

ANEXO TÉCNICO

ESTUDIOS BÁSICOS DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA, CONDICIONES DE AMENAZAS Y RIESGOS POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN, AVENIDA TORRENCIAL E INCENDIOS FORESTALES DE LOS MUNICIPIOS PRIORIZADOS DE LA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

2026

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS.....	12
3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DETALLADAS DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR Y/O EQUIPOS A UTILIZAR..	13
3.1. TRANSPORTE.....	13
3.2. LEVANTAMIENTO CON LIDAR AÉREO, ESCALA 1:2000 O MAYOR EXACTITUD (INCLUYE PUNTOS DE FOTOCONTROL, AEROFOTOGRAFÍA, FOTOCONTROL, ORTOFOTOMOSAICO Y DTM), TOPOBATIMETRÍA (AEROFOTOGRAFÍA, FOTOCONTROL, ORTOFOTOMOSAICO Y DTM) KM, IMAGEN SATELITAL Y/O FOTOGRAFÍA AÉREA EN ESCALA 1:25000 O MAYOR EXACTITUD.....	13
3.3. EXPLORACIÓN DIRECTA E INDIRECTA PARA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES	15
3.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO	16
4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ESTUDIOS	17
4.1. PRODUCTOS	18
4.2. ESCALAS DE TRABAJO	18
4.3. PRODUCTO 1: Documento técnico de soporte de la metodología y plan de trabajo, cronograma de actividades con la identificación y diagnóstico de información disponible, cartografía base, generalidades, delimitación y definición de las áreas de estudio.....	19
4.4. PRODUCTO 2 y 3: Documento técnico de soporte de desarrollo de la metodología en relación con la obtención de insumos de topografía y topobatimetría	20
4.5. PRODUCTO 4: Desarrollo de la metodología y cartografía para zonificación de la amenaza por eventos de movimiento en masa, inundación, avenida torrencial e incendio forestal para el suelo rural, de los municipios priorizados	21
4.6. PRODUCTO 5: Documento de desarrollo de la metodología y cartografía con mapas insumos, intermedios y finales para zonificación de la amenaza por eventos de movimiento en masa, inundación y avenida torrencial para la zona urbana, expansión y centros poblados.....	29
4.7. PRODUCTO 6: Documento y cartografía de la zonificación de condición de amenaza y riesgo para suelo rural, urbano, expansión y centros poblados e informe final para toda la zonificación de los municipios priorizados de la jurisdicción CAR.	35

INTRODUCCIÓN

La Ley 1523 de 2012 por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre y establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres establece el papel de las Corporaciones Autónomas Regionales, es así que la Corporación bajo los principios de precaución, concurrencia y subsidiariedad y mediante el proceso de conocimiento del riesgo apoya a los municipios en la ejecución de acciones tendientes a la identificación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para fortalecer el conocimiento del riesgo en el territorio.

Bajo este contexto, la Corporación a partir del 2013 ha desarrollado estudios encaminados a la zonificación de la amenaza condición de amenaza y riesgo por los diferentes eventos que se presentan en la jurisdicción, lo que ha generado que este insumo permita a los municipios la incorporación del componente de riesgo en los Planes de Ordenamiento Territorial y en aras de coadyuvar a otros municipios de la jurisdicción en el marco de la Ley No. 1523 de 2012, aspecto que desde la Corporación ha venido priorizando en aras de generar el conocimiento y desarrollar las medidas de mitigación del riesgo y adaptación al cambio climático, buscando identificar y analizar los impactos potenciales del territorio asociados al riesgo con el fin de planificar las medidas de reducción o mitigación de los niveles de amenaza y vulnerabilidad a los fenómenos ocasionados por el cambio climático y contribuir con el mantenimiento de las fuentes hídricas de las cuencas de la jurisdicción. Por lo anteriormente expuesto, la adecuación técnica de los elementos para la mitigación del riesgo por inundación, movimiento en masa o avenida torrencial se enoiperte en una de las principales prioridades para el desarrollo sostenible del territorio CAR.

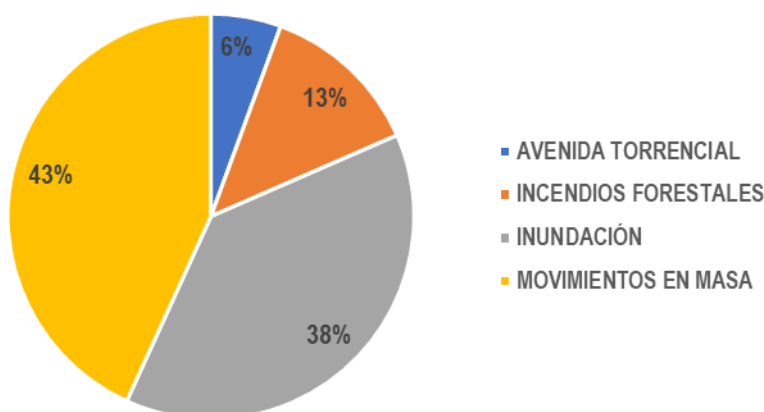
El Departamento de Cundinamarca y los municipios jurisdicción del Departamento de Boyacá, cuentan con unas condiciones geográficas y naturales, unidas a sus condiciones sociales y económicas, hacen que los municipios que la conforman presenten una alta susceptibilidad a sufrir daños relacionados con la presencia de diversos eventos de riesgos de origen natural o antrópico. Esos riesgos a los cuales se ve enfrentados los municipios de la jurisdicción CAR, y de acuerdo a la plataforma digital de la Corporación denominada "Intranet", los eventos presentados se asocian principalmente por condiciones climáticas, atmosféricas y antrópicas. En este sentido, desde el 2011 a la fecha, se han presentado en la jurisdicción CAR en total 9413 eventos por los procesos inundación, avenida torrencial, movimientos en masa e incendios forestales como se observa en la Tabla 1

Tabla 1. Número de evento presentados en el territorio CAR

DIRECCIÓN REGIONAL	CLASE DE EVENTO				
	AVENIDA TORRENCIAL	INCENDIOS FORESTALES	INUNDACIÓN	MOVIMIENTOS EN MASA	TOTAL
ALMEIDAS Y MUNICIPIO DE GUATAVITA	15	85	304	133	537
ALTO MAGDALENA	4	151	192	298	645
BAJO MAGDALENA	12	72	162	246	492
BOGOTA - LA CALERA	13	35	47	182	277
CHIQUEQUIRA	14	132	525	271	942
GUALIVA	262	80	67	361	770
MAGDALENA CENTRO	1	137	117	543	798
RIO NEGRO	125	46	51	270	492
SABANA CENTRO	6	69	529	300	904
SABANA OCCIDENTE	11	62	382	203	658
SOACHA	8	73	193	156	430
SUMAPAZ	32	68	184	561	845
TEQUENDAMA	22	69	331	379	801
UBATE	1	131	527	163	822
TOTAL	526	1210	3611	4066	9413

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Porcentaje de ocurrencia en el territorio CAR



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo anterior, como se puede observar los movimientos en masa (43%), inundaciones (38%), incendios forestales (13%) y avenidas torrenciales (6%) son los eventos que con mayor frecuencia ocurren en el territorio CAR siendo las condiciones climáticas el origen principal para que se presenten y cuyas causas en un alto porcentaje están determinadas por procesos inadecuados de uso y ocupación del suelo y la suburbanización del suelo rural, interviniendo en las franjas de protección de los cuerpos de agua, o deteriorando la estabilidad de los suelos que en la mayor parte del territorio son quebrados. Históricamente dichos eventos han sido catalogados de acuerdo con las condiciones físicas y medioambientales, que con mayor frecuencia se presentan en Cundinamarca, generando desastres, a los que se asocian la mayor parte de pérdidas registradas en los últimos años.

Así las cosas, las amenazas mencionadas anteriormente, vienen afectando la cuenca por diferentes factores antrópico y naturales que han venido cambiando la dinámica y el comportamiento de los suelos, afectando grandes extensiones de predios y en algunos casos con pérdidas de inmuebles, por esta razón, el conocimiento de la cuenca mediante la zonificación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, permite identificar esas zonas en las cuales, se deberá controlar, prevenir y mitigar los riesgos a fin de buscar el comportamiento normal de la cuenca. Así las cosas, los mapas de zonificación se convierten en una herramienta fundamental para análisis de futuros proyectos de conservación y uso de los suelos.

De igual manera, es oportuno mencionar los escenarios de riesgo asociados a eventos climáticos y a la variabilidad climática (fenómeno de “El Niño” y de “La Niña”), que en años anteriores han afectado tanto al territorio como a la población de los Municipios de Cundinamarca, originando en el territorio de la Jurisdicción, largas temporadas de lluvia y por consiguiente graves inundaciones y sequías que han propiciado incendios de magnitudes considerables, los cuales, han incidido de forma drástica en el ordenamiento territorial, uso y ocupación del suelo, afectando la planificación y el desarrollo de los municipios Cundinamarqueses, así como presentándose alteración de la calidad de vida, salud y la seguridad de los habitantes asentados en estos.

En este sentido, es importante entonces, generar procesos de planificación territorial, en la gestión del riesgo y en el conocimiento por sí mismo del espacio y la geografía de cada municipio, mediante el análisis de situaciones relacionadas con aspectos netamente físicos, asociados con el desarrollo de procesos de remoción en masa, inundaciones, avenida torrencial e incendios forestales.

De esta manera con el fin de tener una base efectiva e integral encaminada a la construcción de territorios seguros, esto basado en el Decreto No. 1807 del 19 de Septiembre de 2014 “*Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones*” en el cual se establece las condiciones para realizar la evaluación de la gestión del riesgo, principalmente haciendo referencia a los artículos 3 y 5 respectivamente así: Artículo 3. *Estudios básicos para la revisión o expedición de planes de ordenamiento territorial-POT-*, Artículo 5. *Escala de trabajo*. De conformidad con las clases de suelo establecidas en la Ley 388 de 1997, los estudios se elaboran, como mínimo, en las siguientes escalas:

Tabla 2 Escalas de trabajo

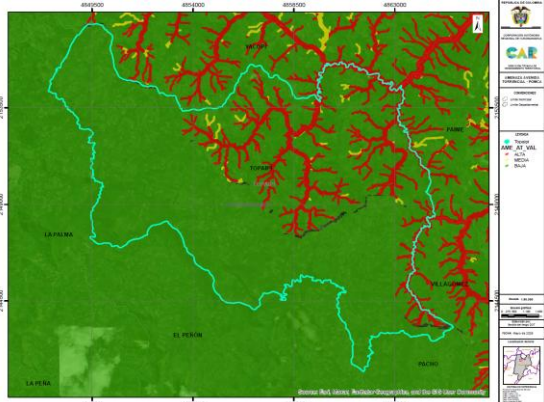
TIPO DE ESTUDIO	CLASE DE SUELO	ESCALA
Estudio Básico	Urbano	1 :5.000
	Expansión Urbana	1 :5.000
	Rural	1 :25.000
Estudio Detallado	Urbano	1 :2.000
	Expansión Urbana	1 :2.000
	Rural Suburbano	1:5,000

Fuente. Artículo 5, Decreto No. 1807 de 2014.

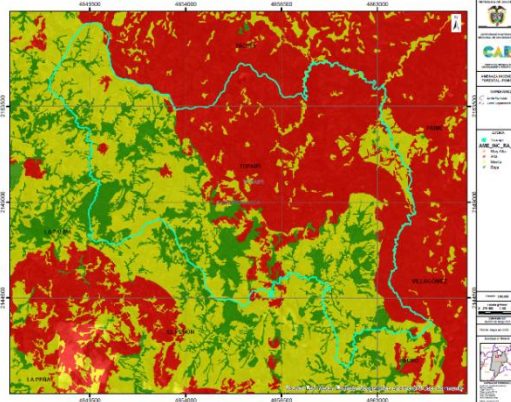
Así las cosas, a las Corporaciones Autónomas Regionales les corresponde por mandato de Ley la actualización de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, la generación de las determinantes ambientales para el ordenamiento territorial y la revisión y concertación de los planes de ordenamiento territorial de los municipios que conforman sus jurisdicciones; además de apoyar a los mismos entes locales en las acciones necesarias para lograr el conocimiento del riesgo, se considera altamente relevante la generación de lineamientos mínimos que permitan avanzar en el proceso de incorporación del riesgo en los ordenamientos de uso de suelo.

