

**RESOLUCION NUMERO 000356**

( 10 de Marzo de 2005 )

**POR EL CUAL SE ADOPTA EL MANUAL DE NORMAS TECNICAS PARA EL CONTROL DE EROSION , PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS E HIDROLOGICOS Y PARA LA EJECUCION DE PROYECTOS DE DESARROLLO.**

**EL DIRECTOR GENERAL DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA, EN USO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES Y ESTATUTARIAS**

**CONSIDERANDO**

Que se hace necesario establecer los criterios, requerimientos y parámetros geotécnicos para los estudios y diseños técnicos relacionados con los proyectos de desarrollo públicos y privados en la totalidad del área de jurisdicción de la Corporación, con el objeto de evitar o mitigar las amenazas geotécnicas y en esa forma proteger la vida, la integridad, el bienestar de la comunidad y el ecosistema que conforma el medio ambiente.

Que para el cumplimiento de dicho cometido la Corporación ha estructurado un compendio de normas técnicas y procedimientos para el control de la erosión , para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos y la ejecución de proyectos de desarrollo en el área de influencia de la entidad.

**RESUELVE**

**ARTICULO PRIMERO:** Adoptar el Manual de Normas técnicas para el control de la erosión, para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos y la ejecución de proyectos de desarrollo, contenidos en el documento editado por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, en el año 2004, cuyo original reposa en la Secretaría General de la entidad, debidamente foliado y rubricado por el Jefe de la dependencia.

**ARTICULO SEGUNDO:** La presente resolución rige a partir de su publicación y deroga las normas que le sean contrarias, en especial las contenidas en la resolución 0327 de Marzo 20 de 1996.

**PUBLÍQUESE Y CUMPLASE**

**FREDY ANTONIO ANAYA MARTINEZ**  
**Director General.**

Proyección y Asesoría: MYRIAM ELIZABETH RIQUELME PASSOW.  
Revisión. CARLOS OCTAVIO GOMEZ BALLESTEROS



# **NORMAS GEOTECNICAS CDMB**

**NORMAS TECNICAS PARA EL CONTROL DE EROSION Y  
PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS GEOLOGICOS  
GEOTECNICOS E HIDROLOGICOS**

**2005**

## PRESENTACION

El presente documento incluye una serie de normas técnicas y procedimientos para la realización de estudios y diseños y la ejecución de proyectos de desarrollo en el área de influencia de la CDMB.

En los estudios realizados por la CDMB y otras Entidades se ha encontrado que algunas zonas del Area de influencia de la CDMB presentan características geológicas, geotécnicas y morfológicas, las cuales no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. Por lo tanto, cualquier edificación u obra de infraestructura que se localice en esta área, estaría en grave peligro de ser afectada severamente por procesos de inestabilidad del terreno.

La CDMB conociendo que en algunas zonas existen amenazas de origen geológico, geotécnico, hidrológico, o ambiental que representan un riesgo para la vida e integridad física de los habitantes, los bienes de la comunidad, del estado y de los particulares, y el ecosistema que conforma el medio ambiente; ha determinado que existen una serie de limitantes de orden técnico que afectan los proyectos de desarrollo, las cuales deben precisarse mediante la realización de estudios técnicos detallados. Adicionalmente, los ejecutores de los proyectos deben diseñar y construir obras de mitigación de las amenazas detectadas.

Este libro de normas técnicas incluye los estudios mínimos que se deben realizar para identificar las amenazas y mapear las áreas potencialmente afectadas por fenómenos tales como erosión, deslizamientos de tierra, inundación, los problemas relacionados con eventos de origen sísmico u otras amenazas de origen geológico o hidráulico. Igualmente se incluyen los criterios técnicos mínimos que se deben tener en cuenta en el diseño y construcción de proyectos de desarrollo.

Las presentes normas buscan unificar los criterios, requerimientos y parámetros geotécnicos para los estudios y diseños técnicos relacionados con los proyectos de desarrollo. El presente documento así mismo, complementa y reemplaza las “Normas técnicas para el control de la erosión” aprobadas por resolución 0327 del 20 de marzo de 1996.

Estas normas técnicas deben cumplirse en todos los proyectos de desarrollo, públicos o privados en la totalidad del Area de jurisdicción de la CDMB con el objeto de evitar o mitigar las amenazas geotécnicas y en esta forma proteger la vida, la integridad y el bienestar de la comunidad.

Las presentes normas pueden ser modificadas en etapas posteriores ya sea por nuevos estudios que actualicen el conocimiento o nuevas reglamentaciones. En estos casos la CDMB suministrará las nuevas Normas técnicas.

La aceptación por parte de la CDMB de los estudios o diseños no exonera a los Consultores, Diseñadores, Constructores y propietarios de los proyectos de las responsabilidades legales y técnicas que les compete.



## CONTENIDO GENERAL

| CAPITULO  | PAG.      |
|---|-----------|
| <b>I</b> <b>TERMINOLOGIA Y DEFINICIONES</b>   | <b>7</b>  |
| <b>II</b> <b>CRITERIOS TECNICOS GENERALES</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.1</b> <b>OBJETIVOS DE LAS NORMAS TECNICAS</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.1.1</b> <b>OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS TECNICOS</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.1.2</b> Casos en los cuales se deben presentar estudios  | <b>12</b> |
| <b>2.1.3</b> Area mínima a estudiar   | <b>13</b> |
| <b>2.2</b> <b>MAPAS DE ZONIFICACION Y AMENAZA GEOTECNICA</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.2.1</b> Mapas de zonificación geotécnica   | <b>13</b> |
| <b>2.2.2</b> Mapas de amenaza geotécnica  | <b>13</b> |
| <b>2.2.3</b> Precisiones cartográficas a los mapas de zonificación geotécnica.  | <b>13</b> |
| <b>2.3</b> <b>POTENCIAL DE RIESGO DE LOS PROYECTOS</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.3.1</b> Potencial de riesgo A  | <b>14</b> |
| <b>2.3.2</b> Potencial de riesgo B  | <b>14</b> |
| <b>2.3.3</b> Potencial de riesgo C  | <b>14</b> |
| <b>2.3.4.</b> Potencial de riesgo D   | <b>14</b> |
| <b>2.4</b> <b>NIVELES DE AMENAZA</b>  | <b>14</b> |
| <b>2.4.1</b> Nivel de amenaza baja  | <b>14</b> |
| <b>2.4.2</b> Nivel de amenaza media   | <b>15</b> |
| <b>2.4.3</b> Nivel de amenaza alta  | <b>15</b> |
| <b>2.5</b> <b>TAMAÑO DEL PROYECTO</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.5.1</b> Proyectos de tamaño grande   | <b>16</b> |
| <b>2.5.2</b> Proyectos de tamaño mediano  | <b>16</b> |
| <b>2.5.3</b> Proyectos de tamaño pequeño  | <b>16</b> |
| <b>2.6</b> <b>ESTUDIOS MINIMOS EXIGIDOS PARA PROYECTOS DE TAMAÑO GRANDE</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.7</b> <b>ESTUDIOS MINIMOS EXIGIDOS PARA PROYECTOS DE TAMAÑO MEDIANO</b>  | <b>17</b> |
| <b>2.8</b> <b>REQUISITOS PARA LOS PROYECTOS DE TAMAÑO PEQUEÑO</b>   | <b>17</b> |
| <b>III</b> <b>REQUISITOS MÍNIMOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ESTUDIOS Y MAPAS GEOLOGICOS GEOMORFOLOGICOS Y SISMOLOGICOS</b> | <b>18</b> |
| <b>3.1</b> <b>ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS GEOLOGICOS</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.1.1</b> Memoria técnica descriptiva de los estudios geológicos   | <b>18</b> |
| <b>3.1.2</b> Columnas estratigráficas típicas   | <b>20</b> |
| <b>3.1.3</b> Mapa geológico general   | <b>20</b> |
| <b>3.1.4</b> Planos geológicos detallados   | <b>21</b> |



|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1.5 | Perfiles geológicos   | 21 |
| 3.1.6 | Interpretación de la información geológica y conclusiones del estudio                     | 21 |
| 3.2   | ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS GEOMORFOLOGICOS                          | 22 |
| 3.2.1 | Mapa y perfiles de pendientes   | 23 |
| 3.2.2 | Mapa general de procesos geomorfológicos  | 23 |
| 3.2.3 | Planos y perfiles detallados de procesos geomorfológicos                                  | 24 |
| 3.3   | ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS SISMOLOGICOS                             | 24 |
| IV    | REQUISITOS MÍNIMOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ESTUDIOS GEOTECNICOS Y DE ESTABILIDAD DE LADERAS | 25 |
| 4.1   | ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS                                | 25 |
| 4.1.1 | Sondeos o perforaciones para ensayos geotécnicos  | 25 |
| 4.1.2 | Ensayos de laboratorio para estudios geotécnicos  | 26 |
| 4.1.3 | Cálculo de parámetros geotécnicos   | 27 |
| 4.1.4 | Caracterización de las amenazas geotécnicas   | 27 |
| 4.1.5 | Recomendaciones del estudio geotécnico  | 27 |
| 4.2   | ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE LADERAS                | 28 |
| 4.2.1 | Sondeos para estudios de estabilidad  | 28 |
| 4.2.2 | Ensayos de laboratorio para estudios de estabilidad de laderas                            | 28 |
| 4.2.3 | Análisis de estabilidad   | 29 |
| 4.2.4 | Estabilidad a eventos sísmicos  | 29 |
| 4.2.5 | Recomendaciones y diseño de las obras de estabilización                                   | 29 |
| V     | REQUISITOS MÍNIMOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS DE INUNDACION Y DE EROSION | 30 |
| 5.1   | ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS                             | 30 |
| 5.1.1 | Análisis del sistema de lluvias   | 30 |
| 5.1.2 | Hidrología e hidráulica de las corrientes   | 30 |
| 5.2   | ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE INUNDACION                            | 31 |
| 5.2.1 | Períodos de recurrencia   | 31 |
| 5.3   | ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE EROSION                               | 32 |
| 5.3.1 | Análisis de erosión por surcos y cárcavas   | 32 |
| 5.3.2 | Análisis de evolución lateral de los cauces histórica y a largo plazo                     | 33 |
| 5.3.3 | Análisis de la socavación y de la profundización del fondo del cauce a largo plazo        | 33 |
| VI    | NORMAS GENERALES PARA LA PRESENTACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS                               | 34 |
| 6.1   | GENERALIDADES   | 34 |
| 6.2   | REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PROFESIONALES  | 34 |
| 6.3   | DESCRIPCION DE LOS DOCUMENTOS QUE SE DEBEN PRESENTAR                                      | 34 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.3.1  | Carta de presentación y planos de localización  | 34 |
| 6.3.2  | Plano de limitaciones del lote  | 35 |
| 6.3.3  | Planos de amenaza   | 35 |
| 6.3.4  | Descripción del proyecto  | 35 |
| 6.3.5  | Estudios y mapas temáticos  | 35 |
| 6.3.6  | Planos de localización de obras de manejo mitigación control o estabilización                   | 36 |
| 6.3.7  | Planos de diseño de las obras permanentes de control de erosión                                 | 36 |
| 6.3.8  | Planos de diseño de las obras de control de erosión y sedimentación durante la construcción     | 36 |
| 6.3.9  | Planos de diseño de las obras de estabilización de taludes                                      | 36 |
| 6.3.10 | Planos de diseño de las obras de control de fondo de cauces                                     | 37 |
| 6.3.11 | Planos de diseño de las obras de control lateral de cauces                                      | 37 |
| 6.3.12 | Planos de diseño de las obras de manejo de inundaciones   | 37 |
| 6.3.13 | Memorias técnicas de los diseños  | 37 |
| 6.4    | ASPECTOS GENERALES DE LOS PLANOS  | 38 |
| 6.5    | NORMAS DE TOPOGRAFIA Y DIBUJO   | 38 |
| VII    | REQUISITOS GENERALES PARA EL MANEJO DE PROYECTOS DE DESARROLLO                                  | 39 |
| 7.1    | INTRODUCCION  | 39 |
| 7.2    | EDIFICACIONES SOBRE LADERA  | 39 |
| 7.3    | AISLAMIENTOS O ZONAS DE PROTECCION  | 39 |
| 7.4    | AISLAMIENTOS MÍNIMOS EN TALUDES   | 40 |
| 7.4.1  | Aislamientos en edificaciones localizadas arriba de la corona del talud o ladera                | 40 |
| 7.4.2  | Aislamientos en edificaciones localizadas abajo de la base o pie del talud                      | 40 |
| 7.4.3  | Aislamientos en corte junto a límites de propiedad  | 41 |
| 7.5    | AISLAMIENTOS MINIMOS EN CAUCES  | 41 |
| 7.5.1  | Aislamientos en cauces principales  | 41 |
| 7.5.2  | Aislamientos en cauces secundarios  | 41 |
| 7.5.3  | Aislamientos mínimos en los demás cauces  | 42 |
| 7.6    | RELLENOS SOBRE DEPRESIONES O CAÑADAS  | 42 |
| 7.7    | OBRAS MINIMAS DE PROTECCION DE EROSION DE LAS RIBERAS   | 43 |
| 7.7.1  | En los cauces principales   | 43 |
| 7.7.2  | En los cauces secundarios y demás cauces  | 43 |
| 7.8    | OBRAS MINIMAS DE CONTROL DE FONDO DE CAUCES   | 44 |
| 7.8.1  | Criterios generales para el diseño de obras de control de fondo de cauces                       | 44 |
| 7.8.2  | Construcción de canales cerrados o box coulverts  | 45 |
| 7.8.3  | Protecciones locales en los cauces  | 45 |
| 7.9    | OBRAS MINIMAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES   | 45 |
| 7.10   | OBRAS MINIMAS PARA EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTACION DURANTE LA CONSTRUCCION DE UN PROYECTO | 46 |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>7.11</b> | <b>REQUISITOS MÍNIMOS PARA EL MANEJO DE CORTES Y CONFORMACION DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO</b> | <b>47</b> |
| 7.11.1      | Conformación de taludes  | 47        |
| 7.11.2      | Pendientes y bermas mínimas  | 47        |
| 7.11.3      | Programa de manejo de suelos orgánicos y de vegetación existente                               | 47        |
| 7.11.4      | Programa de manejo de sedimentos   | 47        |
| 7.11.5      | Cobertura vegetal y revestimiento de taludes   | 47        |
| <b>7.12</b> | <b>REQUISITOS MINIMOS PARA LA EXCAVACION DE SOTANOS</b>  | <b>48</b> |
| <b>7.13</b> | <b>REQUISITOS MINIMOS PARA RELLENOS EN TIERRA</b>  | <b>48</b> |
| 7.13.1      | Descripción  | 48        |
| 7.13.2      | Requisitos generales   | 48        |
| <b>7.14</b> | <b>CONTROL DE AGUAS DE ESCORRENTIA</b>   | <b>49</b> |
| <b>7.15</b> | <b>CONTROL DE AGUAS SUBTERRANEAS</b>   | <b>49</b> |
| 7.15.1      | Criterios generales para el diseño de obras de control de aguas subterráneas                   | 50        |
| <b>7.16</b> | <b>OBRAS MINIMAS DE ESTABILIZACION DE TALUDES</b>  | <b>50</b> |
| <b>7.17</b> | <b>MUROS DE CONTENCION</b>   | <b>51</b> |
| <b>7.18</b> | <b>OBRAS MINIMAS PARA VIAS TERRESTRES</b>  | <b>51</b> |
| 7.18.1      | Descripción  | 51        |
| 7.18.2      | Criterios generales  | 52        |
| 7.18.3      | Trazado vial   | 52        |
| 7.18.4      | Criterios de manejo de zonas de corte en vías de terrestres                                    | 52        |
| 7.18.5      | Criterios de manejo de zonas de relleno en vías terrestres                                     | 52        |
| 7.18.6      | Manejo de vías terrestres en zonas cercanas a cauces   | 53        |
| 7.18.7      | Manejo de aguas de escorrentía   | 53        |
| 7.18.8      | Requisitos mínimos que deben cumplir los puentes   | 53        |
| <b>7.19</b> | <b>DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS</b>  | <b>53</b> |
| <b>7.20</b> | <b>MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS GEOTECNICAS</b>  | <b>54</b> |

## CAPITULO I

### TERMINOLOGIA Y DEFINICIONES

Este capítulo define y describe algunos términos usados en las presentes Normas técnicas.

**AGUAS SUBTERRANEAS:** Flujo de aguas por debajo la superficie de un terreno.

**AISLAMIENTO:** Franja mínima de terreno medida horizontalmente desde un punto crítico de control (pié o corona de talud, borde de cañada, línea de inundación, etc.) hasta el sitio donde se permite localizar los muros de cerramiento, o el paramento de las edificaciones más cercanas a los taludes o cauces.

**ALTURA DEL TALUD:** Distancia vertical entre el pié y la corona del talud.

**AMENAZA:** Fenómeno o evento que puede causar daño a personas o bienes materiales, es el agente (químico, físico, geológico, biológico, humano, etc.) o grupo de condiciones o eventos que tienen el potencial de causar daño.

**AMENAZAS NATURALES:** Aquellos eventos que tienen como origen la interacción de procesos naturales, la dinámica de la corteza terrestre que pueden causar daño a los seres humanos y sus bienes. En esta categoría se incluyen los sismos, volcanes, deslizamientos, inundaciones, avalanchas, etc.

**ARBOL:** Es una planta autosoportada cuyo tronco o troncos tienen un diámetro mayor de 5 centímetros, medido a una altura de 150 centímetros de la superficie del terreno.

**ÁREAS INALTERADAS:** Son áreas cubiertas con vegetación que han permanecido cubiertas con vegetación en el último año.

**BERMA:** Grada subhorizontal construida sobre la superficie de un talud.

**BOX COULVERT:** Conducto rectangular cerrado en concreto armado.

**CABEZA O ESCARPE DEL TALUD:** Sitio de cambio de pendiente en la parte superior del talud.

**CAUCE:** Area sobre la cual fluyen o han fluido corrientes de agua.

**CDMB:** Corporación Autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA:** Es la representación de las unidades de roca, depósitos o suelos en forma de columna, en donde además se da información estratigráfica como la composición de los materiales, su textura, estructuras, fábrica, color, espesor y demás propiedades de importancia en la definición de amenazas.

**COMPACTACION:** Es la densificación de un relleno por medios mecánicos.

**CONFORMACION DEL TERRENO:** Es cualquier operación por medio de la cual se modifica la forma o elevación de la superficie del terreno, bien sea mediante corte, relleno, limpieza o demolición. Incluye la alteración de la localización, forma o profundidad de drenajes o cuerpos de agua ocasionales o permanentes.

**CORTE:** Modificación de la forma de la superficie del terreno mediante proceso de excavación.

**COTA MAXIMA DE INUNDACION:** Se refiere al nivel máximo que pueden alcanzar las aguas de una corriente permanente ó no, para una creciente con un determinado período de retorno.



**CARCAVA:** Canal o excavación producida por erosión, con un área de sección superior a 1000 centímetros cuadrados.

**CRECIENTE BASICA:** La creciete básica se define como la creciete que solo tiene 1% de posibilidad de ocurrencia en un año, lo cual equivale a una creciete con periodo de retorno de 100 años.

**CRECIENTE MAXIMA:** La creciete máxima o supercreciete es la que tiene un 0.2 % de probabilidad de ocurrencia en un año, equivalente a una creciete con periodo de retorno de 500 años.

**CUNETAS:** Obras diseñadas para el control de aguas superficiales (captación y conducción) producidas principalmente por la escorrentía, las cuales se pueden localizar en la corona, puntos intermedios (bermas) y pie de los taludes, y en otras estructuras.

**DESLIZAMIENTO:** Movimiento de los materiales que conforman el talud, generalmente a lo largo de una superficie de falla.

**DIQUE:** Estructura en tierra debidamente compactada utilizada como barrera junto los cauces para impedir el flujo lateral de las corrientes de agua en el momento de la ocurrencia de inundaciones.

**DMI :** Distrito de Manejo Integrado.

**EMPRADIZACION:** Proceso de diseño e instalación de cobertura vegetal para el control de la erosión de taludes.

**ENSAYO DE LABORATORIO:** Prueba física realizada a muestras de suelo o roca para determinar alguna de sus propiedades.

**EROSION:** Es el deterioro progresivo de un terreno por el desprendimiento y arrastre del suelo, como resultado del movimiento del viento y el agua. Dependiendo del flujo de agua se puede presentar inicialmente erosión en surcos y en forma posterior erosión en cárcavas.

**ESPIGON:** Estructura diseñada para la protección de riberas con el objeto de desviar la corriente de agua de la margen protegida y controlar el arrastre de materiales de fondo, impidiendo la erosión de la ribera y facilitando la sedimentación de materiales.

**ESTRUCTURA PARA OCUPACION HUMANA:** Es una estructura destinada para soportar o cubrir áreas para uso o ocupación humana en períodos continuos superiores a una hora. Incluyen edificaciones para uso como vivienda, oficinas, fábricas, hospitales, establecimientos educativos, locales comerciales, etc.

**ESTRUCTURAS DE CONTROL DE CAUCE:** Obras diseñadas para la racionalización y regulación del flujo en cauces, mediante procesos básicos de disipación del exceso de energía que posee una corriente, impidiendo de tal forma la degradación del cauce.

**ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES O LADERAS:** Análisis de los factores que afectan la estabilidad de un talud o ladera y cálculo de los factores de seguridad, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

**ESTUDIO DE EROSION:** Análisis de los factores que afectan la erosión de un terreno y cuantificación de los efectos de los procesos erosivos, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

**ESTUDIO DE INUNDACION:** Análisis de las amenazas de inundación de un terreno, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

**ESTUDIO GEOLOGICO:** Análisis de la geología del terreno, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.



**ESTUDIO GEOMORFOLOGICO:** Análisis de los procesos geomorfológicos que afectan la estabilidad de un terreno, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

**ESTUDIO GEOTECNICO:** Es un estudio realizado por un Ingeniero Geotecnista, de acuerdo a las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistentes vigentes en la República de Colombia y de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

**ESTUDIO HIDROLOGICO:** Análisis de los factores hidráulicos que afectan un terreno realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

**ESTUDIO SISMOLOGICO:** Análisis del comportamiento de un terreno ante eventos sísmicos, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

**EVENTOS SISMICOS:** Movimientos ondulatorios de la corteza terrestre originados en causas naturales.

**FACTOR DE SEGURIDAD:** Relación entre las fuerzas que ayudan a la estabilidad del terreno y las que producen su inestabilidad.

