

## **Recomendaciones Constructivas**

Deben darse recomendaciones relacionadas con adecuación o preparación del terreno, etapas de construcción, movimientos de tierra, sistemas de excavación y su contención, colocación de los entibados, protección de taludes, métodos de control de calidad, tipo de relleno, equipos requeridos, sectorización por tipo de materiales a excavar, protección de redes de servicio público, etc. (Ver Tabla 8). La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

### **Presentación del estudio y diseños**

El estudio y diseño geotécnico debe ser presentado en forma impresa, legible y en medio magnético. El informe debe contener como mínimo la siguiente información:

#### **Alcance**

Deben definir el objetivo, actividades que contempla y ámbito de aplicación del estudio geotécnico.

Se deberán identificar aquellos aspectos geotécnicos que deberán ser estudiados y que básicamente se relacionan con la estabilidad de la obra durante la construcción, la estabilidad de la obra a mediano y largo plazo, y la estabilidad a corto y largo plazo de las estructuras existentes próximas al proyecto.

#### **Localización**

Debe incluirse la información de Localización del Proyecto anexando un plano general de localización del proyecto, referenciado en el texto, en escala 1:2000, en el que se incluyan aspectos como coordenadas, norte, este, convenciones, vías, los tramos de estudio u obras proyectadas, textos legibles, etc.

Adicionalmente se deberá presentar un plano escala 1:20.000 que muestre la ubicación de la zona del proyecto indicada con un círculo.

### **Descripción del Proyecto**

Tanto las obras lineales como las puntuales se deben describir, desde el punto de vista geométrico, morfológico y estructural, indicando profundidad de cimentación y profundidad de excavación y, particularmente para las obras lineales, por tramos y en forma de tabla, la condición de instalación, abscisas, la longitud, el ancho y la profundidad de excavación, el tipo de proyecto, etc. e indicar las solicitaciones estructurales de cada una de ellas, tales como cargas y esfuerzos o empujes a soportar, tanto los propios como los necesarios por operación.

También se deberán indicar todas aquellas estructuras situadas sobre el derecho de vía y que puedan afectar la obra ya sea transmitiendo esfuerzos o generando obstrucción durante la construcción.

### **Recopilación de Información**

Debe incluirse la información indicada en el numeral Información preliminar del presente anexo. En caso de que no se encuentre información, se debe dejar explícito.

### **Exploraciones de Campo**

En este ítem deben presentarse y justificarse todos los aspectos reseñados para las **Exploraciones de campo** de este anexo (cantidad, localización, profundidad, distribución, registro y ensayos de las exploraciones de campo y, programa de muestreo —tipo y número-). Cualquier modificación debe estar debidamente argumentada.

Debe anexarse un plano de localización de los puntos de la exploración del subsuelo, referenciado en el texto, en escala 1:2000, en el que se incluyan aspectos como coordenadas, norte, este, vías, textos legibles, sondeos, apiques, trincheras, barrenos, convenciones, etc. En el caso de obras lineales se deben señalar los tramos de estudio u obras proyectadas, convenciones específicas para las diferentes redes, etc. Si existen varios programas de exploración del subsuelo o si se hace referencia a exploraciones de información secundaria, deben establecerse diferentes convenciones.

Se deben anexar todos los registros de campo (perforaciones, barrenos, geofísica, apiques, etc.) debidamente referenciados en cuanto a coordenadas, cotas y abscisas del proyecto y concordantes con el plano de exploración.

Adicionalmente, y también concordantes con el plano y los registros de campo, deben diligenciarse y presentarse las características geotécnicas en formatos que permitan su archivo.

Con base en las perforaciones se deberá elaborar un plano que incluya una reconstrucción del subsuelo en perfil, mostrando las diferentes capas con su respectiva descripción y clasificación según el sistema USCS. También establecer espesores aproximados, posición del nivel freático y los resultados de los ensayos de campo realizados en cada perfil. Dicho perfil será la base del análisis geotécnico.

### **Ensayos de Laboratorio**

En este ítem deberán presentarse y justificarse como mínimo todos los aspectos relacionados con (propiedades físicas, índice y mecánicas —resistencia y deformabilidad-). Cualquier modificación debe estar debidamente justificada.

También deben presentarse legibles y como anexo del estudio de suelos, las memorias o soportes de todos los ensayos efectuados, debidamente referenciados en profundidad y a los sondeos.

Adicionalmente y concordantes con los registros de campo, deben diligenciarse los formatos técnicos que permitan archivar las características geotécnicas.

### **Análisis Geotécnico**

Debe incluirse un texto con los criterios empleados para todos los aspectos del **Análisis y diseños geotécnicos** y una memoria de cálculo con los análisis numéricos respectivos.

La evaluación de solicitudes debe quedar explícitamente tratada en el texto del informe.

Todo análisis geotécnico deberá partir de una caracterización de los suelos. También se deberá plantear el modelo de análisis con sus hipótesis y consideraciones, así como sus limitaciones. Por último, se elaborarán los cálculos, los cuales deberán seguir un proceso racional y claro. En el evento que se usen programas de computador, los resultados deberán ser validados con cálculos manuales simplificados.

El cálculo de asentamientos deberá llevarse a cabo estableciendo por separado el análisis por consolidación y por deformación elástica.

Capacidad portante, cálculo de deformaciones y análisis de estabilidad de excavaciones, taludes y laderas. Los análisis pueden realizarse por cualquier método existente, explicando los criterios empleados para tal fin. En la memoria de cálculo se deben incluir gráficas, ábacos, referencias bibliográficas y todo aquello que dé claridad al estudio. En el caso que la cimentación requiera obras complementarias, tales como anclajes, muros, etc., se debe presentar el diseño correspondiente acompañado de esquemas y/o planos dependiendo de la obra.

Se debe aportar análisis sísmico y potencial de licuación y análisis de expansividad de acuerdo con los parámetros de este numeral.

Sistemas de protección y/o contención de taludes: En las memorias de cálculo deben ser presentados los diagramas de presiones laterales asumidas para cálculo y el diseño de los elementos estructurales. En el texto deben fijarse los criterios, procedimientos, recomendaciones.

Se deben indicar las recomendaciones y Manejo de aguas de acuerdo con lo indicado en el numeral

Se debe realizar un análisis de las Condiciones especiales del subsuelo de acuerdo con lo indicado en este numeral.

Nota: En el caso que se utilice procesamiento automático de información, debe entregarse una descripción detallada de los principios en los que se basa dicho procesamiento, así como una descripción de los datos de entrada y salida del proceso y sus unidades.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Deben presentarse todas las conclusiones y recomendaciones que a juicio del geotecnista sean de relevancia para el estudio.

Las conclusiones deberán contener diferentes alternativas de solución desde el punto de vista económico y técnico, en el evento que exista más de una. Finalmente se deberá dar aquella recomendación que favorezca la ejecución de proyecto desde el punto de vista técnico y económico.

### **Productos a Entregar**

- Introducción (Objetivos y alcance del estudio)
- Descripción del plan de estudios.
- Geología de la zona (Breve descripción).
- Descripción del trabajo de Campo (Perforaciones, exploración geofísica, muestreo, y ensayos de laboratorio.
- Estratigrafía y nivel freático.
- Características geotécnicas de los suelos encontrados (Clasificación, humedades, límites, índices de contracción y presión de expansión y resistencias de los suelos encontrados, determinados mediante ensayos de compresión confinada e encofinada, y en los casos requeridos corte directo y triaxiales).
- Diseño de las cimentaciones. (Análisis de capacidad de soporte, tipo de cimentación recomendada, predimensionamiento de la cimentación, nivel de cimentación, cálculo de la consolidación o asentamientos de las estructuras a construir, parámetros de los suelos para los diseños de muros (si aplica).
- Consideraciones sísmicas.
- Resultados, conclusiones y recomendaciones.
- Anexos (Planos de localización de los sondeos, registro de trabajos de campo, ensayos de laboratorio, registro e informe de las cimentaciones recomendadas y archivo fotográfico impreso y digital)
- Archivos magnéticos debidamente ordenados y referenciados

### **Requisitos de personal**

La ejecución de las labores de geotecnia, deben ser realizadas por Ingenieros Geotecnistas quienes efectuaran el trabajo bajo su absoluta responsabilidad, sin delegar sus funciones a personas cuya preparación académica y experiencia sea inferior a la suya. Dependiendo de la magnitud y complejidad del proyecto, la interventoría solicitará la participación de geólogos y/o ingenieros estructurales en la elaboración del estudio geotécnico.

El cumplimiento de este anexo técnico no exime al Ingeniero de su responsabilidad por los conceptos emitidos, ni por la realización de todas las actividades del estudio geotécnico, para garantizar el conocimiento adecuado del suelo y asegurar la estabilidad de las obras de todo el proyecto, así como de las obras vecinas existentes y proyectadas dentro del entorno del área de estudio. La presente norma no exime de responsabilidad al ejecutor por la realización de exploraciones, ensayos, análisis y/o diseños que a juicio del Ingeniero sean necesarios para un caso particular.

### **Referencias Bibliográficas**

Manual de Diseño Geosintético, Departamento de Ingeniería PAVCO, VII Edición Octubre de 2006.

### **Exploraciones de campo**

#### **Estándares para la Exploración en Campo**

Las normas de ensayo que deben seguirse para la ejecución de las exploraciones, ensayos de campo y muestreo se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas para la ejecución de exploraciones y ensayos de campo

NOMBRE	NORMA
Perforación con brocas de diamante para investigación en el sitio	"INVE-108"
Penetración normal y muestreo con tubo partido de suelos	"INVE-111"

Se deberá tener especial cuidado con la estabilidad de las paredes de apiques y trincheras, y si es el caso, usar un sistema de soporte temporal. También se debe establecer el sistema de evacuación de aguas y se debe garantizar la seguridad en la excavación y sus zonas aledañas. En zonas con presencia de arenas finas saturadas se deberá tener especial cuidado en el bombeo, ya que se pueden inducir fenómenos de asentamiento en zonas adyacentes a la excavación.

Durante el proceso de perforación se deberán tomar todas las precauciones del caso, para asegurar que los huecos no se tapen o se obstruyan, mediante la implementación de algún tipo de revestimiento metálico o el uso de lodos de perforación. Si cualquier hueco se tapa o se obstruye por cualquier motivo durante la ejecución de la perforación, se deberá limpiar o si es el caso, reperfilar por cuenta del responsable de la investigación y a satisfacción de FINDETER.

Los extremos superiores de todos los sondeos y perforaciones deben protegerse y referenciarse debidamente. Una vez ejecutada la perforación, tomadas las muestras y medido el nivel freático en caso de que lo haya, se deberá tapar el hueco con el material excavado, instalando en su parte superior un tapón hecho con suelo compactado.

El contratista, deberá garantizar al en la ejecución de las exploraciones, la implementación y uso de los elementos de seguridad industrial y salud ocupacional que para este tipo labores exige la normatividad legal vigente, de tal manera se proteja la integridad de las personas encargadas de dichos trabajos. El incumplimiento de estas normas por parte del ejecutor podrá acarrear la imposición de sanciones.

### Cantidad Mínima de Exploraciones en Campo

Toda obra proyectada deberá tener las perforaciones suficientes en número y profundidad para definir las características y propiedades del subsuelo a partir de las cuales, a juicio del ingeniero geotecnista, se puedan realizar los análisis geotécnicos a que haya lugar (asentamientos, capacidad portante, empujes, estabilidad de los taludes de las excavaciones y del fondo de la excavación, etc). En cualquier caso, el número de perforaciones exploratorias no puede ser inferior a dos. Estos pueden ser de tipo directo, tales como barreno manual o perforación con equipo mecánico.

La exploración mínima por tipo de obra se consigna en la Tabla 2. Sin embargo, cabe anotar que el número final de perforaciones podrá ser mayor y deberá obedecer a la necesidad de tener una buena caracterización que permita establecer las conclusiones y recomendaciones confiables. Por otro lado, la profundidad final de la exploración deberá ser establecida con base en el tipo de cimentación probable y al bulbo de presiones inducido por la misma en el suelo.

