

Suelo Urbano, Suelo de Expansión Urbana Municipio de Cajicá

Capítulo 3: Estudio Básico de Amenaza por Inundación

Subcapítulo 2: Suelo Urbano, Suelo de Expansión Urbana municipio de Cajicá



 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ		

TABLA DE CONTENIDO

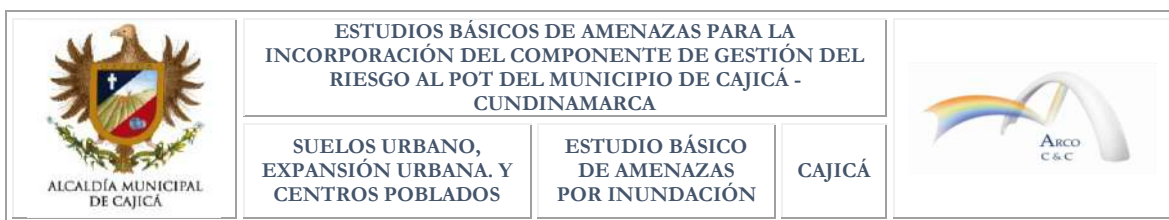
3.2.1	OBJETIVOS.....	11
3.2.1.1	Objetivo general.....	11
3.2.1.2	Objetivos específicos	11
3.2.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESTUDIO	11
3.2.2.1	Área de estudio.....	13
3.2.3	GEOMORFOLOGÍA.....	14
3.2.4	METODOLOGÍA	16
3.2.4.1	Amenaza pluvial.....	18
3.2.4.2	Modelación hidráulica	19
3.2.1.1	Modelación HEC RAS	21
3.2.5	INSUMOS.....	29
3.2.5.1	ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS EVENTOS DE INUNDACIÓN	29
3.2.5.1.1	Problemáticas Quebrada Tenería.....	38
3.2.5.2	SELECCIÓN PERIODOS DE RETORNO	42
3.2.5.1.2	LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO	43
3.2.5.2.1	Elaboración del plan de trabajo	44
3.2.5.2.1.1	Elección de estaciones de trabajo.....	44
3.2.5.2.2	Trabajo de campo.....	46
3.2.5.2.2.1	Recopilación de la información.	46
3.2.5.2.2.2	Estaciones de trabajo.....	48
3.2.5.2.3	Post-procesamiento de datos	71
3.2.5.2.4	Canales y Vallados.....	71

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.5.2.5	Río Bogotá y Río Frio.....	75
3.2.6	PROCESO DE MODELACIÓN PLUVIAL E HIDRÁULICA.....	77
3.2.6.1	Área de modelación.....	77
3.2.6.2	Eventos extremos de precipitación	78
3.2.6.3	Curvas de intensidad frecuencia duración (IDF)	80
3.2.6.4	Hietogramas de diseño	81
3.2.6.5	Eventos extremos de caudales.....	82
3.2.6.6	Coeficientes de Manning (n).....	82
3.2.7	RESULTADOS MODELACIÓN ZONA URBANA Y DE EXPANSIÓN URBANA 84	
3.2.7.1	Resultados velocidades máximas	86
3.2.7.2	Resultados profundidades máximas	89
3.2.8	ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIONES	92
3.2.8.1	Categorización de la amenaza.....	92
3.2.8.2	Mapas de amenaza por inundación	95
3.2.9	CONCLUSIONES.....	119
3.2.10.	DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA Y CON CONDICIÓN DE RIESGO; SUELOS URBANOS.....	122
3.2.10.1.	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.....	122
3.2.10.2.	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo	125
3.2.11.	DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA Y CON CONDICIÓN DE RIESGO; CENTROS POBLADOS	128
3.2.11.1.	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.....	128
3.2.11.2.	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo	131

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ		

3.2.10	MEDIDAS DE INTERVENCIÓN ORIENTADAS A ESTABLECER RESTRICCIONES Y CONDICIONAMIENTOS MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE NORMAS URBANÍSTICAS	134
3.2.11	REFERENCIAS	141



