ANEXO No 1 – ANEXO TÉCNICO.

1. OBJETO

PRESTAR LOS SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA ACTUALIZAR LOS ESTUDIOS BÁSICOS DE RIESGO URBANO Y RURAL, SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA EL MUNICIPIO DE LA CALERA

2. Tiempo de ejecución

El plazo de ejecución es de máximo de cinco (5) meses, contados a partir del acta de inicio, previo cumplimiento de los requisitos de ejecución.

- El proponente deberá entregar un cronograma de actividades detallado de como alcanzar la entrega de productos en el tiempo solicitado.

3. ALCANCE

El alcance consiste en realizar los estudios básicos de amenaza, que incluyan las zonificaciones de amenaza por movimientos en masa e inundaciones y la zonificación de susceptibilidad por avenidas torrenciales para el área total del municipio de La Calera (suelo rural, urbano, expansión urbana y centros poblados), como insumos técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en el proceso de revisión y ajuste de los instrumentos de planificación y ordenamiento.

Los estudios básicos serán elaborados según lo establecido en la Sección 3 “Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento” territorial del Decreto 1077 de 2015, los cuales, deberán contener:

a) La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.
b) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados.
c) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados.
d) La determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas.

Para dar cumplimiento al objeto mencionado y su alcance, se debe garantizar el desarrollo de los siguientes objetivos específicos, los cuales se enmarcan en los artículos 2.2.2.1.3.1.1 al 2.2.2.1.3.2.1.6 del Decreto 1077 de 2015, respecto a: “Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial”.

1. Generar los insumos temáticos técnicos requeridos en escala de trabajo de suelo urbano y centros poblados (escala 1:2000) y rural (escala 1:25.000), para soportar la elaboración de las zonificaciones de amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en toda el área municipal.
2. Elaborar las zonificaciones de amenaza por movimientos en masa en escala de

trabajo de suelo urbano y centros poblados (escala 1:2000) y rural (escala 1:25.000) para cubrir la totalidad del área municipal.

3. Elaborar las zonificaciones de amenaza por inundación en escala de trabajo de suelo urbano y centros poblados (escala 1:2000) y rural (escala 1:25.000), para cubrir la totalidad del área municipal.

4. Elaborar las zonificaciones de susceptibilidad por avenidas torrenciales en escala de trabajo de suelo urbano y centros poblados (escala 1:2000) y rural (escala 1:25.000) para cubrir la totalidad del área municipal.
5. Realizar acompañamiento técnico en la incorporación de los resultados de los estudios básicos de gestión del riesgo de suelo urbano y centros poblados (escala 1:2000) y rural (escala 1:25.000) en los documentos del Plan Básico de Ordenamiento Territorial de la Calera, brindando insumos para los Documentos Técnicos y Cartografía de Diagnóstico y Formulación, atendiendo los requerimientos dispuestos en los informes técnicos expedidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, garantizando el acompañamiento técnico necesario durante el proceso de Concertación ambiental.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se circunscribe a la totalidad de la superficie que conforma el municipio de La Calera, cuya extensión para el análisis técnico se estima en un área total de 32634,4 hectáreas, dentro de la cual se incluye el suelo urbano, con un área total estimada de 185,6 hectáreas, y 10 centros poblados que en conjunto presentan un área total estimada de 222,3 hectáreas, tal como se ilustra en la Figura 1.

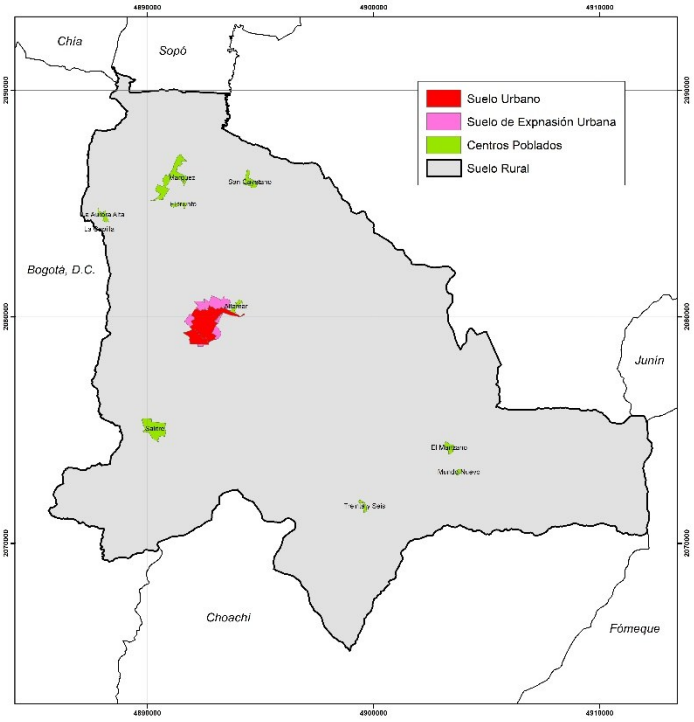


Figura 1. Delimitación del área de estudio.

5. ESPECIFICACIONES PARA LA RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN PRECEDENTE (INSUMOS TÉCNICOS) QUE SOPORTEN LA ELABORACIÓN DE LAS ZONIFICACIONES DE AMENAZA Y SUSCEPTIBILIDAD

El proceso de recopilación de insumos temáticos técnicos deberá sustentarse en un documento técnico (con sus respectivos anexos, cartografía y demás soportes), en donde

se detalle lo siguiente:

5.1 Registro y Análisis de eventos Históricos (fenómenos amenazantes)

Este análisis comprende el diagnóstico de eventos amenazantes y el levantamiento y caracterización de los procesos morfodinámicos, para el asuelo urbano y rural, en el período comprendido entre el año 1970 hasta la actualidad, tal como se describe a continuación:

- ✓ *Diagnóstico histórico de eventos amenazantes*

Se deberá realizar un diagnóstico histórico de los eventos amenazantes que se hayan presentado en el municipio, labor que debe ser complementada con la recopilación de los estudios técnicos de amenaza y riesgo que se hayan elaborado con influencia en cada territorio, así como información cartográfica, catastral, de imágenes de satélite, hemerográfica, que sean de utilidad para la incorporación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial del municipio. En caso de ser necesario, se deberá realizar la compra de aquella información que sea relevante para el satisfactorio cumplimiento del objeto del proyecto.

La recopilación de información deberá incluir la búsqueda de insumos, como mínimo, en las siguientes entidades: el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el IDEAM, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), las autoridades ambientales de la jurisdicción, la Gobernación de Cundinamarca, la alcaldía municipal, la oficina de gestión del riesgo, Universidades con influencia en la región y Organizaciones/asociaciones privadas que brinden apoyo o servicio público (Bomberos, Cruz roja, Defensa Civil, etc.).

El análisis del diagnóstico histórico deberá conllevar a la estimación de la recurrencia de los fenómenos amenazantes que se presentan en el territorio.

Este inventario deberá documentarse con la identificación de los siguientes atributos mínimos para cada evento:

- Localización (coordenadas planas).
- Fecha estimada del evento.
- Tipo de fenómeno.
- Causas.
- Área de influencia.
- Afectaciones registradas.
- Registro fotográfico.
- Fuente de la información.