Ahora bien, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR luego de haber revisado y evaluado la zonificación de la amenaza por movimientos en masa, inundaciones, avenida torrencial e inundaciones de los POMCA’s para los municipios en mención, se determinó la necesidad que requieren estos municipios para la realización de estos estudios para el ordenamiento de su territorio teniendo en cuenta que de acuerdo a sus condiciones físicas presentan entre amenaza alta y media para los eventos, como se muestra a continuación:

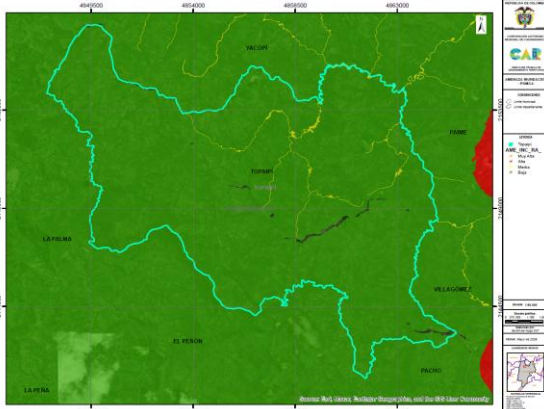
MUNICIPIO DE TOPAIPÍ



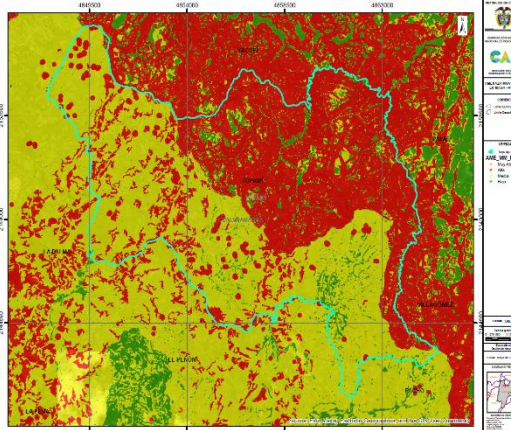
AVENIDA TORRENCIAL



INCENDIOS FORESTALES

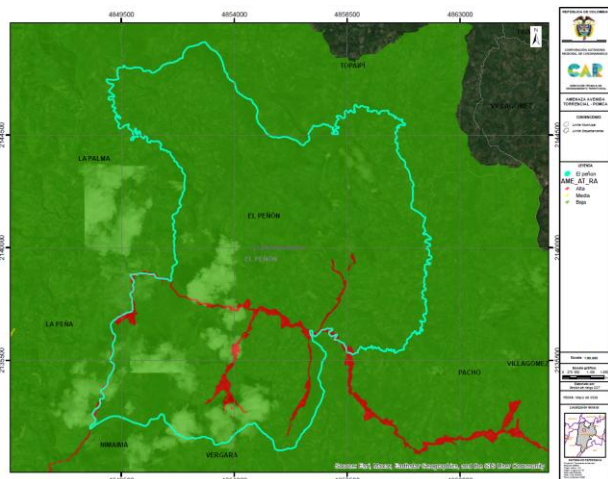


INUNDACIONES

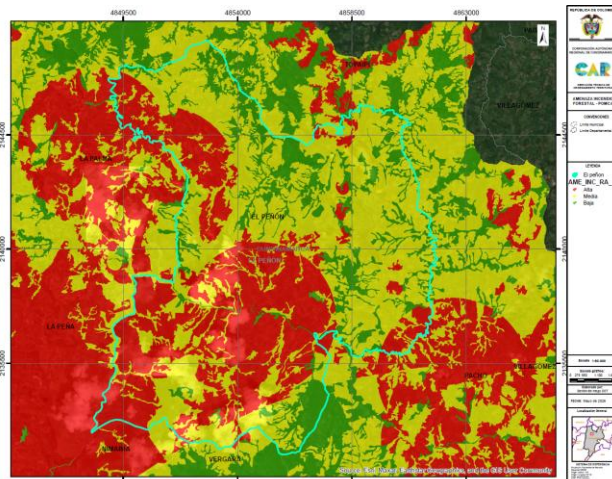


MOVIMIENTOS EN MASA

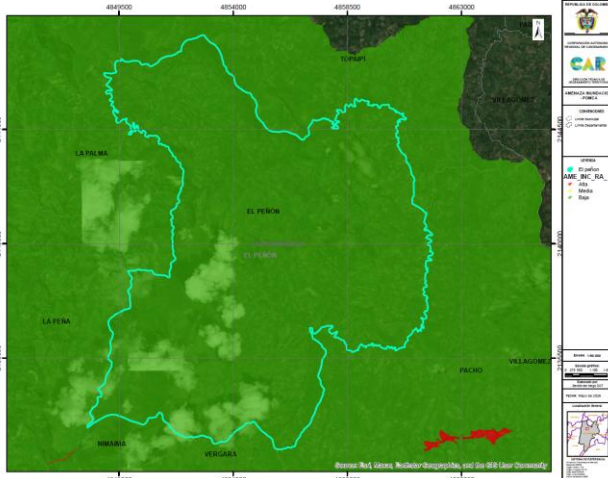
MUNICIPIO DE EL PEÑÓN



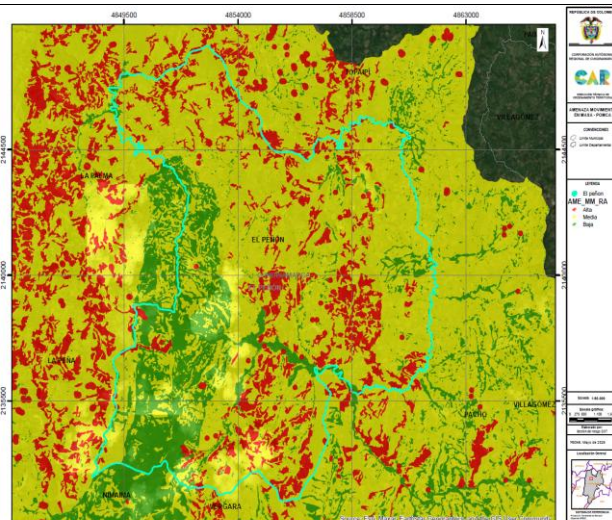
AVENIDA TORRENCIAL



INCENDIOS FORESTALES

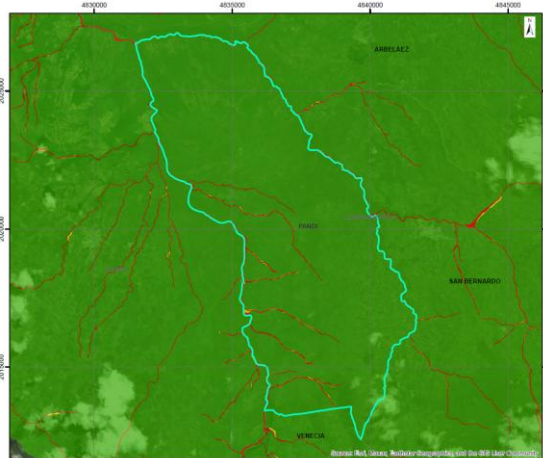


INUNDACIONES

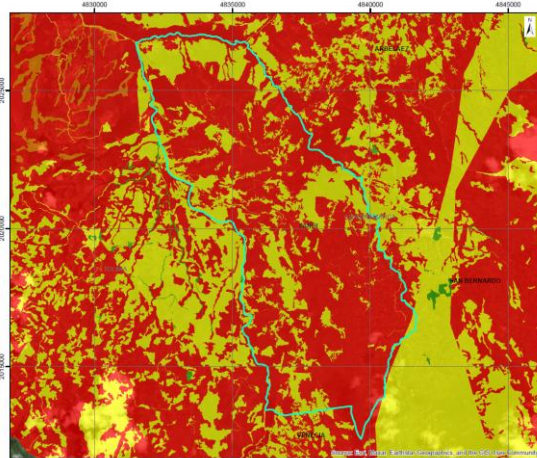


MOVIMIENTOS EN MASA

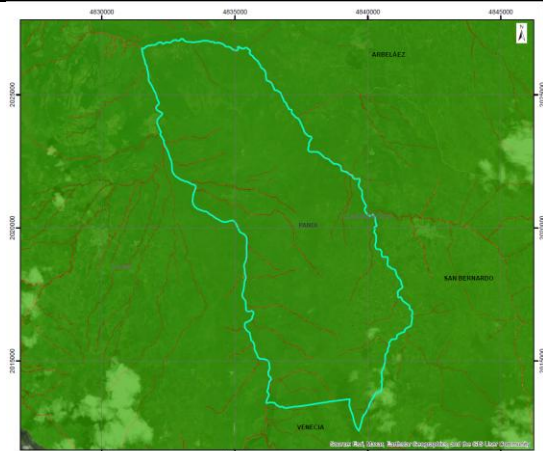
MUNICIPIO DE PANDI



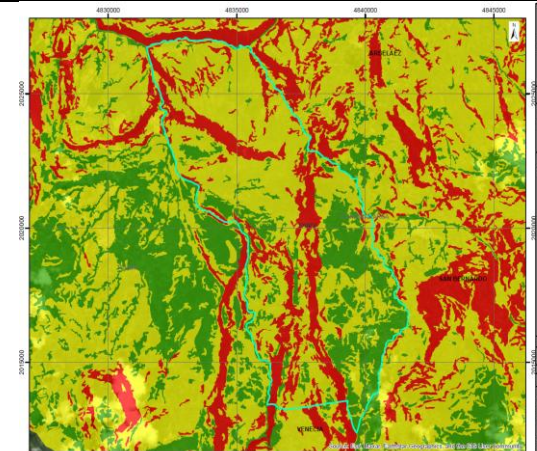
AVENIDA TORRENCIAL



INCENDIOS FORESTALES

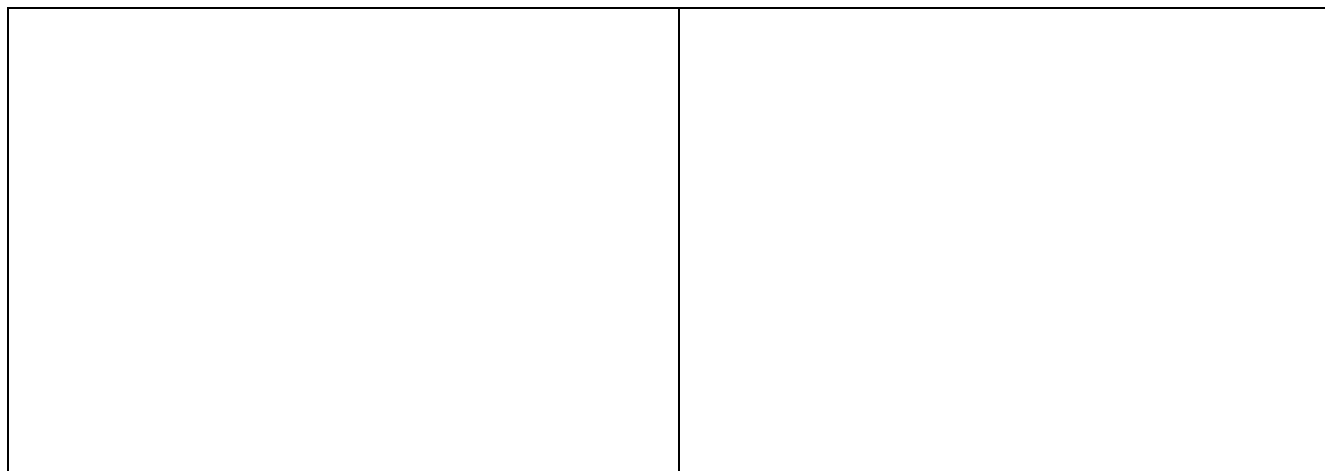


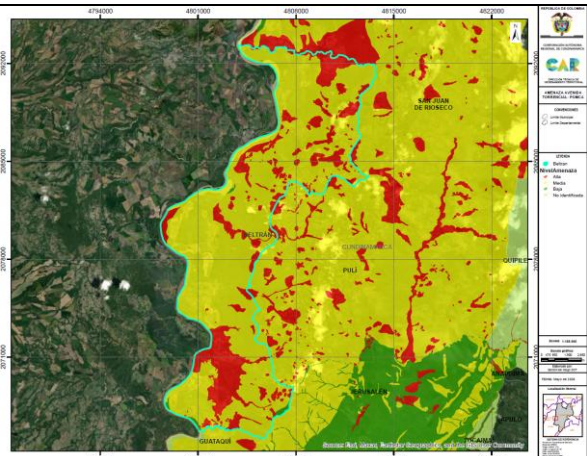
INUNDACIONES



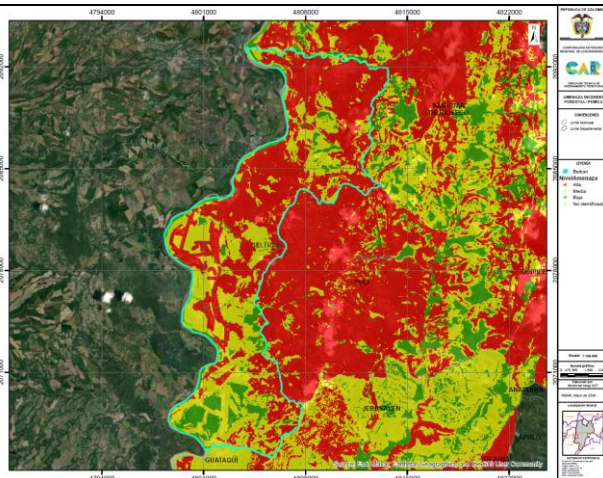
MOVIMIENTOS EN MASA

MUNICIPIO DE BELTRÁN

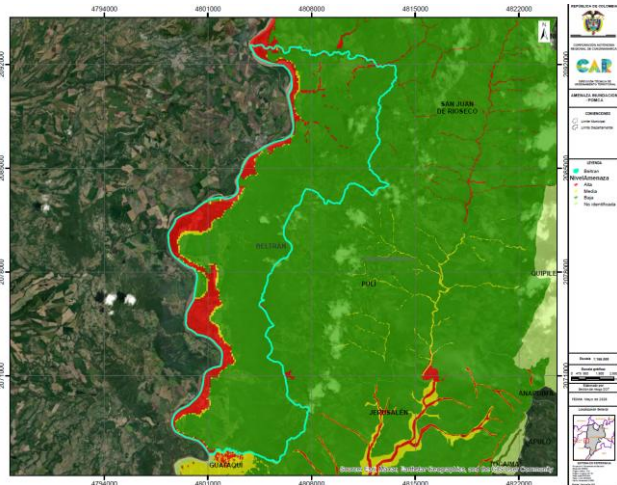




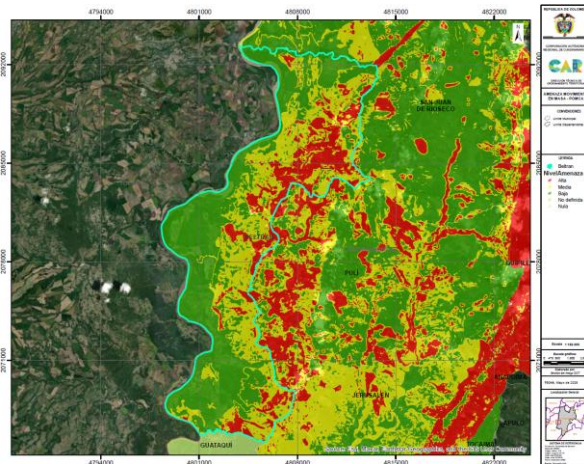
AVENIDA TORRENCIAL



INCENDIOS FORESTALES

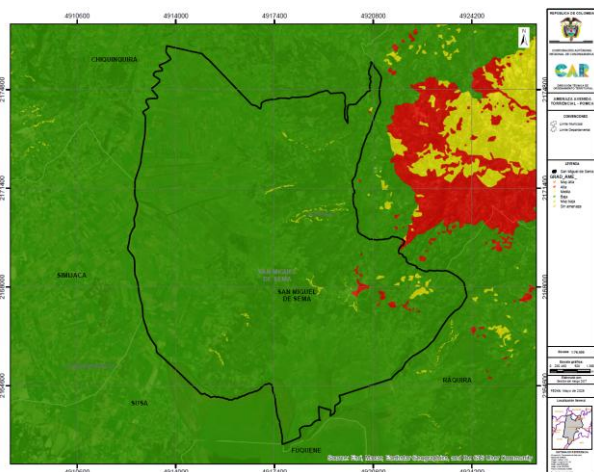


INUNDACIONES

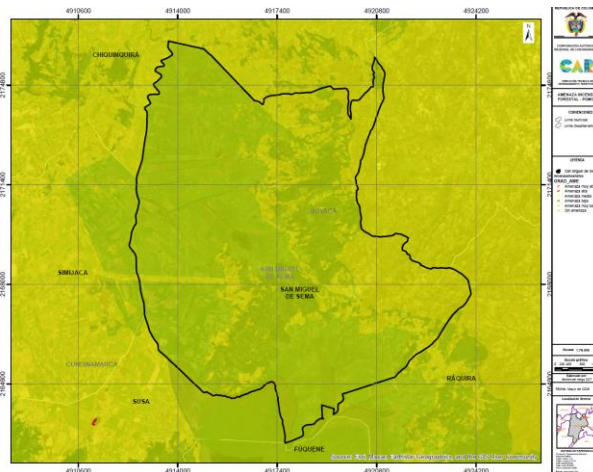


MOVIMIENTOS EN MASA

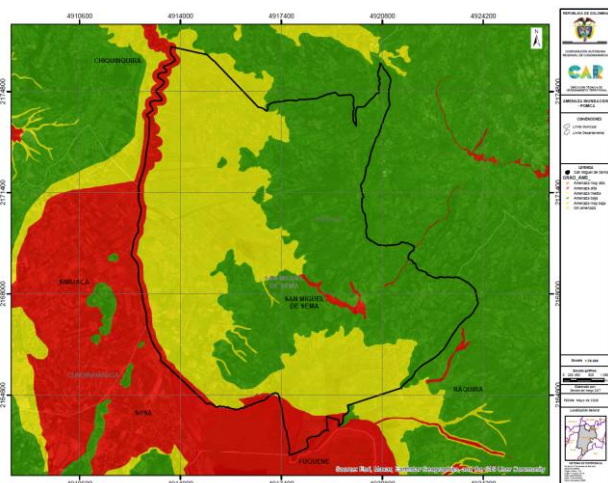
MUNICIPIO DE SAN MIGUEL DE SEMA



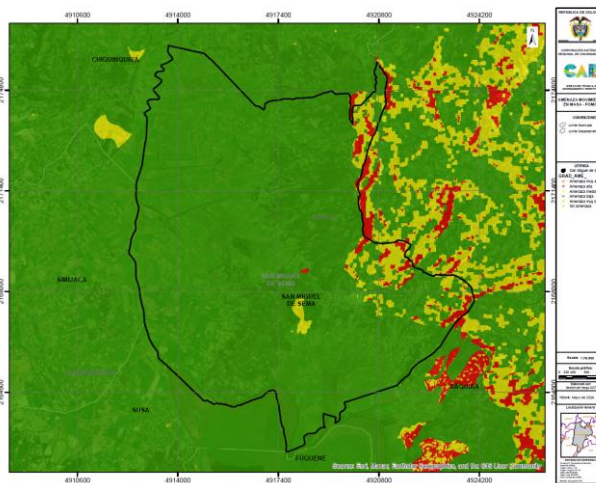
AVENIDA TORRENIAL



INCENDIOS FORESTALES

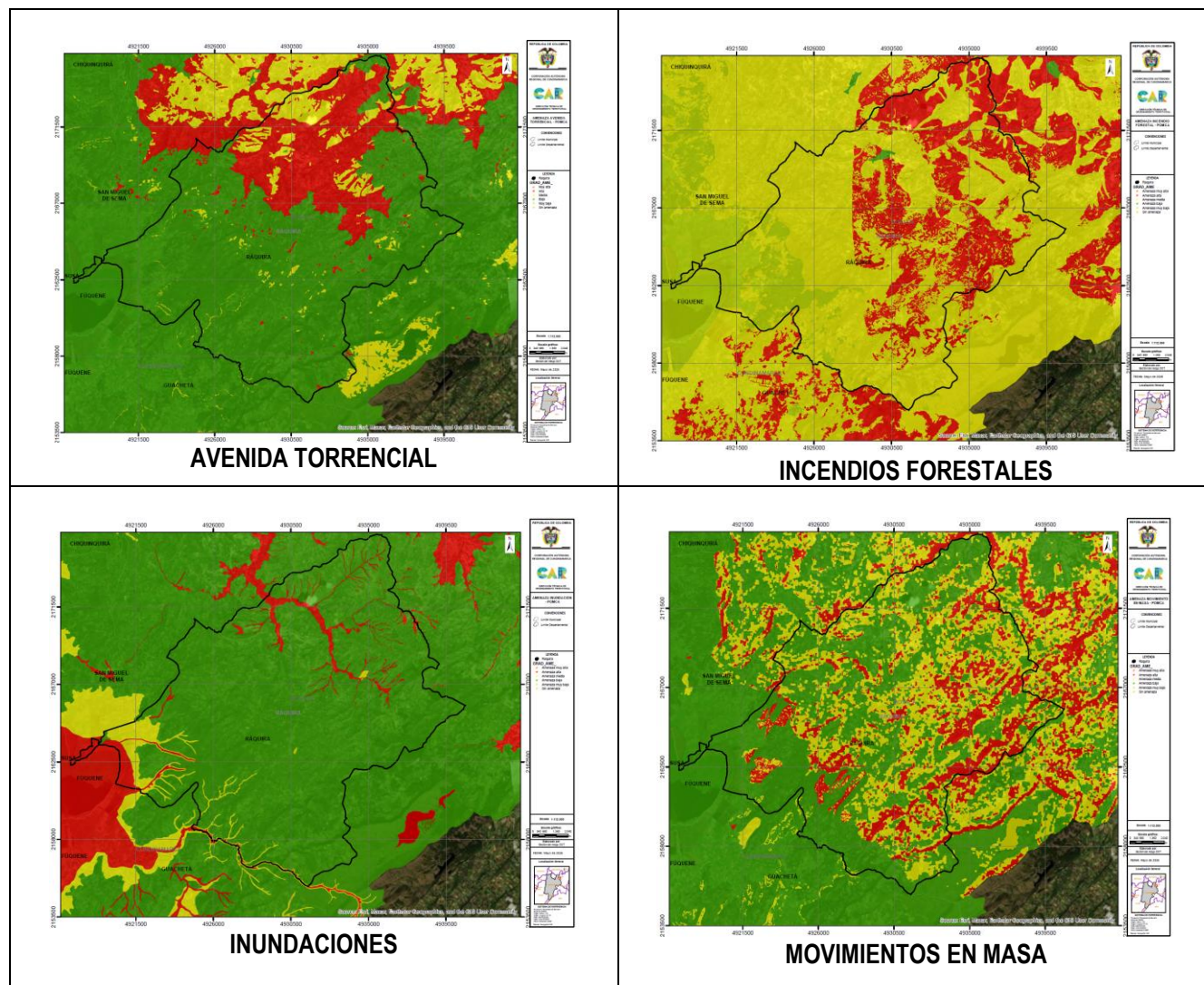


INUNDACIONES



MOVIMIENTOS EN MASA

MUNICIPIO DE RÁQUIRA



Como se pudo evidenciar, por los eventos de movimiento en masa, inundación, avenida torrencial e incendios forestales, la mayoría de municipios presentan un nivel de amenaza entre alta y media, lo que los convierte susceptibles a que se presenten emergencias que generen afectaciones en el territorio, por lo anterior, es necesario que desde las administraciones municipales y municipio en general, ejecuten acciones y medidas encaminadas a la prevención y mitigación del territorio que permita de esta manera ordenar su territorio de manera segura y sostenible. Por lo anterior, como se desarrolla en el artículo 23 de la Ley 99 de 1993, a partir de la zonificación se priorizó desarrollar los estudios en estos municipios.

En razón de lo anterior, con el fin de desarrollar acciones de conocimiento del riesgo en el sitio en mención, la Corporación apoyará en la realización de los ESTUDIOS BÁSICOS DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA, CONDICIONES DE AMENAZAS Y RIESGOS POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN, AVENIDA TORRENCIAL E INCENDIOS FORESTALES, para los municipios de TOPAIPI, PANDI, BELTRÁN, EL PEÑÓN, RÁQUIRA Y SAN MIGUEL DE SEMA, insumo importante para la incorporación del riesgo en los instrumentos de ordenamiento territorial de los municipios priorizados teniendo en cuenta normas y lineamientos establecidos en por la Ley los cuales le permitirán tomar acciones tendientes al ordenamiento del territorio.