Tabla 2. Exploración del subsuelo

OBRA	Cantidad mínima <sup>a</sup>	Profundidad mínima <sup>d</sup>
Estructuras Convencionales	NSR-10	NSR-10
Estructuras Hidráulicas	1 c/20m <sup>2</sup>	NSR-10
Redes Matrices Acueducto	1 c/200m <sup>b</sup>	1.5 veces la prof. máx. de excavación
Redes secundarias Acueducto	1 c/250m <sup>b</sup>	1.5 veces la prof. máx. de excavación
Canales	3 c/300m <sup>c</sup>	2.0 veces la prof. máx. de excavación

NOTAS:

<sup>a</sup> Como mínimo 2 sondeos de tipo directo

<sup>b</sup> O cada cambio morfológico, litológico o estructural de relevancia

<sup>c</sup> Los sondeos deben distribuirse en las dos márgenes y el eje del canal

<sup>d</sup> Como mínimo 1.5m de profundidad

Las profundidades anteriormente indicadas, sirven de guía, dependiendo la profundidad final de la exploración, de las condiciones geológicas-geotécnicas del área y del tipo de estructura a diseñar y construir.

### **Información preliminar**

Deberá consultarse en la oficina de documentación de LA ENTIDAD TERRITORIAL, Planeación Municipal, CORPORACIÓN AUTONOMA, INGEOMINAS, IGAC, entre otros, la información existente relacionada con el proyecto en cuanto a geología, geotecnia, y la que técnicamente se considere en beneficio del proyecto. También deberá considerarse la información producto de la investigación de interferencias, así como los elementos involucrados en el entorno del estudio geotécnico, tales como vegetación, uso de la tierra y todo lo que se considere apropiado para adquirir un conocimiento global del proyecto.

Igualmente recopilar y analizar la información con injerencia sobre el proyecto, como construcciones vecinas, suelos problemáticos, zonas inestables o potencialmente inestables, accesibilidad al sitio, interferencias, presencia de terraplenes o canales, etc.

### **Geología y geomorfología**

El estudio geológico hará énfasis en la identificación y caracterización de las Unidades Geotécnicas presentes y su relación con el proyecto a ejecutar. Debe incluir, además, la identificación y valoración de las diferentes amenazas de origen natural que puedan generar un riesgo para el proyecto.

La caracterización geológica y morfológica se hace necesaria en aquellos sitios de montaña o piedemonte donde se presentan macizos rocosos, depósitos coluviales, aluviales, flujos de escombros, abanicos aluviales, evidencia de antiguas minas, etc. En obras importantes (canales colectores, etc) se hace necesario la fotointerpretación en las inmediaciones de ríos, a partir de la cual se identificarán paleo-cauces y la ubicación de antiguos cuerpos de aguas que puedan representar una amenaza para la estabilidad de la obra proyectada.

Cuando las obras los requieran, se deben presentar los estudios geológicos y geomorfológicos, los cuales deben incluir aspectos tales como fotointerpretación, reconocimiento de campo, información general que permita establecer de manera general geológico estructural, litología, exploraciones geofísicas, secciones geológicas, interpretación morfodinámica, mapas geológico y geomorfológico, entre otros

#### **1.2.5. Estudios fotogramétricos, topográficos y trabajos de campo.**

Todos los diseños de los sistemas deben ser desarrollados sobre levantamientos topográficos de precisión, altimétricos y planimétricos, cuyo objetivo es obtener un reflejo exacto de la realidad del sitio donde se desarrollarán las obras, por lo cual deberán ser desarrollados con equipos de alta precisión.

Con el fin de facilitar su posterior replanteo durante la fase de construcción, deberán materializarse mojones y pares de sistemas de posicionamiento geográfico (GPS) de alta precisión, como mínimo que empleen tecnología de doble frecuencia.

Se debe garantizar el amarre geodésico del proyecto de conformidad a lo establecido por el IGAC.

Los archivos magnéticos y los planos de topografía serán independientes de los planos de diseño y deberán hacer parte de las memorias y documentos de diseño y ajustarse a lo dispuesto en el Título 3 de esta Resolución sobre gestión documental.

### **Consideraciones Generales**

- Los levantamientos deben tener como mínimo la información que permita describir los lotes en forma precisa, además de todas las características y detalles que sean relevantes y que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto.

- Se deben levantar los sitios de sondeos y de estudios geotécnicos para localizarlos en los planos.

### **Presentación de los Trabajos**

Las obras de los sistemas de recolección y la estación de bombeo, deberán estar geo referenciadas en el Sistema de Coordenadas Geográficas, con geode Magna Sirgas, origen magna datum Bogotá.

Para la elaboración de planos y con el objeto de diferenciar y comparar los datos, deberá utilizarse el Sistema de Proyección de Coordenadas Planas Magna Sirgas Colombia origen magna datum Bogotá.

- La presentación de planos en formato análogo (ploteado) deberá realizarse tamaño pliego (0.9 x 0,6 m), a escala por definir por el contratista. En todo caso el interventor verificará que el tamaño de la escala utilizado cumpla con la calidad suficiente para ser utilizado en obra o evaluación.
- Se deberá presentar copia de cálculos y ajustes de las poligonales
- Copia de cartera del levantamiento topográfico o copia de los datos crudos de las estaciones, en medio digital
- La presentación en formato digital (ArcGis, CAD, PDF, informes, otros archivos), deberá realizarse en un CD (Disco Compacto), debidamente etiquetado. El formato para la etiqueta deberá ser diligenciado en su totalidad, para la caja y para el CD. El formato será entregado por la interventoría del contrato.
- Se deberá entregar una carpeta que contenga todos los archivos entregados de manera ordenada (archivo unificado).
- EL CONTRATISTA realizará los trabajos topográficos requeridos, haciendo los respectivos levantamientos planimétricos y altimétricos amarrados al sistema de coordenadas IGAC en los sitios determinados.
- El levantamiento debe iniciarse a partir de placas georeferenciadas y certificadas por el IGAC. Los levantamientos podrán efectuarse a través de métodos convencionales (Formato Archivo Digital: Teodolito o Estación Total) cuya precisión real mínima sea de 3" (tres segundos) ó Satelital (Formato Rinex: GPS).

### **Placas de Amarre y Referencias**

Para la ejecución de estas actividades, se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- Los puntos de apoyo para los amarres de trabajos planimétricos y altimétricos deberán estar certificados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Se tendrá que verificar que los vértices a los cuales se van a amarrar los trabajos topográficos no se encuentren destruidos, deteriorados, o que den algún indicio de haber perdido su posición original.
- Para los levantamientos planimétricos el traslado de las coordenadas de los apoyos deberá realizarse mediante comprobación a dos diferentes apoyos o vértices y con cierre.
- Para los levantamientos altimétricos estos se deben realizar haciendo nivelación y contranivelación para poder determinar el error de cierre.
- Se dejarán como mínimo dos (2) mojones (geodésicos con su respectivo informe y posproceso) de concreto debidamente referenciados para su rápida localización (al menos un mojón deberá ubicarse en puntos de referencia de fácil ubicación y acceso y bajo custodia como escuelas, iglesias y/o salones comunales) penetrarán por lo menos ochenta centímetros dentro del terreno y en la cara superior tendrá incrustada una placa metálica de cobre o bronce y dándole coordenadas y cota real tomando como referencia la información del IGAC e identificación correspondiente y el nombre de la entidad contratante, orientándolos al norte magnético que permita la localización posterior de las estructuras. Dichos mojones deberán incluirse en un plano de localización.
- El CONTRATISTA será responsable que los Puntos de Referencia (P.R.) permanezcan en buen estado y debidamente afianzados durante todo el tiempo que dure el estudio hasta su aprobación final.

### **Equipos de Topografía**

Los levantamientos planimétricos pueden realizarse mediante el empleo de estaciones totales cuya precisión angular sea menor o igual a 3" (Tres segundos) ó mediante el empleo del sistema GPS. Los levantamientos deben realizarse con las siguientes especificaciones mínimas:

- Los equipos utilizados deben estar en perfecto estado, con certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses; se debe hacer las revisiones regularmente para garantizar el buen funcionamiento de los mismos y en caso de haber algún indicio de que no sea así llevarlo a mantenimiento.
- Los bastones deben tener certificado de calibración con vigencia de seis (6) meses; se debe garantizar que estén centrados y calibradas las alturas de los extensores.
- Los prismas deben estar en buen estado, sin abolladuras y sin fracturas en los cristales.
- Los porta prismas no pueden estar rotos o fracturados, no deben estar amarrados con ningún tipo de cinta adhesiva, cuerdas o alambres, y deben acoplar perfectamente en el bastón y en el prisma.
- Los accesorios como trípodes, bastones, bases nivelantes, baterías, etc. Deben estar en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Para los levantamientos altimétricos se deben realizar mediante el uso niveles automáticos, o digitales los cuales deben estar en perfecto estado y sus certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses. Se debe hacer las revisiones regularmente para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y en caso de haber algún indicio de que no sea así, llevarlo a mantenimiento.
- Las miras deben estar ajustadas, los bloqueos mediante botón de presión deben asegurar perfectamente, la división métrica no puede tener rayones, manchas, o algún tipo de deterioro que impida o que genere incertidumbres en las lecturas, y sus certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses.
- Los trípodes deben estar en perfecto estado, las patas no pueden tener ningún tipo de juego cuando se aprieten, las uñas de las patas deben estar completas, no pueden estar partidas o fracturadas. La base del trípode debe estar perfectamente ajustada, su superficie plana y lisa, el tornillo de acople no puede tener golpes o abolladuras y debe estar fijo en la base del trípode.
- EL CONTRATISTA deberá realizar un levantamiento topográfico detallado de las áreas donde se proyectará los sistemas de recolección y la estación de bombeo de aguas residuales.

#### **Levantamientos Planimétricos**

El levantamiento debe contemplar como mínimo las siguientes especificaciones:

- Todos los levantamientos deberán realizarse con poligonales cerradas y su ajuste con un error de cierre lineal igual o mayor a 1:25000.
- Las medidas de longitud deben ser tomadas con equipos de medición electrónica. De no contar con este recurso deben ser tomadas directamente con cintas de acero que estén en condiciones óptimas.
- Todas las mediciones angulares de los vértices de la poligonal deben hacerse en posición directa e inversa, para de esta forma eliminar el error de colimación, estas mediciones deben quedar registradas en la memoria de la estación total y anotada en la cartera de campo.
- Si se está alternando una poligonal con la toma de detalles, entonces instalado el equipo en la estación se debe siempre ubicar primero el siguiente delta de la poligonal antes de comenzar la radiación y siempre el primer detalle de la radiación que se tome desde esa estación debe ser el delta de la poligonal que se acabó de localizar, para de esta forma asegurar la información de la poligonal.
- En la memoria de la estación total deben quedar almacenados todos los datos de los deltas que componen la poligonal (Coordenada Norte, Coordenada Este, Distancias horizontal, inclinada, vertical, ángulos horizontal y vertical, azimut).
- Todos los deltas de las poligonales deben materializarse con una estaca en zonas verdes y con puntos en zonas duras garantizando que queden perfectamente identificados en terreno, las estacas y/o los puntos deben ser marcados en sitios aledaños y estables, como postes, cercas, muros, puentes etc. con un color vivo que además debe ser exclusivo para los trabajos de topografía que se están desempeñando. En las zonas verdes se debe hacer una limpieza del terreno de aproximadamente 0.3m alrededor del vértice para su fácil ubicación.
- En lo posible no debe haber cambios bruscos en las distancias de las poligonales, para evitar errores geométricos a la hora del ajuste de la misma.
- Las carteras de campo deben estar diligenciadas con todos los datos relevantes al trabajo que se está desempeñando.

#### **Levantamientos Altimétricos**

Para la ejecución de los trabajos se atenderán como mínimo las siguientes consideraciones:

- Para efectuar levantamientos altimétricos se deberán utilizar niveles automáticos o digitales, de precisión.



- Todos los circuitos de nivelación deben ser cerrados con contra nivelación y los cierres deben ser inferiores a un (1) milímetro por cambio.
- Las visuales entre cambios no deben superar los cincuenta (50) metros.
- Los porta miras deben estar en perfecto estado, para garantizar la estabilidad y la verticalidad de mira con la ayuda del nivel de burbuja circular, durante el tiempo que sea necesario, en el caso que la nivelación deba arrojar precisiones geodésicas será necesario utilizar una base para la mira.
- Los BMs tanto en zonas verdes como en zonas duras deben ser marcados en sitios aledaños y estables, como postes, cercas, muros, puentes etc. con un color vivo de tal manera que se puedan identificar en terreno. El color de pintura que se emplee para los trabajos de altimetría debe ser distinto al utilizado en los trabajos planimétricos y distinto a los utilizados en otras actividades que se estén
- Se debe nivelar las interferencias o cruces entre los tramos proyectados y las redes construidas de servicios públicos.
- Las carteras de campo deben estar diligenciadas con todos los datos relevantes al trabajo que se está desempeñando además de:
  - ✓ Nombre del topógrafo.
  - ✓ Nombre de los auxiliares.
  - ✓ Equipo utilizado.
  - ✓ Fecha.
  - ✓ Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio).