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Área de estudio suelo urbano principal, suelo expansión urbana, centros poblados: municipio de Cajicá.....	14
Ilustración 2. Geomorfología del suelo urbano principal, municipio de Cajicá.....	15
Ilustración 3. Proceso general de modelación hidráulica con HEC-RAS.....	28
Ilustración 4. Registro anual de inundaciones en Cajicá	34
Ilustración 5. Registro mensual histórico de inundaciones en Cajicá	35
Ilustración 6. Ubicación de la ocurrencia de inundaciones en el municipio de Cajicá	36
Ilustración 7. Número de inundaciones por localización en el municipio de Cajicá	37
Ilustración 8. Puntos de levantamiento Quebraba Teneria del Informe Técnico DRN N°097.	39
Ilustración 9. Quebraba Teneria, zonas aguas arriba.	40
Ilustración 10. Quebraba Teneria, zonas aguas abajo.	41
Ilustración 11. Estaciones de trabajo seleccionadas por el equipo de trabajo.	45
Ilustración 12. Ejemplo de bitácoras utilizadas en la labor de campo.	47
Ilustración 13. Proceso en el levantamiento de datos GNSS.	48
Ilustración 14. Lluvias máximas para periodos de retorno de 2.33 a 100 años.	78
Ilustración 16. Mosaico de precipitaciones máximas esperadas para periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años	79
Ilustración 17 Hietogramas de precipitación de diseño para $T=2.33$ años, $Tr=25$ años y $Tr=100$ años estación Tabio Granja [21201630].	81
Ilustración 18 Valor del coeficiente de Manning (n) casco urbano de Cajicá.	83
Ilustración 19 Resultados velocidades de flujo ($Tr=2.33$ años) casco urbano de Cajicá.	86
Ilustración 20 Resultados velocidades de flujo ($Tr=25$ años) casco urbano de Cajicá.	87
Ilustración 21 Resultados velocidades de flujo ($Tr=100$ años) casco urbano de Cajicá.	88

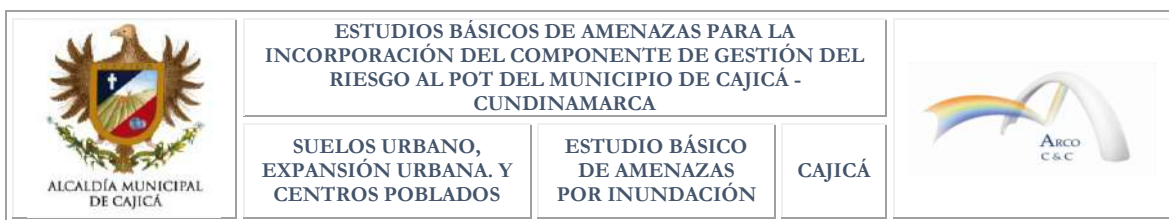


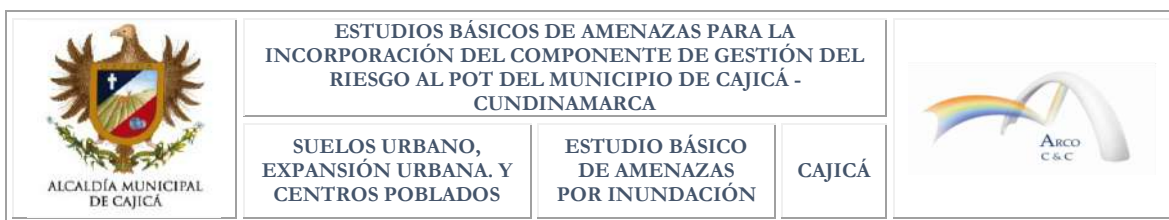
Ilustración 22 Resultados profundidad de flujo ($T_r=2.33$ años) casco urbano de Cajicá.	89
Ilustración 23 Resultados profundidad de flujo ($T_r=25$ años) casco urbano de Cajicá.	90
Ilustración 24 Resultados profundidad de flujo ($T_r=100$ años) casco urbano de Cajicá.	91
Ilustración 25 Matriz amenaza por inundación.	93
Ilustración 26. Zonificación de amenaza por inundación casco urbano de Cajicá.	96
Ilustración 27. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.	123
Ilustración 28. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza por inundación en el suelo urbano principal de Cajicá, Cundinamarca.	124
Ilustración 29. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.	126
Ilustración 30. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por inundación en el suelo urbano principal del municipio de Cajicá, Cundinamarca.	127
Ilustración 31. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.	129
Ilustración 32. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza por inundación en los centros poblados de Cajicá, Cundinamarca.	130
Ilustración 33. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.	132
Ilustración 34. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por inundación en los centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.	133

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de amenaza por inundación.	11
Tabla 2. Registros históricos de Inundación en el área urbana del municipio de Cajicá.	29

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ		

Tabla 3. Registros históricos de Inundación comparando precipitación en el área urbana del municipio de Cajicá, Cundinamarca.....	42
Tabla 4. Estaciones topo batimétricas del trabajo de campo.....	49
Tabla 5. Profundidades de los cuerpos de agua con ancho mayor a 2 metros	71
Tabla 6. Comparación de las secciones transversales de los DEM	73
Tabla 7. Comparación aguas abajo de los DEM sobre un vallado	74
Tabla 8. Contraste de los resultados de MDE con la incorporación de las topobatimetrías	75
Tabla 9. Ajuste distribuciones de probabilidad caudales máximos.	82
Tabla 10. Criterios para la definición de la amenaza por inundaciones.....	92
Tabla 11. Valores de intensidades para categorización de la amenaza por inundación.	92
Tabla 12. Categorización de la amenaza por inundación.....	94
Tabla 13. Categorización de la amenaza por Inundación.	94
Tabla 14. Zonificación de amenaza por inundación casco urbano de Cajicá.....	97
Tabla 15. Resumen de las áreas con condición de amenaza por inundación en el suelo urbano principal del municipio de Cajicá, Cundinamarca.	125
Tabla 16. Resumen de las áreas con condición de riesgo por inundación en el suelo urbano principal del municipio de Cajicá, Cundinamarca.	128
Tabla 17. Resumen de las áreas con condición de amenaza por inundación en los centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.....	131
Tabla 18. Resumen de las áreas con condición de riesgo por inundación en los centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.	134