✓ *Levantamiento y caracterización de procesos morfodinámicos (movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales)*

El inventario de procesos morfodinámicos (IPM) incluirá no sólo la representación de movimientos en masa, sino también otro tipo de rasgos geomorfológicos y morfográficos indicativos de la ocurrencia de movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

Se considerará la representación cartográfica tipo polígono y tipo punto (en el caso en que los procesos tipo polígono no sean cartografiables), así como los rasgos geomorfológicos indicativos de inestabilidad, inundabilidad y torrencialidad representados como línea con su respectiva simbología; adicionalmente, se incluirán aquellos procesos morfodinámicos que han sido verificados mediante criterios geomorfológicos observados durante el levantamiento de campo y en la interpretación y procesamiento de sensores remotos.

En el caso de procesos morfodinámicos tipo movimiento en masa, este insumo deberá ser complementado con información secundaria como la registrada en el sistema de Información de Movimientos en Masa – SIMMA, los cuales deben ser verificados espacialmente usando sensores remotos y/o validación en campo.

El levantamiento y caracterización de los procesos morfodinámicos deberá ser producto de la conjunción entre la información consultada e identificada mediante sensores remotos, así como el proceso de reconocimiento y trabajo de campo.

✓ *Entregables del análisis histórico de fenómenos amenazantes*

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente el análisis histórico de fenómenos amenazantes en el municipio, que incluya lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que comprenda la investigación hemerográfica de fuentes regionales y locales.
- Una (1) carpeta de archivos con los estudios e información recopilada.
- Se deberá diseñar y diligenciar una (1) ficha técnica por cada uno de los eventos históricos recopilados en el proceso de consulta de información, que contenga los atributos mínimos mencionados previamente.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX, donde se compilen los eventos debidamente georreferenciados con sus correspondientes atributos.
- Una (1) base de datos geográfica (gdb), la cual compilará las capas temáticas localizadas en el *feature class* correspondiente.

5.2. Inventario de Cartografía Base y Sensores Remotos

Los insumos de cartografía básica y de sensores remotos, serán principalmente los entregados al municipio por parte del instituto geográfico Agustín Codazzi durante el año

2024; los cuales se configuran como cartografía oficial del país, y permiten a las escalas urbana y rural, realizar los análisis requeridos en el marco de la actualización de los estudios básicos. De ser necesario puede requerirse vuelo en zonas puntuales del territorio.

Dichos insumos son los siguientes:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Orto imagen	Mosaico de orto imágenes del municipio del área rural, con GSD 100 cm. Formato de entrega TIFF, con su respectivo Metadato.	1
Orto imagen	Mosaico de orto imágenes del municipio del área urbana, con GSD 10 cm. Formato de entrega TIFF, con su respectivo Metadato.	1
MDT	Modelo Digital del terreno del municipio del área rural, con malla 10 m. Formato de entrega TIF, con su respectivo Metadato.	1
MDT	Modelo Digital del terreno del municipio del área urbana, con malla 1 m. Formato de entrega TIF, con su respectivo Metadato.	1

Entregables – Cartografía Base y Sensores Remotos.

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente y describa la cartografía básica y de sensores remotos entregada a la consultoría, y su análisis en términos de calidad y precisión, para la realización de los análisis espaciales a las diferentes escalas requeridas. Describiendo además las capas geográficas seleccionadas y su utilidad para la generación de productos intermedios durante el proceso . Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información recopilada e inventariada de cartografía básica y sensores remotos
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX, para el producto de cartografía básica, que permita identificar los diferentes insumos utilizados y su cubrimiento en el municipio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para el producto de cartografía base y sensores remotos, donde se evidencie su distribución espacial en el municipio.
- Una (1) base de datos geográfica (gdb), la cual compilará las capas de cartografía básica, localizadas en el *feature class* correspondiente.

5.3. Coberturas y Uso de la Tierra

Este insumo se elaborará a escalas de trabajo 1:2000 y 1:25.000 dependiendo del grupo de afectación por fenómenos amenazantes en áreas sujetas a análisis urbanos, y de

acuerdo con la metodología de Corine Land Cover, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Deben ser útiles en la clasificación de unidades y uso del terreno de acuerdo con los requerimientos del método de lluvia escorrentía del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos, el cual asocia la lluvia como factor detonante de movimientos en masa. De igual manera podrán ser utilizadas en los análisis de rugosidad del material si se incluyen modelos hidráulicos útiles para la evaluación de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales. Así mismo, dependiendo de la escala y método de evaluación seleccionado debe permitir correlacionar dichas coberturas y usos con los movimientos en masa, actuales y potenciales.

Entregables – Coberturas y uso de la tierra

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente los equipos, personal y procesos realizados en la adquisición, procesamiento y generación de los productos cartográficos de coberturas y uso de la tierra en escala 1:25.000 para el municipio. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información recopilada de Coberturas y uso de la tierra (informes, documentos, archivos nativos de estudios regionales y locales) o cualquier otro tipo de información existente que permita alcanzar los objetivos del proyecto.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX, para el producto temático de coberturas y uso de la tierra donde se evidencie su distribución espacial en el área de estudio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión de el municipio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para el producto temático de coberturas y uso de la tierra donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del municipio.
- (1) base de datos geográfica (gdb), la cual compilará las capas temáticas, localizadas en el *feature class* correspondiente.

5.4. Hidrología y Clima

La caracterización del comportamiento del régimen climático e hidrológico para el municipio se realizará tomando como punto de partida un análisis de los eventos hidroclimáticos, identificando los períodos de retorno en los cuales se podrían presentar las afectaciones y las áreas afectadas para los mismos. Para lo anterior se deben realizar como mínimo las siguientes actividades:

- Delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas aferentes al área municipal (sobre cartografía base en escala 1:25.000) delimitando como mínimo hasta los niveles de detalle de unidades hidrográficas de nivel I, II y III, conforme el documento de

Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas del IDEAM (2013).

- A partir de la delimitación de las cuencas hidrográficas (mínimo hasta nivel III) se debe realizar la caracterización morfométrica de las mismas, las cuales incluirán la estimación de los siguientes parámetros: área, perímetro, cota máxima, cota mínima, longitud recta de la cuenca, ancho de la cuenca, coeficiente de compacidad (coeficiente de Gravelius), factor de forma, índice de alargamiento, pendiente media de la cuenca, elevación media de la cuenca, evaluación de las curvas hipsométricas (incluye análisis de la integral hipsométrica), longitud, pendiente media y perfil del cauce principal, longitud total de drenaje, densidad de drenaje, número de orden de los drenajes, relación de relieve, relación de bifurcación, relación de longitud, índice de torrencialidad, número de Melton, índice de Hack (gradiente – longitud del canal - SL), tiempos de concentración e índice morfométrico (este calculado a partir de la densidad de drenaje, la pendiente media de la cuenca y el índice de compacidad de Gravelius).
- Identificación de las estaciones hidrometeorológicas en el área de influencia de las cuencas delimitadas y el municipio. Para las estaciones hidrológicas identificadas, se deben caracterizar las series históricas de caudales máximos con registros mayores a 15 años, las cuales deben ser objeto de análisis de consistencia y homogeneidad de acuerdo con los estándares sugeridos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2008) y el IDEAM.