El CONTRATISTA deberá realizar todos los estudios topográficos requeridos, de acuerdo con la Norma NS-030 de la EAAB – ESP, Lineamientos para trabajos topográficos. Se levantarán secciones transversales de la quebrada mínimo cada 20 metros, o menos en caso de encontrar curvas o accidentes especiales, que incluyan como mínimo la zona de ronda y la zona de manejo y preservación ambiental y un ancho adicional mínimo de 20 m a cada lado del límite exterior del corredor ecológico de ronda.

El levantamiento del corredor debe incluir información de construcciones, separadores, andenes, postes de energía, cajas de teléfonos, sumideros, redes de alcantarillado., tuberías de gas, redes de voz y datos, límites de propiedades, puentes, cruces viales y en general cualquier tipo de estructuras o redes que puedan considerarse como interferencias para el proyecto

#### • Altimetría

Descripción de los trabajos

- Objetivo de la nivelación.
- Comisión de topografía: Relacionar los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
- Los puntos de amarre utilizados y certificados por el IGAC.
- Cantidad de puntos nivelados.
- Cantidad de cambios realizados y longitud de la nivelación y contranivelación.
- Metodología utilizada para hacer la nivelación.
- Descripción del equipo utilizado anexando el certificado de calibración con vigencia no menor a seis (6) meses.

#### Cálculos y ajustes

Se deben realizar y entregar los cálculos y ajustes de la nivelación, estos cálculos y ajustes deben ser entregados en una hoja de Excel con copia en un archivo con extensión PDF con la siguiente información.

- Cálculo de las cotas de los puntos tomados en la nivelación.
- Cálculo de la contranivelación.
- Cálculo de la longitud del circuito de nivelación.
- Cálculo del error de cierre
- Cálculo de la nivelación ajustada.

### **Certificación de los vértices**

Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres.

#### **• Carteras de campo**

Las carteras de campo deben estar escritas de forma clara y contener todos los datos originales, esquemas e información pertinente, compilados en un libro. Las carteras deben ser llenadas a tinta y no se permite borrar. En caso de error se deben tachar y escribir la medida correcta. No se aceptan carteras pasadas a limpio. Las carteras deben identificarse de la siguiente manera:

- Nombre de la obra o proyecto.
- Para quien se realiza la obra o proyecto
- Número que identifique la nivelación.
- Vértices utilizados en el amarre.
- Localización.
- Fecha y (hora inicio – hora final).
- Nombre del topógrafo.
- Nombre de los auxiliares.
- Equipo utilizado. (Marca y serial)
- Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio).

Para las nivelaciones la cartera debe tener mínimo los siguientes datos:

ABSCISA	VISTA (+)	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA (-)	VISTA (INT)	COTA	OBSERVACIONES

#### **• Determinación de Vértices con GPS**

Descripción de los trabajos

- Objetivo del posicionamiento.
- Comisión de topografía: Relacionar los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
- Los vértices de amarre utilizados y certificados por el IGAC.
- Cantidad de vértices posicionados.
- Tiempo de posicionamiento por vértice.
- Descripción del equipo utilizado y sus accesorios (marca y serial).

#### **• Cálculos y ajustes**

Los cálculos y ajustes del posicionamiento con GPS se deberán entregar en una hoja de Excel con una copia en archivo con extensión PDF, los cálculos que se deben presentar son los siguientes:

- Calculo de velocidades.
- Calculo de coordenadas geocéntricas.
- Calculo de coordenadas geodésicas.
- Calculo de coordenadas planas de Gauss y cartesianas locales.
- Plano de determinación en formatos CAD (DXF, DGN o DWG) y ARC GIS (MDX).

#### **• Certificación de los vértices**

Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres.

El subproducto será el informe en medio magnético y físico de los estudios Topográficos para los proyectos definidos. Deberá estar avalado con la firma y número de matrícula profesional de un ingeniero Topógrafo o Topógrafo con matrícula profesional.

#### **1.2.6. Batimetría**

El contratista deberá construir los modelos y detallar los factores que conforman la zona de estudio estableciendo las condiciones topográficas del espacio y el terreno circundante al tramo de interés junto con las medidas batimétricas presentes en el eje del cuerpo receptor en el momento de realizar el estudio. Esto, con la intención de conocer sus características morfológicas tanto superficiales (largo, ancho, forma, y las que considere determinantes dentro del estudio), como bajo la superficie del agua (profundidad, espesor de los sedimentos, topografía del fondo, entre otras).

El CONTRATISTA deberá realizar todos los estudios topográficos requeridos, de acuerdo con la Norma y lineamientos para trabajos topográficos. Se levantarán secciones transversales de los Gullies máximo cada 20 metros, o menos en caso de encontrar curvas o accidentes especiales, que incluyan como mínimo la zona de ronda y la zona de manejo y preservación ambiental y un ancho adicional mínimo de 20 m a cada lado del límite exterior del corredor ecológico de ronda.

El levantamiento del corredor debe incluir información de construcciones, separadores, andenes, postes de energía, cajas de teléfonos, sumideros, redes de alcantarillado., tuberías de gas, redes de voz y datos, límites de propiedades, puentes, cruces viales y en general cualquier tipo de estructuras o redes que puedan considerarse como interferencias para el proyecto

Para ello deberá poner al servicio de los estudios, las herramientas tecnológicas que se tienen para procesar información tal como perfiles longitudinales, cortes transversales, curvas de nivel, entre otros.

Como parte de las actividades necesarias para desarrollar los trabajos y obtener los resultados necesarios, en caso de tener que realizar una modelación bidimensional en zonas con vegetación cerrada donde no hay acceso, la obtención de un modelo digital de elevaciones mediante tecnología LIDAR y la producción de cartografía a escala 1:1.000 o 1:5.000 y ortofotografías a escala 1:10.000 es útil.

#### **1.2.7. Estudio Hidrológico de las cuencas**

El objeto de los estudios hidrológicos es la obtención del valor de caudales de crecientes en cada uno de los Gullies, con el fin de realizar un análisis hidráulico posterior.

Para la elaboración del estudio hidrológico, se debe tener en cuenta el estudio resultante del contrato 232 de 2017, cuyo objeto es *“Delimitación de las zonas de inundación y de las fajas forestales protectoras a escala de detalle, utilizando los ortofotomapas suministrados por CORALINA, de las corrientes priorizadas en el Archipiélago de San Andrés y Providencia, aplicando la Resolución 561 de 2012 emitida por CORPOCALDAS y la guía para el acotamiento de las rondas hídricas de los cuerpos de agua, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”*, Adicionalmente, debe tenerse en cuenta la información disponible en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM y demás estudios hidrológicos realizados en la zona.

Para el análisis de caudales, se deben conseguir las series históricas de estaciones climatológicas y pluviométricas cercanas a las quebradas, con el fin de realizar un análisis hidrológico, de tránsito de crecientes y de capacidad hidráulica de los Gullies, para periodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años. Se deben identificar eventos que hayan generado impactos negativos sobre los asentamientos humanos y las actividades humanas en el corredor de ronda, relacionados con eventos de inundación o de remoción en masa.

Para los estudios mencionados se deberá implementar un modelo hidrológicometeorológico, el cual deberá ser soportado y justificado por el contratista así como cada uno de los métodos adoptados durante el estudio, se recomienda que el modelo sea implementado en HEC-HMS del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos, se puede obtener una versión libre directamente de las páginas de la US Army Corps of Engineers. Debido a la diversidad de fórmulas con que

cuenta la hidrología para el cálculo de caudales, cuya aplicación depende en gran parte del criterio del proyectista, el estudio presentará la debida justificación del empleo de cada una de ellas.

Con los análisis realizados, se obtendrán los diferentes parámetros hidrometeorológicos (hidrogramas de caudales) necesarios para realizar la modelación hidráulica de los Gullies

### **1.2.8. Modelación hidráulica del comportamiento de los Gullies.**

Buscará definir escenarios de trabajo y métodos de cálculo hidráulico asistido, que mejor se adapten a las condiciones de los Gullies, con el fin de establecer las actividades de adecuación hidráulica y ambiental.

Los estudios hidráulicos son la herramienta esencial para la determinación de las zonas inundables, transporte de sedimentos, erosión asociada a las avenidas de una corriente hídrica superficial. Para la delimitación de las zonas inundables se utilizan modelos matemáticos.

La elección del modelo matemático a utilizar deberá basarse en el tipo de problema a estudiar, ya que no es lo mismo un tramo lineal de río que puede simularse con un modelo unidimensional, que un tramo meandriforme muy ancho, con amplias llanuras laterales de inundación o anastomosado, que necesitan de la aplicación de ecuaciones bidimensionales.

Los modelos de simulación numérica son los que se aplican habitualmente por que tienen un coste razonable y, si se usan adecuadamente, son capaces de modelar con suficiente exactitud el comportamiento de gran parte de ríos.

Es evidente que el flujo de un río es tridimensional (3D), no obstante debido a la complejidad y a que la resolución de las ecuaciones tridimensionales de flujo supone un alto nivel de capacidad de cálculo, únicamente se utilizan en entornos de investigación y desarrollo. Por lo tanto, en las primeras fases de planificación del estudio para la adecuación hidráulica y restauración fluvial, se puede emplear un modelo unidimensional (1D) o uno con un grado de complejidad mayor que para el caso será un modelo bidimensional (2D).

Los modelos de simulación numérica unidimensionales (1D) consideran que la velocidad del flujo es paralela a su dirección, dirección que evidentemente puede cambiar de sección a sección. Esta simplificación puede aplicarse en muchos casos, no obstante, cuando no pueda aplicarse habrá que recurrir a modelos bidimensionales (2D).

Actualmente existen diversos programas de cálculo unidimensional para estudios hidráulicos entre los que destacarían por su amplia distribución y aplicación el modelo de distribución gratuita HEC-RAS (River Analysis System), desarrollada por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers y el modelo comercial Mike 11 desarrollado por DHI.

Los modelos bidimensionales más potentes que existen actualmente en cuanto a capacidad y complejidad son Sobek de Delft Hydraulics y Mike Flood de DHI. Ambos diseñados para proyectos de inundabilidad en áreas extensas y ambos implementando la misma metodología para el cálculo de acoplamiento 1D/2D.

De los numerosos paquetes de software que proporcionan análisis hidráulicos, el diseñador deberá tener un conocimiento apropiado en relación con el manejo del respectivo programa, con el fin de elegirlo y utilizarlo correctamente y de revisar de manera idónea los resultados de su aplicación y extraer las conclusiones correctas. Por lo anterior, el contratista deberá justificar técnicamente las razones por las cuales seleccionó el software a emplear, así como los métodos de cálculo definidos, garantizando que sean los más adecuados para el estudio de acuerdo con las condiciones particulares de cada Gully.

La calibración de un modelo hidráulico consiste en el ajuste de los parámetros del modelo, tales como la rugosidad y los coeficientes de las estructuras hidráulicas para que reproduzcan los datos observados en campo dentro de unos márgenes de error aceptables.

Los factores que delimitan la calibración de un modelo son:

- Datos hidrológicos.
- Geometría del cauce y de las llanuras de inundación.
- Coeficientes de rugosidad.
- Capacidad de almacenamiento o laminación de las llanuras de inundación.
- Coeficientes hidráulicos de las estructuras.
- Modificaciones de la geomorfología del río.
- Variaciones abruptas en las curvas de caudal de las secciones calculadas.

El gran problema que se presenta en la calibración de un modelo hidráulico es la inconsistencia, es decir, que un modelo puede ajustarse para reproducir un evento pero no otro. El ingeniero deberá investigar cómo identificar errores e inconsistencias en los datos de entrada y los posibles cambios en la forma del sistema. Una vez se comprende el sistema el ingeniero puede desarrollar los procedimientos que permitan compensar las diferencias con las mediciones reales.

### **Geometría del Cauce y de Las Llanuras de Inundación**

Es necesario tener un número adecuado de secciones que definan precisamente la geometría del canal y de las llanuras de inundación para evitar la producción de errores a la hora de realizar la calibración del modelo.

Se deberá comprobar que todas las estructuras hidráulicas han sido descritas de forma precisa. Revisar que los desbordamientos laterales se han modelizado adecuadamente (levees, áreas inefectivas, estructuras laterales)

En caso de que se realice un modelo unidimensional, se deberá tener en cuenta que se asume un nivel constante para toda la sección, por lo que podría ser necesario separar las llanuras de inundación como si fueran cauces paralelos que funcionan como almacenamiento de agua.