Para lo pertinente, se realizarán diferentes etapas enfocadas a la identificación y diagnóstico de información disponible, cartografía base, generalidades, delimitación y definición del área de estudio, obtención de la topografía y topobatimetría y la zonificación de amenaza, condición de amenaza y riesgo para la zona rural, urbana, expansión urbana y centro poblados, como la determinación de medidas de intervención orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante al propuesta de normas urbanísticas y proyección de estudios detallados.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

DESARROLLAR LOS ESTUDIOS BÁSICOS DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA, CONDICIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN, AVENIDA TORRENCIAL E INCENDIOS FORESTALES DE LOS MUNICIPIOS PRIORIZADOS DE LA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir la metodología y plan de trabajo, cronograma de actividades con la identificación y diagnóstico de información disponible, cartografía base, generalidades, delimitación y definición de las áreas de estudio.
- Desarrollar actividades campo para obtención de insumos de cartografía a detalle para los municipios de San Miguel de Sema y Ráquira
- Desarrollar actividades campo para obtención de insumos de cartografía a detalle para los municipios de Topaipi, El Peñon, Pandi y Beltrán
- Obtener la zonificación de amenaza por eventos de movimiento en masa e inundación, para la zona rural de los municipios priorizados de la jurisdicción CAR.
- Obtener la zonificación de amenaza por eventos de movimiento en masa, inundación y avenida torrencial para la zona urbana, expansión y centros poblados de los municipios priorizados en la jurisdicción CAR.
- Definir la zonificación de condición de amenaza y riesgo por movimiento en masa, inundación, avenida torrencial e incendio forestal, para suelo rural, urbano, expansión y centros poblados así como la determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la propuesta de normas urbanísticas y proyección de estudios detallados e informe final con los resultados obtenidos para toda la zonificación de los municipios priorizados en la jurisdicción CAR

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DETALLADAS DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR Y/O EQUIPOS A UTILIZAR

3.1. TRANSPORTE

Con base en la Resolución CAR No. 1044 del 28 de junio del 2013 “*Por la cual se adopta una guía técnica de referencia para determinar los costos de los servicios de consultoría de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR*”, el transporte debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- Modelo mínimo: 2.016 o superior, en buenas condiciones.
- Motor a Diésel, gasolina, gas vehicular, gas vehicular-gasolina, eléctrico-gasolina o eléctrico.
- Cilindraje mínimo. 1.300 cc
- Tracción 4X4
- Dirección Hidráulica
- Capacidad mínima: 5 Pasajeros, incluido el conductor
- Cinturones de seguridad de tres (3) puntos en todos los asientos
- Apoyo cabezas
- Radio USB
- Aire Acondicionado
- Placa de servicio publico
- Dispositivo de velocidad
- Sistema de GPS

NOTA: El transporte incluido en la presente propuesta es para uso exclusivo de los desplazamientos del personal para la ejecución del contrato, por lo anterior, es de aclarar, que las actividades de campo que se requieran para el personal externo a lo establecido en la propuesta, deben tenerse en cuenta en el valor unitario como se detalla en los ítem´s a cotización.