**FALLA ACTIVA:** Es una falla que ha tenido desplazamientos en la superficie del terreno durante el Holoceno (aproximadamente los últimos 11.000 años) y por lo tanto, existe la amenaza de afectar las estructuras que se construyen sobre ella.

**FALLA GEOLÓGICA:** Fractura en el basamento rocoso en la cual se han producido desplazamientos a lado y lado de la fractura. La falla puede ser detectada directamente en campo o inferida mediante análisis de fotografías aéreas, ensayos geofísicos, etc.

**FILTROS O SUBDRENES:** Obras diseñadas para el control de agua subterráneas, mediante el abatimiento del nivel freático.

**INESTABILIDAD:** Proceso en el cual los materiales geológicos como el suelo o rocas representan baja capacidad de resistencia a esfuerzos externos e incluso a su propio peso, como consecuencia de saturación por agua, presión de poros u otros agentes que disminuyen su resistencia.

**INUNDACION:** Son todos los procesos en los cuales una corriente permanente ó no, se sale de su cauce normal, afectando los predios adyacentes, hasta un determinado nivel. La amenaza por este proceso la constituye un fenómeno mismo de la inundación producida por agua y/o material de arrastre, y/o la erosión producida por el socavamiento de los taludes laterales del cauce.

**MAPA:** Es la representación gráfica de un tema, realizada sobre un medio plano y a escala definidos de acuerdo a su temática. Un mapa geológico muestra la distribución en superficie de las diferentes unidades rocosas, depósitos o formaciones de un área. Un mapa geomorfológico muestra la distribución de geoformas del paisaje analizado y los procesos geomorfológicos existentes. Un mapa geotécnico muestra la distribución de unidades geotécnicas resultantes del análisis geológico, geomorfológico y de propiedades de los suelos y demás materiales geológicos identificados mediante símbolos y áreas de colores, las estructuras y los contactos entre las diferentes unidades diferenciadas.

**MAPA DE PENDIENTES:** Mapa de representación gráfica de las pendientes y cambios de pendiente de la superficie del terreno, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes normas técnicas.

**MAPA DE ZONIFICACION GEOTECNICA:** Mapa de las áreas que de acuerdo a los estudios técnicos realizados poseen determinadas limitaciones de origen geológico, geotécnico o hidrológico.

**MAPA DE AMENAZA GEOTECNICA:** Mapa que muestra el nivel y las áreas de afectación de una determinada amenaza geológica, geotécnica o hidrológica.



**NIVEL DE AMENAZA:** Magnitud relativa o gravedad de un fenómeno capaz de producir un riesgo. El nivel de amenaza debe definirse de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes normas técnicas.

**NORMA INVIAS:** Normas técnicas aprobadas por el Instituto nacional de Vías, del Ministerio del Transporte de la república de Colombia.

**OBRAS DE ESTABILIZACION DE LA AMENAZA:** Son aquellas obras que conducen a la eliminación total de la amenaza y el riesgo.

**OBRAS DE MITIGACION DE LA AMENAZA Y EL RIESGO:** Son aquellas obras que conducen a reducir la amenaza y el riesgo a niveles aceptables.

**POT :** Plan de Ordenamiento territorial del Municipio en el cual se encuentra localizado el terreno.

**PENDIENTE DEL TALUD:** Identifica el ángulo o nivel de conformación del talud natural o artificial con respecto a la horizontal; se puede medir en grados, ángulo, porcentaje o relación horizontal/vertical.

**PERFIL GEOLOGICO:** Representación gráfica de la estructura geológica de una sección del terreno.

**PERIODO DE RECURRENCIA O RETORNO:** Período en el cual un fenómeno se repite de acuerdo a un estudio estadístico de ocurrencia del fenómeno.

**PERMEABILIDAD:** Factor que mide la resistencia de los materiales al libre flujo del agua, y puede definir el régimen de aguas subterráneas, concentración de corrientes, etc.

**PIE DEL TALUD:** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior del talud. Un talud puede tener varios puntos de pie. Los criterios de las presentes normas deben cumplirse para todos y cada uno de los puntos de pie de talud identificados.

**PIEZOMETROS:** Equipos instalados para medir las fluctuaciones del nivel freático de un acuífero en una localidad determinada.

**PLANO:** Representación gráfica con escala y cotas precisas.

**POTENCIAL DE RIESGO:** Potencialidad relativa de la ocurrencia de muertes, daños a personas y pérdidas económicas, relacionada con el número y valoración de los elementos en riesgo.

**PRECISION CARTOGRAFICA:** Es el proceso cartográfico en el que previo estudio geológico y control de campo, se detalla en mapas a escalas 1:10000, 1:5000 y 1:2000 los contactos entre unidades geológicas, geomorfológicas y se define la distribución de las unidades geotécnicas identificadas en el mapa de zonificación geotécnica.

**PROYECTO DE DESARROLLO:** Cualquier obra que implique destinación, ocupación o uso permanente de un terreno. Incluye todo tipo de obras de carácter público o privado realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes normas técnicas.

**RELLENO:** Proceso de instalación y conformación de un depósito de terraplén de tierra, grava u otro material, el cual debe cumplir con ciertas condiciones mínimas de compactación.

**REMOCION EN MASA:** Son todos los procesos en los cuales ocurre movimiento ya sea lento o rápido, de masas de materiales geológicos como rocas y suelos en áreas inestables del terreno, que se convierten en agentes que pueden causar daño a los bienes, infraestructura y personas.

**RIESGO:** Es una medida de la probabilidad de pérdida de vidas humanas, daño a las personas y pérdidas económicas causados por un fenómeno natural o amenaza.



**ROCA:** Es un material natural sólido y macizo formado en el sitio, el cual requiere del uso de explosivos para su excavación.

**SEDIMENTACION:** Es la depositación de materiales de suelo transportados por las corrientes del agua o el viento.

**SOCAVACION:** Degradación y descenso del fondo del cauce por efecto de altas velocidades erosionantes, generalmente cuando se presentan avenidas y crecientes.

**SONDEO:** Excavación profunda de forma circular realizada con equipos mecánicos, con el objeto de recuperar muestras de suelo y/o roca o conocer las propiedades de estos materiales.

**SUPERFICIE DE FALLA DE UN TALUD:** Zona dentro del talud que delimita la superficie probable de rotura o deslizamiento.

**SURCOS:** Canales en la superficie del terreno producidos por la erosión. La profundidad de los surcos es de menos de 30 centímetros. Los canales de profundidades mayores se les denominan como cárcavas.

**TALUD:** Es una superficie inclinada del terreno. Las pendientes con ángulo superior a 30° con la horizontal y de altura total acumulada superior a tres metros se consideran como talud.

**TRAZA DE FALLA:** Es la línea formada por la intersección de una falla y la superficie de la tierra y es la representación de la falla en el mapa geológico.

**ZONA GEOTECNICA:** Clasificación geotécnica de un terreno de acuerdo al mapa geotécnico adoptado por la CDMB.

**ZONAS DE FALLA:** Son las área de terreno localizadas a menos de 15 metros de las trazas de falla o áreas a distancias mayores, las cuales podrían ser afectadas por desplazamientos del terreno en el caso eventual del movimiento de la falla.

## CAPITULO II

### CRITERIOS TECNICOS GENERALES

#### 2.1 OBJETIVOS DE LAS NORMAS TECNICAS

Los objetivos generales de las presentes normas técnicas son los siguientes:

- Establecer los lineamientos y parámetros técnicos para la realización de estudios geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, de estabilidad de laderas, de suelos, sísmológicos, hidrológicos, de erosión y de inundación que se requieren para identificar las amenazas naturales a las que pueden estar sometidos los proyectos de desarrollo dentro del área de jurisdicción de la CDMB.
- Definir los estudios técnicos mínimos que se requiere realizar para determinar los niveles de amenaza geológica, geotécnica e hidrológica de los proyectos de desarrollo y las obras de estabilización y mitigación requeridas.
- Establecer los criterios, requerimientos y parámetros que se deben adoptar para el diseño de obras de manejo, mitigación, control o estabilización de la amenaza identificada y en esta forma proteger la vida, la integridad y el bienestar de la comunidad.
- Definir las normas para la presentación de planos e informes de los anteriores estudios y diseños técnicos relacionados, así como los criterios técnicos mínimos que se deben tener en cuenta para la construcción de proyectos.
- Establecer los requisitos mínimos que se deben cumplir para el manejo técnico de proyectos de desarrollo en el área de jurisdicción de la CDMB.

#### 2.1.1 OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS TECNICOS

Las presentes Normas reglamentan la realización de los estudios que se requiere realizar, previamente a la ejecución de todo proyecto de desarrollo, dentro del área de jurisdicción de la CDMB, con el objeto de definir las limitaciones de carácter geológico, geotécnico o hidrológico que deben aplicarse y determinar las obras de protección, control y estabilización que se requieren con el fin de prevenir amenazas que puedan exponer a riesgo a los futuros usuarios o residentes de los proyectos.

Los objetivos de los estudios requeridos en las presentes normas son los siguientes:

- Complementar los estudios de suelos o geotécnicos obligatorios para la ejecución de proyectos, según la Ley 400 de 1998 y el decreto 33 de 1998.
- Analizar las amenazas de origen geológico, geotécnico o hidrológico a las que están o pueden estar expuestos los proyectos a ejecutar.
- Analizar las amenazas que se puedan generar en su área de influencia a causa de los proyectos durante y después de su construcción.
- Evaluar el riesgo físico al que estarían sometidos los proyectos y el riesgo generado por ellos mismos en su área de influencia directa e indirecta.
- Dar recomendaciones de acciones para la mitigación de los riesgos identificados, para analizar la estabilidad y funcionalidad de las obras.

#### 2.1.2 Casos en los cuales se deben presentar estudios

Se debe presentar estudios de las amenazas y riesgos que se pueden generar por fenómenos de origen geológico, geomorfológico, geotécnico hidrológico o ambiental, a escala detallada, para todos los proyectos de desarrollo ubicados en zonas donde de acuerdo a los estudios realizados por la CDMB u otras entidades existen limitaciones de orden geotécnico o hidrológico o donde debido a las pendientes y/o otras características del terreno o el proyecto, exista alguna duda sobre la posibilidad de amenazas geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, hidrológicas o ambientales, de acuerdo al criterio de la CDMB.



En las zonas sin limitaciones geotécnicas conocidas previamente, se deben realizar estudios geotécnicos, los cuales deberán ratificar dicha condición en todas las etapas del desarrollo de la obra, y se deben realizar los estudios adicionales que se requieran para garantizar la estabilidad de las obras que se realicen.

Para las estructuras existentes en las zonas desarrolladas, donde los mapas de zonificación geotécnica indiquen que existen limitaciones de origen geológico, hidrológico o ambiental se deben realizar estudios para determinar los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo previamente a la ejecución de proyectos de modificación ampliación adecuación o mejoramiento.

Todos los estudios deben incluir un plan de mitigación de amenazas con las medidas de protección y control para el proyecto y el área de influencia del mismo.

### **2.1.3 Area mínima a estudiar**

Todos los estudios deben realizarse cubriendo no solo el área del predio en estudio, sino toda el área de la geoforma que corresponda al contexto de la evaluación de la amenaza y el riesgo potencial, de acuerdo al criterio de la CDMB.

La localización de esta área se debe definir de acuerdo a la posición relativa del lote respecto a la geoforma principal, a las características del proyecto y de las amenazas potenciales identificadas. Los Estudios geológicos y geomorfológicos deben incluir un área siempre superior a 10 veces el área del proyecto y en ningún caso inferior a un kilómetro cuadrado. Los estudios geotécnicos y de estabilidad de laderas, en todos los casos deben realizarse cubriendo un área superior a cuatro veces el área del lote del proyecto.

Para proyectos de desarrollo progresivo el área base es el área total del proyecto, incluyendo todas las etapas.

En todos los casos, los estudios deben incluir toda el área de la geoforma afectada por cada una de las amenazas analizadas, de acuerdo a los criterios de la CDMB.

## **2.2 MAPAS DE ZONIFICACION Y DE AMENAZA GEOTECNICA**

### **2.2.1 Mapas de zonificación geotécnica**

La CDMB ha elaborado y/o podrá elaborar mapas de zonificación geotécnica de las áreas donde de acuerdo a su criterio existen limitaciones de carácter geológico, geotécnico o hidrológico que deben aplicarse a los proyectos de desarrollo. Estos mapas muestran las zonas donde, de acuerdo al conocimiento de la CDMB, se presentan características geológicas, geotécnicas y morfológicas, las cuales no permiten garantizar la estabilidad de los proyectos de desarrollo.

### **2.2.2 Mapas de amenaza geotécnica**

La CDMB podrá elaborar mapas de amenaza geotécnica definiendo las áreas donde los niveles de amenaza geológica, geotécnica o hidrológica afectan la estabilidad de las construcciones o pongan en riesgo la vida o integridad física de las personas.

### **2.2.3 Precisiones cartográficas a los mapas de zonificación geotécnica**

Los mapas de zonificación y de amenaza geotécnica una vez sean adoptados por la CDMB, deben ser incorporados a los Planes de Ordenamiento Territorial de los Municipios.

Las administraciones municipales podrán realizar precisiones cartográficas a los mapas de zonificación geotécnica, cuando de acuerdo al concepto técnico ambiental de la CDMB, exista información técnica nueva a nivel de detalle que permita realizar la respectiva precisión cartográfica.

Las precisiones cartográficas se aplican solamente para los mapas de zonificación geotécnica. Las precisiones cartográficas no se aplican a los mapas de amenaza geotécnica.

## **2.3 POTENCIAL DE RIESGO DE LOS PROYECTOS**

Los proyectos de desarrollo se clasifican de acuerdo a su potencial de elementos en riesgo en la siguiente forma:



### 2.3.1 Potencial de riesgo A

Proyectos de uso socialmente sensitivo, tales como escuelas e instituciones de educación, instituciones hospitalarias, estaciones de bomberos, tanques de almacenamiento de agua, represas, subestaciones eléctricas, plantas telefónicas y otros servicios públicos básicos para la comunidad.

Proyectos de Vivienda o que involucren vivienda con densidad superior a 12 unidades de vivienda por hectárea.

Proyectos cuyo uso involucre reunión masiva de personas. Incluye centros deportivos con graderías, centros comerciales, iglesias, auditorios, etc. Se incluyen las instalaciones industriales y centros de trabajo con presencia ocasional o permanente de más de 60 personas por hectárea.

Viaductos y proyectos de transporte masivo de personas.

### 2.3.2 Potencial de riesgo B

Proyectos de uso medianamente sensitivos o que no involucran reunión masiva de personas (presencia permanente de menos de 60 personas por hectárea). Proyectos de vivienda o que involucren vivienda con densidad inferior a doce unidades de vivienda por hectárea. Vías de transporte terrestre.

### 2.3.3 Potencial de riesgo C

Proyectos de uso socialmente no sensitivo o que no involucran presencia permanente de personas (presencia ocasional de menos de 60 personas por hectárea), tales como espacios deportivos sin graderías, parques de recreación pasiva, áreas peatonales de tránsito restringido de personas.

### 2.3.4 Potencial de riesgo D

Proyectos socialmente no sensitivos, los cuales no involucran la presencia de personas. Proyectos lineales de servicios públicos, tales como redes eléctricas, ductos de agua alcantarillado o gas, líneas telefónicas.

## 2.4 NIVELES DE AMENAZA

Desde el punto de vista de los niveles de amenaza se deben clasificar los terrenos en las siguientes tres categorías:

### 2.4.1 Nivel de Amenaza Baja:

Terrenos no afectados por amenaza geológica, geotécnica o hidrológica alguna:

A los deslizamientos

Son terrenos “geológicamente estables” donde las amenazas de movimientos naturales de masa son mínimas o no existen. Los factores de seguridad en los análisis de estabilidad de taludes deben ser superiores a 1.5 para condiciones estáticas y 1.2 para eventos sísmicos.

A la erosión

Son terrenos no afectados por amenazas de erosión en surcos, cárcavas, o erosión hidráulica por corrientes de agua. No existe el riesgo de que área alguna del proyecto sea socavada por efectos de avance de los procesos erosivos en un período de 500 años.

A la inundación o avenidas torrenciales.

Son terrenos no afectados por amenazas de inundación o avenidas torrenciales por corrientes de agua. No existe el riesgo de que área alguna del proyecto sea inundada en la creciente máxima (Período de retorno de 500 años).

A los Eventos sísmicos

Son terrenos no afectados por amplificaciones de la onda sísmica por encima de los valores típicos especificados. No existen amenazas de licuación del terreno para el sismo máximo esperado y no se encuentran localizados sobre fallas geológicas.

Todos los efectos sísmicos pueden ser controlados utilizando los criterios del Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes.



### 2.4.2 Nivel de Amenaza media:

Terrenos afectados por amenazas, las cuales se pueden estabilizar totalmente mediante la construcción de obras de ingeniería.

A los deslizamientos

Son terrenos clasificados geológicamente como “relativamente inestables”, en los cuales para adelantar la construcción de obras es necesario la ejecución previa de trabajos que preserven su estabilidad o se establecen condicionantes para el manejo del terreno, orientados a conservar o mejorar su estabilidad natural. Los factores de seguridad en el análisis de estabilidad de taludes se encuentran entre 1.25 y 1.5 para condiciones estáticas y mayores a 1.2 para eventos sísmicos.

A la erosión

Son terrenos afectados por amenazas medianas de erosión en surcos, cárcavas, o erosión hidráulica por corrientes de agua, y para adelantar la construcción de obras es necesario la ejecución previa de trabajos que preserven su estabilidad o se establecen condicionantes para el manejo del terreno orientados a conservar o mejorar su estabilidad natural. Las obras de control y manejo deben garantizar la estabilidad total y permanente de los terrenos a las amenazas de erosión.

Los estudios comprueban que no existe el riesgo de que área alguna del proyecto sea socavada por efectos de avance de los procesos erosivos en un período de 100 años.

A la inundación o avenidas torrenciales.

Son terrenos afectados por amenazas medianas de inundación o avenidas torrenciales por corrientes de agua y para adelantar la construcción de obras es necesaria la ejecución previa de trabajos de control de inundaciones o se establecen condicionantes para el manejo del terreno, orientados a conservar o mejorar su estabilidad natural. No existe el riesgo de que área alguna del proyecto sea inundada en la creciente básica (Período de retorno de 100 años), pero existe el riesgo de que áreas del proyecto sean afectadas por la creciente máxima (período de retorno de 500 años).

A los Eventos sísmicos

Son terrenos afectados por amplificaciones de la onda sísmica por encima de los valores típicos especificados, los cuales exigen de obras de manejo y refuerzo superiores a las especificadas en el Código Colombiano de construcción sismoresistente. No existen amenazas de licuación del terreno para el sismo máximo esperado y no se encuentran localizados sobre fallas geológicas.

En los terrenos con nivel de amenaza media no se permite la construcción de proyectos con potenciales de riesgo A o B, a menos que se construyan las obras requeridas para disminuir el nivel de amenaza hasta un nivel de amenaza baja.

### 2.4.3 Nivel de amenaza alta

Terrenos afectados por amenazas geológicas, geotécnicas o hidrológicas graves. Aunque las amenazas pueden ser mitigables no pueden ser estabilizadas totalmente.

A los deslizamientos

Pertenecen a esta clasificación terrenos clasificados como “inestables” en los cuales no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar a zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales a largo plazo. Los factores de seguridad en el análisis de estabilidad son menores de 1.25 para condiciones estáticas o menores de 1.2 para eventos sísmicos.

A la erosión

Son terrenos afectados por amenazas graves de erosión en surcos, cárcavas, o erosión hidráulica por corrientes de agua, en los cuales no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar a zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales a largo plazo. Existe el riesgo de que algunas áreas del proyecto sean socavadas por efectos de avance de los procesos erosivos en un período de 100 años.

A la inundación o avenidas torrenciales



Son terrenos afectados por amenazas graves de inundación o avenidas torrenciales por corrientes de agua en los cuales no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar a zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales. Existe el riesgo de que algunas áreas del proyecto sean inundadas en la creciente básica (Período de retorno de 100 años).

A los Eventos sísmicos

Son terrenos afectados por amplificaciones de la onda sísmica por encima de los valores típicos especificados, existen amenazas de licuación del terreno para el sismo máximo esperado o se encuentran localizados sobre fallas geológicas. En estos terrenos no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar a zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales.

En los terrenos con nivel de amenaza alta no se permite la construcción de estructuras con potenciales de riesgo A B o C.

## **2.5 TAMAÑO DEL PROYECTO**

Para la definición de la extensión de los estudios que se exige realizar los proyectos se clasifican de la siguiente forma:

### **2.5.1 Proyectos de tamaño grande**

Son aquellos proyectos con un área total de construcción igual o superior a 1000 metros cuadrados o que incluyen más de 4 unidades de vivienda.. El área medida incluye la suma de las áreas de todas las unidades que se construyan y de todos los niveles o pisos de la construcción.

### **2.5.2 Proyectos de tamaño mediano**

Son aquellos proyectos con un área total de construcción entre 300 y 1000 metros cuadrados y que incluyen 4 o menos unidades de vivienda. El área medida incluye la suma de las áreas de todas las unidades que se construyan y de todos los niveles o pisos de la construcción.

### **2.5.3 Proyectos de tamaño pequeño**

Son aquellos proyectos con un área total de construcción inferior a 300 metros cuadrados y con un área de lote inferior a 200 metros cuadrados.