LISTA DE GRÁFICOS

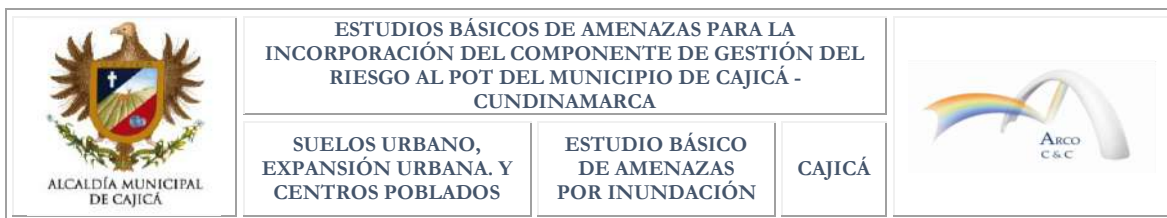
Gráfico 1. Selección periodos de retorno.....	43
Gráfico 2. Curva Intensidad-Frecuencia-Duración (IDF) estación Tabio Granja [21201630]. .	80
Gráfico 3. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación urbano principal.	99
Gráfico 4. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Capellanía.	100
Gráfico 5. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación expansión urbana.....	101
Gráfico 6. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Barro Blanco.	102
Gráfico 7. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Camino Los Vargas.	103
Gráfico 8. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado La Florida.	104
Gráfico 9. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Los Pasos.....	105
Gráfico 10. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Prado	106
Gráfico 11. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Canelón.....	107
Gráfico 12. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado La Palma	108
Gráfico 13. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Aguanica	109
Gráfico 14. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Los León.....	110

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ		

Gráfico 15. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Los Sereneos.....	111
Gráfico 16. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Pablo Herrera.....	112
Gráfico 17. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Santa Inés	113
Gráfico 18. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado El Misterio.....	114
Gráfico 19. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado La Esperanza.....	115
Gráfico 20. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Rincón Santo.....	116
Gráfico 21. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Calahorra	117

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de flujo de la metodología de inundación en el suelo urbano principal.	17
Diagrama 2. Diagrama de flujo de la metodología para obtención de modelo topobatimético.	72



INTRODUCCIÓN

Los municipios en proceso de actualizar el POT, PBOT o EOT, deben cumplir con los requisitos estipulados en la Ley 388 de 1997, garantizando que el territorio posea las condiciones adecuadas tendientes a salvaguardar la integridad física de los habitantes y la infraestructura que allí se encuentra, de esta manera, los municipios que llevan a cabo este proceso, deben realizar los correspondientes estudios básicos de evaluación de amenaza para fenómenos de Movimientos en Masa, Inundación, Avenidas Torrenciales e Incendios Forestales, dando alcance a los principios establecidos en la Ley 1523 de 2012 y reglamentado por el Decreto 1807 de 2014 (Compilado en el Decreto 1077 de 2015), en los cuales se establecen las escalas de trabajo y condiciones para llevar a cabo la incorporación de la Gestión del Riesgo en el ordenamiento del territorio.

Acorde con las características físicas variables del territorio colombiano y la densificación de los centros urbanos, expansión urbana, suelo suburbano, centros poblados y suelo rural, se hace necesario zonificar las áreas de los municipios expuestas a diferentes tipos de amenazas naturales, con el fin de prevenir amenazas y riesgos naturales y el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos, por tal razón, se establecen los estudios básicos de amenaza por inundación para el suelo urbano principal de Cajicá como una acción estratégica en materia del conocimiento y reducción de fenómenos amenazantes en el territorio.

La metodología empleada para la evaluación de amenaza por inundación en el suelo urbano principal de Cajicá y sus centros poblados será por el método de análisis de procesos jerárquicos, basado en dos pilares fundamentales, el componente físico del área de estudio y el componente hidrometeorológico.

El presente estudio básico es realizado a escala 1: 2.000, con el fin de dar cumplimiento al Decreto 1807 de 2014 compilado en el Decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, que contempla las definiciones para estudios básicos de amenaza que se desarrollen en el suelo Urbano.