- Realizar el análisis espacial y temporal de las principales variables climatológicas (como mínimo la precipitación media anual, precipitación máxima en 24 horas, temperatura media, máxima y mínima, brillo solar, evaporación y humedad relativa) a partir de la información climatológica registrada en estaciones identificadas y localizadas en las cuencas o sus áreas de influencia con un período de registro no menor a 15 años. Dicha información debe contemplar el tratamiento de datos realizando los análisis de consistencia y homogeneidad, estacionalidad, normalidad, tendencia, incluyendo además un análisis de las series de tiempo, de acuerdo con los estándares sugeridos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2008) y el IDEAM.

- Caracterización hidrológica del municipio, la cual debe contemplar análisis del comportamiento espacial y temporal de caudales considerando la ocurrencia de fenómenos de variabilidad climática como el ENOS para condiciones de aguas máximas, medias y mínimas, estimación de caudales característicos (incluye generación de curvas de duración de caudales) y análisis de distribución de frecuencias de caudales máximos para diferentes períodos de retorno (2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100, 300 y 500 años). La escala temporal de análisis será a nivel mensual. En caso de la no existencia de información hidrológica y/o de niveles, esta debe ser generada a partir de modelos lluvia-escorrentía o métodos de transposición de caudales de cuencas homogéneas,

previa aprobación de la supervisión. El resultado de las modelaciones hidrológicas deberá ser calibrado y/o validado, en donde sea factible (esto asociado a la disponibilidad de información de estaciones limnimétricas o limnigráficas).

- A partir de las curvas de duración de caudales de cada cuenca analizada se estimará el índice de variación, el cual, junto con el índice morfométrico, serán insumos para el cálculo del índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales – IVET, de acuerdo con la definición del IDEAM (2013) en el documento de Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua – ERA.

Entregables – Hidrología y clima

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente los procesos realizados en la adquisición, procesamiento y generación de los productos cartográficos de todos los insumos técnicos de hidrología y clima en escala 1:25.000 por el municipio. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información recopilada de hidrología y clima (informes, documentos, archivos nativos de estudios regionales y locales) o cualquier otro tipo de información existente que permita alcanzar los objetivos del proyecto.
- Una (1) carpeta de archivos que contenga los anexos con las memorias de cálculo, modelos hidrológicos y demás insumos generados en la definición del componente de hidrología y clima.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX para cada uno de los productos temáticos (Hidrología y clima) donde se evidencie su distribución espacial para el municipio.
- Una (1) base geográfica GDB con informacion vectorial y ráster, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas, usadas para la modelación y el resultado de los análisis, localizadas en el *feature class* correspondiente.

5.5. Dinámica fluvial

El análisis de la dinámica fluvial se deberá realizar a partir de evaluación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, estableciendo índices de cambios en el cauce (cambios de régimen de flujo, forma, construcción de estructuras hidráulicas, canalización por tramos o eliminación de área de inundación, etc.), delimitación de la llanura de inundación máxima histórica y los cuerpos lénticos identificados dentro del área de estudio a través del tiempo hasta la fecha más reciente disponible. Este análisis dará como resultado los polígonos de las áreas correspondientes al cauce, zonas de inundación máxima histórica,

cuerpos lénticos (en caso de existir) y tasas de divagación de los cauces para diferentes periodos con ventanas de tiempo de aproximadamente 15 años, tomando como base las fotografías aéreas más antiguas para el municipio.

Entregables – Dinámica fluvial

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente equipos, personal y procesos realizados en la adquisición, procesamiento y generación de los productos cartográficos de todos los insumos técnicos generados para el análisis de la Dinámica fluvial en escala 1:2000 y 1:25.000 para el municipio. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información recopilada sobre dinámica fluvial (informes, documentos, archivos nativos de estudios regionales y locales) o cualquier otro tipo de información existente que permita alcanzar los objetivos del proyecto.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX para cada uno de los productos temáticos de dinámica fluvial donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del municipio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para cada uno de los productos temáticos de dinámica fluvial, donde se evidencie su distribución espacial en el el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del municipio.
- Una (1) base geográfica GDB, la cual compilará las capas temáticas identificadas, localizadas en el feature class correspondiente.

5.6. Geología y Geomorfología

La caracterización de unidades litológicas deberá partir de un análisis regional geológico evolutivo, litoestratigráfico y estructural enfocado en describir desde escalas regionales e intermedias procesos evolutivos, formaciones y cambios genéticos que den lugar a las formaciones geológicas presentes en el municipio.

Con la comprensión del marco geológico regional, la cartografía base en escala 1:2000 y 1:25.000 (modelos de elevación, cuerpos de agua, ortofotografías, entre otros) e información adicional de sensores remotos se realizará la fotointerpretación de unidades geológicas básicas (rocas y depósitos), sus contactos y rasgos estructurales.

La caracterización de subunidades geomorfológicas para el suelo rural debe partir de un análisis de los procesos genéticos que originaron el paisaje existente y de la información existente a diversas escalas. La interpretación se deberá realizar a nivel de subunidades geomorfológicas usando bases cartográficas en escala 1:25.000, adicionando en lo posible criterios morfográficos y morfométricos. Se sugiere consultar los glosarios oficiales de

clasificación geomorfológica del SGC.

Se identificarán las diferentes subunidades geomorfológicas asociadas a la dinámica fluvial, procesos de formación estructurales, denudacionales, volcánicos, cársticos, marinos y antropogénicos que permita identificar geoformas propensas a la existencia de los diferentes procesos que moldean el relieve del municipio y su procesividad a la existencia de fenómenos de origen denudacional, fluvial y fluviotorrencial.

Para cada uno de los insumos temáticos de geología y geomorfología se debe incluir secciones transversales que atraviesen el municipio, de tal manera que se obtenga una percepción en profundidad de las caracterizaciones identificadas. Se requieren mínimo 5 secciones para cada temática, localizadas en áreas que resulten estratégicas en el contexto del ordenamiento.

Entregables – Geología y geomorfología

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente los equipos, personal y procesos realizados en la adquisición, procesamiento y generación de los productos cartográficos de todos los insumos técnicos generados de Geología y Geomorfología en escala 1:2000 y 1:25.000 para el municipio. Forma parte integral del producto, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información recopilada de geología y geomorfología (informes, documentos, archivos nativos de estudios geológicos, geomorfológicos regionales y locales) o cualquier otro tipo de información existente que permita alcanzar los objetivos del proyecto.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX para cada uno de los productos temáticos (Geología y Geomorfología) donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del el municipio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para cada uno de los productos temáticos (Geología y Geomorfología), donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del el municipio.
- Una (1) base geográfica GDB, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas.

5.7. Información Geotécnica y Geofísica

Se recopilará e integrará toda la información geotécnica y geofísica de fuentes de consulta secundaria, en caso de existir, que permita definir el modelo geológico, geomorfológico, geotécnico y geofísico más acertado del área analizada. Se deberán contemplar las

siguientes actividades:

- Recopilación de información secundaria de estudios geológicos, geofísicos, análisis geotécnicos, de estabilidad de taludes y evaluaciones de amenaza por movimientos en masa que estén disponibles en la administración municipal, en el Instituto Nacional de Vías INVIAS, en la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, en el Ministerio de Minas y Energía (diseños y estudios de líneas de conducción de hidrocarburos), en la Agencia Nacional de Licencias Ambientales ANLA, la autoridad ambiental de la jurisdicción, Universidades, etc.