## **2.6 ESTUDIOS MINIMOS EXIGIDOS PARA PROYECTOS DE TAMAÑO GRANDE**

Los estudios que deben realizarse para proyectos de tamaño grande serán los siguientes.

- Estudios y mapas geológicos
- Estudios y mapas geomorfológicos
- Estudios sismológicos
- Estudios de suelos (estudios geotécnicos)
- Estudios de estabilidad de laderas
- Estudios de erosión
- Estudios hidrológicos (Para lotes con limitaciones relacionadas con erosión, inundación o avenidas torrenciales).
- Estudios de inundación (Para lotes con limitaciones relacionadas con inundación o avenidas torrenciales).

Los estudios indicados deben realizarse para todos los proyectos de tamaño grande localizados en zonas con limitaciones geotécnicas de acuerdo a los planos de zonificación geotécnica elaborados por la CDMB, o a distancias inferiores a 100 metros de las zonas con limitaciones geotécnicas y para los proyectos cuyas características, potencial de riesgo, localización o tamaño lo requieran de acuerdo al criterio de la CDMB.



Todos los estudios deben estar debidamente soportados por investigaciones de campo y deben cumplir con la totalidad de los requisitos indicados en las presentes Normas.

En todos los casos se deben cumplir los aislamientos y requisitos para el diseño y construcción indicados en el capítulo VII de las presentes Normas.

## **2.7 ESTUDIOS MINIMOS EXIGIDOS PARA PROYECTOS DE TAMAÑO MEDIANO**

Para todos los proyectos de tamaño mediano que se encuentren en áreas con limitaciones, de acuerdo a los planos de zonificación geotécnica, o de acuerdo al criterio de la CDMB, se requiere la realización de los siguientes estudios:

- Estudio geotécnico de acuerdo a la Ley 400 de 1997 y decreto 33 de 1998 y sus modificaciones, y a las reglamentaciones de los códigos municipales, departamentales o del Área Metropolitana de Bucaramanga.
- Descripción de las características geológicas, geomorfológicas, de estabilidad de laderas, sísmicas, hidrológicas, de erosión, inundación y avenidas torrenciales que afectan el lote, incluyendo esquemas descriptivos de las mismas.
- Descripción, cuantificación y localización de las amenazas de origen geológico, geotécnico, sísmico o hidrológico que pudieren afectar al lote.
- Cálculo de los factores de seguridad a deslizamiento si el lote se encuentra a menos de 30 metros de la corona o escarpe de una ladera o talud.
- Análisis general de las cotas de inundación si el lote se encuentra en una zona con alguna amenaza de inundación o avenida torrencial.
- Determinación mediante sondeos de la profundidad y características de los rellenos si el lote se encuentra sobre rellenos de origen antrópico.

Todos los estudios deben estar debidamente soportados por investigaciones de campo y deben cumplir con la totalidad de los requisitos indicados en las presentes Normas.

En todos los casos se deben cumplir los aislamientos y requisitos para el diseño y construcción indicados en el capítulo VII de las presentes Normas.

## **2.8 REQUISITOS PARA LOS PROYECTOS DE TAMAÑO PEQUEÑO**

En el caso de proyectos de tamaño pequeño y ampliaciones o remodelaciones pequeñas, la CDMB, de acuerdo a su criterio, podrá eximir de la realización de algunos o la totalidad de los estudios indicados. En estos casos la CDMB podrá emitir conceptos técnico ambientales sobre los lotes utilizando la información secundaria existente y/o estudios realizados para otros proyectos.

En todos los casos se deben cumplir los aislamientos y requisitos para el diseño y construcción indicados en el capítulo VII de las presentes Normas.

## CAPITULO III

### REQUISITOS MINIMOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ESTUDIOS Y MAPAS GEOLOGICOS GEOMORFOLOGICOS Y SISMOLOGICOS

#### 3.1 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS GEOLOGICOS

Se debe analizar la geología del área estudiada contemplando toda la información posible de obtener, relacionada con:

- Estratigrafía: Descripción litológica, textura, composición, estructuras, origen, espesor, color, distribución y posición en la secuencia de las distintas unidades litológicas. Se deben considerar todos los tipos de materiales geológicos como roca fresca, roca meteorizada, suelo residual, depósitos sedimentarios y en general el regolito.
- Geología estructural: Fallas y zonas de falla (activas o inactivas, locales y regionales, si las hay), densidad de diaclasas, aptitud de estratos, diaclasas y foliaciones, cuando se trate de un macizo rocoso.
- Hidrogeología: Nacimientos de agua, áreas de recarga, áreas de descarga, niveles freáticos normales, colgados.

Teniendo en cuenta el nivel de detalle, las unidades estratigráficas se cartografiarán teniendo en cuenta primordialmente su unidad litológica y en segundo lugar su origen, sin embargo, dichas unidades se deben correlacionar con las formaciones estratigráficas formalmente reconocidas para el área para la cual se hace el estudio.

**Los estudios geológicos deben incluir como mínimo los siguientes documentos:**

- Una memoria técnica descriptiva
- Las Columnas estratigráficas típicas representativas de las diversas áreas del lote
- Un mapa geológico general a la escala mínima indicada en la tabla 1.
- Planos geológicos detallados de los contactos o elementos geológicos más importantes.
- Perfiles geológicos que muestren las unidades estratigráficas y estructuras geológicas identificadas.
- Interpretación de la información geológica y conclusiones del estudio.

Tabla 1. Escalas mínimas exigidas para los planos geológicos y geomorfológicos

| Area del lote  | Mapas generales | Planos detallados |
|--|-----------------|-------------------|
| Más de de 1000 hectáreas, o longitudes superiores a 2 kilómetros         | 1:10.000        | 1:2.000           |
| Entre 20 y 1000 hectáreas, o longitudes entre 500 metros y 2 kilómetros. | 1:5.000         | 1:1000            |
| Menos de 20 hectáreas, o longitudes menores de 500 metros.               | 1:2.000         | 1:500             |

Los mapas generales deben cubrir un área superior a cuatro veces el área del lote del proyecto.

#### 3.1.1 Memoria técnica descriptiva de los estudios geológicos

La memoria técnica descriptiva del estudio geológico y/o geomorfológico debe incluir mínimo la siguiente información:

##### A. Información general del proyecto a construir

- Tamaño y localización del proyecto.
- Zonificación actual de acuerdo al DMI, de acuerdo al mapa de zonificación geotécnica adoptado por la CDMB y uso de la tierra de acuerdo al POT.
- Un párrafo describiendo el tipo de proyecto y el uso de la tierra que de acuerdo al conocimiento del Geólogo, el propietario plantea darle al área.
- Clasificación del proyecto de acuerdo a los niveles potenciales de riesgo indicados en las presentes normas técnicas.



- Identificación del profesional que preparó el estudio, matrícula profesional, fecha de graduación, universidad y sus calificaciones para realizar el estudio.

**B. Resumen general del estudio**

- Objetivos y nivel de investigación.
- Listado y descripción de los estudios geológicos anteriores realizados en el lote o en el área estudiada, los cuales fueron revisados por el Geólogo para realizar el estudio. Se debe indicar el autor, entidad y fechas de cada informe.
- Listado de los profesionales, individuos y entidades que participaron en la ejecución del estudio.
- Si el nivel de investigación varía dentro del área estudiada, describir en el texto y señalar en los mapas las áreas de concentración o exclusión de la investigación.
- Descripción de las condiciones fisiográficas generales del área y su relación con las características topográficas.
- Descripción de la situación geológica general del área, indicando los problemas de la zona relacionados con la litología, la tectónica, la geomorfología o los suelos.
- Descripción de las condiciones generales de la superficie del terreno y de las aguas subterráneas.

**C. Técnicas utilizadas para la evaluación del sitio**

- Indicar el método, profundidad y extensión de los estudios geológicos subsuperficiales.
- Explicar los procedimientos utilizados para el mapeo geológico y las secciones transversales.
- Indicar los vuelos, fechas, escalas y tipos de fotografías aéreas o sensores remotos utilizados.
- Indicar las investigaciones geofísicas realizadas y su interpretación.
- Presentar la descripción y los datos de los perfiles obtenidos en las perforaciones de los sondeos.
- Descripción, ubicación e imágenes de las trincheras y apiques.
- Presentar los resultados de los ensayos de campo y laboratorio.
- Describir los programas de monitoreo realizado y/o programados.

**D. Descripción de todas y cada una de las unidades geológicas**

En la memoria técnica se debe presentar la descripción detallada de todas y cada de las unidades geológicas presentes en el área estudiada.

Se deben describir los siguientes elementos:

- Unidades de roca del basamento
  - a. Sedimentarias
  - b. Igneas
  - c. Metamórficas
- Depósitos superficiales
  - a. Fluviales
  - b. Coluviales
  - c. Glaciales
  - d. Eólicos
  - e. Residuales
  - f. Depósitos de deslizamientos
  - g. Rellenos antrópicos de suelo
  - h. Depósitos de basuras o residuos
- Detalles de procesos geomorfológicos
  - a. Deslizamientos de tierra
  - b. Flujos de tierra
  - c. Flujos de residuos
  - d. Flujos de lodos
  - e. Caídos de roca
  - f. Avalanchas
  - g. Escarpes de falla



- h. Reptación del suelo
- i. Escarpes de cárcavas de erosión
- j. Surcos de erosión
- k. Trayectorias de avalanchas
- l. Fenómenos de hundimiento
- m. Agrietamientos de la superficie del terreno
- n. Líneas de cambio de pendiente
- Detalles de la estructura geológica
  - a. Juntas
  - b. Fallas y su localización
  - c. Zonas de corte
  - d. Pliegues
  - e. Esquistocidad
  - f. Foliación
- Drenaje superficial
  - a. Ríos
  - b. Cañadas
  - c. Líneas de concentración superficial de aguas de escorrentía
  - d. Áreas de acumulación de agua superficial
  - e. Nacimientos de agua
- Agua subterránea
  - a. Acuíferos confinados
  - b. Acuíferos no confinados
  - c. Áreas de humedad o afloramientos de agua
  - d. Características de la infiltración
  - e. Profundidad de los niveles freáticos

### 3.1.2 Columnas estratigráficas típicas

Las columnas estratigráficas típicas deben levantarse y presentarse a escala 1:100, indicando en el mapa cada columna y sitio donde se levantó, e incluir como mínimo la siguiente información:

- Escala vertical debidamente cuantificada.
- Tipos de material geológico.
- Edad relativa y correlación con nombres aceptados de formaciones regionales.
- Distribución de los materiales con la profundidad.
- Espesor y extensión vertical de cada manto o espesor de material homogéneo.
- Características físicas, color, tamaño de los granos, naturaleza de la estratificación, foliación, esquistosidad, dureza, coherencia, diaclasamiento.
- Características especiales físicas o químicas, cementantes, calcáreos, síliceos, etc., concreciones, depósitos minerales.
- Distribución y extensión de las zonas de meteorización. Diferencias entre las zonas de materiales meteorizados y sanos.
- Detalles de la estructura, estratificación, buzamientos, etc.

### 3.1.3 Mapa geológico general

El mapa geológico general debe incluir como mínimo la siguiente información:

- Base topográfica con líneas de nivel a la escala requerida.
- Extensión y descripción específica de las formaciones superficiales, teniendo como referencia de terminología el Plano Geológico adoptado por la CDMB.
- Descripción y cuantificación de los detalles de la estructura geológica, utilizando terminología geológica internacionalmente aceptada. Todas las trazas de falla deben ser localizadas en el mapa.
- El mapa debe reflejar la distribución tridimensional de los materiales.



- Deben localizarse los sitios de apiques, trincheras y afloramientos investigados.
- Debe establecerse distinción clara entre los detalles (contactos entre unidades, fallas, pliegues, etc.) observados y los inferidos.
- Leyenda del contenido del mapa.
- Referencia de la institución que suministra la base cartográfica.
- Escala indicada, norte indicado.

#### **3.1.4 Planos geológicos detallados**

Los planos geológicos detallados deben incluir como mínimo la siguiente información:

- Base topográfica con líneas de nivel a la escala requerida.
- Cartografía de las unidades estratigráficas de materiales geológicos identificados.
- Descripción detallada de los materiales observados, el cual debe corresponder con la totalidad de los elementos descritos en la memoria (numeral 3.1.1).
- Detalle de la textura, composición, fábrica, grado de meteorización, estructuras y las características físicas de los materiales.
- Líneas precisas de los contactos geológicos comprobados mediante apiques, sondeos o trincheras.
- Leyenda del contenido del mapa.
- Referencia de la institución que suministra la base cartográfica.
- Escala indicada, norte indicado.
- Los planos geológicos detallados deben complementarse con fotografías a color de los afloramientos, trincheras y apiques.

#### **3.1.5 Perfiles geológicos**

Los perfiles geológicos deben incluir como mínimo la siguiente información:

- Extensión y localización horizontal y vertical de los materiales y los detalles estructurales.
- Extensión horizontal y vertical de los procesos de meteorización.
- Localización en el perfil de las fallas y contactos geológicos.
- Especificación de las pendientes del terreno.
- Perfil de los deslizamientos, cárcavas de erosión, etc.
- Localización de los niveles freáticos, acuíferos y corrientes de agua subterránea.
- Ubicación en el mapa geológico.

#### **3.1.6 Interpretación de la información geológica y conclusiones del estudio**

Se debe realizar una interpretación técnica de la información geológica, teniendo en cuenta las características del proyecto planteado, la magnitud de las amenazas y el potencial de riesgo.

#### **Aspectos de amenazas a tener en cuenta en la cartografía e Interpretación geológica**

- Amenazas geológicas / limitaciones geológicas.
- Áreas de deslizamientos de tierra activos.
- Áreas de deslizamientos potenciales.
- Áreas de avalancha y potencialmente susceptibles a ser afectadas por avalanchas.
- Áreas afectadas o potencialmente afectadas por procesos de reptación.
- Áreas afectadas o potencialmente afectadas por caídos de roca.
- Áreas afectadas o potencialmente afectadas por hundimientos.
- Áreas con rellenos susceptibles a acomodamiento o hundimiento.
- Áreas afectadas por cárcavas y surcos de erosión.
- Áreas potencialmente afectadas por cárcavas y surcos de erosión.
- Áreas de nacimiento de agua.
- Áreas con niveles freáticos poco profundos.



- Áreas susceptibles a ser inundadas.
- Áreas afectadas por fallas geológicas.
- Áreas con problemas relacionados con buzamientos altos de las estructuras de la roca.
- Áreas susceptibles a problemas de tipo sísmico.

#### **Interpretación de la Influencia de los factores geológicos sobre el uso del terreno propuesto**

- Compatibilidad general de las características del terreno con el uso propuesto.
- Problemas que se pueden presentar con los cortes propuestos para el proyecto.
- Problemas que se pueden presentar con los rellenos propuestos para el proyecto.
- Necesidades de investigaciones subsuperficiales o exploraciones adicionales requeridas de acuerdo al uso de la tierra propuesto.
- Recomendaciones especiales relacionadas con el uso de la tierra propuesto.

#### **Interpretación, descripción y cartografía de las amenazas de origen geológico**

Teniendo el conocimiento geológico y geomorfológico necesario se representarán en mapas a la misma escala de detalle las áreas de amenaza previamente definidas en la memoria técnica (Numeral 3.1.6).

- Delimitación y descripción de las zonas de amenaza alta no mitigable.
- Delimitación y descripción de las zonas de amenaza alta mitigable.
- Delimitación y descripción de las zonas de amenaza Media.
- Delimitación y descripción de las áreas que no exhiben amenazas geológicas de algún orden.

#### **Conclusiones**

- Compatibilidad del uso propuesto de la tierra con las amenazas y limitaciones geológicas.
- Limitaciones o amenazas de origen geológico que afectan el proyecto.
- Medidas necesarias de mitigación de las amenazas detectadas.
- Evaluación del riesgo de cada amenaza.
- Discusión de los aspectos críticos del proyecto con relación a las limitantes y amenazas geológicas.
- Especificar claramente las bases geológicas (científicas) de todas y cada una de las conclusiones.

#### **Recomendaciones**

- Procedimientos de mitigación, cambios de proyecto o diseños requeridos.
- Cada condición de amenaza requiere de recomendaciones.
- Enfocarse en la estabilidad a largo plazo y la seguridad del proyecto propuesto.

### **3.2 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS GEOMORFOLOGICOS**

Se debe realizar la zonificación geomorfológica del área de estudio considerando la génesis de las diferentes unidades geomorfológicas (geoformas) y su evolución dentro del área de interés.

En forma detallada serán analizados y cartografiados los procesos morfodinámicos, incluidos los fenómenos de remoción en masa.

Será efectuado un análisis multitemporal cuyo resultado permitirá evaluar la dinámica de dichos procesos. Este se realizará mínimo para dos fechas (actual y 30 ó 50 años atrás).

#### **Los estudios geomorfológicos deben incluir como mínimo los siguientes documentos:**

- Los documentos indicados para el estudio geológico.
- Un mapa general de pendientes del terreno general a la escala mínima indicada en la tabla 1.
- Un mapa general de procesos geomorfológicos o unidades geomorfológicas involucradas en estos procesos.
- Planos y perfiles detallados de procesos geomorfológicos.



- Un mapa de proyección probable del avance de los procesos geomorfológicos hacia el futuro.
- Planos detallados y perfiles de los diversos procesos.

NOTA: Los estudios geológicos y geomorfológicos pueden integrarse dentro de un mismo documento. Igualmente, los estudios de erosión y/o estabilidad de laderas pueden incluirse dentro del estudio geomorfológico.

En todos los casos debe cumplirse la totalidad de los requisitos exigidos para todos y cada uno de los estudios.

### 3.2.1 Mapa y perfiles de pendientes

El mapa y los perfiles de pendientes deben incluir como mínimo la siguiente información:

- Líneas de nivel a distancias no superiores a 2 metros.
- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales superiores al 100% (45°).
- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales de 57% a 100% (30° a 45°).
- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales entre 10 y 57 %.
- Extensión y localización de las áreas con pendientes generales menores al 10%.
- Localización de las líneas de cambios bruscos de pendiente.
- Diferencias de altura en los sitios de cambio.
- Localización de escarpes.
- Localización de sitios de cañada y de concentración de aguas de escorrentía.
- Para proyectos de desarrollo que involucren cortes y rellenos deben presentarse dos planos de pendientes, uno de acuerdo a la topografía original y otro de acuerdo al proyecto planteado.
- Perfiles topográficos espaciados cada 50 metros siguiendo la línea de mayor pendiente.
- Los perfiles deben indicar claramente las cotas o altitudes del terreno y las pendientes.
- Arriba y abajo de los sitios de cambio fuerte de pendiente deben indicarse los valores de las pendientes del terreno.
- En los perfiles deben describirse las características del suelo superficial y a profundidad, y localizarse los sitios de sondeo y sitios donde se levanta la columna estratigráfica.

### 3.2.2 Mapa general de procesos geomorfológicos

De acuerdo al área de estudio, la escala del mapa será la escala definida en la Tabla 1.

- En los proyectos donde exista información se deben incluir comparaciones con mapas derivados de fotografías aéreas multitemporales: mínimo uno con los procesos actuales y otro con los procesos hace 30 ó 50 años.
- Para proyectos de desarrollo que involucren cortes o rellenos se debe presentar un plano adicional, indicando la probable evolución de los procesos geomorfológicos hacia el futuro y el efecto del proyecto y las características geológicas y geomorfológicas.
- Para lotes junto al río de Oro y río Frío se debe presentar un plano de la evolución o movimiento de la localización del cauce y orillas del cauce del río, mínimo en los últimos 50 años. Se debe presentar toda la información histórica existente. Además, se debe realizar un análisis de la evolución del cauce del río y la línea probable de máxima inundación, de acuerdo a las evidencias geomorfológicas.

El mapa de procesos geomorfológicos debe incluir como mínimo la siguiente información:

- Localización de los escarpes o sitios de cambio brusco de pendiente.
- Localización de los cauces de cañadas ríos o corrientes de agua.
- Localización y extensión de las áreas cubiertas por depósitos coluviales.
- Localización y extensión de las áreas afectadas por deslizamientos activos e inactivos.
- Localización y extensión de las áreas afectadas por cárcavas de erosión.
- Localización y extensión de las áreas afectadas por surcos de erosión.
- Localización y extensión de las áreas de bad-lands.
- Localización de las áreas afectadas por procesos de erosión lateral en los bordes de ríos o corrientes de agua.
- Localización de las trazas de fallas geológicas activas e inactivas.

### 3.2.3 Planos y perfiles detallados de procesos geomorfológicos

Se debe realizar un plano detallado de los procesos geomorfológicos para cada uno de los sitios críticos, tales como: Sitios de deslizamientos activos, cárcavas activas de erosión. Curvas de erosión en cauces de ríos o sitios de erosión concentrada.

De acuerdo al área afectada por el proceso, la escala del mapa será la definida en la Tabla 1.

El plano detallado de procesos geomorfológicos debe incluir toda la información posible sobre la evolución del proceso, incluyendo plantas y perfiles detallados.

Los perfiles de los procesos geomorfológicos deben incluir perfiles topográficos a escala que incluyan la información geológica y geomorfológica obtenida.

En los lotes junto al Río de Oro y al Río Frío los perfiles deben incluir las dos orillas del río y un mínimo de 100 metros a lado y lado de las orillas.

Para proyectos de desarrollo que involucren cortes y rellenos se deben incluir perfiles antes y después de la conformación, incluyendo detalles de las obras de protección o estabilización planteadas.

### 3.3 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS SISMOLOGICOS

Se tomará como base los estudios de Zonificación Sismogeotécnica indicativa y/o estudios de sismicidad o microzonificación sísmica realizados en el área. De acuerdo con las características del lote y del proyecto y la información de estos estudios, se evaluará la necesidad de hacer estudios específicos de amplificación sísmica local por efecto de las características del suelo, la topografía o la tectónica. En todos los casos primará el criterio de la CDMB sobre la necesidad de estudios sismológicos adicionales.

De acuerdo con estos estudios se deben definir los parámetros de diseño para las obras del proyecto y para las obras de mitigación de amenazas.