Este documento es la recopilación de insumos, procesos y especificaciones mínimas que determinaron las condiciones de amenaza; contempla las especificaciones del estudio, seguido de la explicación en detalle de la metodología y los resultados obtenidos. Finalmente se presentan las medidas de intervención orientadas a establecer restricciones y condicionantes mediante la determinación de normas urbanísticas para las áreas categorizadas en alto y medio.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.1 OBJETIVOS

3.2.1.1 Objetivo general

Realizar el estudio básico de amenaza por inundación en el suelo urbano principal de; estableciendo las condiciones y escalas para incorporar de manera gradual la gestión del riesgo en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo del esquema de ordenamiento territorial, en el marco de la Ley 1523 del 2012, Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015.

3.2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar y zonificar las áreas en condición de amenaza por inundación en el suelo urbano principal y los centros poblados, aplicando el método de estimación por análisis hidráulico, hidrológico y geomorfológico.
- Realizar verificación en campo antes y después de la obtención de resultados según la metodología, con el fin de minimizar el error y verificar la zonificación resultante.
- Realizar el informe final con el mapa de zonificación y su correspondiente categorización para el fenómeno de inundación.

3.2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESTUDIO

El estudio básico de amenaza por inundación en el suelo urbano principal de Cajicá, cuentan con las especificaciones técnicas descritas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de amenaza por inundación.

Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de inundación	
Especificación	Descripción
Área de Estudio	La zona urbana principal de Cajicá. Se refiere al área determinada por el municipio suelo urbano principal, en la que, se pueden presentar condiciones de amenaza por inundación. El estudio se realiza a escala 1:2.000 lo que condiciona la unidad mínima a cartografiar, en este caso de 0,0064 ha para un área de 4 mm x 4 mm (Salitchev 1979)

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN CAJICÁ	 ARCO C&C
---	--	---

Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de inundación	
Especificación	Descripción
Metodología	La metodología aplicada es determinística y se basa en dos componentes principales, el componente hidrometeorológico y el componente físico. La interacción entre ambos componentes permite tener resultados de análisis en función de los escenarios críticos. La unidad hidrometeorológica caracteriza la lluvia o los cuerpos hídricos basados en registros históricos proporcionados por entidades nacionales y con las cuales se hacen estimaciones estadísticas para determinar los escenarios máximos. El componente físico define la capacidad hidráulica, los niveles de energía específica, la velocidad crítica, regímenes del flujo, entre otras variables hidráulicas de cada cuerpo de agua que evaluados bajo escenarios críticos permite la caracterización de la amenaza. Los criterios de evaluación son basados en normas técnicas colombianas y la experiencia del especialista.
Insumos	Para la realización del estudio de amenaza se utilizan como insumos: documentos y cartografía suministrada por el municipio, base cartográfica, suelos, cobertura del suelo, geomorfología, morfología, hidrología, erosión y clima realizados por ARCO C&C a escala 1:2000; perímetro urbano tomado del proceso de formulación del EOT del municipio; datos meteorológicos de las estaciones presentes dentro del área de estudio. Todo esto, derivado a partir de insumos como: Imagen obtenida mediante el uso de Drone, Cartografía Básica del IGAC, y Modelo digital de elevación, además, de la información adquirida en diferentes entidades y de la recopilada durante el trabajo de campo, datos hidrometeorológicos del IDEAM. Adicionalmente se tiene en cuenta la información presentada en las planchas del Servicio Geológico Colombiano y los datos históricos recopilados de las diferentes bases de datos como DESINVENTAR, UNGRD.
Productos	Como productos, se presentan los mapas de zonificación de amenaza por inundación y el presente documento técnico realizado para el suelo urbano principal del municipio de Cajicá.

Fuente: Estructura ajustada del Decreto 1807 de 2014, MVCT.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.2.1 Área de estudio

El municipio de Cajicá, de acuerdo con la información cartográfica suministrada por el IGAC tiene 51,25 km²; superponiendo las coordenadas de las zonas urbanas del municipio sobre las zonas de suelos de expansión y los centros poblados existentes.

Se localiza en el centro del departamento de Cundinamarca, en la parte norte del distrito capital a 193 km de esta. Siendo el tercer municipio más poblado luego de Zipaquirá y Chía, se ubica en la provincia Sabana Centro al destacarse por sus actividades de producción en cuanto a artesanías y tradiciones históricas. Limita al norte con el municipio de Zipaquirá, al sur con el municipio de Chía y cercano a este el distrito capital, por el oriente con el municipio de Sopo, por el occidente con el municipio de Tabio.

Cajicá está conformado por un área rural compuesta por 4 veredas (90,92%); constituidas por 16 centros urbanos rurales y 27 sectores, la parte urbana (9,08%), constituida en el centro del municipio y en el barrio capellanía, localizado en las afueras del perímetro urbano en dirección norte confirmadas en el Plan Básico de Ordenamiento territorial.