### **Coeficientes de Resistencia Hidráulica**

La determinación del coeficiente de rugosidad puede variar por diversos factores. El coeficiente varía con el caudal, con el transporte de sedimentos, con el transporte de flotantes, con la temperatura, entre otros. Es por esto que, se considera la principal variable para la calibración de calados (alturas de agua) y velocidades en los modelos hidráulicos.

### **Capacidad de Almacenamiento de las Secciones**

Se deberá delimitar zonas de inundación activa en un mapa topográfico. El área que quede fuera de esta zona se considerará zonas de almacenamiento. Como criterio para delimitar zonas de almacenamiento se considerará aquellas en las que la velocidad sea inferior a 0,4 m/s.

Las zonas de amortiguamiento de crecientes de las secciones deberán tener la misma cota de la lámina de agua que el cauce principal de la sección.

Este almacenamiento implica la atenuación del caudal y del tránsito de crecientes. Habitualmente el almacenamiento produce el ralentizamiento de dicho tránsito de crecientes y la reducción del caudal pico.

### **Coeficientes Hidráulicos de las Estructuras**

Los coeficientes de pérdidas en puentes y obras de drenaje menores tienden a provocar un efecto local de amortiguamiento de crecientes y una mínima afectación en el hidrógrama dependiendo de la sobreelevación provocada.

El efecto de presas y estructuras transversales dependerá del volumen de almacenamiento aguas arriba de estas estructuras.

Las estructuras laterales tendrán un papel importante en el cómputo de agua que saldrá del sistema fluvial.

### **Calibración del Modelo**

La calibración de un modelo hidráulico consiste en el ajuste de los parámetros del modelo, tales como la rugosidad y los coeficientes de las estructuras hidráulicas para que reproduzcan los datos observados en campo dentro de unos márgenes de error aceptables.

Los factores que delimitan la calibración de un modelo son:

- Datos hidrológicos.
- Geometría del cauce y de las llanuras de inundación.
- Coeficientes de rugosidad.
- Capacidad de almacenamiento o laminación de las llanuras de inundación.
- Coeficientes hidráulicos de las estructuras.
- Modificaciones de la geomorfología del río.
- Variaciones abruptas en las curvas de caudal de las secciones calculadas

Para poder realizar una buena calibración del modelo hidráulico se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Modelización de un amplio abanico de caudales en estacionario y calibración de los valores de la  $n$  de Manning y establecer las curvas de caudal en las secciones con marcas históricas de grandes crecientes o estaciones o puntos manuales de aforo.
2. Seleccionar un evento en transitorio para modelarlo hidráulicamente. Comprobar que cada evento parte de caudal bajo, alcanza el pico y vuelve a caudales bajos.
3. Ajuste de almacenamiento y de las estructuras laterales (en el caso de HecRas) para mejorar el tránsito del hidrógrama, especialmente para el periodo, el pico, el volumen y la forma del hidrógrama.
4. Ajuste del coeficiente  $n$  de Manning para reproducir el suceso registrado en la sección de control.
5. Calibración fina para sucesos de bajo caudal a alto usando factores de rugosidad-caudal cuando y como sea apropiado.
6. Verificar la calibración del modelo ejecutando otros eventos o periodos de tránsito elevados que no hayan sido considerados en la calibración. Se considera que una buena calibración del modelo hidráulico se produce cuando la diferencia de niveles real y calculado es inferior al 5% del nivel real o inferior a 0,30m.
7. Si se considera que es necesario realizar un ajuste posterior, hacer ajustes y volver a ejecutar los eventos considerados.

En aquellos tramos a calibrar en los que no existan estaciones de aforo o registros históricos, podrán realizarse aforos manuales de forma puntual para la obtención de nivel y caudal para caudales bajos que permitan un primer ajuste de calibración del modelo.

### **Estudios de socavación.**

Los estudios de socavación tienen por objeto determinar las profundidades críticas de tipo erosivo inducidas por las corrientes alrededor de pilas, estribos, etc. Los análisis deben garantizar la obtención de los valores adecuados de socavación que aseguren la estabilidad de las estructuras proyectadas, sin redundar en cimentaciones extremadamente costosas.

En ese contexto, el informe final deberá tener el siguiente contenido: Análisis de la información de campo. Se presentarán y analizarán, al nivel de detalle, las secciones transversales en las zonas de interés. De la misma manera, se deberán presentar los perfiles topográficos longitudinales, zonas de desborde, alturas de crecientes, tipo de suelo de orillas y lecho, velocidades de flujo, coeficientes de rugosidad, pendientes hidráulicas y caudales, que permitan aplicar las fórmulas más adecuadas para obtener las profundidades críticas del fenómeno.

El Consultor deberá aplicar las fórmulas más adecuadas a la morfología de la zona, que permitan estimar la profundidad de socavación general a todo lo ancho del lecho y local en un punto particular donde exista un obstáculo (muro, pila, estribo, etc.) o en sus orillas. El informe deberá presentar el diseño de las obras de control y protección que se requieran.

### 1.2.9. Comportamiento sedimentológico de los Gullies

Busca evaluar el comportamiento sedimentológico de los Gullies objeto de la consultoría en las Islas de San Andrés y de Providencia. Para ello el contratista debe:

- a. Realizar el monitoreo de los aforos líquidos y sólidos en puntos críticos de cada uno de los Gullies.
  - Deberá valorar y definir el lugar y número de secciones de control o puntos críticos a monitorear, los cuales, deben ser suficientes y representativos del comportamiento del Gully.
  - Realización de aforo sólidos (método puntual), simultáneos con aforos de caudal, a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  del ancho de cada una de las secciones seleccionadas.

**Nota:** Antes de iniciar las campañas de aforos, el consultor debe presentar al Interventor del Contrato, la certificación de calibración de los molinetes u otro equipo alternativo a utilizar, así mismo, el protocolo para muestreo puntual de sedimentos, avalado por el IDEAM u otra organización internacional reconocida por el IDEAM en Colombia

- b. Realizar los análisis granulométricos de sedimento de todos aforos sólidos (el contratista deberá realizar este análisis como mínimo XX puntos críticos de cada Gully, sin que ello limite la necesidad de más análisis de ser necesarios, en todo caso, la cantidad final será aquella que permita al contratista garantizar que los resultados son representativos de las condiciones generales de la cuenca), procesamiento y presentación gráfica de resultados, determinando el tipo de sedimento en suspensión predominante en cada sitio de muestreo.
  - Procesamiento de aforos de caudal y aforos sólidos, para obtener concentración media y transporte de sedimentos.
  - Elaboración de la curva de calibración que correlaciona caudal líquido con caudal sólido, en cada estación.
  - Análisis de la distribución temporal del transporte de sedimentos en cada estación.
  - Análisis de la distribución espacial del transporte de sedimentos en la cuenca de cada Gully.
  - Análisis del aporte de sedimentos en la cuenca de cada Gully
  - Análisis de probables focos de sedimentación que afectan la cuenca de cada Gully
  - Evaluación de la tasa de pérdida de suelo en la cuenca de cada Gully.
  - Determinar la rata de sedimentación de los Gullies, priorizarlas según su producción y establecer sus causas.

Dentro de los productos que el contratista debe entregar se encuentran:

- a. Carpeta con las carteras de aforos sólidos y líquidos realizados.
- b. Hojas de cálculo de aforos líquidos.
- c. Hojas de cálculo de aforos sólidos.
- d. Perfiles de la sección de aforos.
- e. Planilla "Resumen de Aforos" con los resultados de aforos líquidos y sólidos realizados.
- f. Planillas de laboratorio con análisis granulométricos.
- g. Curvas de análisis granulométricos.
- h. Tabla resumen del tipo de sedimento predominante.
- i. Curvas de calibración que correlacionan el caudal líquido y el caudal sólido.

- j. Análisis temporal del transporte de sedimento en cada punto (histograma).
- k. Análisis espacial del transporte de sedimento en la cuenca de cada uno de los Gullies.
- l. Balance del aporte de sedimentos en la cuenca de cada uno de los Gullies.
- m. Identificación de probables focos de producción de sedimentos.

#### **1.2.10. Vulnerabilidad y Riesgo**

El Contratista deberá identificar y caracterizar las amenazas presentes en la zona, así como identificar las debilidades de la infraestructura, determinando y clasificando la vulnerabilidad y el riesgo físico de sus componentes.

Al considerar las obras a realizar deben incluirse las medidas y obras de protección que aseguren la sostenibilidad de los sistemas frente a los riesgos ambientales.

En el proceso de evaluación es importante considerar y aprovechar el conocimiento que sobre el entorno posee la población local. Debe siempre tenerse en cuenta que la gestión local del riesgo debe involucrar a la propia comunidad y recoger su conocimiento sobre las principales amenazas naturales, los lugares con mayor riesgo y la magnitud en la que estos se han presentado, y combinarlos con las opciones tecnológicas disponibles, de manera que los componentes se ubiquen en las zonas de menor riesgo o se incluyan las medidas de prevención que sean necesarias.

El Contratista deberá identificar, evaluar y cuantificar los riesgos asociados con las alternativas propuestas. Para cada tipo de riesgo el Contratista deberá proponer mecanismos eficientes de asignación y mitigación. Se deberá asignar la responsabilidad de cada riesgo a la parte que mejor pueda controlarlo. Se cuantificarán las implicaciones financieras que tienen los riesgos y los mecanismos de mitigación requeridos, de manera que se pueda establecer la viabilidad financiera y la confiabilidad de los mecanismos propuestos.

#### **1.2.11. Disponibilidad de mano de obra y de materiales de construcción.**

Se debe analizar la disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada para el desarrollo del proyecto y de personal técnico para labores de operación y mantenimiento, así como los salarios vigentes en la localidad. Del mismo modo, se debe establecer la disponibilidad y capacidad de producción local, regional y nacional de materiales y equipos requeridos para la construcción de las obras y de los insumos para la operación y el mantenimiento, definiendo con precisión la disponibilidad de canteras y su distancia a los frentes de trabajo, así como, la disponibilidad de los sitios de disposición de escombros. Dependiendo del tipo de obra de ingeniería que se prevea realizar dentro del proyecto, será necesario una mayor profundidad y detalle en el estudio de fuentes de materiales pétreos y sus requerimientos ambientales específicos.

#### **1.2.12. Estudios socioeconómicos**

La evaluación socioeconómica de proyectos debe realizarse con el objeto de medir el aporte neto de los proyectos al bienestar de la población. Se requiere como mínimo estudios socioeconómicos tales como análisis costo-eficiencia y/o análisis de costo mínimo, de expansión de capacidad (Ver Plan de Gestión Social y Equidad de Género)

#### **1.2.13. Estudios Ambientales.**

Se deberá efectuar la Evaluación Ambiental con base en lo establecido en la "Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales" del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010).

Se debe emplear una metodología de identificación y valoración de impactos para las situaciones sin proyecto y con proyecto, con base en matrices causa efecto, que emplean indicadores de tipo cualitativo y cuantitativo para valorar los impactos ambientales y que permitan presentar la evaluación en términos de valores relativos de calidad ambiental.

El Contratista deberá plasmar las recomendaciones efectuadas por la Corporación Autónoma Regional respecto a las obras y acciones formuladas para mitigar los impactos negativos que genere el proyecto, de acuerdo a las obligaciones



impuestas en la Licencia Ambiental, si es el caso, o a las medidas de manejo ambiental determinado para el desarrollo del proyecto, tanto en su fase de construcción como en la de operación del sistema.

### **Estudios de Impacto Ambiental**

El contratista establecerá para cada uno de los componentes del proyecto los impactos positivos y negativos generados por la ejecución del proyecto y sus correspondientes medidas de prevención, mitigación o compensación respecto a los recursos de agua, aire, fauna, flora y población, determinando los grados de afectación de cada uno, cuyos costos y prioridades se determinarán en el presupuesto del acápite especial.

De acuerdo a los cálculos hidráulicos e hidrológicos, que definen las obras de adecuación hidráulica, el ancho del cauce y ronda de los ríos, la ampliación y corrección de los cauces, entre otras, y la recuperación ambiental de la cuenca, se deben evaluar los impactos ambientales ocasionados por las actividades que plantean a ejecutar para la ampliación de la capacidad hidráulica, para la cual se debe realizar una Evaluación de Impactos Ambientales la cual, debe contener: Identificación, descripción, evaluación y calificación de impactos ambientales.

La construcción de las obras propuestas en los estudios y diseños generará impactos negativos y positivos en su zona de influencia, lo cual requiere la estructuración de un plan de manejo ambiental que contenga medidas diseñadas para evitar, prevenir, controlar y/o mitigar impactos ambientales que afecten los componentes biótico, abiótico, paisaje y social, y que pongan en riesgo la construcción del proyecto. El plan de manejo ambiental para la ejecución de la intervención será presentado a la interventoría la cual lo aprobará y le hará seguimiento.