Los estudios sismológicos deben incluir como mínimo la siguiente información:

- Estudio y Mapa geológico general.
- Descripción de la columna geológica desde la superficie hasta el basamento de roca sana, indicando las velocidades de onda de cortante en cada uno de los materiales de la columna. Todos y cada uno de los parámetros deben estar sustentados por investigaciones subsuperficiales.
- Descripción e interpretación de las perforaciones y los ensayos geofísicos. Se requiere un mínimo de un sondeo profundo con recuperación de muestras de mínimo 15 metros de profundidad por cada 3000 metros cuadrados de área del lote. Adicionalmente, se requieren sondeos geofísicos para determinar las propiedades de los materiales hasta el basamento rocoso sano. Para los proyectos con área total construida menor de 1000 metros cuadrados y área de lote menor de 500 metros cuadrados, los sondeos se pueden suspender cuando aparezca un suelo duro y competente.
- Localización y descripción de las fallas geológicas activas o inactivas en un área comprendida entre distancias de al menos un kilómetro alrededor del proyecto planteado. Se deben indicar todas y cada una de las trazas de falla. Se deben incluir descripciones y registros fotográficos de las trincheras realizadas para identificar todas y cada una de las trazas de falla.
- Localización y descripción de las características de las fallas activas que pueden generar sismos en un área de radio superior a 100 kilómetros alrededor del sitio.
- Estudio de la amplificación de las ondas sísmicas en el sitio del proyecto, utilizando programas de software internacionalmente aceptados.
- Estudio de la amplificación topográfica de la onda sísmica en el sitio del proyecto.
- Estudio de estabilidad de los taludes o laderas contiguas al proyecto, incluyendo el efecto de los sismos.
- Estudio de la probabilidad de licuación para el sismo máximo esperado.
- Estudio de las amenazas originadas en el comportamiento sísmico del suelo del sitio.



Algunos de los documentos indicados pueden incluirse como parte de otros estudios temáticos realizados de acuerdo a los criterios de las presentes Normas.

## CAPITULO IV

### REQUISITOS MÍNIMOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ESTUDIOS GEOTECNICOS Y DE ESTABILIDAD DE LADERAS

#### 4.1 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS

El estudio de suelos o estudio geotécnico corresponde a las investigaciones geotécnicas realizadas para el planeamiento y diseño de un proyecto de desarrollo, en el cual el ingeniero geotécnico debe consignar todo lo relativo a las condiciones mecánicas del suelo y las recomendaciones concretas para el diseño y construcción de todas las obras de subestructura.

Todos los estudios geotécnicos deben cumplir con las normas Colombianas de diseño y construcción sismorresistente. Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998. Adicionalmente, se deben cumplir las normas indicadas en las presentes normas técnicas.

**El estudio geotécnico debe incluir como mínimo los siguientes documentos:**

- Descripción del proyecto: Nombre, localización del proyecto y de los trabajos de campo, objetivo del estudio, descripción general del proyecto, sistema estructural, cargas; Levantamiento topográfico, urbanismo, tipo de edificación, niveles de excavación y sótanos, altura de terraplenes, sistemas estructurales, etapas constructivas, cargas, redes de servicios, etc.
- Marco geológico y geomorfológico: Descripción de la geología y geomorfología del terreno, origen geológico de la formación donde se localiza el proyecto, descripción de los diferentes estratos encontrados con su origen, descripción visual y estado mecánico en el que se encuentran y posiciones de niveles de aguas subterráneas.
- Sondeos: Localización descripción de sondeos apiques, trincheras, perforaciones de penetración estáticas o dinámicas u otros procedimientos exploratorios reconocidos por la práctica de la ingeniería, con el fin de ejecutar ensayos directos en el terreno y obtener muestras para ensayos de laboratorio. Debe presentarse la descripción de las columnas estratigráficas de los sondeos.
- Ensayos de laboratorio. Resultados e interpretación de los ensayos de laboratorio.
- Cálculo de los parámetros geotécnicos.
- Caracterización de las amenazas o limitaciones del lote relacionadas con aspectos geotécnicos.
- Recomendaciones para el diseño y construcción.

#### 4.1.1 Sondeos o perforaciones para ensayos geotécnicos

Todos los estudios geotécnicos y de estabilidad de laderas deben incluir la realización de sondeos exploratorios y por lo menos el 50 % de los sondeos debe incluir la recuperación de muestras.

Los sondeos pueden consistir en apiques manuales, trincheras, perforaciones a percusión y lavado, rotación, rotopercusión o cualquier otro sistema que permita la recuperación de muestras. Los sondeos con toma de muestras pueden complementarse con sondeos sin recuperación de muestras, tales como sondeos de cono.

En todos los casos se deben alcanzar las profundidades de exploración especificadas en el presente documento.

#### Número mínimo de sondeos para estudios geotécnicos o de suelos

- Mínimo 3 sondeos para un lote de extensión inferior o igual a 500 metros cuadrados.
- Mínimo 4 sondeos para un lote entre 500 y 5.000 metros cuadrados.
- Mínimo 5 sondeos para un lote entre 5000 y 10000 metros cuadrados.
- 2 sondeos adicionales mínimo por cada 10000 metros cuadrados adicionales por encima de los primeros 10000 metros cuadrados.



### Profundidades mínimas de los sondeos para estudios geotécnicos o de suelos

Por lo menos el 50% de los sondeos deberán alcanzar la máxima profundidad de las siguientes alternativas:

- A. Dos veces el ancho máximo de la cimentación. La profundidad se mide por debajo de la profundidad de desplante de los cimientos.
- B. En el caso de pilotes dos veces el ancho del cabezal de mayor dimensión de un grupo de pilotes. La profundidad se mide por debajo de la punta inferior de los pilotes más profundos.
- C. Para losas de cimentación la profundidad mínima de sondeos debe ser una vez el ancho de la losa. La profundidad se mide por debajo de la profundidad de desplante de la losa.
- D. En el caso de excavaciones, los sondeos deberán alcanzar una profundidad medida a partir de la superficie del terreno, mayor que 1.5 veces la profundidad de la excavación.

En los casos en que se encuentre la roca firme, aglomerados rocosos o capas de suelo asimilables a rocas a profundidades inferiores a las indicadas, los sondeos deberán penetrar en estos materiales un mínimo de 2.0 metros.

En todos los casos los sondeos deben profundizarse más de 2.0 metros por debajo de la profundidad de desplante de la cimentación, independientemente de que aparezcan o no mantos de roca o materiales muy duros.

### Información mínima que se debe incluir en los reportes de los sondeos

- Número del sondeo.
- Localización y en lo posible coordenadas del sitio del sondeo.
- Nombre del director de la cuadrilla de perforación.
- Fecha de inicio de la perforación.
- Fecha de terminación de la perforación.
- Método de perforación (percusión, lavado, rotación con aire, lodo o agua, etc.).
- Diámetro de la perforación.
- Profundidad de la perforación.
- Cota de la superficie del terreno en el sitio de la perforación.
- Marca, referencia y capacidad del equipo de perforación.
- Descripción detallada del perfil estratigráfico obtenido con base en las muestras obtenidas.
- Descripción de las muestras obtenidas: Las muestras obtenidas en los sondeos se deben describir en cuanto a color, litología, nivel de meteorización, textura, fábrica, tamaño de partículas, forma u angulosidad de las partículas, gradación, minerales presentes, estructura, materia orgánica y raíces, porosidad, consistencia o resistencia, humedad y expansividad.
- Número de referencia y profundidad de cada muestra.
- Resultados de los ensayos de campo realizados en el sondeo (golpes/pie, etc.).
- Porcentaje de muestra recuperada.
- Sistema de muestreo utilizado (tubo partido, tubo de pared delgada, etc.).
- RQD de las muestras de roca.

#### 4.1.2 Ensayos de laboratorio para estudios geotécnicos

El tipo y número de ensayos dependen de las características propias de los suelos a investigar, del proyecto y del criterio del ingeniero geotécnico. Como mínimo se deben realizar los siguientes ensayos:

- Ensayos de granulometría (Norma INVIAE I.N.V E-123): mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- Ensayos de determinación del límite líquido (Norma INVIAE I.N.V E-125): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- Ensayos de Límite plástico e índice de plasticidad (Norma INVIAE I.N.V. E-126): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- Clasificación completa de acuerdo al sistema unificado de clasificación (Norma INVIAE I.N.V E-102): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- Ensayos de humedad natural (Norma INVIAE I.N.V. E-122): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- Ensayos de compresión simple (Norma INVIAE I.N.V. E-152): Mínimo uno por cada 10.0 metros de sondeo.

- Ensayos de resistencia triaxial (Norma INVIAS I.N.V. E-153): o en su defecto ensayos de Corte directo (Norma INVIAS I.N.V. E-154): Mínimo uno por cada 2.0 metros de sondeo.
- Ensayos de consolidación (Norma INVIAS I.N.V. E-151): Mínimo uno en todos y cada uno de los mantos compresibles encontrados.

En todos los casos se deben realizar los ensayos que se requieran para caracterizar totalmente los materiales de suelo y/o roca.

### 4.1.3 Cálculo de parámetros geotécnicos

En el estudio geotécnico se deben determinar todos los parámetros geotécnicos que se requieren para el diseño de las estructuras.

Se debe incluir como mínimo los siguientes parámetros:

- Capacidad de soporte del terreno.
- Coeficiente de reacción del suelo.
- Cálculo de asentamientos de las cimentaciones proyectadas.
- Parámetros de resistencia al cortante de los materiales.
- Parámetros para el cálculo de las presiones de tierra.
- Permeabilidad de los materiales.
- Características de expansividad de los materiales.
- Características de erosionabilidad de los materiales.
- Espectros para diseño sismoresistente.
- Parámetros para el diseño de cimientos vibratorios, si los hay.
- Parámetros para el diseño de pavimentos, si los hay.
- Resumen de memorias de cálculo, así como planos, esquemas, dibujos, fotografías, etc. que se requieran para ilustrar adecuadamente las características geotécnicas del terreno.

### 4.1.4 Caracterización de las amenazas geotécnicas

Se debe hacer una relación de la calificación y cuantificación de todas y cada una de las amenazas geotécnicas presentes en el lote:

- Caracterización de todas y cada una de las amenazas geotécnicas presentes en el lote.
- Extensión, profundidad y naturaleza de los rellenos existentes en el lote.
- Extensión, profundidad y características de los cortes que se plantea realizar en el lote
- Extensión, espesor y características de los rellenos que se plantea realizar en el lote.
- Requerimientos de subdrenaje del subsuelo para controlar las aguas subterráneas.
- Profundidades, pendientes, sistemas de drenaje y revegetalización de los taludes del proyecto.
- Confiabilidad del suelo del sitio para la cimentación de las estructuras, para el soporte de los rellenos y para la estabilidad de los cortes.

### 4.1.5 Recomendaciones del estudio geotécnico

Se debe presentar las conclusiones del estudio y la recomendación de los aspectos geotécnicos que se deben tener en cuenta en el diseño y construcción de las estructuras.

- Recomendaciones para el diseño del proyecto: Orientadas a definir los parámetros para el cálculo de todas las estructuras del proyecto y en forma particular para el diseño de las obras de manejo control y estabilización de amenazas de origen geotécnico (cargas, presiones de contacto, empujes sobre las estructuras de contención, etc.). Deben incluir también la evaluación de la estabilidad de las excavaciones, laderas y rellenos y diseño geotécnico de subdrenes y obras requeridas para garantizar la estabilidad de los suelos.
- Recomendaciones para la construcción: Con las recomendaciones de diseño, procedimiento y etapas constructivas, verificación y controles durante la construcción. Incluyendo todas las recomendaciones sobre adecuación del terreno, etapas constructivas de movimientos de tierra, controles de compactación, manejo de botaderos al interior de



la obra, indicaciones para el diseño de obras de control de aguas superficiales y subterráneas y procedimientos constructivos especiales para garantizar la estabilidad de la obra y las propiedades vecinas.

## 4.2 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE LADERAS

El estudio de estabilidad de laderas se define como la evaluación de las condiciones naturales de origen geológico, morfológicas y de mecánica de suelos que permitan establecer la amenaza potencial de posibles movimientos de masa que afecten las obras en él proyectadas (riesgo interno). Esta evaluación se debe extender a los terrenos adyacentes en donde se puedan desarrollar procesos naturales, que tengan influencia y puedan afectar las áreas estudiadas o en los cuales las obras proyectadas puedan activar procesos de inestabilidad (riesgo externo).

Los estudios de estabilidad se pueden realizar a partir de interpretación de fotografías aéreas y reconocimientos geológicos de campo, complementados con sondeos exploratorios, ensayos de laboratorio y análisis de estabilidad.

**Los estudios de estabilidad deben incluir como mínimo los siguientes documentos:**

- Localización y área analizada, objetivo del estudio, resumen de la investigación adelantada, morfología del terreno.
- Origen geológico de la formación donde se ubica el terreno, descripción de las principales unidades geológicas y geotécnicas, estratos encontrados con su origen, descripción visual y estado en que se encuentran, posición del nivel freático.
- Localización del lote de acuerdo al estudio de zonificación Sismogeotécnica indicativa (EZSGI).
- Perforaciones o sondeos.
- Ensayos de laboratorio.
- Análisis de estabilidad estática.
- Análisis de estabilidad teniendo en cuenta eventos sísmicos.
- Recomendaciones y diseño de las obras para garantizar la estabilidad.

### 4.2.1 Sondeos para estudios de estabilidad

**Número mínimo de sondeos para estudios de estabilidad de laderas**

Mínimo tres sondeos para un área de análisis de extensión inferior o igual a 5000 metros cuadrados.  
Un sondeo adicional por cada 5000 metros cuadrados adicionales de área de análisis.

**Profundidades mínimas de los sondeos para estudios de estabilidad de laderas**

Por lo menos el 50% de los sondeos deberán alcanzar la profundidad de una y media veces la diferencia de altura entre el pie y la corona del talud o ladera analizado.

Para laderas de pendiente inferior al 100% ( $45^\circ$ ) y de altura total superior a 20 metros se pueden suspender los sondeos a profundidad de 15 metros, siempre y cuando el suelo o roca a esta profundidad sean de características geológicas y geotécnicas que garanticen la estabilidad de la ladera.

Para laderas de pendiente superior al 100% ( $45^\circ$ ) y de altura total superior a 20 metros se pueden suspender los sondeos a profundidad de 20 metros, siempre y cuando el suelo o roca a esta profundidad sean de características geológicas y geotécnicas que garanticen la estabilidad de la ladera.

En todos los proyectos en los cuales el área total del lote sea superior a 500 metros cuadrados o cuando el área total de construcción sea superior a 1000 metros cuadrados, se deben profundizar los sondeos a las profundidades indicadas, independientemente de que aparezcan mantos de roca o materiales muy duros.

En los lotes con área inferior a 500 metros cuadrados y con área total de construcción inferior a 1000 metros cuadrados, los sondeos se pueden suspender cuando aparezcan mantos de roca o materiales muy duros, los cuales garanticen la estabilidad del proyecto de acuerdo al criterio del Ingeniero Geotecnista.

### 4.2.2 Ensayos de laboratorio para estudios de estabilidad de laderas

El tipo y número de ensayos dependen de las características propias de los suelos a investigar, de las características de las amenazas analizadas y del criterio del ingeniero geotécnico.

Como mínimo se deben realizar los siguientes ensayos:



- Ensayos de clasificación completa de acuerdo al sistema unificado de clasificación, mínimo uno por cada 5 metros de sondeo.
- Ensayos de humedad natural (Norma INVIAS I.N.V. E-122): mínimo uno por cada 5 metros de sondeo.
- Ensayos de compresión simple (Norma INVIAS I.N.V. E-152): mínimo uno por cada 10 metros de sondeo.
- Ensayos de resistencia triaxial (Norma INVIAS I.N.V. E-153): o en su defecto ensayos de corte directo (Norma INVIAS I.N.V. E-154): Mínimo dos por cada perfil analizado y mínimo uno por cada 10 metros de sondeo.

En todos los casos se deben realizar los ensayos que se requiera para caracterizar totalmente los materiales de suelo y/o roca.

#### **4.2.3 Análisis de estabilidad**

El análisis de estabilidad consiste en el cálculo de los factores de seguridad de las laderas o taludes utilizando sistemas Internacionalmente aceptados de análisis, mediante el empleo de un programa de Software.

Se deben analizar como mínimo 100 superficies de falla, incluyendo todos los sistemas de falla posibles. Se debe presentar como mínimo el análisis utilizando los Sistemas de Fellenius, Bishop y Janbú.

Se deben presentar además, todos los análisis que se requieran de acuerdo a las características de las amenazas de movimientos de remoción en masa. Si se requiere deben presentarse análisis de las deformaciones del suelo.

Todos los parámetros utilizados para los análisis de estabilidad deben estar sustentados en ensayos de laboratorio de las muestras o ensayos de resistencia en campo.

Para los análisis de estabilidad debe suponerse como mínimo un factor de carga sísmica horizontal de 0.15 g.

#### **4.2.4 Estabilidad en eventos sísmicos**

Corresponde al estudio de las condiciones naturales de un terreno con relación a los valores de aceleración establecidos que permitan modelar el potencial de licuación de capas de arenas, o estabilidad de laderas y taludes que afecten las obras proyectadas. Para análisis de estabilidad de taludes o laderas se exige como mínimo utilizar un coeficiente sísmico horizontal de 0.15g.

Cuando se detecten condiciones sísmicas, tales como la cercanía a fallas geológicas activas o la presencia de materiales sueltos o licuables, se deben realizar estudios sismológicos locales.

#### **4.2.5 Recomendaciones y diseño de las obras de estabilización**

En el caso en el cual los factores de seguridad a estabilidad de los taludes en condiciones estáticas sean inferiores a 1.5 se requiere presentar las recomendaciones de las obras de estabilización con su respectivo diseño.

Estas obras pueden consistir en:

Filtros o subdrenes: subdrenes de zanja, pantallas de subdrenaje, subdrenes de penetración.

Estructuras de contención: muros , estructuras en tierra reforzada, pantallas ancladas. etc.

Revegetalización u obras de bioingeniería.

Adicionalmente, se deben presentar recomendaciones para el sistema de excavación y de relleno.



## CAPITULO V

### REQUISITOS MÍNIMOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS DE INUNDACION Y DE EROSION

#### 5.1 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS

El conocimiento detallado del sistema de lluvias y del sistema de caudales de los ríos y corrientes es un requisito indispensable para analizar las amenazas de erosión y de inundación.

**Se deben incluir como mínimo los siguientes documentos:**

- Análisis del sistema de lluvias.
- Análisis de la hidrología e hidráulica de los ríos y corrientes principales.
- Análisis de la evolución histórica del cauce de las corrientes.
- Evaluación de fenómenos de socavación.
- Análisis de las amenazas de erosión.
- Diseño de los sistemas de control y manejo de las amenazas detectadas.

##### 5.1.1 Análisis del Sistema de lluvias

Para el análisis se debe utilizar toda la información existente de estaciones en la cuenca y en un radio de 50 kilómetros alrededor del proyecto. Se debe analizar no solamente la información realmente medida sino que se debe hacer una proyección de las probabilidades de lluvia, utilizando la información en toda el área analizada.

Se debe analizar como mínimo la siguiente información:

- Tipos de tormenta que van a ocurrir en la zona (Orográfica, convectiva, grandes clusters, vaguadas tropicales, etc.)
- Promedio de lluvia acumulada anual.
- Lluvia acumulada anual mínima.
- Lluvia acumulada anual máxima.
- Distribución promedio de lluvias a lo largo del año, periodos lluviosos y periodos secos.
- Lluvia máxima acumulada histórica en 15 días y frecuencia de ocurrencia de grandes lluvias acumuladas en 15 días.
- Lluvia máxima histórica en 24 horas y frecuencia de ocurrencia de grandes lluvias en 24 horas.
- Lluvia máxima probable en 24 horas.
- Intensidad máxima histórica de lluvia / hora y frecuencia de ocurrencia de grandes intensidades de lluvia.
- Duración de las intensidades máximas de lluvia.
- Intensidad máxima probable de lluvia en mm/hora.
- Duración de la tormenta de diseño.
- Volumen total de lluvia de la tormenta de diseño.
- Hietograma o gráfico de intensidad de la lluvia con el tiempo para la lluvia de diseño.
- Localización de la tormenta de diseño con respecto a la cuenca.
- Intensidades esperadas de la tormenta de diseño en las diferentes áreas de la cuenca.
- Índice de la precipitación antecedente.
- Curvas intensidad – duración – frecuencia.

##### 5.1.2 Hidrología e hidráulica de las corrientes

La información hidrológica e hidráulica debe incluir para los cuerpos de agua dentro de la zona de influencia del proyecto lo siguiente:



Inventario de cuerpos de agua.

Para cada una de las secciones analizadas se debe analizar como mínimo los siguientes elementos:

- Caudal promedio anual (media aritmética de los caudales medios diarios) volumen / tiempo.
- Escorrentía media anual (caudal medio dividido por la superficie de drenaje aportante) en mm.
- Caudal máximo anual.
- Variabilidad temporal de los caudales.
- Caudales medios y máximos mensuales.
- Variación de los caudales a lo largo del año.
- Caudal máximo para diseño para la creciente básica (100 años).
- Caudal máximo de diseño para la creciente máxima (500 años).
- Frecuencia de recurrencia de los caudales máximos (intervalo medio en años en que el caudal supera un determinado valor).
- Duración en el tiempo de los caudales máximos. Un volumen o caudal determinado de agua puede no representar una amenaza de erosión o inundación, la amenaza depende de la distribución en el tiempo de ese caudal.
- Ocurrencia histórica de grandes crecientes. Caudal máximo histórico.
- Evidencias de ocurrencia de Paleo-caudales extraordinarios. Un geólogo puede determinar si se observa que han ocurrido grandes caudales o avalanchas en el pasado y cual ha sido su altura, y un hidrólogo puede calcular su caudal.

## 5.2 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE INUNDACION

Los estudios de inundación consisten en determinar los niveles máximos de agua para determinados eventos de creciente. Se pueden aplicar diversas metodologías internacionalmente aceptadas.