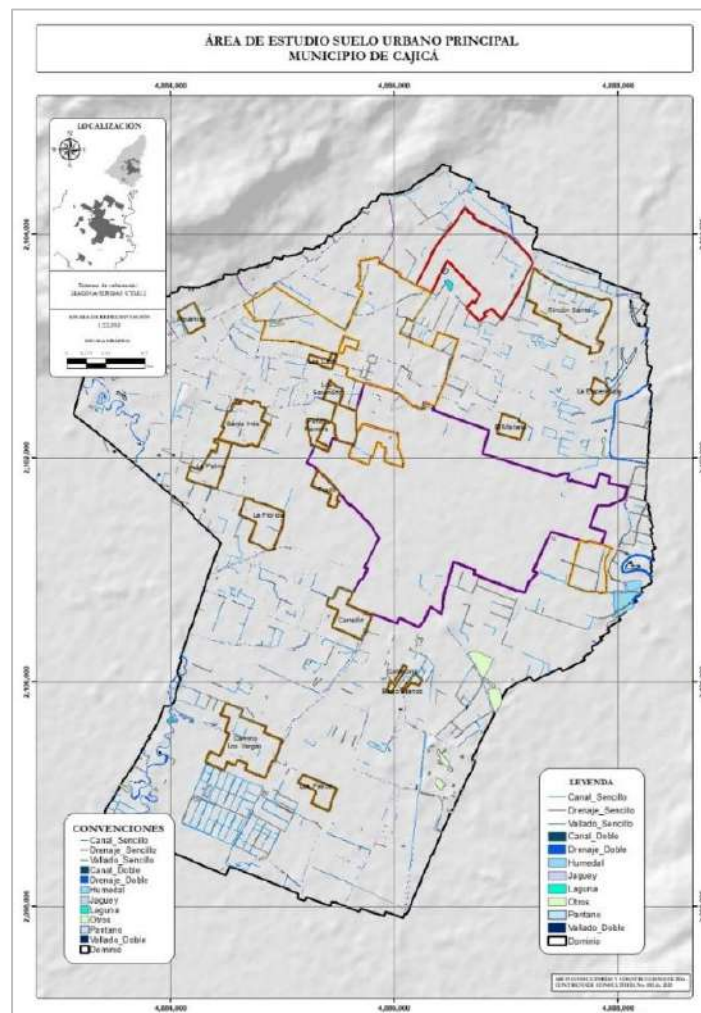


Ilustración 1. Área de estudio suelo urbano principal, suelo expansión urbana, centros poblados: municipio de Cajicá.



Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

El **ambiente denudacional** (0.60%), donde se incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización,

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial, que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos; el **ambiente fluvial y lagunar** (94.26%), producto de procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichos cauces, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca; por último se tiene un **ambiente antropogénico** (5.15%) resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, modificando la morfología natural del terreno.

3.2.4 METODOLOGÍA

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (Flórez y Suavita, 1997; INETER y COSUDE, 2005)

El reconocimiento del nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad identificar las áreas que podrían ser afectadas por el aumento del nivel de agua en las corrientes y sobre las llanuras aluviales, también obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales que descargan en las corrientes de las cuencas.

La metodología contempla inicialmente un análisis general, el cual permite la determinación de factores relevantes para la zonificación tales como: temperatura, clima, altimetría, nivel de escapamiento del terreno, cuencas aferentes, geomorfología, cobertura de suelo, entre otras. Para el análisis de inundación en la zona urbana se tuvieron en cuenta dos factores: 1) Se determinan las intensidades máximas como detonantes de inundación sobre el casco urbano para los periodos de retorno que se seleccionaron. 2) Para los ríos Frio y Bogotá se tienen los caudales máximos instantáneos anuales y no hidrogramas de crecientes, debido a que el comportamiento mostrado sobre estas corrientes en periodos invernales, presentan un flujo cuasi- estacionario para las crecientes máxima que se han presentado.