- Elaboración de una base de datos geotécnica, geodatabase y metadatos que compile la información geotécnica, estudios de suelos y de caracterización de materiales geológicos-geotécnicos, en caso de existir y haber sido recopilada.

Entregables – Geotecnia y geofísica disponible

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente los procesos realizados para la adquisición, compilación y análisis de la información geotécnica y geofísica disponible. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información secundaria de estudios geológicos, geofísicos, geotécnicos, información geotécnica, estudios de suelos y de caracterización de materiales geológicos y geotécnicos.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX para cada uno de los productos temáticos sobre la información geotécnica y geofísica disponible donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del área analizada.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital que compile la información geotécnica y geofísica disponible donde se evidencie su distribución espacial en el municipio.
- Una (1) base de datos geotécnica - geofísica que consolide toda la información secundaria recopilada.
- Una (1) base geográfica GDB, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas que consolide la información secundaria. La estructura de datasets y feature class se entregará teniendo como mínimo las siguientes especificaciones:

Informacion geotécnica geofisica

  - Capa temática de información geotécnica, geofísica secundaria.

5.8. Estudios de amenaza y riesgo existentes

Como parte de la recopilación existente, se deberá realizar un análisis de los estudios de amenaza previos, identificados en el municipio a diferentes escalas y par diferentes

instrumentos de planificación.
Se debe elaborar un (1) capítulo que documente los estudios de amenaza y riesgo disponibles, que incluyan estudios realizados por el Municipio, la Gobernación de Cundinamarca, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, el Servicio Geológico Colombiano y el IDEAM entre otros.

6. ESPECIFICACIONES PARA EL MODELO DE COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO QUE SOPORTE LA ELABORACIÓN DE LAS ZONIFICACIONES DE AMENAZA Y SUSCEPTIBILIDAD

6.1. Unidades Geológicas Superficiales – UGS

La relación de unidades geológicas básicas y las UGS no es directa, la distribución geométrica y comportamiento diferenciado de los materiales debe ser trazado espacialmente de forma individual retroalimentándose entre sí con la fotointerpretación geológica y la geomorfológica. Según sea el caso, pueden encontrarse típicamente varias UGS que se originan de una misma unidad geológica, así como ocasionalmente varias unidades geológicas que se incluyen dentro de un comportamiento geotécnico similar. La información temática se obtiene a partir del procesamiento de la geología y geomorfología básica que permite caracterizar las condiciones físicas de los suelos, rocas y materiales de superficie, lo cual resulta en el mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS).

La delimitación de UGS Unidades Geológicas Superficiales a escala 1:2000 y 1:25.000 debe partir del análisis litológico de materiales geológicos, llegando a la interpretación y análisis que desde el punto de vista ingenieril presentan los materiales más superficiales; cambios físicos y químicos representados en el grado de meteorización y fracturamiento de las rocas, así como variaciones en la estructura del suelo, entre otras características, permiten discriminar los materiales sobre los cuales podrían suceder movimientos en masa. Este análisis generado a escala 1:25.000 debe guardar coherencia con las características geológicas regionales realizadas a la escala de análisis solicitada.

Para el insumo temático de UGS se debe incluir secciones transversales que atraviesenel municipio, de tal manera que se obtenga una percepción en profundidad de las caracterizaciones identificadas. Se requieren mínimo 5 secciones en zonas estratégicas con fines de ordenamiento.

Entregables – Unidades Geológicas Superficiales – UGS

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente los equipos, personal y procesos realizados en la adquisición, procesamiento y generación de los productos cartográficos de todos los insumos técnicos relacionados con la identificación de Unidades Geológicas Superficiales para el municipio. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información recopilada de UGS (informes, documentos, archivos nativos de estudios regionales y locales) o cualquier otro tipo de información existente que permita alcanzar los objetivos del proyecto.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRXpara cada uno de los productos temáticos (UGS) donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del área de estudio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para cada uno de los productos temáticos (UGS), donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del área de estudio.
- Una (1) base geográfica GDB, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas. La estructura de datasets y feature class se entregará teniendo como mínimo las siguientes especificaciones:

UGS:

- Capa temática de corte UGS.
- Capa temática de diaclasas.
- Capa temática de estratificaciones.
- Capa temática de fallas.
- Capa temática de foliaciones.
- Capa temática de lineamientos.
- Capa temática de pliegues.
- Capa temática de Unidades geológicas superficiales.

CorteUGS:

- Capa temática de corte UGS.
- Capa temática de diaclasas.
- Capa temática de estratificaciones.
- Capa temática de fallas.
- Capa temática de foliaciones.
- Capa temática de lineamientos.
- Capa temática de pliegues.
- Capa temática de Unidades geológicas superficiales.

6.2. Unidades Geológicas Para Ingeniería – UGI

La delimitación y caracterización numérica de UGI Unidades geológicas para ingeniería (1:5.000), orientada para el análisis del comportamiento geológico-geotécnico-geofísico se establecerá para la evaluación de amenaza por movimientos en masa en zonas urbanas, areas de expansión y centros poblados. Debe partir del análisis litológico de materiales

geológicos llegando a la interpretación de las modificaciones que analizadas desde el punto de vista ingenieril se presentan en los metros más superficiales; cambios físicos y químicos representados en el grado de meteorización y fracturamiento de las rocas, así como variaciones en la estructura del suelo, la cual debe venir acompañada de puntos y métodos de exploración geotécnica para obtener muestras de suelo y roca para pruebas de laboratorio (caracterización granulométrica, humedad, plasticidad y resistencia al corte) que deben ser complementados con pruebas geofísicas entre otras características, permiten discriminar los materiales sobre los cuales podrían suceder movimientos en masa. Este análisis se debe generar a escala 1:2.000 para las áreas de estudio urbana y debe guardar coherencia con las características geológicas básicas y superficiales rurales llevadas a la escala de análisis solicitada.

Entregables – Unidades Geológicas para Ingenieria (UGI)

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente los procesos realizados para la adquisición, compilación y análisis de la información disponible. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta de archivos que compile la información referente a la caracterización de las unidades geológicas para ingeniería.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX para cada uno de los productos temáticos donde se evidencie su distribución espacial en el municipio. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del área analizada.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital que compile la información disponible donde se evidencie su distribución espacial en el municipio.
- Una (1) base de datos que consolide toda la información recopilada y generada.
- Una (1) base geográfica GDB, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas, localizando las capas en el feature Class correspondiente,

7. ZONIFICACIONES DE AMENAZA Y DE SUSCEPTIBILIDAD

La zonificación de amenaza se realizará para los fenómenos de movimientos en masa e inundaciones y la de susceptibilidad para el fenómeno de avenida torrencial desde una visión regional – rural, en escala 1:25.000. Para su desarrollo se deberá cumplir como mínimo con lo establecido entre los artículos 2.2.2.1.3.1.1 al 2.2.2.1.3.2.1.6 del Decreto 1077 de 2015, referido a las condiciones técnicas para la elaboración de los estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas mínimas bajo las cuales se entregarán los productos a generar:

7.1. Zonificación de Amenazas para el Suelo Rural.

7.1.1. Análisis y Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa

La evaluación y zonificación de la amenaza por movimientos en masa deberá integrar las diferentes variables que inciden en la ocurrencia tanto actual como futura de estos fenómenos. Se deben considerar y especializar dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general).

En todo caso, los análisis se realizarán en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información.