Debe tenerse en cuenta que la información hidrológica en las cuencas del área de jurisdicción de la CDMB, está limitada a algunos puntos de medición de lluvias con períodos relativamente cortos de información y a muy escasos sitios de medición de caudales en las corrientes principales y la predicción de niveles de inundación es imprecisa. Adicionalmente, la experiencia histórica muestra problemas graves de inundaciones que han afectado a asentamientos humanos dentro o cerca de las áreas de inundación de los ríos y corrientes principales.

Por esta razón se requiere ser prudentemente generosos en la estimación de caudales de las crecientes con el objeto de evitar que se coloque la población en grave riesgo.

### 5.2.1 Períodos de recurrencia

Se deben analizar como mínimo los siguientes períodos de recurrencia:

#### **Creciente Básica**

La creciente básica se define como la creciente que solo tiene 1% de posibilidad de ocurrencia en un año, lo cual equivale a una creciente con periodo de retorno de 100 años. Esta creciente básica puede utilizarse como criterio cuando no existe riesgo de pérdida de vidas humanas por la amenaza de la creciente.

#### **Creciente Máxima**

La creciente máxima o supercreciente es la que tiene un 0.2 % de probabilidad de ocurrencia en un año, equivalente a una creciente con periodo de retorno de 500 años. Esta creciente Máxima debe utilizarse como criterio siempre que exista riesgo de pérdida de vidas humanas por la amenaza de la creciente.

#### **Criterios a tener en cuenta para los estudios de inundación**

- Se deben realizar cálculos de crecientes para diferentes periodos de recurrencia. Como mínimo se deben proyectar los caudales para la creciente básica (100 años) y para la creciente máxima (500 años). Las líneas de inundación para estas dos crecientes se deben indicar en un plano en planta y en los perfiles de las secciones transversales.
- El cálculo de crecientes se debe realizar utilizando sistemas de análisis internacionalmente aceptados y adaptados al modelo climático tropical, debidamente respaldados por programas de software.
- Se debe realizar un análisis de lluvias con relación a niveles de altitud y se deben proyectar estos niveles en forma regional a las áreas donde no existe información.
- 



- Para el cálculo de crecientes se deben tener en cuenta además de las mediciones de caudales en las corrientes, la proyección de los caudales teniendo en cuenta la proyección regional de las lluvias en toda el área analizada.
- Se debe presentar un plano de proyección de la distribución espacial de lluvias trabajando con los valores máximos proyectados, utilizando toda la información existente en un área de radio superior a 50 kilómetros del centro de la cuenca estudiada.
- En todos los casos se debe realizar cálculos de caudales de acuerdo a la proyección de precipitaciones máximas posibles. Todas y cada una de las subcuencas que entregan a la cuenca principal deben analizarse por separado y entregarse los caudales a la cuenca principal para el transporte de los caudales a lo largo de la corriente, utilizando sistemas de software.
- Para cuencas y subcuencas de menos de 1000 hectáreas se debe realizar un chequeo utilizando el método racional.
- En todos los casos se debe tener en cuenta el efecto de los sistemas de alcantarillado, colectores, cubrimiento del área de la ciudad con pavimentos y zonas duras y otros efectos del proceso de urbanización de la ciudad, proyectado mínimo a los próximos 100 años.
- En todos los análisis para el cálculo de los caudales y la rugosidad (n) de la corriente se deben tener en cuenta los sedimentos y otros elementos transportados por la corriente en el momento de las crecientes. Para este efecto en todos los casos se debe suponer una concentración de sedimentos superior al 20 % del volumen de la creciente.
- Si los niveles de inundación de acuerdo a los estudios realizados, son inferiores a los definidos por estudios previos realizados por la CDMB, los diseños, aislamientos y los criterios de las presentes normas se rigen por los niveles de acuerdo a los estudios de la CDMB.

### **5.3 ASPECTOS QUE SE DEBEN INVESTIGAR EN LOS ESTUDIOS DE EROSION**

Los estudios de erosión tienen como propósito principal el determinar las amenazas relacionadas con el avance de los procesos de erosión que afectan las laderas y las riberas de las corrientes.

Se deben analizar como mínimo las siguientes situaciones:

- Análisis de la erosión en surcos y cárcavas de las laderas y taludes.
- Análisis de la evolución lateral de los cauces histórica y hacia el futuro.
- Análisis de la socavación y profundización del cauce de las corrientes.

Los estudios de erosión pueden presentarse integralmente con los estudios geomorfológicos o pueden presentarse como un documento independiente. En todos los casos debe existir concordancia entre los dos estudios.

#### **5.3.1 Análisis de la erosión por surcos y cárcavas**

Para todas las áreas expuestas a la lluvia y a la escorrentía se debe realizar un estudio de las amenazas de erosión en surcos y/o en cárcavas. Este estudio debe incluir el análisis de la erosión por el golpeo de las gotas de lluvia sobre superficies desprotegidas de suelo, la erosión laminar debida al desprendimiento y transporte de capas superficiales de suelo por acción de la escorrentía difusa, la erosión en surcos debida a la concentración de la escorrentía sobre la superficie del terreno y la erosión en cárcavas o en canales de erosión.

Se deben analizar los procesos que producen la formación de surcos y cárcavas, su extensión, profundidad y demás características físicas.

Como mínimo se deben presentar los siguientes documentos:

- Plano de erosión indicando las áreas afectadas por surcos y por cárcavas.
- Clasificación por tipos de cárcava.
- Información de profundidad y longitud de los surcos y cárcavas.
- Registros fotográficos de los procesos de erosión.
- Análisis de la evolución en el pasado y en el futuro de los procesos de erosión.
- Proyección del avance probable de las cárcavas de erosión para los próximos 100 y 500 años.

### **5.3.2 Análisis de la evolución lateral de los cauces histórica y a largo plazo**

Se debe realizar un análisis de la evolución histórica lateral de los cauces de los ríos y corrientes que afectan el proyecto. Para la realización de este análisis se debe utilizar la información de todos los vuelos de fotografías aéreas, realizados en el pasado. Se debe realizar como mínimo una evaluación de la evolución en los últimos 50 años.

Adicionalmente, se debe realizar una evaluación de las evidencias geomorfológicas del movimiento lateral del cauce.

Se deben presentar planos en planta, sección lateral y longitudinal para diferentes épocas o fechas.

Se debe realizar una proyección del avance lateral probable de los cauces para los próximos 100 y 500 años.

### **5.3.3 Análisis de la socavación y de la profundización del fondo del cauce a largo plazo**

Se debe realizar una evaluación de los fenómenos de socavación general y local del cauce para las crecientes básica y máxima. Para estos cálculos se deben utilizar fórmulas o procedimientos internacionalmente aceptados y debidamente adaptados al ambiente tropical.

Adicionalmente, se debe realizar una proyección de la profundización del cauce en los próximos 100 y 500 años, teniendo en cuenta la proyección de evolución y desarrollo del área urbana.

Para el cálculo de la profundización del cauce se debe tener en cuenta los efectos de la explotación de arenas, la urbanización de la ciudad en los próximos 100 años y la probable canalización lateral de los ríos y corrientes.

## CAPITULO VI

### NORMAS GENERALES PARA LA PRESENTACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

#### 6.1 GENERALIDADES

En la mayoría de los proyectos de desarrollo se presenta la necesidad de realizar estudios geológicos, geomorfológicos, sismológicos, geotécnicos, hidrológicos, de estabilidad de laderas, de erosión y de inundación. Igualmente, en la mayoría de los proyectos se requiere diseñar y construir obras para mitigar las amenazas detectadas en los estudios.

El diseño y construcción de las mismas estará afectado entre otros, por la topografía del predio y sus vecindades (taludes, cauces, vías, etc.), las condiciones geológicas y geotécnicas, el régimen de aguas superficiales y subterráneas, así como, las obras proyectadas de corte o relleno, las cuales modifican la topografía original del terreno.

La erosión, los deslizamientos, las inundaciones, los efectos cosísmicos y los demás fenómenos que afecten la estabilidad de las obras, deben ser analizados y estudiados por los diseñadores, con el fin de definir y diseñar las estructuras de protección que sean necesarias, como parte integral de las obras de ingeniería del proyecto .

#### 6.2 REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PROFESIONALES

Los estudios geológicos y geomorfológicos deben ser realizados por geólogos titulados con tarjeta profesional vigente.

Los estudios geotécnicos, de estabilidad de laderas y de erosión, deben ser realizados por ingenieros civiles titulados, con tarjeta profesional vigente, los cuales deben poseer una experiencia mayor de (5) años en diseño geotécnico de fundaciones, contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin, o acreditar estudios de postgrado en el área de geotécnica, de acuerdo al artículo 28 del capítulo II, título VI de la ley 400 de 1997.

Los estudios sismológicos deben ser realizados conjuntamente por ingenieros civiles y geólogos, titulados, con tarjeta profesional vigente.

Los estudios hidrológicos y de inundación deben ser realizados por ingenieros civiles titulados, con tarjeta profesional vigente.

Los diseños de las obras deben ser elaborados por ingenieros civiles titulados, con tarjeta profesional vigente.

Los diseñadores estructurales deben acreditar estudios de postgrado o experiencia mayor de cinco (5) años en el área de estructuras, de acuerdo al artículo 27 del capítulo II, título VI de la ley 400 de 1997.

#### 6.3 DESCRIPCION DE LOS DOCUMENTOS QUE SE DEBEN PRESENTAR

Se deberá presentar dos (2) copias de todos y cada uno de los planos y estudios. Una vez revisados los documentos se devolverá una copia de los mismos con sus respectivas observaciones y la otra copia se archivará en el centro de documentación de la CDMB. En el caso de que se considere que los estudios o diseños se encuentran incompletos se devolverán las dos copias presentadas.

##### 6.3.1 Carta de presentación y planos de localización.

Se debe entregar carta de presentación de los estudios, indicando el objeto de la solicitud, nombre y razón social del propietario o propietarios del predio, o de los predios, números de identificación (Cédula de ciudadanía o NIT), domicilio o teléfono. Igualmente debe indicarse la localización del predio y el número predial del mismo. Esta carta debe estar debidamente firmada por los propietarios.

El plano de localización debe incluir el predio o predios sobre una base cartográfica en la cual se encuentre la zonificación geotécnica vigente adoptada por la CDMB de acuerdo al POT del respectivo municipio.



### 6.3.2 Plano de limitaciones del lote.

En el plano de limitaciones del lote se deben indicar todas y cada una de las limitaciones que afectan el desarrollo del lote de acuerdo a:

- Planes de Ordenamiento Territorial POT.
- Distritos de Manejo integrado (D.M.I) u otras resoluciones leyes o decretos ambientales.
- Aislamientos exigidos por las presentes normas con respecto a taludes, cauces y corrientes de agua.
- Areas que no se pueden desarrollar debido a que exceden las pendientes máximas permitidas en las presentes normas.
- Todas las limitaciones al desarrollo del lote de acuerdo a disposiciones de orden nacional, departamental o municipal.

### 6.3.3 Planos de amenaza

El plano de amenaza debe indicar las áreas del lote o lotes que están sometidas a amenazas de deslizamiento, erosión, inundación, avenidas torrenciales, y eventos sísmicos.

Se deben indicar para todas las amenazas y para todas las áreas del lote, cuáles se encuentran afectadas por niveles de amenaza baja, media y alta, de acuerdo a los criterios indicados en el numeral 2.4 de las presentes Normas.

### 6.3.4 Descripción del proyecto

Plano de la planta general del proyecto en formato de la CDMB con topografía amarrada altimétrica y planimétricamente al sistema del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), en el cual se detalle la localización del proyecto incluyendo las obras de urbanismo, y perfiles o secciones donde se indiquen los cortes, rellenos, sótanos, niveles, detalles y alturas de las construcciones. La información a incluir dependerá del tipo de obra proyectada.

Se deben indicar entre otros detalles los siguientes:

- Nivel de potencial de riesgo del proyecto de acuerdo al numeral 2.3 de las presentes normas técnicas.
- Definir zonas de movimiento de tierras (corte o relleno), las cuales modificarán la topografía original del predio.
- Acotar los aislamientos que se conservarán entre el paramento de las edificaciones y el borde de corona y pié de taludes y/o creciente de inundación básica y máxima.
- Redes de alcantarillado existentes y sistemas proyectados para la conducción de las aguas superficiales y/o subterráneas, con la nomenclatura de todos los pozos, el dimensionamiento en tramos de: longitud entre ejes, diámetro, pendiente y cotas, de acuerdo con las Normas técnicas de la CDMB para diseño de alcantarillado.
- Delimitación de linderos identificando los propietarios de los predios vecinos.
- Delimitación de los bordes de escarpa o cauces, identificación de muros de contención existentes y/o proyectados.
- Delimitación de cortes y secciones transversales del proyecto, sistemas de control de aguas superficiales y/o subterráneas (con dimensiones y niveles de instalación), pendiente de conformación de los taludes, obras de protección superficial (cobertura vegetal u otros), etc., y en general, toda la información que el diseñador considere importante para el proyecto.
- Notas, referencias aclaratorias y convenciones generales del proyecto.

En proyectos viales se debe presentar una localización general de la misma, incluyendo entre otros: el abscisado, curvas y sus elementos, puntos de identificación de secciones transversales para detalles de obras de control de erosión, bordes de escarpa o cauce, redes de servicios existentes y sistemas de alcantarillado proyectados para la captación y conducción de aguas lluvias hasta los puntos de entrega definidos por la entidad, así como, el diseño de las obras de control de erosión acorde a los requerimientos especificados en la sección.

### 6.3.5 Estudios y mapas temáticos

Se deben incluir todos los estudios exigidos en las presentes normas, de acuerdo a la localización y a las características del proyecto:

- Estudio y mapa geológico.
- Estudio y mapa geomorfológico.
- Estudio sismológico.



- Estudio de suelos (Estudio Geotécnico).
- Estudio de estabilidad de laderas.
- Estudio Hidrológico.
- Estudio de erosión.
- Estudio de inundación.

Estos estudios deben realizarse de acuerdo a los criterios indicados en las presentes normas (Capítulos III, IV y V).

### **6.3.6 Planos de localización de obras de manejo, mitigación, control o estabilización**

Planos de localización y de diseño de obras de manejo, control o estabilización de amenazas. Se deben presentar los siguientes planos y diseños:

- Planos de diseño de las obras permanentes de control de erosión.
- Planos de diseño de las obras de control de erosión y sedimentación durante la construcción.
- Planos de diseño de las obras de estabilización de taludes.
- Planos de diseño de las obras de control de fondo de cauces.
- Planos de diseño de las obras de control lateral de cauces.
- Planos de diseño de las obras de manejo de inundaciones.

Se deben definir en planos entre otros los siguientes aspectos: Alineamiento de las estructuras proyectadas, especificando el abscisado, curvas y sus elementos, estructuras de manejo de aguas, zonas de corte y /o relleno, pendientes de conformación de los taludes adenaños a las estructuras, obras de captación y conducción de aguas locales de escorrentía, control de aguas subterráneas, identificación de las secciones típicas con las dimensiones de las mismas, etc.

### **6.3.7 Planos de diseño de las obras permanentes de control de erosión**

Se deben presentar planos detallados de las obras que se requieren para garantizar la estabilidad contra la erosión a largo plazo.

Se deben incluir planos de cobertura vegetal, canales, barreras, lavaderos, obras de bioingeniería y biotecnología, obras de impermeabilización, recubrimientos, muros, enrocados, espigones, retardadores, recubrimientos de fondo de cauces, drenes de pantalla, subdrenes de penetración y otras obras que se requieran.

Se debe presentar copia de perfiles y/o detalles en el formato CDMB, incorporando las diversas secciones de las obras de control de erosión.

### **6.3.8 Planos de diseño de las obras de control de erosión y sedimentación durante la construcción**

Se deben presentar planos y detalles de las obras que se requieren para controlar la erosión y evitar la sedimentación durante la construcción del proyecto.

Se deben incluir detalles de los pasos provisionales sobre las cañadas, protección de fondo de cañadas, barreras con geotextiles para evitar el paso de sedimentos, lavallantas a la salida de la obra, protección de sumideros utilizando grava o productos sintéticos, recubrimiento provisional de los taludes para evitar la erosión laminar en surcos y cárcavas y en general de todas las obras que se requiere realizar para minimizar los volúmenes de erosión y sedimentación.

### **6.3.9 Planos de diseño de las obras de estabilización de taludes**

Para las obras de estabilización de taludes se debe especificar entre otras, la siguiente información:

- Perfil del terreno natural y de conformación del talud, con el dimensionamiento proyectado de pendientes, alturas, bermas intermedias, etc.
- Localización de las obras de drenaje del talud, así como de las estructuras o edificaciones cercanas a la corona y/o pie del mismo, acotando los aislamientos a conservar en cada una de ellas.
- Secciones típicas de las obras de drenaje superficial y/o subterráneo (cunetas, subdrenes, filtros, etc.).
- Localización general de los muros de contención proyectados, incluyendo detalles con el dimensionamiento y las especificaciones técnicas de construcción.



Detalles constructivos sobre las obras de protección superficial (empradización u otros).

### **6.3.10 Planos de diseño de las obras de Control de fondo Cauces**

Para las obras de control de cauces y protección de riberas el diseñador deberá incorporar entre otras la siguiente información:

Secciones transversales definiendo: perfil del terreno natural, niveles probables de inundación, obras de corte o relleno, acotamiento de aislamiento a conservar entre las obras proyectadas y los paramentos de las edificaciones de construcción.

### **6.3.11 Planos de diseño de las obras de control lateral de cauces**

Se deben presentar planos en planta y perfiles de las obras requeridas para el control lateral de la erosión en los cauces y corrientes de agua. Estas obras incluyen revestimiento de los taludes, muros laterales para el control de socavación y erosión lateral, espigones, revestimiento en enrocado, indicando espesores de la capa de enrocado, filtros, tamaño y características de los bloques, bolsacretos, geoceldas celulares, geocolchones, gaviones, y en general de todas las obras que se requieren para controlar la erosión en las orillas y taludes de los cauces.

### **6.3.12 Planos de diseño de las obras de manejo de inundaciones**

Se deben presentar planos en planta y perfiles de los diques y demás obras requeridas para el control y manejo de inundaciones. En estos planos se deben detallar las características de los materiales, las especificaciones de construcción, la localización en planta y en perfil, el ancho de la cresta y los sistemas de protección de los taludes.

### **6.3.13 Memorias técnicas de los diseños**

Se deben entregar dos copias de la memoria técnica del proyecto. En donde se incorpora toda la documentación que justifica el diseño de las obras.

Metodología de cálculo utilizada para cada diseño en particular, así como los criterios de cálculo que el diseñador considere de importancia para la ejecución del proyecto.

En los proyectos de estabilización de taludes se debe presentar un análisis de factor de seguridad para las posibles superficies de falla del talud natural y para las condiciones de diseño, utilizando programas de software universalmente aceptados.

Diseño hidráulico de las estructuras de control de aguas superficiales y subterráneas, así como las conducciones de alcantarillado requeridas para las entregas de estos sistemas.

Definición de las obras de protección superficial proyectadas (cobertura vegetal y otras).

Diseño de muros de contención requeridos, como complemento de las obras de estabilización de taludes.

Diseño hidráulico y estructural de las obras de control de cauce, especificando las metodologías utilizadas para la evaluación de caudales, estudio detallado de niveles de inundación, los cuales servirán de base para definir las obras de protección de ribera y control de cauce requeridas para el desarrollo del proyecto; así como, los cálculos estructurales y diseños complementarios que el ingeniero calculista estime conveniente.

Se debe incluir las especificaciones técnicas de cada uno de los diseños; como también, las recomendaciones generales y procedimientos de construcción de las obras proyectadas. Esta información deberá ser incorporada en planos (plantas, perfiles, detalles, etc.).

Durante el proceso de revisión y cuando este se realice dos (2) o más veces, se deberá anexar siempre la copia de la revisión anterior, con el fin de agilizar el proceso de estudio.





#### **6.4 ASPECTOS GENERALES DE LOS PLANOS**

En los planos se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Definir mediante notas y referencias los criterios y especificaciones técnicas del proyecto.
2. Indicar las escalas utilizadas para cada uno de los detalles.
3. Título y nombre general del proyecto, de acuerdo con el formato tipo de la CDMB.
4. Nombre de los profesionales responsables de cada plano con la respectiva firma y el número de tarjeta profesional.

#### **6.5 NORMAS DE TOPOGRAFIA Y DIBUJO**

- a. Para las normas de dibujo se debe tomar como referencia las indicaciones generales de las normas técnicas para diseño de alcantarillados de la CDMB, y los documentos complementarios de soporte.
- b. Así mismo, las normas de topografía deben tener como referencia el capítulo III del documento especificado anteriormente; pero es necesario que en la altimetría de los proyectos, el intervalo entre curvas de nivel sea de un metro, y se levanten secciones transversales de cada uno de los puntos críticos del predio y las zonas adyacentes a proteger, las cuales servirán de base para el análisis y diseño de las obras requeridas.
- c. La topografía debe estar amarrada al sistema geodésico del IGAC.

## CAPITULO VII

### REQUISITOS GENERALES PARA EL MANEJO DE PROYECTOS DE DESARROLLO

#### 7.1 INTRODUCCION

Los requisitos e indicaciones que se definen a continuación son los criterios y condiciones mínimas que se deben cumplir para el manejo técnico de proyectos de desarrollo en el Area de jurisdicción de la CDMB.

El cumplimiento de estas Normas no exime la responsabilidad del diseñador y del constructor para garantizar la calidad y estabilidad de los proyectos.