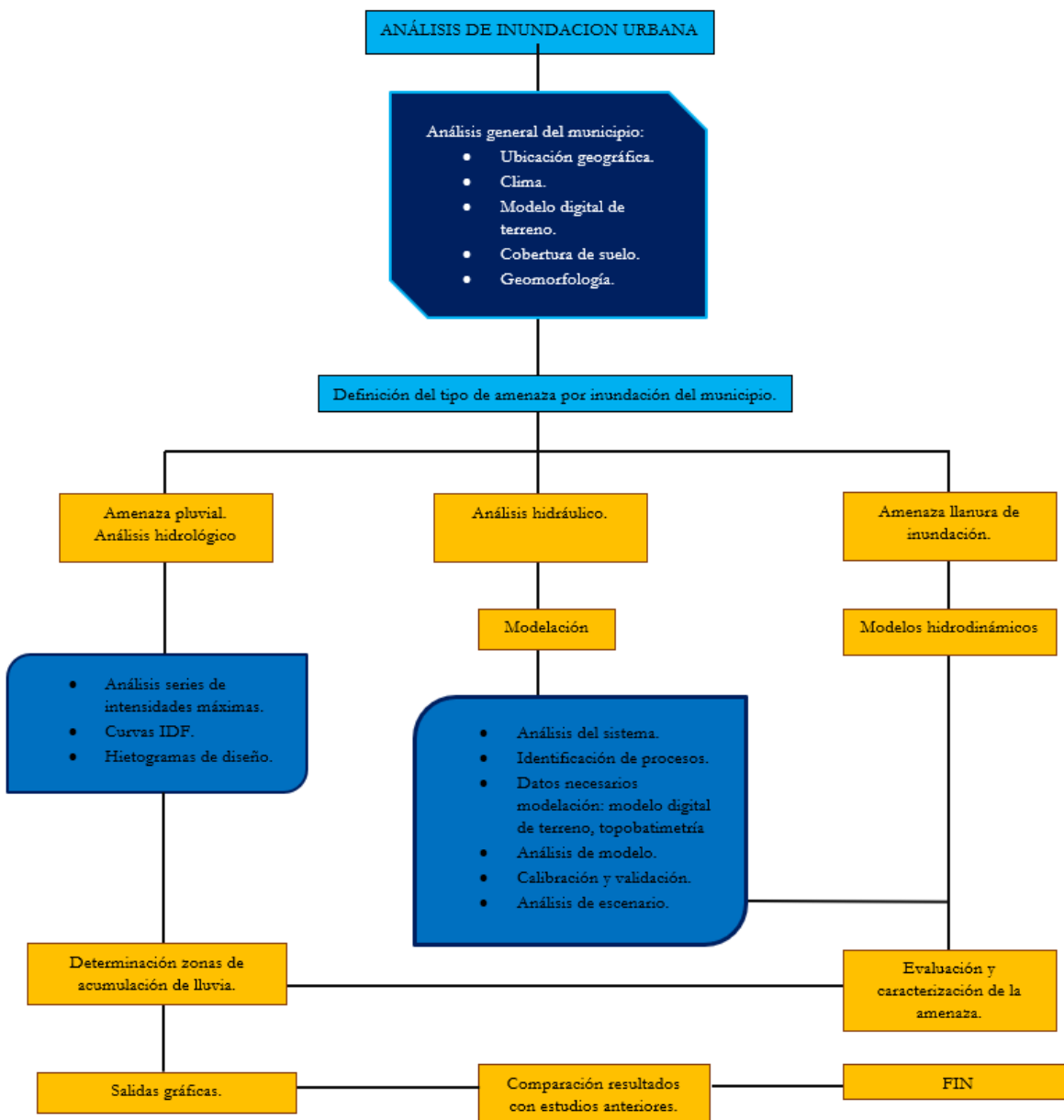


Diagrama 1. Diagrama de flujo de la metodología de inundación en el suelo urbano principal.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	
		CAJICÁ	

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden llevar a cabo tres tipos de análisis en las microcuencas hidrográficas.

1. Amenaza pluvial, análisis hidrológico: municipios ubicados en las zonas altas de una cuenca, los cuales no poseen grandes aferencias.
2. Amenaza hidrodinámica, análisis hidráulico: municipios ubicados en zonas altamente escarpadas y cuencas importantes.
3. Amenaza de llanura de inundación: municipio ubicado en zonas de pendientes bajas que tienen ríos estables con grandes cuencas y cauces estables con presencia de grandes caudales.

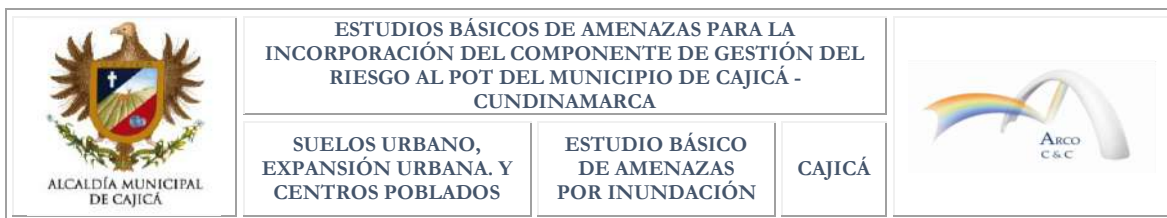
El primer objeto de análisis de la amenaza por inundación serán las variables climatológicas, en particular el análisis relacionado con lluvia y su distribución espacio-temporal en el área de estudio. Posteriormente al análisis de lluvia y su caracterización en la cuenca de estudio, se ha de proceder con la caracterización del tránsito de crecientes.