3.2. LEVANTAMIENTO CON LIDAR AÉREO, ESCALA 1:2000 O MAYOR EXACTITUD (INCLUYE PUNTOS DE FOTOCONTROL, AEROFOTOGRAFÍA, FOTOCONTROL, ORTOFOTOMOSAICO Y DTM), TOPOBATIMETRIA (AEROFOTOGRAFÍA, FOTOCONTROL, ORTOFOTOMOSAICO Y DTM) KM, IMAGEN SATELITAL Y/O FOTOGRAFÍA AÉREA EN ESCALA 1:25000 O MAYOR EXACTITUD.

3.2.1. Levantamiento topográfico con Lidar aéreo, escala 1:2000 o mayor exactitud (incluye puntos de fotocontrol, aerofotografía, fotocontrol, ortofotomosaico, modelo digital de terreno - DTM, modelo digital de superficie - MDS, profesional topógrafo, cadeneros, equipos requeridos y demás personal de apoyo)

Se debe realizar topografía de las áreas de interés, sujeto a previa aprobación por parte de la supervisión CAR. Debe incluir la localización planimétrica y altimétrica de todos los detalles relevantes tales como paramentos, redes de servicios públicos, viviendas, cercas, cauces, estructuras, andenes, sardineles, vías, sumideros, separadores, árboles, postes de energía, postes de teléfono, pozos y en general la información existente en terreno de información predial y catastral. Se incluirán curvas de nivel cada 0.5 m. Se deberán materializar en campo mojones georreferenciados en Sistema de Referencia Espacial MAGNA SIRGAS del IGAC, con coordenadas debidamente certificadas por esta entidad (mínimo 6 mojones). Se debe presentar en formato raster, .shp y .dwg, georreferenciada en origen único Magna Sirgas. La foto-restitución deberá estar amarrada al sistema de coordenadas geográficas de IGAC MAGNA – SIRGAS, para lo que se localizará un mojón certificado del IGAC, en caso de no encontrar este punto, se establecerá un nuevo mojón con las especificaciones IGAC y así obtener la certificación oficial por parte de esta entidad. En caso de generarse un nuevo punto, se entregará la respectiva ficha de localización de los mojones nuevos. Se efectuará la verificación y/o ajuste de plano con referencia a las planchas catastrales del IGAC, en casos de que existan.

3.2.2. Levantamiento topobatimétrico de cauce (incluye equipo completo de batimetria, hidrometria o sedimentometria; sistema gps, base, rover y colector de datos, aerofotografía, fotocontrol, ortofotomosaico, modelo digital de terreno - DTM, modelo digital de superficie - MDS, profesional topógrafo, cadeneros, demás personal de apoyo y levantamiento a detalle de estructuras de cruce sobre el río como puentes, ductos, etc)

Para los estudios se debe desarrollar el levantamiento batimétrico a detalle, con el fin de poder generar secciones de los cauces de los ríos y quebradas y realizar los modelos hidráulicos.

Para los estudios a escala 1:2000 para el área urbana, centros poblados y/o expansión urbana, se podrán utilizar MDT (modelos digitales de terreno) a la escala correspondiente, para tal fin los mapas deberán tener curvas de nivel cada dos (2) metros o menores si se realiza a escala más detallada. De igual manera se deben levantar secciones típicas de los cauces con el fin de generar un vaso representativo, el cual se debe corregir dentro del MDT.

Para los estudios a escala 1:25.000 para el área rural, se podrán utilizar MDT (modelos digitales de terreno) a la escala correspondiente, para tal fin los mapas deberán tener curvas de nivel cada veinticinco (25) metros o menores si se realiza a escala más detallada. De igual manera se deben levantar secciones típicas de los cauces con el fin de generar un vaso representativo, el cual se debe corregir dentro del MDT.

En el caso de contar con una estación limnimétrica o limnigráfica en el sitio de interés con datos históricos de caudal máximo instantáneo, se toman sus valores máximos instantáneos anuales, se ajustan a distribuciones probabilísticas conocidas, y se hacen inferencias estadísticas.

Se debe tener en cuenta que los caudales máximo-instantáneos son los valores de caudal máximo que cruzan por una sección hidrométrica en una corriente, y son registrados en estaciones limnigráficas o limnimétricas a través de datos de lecturas de miras máximas instantáneas, integradas con la respectiva curva de calibración de caudales líquidos.

Se debe tener en cuenta que las estaciones limnimétricas solamente se pueden calcular valores puntuales de caudal en las horas del día en las cuales se leen las lecturas de mira de estas.

3.2.3. Imagen satelital y/o fotografía aérea en escala 1:25000 o mayor exactitud.

Se debe desarrollar captura de fotografías aéreas con vehículo aéreo no tripulado y fotointerpretación de la zona de estudio, toma de fotocontrol, aerotriangulación, restitución fotogramétrica, generación de DTM, ortofotomosaico, anáglifos, fotografías oblicuas, identificación de obras de infraestructura y procesos denudativos.

Para especificaciones técnicas no definidas en este documento se debe remitir a la Resolución No.197 de 2022.

NOTA: El Consultor debe contar con todos los permisos, autorizaciones y certificaciones para el desarrollo de cada una de las actividades mencionadas.

3.3. EXPLORACIÓN DIRECTA E INDIRECTA PARA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

3.3.1. Perforaciones mecánicas por rotación diámetro NQ con ensayo Standar Penetration Test - SPT (incluye recuperación continua de muestras, descripción visual de estratos encontrados, lecturas de campo, tipo y profundidad muestras recuperadas, SPT, veleta)

La exploración del subsuelo es una etapa que, por su importancia y su costo relativo en los estudios, conviene definir de manera cuidadosa. El plan de exploración se determina a partir de los mapas de UGI y de elementos geomorfológicos, lo cual permitirá, a partir de los ensayos de laboratorio, definir los parámetros mecánicos del modelo geológico-geotécnico, para el análisis de amenaza básica a escala 1:2000. De conformidad con lo anterior, la exploración del subsuelo se debe diseñar con este enfoque, que en términos generales contempla exploración detallada (escala 1:2000), en la que se busca caracterizar las unidades geológicas y geomorfológicas encontradas. En todo caso se debe incluir la cantidad mínima contratada para este tipo de estudios.

Con base en la información geológica y geomorfológica y las condiciones generales observadas durante el reconocimiento geotécnico detallado que deberá hacer el Consultor, se definirá el programa de exploración del subsuelo con el fin de identificar la distribución y las características de las unidades superficiales, los materiales de transición y las formaciones presentes en el área y de obtener muestras representativas para la caracterización físico-mecánica de tales materiales. Esta información debe ser suficiente para poder caracterizar todos los materiales que se involucren en los análisis de estabilidad y de manera especial aquellos que se vean afectados por procesos de inestabilidad.

La investigación de materiales implicará un programa razonable de exploración directa, mediante sondeos mecánicos por rotación en diámetro NQ con el objetivo de identificar macizo rocoso sano mediante el criterio del RQD > 75% o similar, adecuadamente distribuidos sobre el área de manera que permita garantizar la obtención de la información requerida para completar los modelos geológico – geotécnicos propuestos.

El trabajo de campo se complementará con un programa de ensayos de laboratorio (propiedades índices y mecánicas) que permitan establecer adecuadamente, las características esfuerzo-deformación y resistencia de los materiales involucrados si los mecanismos de falla identificados así lo exigen.

Los parámetros obtenidos deberán ser además compatibles con las exigencias de las herramientas analíticas que se empleen para evaluar cuantitativamente los procesos de inestabilidad de interés, sobre los modelos geológicos-geotécnicos propuestos.

Para la exploración geotécnica se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

La ubicación de los sondeos mecánicos deberá justificarse en términos del adecuado cubrimiento de las áreas de interés, incluyendo las áreas de influencia (de presentarse alguna condición particular que impida llevar a cabo este número de sondeos se deberá presentar la justificación técnica). La exploración deberá soportar adecuadamente el modelo geológico-geotécnico de cada sector o zonas de interés.

El uso de correlaciones para la determinación de los materiales a partir de pruebas de campo de uso frecuente no es restringido, sin embargo, se entiende que la pertinencia, validez y confiabilidad de su uso en un problema específico es responsabilidad total del ejecutor del estudio.

En suelos granulares se deberán realizar ensayos de penetración estándar (SPT) para estimación indirecta de parámetros efectivos de resistencia al corte, pero no se aceptará esta estimación para el caso de suelos finos cohesivos, rellenos

heterogéneos y roca meteorizada; durante la exploración se puede emplear el penetrómetro de bolsillo únicamente para obtener y manejar datos cualitativos de referencia, pero no para obtener o adoptar parámetros de resistencia de los materiales.

Para el desarrollo de esta actividad se debe tener en cuenta las normas y especificaciones técnicas del INVIAS-2012 así:

SECCIÓN 100-SUELOS

(...)

I.N.V. E - 102 *DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL)*

I.N.V. E - 103 *CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELOS*

I.N.V. E - 104 *TOMA DE MUESTRAS INALTERADAS DE SUELO EN SUPERFICIE*

I.N.V. E - 105 *OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO MEDIANTE TUBOS DE PARED DELGADA*

I.N.V. E - 106 *PREPARACIÓN EN SECO DE MUESTRAS DE SUELO POR VÍA SECA PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES FÍSICAS*

I.N.V. E - 107 *PREPARACIÓN EN SECO DE MUESTRAS DE SUELO POR VÍA HÚMEDA PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES FÍSICAS*

I.N.V. E - 108 *PERFORACIONES CON BROCAS Y MUESTREO PARA INVESTIGACIONES EN EL SITIO*

I.N.V. E - 109 *MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO DE PARED GRUESA Y REVESTIMIENTO DE ANILLOS*

I.N.V. E - 111 *ENSAYO NORMAL DE PENETRACIÓN (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO*

I.N.V. E - 112 *EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS MEDIANTE BARRENAS*

(...)

3.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

De acuerdo con los resultados de la exploración del subsuelo y de las características de los materiales encontrados, se deberá formular un plan de ensayos de laboratorio que permita hacer una adecuada caracterización geomecánica de los diferentes materiales presentes en el área. Con base en la información previa y en la visita de reconocimiento al sitio, el Consultor deberá presentar en su propuesta el plan de ensayos; en todo caso se debe incluir la cantidad mínima contratada para este tipo de estudios.

A partir de la integración de la información sobre los aspectos geológicos y geomorfológicos, de exploración del subsuelo y de resultados de ensayos de laboratorio, se deberán delimitar las zonas homogéneas en términos de su comportamiento geotécnico.

El fin principal de los ensayos de laboratorio en geotecnia, es la determinación de las propiedades físico-mecánicas de los materiales que serán afectados por una actuación en la que hay una serie de sollicitaciones y esfuerzos.

Los ensayos más importantes son los siguientes:

- **Ensayos de clasificación**

Los ensayos básicos para caracterizar un suelo son los llamados ensayos de clasificación, los cuales corresponden a contenido de agua (humedad natural), granulometría, peso unitario y límites de Atterberg. Estos ensayos son fundamentales

a fin de determinar las propiedades físicas de un suelo determinando y su tipo (grava, arena, limo o arcilla) y a partir de éstos se orientará el informe geotécnico aplicando el método adecuado en cada caso.

- **Rotura a compresión simple**

El objeto de este ensayo es determinar la resistencia a compresión simple de una probeta cilíndrica de suelo sometida a una carga axial. El ensayo de compresión simple se realiza sin confinamiento lateral ($\sigma_3=0$), y sin drenaje, es decir es un ensayo rápido en el que no se deja que el agua de los poros salga (disipación de presión neutra o intersticial).⁷

- **Ensayo de corte directo**

Este ensayo consiste esquemáticamente romper una pastilla de suelo por medio de esfuerzos tangenciales. El ensayo de corte directo es un procedimiento utilizado para determinar las componentes del esfuerzo de corte de un suelo, es decir, la cohesión y el ángulo de rozamiento interno.