En lo que respecta a las metodologías de análisis, se deben tener en cuenta las mínimas señaladas en el Decreto 1077 de 2015. Si bien se sugieren diferentes caminos para zonificar la amenaza por movimientos en masa, la elección de los métodos a utilizar deberá ser consecuente con la disponibilidad y calidad de insumos, la dispersión y cantidad de procesos morfodinámicos encontrados, entre otros.

La selección del método a usar deberá ser ampliamente justificado y deberá ser adecuadamente correspondiente con las condiciones intrínsecas físicas de los municipios y áreas a evaluar, para la zonificación de suelo rural el Decreto 1077 de 2015 sugiere la evaluación de la amenaza a partir de los siguientes métodos:

- Heurístico
- Estadístico
- Inventario.

Para la zonificación en escala 1:25.000 se deberá incluir y presentar al menos dos evaluaciones bien sea por métodos heurísticos, estadísticos, determinísticos o probabilísticos que espacialice: características propias del relieve (pendientes, curvatura, entre otros), insumos categóricos (como mínimo inventario de procesos morfodinámicos, geología, geomorfología, UGS, coberturas y uso del suelo) y factores detonantes (agua, sismo y antropogénico), en línea con lo solicitado en el Decreto 1077 de 2015.

Se deberá espacializar el efecto contribuyente y detonante que tienen las condiciones hidrometeorológicas de el municipio y zonas aferentes, partiendo del análisis de las precipitaciones, además, de identificar la porción de agua que escurre y la que se infiltra para evaluar y estimar el nivel freático en las zonas de estudio.

Es necesario analizar el efecto del desplazamiento de los diferentes ambientes tectónicos e identificar las fuentes sismogénicas que influyan en el municipio, con el fin de caracterizar el aporte que pueda tener un evento sísmico en la ocurrencia de uno o varios movimientos en masa. Actualmente existen estudios que analizan la aceleración sísmica en roca a nivel nacional, como el modelo nacional de amenaza sísmica (Arcila et. al, 2020), sin embargo, es recomendable usar este insumo y transformar la aceleración en roca a aceleración en superficie, teniendo en cuenta efectos de sitio y topográficos que amplifican o atenúan dicha aceleración. En este sentido, no se prevé que se tome como insumo para el análisis del detonante sísmica la información contenida en la Norma Sismo Resistente NSR-10.

Es importante incluir dentro del análisis la acción del hombre en la modificación del terreno natural, para lo cual, teniendo en cuenta la escala de análisis se deberán identificar, espacializar y justificar metodológicamente la inclusión de factores antrópicos que contribuyan y detonen movimientos en masa.

- *Detonantes – movimientos en masa*

a. Caracterización y delimitación del detonante lluvia para la evaluación de amenaza por movimientos en masa.
   Se deberá espacializar el efecto contribuyente y detonante que tienen las condiciones hidrometeorológicas del territorio y zonas aferentes, partiendo del análisis de las precipitaciones ocurrentes en el municipio, se deberá identificar la porción de agua que escurre y la que se infiltra para finalmente evaluar y estimar el nivel freático en las zonas sujetas de estudio.

b. Caracterización y delimitación del detonante sismo para la evaluación de amenaza por movimientos en masa.
   Es necesario analizar el efecto del desplazamiento de los diferentes ambientes tectónicos e identificar las fuentes sismogénicas que influyan en las zonas de estudio, con el fin de caracterizar el aporte que pueda tener un evento sísmico en la ocurrencia de uno o varios movimientos en masa. Actualmente existen estudios en los que se analiza la aceleración sísmica en roca a nivel nacional, como el modelo nacional de amenaza sísmica (Arcila et. al, 2020); sin embargo, es recomendable usar este insumo y transformar la aceleración en roca a aceleración en superficie, teniendo en cuenta efectos de sitio y topográficos que amplifican o desamplifican dicha aceleración. La Norma Sismo Resistente NSR-10 tiene como objetivo principal regular las condiciones con las que deben contar las construcciones para que la respuesta estructural a un sismo sea favorable, por ende, esta no debe ser usada como insumo en el análisis del detonante sísmico.

c. Caracterización y delimitación del detonante antrópico para la evaluación de amenaza por movimientos en masa. Es importante incluir dentro del análisis, la acción del hombre en la modificación del terreno natural a evaluar, casos como cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general, cambian las relaciones de materiales, pendientes y geoformas, entre otros, que podrían en condiciones no intervenidas no generar ningún tipo de afectación por movimientos en masa, pero ser detonadas por el cambio generado por el factor antrópico.

Entregables - Zonificación de la amenaza por movimientos en masa

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente el proceso de elaboración de la zonificación de amenaza por movimientos en masa para el municipio, con resultados definidos en tres categorías (alta, media y baja). Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta que compile información secundaria de estudios regionales consultados.
- Un (1) documento sobre la evaluación y zonificación de la amenaza por movimientos en masa en escala 1:25.000 donde se incluya las metodologías empleadas, la integración de los insumos, el proceso de elaboración de las zonificaciones, análisis de resultados y conclusiones.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX para cada uno de los productos temáticos (zonificación de amenaza por movimientos en masa, evaluaciones realizadas por al menos dos métodos, análisis espacial de detonantes). En dicho proyecto la salida grafica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del municipio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para cada uno de los productos temáticos (la zonificación de amenaza por movimientos en masa, evaluaciones realizadas por al menos dos métodos, análisis espacial de detonantes). En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del municipio.
- Una (1) memoria justificativa con descripción de equipos, personal y procesos realizados en la adquisición, procesamiento y entrega de los productos cartográficos.
- Un (1) grupo de soportes consignados en carpetas que evidencien los procesos, insumos y resultados de la aplicación de los modelos planteados.
- Una (1) base geográfica GDB vectorial y ráster, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas, usadas para la modelación

y el resultado de la zonificación para el municipio.

- La estructura de datasets y feature class se entregará teniendo como mínimo las siguientes especificaciones:

ZonAmenazaMovMasa25k:

- Capa temática de zonificación de amenaza por movimientos en masa.
- Capa temática del IPM empleado para la evaluación.
- Capa temática de geología categorizada para la evaluación.
- Capa temática de geomorfología categorizada para la evaluación.
- Capa temática de UGS categorizada para la evaluación.
- Capa temática de coberturas de la tierra categorizada para la evaluación.
- Capa temática de usos del suelo categorizada para la evaluación.

7.1.2. Análisis y Zonificación de la Amenaza por Inundaciones

Para la zonificación de la amenaza se emplearán tres categorías: alta, media y baja, teniendo en cuenta el registro de eventos, su recurrencia y la intensidad (niveles alcanzados) de la inundación.

Se utilizará como mínimo un análisis integrado de tipo histórico y geomorfológico, que involucre la caracterización del comportamiento del régimen hidrológico de el municipio.

En cuanto al análisis de tipo histórico, este debe comprender como mínimo dos procesos: uno relacionado con el análisis de bases de datos históricas disponibles (DesInventar, UNGRD, bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil, etc.) e información de tipo periodístico, y otro uno de captura de información mediante ejercicios de cartografía social con la comunidad que habite el municipio.

Paralelamente, el análisis geomorfológico debe incluir la identificación de las geoformas de origen fluvial, lacustre, marítimo, entre otras, las cuales indiquen la ocurrencia de inundaciones en el municipio.