Por lo anterior, EL CONTRATISTA debe reconocer el contexto regional y geográfico en el cual se desarrollarán las obras, que le permitirá definir los programas que aplican según el alcance de estas y las condiciones de su área de influencia. Ésta evaluación tiene como propósito garantizar el desarrollo sostenible con su entorno social y ambiental, según las normas colombianas aplicables.

Una vez estructurado y aprobado el Plan de Manejo Ambiental, EL CONTRATISTA debe convertirlo en un manual de campo, escrito en lenguaje claro que facilite su diligenciamiento, para ser enseñado al personal operativo, previo y durante la ejecución de la obra, de tal forma que se asegure su cumplimiento. Para el caso, EL CONTRATISTA podrá revisar el Manual de Buenas Prácticas Ambientales publicado por el Ministerio de Vivienda.

Para el PMA el CONTRATISTA deberá realizar un análisis comparativo de los efectos y riesgos inherentes a la obra o actividad y de las posibles soluciones, además de cuantificar las medidas de mitigación y control para cada una de las alternativas.

EL CONTRATISTA deberá elaborar las respectivas matrices de impactos y formular el plan de manejo con acciones de preservación, compensación, mitigación y control de los mismos, durante las fases del proyecto, en la construcción, operación y mantenimiento. En ella se analizarán los efectos de impactos ambientales y medidas de control de: suelos, geología, calidad del agua, hidrografía, clima, fauna, flora, desarrollo urbano y salud. En el caso de las fuentes receptoras, EL CONTRATISTA deberá crear una base actual y futura, en la cual se identifique el estado ambiental antes y después de la implementación de las obras.

EL CONTRATISTA deberá observar y aplicar leyes y normativas relativas a Salud Ocupacional y Seguridad Industrial, considerando escenarios para tomar todas las precauciones necesarias dirigidas a evitar y prevenir en las zonas de trabajo e instalaciones temporales, accidentes o condiciones que deriven en enfermedades profesionales.

### **Caracterización ecológica de los Gullies**

Para la Adecuación Hidráulica y Restauración Ambiental de los Gullies, se requiere la caracterización del componente biótico de la ronda hídrica a intervenir, definiendo las áreas que serán objeto de adecuación para efectuar el inventario de cada grupo de fauna y flora presente en la zona. Estos inventarios son recomendados para generar las bases científicas en el desarrollo de planes y estrategias que cumplan la función de proponer labores de prevención, mitigación, compensación, reubicación y rehabilitación de flora y fauna.

Para realizar esta caracterización se recomienda recolectar la mayor información ecológica detallada posible y efectuar los inventarios requeridos, enfatizando el (los) tipo(s) de especie(s) que presente la mayor amenaza por la actividad de adecuación hidráulica; para posteriormente identificar y evaluar los impactos del proyecto durante la etapa de construcción y puesta en marcha, sobre el ecosistema en particular.

La caracterización se debe efectuar en dos fases, una antes del inicio de las obras y la segunda después de finalizadas las obras, en el que se presente además las actividades de rescate y rehabilitación de la fauna afectada y la reforestación o traslado de especies para el caso de la flora. Esta caracterización se realizará en las áreas de monitoreo definidas de acuerdo con las observaciones

### **Estrategia para la Restauración del Medio Biótico**

En este numeral se presentan las estrategias necesarias para rehabilitar a las especies afectadas por las actividades de adecuación y restauración ambiental de corrientes superficiales hídricas. Adicionalmente, se presentan las recomendaciones a tener en cuenta para lograr la recuperación de la cobertura vegetal alterada durante el desarrollo del proyecto.

Es importante mencionar que la restauración del área intervenida hace referencia al restablecimiento total o parcial de la cobertura vegetal de las áreas afectadas por las actividades propias del proyecto.

Para tal fin se hace necesario desarrollar dos programas que incidan en la restauración del componente biótico como son el mejoramiento de la calidad de hábitat y la ampliación y estructuración del hábitat.

- **Mejoramiento de La Calidad Del Hábitat**

Para el mejoramiento de la calidad del hábitat se deben definir las actividades para las áreas intervenidas del proyecto, identificando el mayor número de individuos de fauna presentes en la zona del proyecto a rescatar y proteger. A continuación, se presenta la información mínima a presentar para la estrategia de mejoramiento del hábitat

- Manejo y protección de fauna silvestre
- Medidas de manejo forestal

- **Ampliación y Estructuración del Hábitat**

En la ampliación y estructuración del hábitat se establecen las medidas de restauración ambiental en su componente biótico como producto de las obras de adecuación hidráulica. El objetivo de este programa es prevenir el deterioro del hábitat por la adecuación hidráulica de la corriente y ampliaciones de cauce proyectadas, así como evitar el cambio de estructura en la comunidad biológica. A continuación, se presenta la información mínima a presentar

- Actividades de revegetalización y/o reforestación
- Medidas de manejo forestal
- Preparación del área a planta

#### **1.2.14. Permisos, licencias, autorizaciones, *Fichas de adquisición predial***

##### **1.2.14.1. Análisis y gestión predial:**

Una vez delimitada la ronda hídrica se debe realizar el levantamiento y censo predial que incluyan todos los predios que se encuentran localizados al interior de la ronda hídrica. Aquellos que se encuentran construidos, se elaborarán las respectivas fichas prediales que incluirán como mínimo la siguiente información: Áreas de terreno, áreas de terreno construidas, matrículas inmobiliarias, cédulas catastrales, propietarios, usos, tipo de construcción, registros fotográficos,

áreas afectadas y áreas construidas dentro de la ronda. Tanto los lotes construidos como los no construidos deben localizarse en planos y la cartografía utilizada para el acotamiento de la ronda hídrica, de igual manera se deberá establecer los presupuestos de compra de dichos predios construidos y no construidos de acuerdo al avalúo catastral.

Se debe realizar los estudios prediales requeridos, de los posibles sitios para ubicación de infraestructura (muros, gaviones, box culverts, etc.), para el proceso de adquisición del bien y/o reconocimiento de servidumbre.

Los componentes anteriormente mencionados y sus análisis deben ser compilados en un informe de diagnóstico que permita conocer las condiciones bajo las cuales se harán los diseños y como podrán impactar el futuro del proyecto en operación.

De igual forma debe celebrarse previamente una “socialización del proyecto” con la comunidad involucrada y que pueda tener algún interés en el proyecto, especialmente con los dueños de los predios requeridos para el proyecto, comunidad con algún impacto ambiental o físico del proyecto en las etapas de diseño o posterior construcción y/o operación del sistema, y en general cualquier persona o entidad que considere expresarse sobre el proyecto

Todo diseño deberá contemplar el aspecto predial detallado, donde se establezca claramente las necesidades de adquisición de predios y servidumbres para desarrollar la construcción de las obras, y los actos administrativos que la entidad territorial o la autoridad ambiental deben realizar para asegurar la disponibilidad oportuna de los terrenos requeridos para la construcción.

El diseñador deberá identificar, de acuerdo con la normatividad vigente, las autorizaciones y permisos que se requieren para la implementación del proyecto.

#### Propiedades, Derechos y Servidumbres

Una vez definidas las áreas que ocuparán los diferentes componentes del proyecto, el contratista deberá realizar una evaluación de los derechos de propiedad de dichas áreas y establecer la necesidad de la compra de algunas de ellas y definir su costo, o en su defecto establecer las acciones de legalización de los derechos y servidumbres que sean necesarios para la construcción y operación del proyecto. Deberá adjuntarse el respectivo plano del proyecto, con una base de datos adjunta identificando los predios a intervenir, el cual debe contener como mínimo (de existir esta información):

- Nombre del Predio
- Número de cédula catastral
- Número de Matrícula Inmobiliaria
- Georeferenciación de cada uno de los predios a intervenir
- Nombre del Propietario y copia de la cédula de ciudadanía o NIT del propietario
- Vereda y/o Barrio
- Copia simple de la Escritura Pública.
- Certificado de Tradición y Libertad del predio con vigencia de dos (2) meses
- Información predial contenida en los registros de Catastro.
- El Contratista presentará informe topográfico para los predios afectados que incluye poligonales y franja o lote utilizado en el proyecto, con carteras de campo, esquemas de poligonales, memorias de cálculo, listado de coordenadas ajustadas y registro fotográfico de los puntos materializados, áreas afectadas y áreas libres, y la información catastral y del propietario que se obtenga. La salida gráfica se hará en: dos (2) copias impresas en original y en medio magnético CD ROM con archivo con extensión PDF.

#### *Plano de Intervención Predial*

Para cada predio se entregará este producto en escalas apropiadas, como: 1:200, 1:500 o 1:1000, las cuales serán aprobadas por la interventoría. Además, llevará un cuadro con los datos de longitudes de los linderos y áreas a intervenir según levantamiento topográfico. La salida gráfica se hará en: dos (2) copias impresas en original y en medio magnético CD ROOM, en formato con extensión PDF.

#### *Ficha Predial*

Se entregará este producto con la totalidad de los datos levantados según formato suministrado por el Interventor. La información se entregará impresa y en medio magnética, en dos (2) copias, en Excel.

#### *Informe Jurídico*

- Relación de Predios a intervenir.
- Copia del Registro Topográfico individual.
- Fotografías del Predio.
- Copia de cédula de ciudadanía del propietario.
- Certificado de Tradición y Libertad.
- Copia simple de Escrituras Públicas.
- Información predial contenida en los registros de Catastro.
- Archivo magnético de las fotografías.
- 

Con base en la información obtenida se presentará un diagnóstico del tipo de tenencia y situación jurídica actual de los propietarios de los predios afectados a intervenir por el proyecto, para realizar recomendaciones en el tema de los trámites ante entidades públicas.

En caso de ser necesario que la Administración Municipal o el Operador adquieran algunos terrenos o derechos de servidumbre de paso, su costo deberá incluirse en el plan de inversiones o presupuesto del proyecto.

Además del estudio predial descrito, el contratista deberá adelantar las gestiones necesarias para que se concrete la adquisición de los predios y/o permisos de servidumbre necesarios para el desarrollo de cada proyecto. Esta gestión incluye:

- Acercamientos entre las autoridades municipales y los propietarios.
- Apoyo al municipio en la obtención de los documentos necesarios para la realización de los trámites requeridos ante las entidades respectivas para la declaratoria de utilidad pública de los predios requeridos, negociación y formalización y legalización de la compra de predios o los permisos de servidumbre requeridos

#### **1.2.14.2. Permisos ambientales**

El contratista entregará la información necesaria para el trámite ante la autoridad ambiental de los permisos que haya lugar para el proyecto; los cuales pueden ser: permiso de concesión de agua, ocupación de cauces, aprovechamiento forestal, permisos de extracción de material de canteras, permiso de vertimientos, permiso de licencia ambiental, permiso del diagnóstico ambiental de alternativas, permiso de emisiones atmosféricas y disposición de escombros en el área de estudio.

#### **1.2.15. Otros estudios.**

El Contratista adelantará otros estudios que se estimen necesarios para el desarrollo del proyecto en común acuerdo con la Interventoría del proyecto.

#### **1.2.16. Infraestructura existente de otros servicios.**

El contratista deberá identificar las principales obras de infraestructura construidas y proyectadas dentro de la zona de influencia del proyecto, tales como carreteras, puentes, canales, box-couvert, líneas de transmisión de energía eléctrica, oleoductos y cualquier otra obra de importancia. Del mismo modo, se deben identificar, a partir de información secundaria o de trabajos de campo, las redes de otros servicios públicos en la zona, tales como redes de gas, teléfono y energía eléctrica y sus respectivas áreas de servidumbre con los cuales podrían presentarse interferencias.

### **1.2.17. Vías de acceso.**

Debe realizarse un inventario de las carreteras, caminos, ferrocarriles, así como de las rutas de navegación aérea, marítima, fluvial y lacustre de acceso a la localidad, estableciendo las distancias a las áreas urbanas más cercanas. Esto permitirá establecer la accesibilidad para el transporte requerido de materiales y equipos para la ejecución de las obras y su posterior mantenimiento.

## **1.3. FORMULACIÓN, ANÁLISIS, COMPARACIÓN, SELECCIÓN DE ALTERNATIVA VIABLE DE PROYECTOS.**

Se deberán formular las alternativas de proyectos, que permitan dar solución a los problemas, objetivos y metas identificados en el artículo anterior, desde el punto de vista técnico, a nivel de predimensionamiento. El análisis debe tener en cuenta la gestión de riesgos y la gestión ambiental, revisar los aspectos financieros, económicos y sociales que permitan determinar la viabilidad del respectivo proyecto. Como resultado se obtendrá como mínimo el documento de prediseño acompañado de los planos y memorias respectivas.