De acuerdo con lo anterior para la ejecución de los ensayos de laboratorio se debe seguir y tener en cuenta las normas y especificaciones técnicas del INVIAS-2013, NTC y ASTM, así:

Tabla 3 Normas técnicas para ensayos de laboratorio

Ensayos de laboratorio	Unidad	Norma técnica
Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo - agregado	UN	INV E 122-13 NTC-1495-13 ASTM D2216 - 10.
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos (granulometría por tamizado e hidrometría)	UN	INV E 123-13 ASTM D422 - 63(1998).
Método de prueba estándar para la determinación de la densidad (peso unitario) en laboratorio de especímenes de suelo	UN	ASTM D7263-21.
Determinación límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.	UN	INV E 125-13 e INV E 126-13 NTC-4630-1999.
Compresión inconfiada en muestras de suelo	UN	INV E 152-13 NTC-1527-00 ASTM D2166 / D2166M - 16.
Corte directo en condición CD, consolidada - drenada (3 puntos).	UN	INV E 154-13 NTC 1917-00 ASTM D3080/D3080M - 11.

Fuente: Elaboración propia

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ESTUDIOS

El presente documento, presenta las condiciones y especificaciones técnicas mínimas requeridas para la zonificación de amenaza, condición de amenaza y riesgo por procesos de movimientos en masa, inundación, avenida torrencial e incendios forestales en zonas rurales, urbana, expansión urbana y centros poblados de los entes territoriales y contiene entre otros lo siguientes:

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.

Los soportes técnicos, están ajustados a las diferentes normativas y guías o documentos que las diferentes entidades han emitido en los últimos años, por lo anterior y en todo caso, el desarrollo de los productos debe estar alineados con lo dispuesto en el Decreto No.1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia.

4.1. PRODUCTOS

El contratista debe entregar los siguientes productos.

- a. Documento técnico de soporte de la metodología y plan de trabajo, cronograma de actividades con la identificación y diagnóstico de información disponible, cartografía base, generalidades, delimitación y definición de las áreas de estudio
- b. Documento técnico de soporte de desarrollo de la metodología en relación con la obtención de insumos de topografía y topobatimetría para los municipios de San Miguel de Sema y Ráquira
- c. Documento técnico de soporte de desarrollo de la metodología en relación con la obtención de insumos de topografía y topobatimetría para los municipios de Topaipi, El Peñon, Pandi y Beltrán
- d. Desarrollo de la metodología y cartografía para zonificación de la amenaza por eventos de movimiento en masa, inundación, avenida torrencial e incendio forestal para el suelo rural, de los municipios priorizados
- e. Documento de desarrollo de la metodología y cartografía con mapas insumos, intermedios y finales para zonificación de la amenaza por eventos de movimiento en masa, inundación y avenida torrencial para la zona urbana, expansión y centros poblados.
- f. Documento y cartografía de la zonificación de condición de amenaza y riesgo para suelo rural, urbano, expansión y centros poblados e informe final para toda la zonificación de los municipios priorizados de la jurisdicción CAR.

4.2. ESCALAS DE TRABAJO

Las escalas de trabajo que deben tener en cuenta para la zonificación de la amenaza se relacionan en la Tabla 3

Tabla 3. Escalas de trabajo para zonificación de amenaza

TIPO DE ESTUDIO	CLASE DE SUELO	ESCALA
Estudio Básico	Urbano y Centros Poblados	1 :2.000
	Expansión Urbana	1 :2.000
	Rural	1:25.000

Fuente: MADS 2014

4.3. PRODUCTO 1: Documento técnico de soporte de la metodología y plan de trabajo, cronograma de actividades con la identificación y diagnóstico de información disponible, cartografía base, generalidades, delimitación y definición de las áreas de estudio

4.3.1. Delimitación y definición del área de estudio

El área de estudio se definirá con base en la información suministrada por los municipios y mediante una visita de campo de verificación conjunta (Supervisión de la CAR-Consultoría).

Para la realización de la visita se deberá hacer una revisión preliminar de los documentos técnicos emitidos por Corporación y la información secundaria relevante consultada. Una vez definida el área en campo se deberá plasmar la misma en un plano a las respectivas escalas definidas por la norma para el suelo urbano, expansión, centros poblados y rural.

4.3.2. Definición de la metodología, plan de trabajo (PDT) y cronograma de actividades

Teniendo en cuenta que, para el análisis y espacialización de la amenaza, condición de amenaza y riesgo, existen diversos métodos, el Consultor deberá proponer y concertar con la Supervisión el tipo de método que mejor aplique, de acuerdo con la zona, escala de trabajo y posible mecanismo de falla, para lograr los objetivos propuestos, con base en la información disponible. Es de aclarar que cualquier modificación a la metodología durante la realización del estudio deberá ser puesta a consideración y aprobación de la Supervisión.

De acuerdo con las etapas que se definan en la metodología aprobada se deberá proponer un cronograma y plan de trabajo detallado (PDT) el cual contemple las fechas de inicio y finalización de cada actividad y en la cual se planteen las fechas de entrega de cada uno de los productos esperados, así como los recursos invertidos en cada etapa del plan.

Para la obtención final de los mapas de amenaza, el Consultor deberá desarrollar diferentes actividades, las cuales, estarán soportadas en la presentación de una base de datos o cartografía, que debe contener insumos intermedios o finales aportados por el contratista.

Para la obtención final de los mapas de amenaza, se deberá desarrollar diferentes actividades, las cuales, estarán soportadas en la presentación de una base de datos o cartografía, que debe contener insumos intermedios o finales.

Por otro lado, para la elaboración de los estudios básicos de riesgo, deben tener como referencia las siguientes metodologías establecidas:

1. DOCUMENTO METODOLÓGICO DE LA ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:500.000, del Servicios Geológico Colombiano – SGC
2. GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, del Servicios Geológico Colombiano – SGC.
3. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1: 25.000, del Servicios Geológico Colombiano – SGC.
4. GUÍA METODOLÓGICA PARA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES, del Servicios Geológico Colombiano – SGC.
5. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
6. PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA, del Distrito de Bogotá.
7. PROTOCOLO DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

4.3.3. Identificación y diagnóstico de información disponible, cartografía base y generalidades

El Consultor debe realizar una recopilación y análisis de la información secundaria enfocada principalmente en:

1. Cartografía, fotografías aéreas existentes, a las escalas cartográficas disponibles, incluyendo información en materia ambiental, así como las reglamentaciones vigentes de usos del suelo consignadas en los Planes y/o Esquemas de Ordenamiento Territorial del municipio priorizado. Se deben consultar entidades como CAR, IDEAM, SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (antes INGEOMINAS), CATASTRO MUNICIPAL, PLANEACIÓN MUNICIPAL, IGAC, DANE, SISBEN, DISEÑOS ANTERIORES SI LOS HAY, entre otros.
2. Adquisición de la base cartográfica del IGAC a escala 1:25000 o de mayor detalle disponible, geología local y regional existente, geomorfología regional y local existente, así como la red hidrológica existente, uso y cobertura del suelo, drenajes, sismología, morfodinámica, morfometría, hidrogeología, bases de datos de eventos de la zona de estudio en entidades como la CAR, Servicio Geológico Colombiano, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), Fondo de Adaptación, entre otras.
3. Restitución de fotografías aéreas tomadas con UAV en escala 1:25000 o superior, procesos denudativos, unidades geológicas, geología estructural, análisis morfológico, identificación de elementos vulnerables por procesos de movimiento en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, fuentes hídricas, entre otros, a escala 1:25.000 o de mayor detalle. Los sitios de interés serán sujeto a previa aprobación por parte de la supervisión CAR.
4. Inspección geológico – geotécnica y de fuentes hídricas en campo, mapeo de inventario de procesos de movimiento en masa y de identificación de puntos que generen obstrucción de cauce y procesos de avenidas torrenciales en la zona de estudio.
5. Balance hídrico climatológico regional.
6. Hidrología superficial y subsuperficial.
7. Revisión cualitativa de la zonificación existente a partir del reconocimiento de campo.
8. Delimitación y justificación del área de influencia a ser estudiada, definición de plan de exploración geotécnica y plan de topografía y batimetría.
9. Estudios similares de zonificación para los eventos.

Con el análisis de la información, se deberá realizar un diagnóstico preliminar, el cual permita establecer a nivel regional y local las posibles causas de las amenazas identificadas. El documento final de esta primera fase de manera cualitativa permitirá establecer los sitios (áreas) para la toma de cada uno de los parámetros necesarios.

NOTA 1. Todos los planos e informes deben estar debidamente rotulados y firmados por el responsable (con matrícula profesional vigente), en formato compatible con la plataforma tecnológica que establezca la CAR, de acuerdo con los requerimientos de cada municipio.

NOTA 2. Todos los informes deben contener conclusiones, sugerencias y recomendaciones frente al producto generado.

4.4. PRODUCTO 2 y 3: Documento técnico de soporte de desarrollo de la metodología en relación con la obtención de insumos de topografía y topobatimetría

El presente ítem debe desarrollarse de acuerdo a lo especificado en el numeral 3.2 en donde se relacionan las especificaciones técnicas para el presente producto.

NOTA 1. Todos los planos e informes deben estar debidamente rotulados y firmados por el responsable (con matrícula profesional vigente), en formato compatible con la plataforma tecnológica que establezca la CAR, de acuerdo con los requerimientos de cada municipio.

NOTA 2. Todos los informes deben contener conclusiones, sugerencias y recomendaciones frente al producto generado.

4.5. PRODUCTO 4: Desarrollo de la metodología y cartografía para zonificación de la amenaza por eventos de movimiento en masa, inundación, avenida torrencial e incendio forestal para el suelo rural, de los municipios priorizados

4.5.1 Levantamiento geológico y geomorfológico (incluye trabajo de campo y elaboración de informe y cartografía)

Planos en planta y perfiles, que incluirá materiales o formaciones presentes, condiciones generales del drenaje, ubicación de los procesos de inestabilidad actuales y su relación con los rasgos geológicos regionales y locales.

Se debe realizar el levantamiento geológico, utilizando una base cartográfica y con curvas de nivel y descrito en ítems anteriores, el cual deberá acompañarse de una descripción geológica que contemple la siguiente información:

-Estratigrafía

-Descripción litológica, referencia de edad y origen, espesor, distribución y posición en la secuencia de las distintas unidades litológicas en el área de estudio.

Teniendo en cuenta el nivel de detalle, la geología se debe realizar en unidad de roca, preferiblemente asociándola a la formación a la que pertenece.

- Geología Estructural

-Identificación de fallas (locales y regionales, si las hay), estructuras anticlinales y sinclinales, y diaclasas cuando se trate de un macizo rocoso, en especial con afloramientos en el área de estudio y establecer la diferenciación de bloques estructurales.

Se debe hacer una caracterización de las geoformas y de su dinámica en el área de estudio, considerando la génesis de las diferentes unidades y su evolución.

De manera precisa serán cartografiados los procesos, con énfasis en los de movimiento en masa y erosión. Se efectuará un análisis multitemporal que permita evaluar la dinámica de dichos procesos, considerando como mínimo dos fechas (actual y años atrás). El levantamiento geomorfológico con énfasis en la localización de los procesos de inestabilidad por movimiento en masa identificados será trabajado y presentado sobre una base cartográfica a escala 1:25000 o mejor, con curvas de nivel cada 25.0 metros como mínimo.

4.5.2 Determinación y evaluación de las condiciones del agua subsuperficial en condiciones normales y extremas (incluye trabajo de campo y elaboración de informe y cartografía de hidrogeología)

Se debe realizar la evaluación de las condiciones del agua subsuperficial en condiciones normales y extremas más probables en un período de análisis de cincuenta (50) años, teniendo en cuenta la topografía del terreno, uso del suelo, textura de los materiales presentes (depósitos, suelos residuales, rocas) y sus rasgos estructurales y/o de fracturamiento, así como las condiciones climatológicas y pluviométricas del área.

Como conclusión del análisis del marco hidrogeológico del área, teniendo en cuenta el flujo subsuperficial solucionado a través de redes de flujo o metodología similar, donde se determine permeabilidad del medio y a su vez, el estudio fijará los parámetros de posición de niveles de agua o factores R_u (relación presión de poros / esfuerzo total vertical), en condiciones normales y en condiciones extremas de lluvia crítica en el período de recurrencia de esta situación. El estudio hidrogeológico fijará los criterios para definir el tipo de medidas de drenaje que mejor se adecuen a los rasgos hidrogeológicos y topográficos del sitio, para lo cual se deberá establecer las posibles zonas de saturación, además se deberá desarrollar análisis del

gradiente hidráulico o abatimiento de los niveles freáticos en las perforaciones realizadas. Se deberá incluir en este capítulo una evaluación hidráulica del cauce teniendo en cuenta las condiciones naturales y antrópicas dentro de la zona de influencia del proyecto para establecer la posible incidencia en generación de procesos de socavación y remoción en masa que afecten el área de estudios o los que se puedan generar tomando en cuenta los estudios de topobatimetría suministrados por la Corporación.

4.5.3 Definición del componente de sismología (incluye trabajo de campo y elaboración de informe y cartografía)

Las condiciones de amenaza sísmica a utilizar serán las obtenidas de la aplicación de la normatividad nacional que se encuentre vigente (NSR-10). Para los análisis se considerará el valor de aceleración máxima (A_m) correspondiente para un período de análisis de 50 años y una probabilidad de excedencia no mayor al 10%. En el caso de considerar análisis de tipo pseudo-estáticos, en los análisis de estabilidad para la evaluación de amenaza por movimientos en masa, la aceleración crítica no podrá ser menor a $2/3$ de la aceleración máxima (A_m).