#### 7.2 EDIFICACIONES SOBRE LADERA

La construcción de edificaciones sobre ladera está sujeta a las siguientes limitaciones:

- No se permite la construcción de edificaciones sobre taludes o laderas con pendiente natural original del terreno superior al 57%. (Angulo de inclinación con la horizontal superior a 30°).
- No se permite la realización de cortes para construir terrazas destinadas a la colocación de edificaciones en laderas con pendiente natural del terreno superior al 57%. (Angulo de inclinación con la horizontal superior a 30°.)
- Los muros entre terrazas de construcciones sobre laderas (con pendiente inferior al 57%) para la construcción de edificaciones, deben construirse utilizando muros rígidos que garanticen factores de seguridad al volcamiento y deslizamiento superiores a 1.5.
- Todas las terrazas de construcciones sobre ladera (con pendiente inferior al 57%), deben realizarse totalmente en corte y no se permite la colocación de rellenos a media ladera para la colocación de proyectos con potencial de riesgo A y B.
- No se permite la construcción de edificaciones sobre rellenos en ladera.

#### 7.3 AISLAMIENTOS O ZONAS DE PROTECCION

Las áreas de aislamiento están sujetas a las siguientes limitaciones:

- Las zonas de aislamiento se destinarán exclusivamente como áreas para la protección contra inundaciones, erosión, deslizamiento u otras amenazas.
- Las zonas de aislamiento solamente podrán destinarse a bosques, adecuaciones ambientales para protección urbana, así como la ejecución de eventuales obras de servicio público como pueden ser los sistemas interceptores de alcantarillado, las obras de control de erosión y mantenimiento de cada una de las estructuras, estabilización de taludes, parques lineales y otras obras de uso público.
- Sobre las zonas de aislamiento no se permitirá la construcción de estructuras y obras comunales como: vías vehiculares, parqueaderos, kioscos, casetas, piscinas, placas o zonas deportivas, zonas de depósito, antenas, vallas publicitarias, etc.
- En ningún caso las zonas de aislamiento podrán ser incluidas como áreas de Cesión Tipo A y B, exigidas por las oficinas de Planeación y definidas en los planes de ordenamiento territorial POT.

El aislamiento corresponde a la franja mínima de terreno, medida horizontalmente desde el punto crítico de control (pié o corona del talud) hasta el sitio en donde se podrán localizar el muro de cerramiento o el paramento de las edificaciones más cercanas a los taludes o cauces.



Este aislamiento evitará la construcción de estructuras en áreas de amenaza grave ante eventos de origen geológico, geotécnico, sísmico o hidráulico y servirá como zona de amortiguación para realizar las adecuaciones ambientales que sean necesarias (zonas de arborización y protección urbana, etc.).

Los aislamientos especificados a continuación se mantienen independientemente de las obras de control de las amenazas requeridas (estabilización de taludes, control de cauces, etc.).

## 7.4 AISLAMIENTOS MINIMOS EN TALUDES

El aislamiento es el área en la cual no se permite localizar edificaciones, vías peatonales o vehiculares, andenes obras de urbanismo o estructuras más cercanas al borde y/o pie de los taludes aledaños al proyecto. Esta zona de aislamiento deberá quedar por fuera del paramento del desarrollo arquitectónico y no se permite la construcción de ningún tipo de estructuras diferentes a las requeridas para garantizar la estabilidad del talud.

El aislamiento se debe mantener independientemente de que se construyan o no muros de contención.

### 7.4.1 Aislamientos en edificaciones localizadas arriba de la corona de un talud o ladera

De acuerdo con la pendiente del talud o ladera se puede estimar la distancia de aislamiento de la siguiente forma:

#### **Pendiente del terreno superior a 45°**

Aislamiento mínimo medido desde el pié del talud = 1.5 H

Donde: H = Altura del talud

En todos los casos el aislamiento de la corona del talud debe ser superior a 5 metros.

El aislamiento máximo exigido medido desde la corona del talud será de 30 metros a menos que los estudios de estabilidad de taludes exijan aislamientos mayores para garantizar los factores de seguridad superiores a 1.5.

#### **Pendiente del terreno entre 30° y 45°**

Aislamiento mínimo medido desde la corona del talud = H/4.

En todos los casos el aislamiento de la corona del talud debe ser superior a 5 metros.

El aislamiento en edificaciones localizadas arriba de la corona de un talud o ladera, no se exigirá en taludes de altura total inferior a 5 metros, si se construye un muro de contención en estructura rígida (concreto simple, ciclópeo o reforzado, o pantalla atirantada) con una altura igual o superior a la altura total del talud y la pendiente general del terreno abajo del pié y arriba de la cabeza del muro del muro no es superior a 3%, en una longitud superior a 3 veces la altura del muro. Este muro debe diseñarse con factores de seguridad a deslizamiento y a volcamiento superiores a 1.5.

### 7.4.2 Aislamientos en edificaciones localizadas abajo de la base o pie del talud

El aislamiento mínimo de los proyectos localizados abajo del pié del talud es el siguiente:

Aislamiento del pié del talud = H/4

Donde: H = Altura del talud

En todos los casos el aislamiento mínimo del pié del talud debe ser superior a 5 metros.

El aislamiento máximo exigido medido desde el pié del talud será de 20 metros a menos que los estudios de estabilidad de taludes exijan aislamientos mayores para garantizar los factores de seguridad superiores a 1.5.

En los taludes con pendiente del terreno superior a 45 grados (1 Horizontal : 1 Vertical), para la medición del aislamiento en edificaciones localizadas abajo de la base o pie del talud, se considera que el pié del talud se encuentra localizado en la proyección de la línea de pendiente de 45 grados (1 Horizontal : 1 Vertical) trazada desde la cabeza del talud, independientemente de que existan o no estructuras de contención.

El aislamiento en edificaciones localizadas abajo de la base o pie del talud, no se exigirá en taludes de altura total inferior a 5 metros, si se construye un muro de contención en estructura rígida (concreto simple, ciclópeo o reforzado, o pantalla atirantada), con una altura igual o superior a la altura total del talud, y la pendiente general del terreno arriba y abajo de la cabeza del muro no es superior a 3 %, en una longitud superior a 3 veces la altura del muro. Este muro debe diseñarse con factores de seguridad a deslizamiento y a volcamiento superiores a 1.5.



### 7.4.3 Aislamientos que deben cumplir los cortes cerca a límites de propiedad

Cuando se realice un corte cerca al límite de propiedad de un predio, el pie de la excavación provisional o definitiva, se deberá separar una distancia mínima del límite de propiedad arriba de la corona del talud.

Aislamiento mínimo entre el límite de propiedad y el pie del corte =  $1.0 H$

Donde  $H$  = Altura o profundidad del corte.

El anterior aislamiento se debe cumplir independientemente de que se construyan o no estructuras de contención.

Este aislamiento no se aplica para las excavaciones de sótanos de edificios, en lotes en áreas desarrolladas, siempre y cuando se construyan las obras de contención requeridas para garantizar la estabilidad de los lotes vecinos, durante y después de la construcción. (Artículo 7.12).

## 7.5 AISLAMIENTOS MÍNIMOS EN CAUCES

Los aislamientos mínimos entre los proyectos y los cauces de los ríos quebradas o corrientes son los siguientes:

### 7.5.1 Aislamientos en cauces principales

Los cauces principales son los siguientes:

- Río Suratá aguas abajo de la entrega del río Tona
- Río de Oro aguas abajo de la entrega del río Lato
- Río Frío aguas abajo de la entrega de la quebrada La Estancia o Aranzoque.
- Todos los ríos con caudal de creciete básica superior a 100 metros cúbicos por segundo.

El aislamiento o zona de protección entre el proyecto y los cauces principales debe ser superior en todos los casos a la mayor de las siguientes distancias.

- a. A más de 30 metros de la corona del talud actual del cauce general del río. Este aislamiento debe mantenerse en todos los casos, independientemente de que se construyan diques u obras para el control de erosión y/o de inundaciones.
- b. A más de 20 metros de la línea de avance proyectada de la erosión del río para un período de 100 años, de acuerdo al criterio de la CDMB.  
Esta restricción no se tendrá en cuenta si previamente a la construcción del proyecto se construyen las obras mínimas requeridas en las presentes normas para el control de la erosión, a lo largo de la totalidad del borde del cauce frente al proyecto en las dos márgenes de la corriente y las longitudes arriba y abajo del proyecto que se requieran de acuerdo al criterio de la CDMB.
- c. A más de 20 metros de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciete básica (100 años).
- d. Para los proyectos de potencial de riesgo A y B, el proyecto debe localizarse por fuera de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciete máxima (500 años).

Esta última restricción no se tendrá en cuenta si previamente a la construcción del proyecto, se construyen las obras mínimas requeridas en las presentes normas para el control de inundaciones para la creciete máxima (500 años) a lo largo de la totalidad del borde del cauce con cota igual o inferior a la cota de inundación de la creciete de 500 años, y en las longitudes arriba y abajo del proyecto que se requieran de acuerdo al criterio de la CDMB.

### 7.5.2 Aislamientos en cauces secundarios

Los cauces secundarios son los siguientes:

- Río Suratá aguas arriba de la entrega del Río Tona
- Río de Oro aguas arriba de la entrega del Río Lato
- Río Frío aguas arriba de la entrega de la Quebrada la Estancia o Aranzoque.
- Río Lato.
- Río Tona.
- Río Negro
- Río Playonero
- Quebrada la Estancia o Aranzoque.
- Quebrada Zapamanga.



- Quebrada de La Iglesia.
- Todos los ríos con caudales entre 10 y 100 metros cúbicos por segundo para la creciente básica.

El aislamiento o zona de protección entre los proyectos y los cauces secundarios debe ser superior en todos los casos a la mayor de las siguientes distancias.

- a. A más de 15 metros de la corona del talud actual general del cauce. Este aislamiento debe mantenerse independientemente de que se construyan diques u obras para el control de erosión o de inundaciones.
- b. A más de 10 metros de la línea de avance proyectada de la erosión del río para un período de 100 años.  
Esta restricción no se tendrá en cuenta si previamente a la construcción del proyecto se construyen las obras mínimas requeridas en las presentes normas para el control de la erosión a lo largo de la totalidad del borde del cauce frente al proyecto.
- c. A más de 10 metros de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años).
- d. Para los proyectos de potencial de riesgo A y B, el proyecto debe localizarse por fuera de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente máxima (500 años).  
Esta restricción no se tendrá en cuenta si previamente a la construcción del proyecto se construyen las obras mínimas requeridas en las presentes normas para el control de inundaciones para la creciente máxima a lo largo de la totalidad del borde del cauce con cota igual o inferior a la cota de inundación de la creciente de 500 años.

### 7.5.3 Aislamientos mínimos en los demás cauces

Para los demás cauces y corrientes permanentes o no permanentes, con caudales máximos para la creciente básica (Período de retorno de 100 años) inferiores a 10 metros cúbicos por segundo, el aislamiento debe ser superior en todos los casos a la mayor de las siguientes distancias:

- a. A más de 5 metros de la corona del talud actual general del cauce. Este aislamiento debe mantenerse independientemente de que se construyan canalizaciones, diques u obras para el control de erosión o de inundaciones.
- b. A más de 5 metros de la línea de avance proyectada de la erosión del río para un período de 100 años, de acuerdo al criterio de la CDMB.  
Esta restricción no se tendrá en cuenta si previamente a la construcción del proyecto se construyen las obras mínimas requeridas en las presentes normas para el control de la erosión e inundaciones a lo largo de la totalidad del borde del cauce frente al proyecto y en las longitudes aguas arriba y abajo del proyecto que lo requieran de acuerdo al criterio de la CDMB.
- c. A más de 5 metros de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años)
- d. Para los proyectos de potencial de riesgo A y B, el proyecto debe localizarse por fuera de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente máxima (500 años).  
Esta restricción no se tendrá en cuenta si previamente a la construcción del proyecto se construyen las obras mínimas requeridas en las presentes normas para el control de inundaciones para la creciente máxima (500 años) a lo largo de la totalidad del borde del cauce frente al proyecto y en las longitudes aguas arriba y abajo del proyecto que lo requieran de acuerdo al criterio de la CDMB.
- e. Los cauces de las quebradas, ríos o cañadas de aguas de escorrentía no se podrán rellenar, rectificar o modificar sus riberas. Sin embargo, la CDMB podrá autorizarlo cuando se requiera para garantizar la estabilidad de las áreas aledañas.

## 7.6 RELLENOS SOBRE DEPRESIONES O CAÑADAS

La realización de rellenos sobre áreas de depresiones o cañadas está sujeta a las siguientes limitaciones:

- No se permite el relleno de depresiones o cañadas en las cuales se concentre agua de escorrentía durante las lluvias, cuando estas depresiones tienen una profundidad superior a 1.0 metro en una distancia de 5 metros (pendiente lateral de la depresión o cañada superior al 20%), o las cañadas donde se concentren caudales superiores a 10 litros/seg, para la intensidad máxima de lluvia con período de retorno de 100 años.
- En todas las vías que se construyan sobre cañadas donde se concentran caudales superiores a 10 litros/seg, deben colocarse alcantarillas, box coulverts o puentes para permitir el paso de las corrientes.
- No se permite la construcción de estructuras interfiriendo cañadas con caudales superiores a 10 litros/seg.

- Los caudales de menos de 10 litros por segundo deben ser incorporados al sistema de alcantarillado pluvial del proyecto.
- En el caso de rellenos que existen sobre antiguas cañadas (Ejemplos: Quebrada Seca y Quebrada La Rosita) se debe mantener un área de aislamiento a lado y lado del centro de la antigua cañada rellena, de al menos 5 metros (Ancho total de 10 metros). En esta área de aislamiento no se permite la construcción de estructuras.
- No se permite la construcción de estructuras sobre antiguos cauces rellenos de las corrientes principales o secundarias.

## **7.7 OBRAS MINIMAS DE PROTECCION DE EROSION DE LAS RIBERAS**

En todos los proyectos donde exista amenaza de erosión en la ribera de los cauces se deben diseñar y construir todas las obras requeridas de estabilización y control de erosión de las riberas, en toda la longitud junto a la zona del proyecto amenazada, de acuerdo los criterios siguientes:

### **7.7.1 En los cauces principales**

En las riberas de los cauces principales donde exista amenaza de avance de la erosión para los próximos 100 años se requiere construir las siguientes obras:

- Muro de protección de ribera, el cual debe ser en concreto armado, concreto ciclópeo o concreto simple, a todo lo largo de la longitud de ribera amenazada. Este muro debe tener una profundidad de cimentación suficiente para la protección contra la profundización del cauce y la socavación para un período de 100 años. Esta profundidad de cimentación, en todos los casos debe ser mayor a 4 metros bajo el nivel de cota más profunda del cauce en la respectiva sección. El concreto utilizado para la construcción del muro debe tener una resistencia a la compresión (Norma INVIAS número INV 410) superior a 3000 libras por pulgada cuadrada. La Sección del muro debe ser suficiente para resistir los esfuerzos internos y debe ser estable a volcamiento y deslizamiento con factores de seguridad superiores a 1.5 calculados, utilizando métodos internacionalmente aceptados. El muro debe tener juntas de dilatación a distancias no mayores de 20 metros.
- Hilera de árboles separada una distancia de 5 metros del muro y espaciados máximo cada 5 metros. Las especies vegetales deberán tener el visto bueno de la CDMB.

### **7.7.2 En los cauces secundarios y demás cauces**

En las riberas de los cauces secundarios y demás cauces donde exista amenaza de avance de la erosión para los próximos 100 años se requiere construir las siguientes obras:

- Muro de protección de ribera utilizando materiales durables y estables, de acuerdo al criterio de la CDMB. Este muro debe tener una profundidad de cimentación suficiente para la protección contra la profundización del cauce y la socavación para un período de 100 años.
- Hilera de árboles separada una distancia de 3 metros del muro y espaciados máximo cada 5 metros. Las especies vegetales deberán tener el visto bueno de la CDMB.

### **Otras obras requeridas para la protección de riberas de cauces**

En todos los cauces donde los estudios realizados lo determinen o cuando en concepto de la CDMB se requieren, se deben construir las obras necesarias para el control de la erosión de las riberas. Estas obras pueden consistir en recubrimientos de las riberas, muros, espigones, enrocados u otros tipos de protección; Estas obras deben diseñarse utilizando criterios de ingeniería internacionalmente aceptados. La vida útil de diseño de estas obras debe ser superior a un período de 100 años.

## 7.8 OBRAS MINIMAS DE CONTROL DE FONDO DE CAUCES

En todos los cauces dentro de las áreas de los proyectos o junto a ellas donde exista amenaza de profundización del fondo del cauce para los próximos 100 años, se requiere construir obras de control del fondo del cauce de acuerdo a los siguientes criterios:

- Se deben construir protecciones o revestimientos del fondo del cauce, a todo lo largo de la longitud del cauce amenazado dentro de las áreas del proyecto o junto a este. Estas protecciones de fondo de cauce deben diseñarse utilizando criterios de ingeniería internacionalmente aceptados y de acuerdo a los criterios de la CDMB.
- En los cauces donde adicionalmente a la profundización del fondo exista la amenaza de erosión lateral, los cauces deben canalizarse totalmente.

### 7.8.1 Criterios generales para el diseño de obras de control de fondo de cauces

- Los caudales para el diseño de los canales serán los de la creciente básica (100 años) de acuerdo a los criterios indicados en estas normas para los estudios hidrológicos de erosión y de inundación.
- Cualquier cambio de sección en los cauces naturales deberá ser aprobado previamente por la CDMB, mediante la presentación de un proyecto integral de control de cauce.
- En casos especiales la protección consistirá en construir un determinado sector de control de cauce, teniendo en cuenta los diseños que la CDMB tenga proyectados para esta zona.
- El alineamiento en planta de la canalización se debe proyectar tratando de seguir el cauce natural de la quebrada, conservando alineamientos rectos entre estructuras escalonadas, efectuando dentro de ellas, específicamente en los tanques amortiguadores, los quiebres que obligatoriamente se presentarán para los ajustes del cauce natural.
- Se debe evitar en lo posible, el contacto con taludes laterales que ocasionaría grandes movimientos de tierra y disponibilidad de espacio no propio del cauce, así como los cortes excesivos sobre el fondo del mismo, aumentando considerablemente el dimensionamiento de las estructuras, requiriendo obras de protección adicionales.
- Los taludes aledaños a las estructuras de control de cauce deben ser perfilados y protegidos con cobertura vegetal, como parte integral de estabilización de los mismos.
- El diseño particular de control de cauce debe incluir planta general, perfil, detalles y cortes típicos, en donde se indique la topografía y alineamiento actual del cauce, así como la rectificación y obras de control de cauce proyectadas, con el dimensionamiento de las estructuras tales como: sección, longitud entre cambio de alineamiento (definiendo elementos de las curvas), pendientes, caídas, tanques amortiguadores, etc., protección de vertimientos existentes, zonas de corte y / o relleno.
- El diseñador debe definir el tipo y la alternativa de canalización más conveniente para la rectificación y control de un determinado cauce, especificando entre otros las secciones típicas, calidad de los materiales, etc.; la CDMB podrá realizar ajustes al tipo de estructura proyectada.
- Los sitios de inicio y finalización del sector a canalizar serán aquellos de máxima estabilidad y regulación del flujo aguas arriba y aguas abajo de las estructuras proyectadas, complementado con obras de anclaje y diques de protección que garanticen una transición adecuada con el cauce natural, evitando de esta forma la degradación del fondo del cauce en dichos puntos y la conservación de la vida útil de las estructuras de control de cauce.
- En lo posible la pendiente longitudinal de la canalización deberá ser del orden de 0%. Dependiendo de la topografía del cauce y el tipo de estructura hidráulica proyectada, el diseñador podrá definir pendientes superiores, controlando las altas velocidades del flujo ( $V < 5$  m/seg) para no ocasionar problemas de abrasión en el fondo de la estructura.
- La reducción de pendiente en la quebrada podrá hacerse mediante trayectos planos (pendiente 0%) de flujo controlado, y estructuras de caída escalonadas provistas de tanques amortiguadores disipadores de energía.
- Para cada sector del proyecto (cambio de alineamiento horizontal y vertical) se debe evaluar el funcionamiento hidráulico de la canalización, calculando entre otros aspectos: El perfil de la lámina de agua para las condiciones de caudal de diseño, el cual servirá de base para definir la altura de los muros, considerando un borde libre adicional superior al 30% de la profundidad del agua estimada; la velocidad del flujo para el control de desgaste interno de las estructuras; el número de Froude (F) que especifica el régimen hidráulico, evaluación de pérdidas que se generen, etc.
- El diseño hidráulico de los tanques amortiguadores consistirá en calcular las condiciones del resalto hidráulico, buscando que el número de Froude (F) en la zona de profundidad conjugada, presente valores entre 4.5 y 6.5 es decir, en el rango que se desarrolla resalto estable, el cual produce altos rendimientos de disipación de energía; proyectando de igual forma, longitudes de tanque amortiguador que garanticen la formación del resalto hidráulico

dentro del mismo, diseñando cuando sea necesario, estructuras adicionales de contracción y bloques de impacto (escalones aguas abajo) para el cumplimiento de esta condición.

- En el punto de confluencia de dos (2) o más canalizaciones se debe realizar el análisis hidráulico, utilizando las ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento.
- La entrega de vertimientos a estructuras de control de cauces debe cumplir con las condiciones hidráulicas definidas en las Normas técnicas para diseño de alcantarillado – CDMB, proyectando el nivel de llegada por encima de la profundidad de agua máxima esperado para el cauce.
- Deberán proveerse sistemas adecuados de captación y conducción de las aguas locales de escorrentía hacia las estructuras de control de cauce.
- Los cauces de las quebradas, ríos o cañadas de aguas de escorrentía no se podrán rellenar, rectificar o modificar sus riberas. Sin embargo, la CDMB podrá autorizarlo cuando se requiera para garantizar la estabilidad de las áreas aledañas.

### 7.8.2 Construcción de canales cerrados o box culverts

Las estructuras de control de cauces cerradas o box-culvert como casos especiales de canalización solo se podrán ejecutar previa autorización de la CDMB, y para algunos de los siguientes eventos:

- a. Cuando el acceso a un lote de terreno a desarrollar solo sea posible a través de una quebrada o caño, caso donde solo se permitirá el tramo necesario para la adecuación de la banca de la vía.
- b. En terrenos donde sea necesario la construcción de una cobertura para mantener o recuperar su estabilidad geológica.