### **1.3.1. Actividades Preliminares y Análisis de Alternativas**

Teniendo como base la evaluación y diagnóstico, el Contratista deberá identificar, plantear y predimensionar las alternativas de solución para los problemas identificados y para cada elemento que deba adecuarse, rehabilitarse, optimizarse, y/o reemplazarse, y las razones y justificaciones para la inclusión de elementos nuevos. Así, el Contratista deberá plantear, predimensionar, evaluar, seleccionar y recomendar al contratante la solución más conveniente desde los puntos de vista técnico, económico, financiero, social, ambiental e institucional.

Las alternativas factibles por cada componente que se propongan deberán propender por garantizar el buen funcionamiento de los Gullies y sus componentes, incorporando sus dimensiones técnicas, institucionales, financieras, económicas, sociales y ambientales, de acuerdo con la normativa vigente.

Dentro de las alternativas tecnológicas a considerar, se debe tener en cuenta la solución de mínimo costo que cumpla con los parámetros de calidad exigidos por la normatividad vigente, tanto en inversión inicial como en costos de operación. Así mismo, deberá considerar la situación de disponibilidad de los predios y servidumbres requeridos para el desarrollo del proyecto.

Cada alternativa debe incluir el modelo financiero, análisis y conclusiones acerca de la factibilidad individual de cada propuesta, análisis comparativo de las propuestas, conclusiones y recomendaciones.

Las alternativas de solución planteadas deberán estar de acuerdo con la fase de diagnóstico en lo correspondiente a la priorización de la problemática, para lo cual las alternativas se plantearán atendiendo las diferentes etapas, en términos de corto, mediano, y largo plazo. Para cada una de las alternativas planteadas, se deberá desarrollar la modelación hidrodinámica correspondiente.

Se deberán plantear un mínimo de dos a tres alternativas para cada análisis, para cada alternativa presentada se deberán incluir los costos aproximados de inversión y las oportunidades en que deben efectuarse, así como los costos de mantenimiento y eventual reposición durante el horizonte de diseño. Se deberán incluir en todas las obras diseñadas los costos ambientales ya sea por prevención, mitigación, corrección, compensación, y/o manejo de los efectos negativos que se generen.

Para la alternativa seleccionada el contratista determinará la primera de las etapas o la única, si es el caso, en las que los componentes del sistema deban construirse, de tal forma que se minimicen los costos económicos del proyecto, atendiendo simultáneamente consideraciones de tipo financiero, técnico, ambiental e institucional.

Con base en la alternativa seleccionada se formularán las recomendaciones pertinentes y se propondrá el plan general de obras y de inversiones para el sistema durante el horizonte de planeación asumido, dando prioridad a las inversiones inmediatas orientadas a la rehabilitación de los sistemas y configurando de esta manera el informe inicial de avance, en

el que se indicarán además las acciones complementarias requeridas, tales como levantamientos topográficos, estudios adicionales especiales, entre otros, para el diseño definitivo de los componentes resultantes del estudio.

El contratista deberá presentar para aprobación por parte de la Interventoría un informe de alternativas propuestas para el proyecto y que cumplan con los estándares de calidad exigidos; este informe deberá contener por lo menos:

- i.) Análisis de factibilidad de las alternativas consideradas.
- ii.) Descripción del análisis para la formulación de cada alternativa (estudio hidrodinámico, análisis ambiental, predimensionamiento de elementos de la propuesta, plan de inversiones, situación predial y de permisos).

El Contratista deberá describir claramente la metodología de análisis utilizada para la priorización de las obras. Las soluciones para el inmediato, corto y mediano plazo serán establecidas como obras prioritarias debiendo el Contratista presentarlas a consideración de la Interventoría cuando éstas sean definidas. Una vez aceptadas por la Interventoría, deberá llevarlas a la condición de diseño de detalle. Las soluciones para el largo plazo se llevarán a también a condición de diseño de detalle.

Se debe obtener toda la información existente de la zona del proyecto citando las fuentes respectivas. Además, se debe incluir la descripción y diagnóstico de las características y condiciones actuales de los Gullies.

Aprovechamiento de componentes existentes. Debe establecerse la posibilidad de aprovechar total o parcialmente elementos o infraestructura existente.

Análisis de sitios de descarga. Se deben identificar los asentamientos humanos localizados aguas debajo de los posibles sitios de vertimiento o disposición de las aguas residuales evacuadas de la localidad, y se deben analizar las características y capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua receptores (ríos, quebradas, humedales) y los posibles efectos ambientales de las descargas con o sin tratamiento, con base en la legislación vigente.

Selección de la mejor alternativa. Con base en consideraciones técnicas, económicas, financieras, culturales y ambientales, se debe seleccionar la mejor alternativa para ser diseñada, construida, operada y mantenida. La alternativa seleccionada debe contar con licencia ambiental se ésta así lo requiere, o plan de manejo ambiental.

Adicionalmente se deberá tener en cuenta, los siguientes aspectos para la entrega del producto, así:

El contratista deberá proponer el método constructivo de las obras propuestas.

El Contratista deberá elaborar las Especificaciones Técnicas para cada sistema constructivo propuesto, acorde con las Normas aplicables,

### **1.3.2. Selección de Alternativas.**

La selección de las alternativas se hará teniendo en cuenta aquella que, solucionando el problema planteado en el horizonte de proyecto, corresponda a la de menor costo con el criterio del menor valor presente de todos los costos de inversión y mantenimiento considerados, y obedezca a la disponibilidad de recursos para financiar las obras.

Para la selección de cada alternativa, se debe contar con la participación del grupo de profesionales contratados por el contratista, pues esta selección será la alternativa definitiva a desarrollar para los diseños detallados de ingeniería.

La selección de alternativa definitiva, así como el alcance de las obras propuestas deberán contar con la aprobación de la interventoría y aval de FINDETER de acuerdo a los lineamientos definidos por la Gobernación de San Andrés.

## **2. DISEÑO DE DETALLE**

EL CONTRATISTA debe partir de los estudios técnicos (diseños de detalle) realizados en la etapa de factibilidad y desarrollarlos a mayor detalle para la alternativa seleccionada.

## **2.1. CRITERIOS DE DISEÑO**

Los criterios de diseño aplicables a cada tipo de obra deberán ajustarse a lo definido en las herramientas de planeación y la etapa de planeación y las normas de diseño de la entidad.

## **2.2. DEFINICIÓN Y LOCALIZACIÓN DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO A DISEÑAR**

De acuerdo con el análisis del problema a resolver y teniendo en cuenta lo definido en las herramientas de planeación y la etapa de ingeniería básica, así como las características específicas de la zona, el contratista definirá los componentes del proyecto y su localización específica dentro del área de estudio.

El diseñador deberá tener en cuenta la información contenida en los estudios de ingeniería básica básicos, con el fin de identificar posibles interferencias y/o limitaciones en la localización del proyecto.

## **2.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

Para la selección de alternativas tecnológicas de diseño deberá realizarse una evaluación socioeconómica que resulte en el menor costo económico.

## **2.4. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA**

Población actual, estratificación, índice de NBI (Necesidades básicas insatisfechas), población en miseria, usos del suelo, condiciones sociales, salud pública, aspectos educativos, organizaciones cívicas, nivel de ingresos, tarifas de los servicios públicos, disponibilidad de recursos humanos y materiales en la región.

La evaluación socioeconómica de proyectos debe realizarse con el objeto de medir el aporte neto de un proyecto o política de inversión social al bienestar de una comunidad. Es decir, tendrá la capacidad de establecer la bondad del proyecto o programa para la economía nacional en su conjunto. En estos términos, el valor de cualquier bien, factor o recurso a ser generado o utilizado por el proyecto debe valorarse según su contribución al bienestar nacional.

Los estudios de evaluación socioeconómica se deben ejecutar para los niveles de complejidad medio, medio alto y alto.

- Análisis de Costo Eficiencia.

Se elaborará una comparación de los costos de varias alternativas factibles de proyectos, con el fin de seleccionar aquella que tenga el menor valor presente de los costos de inversión y mantenimiento.

El análisis de costo-eficiencia debe partir de las siguientes suposiciones:

- Que debe utilizarse la tasa social de descuento establecida
- Que los beneficios derivados de las alternativas estudiadas son los mismos
- Que los beneficios son mayores que los costos en cada alternativa.

El análisis debe seleccionar el proyecto que presente el menor valor presente neto entre las alternativas posibles.

## **2.5. TOPOGRAFÍA**

Se realizarán levantamientos planialtimétricos y de batimetría cuando se requiera complementar lo ya realizado en la etapa de factibilidad, para los sitios donde se ubicarán las estructuras para cada uno de los componentes

Las especificaciones mínimas de estos levantamientos serán las exigidas en los estudios básicos de factibilidad del presente documento.

## **2.6. DISEÑO GEOMÉTRICO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS**

Sobre la topografía realizada y de acuerdo con los requerimientos del proyecto se procederá a realizar el diseño geométrico de los alineamientos y estructuras que requiere el proyecto, localizándolos en planta y perfil e incorporando todas y cada una de las interferencias que se puedan encontrar al momento de ejecutar las obras. Hace parte intrínseca del mismo el determinar el manejo que se deba dar a las interferencias visibles y no visibles, donde deberá quedar resuelto, detallado, autorizado y presupuestado el manejo que se debe hacer para la construcción. Todo el detalle de este diseño deberá estar consignado en los planos y demás documentos del diseño realizado.

## **2.7. DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA**

El diseño hidráulico deberá incluir todos los esquemas, cálculos y modelaciones necesarias para la definición de las obras. Los esquemas y cálculos constituirán la memoria de cálculo que soportan las determinaciones de los elementos diseñados.

### **2.7.1. Diseños hidráulicos con sus respectivas memorias de cálculo**

El proyecto a presentar debe contener los diseños y memorias de cálculo pertinentes, por tal motivo el CONTRATISTA deberá realizar los diseños hidráulicos de cada uno de los componentes propuestos, para lo cual deberá tener en cuenta los lineamientos establecidos en la Normatividad Vigente. Adicionalmente deberá anexar los resultados de los cálculos hidráulicos, donde se consignen los datos de entrada y supuestos.

Las modelaciones hidráulicas, se realizarán preferiblemente en un programa altamente difundido y utilizado para este tipo de modelaciones. Toda modelación hidráulica se debe entregar con la información que se procesó en el software para su verificación de forma magnética y física.

### **2.7.2. Estudios Hidrológicos**

Esta actividad consiste en la búsqueda de información hidrológica a través de los puntos de agua más cercanos a la ubicación del proyecto, que permita construir o validar el modelo hidrológico de la zona, definiendo claramente áreas de recarga, cálculo de las ecuaciones que permitan construir las curvas de intensidad, duración y frecuencia, análisis de los balances hídricos considerando la precipitación total, infiltración en el subsuelo, evapotranspiración potencial y real, escorrentía superficial y volúmenes de agua máximas y mínimas en los cuerpos de agua receptores.

Se deberá realizar la estimación de la distribución temporal de las precipitaciones (duración de las lluvias) de la zona, para la obtención de los caudales de diseño, a partir de registros de lluvias o de variables hidroclimáticas de estaciones ubicadas en la zona del estudio hidrológico como precipitación (promedio máximo mensual), evapotranspiración y evaporación (promedio mensual).

Se deberá consultar los registros con datos históricos de precipitaciones existentes en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, que se maneja en las estaciones pluviométricas de la región.

El informe de estudio hidrológico debe incluir planos, memorias descriptivas y de cálculo, curvas de intensidad de duración y frecuencia de ocurrencia de tormentas en la vertiente. Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Realizar los estudios hidrológicos, de acuerdo con los registros de las estaciones hidrometeorológicas existentes en el área del proyecto para los últimos años.
- Determinar con precisión las cuencas hidrográficas objeto de estudio con base en planos a escala 1:10000.
- Calcular los parámetros geomorfológicos: área; longitud del cauce principal; cota superior e inferior de la cuenca; cota superior e inferior del río principal; pendiente del cauce principal y pendiente promedia de la hoya; distancia en línea recta al punto más alejado de la cuenca; perímetro de la cuenca; longitud al centroide de la cuenca; y coordenadas norte y este, y cota de cada sitio de interés.