4.5.4 Evaluación hidrológica e hidráulica del drenaje superficial, tanto natural como artificial (incluye trabajo de campo y elaboración de informe y cartografía)

- a. La primera corresponde a la consulta de información secundaria disponible, que, junto a las visitas de campo, se logra caracterizar físicamente la zona de estudio y las condiciones hidrológicas.
- b. Una segunda etapa que incluye la recopilación de información hidrometeorológica para obtener y manipular los valores de precipitación, temperatura, evaporación o brillo solar, con base en la cual se debe adelantar la respectiva evaluación de los aspectos climatológicos de la zona de estudio. Se deberán generar curvas IDF a partir de la estación hidroclimatológicas seleccionadas, a las cuales se le debe realizar el respectivo tratamiento de datos (análisis de consistencia de datos), con el fin de obtener resultados óptimos en la generación de caudales y de crecientes a diferentes periodos de retorno definidos por común acuerdo entre las partes.
- c. El modelo hidrológico deberá contemplar la información necesaria para poder calibrar y validar los modelos propuestos.
- d. Se debe realizar un análisis morfométrico y morfodinámico de las cuencas de los cauces priorizados.
- e. Se debe realizar un análisis de transporte de material sólido y líquido, incluyendo variables como pendiente del cauce, pendiente del valle, sección del cauce, sinuosidad, longitud de onda, entre otras.
- f. Se deberán realizar análisis detallado de factores naturales y/o antrópicos que genere cambio en la dinámica fluvial y en el régimen de caudales característicos, evaluando coberturas vegetales, uso de los suelos y/o cualquier característica del ciclo hidrológico que afecte la dinámica de las fuentes hídricas.
- g. Se deberá realizar análisis de cada uno de los factores que intervienen en el ciclo hidrológico, tales como lluvias, temperatura, evapotranspiración, y/o cualquier aspecto natural y/o antrópico, así como el cambio climático para la identificación de procesos de inundaciones y/o avenidas torrenciales.
- h. Se debe realizar análisis a nivel de cuenca hidrográfica de aspectos relevantes tales como procesos de remoción en masa, suelos, geología, geomorfología, cobertura y usos de los suelos para la adecuada determinación de procesos de inundaciones y/o avenidas torrenciales a escala detallada.

4.5.5 Definición de coberturas y usos del suelo (incluye trabajo de campo y elaboración de informe y cartografía)

Los mapas de cobertura y uso del terreno se elaborarán de acuerdo con la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) (2010).

4.5.6. Definición de inventario y caracterización de procesos

A partir de información de las diferentes entidades a nivel nacional, regional o local, interrelacionada con la información de la comunidad identificar cuales áreas han sufrido afectaciones por movimiento en masa, inundación y/o avenida torrencial y en qué fecha. Clasificación de todos los procesos de inestabilidad identificados en el área de estudio, clasificándolos en antiguos y recientes, de acuerdo con su estado de actividad, y según los mecanismos de falla y forma de propagación, considerando por ejemplo la retrogresividad del proceso y el área de influencia directa con su actividad.

4.5.7. Definición y análisis de insumos, variables e intermedios para aplicación de metodología de zonificación de amenaza de incendios forestales

Para la realización de la evaluación de amenazas de incendios forestales se requiere de la siguiente información cartográfica:

- Mapa base que contenga límites político-administrativos, centros poblados, hidrografía, curvas de nivel, vías)
- Mapa de cobertura vegetal sistema de clasificación corine land cover
- Mapa de precipitación media multianual (isoyetas)
- Mapa de temperatura media multianual (isotermas)
- Mapas históricos de existencia de incendios forestales a nivel municipal (cantidad de incendios y causas de estos)
- Mapa de pendientes Mapa vial

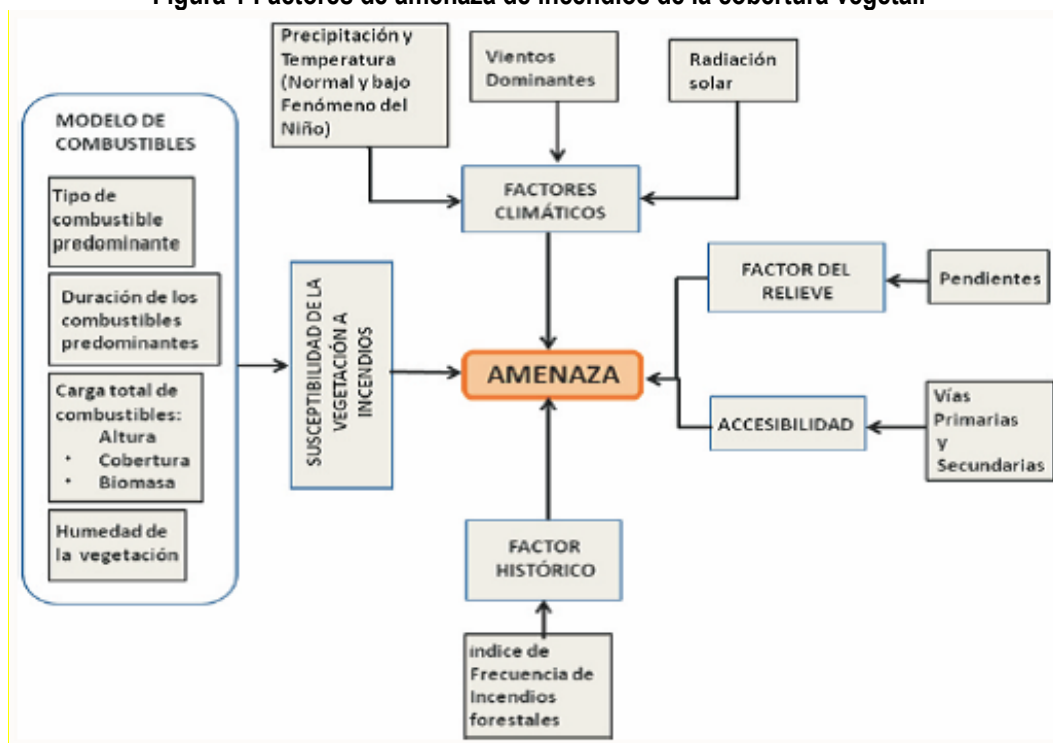
Adicionalmente, según sea posible, se pueden incorporar otras variables no consideradas como:

- Dirección de vientos predominantes
- Velocidad de vientos predominantes
- Radiación solar

Teniendo en cuenta lo anterior se debe aplicar la memoria técnica – PROTOCOLO DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM., la cual contiene la metodología a seguir para la zonificación de la amenaza por incendios forestales. (Pag 15 a 50).

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo que interrelaciona los factores de amenaza de incendios de la cobertura vegetal.

Figura 1 Factores de amenaza de incendios de la cobertura vegetal.



Fuente: IDEAM

4.5.8. Análisis hidráulico de flujo torrencial, ciclo de sedimentos y evaluación de la amenaza para avenida torrencial (1:25.000)

Tener en cuenta lo dispuesto en la GUÍA METODOLÓGICA PARA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES, del Servicios Geológico Colombiano – SGC. 2021

En todo caso se debe incluir lo dispuesto en el Decreto No.1807 de 2014 compilado en el Decreto No.1077 de 2015 así:

CAPÍTULO I

Condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos

(...)

Artículo 10. Estudios básicos de amenaza por avenidas torrenciales

(...)

1. Área de estudio: Todos los cauces presentes o con influencia en el municipio o distrito, que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial.

2. Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:

a) Geomorfología;

b) Estudio hidrológico de la cuenca, orientado al flujo torrencial, considerando el ciclo de sedimentos;

c) Análisis hidráulico del área a zonificar, teniendo en cuenta factores detonantes como precipitación o movimientos en masa;

3. Alcance: Para la zonificación de la amenaza, esta 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.

4. Productos: Mapa de amenaza por avenidas torrenciales, en el cual se delimitan y zonifican los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado, según lo dispuesto en el presente artículo.

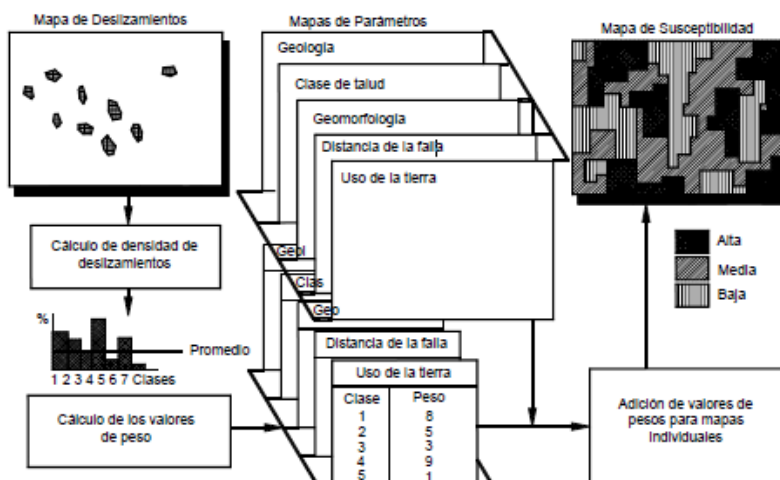
4.5.9. Análisis de estabilidad de suelos y evaluación de la amenaza para diferentes escenarios por movimiento en masa (1:25.000)

Tener en cuenta y aplicar lo establecido en la “GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1: 25.000” del Servicio Geológico Colombiano-SGC versión año 2017 y lo dispuesto en este documento así:

Se desarrollará el método estadístico, el cual se refiere al cálculo de la densidad en los deslizamientos, para cada unidad geomorfológicamente homogénea o para determinados rangos de factores determinantes de la estabilidad. La densidad de los deslizamientos se toma típicamente, como el porcentaje del área que es ocupada por éstos.

El método estadístico superpone mapas de parámetros y mapas de unidades homogéneas al mapa de inventario de deslizamientos y calcula las densidades del deslizamiento.

Figura 2. Uso de SIGs para el análisis estadístico bivariado, en la elaboración de mapas de susceptibilidad (



Fuente: Soeters y Van Westen, 1996

Este método está basado en la siguiente fórmula:

$$\ln W_i = \ln \left(\frac{\text{Densclas}}{\text{Densmap}} \right) = \ln \left(\frac{\frac{\sum \text{Npix}(Si)}{\sum \text{Npix}(Ni)}}{\frac{\sum \text{Npix}(Si)}{\sum \text{Npix}(Ni)}} \right)$$

donde,

W_i = La ponderación dada a una cierta clase de parámetro (p.e. un tipo de roca, o una clase de pendiente).

Densclas = el grado de deslizamiento dentro de la clase de parámetro.

Densmap = el grado de pendiente de todo el mapa.

$\text{Npix}(Si)$ = número de píxeles, los cuales contienen los deslizamientos, dentro de una cierta clase de parámetro.

$\text{Npix}(Ni)$ = número total de píxeles dentro de una cierta clase de parámetro.

El método está basado en un cruce de un mapa de deslizamiento con un cierto mapa de parámetro. El cruzamiento del mapa resulta de una tabla de cruce, que puede ser usada para calcular el grado de deslizamiento por clase de parámetro. Una estandarización del grado de deslizamiento puede obtenerse relacionando la totalidad de grados presentes en el área. La relación puede estar hecha por división o sustracción. En este ejercicio el grado de deslizamiento por clase está dividido por el grado de deslizamiento del área total. El logaritmo natural es usado para dar un peso negativo cuando el grado de deslizamiento es más bajo de lo normal, y positivo cuando sea más alto de lo normal. Combinando dos o más mapas ponderados puede ser creado un mapa de amenaza. Los valores del mapa de amenaza se obtienen por una simple adición separada de los valores de ponderación.

En todo caso se debe incluir lo dispuesto en el Decreto No.1807 de 2014 compilado en el Decreto No.1077 de 2015 así:

CAPÍTULO I

Condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos

Artículo 8°. Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa

1. *Área de estudio: Se adelantará éste tipo de estudios en todas las zonas de relieve escarpado, montañoso y ondulado, con pendientes iguales o superiores a 5 grados más los taludes marginales de cauces, así como las zonas planas que puedan recibir los efectos de los movimientos en masa.*

(...)

2. Insumos:

a) *Cartografía base que contenga entre otros: coordenadas, curvas de nivel, drenajes, red vial, infraestructura y equipamientos, asentamientos humanos;*

b) *Inventario de procesos morfodinámicos.*

(...)

En la elaboración de los estudios para suelos rurales, adicionalmente se realiza: la geología, unidades geológicas superficiales, la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de subunidades geomorfológicas y cobertura y uso del suelo

3. Alcance: La determinación de las condiciones de 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 dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general).

(...)

4. Zonificación: Para la zonificación de la amenaza, esta se categorizará en alta, media y baja, que se establece según el método empleado. En todo caso las áreas con procesos activos se consideran en la categoría alta.