En cuanto a la caracterización del comportamiento del régimen hidrológico, este debe identificar los períodos de retorno para los eventos máximos en los que se han presentado las afectaciones y las respectivas áreas involucradas.

Entregables - Zonificación de la amenaza por inundaciones

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente el proceso de elaboración de la zonificación de amenaza por inundaciones para el municipio, con resultados definidos en tres categorías (alta, media y baja). Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta que compile información secundaria de estudios regionales

consultados.

- Un (1) documento sobre la evaluación y zonificación de la amenaza por inundaciones en escala 1:25.000 donde se incluya las metodologías empleadas, la integración de los insumos, el proceso de elaboración de las zonificaciones, análisis de resultados y conclusiones.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRXpara cada uno de los productos temáticos (zonificación de amenaza por inundaciones, análisis histórico y análisis geomorfológico). En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del el municipio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para cada uno de los productos temáticos (zonificación de amenaza por inundaciones, análisis histórico y análisis geomorfológico). En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del el municipio.
- Una (1) memoria justificativa con descripción de los procesos realizados en la adquisición, procesamiento y entrega de los productos cartográficos.
- Un (1) grupo de soportes consignados en carpetas que evidencien los procesos, insumos y resultados de la aplicación de los modelos planteados para llegar a las zonificaciones de amenaza por inundación.
- Una (1) base geográfica GDB vectorial y ráster, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas, usadas para la modelación y el resultado de la zonificación para el municipio.
- La estructura de datasets y feature class se entregará teniendo como mínimo las siguientes especificaciones:

ZonAmenazaInundaciones25k:

- Capa temática de zonificación de amenaza por inundaciones.
- Capa temática de zonas inundables y registros de eventos empleado para la evaluación.
- Capa temática de geomorfología categorizada para la evaluación.

7.1.3. Análisis y Zonificación de Susceptibilidad a la Ocurrencia de Avenidas Torrenciales

Dadas las especificaciones técnicas establecidas en el artículo 2.2.2.1.3.2.1.3. del Decreto 1077 de 2015 para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales, el área de estudio serán todos cauces presentes o con influencia en el municipio, que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial, por lo que es necesario identificar desde una visión regional – rural, cuáles son las zonas susceptibles en donde se podría materializar una avenida torrencial y, eventualmente afectar elementos expuestos como edificaciones, equipamientos, vías, infraestructura de prestación de servicios, entre otros.

Para esto, se tomará como referencia el planteamiento de la guía metodológica para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en escala 1:25.000 propuesta por el

SGC - PUJ (2021), identificando zonas de aporte, transporte y depositación en cauces que puedan llegar a ser propensos a la ocurrencia de una avenida torrencial. En complemento, se propondrá una delimitación de las áreas que deberían ser sujetas a la evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales en escala 1:2.000, con énfasis en áreas urbanas, de expansión urbana y rurales que presenten elementos expuestos frente a dicho fenómeno.

La zonificación de la susceptibilidad se categorizará en alta, media y baja, dependiendo de la frecuencia de presentación de los eventos y sus características morfométricas, geomorfológicas y de aporte de sedimentos. Los resultados deben ser validados con las características intrínsecas físicas del municipio y guardar coherencia con la escala de análisis solicitada.

Para la zonificación de la susceptibilidad se utilizarán como mínimo los siguientes insumos definidos en el capítulo 0:

- Recopilación y síntesis de información secundaria de estudios y datos asociados con amenazas por avenidas torrenciales y movimientos en masa en el área de estudio.

- Delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas aferentes al municipio (en cartografía base a escala 1:25.000), delimitando como mínimo hasta los niveles de unidades hidrográficas de nivel I, II y III conforme el documento de Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas del IDEAM (2013).

- Caracterización morfométrica de las unidades hidrológicas de nivel I, II y III, con la estimación de índices de torrencialidad, aplicable para cada nivel hidrográfico, que muestren cuencas, subcuencas y niveles subsiguientes propensos a la existencia de avenidas torrenciales.

- Índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales – IVET para cada unidad hidrológica de nivel I, II y III.

Adicionalmente, a partir de los insumos generados se deberán realizar las siguientes actividades:

- Con base en los análisis hidrológicos desarrollados en el componente de inundaciones, se deberá presentar una caracterización del detonante lluvia en donde se identifiquen los valores umbrales que generan movimientos en masa y que podrían aportar material a una avenida torrencial, los cuales se deberán asociar a los periodos de retorno correspondientes.

- Tomando como base las caracterizaciones en campo, las zonificaciones de amenaza por movimientos en masa y posibles correlaciones definidas, estimar el volumen de material sólido que se puede aportar al flujo torrencial.

- A partir de la caracterización y delimitación de subunidades geomorfológicas identificar geoformas indicativas de aporte y depósito de una avenida torrencial.

- Teniendo en cuenta la disponibilidad y calidad de insumos, analizar e integrar características morfométricas, levantamiento de procesos morfodinámicos, susceptibilidad geomorfológica a avenidas torrenciales y modelos cuantitativos o semicuantitativos para la estimación del aporte de material a un flujo torrencial en la zonificación de susceptibilidad a avenidas torrenciales escala 1:25.000.
- Propuesta de zonas donde se recomendaría realizar la evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales en escala 1:2.000.

Entregables - Zonificación de susceptibilidad a la ocurrencia de avenidas torrenciales

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente el proceso de elaboración de la zonificación de susceptibilidad ante avenidas torrenciales para el municipio, con resultados definidos en tres categorías (alta, media y baja). Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- Una (1) carpeta que compile información secundaria de estudios regionales consultados.
- Un (1) documento sobre la evaluación y zonificación de la susceptibilidad ante avenidas torrenciales en escala 1:25.000 donde se incluya las metodologías empleadas, la integración de insumos, el proceso de elaboración de la zonificación, análisis de resultados y conclusiones.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRXpara cada uno de los productos temáticos (zonificación de susceptibilidad a avenidas torrenciales, IVET, índices de torrencialidad, zonas de aporte, tránsito y depositación). En dicho proyecto la salida grafica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del el municipio.
- Un (1) mapa físico/impreso y uno (1) digital para cada uno de los productos temáticos (zonificación de susceptibilidad a avenidas torrenciales, IVET, índices de torrencialidad, zonas de aporte, tránsito y depositación). En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión del el municipio.
- Una (1) memoria justificativa con descripción de equipos, personal y procesos realizados en la adquisición, procesamiento y entrega de los productos cartográficos.
- Un (1) grupo de soportes consignados en carpetas que evidencien los procesos, insumos y resultados de la aplicación de los modelos planteados.
- Una (1) base geográfica GDB vectorial y ráster, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas, usadas para la modelación y el resultado de la zonificación.
- La estructura de datasets y feature class se entregará teniendo como mínimo las siguientes especificaciones:

ZonSusceptibilidadAvenidasTorr25k:

- Capa temática de zonificación de susceptibilidad a avenidas torrenciales.
- Capa temática de registros de eventos de avenidas torrenciales empleado

para la evaluación.
- Capa temática de geomorfología categorizada para la evaluación.
- Capa temática de delimitación de cuencas, subcuencas y niveles subsiguientes categorizadas para la evaluación.
- Capa temática de zonas de aporte y depósito empleado para la evaluación.
- Capa temática de zonas propuestas para la evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales en escala 1:2.000.