En los casos en los cuales la CDMB autorice la construcción de canales cerrados se debe garantizar una altura de borde libre mínima de un metro para el caudal con un período de retorno de 100 años.

No se permitirá la conformación de rellenos sobre las canalizaciones cerradas y deberán permanecer como áreas libres sin la construcción sobre ellas de ningún tipo de estructuras u obras comunales de urbanismo, entre las cuales se encuentran los kioscos, casetas, zonas deportivas, zonas de depósitos, antenas parabólicas, etc.

### 7.8.3 Protecciones locales en los cauces

Los sitios de entrega de las estructuras de vertimiento y emisarios de alcantarillados pluviales a las quebradas, se deberán proteger con el fin de evitar erosiones locales ocasionadas por las descargas de aguas provenientes de los desarrollos urbanísticos.

El cauce de la quebrada deberá protegerse en una distancia superior a 10 metros aguas arriba y aguas abajo del sitio de entrega de cada vertimiento. Dimensión que será analizada para cada proyecto, dependiente del caudal aportado y de las condiciones hidráulicas de la fuente receptora.

La protección consistirá en un revestimiento del lecho y los taludes de la quebrada con materiales adecuados. La sección revestida deberá tener capacidad para el nivel esperado de aguas máximas y un borde libre superior al 30%.

Se requiere diseñar y construir estructuras de protección en los sitios iniciales y finales de las canalizaciones (aletas, dentellones en concreto ciclópeo, diques en gaviones, etc.) ancladas adecuadamente con el fin de evitar problemas futuros de socavación y degradación del fondo del cauce, y garantizar la estabilidad de las obras proyectadas.

La sección típica de las estructuras de control de cauce podrán ser rectangulares o trapezoidales (u otra forma que sea hidráulica estructuralmente justificada), y en materiales como: gaviones, concreto ciclópeo, simple y/o reforzado o combinaciones de gaviones y concreto.

Para cada caso particular el diseñador debe realizar los respectivos análisis hidráulicos y estructurales (análisis y diseño de estabilidad) de las obras de canalización proyectadas.

## 7.9 OBRAS MINIMAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES

En los proyectos donde exista amenaza de inundación para la creciente máxima (500 años) se requiere construir obras para controlar estas amenazas.

Las Obras mínimas requeridas son las siguientes:



Construcción de un dique localizado dentro del área de aislamiento o protección, y junto al proyecto, el cual debe tener las siguientes características:

- a. Altura del dique mayor de un metro por encima de la cota máxima de inundación para la creciete máxima (500 años).
- b. Longitud a todo lo largo del borde del proyecto junto al cauce y con prolongaciones laterales donde se requiera para impedir que la inundación de la creciete máxima afecte el proyecto.

## **7.10 OBRAS MINIMAS PARA EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTACION DURANTE LA CONSTRUCCION DE UN PROYECTO**

En toda construcción donde se va a intervenir un área de suelo o cobertura vegetal superior a 100 metros cuadrados se debe diseñar un plan para el control de la erosión. Para la elaboración de este plan se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a. Determinar los límites de las áreas a intervenir. Debe decidirse exactamente qué áreas deben ser intervenidas para construir la obra. Debe darse especial atención a áreas críticas de erosión que por alguna razón deben ser intervenidas.
- b. Dividir el área de la obra en áreas de drenaje. Determinar como va ser el paso de escorrentía por encima del lote y como puede controlarse la erosión y la sedimentación en cada pequeña zona de drenaje.
- c. Seleccionar los sistemas que se van a utilizar, los cuales se clasifican en tres grandes categorías:

- Control de la erosión. Se debe programar prácticas dirigidas a proteger la superficie del suelo y prevenir el desprendimiento de partículas por acción del agua y del viento. Debe tenerse en cuenta que la vegetación es la mejor forma de control de erosión, sin embargo para su establecimiento se requieren prácticas adecuadas o revestimientos de protección.
- Control de sedimentos. Se debe diseñar obras para atrapar los sedimentos después de que han sido desprendidos por acción del agua y del viento. Estas obras consisten en sistemas pasivos de sedimentación o filtración para evitar que los sedimentos producidos por la construcción lleguen a los cuerpos de agua. Este tipo de obras deben seleccionarse, diseñarse y construirse adecuadamente.
- Manejo adecuado de la obra. Debe tenerse en cuenta que este es el mejor sistema de manejo de la erosión. Se debe planear la secuencia de la construcción, el tiempo de exposición de las áreas a la lluvia, el mantenimiento y el control permanente son responsabilidades que deben asignarse a profesionales específicos dentro del grupo de trabajo, pero todos los profesionales y todos los obreros deben entender los procedimientos que se deben seguir para tener una obra sin problemas de erosión y sedimentación.

### **Normas generales de manejo**

Se requiere cumplir los siguientes criterios para mitigar el problema de erosión y sedimentación en las obras de ingeniería:

- Cortar los materiales de acuerdo al tipo de suelo y siguiendo las líneas de nivel de arriba hacia abajo, evitando taludes fuertes y deslizamientos.
- Mantener la vegetación en la mayor cantidad de área posible. No cortar áreas que no se requiere intervenir.
- Realizar los cortes y llenos en temporadas secas .
- Minimizar la longitud de los taludes construyendo bermas intermedias para controlar la velocidad del agua de escorrentía.
- Revegetalizar inmediatamente después de cortar y colocar capas o mantos de protección de la superficie del terreno (Mulching).
- Construir zanjas de desvío de las aguas de escorrentía para alejarlas de las zonas expuestas.
- Construir estructuras de disipación de energía, en los sitios de concentración de agua a velocidades o turbulencias altas.
- Construir canales protegidos dentro de la obra para manejar las aguas concentradas.
- Atrapar los sedimentos utilizando piscinas o barreras antes de que salgan de la obra.
- Inspeccionar permanentemente la obra para tomar medidas de prevención y control.



## 7.11 REQUISITOS MINIMOS PARA EL MANEJO DE CORTES O CONFORMACION DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

En todos los casos donde se plantee realizar cortes que cubran un área de más de 100 metros cuadrados y profundidades de más de un metro, debe presentarse un programa de manejo de cortes, incluyendo la siguiente información:

- Un plano mostrando las líneas de nivel de los cortes propuestos, las pendientes de los cortes, y las líneas de drenaje de las aguas de escorrentía, durante la obra y después de la construcción.
- Diseño y especificaciones del sistema de manejo de la erosión y retención de sedimentos producidos durante la construcción de la obra.

### 7.11.1 Conformación de taludes

El diseñador deberá analizar y diseñar las condiciones geométricas de conformación de los taludes (pendientes, alturas, bermas, delimitación de zonas de corte y/o relleno, muros de contención y demás obras complementarias), como parte integral del proyecto.

La pendiente o inclinación proporcionara estabilidad al talud para un factor de seguridad superior a 1.5 y servirá como mecanismo de regulación de la velocidad del agua sobre el talud, para el control de los problemas erosivos.

Dependiendo de la altura y pendiente de conformación del talud se debe considerar el diseño de bermas intermedias, con el fin de disminuir la longitud de recorrido del agua a lo largo del talud y dividir la escorrentía en volúmenes fácilmente manejables; Por tal razón, deberán diseñarse con pendiente fuerte lateralmente hacia el interior del talud (mayor de 5%), en donde se proyectará una cuneta interceptora para facilitar el drenaje y evitar el desborde de la escorrentía.

### 7.11.2 Pendientes y bermas mínimas

Los taludes en corte no deben tener una pendiente superior a 1/2H : 1V y los taludes en relleno no deben tener pendientes superiores a 45° (1H:1V).

En taludes con alturas mayores a 8 metros se deberá diseñar bermas intermedias con ancho mínimo de 2.0 metros.

### 7.11.3 Programa de manejo de suelos orgánicos y de vegetación existente

En todos los casos en donde existan suelos orgánicos y/o vegetación en el lote se debe presentar un programa de manejo de los suelos orgánicos y vegetación existente en el lote, incluyendo la siguiente información:

- Extensión, espesores y volúmenes de suelos orgánicos que se plantea remover.
- Sistema de almacenamiento de los suelos orgánicos durante la construcción de la obra.
- Plan de re-utilización de los suelos orgánicos en la obra o en áreas por fuera de la obra.
- Descripción de la vegetación existente que se plantea remover.
- Plan de re-utilización de la vegetación removida.

### 7.11.4 Programa de manejo de sedimentos

En todos los proyectos en donde se plantee la realización de cortes o rellenos que incluyan un área superior a 100 metros cuadrados se debe presentar un plan de manejo de los sedimentos que se produzcan durante la construcción de la obra, incluyendo la siguiente información:

- Plano indicando las áreas, espesores y profundidades de rellenos y cortes.
- Plano indicando las líneas de drenaje de aguas de escorrentía durante la construcción de la obra.
- Diseño y especificaciones del Plan de captura y manejo de los sedimentos que se producen por acción de la lluvia y la escorrentía durante la realización de la obra.
- Diseño y especificaciones del Plan de control de erosión, durante la construcción de la obra.

### 7.11.5 Cobertura vegetal y revestimiento de taludes

Como obra complementaria en el control de aguas y la erosión superficial sobre el talud, se debe implementar un sistema adecuado de revegetalización de las áreas expuestas de talud.



El diseñador debe justificar el tipo de cobertura vegetal proyectada para el talud y las áreas de infiltración aledañas al mismo, teniendo en cuenta factores como características topográficas y geometría del talud (pendiente de conformación), suelos, adaptación, hábito de crecimiento, tolerancia a pisoteo, quemas, sequías y otras condiciones adversas.

El diseño debe contemplar materiales a utilizar (tierra vegetal, semillas, estolones y/o cespedones, fertilizantes, etc.), el sistema de siembra, abono, protección durante la germinación y crecimiento y un programa general para su mantenimiento, incluyendo detalles generales en planos (cortes típicos, dimensiones, notas aclaratorias, etc.).

El diseñador podrá utilizar otros tipos de revestimiento para el control y protección superficial de los taludes (concreto o mortero lanzado, anclajes, gaviones, etc.) siempre y cuando sean justificados y aprobados por la CDMB.

### 7.12 REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA EXCAVACION DE SOTANOS

En todos los proyectos donde se realicen excavaciones verticales o de alta pendiente para la construcción de sótanos u otro tipo de obras se requiere construir obras para garantizar la estabilidad de los taludes producto de las excavaciones, de acuerdo a los siguientes criterios mínimos:

- Se debe realizar un estudio geotécnico y un estudio de estabilidad de laderas, de acuerdo a los requerimientos de las presentes normas técnicas. El estudio de estabilidad de las excavaciones se exige para toda excavación de más de 3 metros de profundidad.
- Previamente a la iniciación de la excavación se debe redactar y firmar un acta de estado de los lotes y/o las construcciones vecinas, conjuntamente con el propietario o propietarios de esas edificaciones o lotes.
- Se debe garantizar un factor de seguridad durante la construcción de la excavación superior a 1.5, para condiciones estáticas de acuerdo al estudio de estabilidad de laderas, en todos los casos en los cuales existan construcciones en la corona de las excavaciones, y de 1.2 cuando no existan construcciones.
- Se debe presentar un plan de construcción para el manejo de la excavación en el cual se garantice su estabilidad durante todas las etapas del proceso constructivo.
- Se deben diseñar y construir obras para garantizar la estabilidad de las excavaciones (factor de seguridad superior a 1.5) utilizando criterios de ingeniería internacionalmente aceptados y de acuerdo a las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio. Estas obras pueden incluir pantallas ancladas, caissons de soporte lateral de excavaciones, tablestacados, muros construidos utilizando contención con lodo bentonítico, etc.

### 7.13 REQUISITOS MÍNIMOS PARA RELLENOS EN TIERRA

#### 7.13.1 Descripción

En todos los casos donde se plantee construir rellenos que cubran un área de más de 100 metros cuadrados, o más de un metro de espesor debe presentarse un programa de manejo de rellenos, incluyendo la siguiente información:

- Perfil geotécnico respaldado por sondeos o apiques del suelo sobre el cual se plantea colocar los rellenos, indicando la información sobre las características de resistencia y compresibilidad del suelo y la posición de los niveles freáticos.
- Un plano indicando las zonas de corte y relleno con sus respectivos espesores y pendientes y las líneas de drenaje de aguas de escorrentía proyectadas. En este mismo plan se deben indicar las áreas que requieren protección durante la construcción de las obras.
- Diseño y especificaciones del sistema de manejo y retención de sedimentos producidos durante la construcción de la obra.
- Diseño y especificaciones de los rellenos, indicando el sistema de control de calidad a utilizar.
- Nombre del profesional especialista, quien será responsable del control de las operaciones de los cortes y el control de calidad de los rellenos.

#### 7.13.2 Requisitos generales

En todos los casos de relleno se deben cumplir los siguientes requerimientos:



- Las densidades mínimas requeridas son: Rellenos en zanja y en zonas en las cuales no se va a cimentar estructuras: Densidad superior al 90% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.
- Rellenos para soportar estructuras: Densidad superior al 90% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.
- Número mínimo de ensayos de densidad: uno por cada 500 metros cúbicos de material colocado.

El proceso constructivo deberá contemplar entre otros los siguientes pasos:

- Remover todo el material orgánico, suelo suelto o cualquier otro material que no reúna la calidad suficiente para soportar el relleno y las estructuras que sobre él se coloquen.
- Colocar, extender y lograr la humedad óptima de compactación de acuerdo a ensayos de laboratorio.
- Compactar y escarificar el suelo con el equipo, espesor de capa y procedimiento adecuado hasta lograr la densidad requerida.
- Controlar mediante ensayos de campo que efectivamente se logró la densidad especificada.
- Si no se logra la densidad especificada, se debe escarificar y recompactar hasta obtenerla.

#### 7.14 CONTROL DE AGUAS DE ESCORRENTIA

Dentro del diseño general de estabilización de taludes se debe contemplar sistemas de control de drenajes superficiales y subterráneos, los cuales sirven para la captación y conducción de las aguas, disminuyendo el efecto erosivo sobre el talud (fuerzas hidrostáticas desestabilizantes).

El drenaje superficial debe controlar el paso del agua de escorrentía sobre el talud, mediante el diseño de canales o cunetas interceptoras en concreto, tanto en la corona como en sitios intermedios (bermas) y pie del talud; una vez captadas es necesario conducir las hasta los puntos de descarga ya sea a colectores de aguas lluvias (previa revisión de su capacidad) o a cauces receptores, proyectando en su entrega las estructuras de protección y disipación de energía que sean necesarias.

El caudal de diseño de estas estructuras se debe calcular mediante el método Racional, considerando un periodo de retorno superior a 100 años, definiendo para cada caso en particular el área aferente de drenaje y un coeficiente de escorrentía acorde al tipo de cobertura y la permeabilidad del suelo (ver las Normas técnicas para diseño de alcantarillado – CDMB).

El dimensionamiento de las cunetas se estimará con base en el caudal de diseño transportado, y las condiciones topográficas del terreno, garantizando un borde libre superior al 30% de la lámina de agua.

En todos los proyectos de desarrollo vial o urbanístico las cunetas deberán tener como dimensionamiento mínimo un metro de ancho y 50 centímetros de profundidad, los cuales permiten facilidad de construcción y sección adecuada para la conducción del caudal de diseño y eventuales materiales depositados sobre la canaleta (basuras, tierra, etc.).

El diseño hidráulico debe proporcionar rangos de velocidades entre 2 y 5 m/seg., evitando de esta forma problemas de sedimentación (pendiente superior al 2%) y abrasión, respectivamente.

En los cambios de alineamiento e intersección de varias canaletas debe diseñarse estructuras hidráulicas para el control y disipación del flujo (cajas o pozos de inspección), incluyendo los detalles respectivos en planos generales del proyecto.

El diámetro mínimo de los colectores requeridos por el transporte de aguas lluvias del sistema de canaletas será de 10 pulgadas, contemplando las especificaciones de cálculo definidas en las Normas técnicas para diseño de alcantarillado – CDMB.

#### 7.15 CONTROL DE AGUAS SUBTERRANEAS

Todos los taludes donde exista amenaza de deslizamiento (para un período de 100 años) debido a la presencia de aguas subterráneas, se requiere la construcción de obras de control de aguas subterráneas.

Para el diseño de las obras de estabilización se requiere realizar previamente un estudio de estabilidad de laderas de acuerdo a los criterios de las presentes normas técnicas.

Los estudios pueden determinar la necesidad de las siguientes obras:



Sistemas de subdrenaje somero: Utilizando para la captación y transporte de aguas subterráneas en profundidades menores de 3.0 metros, entre los cuales se tienen los Subdrenes o filtros interceptores y los drenes de pantalla. Para el diseño de las obras de subdrenaje somero se debe utilizar los criterios de la norma INVIAS número 673-02.

Sistema de subdrenaje profundo: Para este tipo de control se utilizan los drenes horizontales o de penetración. Es un sistema de drenaje profundo utilizando tubería perforada de diámetro entre 2 y 3 pulgadas, tipo PVC, metálicas, etc., colocadas a través de una masa de suelo, mediante un alineamiento subhorizontal o ligeramente inclinada (pendiente de 5 a 20%), con la cual se abate el nivel freático hasta una altura que incremente la estabilidad del talud a los valores especificados.

La separación, longitud y localización de los subdrenes estará condicionada a un estudio geotécnico y de estabilidad de laderas para determinar el régimen de aguas subterráneas. El dren deberá quedar normal a las líneas isopiezométricas, dentro del acuífero (por lo menos 5 metros de nivel de agua) y por debajo de la zona fallada.

La longitud del dren se podrá estimar de acuerdo con la altura del talud y la variación esperada en el nivel de abatimiento del nivel de agua, con valores mínimos de dos veces la altura del talud y longitudes que oscilan entre los 40 y 50 metros.

Se recomienda que el espaciamiento entre subdrenes sea mínimo la mitad de la longitud de los drenes el cual será optimizada en el período constructivo mediante el monitoreo permanente de piezómetros, en donde se podrá medir el abatimiento del nivel de aguas y definir la necesidad de un número mayor de los mismos.

Los drenes de penetración deben complementarse con un sistema de captación (cajas colectoras para cada subdren) y conducción hasta los puntos de descarga permisibles (cauces o alcantarillados pluviales capacitados). Este tipo de subdren requiere de un mantenimiento periódico, mediante la inyección de agua a presión para limpiar los orificios de drenaje y remover el material sedimentado alrededor de la tubería.

Sistema de drenes de pantalla. El sistema de subdrenes de pantalla se utiliza principalmente como drenaje somero en taludes donde el nivel de aguas subterráneas se encuentre por encima del pie del talud, y no es factible realizar el control de aguas únicamente con un filtro interceptor o de zanja.

El dren de pantalla consiste en una gran bolsa de geotextil con cantos en su interior, de granulometría similar a la especificada para el filtro interceptor, sostenidas por una pantalla estabilizadora en gaviones, de acuerdo con la topografía y características del afloramiento.

### **7.15.1 Criterios generales para el diseño de obras de control de aguas subterráneas**

Si el nivel freático aparece por encima de la cota del pie del talud, se deben diseñar obras de drenaje somero y profundo.

Si el nivel freático aparece a menos de 3.0 metros por debajo del pie del talud, se debe diseñar obras de drenaje somero.

Si existe afloramiento de agua a la superficie del talud se deben construir subdrenes de pantalla.

Para cada caso particular se debe definir la localización de las obras en planta y perfil, incorporando los detalles típicos de los drenajes proyectados, especificaciones técnicas de los materiales a utilizar, metodologías constructivas y de mantenimiento de dichos sistemas, así como el diseño de las redes de conducción hasta los puntos de descarga permitidos, contemplando un dimensionamiento mínimo de 6 pulgadas y pendiente del 2% y procedimiento de cálculo de acuerdo con las Normas técnicas para Diseño de alcantarillados.

## **7.16 OBRAS MINIMAS DE ESTABILIZACION DE TALUDES**

Los taludes naturales o “artificiales” (por efecto de cortes o rellenos) que se presenten en un proyecto, deberán ser estudiados en forma integral con el fin de analizar los posibles agentes erosivos y las condiciones de estabilidad actual (taludes naturales) y futura y proceder a definir y diseñar las obras de protección y estabilización de taludes que sean necesarias.

Se deben todos los requisitos indicados en las presentes normas para el manejo de cortes y conformación de la superficie del terreno (Artículo 7.11).

Los criterios para el estudio de los taludes y el diseño de obras de estabilización son los estudios de estabilidad de laderas determinados en las presentes normas técnicas. En todos los casos se debe garantizar un factor de seguridad de 1.5 para condiciones estáticas y de 1.2 para una aceleración sísmica de 0.15g.



El diseño de estabilización del talud consistirá básicamente en la definición de su geometría para las condiciones de seguridad permisible, las obras de protección superficial (empradización y otras), el control de las aguas superficiales y subterráneas (si las hubiere), las obras complementarias de estabilización requeridas para el proyecto (muros de contención, etc.), así como los procedimientos constructivos y de mantenimiento de las obras de control de erosión.

La pendiente máxima permitida para taludes en corte es de  $\frac{1}{2}H:1V$  y para taludes en relleno de  $1H:1V$ .

En todos los casos los taludes deben recubrirse utilizando vegetación u otro tipo de cobertura permanente y se deben construir las zanjas revestidas de corona, de pié e intermedias que se requieran con sus respectivas obras de entrega definitivas.

## 7.17 MUROS DE CONTENCION

Este tipo de estructura se debe utilizar para el control de erosión y deslizamientos de tierra y proteger obras aledañas a los taludes, tales como vías, edificaciones, terracedos de urbanizaciones en ladera, protección de riberas y en los sitios en los cuales el diseñador estime conveniente utilizar como parte integral de las obras de protección y estabilización de taludes de un proyecto determinado.

Para el análisis y cálculo de estas estructuras se deberá tener en cuenta las condiciones geotécnicas, topográficas y de drenaje de la zona, con el fin de conocer las posibles superficies de falla y las fuerzas actuantes en el talud, las cuales sirven de base para la selección del tipo de muro y su correspondiente diseño.