5. Productos: Como resultado de los estudios, se elaboran los mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa, según lo dispuesto en el presente artículo. La leyenda deberá incluir la descripción de las características físicas de las unidades según la categoría establecida, los tipos de procesos predominantes y los posibles daños que se pueden generar

4.5.10. Análisis de desbordamiento y evaluación de la amenaza para diferentes escenarios por inundación (1:25.000)

Para la elaboración de la amenaza por Inundación se deberá tomar como mínimo las siguientes metodologías:

1. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN. Bogotá, D.C., 2017.
2. PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA. Bogotá, D.C., 2018

En términos generales, la evaluación de la amenaza para un evento específico requiere determinar los siguientes pasos:

- | | |
|---------|--|
| Paso 1: | Identificar los fenómenos amenazantes que pueden configurarse en el municipio. |
| Paso 2: | Zonificar las áreas susceptibles para cada uno de los eventos específicos. |
| Paso 3: | Delimitar las áreas que pueden ser afectadas por la manifestación del evento. |
| Paso 4: | Construir el mapa de afectación del evento (intensidad y magnitud). |
| Paso 5: | Generar mapas de amenaza relativa por evento. |

Entendida la amenaza relativa como la estimación de la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno amenazante específico comparativo de un área específica, de acuerdo con los criterios de la frecuencia y magnitud de los eventos que la detonan.

El objeto del estudio para escala 1:25.000 corresponderá un inventario semi-cuantitativo de zonas potencialmente inundables

En todo caso se debe incluir lo dispuesto en el Decreto No.1807 de 2014 compilado en el Decreto No.1077 de 2015 así:

CAPÍTULO I

Condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos

(...)

Artículo 9°. Estudios básicos de amenaza de inundación.

(...)

1. Área de estudio: Las zonas en las cuales exista la posibilidad de presentarse una inundación sean aledañas o no a ríos, caños, quebradas, humedales y otros cuerpos de agua o aquellas que hagan parte de su área de influencia.

En el análisis se deben considerar los casos en los que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencia de drenaje, inundaciones costeras entre otros

2. Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:

a) Geomorfología. Identificación de las diferentes subunidades geomorfológicas asociadas a los paisajes aluviales, con especial énfasis en las geoformas correspondientes a la llanura de inundación

b) Modelo de elevación digital del terreno;

c) Identificación de las zonas inundables e inundadas (registro de eventos). A partir de información de las diferentes entidades a nivel nacional, regional o local, interrelacionada con la información de la comunidad identificar cuales áreas han sufrido afectaciones por inundación y en qué fecha;

d) Hidrología. Caracterización del comportamiento del régimen hidrológico en la región a la cual pertenece el municipio mediante un análisis de los eventos hidroclicmáticos máximos identificando para cuales periodos de retorno se están presentando las afectaciones y las áreas afectadas para los mismos.

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

4. Productos: Como resultado de los estudios, se elaboran mapas de zonificación de amenaza por inundaciones, según lo dispuesto en el presente artículo.

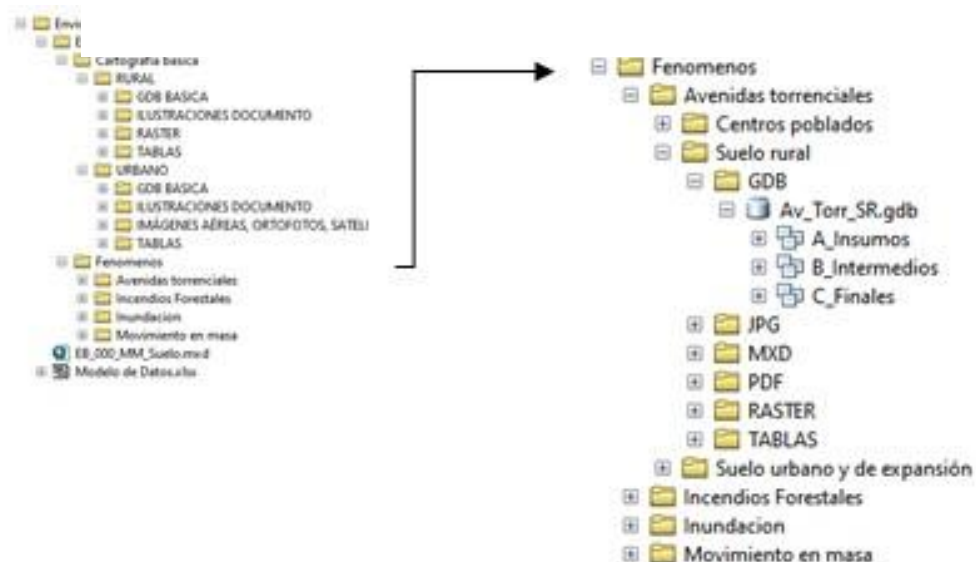
4.5.11. Geodatabase que contiene la cartografía temática de suelo rural (1:25.000) revisada y actualizada

Describir en un documento el desarrollo metodológico para la generación de la cartografía básica y temática, incluyendo planeación del proceso, coordenadas de los puntos de control, las especificaciones y características de los equipos empleados, los archivos crudos, archivos rinex, reportes de precisión (errores de cierre) para los puntos, postproceso de los puntos materializados y tiempos en la captura de la información de conformidad con la técnica empleada.

Una vez generada la información y acorde con la resolución 471 de 2020 a través de la cual se establecen las especificaciones técnicas de referencia que tienen que considerar los productos de la cartografía básica oficial de Colombia, es decir, ortoimágenes, modelos digitales de terreno y bases de datos cartográficas adicionalmente establece un sistema de proyección cartográfica con un único origen para Colombia, conocido como «origen nacional», y en términos de la cartografía temática, que cumpla con las metodologías y escalas de trabajo en suelo rural a escala 1:25.000 para todos los procesos, se debe presentar el estudio de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- Metadatos: crear para cada archivo raster o shapefile el contenido de metadatos según ISO 19115 (del software ArcGIS), Información geográfica - Metadatos y esquema XML.
- Modelo de datos y estructura de la Geodatabase: Se debe agrupar las capas geográficas según tipo de cartografía, insumo, análisis intermedio y productos finales por cada fenómeno y clasificación del suelo. Asimismo, definir como mínimo los atributos y relaciones definidos en el Modelo de datos para la presentación ante la CAR como se observa en la siguiente figura:

Figura 3 Modelo de organización de cartografía



Fuente: CAR y Gobernación de Cundinamarca

- Revisar la resolución 495 de julio de 2022, emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, por la cual se adopta el Modelo de Datos Extendido LADM_COL-POT para la formulación de Planes de Ordenamiento Territorial, en el anexo 1 del documento técnico desde la página 32 a la 35 donde habla de los Estudios Básicos de Riesgos, más exactamente de los finales que son: zonificación de la amenaza, condición de la amenaza y condición de riesgos
- Topología: libre de errores topológicos.
- Documento de Mapa: Las salidas gráficas debe contener como mínimo, Nombre del mapa, Logos, Escala de trabajo numérica y gráfica, convenciones y leyenda, Sistema y proyección de Coordenadas, localización general del área objeto de estudio, Ruta de almacenamiento y descripción del mapa y de los shapefiles. Adicionalmente, se deben presentar en formato PDF y JPG en tamaños carta y pliego. El documento técnico como cada uno de los planos los deberán firmar los profesionales matriculados y facultados para elaborar los estudios técnicos de gestión del riesgo, que hayan participado en el estudio.
- Las capas finales para cada fenómeno y escala de trabajo, deberá tener dos sistemas de coordenadas que son Magna_Colombia_Bogota y en el nuevo origen según la resolución 471 de 2020 del IGAC.
- Anexos: Disponer los datos crudos, archivos de la modelación de hidrología, geomorfología, fotografías y demás información utilizada en el desarrollo de los estudios técnicos.

NOTA 1. El municipio debe tener en cuenta como insumo principal, los estudios de topografía, hidrología, geotecnia y demás estudios con los cuales cuente.

4.6. PRODUCTO 5: Documento de desarrollo de la metodología y cartografía con mapas insumos, intermedios y finales para zonificación de la amenaza por eventos de movimiento en masa, inundación y avenida torrencial para la zona urbana, expansión y centros poblados.

4.6.1. Desarrollo de exploración geotécnica directa e indirecta suelo urbano, expansión y centros poblados

Planeación del trabajo de campo teniendo en cuenta el numeral 4.3 EXPLORACIÓN DIRECTA E INDIRECTA PARA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES (según fotointerpretación definida), reconocimiento y exploración geológica de campo, medición de discontinuidades (si afloran en el área de estudio), exploración del subsuelo, determinación definitiva de

columnas estratigráficas, espesores, texturas y asociación de estratos, estructuras geológicas, unidades morfológicas, identificación del origen, estado actual, dinámica morfológica y formulación del modelo geológico – geomorfológico del sitio de estudio.

4.6.2. Elaboración de ensayos de laboratorio suelo urbano, expansión y centros poblados

Tener en cuenta lo descrito en el numeral 3.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

4.6.3 Definición de coberturas y usos del suelo de suelo urbano, expansión y centros poblados (incluye trabajo de campo y elaboración de informe y cartografía)

Los mapas de cobertura y uso del terreno se elaborarán de acuerdo con la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam) (2010).

4.6.4 Definición de inventario y caracterización de procesos de de suelo urbano, expansión y centros poblados incluye trabajo de campo y elaboración de informe y cartografía)

Para establecer aquellos movimientos en masa que afectaron o afectan a la zona de estudio, se consolida el catálogo histórico municipal de procesos de inestabilidad o se hace un registro de los actuales mediante información levantada en campo y con el uso de imágenes de sensores remotos de resolución adecuada.

Para recopilar esta información se acude a las entidades locales, regionales o nacionales que registran o atienden las emergencias o realizan visitas técnicas asociadas a la inestabilidad de laderas, como Bomberos, Defensa Civil, Oficina de Gestión del Riesgo del municipio, Oficina de Planeación municipal, corporación autónoma regional, Crepad, gobernación, SINA, SGC-Simma, o a reportes en periódicos, entre otros.

El inventario de movimientos en masa se debe generar a partir del levantamiento en campo de procesos de inestabilidad.

En el mapa de elementos geomorfológicos se incluyen los movimientos en masa inventariados diferenciados, de acuerdo con el tipo de mecanismo

4.6.5. Formulación de modelo geológico-geotécnico suelo urbano, expansión y centros poblados

Se deberán hacer las evaluaciones que mejor le permitan caracterizar y analizar los mecanismos de falla identificados. Se deberán utilizar métodos de análisis y cálculo de validez reconocida aplicables a los mecanismos de falla que han sido identificados y cuyos requerimientos de información de entrada deberán ser coherentes con los parámetros geotécnicos estimados, mediante modelos de equilibrio límite para materiales residuales y suelos denudacionales y transportados, para macizos rocosos deberán emplearse modelos de geomecánica de rocas.

Los análisis geotécnicos contemplan:

- Análisis de respuesta hidrológica, variación del nivel freático considerando la permeabilidad del material, variación de las presiones de poros.
- Análisis de estabilidad: análisis cinemático de estabilidad, análisis de los mecanismos de falla presentes, pseudo estático considerando sismo y lluvia, estabilidad actual y estabilidad definitiva según obras de estabilización, utilizando metodologías de reconocida aceptación.
- Definición de inventario y caracterización de procesos de suelo de urbano, expansión y centros poblados

- Modelación geotécnica para movimiento en masa (1:2000)

4.6.6. Modelación hidráulica para inundación y avenida torrencial (1:2000)

Tener en cuenta lo dispuesto en la GUÍA METODOLÓGICA PARA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES, del Servicios Geológico Colombiano – SGC. 2021, GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM y PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA, del Distrito de Bogotá.

El modelo hidráulico tiene básicamente dos insumos de entrada y un motor de cálculo. Los insumos corresponden a la topología del modelo y a los caudales a transitar, el motor de cálculo corresponde al modelo hidráulico empleado para realizar el transito hidráulico de los caudales calculados sobre el tramo evaluado.

Tener en cuenta la topología del modelo, caudales y un modelo hidráulico que permita simulación hidráulica del flujo para canales de cualquier tipo de sección transversal bajo flujo permanente o gradualmente variado, conservando la masa y la energía de acuerdo con las ecuaciones de Saint Venant o Bernoulli y alguna ecuación de resistencia fluida, fronteras del modelo y modelo computacional.

4.6.7. Modelación geotécnica para movimiento en masa (1:2000)

Tener en cuenta y aplicar lo establecido en la “GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, del Servicios Geológico Colombiano – SGC. versión año 2015 y lo dispuesto en este documento.

Para la definición de la amenaza se deben distinguir las unidades superficiales de suelo de aquellas en roca. Para las unidades en suelo se realiza un análisis de estabilidad por equilibrio limite, mientras que para las unidades de roca o macizo rocoso se debe hacer un análisis de posibilidad cinemática de movimiento.

Para la zonificación básica de amenaza se debe determinar el factor de seguridad de cada unidad de trabajo, definido por la malla y las columnas de suelo obtenidas.

4.6.8 Análisis de flujo torrencial, ciclo de sedimentos y evaluación de la amenaza para avenida torrencial (1:2000)

Se deberá realizar el reconocimiento en campo de las zonas propensas a inundarse y/o causar depositaciones por eventos torrenciales, identificando áreas o sectores vulnerables.