7.2. Zonificación de Amenazas para el suelo urbano, áreas de expansión y centros poblados.

Todas las cabeceras urbanas, áreas de expansión y centros poblados serán zonificados a escala 1:2.000.

7.2.1. Zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:2.000

La determinación de las condiciones de amenaza por movimientos en masa deberá integrar las diferentes variables que inciden en la ocurrencia tanto actual cómo futura de estos fenómenos. Se deben considerar dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general).
En lo que respecta a las metodologías de análisis, se deben tener en cuenta las mínimas señaladas en el Decreto 1077 de 2015; si bien se sugieren diferentes caminos para zonificar amenaza por movimientos en masa, la elección del método a utilizar deberá tener en cuenta la disponibilidad y calidad de insumos, la dispersión y cantidad de procesos morfodinámicos encontrados, entre otros. La selección del método a usar deberá ser ampliamente justificado y deberá ser adecuadamente correspondiente con las condiciones intrínsecas físicas de los municipios y áreas a evaluar, para la zonificación de suelo urbano el Decreto 1077 de 2015 sugiere la evaluación de la amenaza a partir de los siguientes

métodos:
- ✓ Estadístico
- ✓ Probabilístico
- ✓ Determinístico

- **Detonantes - movimientos en masa**

- ✓ Caracterización y delimitación del detonante lluvia para la evaluación de amenaza por movimientos en masa.

Se deberá espacializar el efecto contribuyente y detonante que tienen las condiciones hidrometeorológicas del territorio y zonas aferentes, partiendo del análisis de las precipitaciones ocurrentes en el municipio, se deberá identificar la porción de agua que escurre y la que se infiltra para finalmente evaluar y estimar el nivel freático en las zonas sujetas de estudio, este análisis se realizará teniendo en cuenta los análisis rurales regionales e involucrará en escala y resolución espacial los insumos temáticos obtenidos en escala urbana (coberturas, uso del suelo y geotecnia).

- ✓ Caracterización y delimitación del detonante sismo para la evaluación de amenaza por movimientos en masa.

Es necesario analizar el efecto del desplazamiento de los diferentes ambientes tectónicos e identificar las fuentes sismogénicas que influyan en las zonas de estudio, con el fin de caracterizar el aporte que pueda tener un evento sísmico en la ocurrencia de uno o varios movimientos en masa. Actualmente existen estudios en los que se analiza la aceleración sísmica en roca a nivel nacional, como el modelo nacional de amenaza sísmica (Arcila et. al, 2020); sin embargo, es recomendable usar este insumo y transformar la aceleración en roca a aceleración en superficie, teniendo en cuenta efectos de sitio y topográficos, analizados con los insumos temáticos (geotecnia y relieve) obtenidos en escala urbana, que amplifican o desamplifican dicha aceleración.

La Norma Sismo Resistente NSR-10 tiene como objetivo principal regular las condiciones con las que deben contar las construcciones para que la respuesta estructural a un sismo sea favorable, por ende, esta no debe ser usada como insumo en el análisis del detonante sísmico.

- ✓ Caracterización y delimitación del detonante antrópico para la evaluación de amenaza por movimientos en masa.

Es importante incluir dentro del análisis, la acción del hombre en la modificación del terreno natural a evaluar, casos como cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general, cambian las relaciones de materiales, pendientes y geoformas, entre otros, que podrían en condiciones no intervenidas no generar ningún tipo de afectación por movimientos en masa, pero ser detonadas por el cambio generado por el factor antrópico, en este caso llevado a la resolución espacial y escala coherente con los insumos de cartografía base y temática en suelo urbano.

7.2.2. Zonificación de amenaza por inundaciones a escala 1:2.000

Para la zonificación de la amenaza se emplean tres categorías: alta, media y baja, teniendo en cuenta el registro de eventos, la recurrencia de estos y la intensidad (niveles alcanzados) de la inundación.

Para el rural se utilizará, como mínimo, análisis de tipo histórico, geomorfológico e hidrológico – hidráulico.

En cuanto al análisis de tipo histórico, este debe involucrar un proceso de captura de información mediante talleres de cartografía social con la comunidad que habite el territorio a zonificar, así como el análisis de bases de datos históricas disponibles (DesInventar, UNGRD, bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil, etc.) e información de tipo periodístico.

Paralelamente, el análisis geomorfológico debe incluir la identificación de las geoformas de origen fluvial, lacustre, marítimo, entre otras, las cuales indiquen la ocurrencia de inundaciones en el territorio.

Adicionalmente, se debe realizar un modelo hidrodinámico (para los cauces con batimetrías) acatando la metodología para la elaboración de mapas de amenaza por inundación establecido en la Guía Metodológica para tal fin elaborada por el IDEAM (2017). Como resultado de este proceso se debe obtener los mapas de velocidades, profundidades y el producto de estas dos variables para la definición de la amenaza.

7.2.3. Zonificación de amenaza urbano por avenidas torrenciales1:2.000

Dadas las especificaciones técnicas establecidas en el Artículo 2.2.2.1.3.2.1.3. del Decreto 1077 de 2015 para la zonificación de amenaza de **avenidas torrenciales** deberá zonificarse desde los estudios básicos a escala detallada (1:2.000) y su área de estudio serán todos cauces que presentes o con influencia en el municipio o distrito, que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial.

Para la zonificación de la amenaza, ésta se categorizará en alta, media y baja, dependiendo de la frecuencia de presentación de los eventos y sus características: la profundidad de la lámina de agua, los materiales de arrastre y la velocidad del flujo.

En todo caso, los análisis se realizan en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información. Los resultados deben ser validados con las características intrínsecas de los territorios y guardar coherencia con la escala de análisis solicitada.

A partir del planteamiento de la guía metodológica para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales propuesta por el SGC - PUJ (2021), se propone la integración de condiciones geológicas-geomorfológicas, geotécnicas e hidroclimatológicas del sitio.

Se utilizarán como mínimo para la evaluación de la amenaza los siguientes métodos:

- ✓ Estadístico
- ✓ Probabilístico
- ✓ Determinístico

8. PROPUESTA DE DELIMITACIÓN DE ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO

De conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.2.1.3.1.3 del Decreto 1077 de 2015, como resultado de la zonificación de las amenazas se debe proponer una delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en donde se sugiera priorizar y adelantar los estudios detallados dentro de la etapa de implementación del POT por parte del municipio, recordando la siguiente definición:

- Áreas con condición de riesgo: corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas mínimas bajo las cuales se entregarán los productos a generar:

8.1. Propuesta de Áreas con Condición de Riesgo

Con fundamento en la zonificación de amenazas por movimientos en masa e inundaciones, se propondrá una delimitación y zonificación de aquellas áreas en donde existan sectores urbanizados, ocupados o edificados, así como aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales, que podrían ser priorizadas para analizar el riesgo a partir de la elaboración de estudios detallados en la fase de implementación del

POT.

Para cumplir con este análisis se deberá realizar las siguientes actividades:

- Identificación, recopilación y revisión de los elementos expuestos de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, teniendo en cuenta la información cartográfica (predial, catastral, de imágenes de satélite, entre otras), así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales, que a su vez cumplan con la unidad mínima cartografiable a la escala de trabajo 1:2000 y 1:25.000.