Los muros de contención deben quedar cimentados por debajo de las posibles superficies de falla, garantizando como mínimo los factores de seguridad de 1.5 a deslizamiento y volcamiento.

El diseñador podrá proyectar muros en concreto simple, reforzado o ciclópeo, gaviones, etc., definiendo para cada caso en particular la metodología de cálculo utilizada, las especificaciones de los materiales, así como los procedimientos constructivos y de mantenimiento de las obras.

El diseño de los muros debe ser complementado con obras de control de aguas superficiales y subterráneas y la protección vegetal requerida para la conformación de los taludes.

Los muros deben ser diseñados de acuerdo a las especificaciones de diseño AASHTO.

## 7.18 OBRAS MINIMAS PARA VÍAS TERRESTRES

### 7.18.1 Descripción

La construcción de una vía conlleva los siguientes elementos que en formas diferentes afectan el comportamiento del ambiente alrededor de ella y pueden comprometer la estabilidad de una zona por acción de la erosión:

- Cortes en formaciones estables o inestables susceptibles a erosionarse cambiando las condiciones topográficas.
- Rellenos sobre la superficie inclinada de los taludes
- Obstrucciones laterales del cauce de quebradas
- Botaderos de residuos de movimiento de tierras
- Vibraciones debidas al tránsito automotor
- Emisión de gases de combustión
- Facilidad de acceso de las personas a las áreas, facilitando la depredación.

El diseñador debe estudiar cada situación en particular, teniendo en cuenta los elementos específicos anteriormente, con el fin de definir y calcular las obras de control de erosión necesarias para el desarrollo de una vía en zonas susceptibles a erosión.

### 7.18.2 Criterios generales

- Los botaderos de tierra deben hacerse en sitio semiplanos o en talud de acuerdo con las exigencias para rellenos definidas en las presentes normas técnicas. La pendiente superior de los botaderos debe ser hacia el talud arriba del relleno y debe sembrarse árboles y empradizarse en todo el área del botadero.
- A lo largo de toda la vía y a ambos lados de esta, deben construirse cercas y muros en tal forma que se impida el acceso de personas y el depósito de rellenos o basuras por parte de terceros.

### 7.18.3 Trazado vial

El trazado de la vía debe hacerse utilizando el alineamiento que tenga menos efecto negativo sobre la ocurrencia o aceleración de fenómenos erosivos de acuerdo a los parámetros siguientes:

- Que tenga el menor volumen de cortes, rellenos y botaderos de residuos.
- Que se aleje de los focos existentes de erosión.
- Que intercepte la menor cantidad de área de escorrentía.
- Que produzca el menor número de puntos de concentración de aguas.
- Que no afecte el régimen de aguas subterráneas.
- Que tenga la menor área de taludes expuestos.

Las alternativas viales escogidas deben ser presentadas para revisión y aprobación por parte de la CDMB, en donde se analiza si el alineamiento pueda afectar negativamente los procesos erosivos y las obras construidas para el control de la erosión.

### 7.18.4 Criterios de manejo zonas de corte de vías terrestres

Todos los cortes que se realicen deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Sobre la corona del talud deberá diseñarse un control de aguas lluvias, mediante cunetas revestidas en concreto
- Deben diseñarse cunetas intermedias mínimo cada cuatro (4) metros de altura, así como cunetas en el pie del corte, proyectando las correspondientes entregas hasta los puntos de descarga permisibles (colector pluvial o cauce receptor).
- Las pendientes de los taludes deben ser tales que se garantice un factor de seguridad contra el deslizamiento superior a 1.5. La pendiente máxima permisible en cortes de vías terrestres es de 1 vertical a ½ horizontal (1V : 0.5 H).
- En todos los sitios en los cuales se detecten afloramiento de aguas subterráneas en el talud deben diseñarse y construirse las obras de control al respecto, como son: subdrenes o filtros, pantallas interceptoras en gaviones y/o subdrenes de penetración horizontal.
- Los taludes se deben revegetalizar, presentando un diseño detallado sobre el diseño, construcción y mantenimiento de estos sistemas.
- En casos excepcionales para los taludes con pendiente superior a 1H:1/2 V, se analizará la posibilidad de diseñar y construir muros o pantallas ancladas de acuerdo con las normas y especificaciones de la CDMB.
- Debe reforestarse la totalidad del área de los taludes abajo y arriba de la vía desde las quebradas (si las hay) hasta la divisoria de aguas.
- Las estructuras cercanas a los taludes y cauces deberán conservar los aislamientos definidos en las presentes normas.

### 7.18.5 Criterios de manejo de zonas de relleno en vías terrestres

Todos los rellenos sobre la superficie de los taludes deben cumplir con los requisitos siguientes:

- Los rellenos deben construirse sobre plataformas en corte bajando siempre a suelo natural. Estas plataformas deben tener un ancho superior a tres metros, y sobre el pie de estas gradas debe diseñarse y construirse en todos los casos, subdrenes para el control de aguas subterráneas con sus respectivas conducciones hasta los puntos receptores permisibles.
- En rellenos sobre taludes húmedos (nivel freático por encima del pie del talud), deben diseñarse drenes de pantalla y/o subdrenes de penetración.
- La pendiente máxima permitida para taludes en relleno de vías terrestres es de 1H : 1V.

- Toda el área de los rellenos expuestos y en el talud hacia abajo hasta la quebrada principal (si la hay), debe revegetalizarse.
- Deben construirse cunetas revestidas en concreto en la corona, zonas intermedias (bermas) y pie de todos los rellenos, con sus respectivas conducciones hasta los puntos de entrega permisibles (colector pluvial o cauces).
- Todos los rellenos deben compactarse a densidades superiores al 90% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.
- Deben diseñarse y construirse todos los muros, subdrenes, anclajes, bermas, etc., que se requieran para garantizar la estabilidad del talud sobre el cual se coloque el relleno. Para el análisis y diseño del talud se deben obtener factores de seguridad superiores a 1.5
- No se permiten rellenos cerca de la corona de escarpes verticales o en zonas de deslizamientos activos.

#### **7.18.6 Manejo de vías terrestres en zonas cercanas a cauces**

Cuando la vía se encuentre a menos de 50 metros medidos horizontalmente desde el pie de los rellenos o corte hasta una quebrada principal, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Diseñar y construir un muro lateral de protección a todo lo largo de la quebrada.
- Diseñar y construir las obras de control de cauces que sean necesarias.
- Diseñar y construir filtros y subdrenes para el control de las aguas subterráneas.

#### **7.18.7 Manejo de aguas de escorrentía**

- El proyecto deberá incorporar el control de aguas lluvias mediante la captación conducción y entrega de la escorrentía superficial.
- Los sitios de entrega deberán llevar el visto bueno de la CDMB.
- No se permite la entrega sobre áreas donde pueda generar procesos erosivos o impactos ambientales negativos.

#### **7.18.8 Requisitos mínimos que deben cumplir los puentes**

Todos los puentes que se construyan en sectores urbanos y suburbanos deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- La luz total del puente debe ser superior al ancho total de la zona de inundación para la creciente máxima (500 años), medida antes de la construcción del puente.
- El gálibo libre del puente debe estar a una altura superior a un metro por encima de la cota de inundación para la creciente máxima (500 años).

### **7.19 DISPOSICION DE ESCOMBROS**

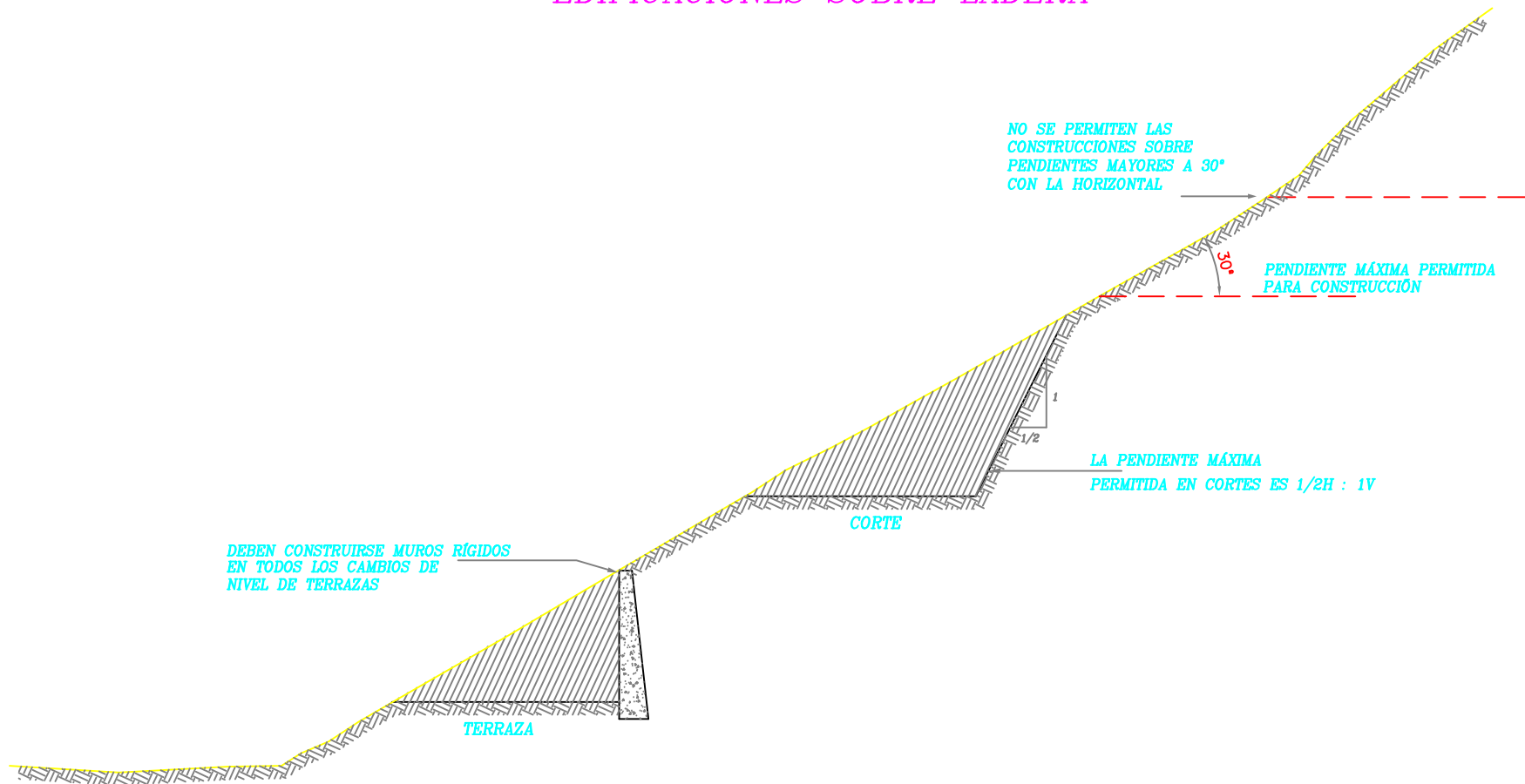
- Los sitios de disposición de escombros y tierra serán fijados por los Municipios y podrán ser terrenos del estado y /o particulares. En cualquiera de los dos casos se requiere elaborar previamente obras mínimas de drenaje y estabilización que serán definidas por la CDMB para cada caso particular.
- El propietario de predios particulares podrá hacer la solicitud ante la CDMB, con el objeto de fijar el tipo de obras de adecuación requeridas y el alcance en cuanto al volumen de disposición, así como las limitaciones de uso que tiene el terreno habilitado.
- Los sitios autorizados para la disposición de escombros y demás elementos especificados anteriormente, se encontrarán convenientemente señalizados.
- No se permite la disposición de tierras, arenas, cascajo y escombros provenientes de demoliciones y basuras, sobre los barrancos y escarpes.
- Para adelantar la actividad de disposición de tierras, arenas, cascajo y escombros, se requiere para cada caso particular la autorización escrita por parte de la CDMB.

## **7.20 MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS GEOTECNICAS**

El mantenimiento de las obras geotécnicas y de control de erosión que se requieren para garantizar la estabilidad de los proyectos de desarrollo, debe ser realizado por los propietarios de los predios y la urbanización respectiva.

Los propietarios están obligados a realizar las reparaciones de las obras construidas y a construir las obras complementarias que se puedan requerir con el transcurso del tiempo.

# EDIFICACIONES SOBRE LADERA



NOTA:

- No se permiten las construcciones sobre rellenos sobre ladera.



**CDMB** corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de bucaramanga

NORMAS TECNICAS PARA CONTROL DE EROSION Y MANEJO DE PROYECTOS DE DESARROLLO

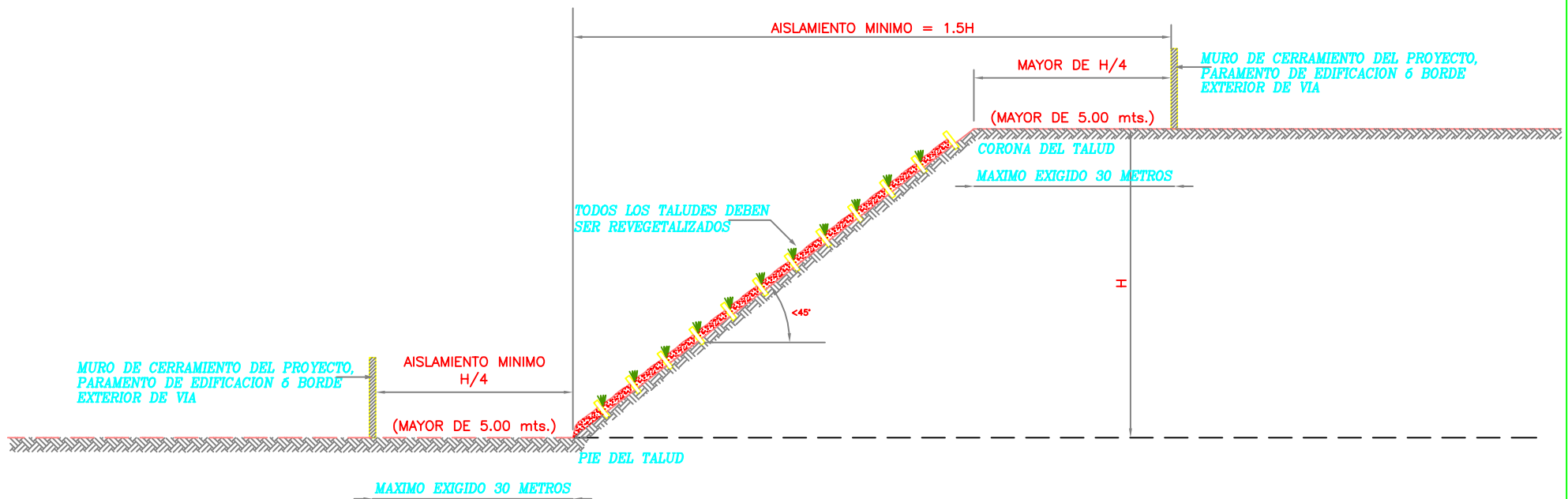
CONTIENE:

EDIFICACIONES SOBRE LADERA

FIGURA No.

1

## AISLAMIENTOS EN TALUDES CON PENDIENTE INFERIOR A 45°



**CDIMB** corporación autónoma regional para la  
defensa de la meseta de Bucaramanga

NORMAS TECNICAS PARA CONTROL  
DE EROSION Y MANEJO  
DE PROYECTOS DE DESARROLLO

CONTIENE:

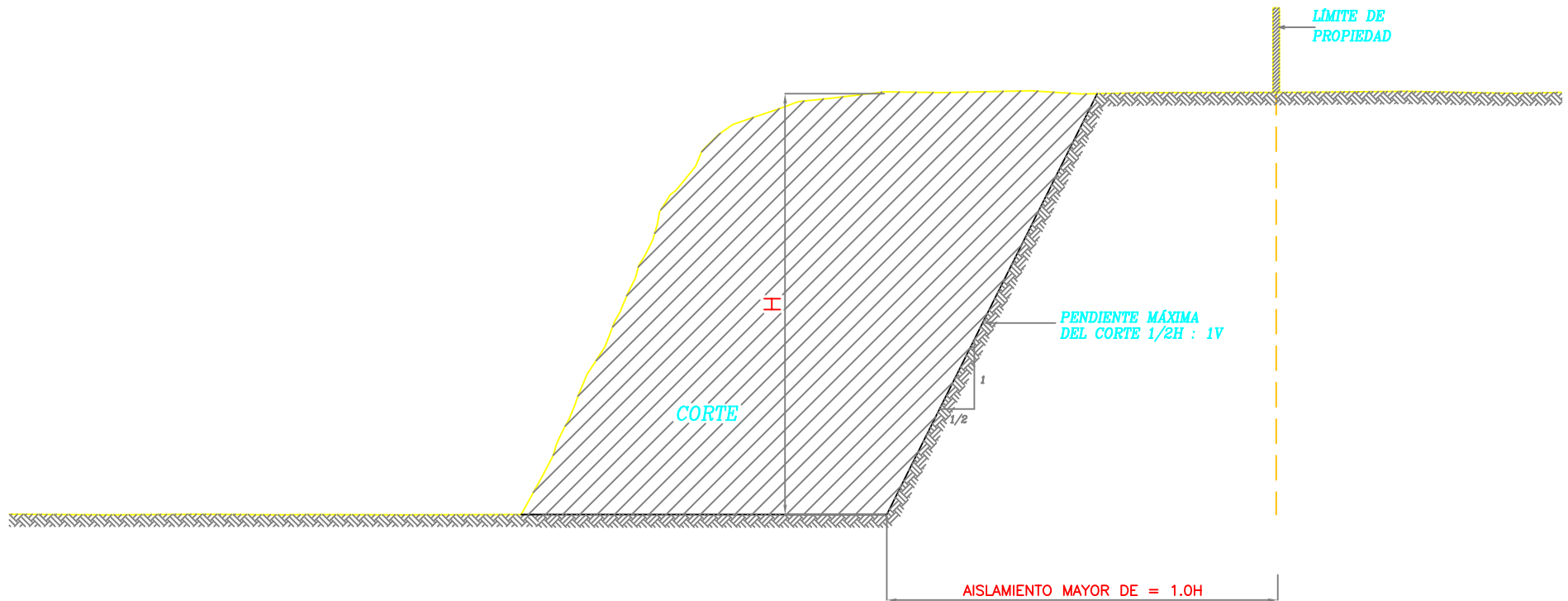
AISLAMIENTOS MINIMOS  
EN TALUDES CON  
PENDIENTE INFERIOR A 45°

FIGURA No.

2



## AISLAMIENTOS EN CORTES JUNTO A LÍMITES DE PROPIEDAD



### NOTAS:

- Aislamiento mínimo entre el límite de la propiedad y el pie del corte :  $1.0H$ .
- Este aislamiento no se aplica para la construcción de sótanos de edificios en áreas desarrolladas.



**CDMB** corporación autónoma regional para la  
defensa de la meseta de bucaramanga

NORMAS TECNICAS PARA CONTROL  
DE EROSION Y MANEJO  
DE PROYECTOS DE DESARROLLO

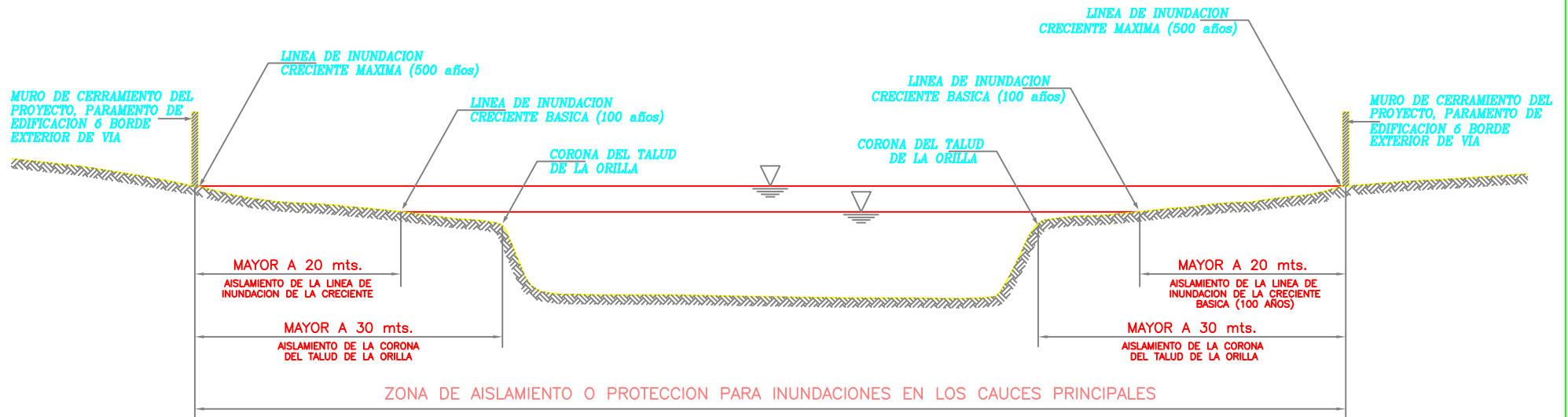
CONTIENE:

AISLAMIENTOS EN CORTES  
JUNTO A LÍMITES  
DE PROPIEDAD

FIGURA No.

4

## AISLAMIENTOS EN CAUCES PRINCIPALES



### CAUCES PRINCIPALES:

- Río Suratá abajo de la entrega del río Tona.
- Río de Oro abajo de la entrega del río Lato.
- Río Frío abajo de la quebrada la Estancia o Aranzoque.
- Todos los ríos con creciente de 100 años superior a 100 metros cúbicos por segundo.



**CDIMB** corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de bucaramanga

NORMAS TECNICAS PARA CONTROL  
DE EROSION Y MANEJO  
DE PROYECTOS DE DESARROLLO

CONTIENE:

AISLAMIENTOS MINIMOS EN  
LOS CAUCES PRINCIPALES

FIGURA No.

5