Mediante la modelación hidráulica se espera obtener la respuesta hidráulica más factible de las microcuencas, integrando el análisis de la información recopilada del área de estudio, para verificar y predecir teóricamente el comportamiento hidráulico del sistema y las zonas inundables.

Una vez realizada la modelación hidráulica se procede a establecer, para cada uno de los periodos de retorno, la delimitación de las áreas inundables y las características del flujo en la planicie inundable (i.e. profundidad, duración y velocidad de la lámina de inundación). Debido a que el análisis de la amenaza es plenamente definido mediante métodos hidrológicos, hidráulicos y geográficos, no será necesaria su deducción, por lo cual, la consecución del nivel de la amenaza por inundación obvia los indicadores, estableciendo por medio de una escala de índices, el nivel de amenaza establecido para la zona en función de la altura y de la velocidad de la lámina de agua que representan la peligrosidad de la amenaza. Por otra parte, los análisis de amenaza se realizan a un nivel de resolución variable, de acuerdo con los alcances del estudio, para capturar de manera más precisa las variaciones en la severidad de la amenaza.

3.2.4.1 Amenaza pluvial

Este tipo de análisis hace referencia a las lluvias intensas o de gran duración, caídas directamente sobre el área afectada. Mediante este análisis se establece la relación entre la precipitación y la



escorrentía producida hasta llegar al sistema de drenaje natural o antrópico. Para el caso específico del casco urbano de Cajicá se emplea una modelación de la lluvia sobre el área de estudio debido a las bajas pendientes dado que gran parte de la problemática de inundación que se identifica se da por el colapso del sistema de vallados y canales, que, ante eventos de precipitación máxima de considerables duraciones, general desbordamientos sobre estos cuerpos de agua.

El concepto meteorológico de “precipitación” reúne la lluvia, el granizo y la nieve, entre otros fenómenos atmosféricos. No obstante, en el presente documento, se hace referencia únicamente a la lluvia como el aspecto meteorológico detonante de la inundación pluvial, en particular las lluvias intensas y no huracanadas. A continuación, se listan los parámetros de mayor interés en el análisis de las inundaciones para la Zona Urbana.

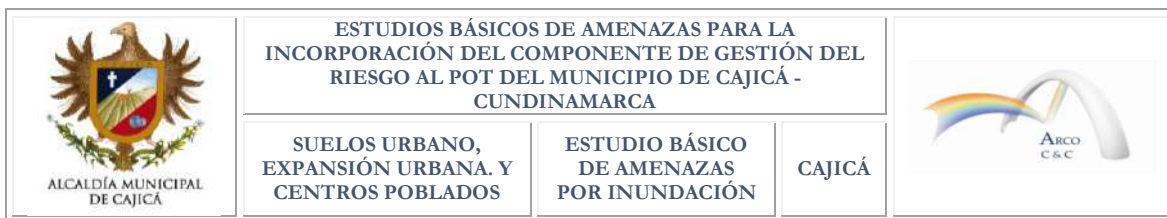
- Identificación de los drenajes de interés en el área de interés.
- Caracterización del régimen pluviométrico
- Duración de la lluvia.
- Intensidad media de la lluvia.
- Volumen total de la precipitación.
- Frecuencia de eventos.

Para evaluar los efectos de la precipitación se deben establecer sus características medibles, las cuales son determinadas mediante los parámetros previamente mencionados y adicionalmente será de interés conocer la distribución espacial y temporal de la lluvia.

3.2.4.2 Modelación hidráulica

Investigaciones recientes coinciden en que la visión desintegrada de los componentes del sistema ha llevado a tomar decisiones equivocadas en el manejo de los sistemas de drenaje (Rauch et al., 2002 en González, 2011). Por consiguiente, es necesario emplear una modelación integrada que permita involucrar todos los elementos del sistema y sus interacciones.

No obstante, no existe un modelo que pueda representar hidráulicamente toda la complejidad de un problema de inundaciones, por lo tanto, como lo expresa ERN – CAPRA (2009)” el modelador debe tener el criterio necesario para que, con base en las características particulares de su problema y las características de la información con la que cuenta, pueda seleccionar el modelo más adecuado”. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el modelo apropiado no siempre



es el más complejo, sino el modelo más simple que permita alcanzar los objetivos del estudio (Rauch et al., 2002 en González, 2011).