- Con base en la información previamente descrita y las zonificaciones de amenaza por movimientos en masa e inundaciones, se propondrá una delimitación de las áreas con condición de riesgo siguiendo lo establecido en el artículo 2.2.2.1.3.2.1.5 del Decreto 1077 de 2015. Esta propuesta debe estar acompañada de un (1) informe técnico de soporte que consolide los análisis efectuados para realizar la propuesta de delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo para el municipio.

- Con base en la propuesta de delimitación de las áreas con condición de riesgo por movimientos en masa y por inundaciones, se debe establecer los criterios para la elaboración de estudios detallados por cada fenómeno amenazante, así como la propuesta de priorización de las zonas a estudiar.

8.1.1. Entregables – Propuesta de áreas con condición de riesgo

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente todo el análisis técnico realizado para el planteamiento de la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por movimientos en masa e inundaciones en escala 1:2000 y 1:25.000 para el municipio. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- La descripción del proceso de Identificación, recopilación y revisión de los elementos de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales.
- La descripción del planteamiento de la propuesta de delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por movimientos en masa e inundaciones escala 1:2000 y 1:25.000
- La descripción de los criterios para la elaboración de estudios detallados por cada fenómeno amenazante, así como la propuesta de priorización de las zonas a estudiar.
- Un (1) mapa físico/impreso y otro digital por municipio que contenga los resultados de la propuesta de delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por movimientos en masa e inundaciones a escala 1:2000 y 1:25.000. La salida gráfica de estos mapas estará a una escala que permita apreciar toda la extensión de el municipio.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRX donde se presenten los resultados de la

propuesta de delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por movimientos en masa e inundaciones a escala 1:2000 y 1:25.000. En dicho proyecto la salida gráfica estará a una escala que permita apreciar toda la extensión de el municipio.

- Una (1) carpeta de archivos que evidencien los procesos, insumos y resultados de la delimitación de las áreas planteadas.
- Una (1) base geográfica GDB, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas. La estructura de datasets y feature class se entregará según las siguientes especificaciones:

✓ **Áreas con condición de riesgo propuestas:**

- Capa temática con la propuesta de zonificación de las áreas con condición de riesgo por movimientos en masa a escala 1:2000 y 1:25.000.
- Capa temática con la zonificación de las áreas con condición de riesgo por inundaciones a escala 1:2000 y 1:25.000.
- Capa temática con la propuesta de priorización de estudios detallados en las áreas con condición de riesgo por movimientos en masa a escala 1:2000 y 1:25.000.
- Capa temática con la propuesta de priorización de estudios detallados en las áreas con condición de riesgo por inundaciones a escala 1:2000 y 1:25.000.

9. Medidas de Manejo y Reducción No Estructurales para la Gestión del Riesgo

Con base en los resultados de los estudios básicos, se deben determinar y delimitar las medidas de reducción del riesgo no estructurales orientadas a establecer en el modelo de ocupación del territorio las restricciones o condicionamientos para el uso del suelo cuando sea viable, mediante la determinación de normas urbanísticas. Las medidas de manejo no estructurales deberán tender a reducir los posibles impactos asociados a la amenaza, por lo que deberán particularizarse tales medidas en función del grado de amenaza y del fenómeno amenazante, con base en los resultados obtenidos en los análisis a escala 1:25.000 para el municipio.

9.1. Entregable - Delimitación y descripción de medidas de manejo y reducción no estructurales para la gestión de riesgo.

Se debe elaborar un (1) capítulo que documente el análisis técnico realizado para la delimitación y descripción de las medidas de manejo y reducción del riesgo no estructurales para la gestión del riesgo por movimientos en masa e inundaciones para el municipio. Forma parte integral del entregable, lo siguiente:

- La descripción del proceso de delimitación y definición de medidas de manejo y reducción no estructurales para la gestión del riesgo por movimientos en masa

e inundaciones.

- La descripción de las restricciones o condicionamientos para el uso del suelo cuando sea viable, mediante la determinación de normas urbanísticas para cada uno de los fenómenos amenazantes evaluados.
- Un (1) mapa físico/impreso y otro digital por municipio que contenga los resultados de la delimitación y descripción de las medidas de manejo y reducción no estructurales para la gestión del riesgo por movimientos en masa e inundaciones a escala 1:25.000. La salida gráfica de estos mapas estará a una escala que permita apreciar toda la extensión de el municipio.
- Un (1) proyecto mapa en formato APRXdonde se presenten los resultados de la delimitación y descripción de las medidas de manejo y reducción no estructurales para la gestión del riesgo por movimientos en masa e inundaciones a escala 1:25.000. La salida gráfica de estos mapas estará a una escala que permita apreciar toda la extensión de el municipio.
- Una (1) base geográfica GDB, la cual contendrá de manera compilatoria las capas temáticas identificadas. La estructura de datasets y feature class se entregará según las siguientes especificaciones:

Medidas no estructurales:

  - Capa temática con la delimitación de medidas de manejo y reducción no estructurales para la gestión del riesgo por movimientos en masa a escala 1:25.000.
  - Capa temática con la delimitación de medidas de manejo y reducción no estructurales para la gestión del riesgo por inundaciones a escala 1:25.000.

10. ESPECIFICACIONES FINALES

Mapas

Para las dimensiones del tamaño de hoja de las salidas gráficas se tendrán en cuenta las recomendadas en la Resolución del IGAC No. 370 de 2021.

Todos los mapas deberán tener como mínimo los siguientes elementos en sus proyectos de mapa y salida gráficas:

- ✓ Rótulo con contenido informativo (logos del municipio, logos de la consultoría, logos de la entidad territorial, nombre del proyecto, título del mapa, numeración del mapa, fecha de elaboración, entre otros).
- ✓ Grilla de coordenadas geográficas y grilla de coordenadas planas.
- ✓ Puntos cardinales (norte o rosa de los vientos) ubicado de manera adecuada.
- ✓ Parámetros cartográficos referentes al sistema de referencia de coordenadas.
- ✓ Fuentes de Información utilizada, con fecha y entidad generadora.

- ✓ Escala numérica referente a las escalas de trabajo y de impresión; y escala gráfica.
- ✓ Convenciones, referentes a los elementos de la cartografía base acorde a las capas que son mostradas en el mapa.
- ✓ Leyenda temática legible, con su simbología y que incluya una breve descripción del atributo cuando sea necesario, área en hectáreas o metros cuadrados de cada atributo representado y su porcentaje equivalente en el territorio.
- ✓ Esquemas de localización geográfica en los que sea posible apreciar la ubicación del área de estudio a nivel nacional, departamental y municipal.

Especificaciones técnicas para la elaboración de cartografía temática

Para la producción de la cartografía se deberá seguir las especificaciones técnicas vigentes establecidas por el IGAC, así como de otras normas técnicas complementarias. Como mínimo se debe garantizar el cumplimiento de lo dispuesto en las siguientes resoluciones y normas, o cualquiera que las sustituya o modifique:

- Resoluciones IGAC: 197 de 2022; 658 de 2022; 370 de 2021; 529 de 2020; 471 de 2020; 471 de 2020; 715 de 2018.

- Normas NTC: 5205; 5043; 5798; 4611; 5662; 5661.

JAVIER HERNANDO MUÑOZ REYES
Secretario de Planeación

Proyectó: Fabian Esteban Suarez Burbano
Revisó: Javier Hernando Muñoz Reyes
Revisó y aprobó: Javier Hernando Muñoz Reyes