- Calcular el tiempo de concentración de la cuenca usando, al menos, cuatro métodos, que se deberán escoger, de acuerdo con la morfometría de la cuenca, entre los siguientes: Temes, William, Kirpich, Johnstone y Cross, California Culverts Practice, Giandotti, S.C.S Ranser, Ventura - Heron, Brausby - William, u otros debidamente soportados.
- Identificar las estaciones pluviográficas que tengan influencia sobre la cuenca de estudio y mostrar su ecuación o una figura de la curva intensidad – frecuencia – duración. Se deberá indicar el intervalo de la duración de la lluvia usada.
- Calcular la precipitación efectiva y la distribución temporal de la lluvia. Las lluvias se deberán calcular para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Para el cálculo de las pérdidas hidrológicas, se deberá indicar claramente el valor del número de curva CN y la metodología para su escogencia.
- Si es una cuenca mayor de 1 km<sup>2</sup>, obtener la creciente de diseño para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, mediante cuatro métodos diferentes, como los siguientes:
  1. Análisis de frecuencia, si existen series históricas de caudales.
  2. Hidrogramas unitarios: William – Hann, SCS (Soil Conservation Service), Snyder, Clark, geomorfoclimático u otro.
  3. Método Gradex
  4. Método racional.
  5. Modelos de tanques
  6. Regionalización de características medias y del índice de crecientes.
  7. Otros métodos (justificar con teoría, datos y memorias de cálculo)
- En los procedimientos de cualquier metodología, se deberán entregar las bases de datos y memorias de cálculo producto de los distintos análisis. Los caudales de diseño escogidos deberán estar debidamente justificados
- Evaluar las condiciones de marea alta y baja, con la identificación de cotas de inundación, para las zonas afectadas por el proyecto.

## **2.8. GEOLOGÍA INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y GEOTECNIA.**

Se realizaran los ensayos requeridos para complementar los realizados en la etapa de factibilidad, en la medida que permita identificar las características físico-mecánicas y características químicas que identifiquen la posible acción corrosiva del subsuelo para elementos metálicos y no metálicos que van a quedar localizados en el subsuelo; estudio geotécnico que determine: capacidad portante, condiciones de amenaza y vulnerabilidad y la estabilidad geotécnica del suelo y de las obras que lo requieran. Las recomendaciones de diseño y construcción de elementos de cimentación, estructuras de contención, protección y drenaje; la geometría y factor de seguridad de taludes. Se debe establecer la necesidad de llevar a cabo estudios más detallados de geología, hidrogeología, y/o suelos, justificando las razones por las cuales se formula dicha recomendación, así como el plan de investigaciones de campo adicionales a desarrollar en la etapa de diseño.

## **2.9. DISEÑO ESTRUCTURAL.**

Las estructuras que componen el sistema deberán ser diseñadas para soportar las cargas a las que estarán sometidas, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-010, Ley 400 de 1997 y Decretos números 33 de 1998, 926 de 2010, 2525 de 2010, 92 de 2011 y 340 de 2012 o aquellas que las modifiquen, adicionen o sustituyan.

### **Referencias Normativas**

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE.

- Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary. Detroit:ACI. (ACI 350/350R).
- Seismic design of liquid-containing concrete structures and commentary. Detroit: ACI. (ACI 350.3/350.3R)

## ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA.

- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. Bogotá: AIS, 1995. (CCDSP-95)
- Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS, 1998. (NSR-10)

## EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI – EMCALI EICE ESP

- Aspectos técnicos para diseño y construcción de subdrenajes. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-004)
- Concretos y morteros. EMCALI EICE ESP (NCO-PM-AA-004)
- Criterios generales para diseño de tanques. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AL-002)
- Juntas y sellos para juntas en estructuras de concreto. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-AA-040)
- Requerimientos para diseño y construcción de obras de protección de taludes. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-002)
- Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-001)

## Requisitos

### Tipos de Estructuras

1. Canales
2. Cunetas y canaletas
3. Box-Culverts fundidos en sitio
4. Estructuras para viaductos
5. Muros
6. Gaviones
7. Diques

## Requisitos para el diseño de estructuras hidráulicas

Para el diseño de las estructuras hidráulicas se deben aplicar las siguientes normas:

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, Ley 400 de 1997 y sus Decretos 33 de 1998, 34 de 1999 y 2809 de 2000, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14), el "CCP-14 Norma colombiana de diseño sísmico de puentes" y la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO.

## Materiales

### Concreto

La calidad del concreto para las estructuras hidráulicas debe cumplir con los requisitos del Capítulo C.5 de la NSR-10.

La resistencia de diseño a la compresión mínima para el concreto de estructuras hidráulicas debe ser de  $f'_c = 28$  MPa (4000 psi) y la relación agua cemento deberá ser máxima de 0.45. Cuando el concreto este expuesto a sulfatos la resistencia mínima debe ser  $f'_c = 32$  MPa (4500 psi) con relación de agua cemento máxima de 0.42 (ver C.23-C.4.5 "Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10" y tabla 4.3.1 "ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary") osu correspondiente actualización. No se deben emplear aditivos de cloruro de calcio en concreto expuestos a sulfatos"

### Acero de refuerzo

El acero de refuerzo debe cumplir con el capítulo C.3.5 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

### Espesor mínimo de muros y losas

La definición del espesor mínimo esta controlado por los recubrimientos mínimos requeridos para el refuerzo y por las consideraciones de resistencia e impermeabilidad. No deben emplearse espesores menores a 200 mm; y los muros con

alturas libres mayores de 3.0 m deben tener un espesor mínimo de 300 mm. Ver C.23 - C.14.6 Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

### **Refuerzo Mínimo**

#### **Refuerzo mínimo de elementos sometidos a flexión y por retracción y temperatura**

El refuerzo mínimo a flexión será el definido en la sección C.23 – C.7.12 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 y 10.5 del "ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary", excepto para las estructuras hidráulicas sujetas a régimen de cargas vehicular, para las cuales el refuerzo mínimo a flexión será el determinado de acuerdo al "CCP-14 Norma colombiana de diseño sísmico de puentes" y la sección 8.17.1 de la AASHTO.

Los detalles de refuerzo, su desarrollo y empalme de refuerzo deben estar de acuerdo con los capítulos C7 y C12 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10, excepto para estructuras sometidas a régimen vehicular, las cuales se regirán por el "CCP-14 Norma colombiana de diseño sísmico de puentes".

### **Recubrimientos**

Los recubrimientos mínimos de diseño están definidos en el numeral C.23 – C.7.7 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10. y 7.7.1 del "ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary" o su correspondiente actualización, en el caso en que los elementos sean prefabricados en una planta de prefabricados certificada bajo esquema ISO 9000, los recubrimientos mínimos serán los especificados en el numeral 7.7.2 del "ACI 350/350R", para cualquier otro caso rige el numeral 7.7.1 del "ACI 350/350R"., además de A.1.4.2 – Sistemas prefabricados, C.7.7.2 "Elementos Prefabricados construidos en Planta", capítulo C.16 – "Concreto Prefabricado".

### **Juntas**

Para todo lo relacionado con las juntas en estructuras de concreto, debe consultarse C.20.1.4 "IMPERMEABILIDAD" y C.23 – C.4.10 – "JUNTAS" de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

### **Condiciones de Cargas**

Las cargas de diseño, deben ser establecidas por el diseñador estructural y se recomienda tener en cuenta mínimas las indicadas a continuación:

#### **Cargas muertas**

Las cargas muertas se deben evaluar de acuerdo con el capítulo B.3 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10

#### **Cargas vivas**

Deben tenerse en cuenta otras cargas vivas especificadas por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 según el uso de la estructura.

- Para las tapas y placas de los sumideros localizados en andén se deberá utilizar una carga viva de 1000 kg/m<sup>2</sup>.
- Para tapas localizadas en andén se deberá utilizar una carga viva de 1000 kg/m<sup>2</sup> cuando las tapas cuenten con un área menor de 1 m<sup>2</sup> se tomará una carga mínima de 1000 kg por elemento.
- Para estructuras sometidas a régimen de carga vehicular se deben utilizar las cargas especificadas en el "CCP-14 Norma colombiana de diseño sísmico de puentes";
- La distribución de cargas vehiculares debe realizarse de acuerdo con los criterios de las normas AASHTO y/o "CCP-14 Norma colombiana de diseño sísmico de puentes". Para Box Culverts, la aplicación y distribución de las cargas vivas se deben realizar según CCP-14 Norma colombiana de diseño sísmico de puentes
- Para las estructuras cercanas a las vías se debe tomar una sobrecarga por carga viva equivalente a una altura de relleno de 0.70 m.
- Para las cargas de las cámaras de inspección utilizadas en zonas verdes, la carga viva debe ser de 500 kg/m<sup>2</sup>.

#### **Factor de impacto**

Para cargas vehiculares, se deberán considerar los factores de impacto definidos por el "CCP-14 Norma colombiana de diseño sísmico de puentes" y/o la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO.

#### **Empuje de tierras**

Los parámetros para el cálculo de los empujes de tierra deben ser evaluados por el ingeniero geotecnista y deben presentarse en el estudio geotécnico de acuerdo con los requerimientos de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10 – Título H – “Estudios Geotécnicos”, y el anexo técnico en su capítulo Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos”.

### **Sismo**

Se debe realizar la evaluación de las cargas sísmicas en estructuras hidráulicas, para lo cual se pueden considerar las recomendaciones contenidas en el reporte "ACI 350.3/350.3R Seismic design of liquidcontaining concrete structures and commentary", u otros métodos de reconocida aceptación técnica.

Cuando sea del caso se debe verificar sismo para empuje de tierras por el método de análisis numérico con software especializados con sapetabs - safe.

### **Estabilidad Externa**

Para las estructuras hidráulicas se debe efectuar el análisis de estabilidad externa, que incluye cálculos de:

- Factor de seguridad al volcamiento, debe ser mayor de 1.5, según ACI sección 19.5
- Factor de seguridad al deslizamiento, es de 1.5 según ACI sección 19.5
- Revisión de que no se sobrepase la capacidad portante del terreno
- Flotación

Los factores de seguridad al deslizamiento y al volcamiento se evaluarán para los sistemas estructurales a los cuales sea aplicable su revisión.

Se debe tener en cuenta la posible flotación de las estructuras ya sea causada por el nivel freático o por fugas de agua de las estructuras mismas, para lo cual se considera la estructura vacía y todas las posibles cargas muertas que puedan contrarrestar el fenómeno. Se debe trabajar con factor de seguridad de 1.25 en el caso que se puedan proveer sistemas que permitan limitar la elevación y de 1.50 en caso contrario, o según lo contemple el diseñador a criterio fundamentado en hipótesis de diseño y lo dictado por la NSR 10 y/o CCP-14

En la verificación de la capacidad portante, se deben considerar todas las cargas actuantes vivas, muertas y sismo.

Se deben tener en cuenta los efectos que puedan producir posibles flujos de agua. Revisión de estabilidad por efectos de carga de viento.

### **Diseño Estructural**

#### **Productos a entregar**

#### **Memoria de cálculos**

El diseñador debe presentar la memoria de cálculo, la cual debe ser consistente con los requisitos del diseño estructural ("ACI 350/350R Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary"), las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-10, "CCDSP-95 Código colombiano de diseño sísmico de puentes", y demás normas citadas conjuntamente con el proyecto hidráulico y/o sanitario.

Debe incluir información de todos los análisis realizados, si utiliza programas de computador se debe incluir el nombre específico de él y la versión; acompañado de una descripción del programa, los datos de entrada y los resultados obtenidos.

En general la Memoria de Cálculos debe incluir:

- Descripción de la estructura
- Concepción estructural
- Procedimiento de análisis
- Criterios de diseño
- Bases del diseño, incluyendo los casos e hipótesis de cargas hechas durante este proceso.
- Normas utilizadas, con su año de expedición.

- Descripción de las cargas y procedimiento para evaluarlas (vivas, muertas, empujes de tierra, operación, etc.) y las zonas de la estructura donde se utilizaron.
  - Cargas sísmicas incluyendo su procedimiento de evaluación.
  - Cargas de viento incluyendo su procedimiento de evaluación.
  - Información acerca del estudio de suelos y los criterios de diseño de la cimentación, incluyendo capacidad portante del suelo y los parámetros geotécnicos empleados en la evaluación de cargas si hay lugar a ello.
  - Listado de los tipos de materiales estructurales, incluyendo sus calidades, cantidades utilizadas por elemento estructural según el diseño, y sus resistencias: concreto, acero de refuerzo, mampostería, acero estructural, madera, y las zonas de la estructura donde se utilizaron.
  - Nombre y matrícula del ingeniero que elaboró el diseño, nombre y matrícula del ingeniero que revisó el diseño y nombre, matrícula y firma del calculista responsable.
- Esquemas de localización de los elementos estructurales.
- Análisis y diseño para cargas verticales y laterales de los elementos estructurales, incluida la cimentación.
  - Descripción del proceso constructivo propuesto para el desarrollo de la obra.
  - Conclusiones y recomendaciones

### **Planos estructurales**

Los planos deben contener la localización de los elementos estructurales, sus dimensiones, refuerzo a una escala adecuada, y detalles suficientes para la correcta construcción. Así mismo, pueden hacer referencia a dimensiones indicadas en los planos hidráulicos y/o sanitarios cuando sea apropiado. Los alzados y cortes deben realizarse con escala, cantidad y alcance apropiados para indicar la interdependencia y conexiones entre los diferentes elementos. Debe tenerse especial cuidado en asegurarse que aquellos detalles incluidos y calificados como típicos sean aplicables a las condiciones del proyecto. En general los planos estructurales incluyen lo siguiente, pero pueden variar de acuerdo con la complejidad del proyecto y el tipo de material estructural utilizado.