En los sectores identificados o sitios donde se generen afectaciones por avenidas torrenciales descritos en el diagnóstico de la fase de identificación y diagnóstico se deberán realizar análisis a nivel de cuenca hidrográfica, identificando detonantes tales como procesos de movimiento en masa, coberturas vegetales, geología, clima, geomorfología, transporte de sedimentos y/o cualquier factor natural o antrópico que genere riesgo.

Tener en cuenta lo dispuesto en la GUÍA METODOLÓGICA PARA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES, del Servicios Geológico Colombiano – SGC. 2021

En todo caso se debe incluir lo dispuesto en el Decreto No.1807 de 2014 compilado en el Decreto No.1077 de 2015 así:

CAPÍTULO I

Condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos

(...)

Artículo 10. Estudios básicos de amenaza por avenidas torrenciales

(...)

1. Área de estudio: Todos los cauces presentes o con influencia en el municipio o distrito, que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial.
2. Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:
 - a) Geomorfología;
 - b) Estudio hidrológico de la cuenca, orientado al flujo torrencial, considerando el ciclo de sedimentos;
 - c) Análisis hidráulico del área a zonificar, teniendo en cuenta factores detonantes como precipitación o movimientos en masa;
 - d) La base cartográfica que se emplee en la zonificación corresponderá a una escala 1:2.000.
3. Alcance: Para la zonificación de la amenaza, esta 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.
4. Productos: Mapa de amenaza por avenidas torrenciales, en el cual se delimitan y zonifican los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado, según lo dispuesto en el presente artículo.

4.6.9 Análisis de estabilidad de suelos y evaluación de la amenaza para diferentes escenarios por movimiento en masa (1:2000)

Tener en cuenta y aplicar lo establecido en la “GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, del Servicios Geológico Colombiano – SGC. versión año 2015 y lo dispuesto en este documento.

En todo caso se debe incluir lo dispuesto en el Decreto No.1807 de 2014 compilado en el Decreto No.1077 de 2015 así:

CAPÍTULO I

Condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos

Artículo 8°. Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa

1. Área de estudio: Se adelantará éste tipo de estudios en todas las zonas de relieve escarpado, montañoso y ondulado, con pendientes iguales o superiores a 5 grados más los taludes marginales de cauces, así como las zonas planas que puedan recibir los efectos de los movimientos en masa.

Adicionalmente, se consideran aquellas áreas urbanas y de expansión urbana que teniendo una pendiente menor a 5 grados hayan presentado problemas de inestabilidad y subsidencia debido a problemas geotécnicos o al desarrollo de actividades antrópicas.

(...)

2. Insumos:

- a) Cartografía base que contenga entre otros: coordenadas, curvas de nivel, drenajes, red vial, infraestructura y equipamientos, asentamientos humanos;
- b) Inventario de procesos morfodinámicos.

En la elaboración de los estudios para suelos urbanos y de expansión urbana, adicionalmente se elabora: la geología para ingeniería y la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de elementos geomorfológicos.

(...)

3. Alcance: La determinación de las condiciones de 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 dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general).

(...)

4. Zonificación: Para la zonificación de la amenaza, esta se categorizará en alta, media y baja, que se establece según el método empleado. En todo caso las áreas con procesos activos se consideran en la categoría alta.

5. Productos: Como resultado de los estudios, se elaboran los mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa, según lo dispuesto en el presente artículo. La leyenda deberá incluir la descripción de las características físicas de las unidades según la categoría establecida, los tipos de procesos predominantes y los posibles daños que se pueden generar.

4.6.10 Análisis de desbordamiento y evaluación de la amenaza para diferentes escenarios por inundación (1:2000)

En el caso de procesos de inundaciones se deberán establecer los factores naturales o antrópicos que generan riesgo, y se deberá realizar el levantamiento topográfico y batimétrico necesario para poder determinar detalladamente los sectores inundables.

Este análisis corresponde a los cauces de los ríos de las cuencas priorizadas y a las fuentes hídricas que le drenan y por donde desemboca, teniendo en cuenta presas, diques, compuertas, entre otros. El análisis se realizará en dos etapas:

a. Inicialmente incluye la revisión de información secundaria y la revisión de antecedentes de inundación, avenidas torrenciales, flujos de escombros o flujos de detritos; el análisis del manejo actual de las aguas de escorrentía y la realización de un inventario de procesos de inundación y torrencialidad; la observación en la visita de campo y registros que muchas veces son suministrados por los mismos habitantes del casco urbano.

b. La segunda etapa comprende el comportamiento hidráulico del cauce de los cuerpos de agua lóticos y lénticos, producto del análisis hidrológico realizado previamente.

c. Análisis de variaciones de presiones de poros y de nivel freático, socavación superficial y capacidad hidráulica, permeabilidad y determinación de redes de flujo, para los puntos donde hay procesos de remoción en masa.

- Cálculo de Caudales y Modelación Hidráulica. Teniendo en cuenta la información adquirida de las estaciones hidrometeorológicas y el análisis de información se realiza el cálculo y determinación de cotas de inundación. La modelación hidráulica corresponde a las condiciones presentadas en todo el cauce de los ríos de las cuencas priorizadas y sus afluentes. Como resultado del anterior análisis se elaborará el mapa de áreas de inundación a escala 1:500 para diferentes períodos de retorno (2.33, 15, 50 y 100 años) y la respectiva delimitación del área del componente hidrológico.
- Los modelos hidrológicos e hidráulicos deberán contemplar la información necesaria para poder calibrar y validar los modelos propuestos.
- Los análisis hidráulicos se realizarán con base en las geoformas delimitadas o establecidas mediante fotointerpretación y análisis multitemporal de acuerdo a la escala establecida.
- Los modelos hidrológicos e hidráulicos deben contemplar análisis por inundación y/o avenidas torrenciales.
- Los modelos de avenidas torrenciales deben ser capaces de identificar características como iniciación, transporte y depositación o sedimentación. Analizando factores relevantes como el transporte de sedimentos y las causas que los generan.

En todo caso se debe incluir lo dispuesto en el Decreto No.1807 de 2014 compilado en el Decreto No.1077 de 2015 así:

CAPÍTULO I

Condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos

(...)

Artículo 9°. Estudios básicos de amenaza de inundación.

(...)

1. Área de estudio: Las zonas en las cuales exista la posibilidad de presentarse una inundación sean aledañas o no a ríos, caños, quebradas, humedales y otros cuerpos de agua o aquellas que hagan parte de su área de influencia.

En el análisis se deben considerar los casos en los que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencia de drenaje, inundaciones costeras entre otros

2. Insumos: Se debe utilizar como mínimo los siguientes insumos:

a) Geomorfología. Identificación de las diferentes subunidades geomorfológicas asociadas a los paisajes aluviales, con especial énfasis en las geoformas correspondientes a la llanura de inundación

b) Modelo de elevación digital del terreno;

c) Identificación de las zonas inundables e inundadas (registro de eventos). A partir de información de las diferentes entidades a nivel nacional, regional o local, interrelacionada con la información de la comunidad identificar cuales áreas han sufrido afectaciones por inundación y en qué fecha;

d) Hidrología. Caracterización del comportamiento del régimen hidrológico en la región a la cual pertenece el municipio mediante un análisis de los eventos hidroclicmáticos máximos identificando para cuales períodos de retorno se están presentando las afectaciones y las áreas afectadas para los mismos.

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

4. Productos: Como resultado de los estudios, se elaboran mapas de zonificación de amenaza por inundaciones, según lo dispuesto en el presente artículo.

4.6.11. Geodatabase que contiene la cartografía básica (1:2.000) revisada y actualizada

Describir en un documento el desarrollo metodológico para la generación de la cartografía básica y temática, incluyendo planeación del proceso, coordenadas de los puntos de control, las especificaciones y características de los equipos empleados, los archivos crudos, archivos rinex, reportes de precisión (errores de cierre) para los puntos, postproceso de los puntos materializados y tiempos en la captura de la información de conformidad con la técnica empleada.

Una vez generada la información y acorde con la resolución 471 de 2020 a través de la cual se establecen las especificaciones técnicas de referencia que tienen que considerar los productos de la cartografía básica oficial de Colombia, es decir, ortoimágenes, modelos digitales de terreno y bases de datos cartográficas adicionalmente establece un sistema de proyección cartográfica con un único origen para Colombia, conocido como «origen nacional», y en términos de la cartografía temática, que cumpla con las metodologías y escalas de trabajo en suelo rural a escala 1:25.000 para todos los procesos, se debe presentar el estudio de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- Metadatos: crear para cada archivo raster o shapefile el contenido de metadatos según ISO 19115 (del software ArcGIS), Información geográfica - Metadatos y esquema XML.

- Modelo de datos y estructura de la Geodatabase: Se debe agrupar las capas geográficas según tipo de cartografía, insumo, análisis intermedio y productos finales por cada fenómeno y clasificación del suelo. Asimismo, definir como mínimo los atributos y relaciones definidos en el Modelo de datos para la presentación ante la CAR como se encuentra en la Figura 3.

Figura 3 Modelo de organización de cartografía.

Así mismo se recomienda:

- Revisar la resolución 495 de julio de 2022, emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, por la cual se adopta el Modelo de Datos Extendido LADM_COL-POT para la formulación de Planes de Ordenamiento Territorial, en el anexo 1 del documento técnico desde la pagina 32 a la 35 donde habla de los Estudios Básicos de Riesgos, más exactamente de los finales que son: zonificación de la amenaza, condición de la amenaza y condición de riesgos
- Topología: libre de errores topológicos.
- Documento de Mapa: Las salidas graficas debe contener como mínimo, Nombre del mapa, Logos, Escala de trabajo numérica y gráfica, convenciones y leyenda, Sistema y proyección de Coordenadas, localización general del área objeto de estudio, Ruta de almacenamiento y descripción del mapa y de los shapefiles. Adicionalmente, se deben presentar en formato PDF y JPG en tamaños carta y pliego. El documento técnico como cada uno de los planos los deberán firmar los profesionales matriculados y facultados para elaborar los estudios técnicos de gestión del riesgo, que hayan participado en el estudio.
- Las capas finales para cada fenómeno y escala de trabajo, deberá tener dos sistemas de coordenadas que son Magna_Colombia_Bogota y en el nuevo origen según la resolución 471 de 2020 del IGAC.
- Anexos: Disponer los datos crudos, archivos de la modelación de hidrología, geomorfología, fotografías y demás información utilizada en el desarrollo de los estudios técnicos.

NOTA 1. Todos los planos e informes deben estar debidamente rotulados y firmados por el responsable (con matrícula profesional vigente), en formato compatible con la plataforma tecnológica que establezca la CAR, de acuerdo con los requerimientos del municipio.

NOTA 2. Todos los informes deben contener conclusiones, sugerencias y recomendaciones frente al producto generado.

4.7. PRODUCTO 6: Documento y cartografía de la zonificación de condición de amenaza y riesgo para suelo rural, urbano, expansión y centros poblados e informe final para toda la zonificación de los municipios priorizados de la jurisdicción CAR.

4.7.1. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA.

Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican aquellas áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo.

La identificación de estas áreas se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta y media sin ocupar en los estudios básicos con aquellas que se consideren como objeto de desarrollo. En todo caso el desarrollo de las zonas de amenaza media y alta sin ocupar quedará sujeto a los resultados de los estudios detallados.

Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis en las áreas que serán objeto de estudios detallados.

4.7.2. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO.

Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, a fin de priorizar las áreas en las cuales se deben realizar estudios detallados.

La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales (elementos vulnerables).

Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis que dependen del fenómeno a estudiar y la priorización para la realización de los estudios detallados que permitirán categorizar el riesgo.

4.7.3. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.

Con base en los resultados de los estudios básicos, se deben determinar las medidas de mitigación no estructurales orientadas a establecer el modelo de ocupación del territorio y las restricciones o condicionamientos para el uso del suelo cuando sea viable, mediante la determinación de normas urbanísticas.

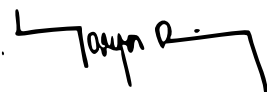
ASPECTOS GENERALES

Previo a la liquidación del contrato de Consultoría, el Contratista deberá realizar la socialización de los resultados obtenidos a partir de los estudios, en el Comité Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres – CMGRD y la Alcaldía del Municipio.

Una vez recibido cada producto del Contrato, la supervisión realizará la revisión y emitirá las correspondientes observaciones. Una vez se efectúen los ajustes solicitados, el Consultor entregará nuevamente el producto ya corregido para la verificación y aprobación final por parte del Supervisor.

NOTA 1. Todos los planos e informes deben estar debidamente rotulados y firmados por el responsable (con matrícula profesional vigente), en formato compatible con la plataforma tecnológica que establezca la CAR, de acuerdo con los requerimientos del municipio.

NOTA 2. Todos los informes deben contener conclusiones, sugerencias y recomendaciones frente al producto generado.



YOAGEN GERMAINE DÍAZ FONTECHA
Director Técnico de Ordenamiento Territorial – DOT



CARLOS EMILIO GUTIERREZ ULLOA
Subdirector General de Planificación y Ordenamiento Ambiental - SGPOA

Proyectó: Christian Camilo Gutiérrez Angulo 

Proyectó Carlos Andrés Rodríguez Baquero 

Proyectó Anyi Carolina González 

Revisó: Helmuth Mauricio Cárdenas 

Revisó DGC: Yajaira Cuesta Machuca 