- Planta general.
- Notas generales, incluidas las especificaciones de los materiales estructurales, los parámetros geotécnicos, los recubrimientos, las cargas vivas utilizadas.
- Planos de cimentación.
- Planos de las diferentes plantas estructurales.
- Planos para indicar la interdependencia y conexiones entre los elementos estructurales, incluidos los detalles tipo de las diferentes juntas utilizadas en la concepción del proyecto.
- Basados en las cantidades de material por elemento estructural obtenidas durante el proceso de diseño, elaborar un cuadro de las cantidades totales usadas durante la ejecución del proyecto discriminadas por elemento estructural, a fin de establecer un presupuesto de las estructuras del proyecto.
- Planos del refuerzo principal y secundario para los elementos estructurales (placas, muros, vigas, columnas, zapatas y pilotes). Se debe dibujar cada elemento estructural, con sus dimensiones, indicación de las armaduras (marca, diámetro y separación), utilizando una nomenclatura clara y sencilla; las distintas varillas de refuerzo deben ser despiezadas al lado de cada elemento con su respectiva marca, diámetro, separación, longitudes parciales y longitud total o de corte.
- Se deben presentar los cortes transversales, longitudinales, horizontales, parciales, etc., que sean necesarios y aclaratorios.
- Cada detalle estructural tales como huecos para paso de tuberías, accesos al tanque etc., debe dibujarse con sus dimensiones y armaduras propias.
- Cada tipo distinto de junta llevará su respectivo dibujo claro y detallado.
- Se debe realizar un esquema general del orden posible y recomendado de colocación de concreto y que contenga las indicaciones de los distintos tipos de juntas a que hubiere lugar.
- Además de las notas aclaratorias particulares, en cada plano se debe indicar una serie de notas generales indicativas de las especificaciones de materiales, recubrimiento, presiones, sobre el terreno, recomendaciones del estudio geotécnico, etc.
- Debe incluirse en los planos el cuadro de cantidades de obra de la estructura, el cual incluirá la cartilla de hierros, en la cual se debe indicar la marca, ubicación, forma, diámetro, longitud, cantidad y peso de cada uno de los distintos tipos de refuerzo, los volúmenes de concretos a utilizar, las longitudes de los diferentes tipos de juntas empleados y demás cantidades de materiales que hagan parte de la estructura.

## **2.10. DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

Los diseños deberán incluir todas las obras complementarias según la especialidad, necesarias para el funcionamiento de los sistemas (eléctricas, mecánicas, arquitectónicas, instrumentación y control, protección frente a riesgos por amenazas naturales y siconaturales identificadas, entre otras).

Deben tenerse en cuenta criterios de diseño orientados al uso de sistemas eléctricos apropiados, la instrumentación y el control, para lo cual también deberán tenerse en cuenta los criterios establecidos en los artículos 237 y 238 de la presente resolución.

En el caso que la disponibilidad y confiabilidad del suministro de energía es baja, se deben planificar acciones para:

- Tener fuentes de energía de respaldo eficientes y sostenibles, entre las cuales puede evaluar el uso de fuentes de energía solar, eólica, diésel o sistemas híbridos. La selección de la mejor alternativa debe considerar los costos de operación a lo largo de la vida útil del sistema de suministro.
- Evitar daño en equipos (como el uso de variadores de frecuencia, supresores de picos, entre otros).

## **2.11. GESTIÓN PREDIAL**

El contratista deberá complementar los estudios realizados en la etapa de factibilidad. Para las obras que para su ejecución requieran la utilización de predios cuya propiedad, posesión o tenencia no le corresponda a los beneficiarios del proyecto, se deberá preparar la relación de predios afectados que incluya como mínimo: el Localización Topográfica (abscisas), Dirección del Predio, Nombre y teléfono del Beneficiario, resumen de áreas libres y afectadas.

Lo anterior, con el fin de obtener por parte del Organismo Ejecutor y/o la Asociación de Usuarios, las autorizaciones respectivas, mediante la suscripción de documentos mediante los cuales se acredite la constitución de las servidumbres prediales necesarias para la ejecución del proyecto, por medio del contrato respectivo, elevado a escritura pública, y debidamente registrado ante la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos.

## **2.12. DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN.**

El diseño deberá precisar las especificaciones técnicas de cada uno de los elementos del proyecto, incluyendo los detalles de materiales, condiciones, cantidades y medidas que se apliquen al proyecto. Adicionalmente, el diseño deberá incluir los procedimientos constructivos recomendados para la construcción de las obras.

El contratista preparará el volumen de especificaciones técnicas de construcción, requerido para el control de calidad de la obra y medida y pago de la misma, siguiendo el formato establecido para tal fin, el cual deberá ser concertado previamente con la Interventoría que para tal efecto se designe.

Estas Especificaciones Técnicas contemplan la calidad técnica mínima de materiales y equipos generales a emplear, mano de obra y servicios necesarios para la construcción de las redes eléctricas de los camerinos

Para la elaboración de las especificaciones técnicas para la ejecución de la obra producto de estos estudios y diseños se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Estas deberán contemplar y establecer la calidad técnica mínima de materiales y equipos a emplear, además de la mano de obra y servicios necesarios para la construcción del proyecto.
- Estas deben establecer las características esenciales del producto que será adquirido.
- Debe evitarse establecer un exceso de especificaciones, establecer características innecesarias las cuales pueden resultar en especificaciones demasiado restrictivas susceptibles de impedir la libre competencia e incrementar el costo del producto.
- La especificación debe ser razonable y contener la precisión necesaria, de no ser así posiblemente resulta costosa y puede limitar la competencia.

- El texto de las especificaciones debe ser claro, utilizar lenguaje común, y sin el uso de términos susceptibles de varias interpretaciones.
- El uso de abreviaciones debe ser restringido a las que son de uso común y respecto a las cuales no es posible se presenten malentendidos.
- Para la ejecución de estas especificaciones se deberá regir por las versiones vigentes actualizadas de las siguientes normas:
  - 1. Norma de sismo resistencia (NSR 2010).
  - 2. Normas técnicas de construcción (NTC).
  - 3. Normas ICONTEC.

Se recomienda plasmar las especificaciones técnicas de acuerdo con el siguiente formato, para cada uno de los ítems del formulario de cantidades de obra:

<p><b>Descripción del ítem:</b></p> <p><i>(Tal cual se expresa en el formulario de cantidades de obra)</i></p>
<p><b>Generalidades:</b></p> <p><i>(Descripción del proceso constructivo, incluyendo tipo y calidad de materiales, herramientas y equipos a utilizar, calidades del personal a ejecutar las actividades, condiciones especiales de transporte al interior de la obra. Ubicación dentro de la obra, cuidados especiales que debe tener el constructor.)</i></p>
<p><b>Normatividad asociada:</b></p> <p><i>(Nombrar la normatividad de obligatorio cumplimiento que se debe cumplir en la ejecución de la actividad, tales como: NSR 2010, ICONTEC, NTC, etc..)</i></p>
<p><b>Unidad de medida y forma de pago:</b></p> <p><i>(Indicar la unidad de medida, la cual deberá coincidir con la planteada en el formulario de cantidades de obra y en los análisis de precios unitarios, además de la manera como se realizará dicha medida.</i></p>

### 2.13. DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE OBRAS.

El diseño deberá incluir el presupuesto de obra estimado de las obras a ejecutar, especificando las cantidades de obra y los respectivos análisis de precios unitarios. Adicionalmente, el diseño deberá incluir una propuesta de cronograma de ejecución de las mismas.

Igualmente preparará la lista de cantidades de obra, precios unitarios del proyecto, incluyendo el respectivo análisis de AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad) para la conformación del presupuesto de obra, de acuerdo con los ítems de pago establecidos dentro de las especificaciones técnicas, agrupados debidamente por componentes. Deberá adjuntarse el respectivo análisis del AIU, con los análisis de precio unitarios APUs de cada uno de los ítems

El Contratista elaborará el cronograma y flujo de fondos e inversiones de la ejecución del proyecto con el fin de determinar la secuencia óptima para adelantar su realización. Se hará un diagrama de barras que indique la duración de cada actividad, la interrelación entre cada una de ellas y en forma clara la ruta crítica del proyecto; preferiblemente en Project.

Así mismo deberá estimar el costo del servicio requerido de Interventoría del proyecto, que hará parte del plan financiero.

Se formulará el plan tentativo de ejecución del proyecto, que involucre las etapas de contratación y de ejecución de las obras de los diferentes componentes del proyecto, identificando la ruta crítica y definiendo la secuencia constructiva más adecuada para el esquema propuesto.

Para adelantar en forma satisfactoria la ejecución del proyecto, el recomendará y dimensionará los recursos técnicos y humanos que se estimen necesarios para el adecuado funcionamiento del esquema de organización requerido.

#### 2.13.1. Presupuesto de obra

Para la elaboración de los presupuestos de obra, se deberán tener en cuenta todas y cada una de las siguientes condiciones:

- Se debe presentar u formato organizado que contenga:
  - Numero de capitulo
  - Descripción del capitulo
  - Numero de ítem
  - Descripción del ítem
  - Unidad de medida
  - Cantidad
  - Valor unitario
  - Valor total (expresado en pesos colombianos, con máximo dos (2) cifras decimales) el cual es el producto de multiplicar los valores de las cantidades de obra y el valor unitario.
  - Costo directo
  - A.I.U
  - Costo total
  
- La descripción de los ítems, deberán ser claros, concisos, precisos, en cuanto a: materiales a utilizar, calidades de acabados de obra, herramientas y/o equipos especiales a utilizar, acarreo internos, y en general todas las actividades que se deben realizar para cumplir con la ejecución de la actividad, con este se realizaran los análisis de precios unitario, del cual se desprende el valor unitario para cada ítem.
  
- Se deberá plasmar la unidad de medida con la cual se pagará dicha actividad.
  
- El valor unitario se debe expresar en pesos colombianos, con máximo dos (2) cifras decimales, este valor será obtenido de los análisis de precios unitarios.
  
- Valor total se debe expresar en pesos colombianos, con máximo dos (2) cifras decimales, este será el producto de multiplicar los valores de las cantidades de obra y el valor unitario
  
- Costo directo, será la sumatoria de los valores totales de cada uno de los ítems.
  
- A.I.U., se refiere a los costos indirectos de la obra Administración, imprevistos y utilidades, expresado en porcentaje, con máximo dos (2) cifras decimales. Deben tenerse en cuenta en la elaboración del A.I.U los impuestos y tributos aplicables según el municipio de ejecución de proyecto y teniendo en cuenta
  
- Costo total, este valor será la suma de los costos directos e indirectos del proyecto.

#### 2.13.2. Elaboración de los análisis de precios unitarios:

Mediante Un modelo matemático se deberá llegar de forma clara con una trazabilidad al valor de cada uno de los ítems del formulario de cantidades de obra, para lo cual se deberá utilizar un formato, el cual permita desglosar por cada uno de sus componentes, equipo y herramienta, materiales de construcción, transporte externo e interno, mano de obra y demás parámetros requeridos para el cálculo del presupuesto.



Para efectos de calcular el AIU, administración, imprevistos y utilidades se deberá utilizar un formato que permite ingresar de manera organizada los diferentes costos indirectos del proyecto, incluyendo entre otros: Personal administrativo, movilización e instalaciones, gastos generales y gastos legales, jurídicos y tributarios, además se debe plasmar un porcentaje para los imprevistos y un porcentaje para las utilidades.

#### **2.14. OTROS ESTUDIOS Y DISEÑOS.**

El Contratista deberá realizar todos los Estudios y Diseños en detalle, suficientes y necesarios, desde todos los componentes técnicos descritos y otros que pueda requerir el Proyecto, y que permitan materializar y construir la alternativa seleccionada.