A continuación, se propone un procedimiento a seguir al implementar un modelo integrado, enfocándose en la identificación y selección de aproximaciones de modelación apropiadas, cuyos pasos se extractan y adaptan de González (2011):

- a. **Análisis del sistema:** La implementación de un modelo integrado debe permitir llegar a un mejor entendimiento del sistema, incluyendo la identificación de fallas en el mismo para establecer la necesidad de optimizar su funcionamiento. El estado actual del sistema se determina mediante la revisión de los datos disponibles e inspecciones de campo. El estado del sistema será de utilidad para la identificación de tramos que pueden llegar a ser insuficientes.
- b. **Identificación de procesos y criterios:** El segundo paso consiste en un análisis más detallado del sistema en estudio, con el objeto de identificar las posibles causas de las fallas identificadas en el paso anterior. Como resultado del análisis se deben identificar los posibles escenarios a ser modelados.
- c. **Datos necesarios para la modelación:** En cuanto a la cantidad y calidad de los datos necesarios para implementar el modelo, mientras más detallado sea el modelo para implementar es necesaria más información para su implementación (Schütze y Alex, 2004). En este paso se debe reducir al máximo la complejidad del modelo, logrando un equilibrio entre los objetivos del estudio y los datos disponibles.
- d. **Análisis del modelo y de los datos:** Este paso comprende un análisis detallado de los datos y de la estructura del modelo, con el fin identificar posibles inconsistencias y/o inestabilidades. Si bien siempre existen diferencias entre el modelo y la realidad, el modelador debe reducirlas al máximo, haciendo una estimación preliminar del comportamiento predictivo del modelo. Para esto, se deben realizar corridas preliminares del modelo implementado, buscando identificar anomalías en los resultados obtenidos.
- e. **Calibración y validación:** La calibración se define como la determinación de los valores óptimos de los parámetros del modelo, a partir de comparaciones entre los resultados de las simulaciones y datos observados. Para lograr una buena calibración es necesario contar

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

con registros simultáneos de precipitación, caudales y concentraciones (i.e. en el caso de requerir modelar calidad del agua), en diferentes puntos del sistema. Las interfaces entre diferentes subsistemas deben contar con una cantidad suficiente de datos. Dada la complejidad de los modelos integrados, se recomienda usar metodologías de calibración objetivas y evaluar el ajuste con funciones objetivo-definidas (Rauch et al., 2002). El proceso de calibración sugerido propone estimar de manera separada los modelos de cada subsistema, para finalmente calibrar de manera integrada, partiendo de los resultados de la estimación inicial.

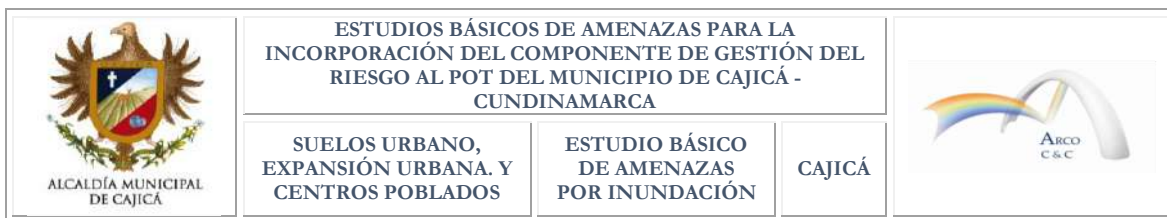
Una vez estimados los parámetros óptimos del modelo, se procede a validarlo, usando un conjunto de datos no usado durante el proceso de calibración. El objetivo del proceso de validación es evaluar la capacidad predictiva del modelo. Es importante mencionar que, aún en los casos en los que no sea posible realizar una calibración adecuada del modelo, se pueden realizar análisis cualitativos a partir de los resultados obtenidos. Lo anterior se puede realizar comparando de manera relativa los resultados de diferentes escenarios, con el estado inicial del sistema.

- f. **Análisis de escenarios:** Las medidas definidas en el paso 2, deben ser implementadas en el modelo calibrado y validado. Los resultados de los diferentes escenarios simulados deben ser comparados con un estado de referencia, que puede ser definido como el estado actual del sistema. Nuevamente, los resultados de la simulación de los diferentes escenarios deben ser evaluados, para identificar anomalías o inestabilidades (paso 4). Como se mencionó anteriormente, si no es posible realizar una calibración detallada del modelo, los escenarios simulados deben ser evaluados de manera relativa (i.e. mejora o deterioro del comportamiento del sistema). Sólo cuando se haya obtenido una calibración adecuada, es posible realizar análisis cuantitativos absolutos.

Este proceso ha de ser el empleado para la correcta implementación de un modelo integrado del sistema de drenaje urbano, el cual finaliza con la documentación y presentación de resultados del estudio.

3.2.1.1 Modelación HEC RAS

El análisis hidráulico cuya finalidad principal es generar los niveles máximos para determinadas crecientes de diversos períodos de retorno, aplica para las corrientes de los cuerpos hídricos



dinámicos. Lo anterior debido a que estas corrientes no están instrumentadas, por lo que no es posible hallar directamente los niveles máximos, sino por intermedio de la modelación hidráulica según se describe en el presente numeral, basada en las crecientes máximas halladas por modelos lluvia-escorrentía y la superficie topográfica del terreno.

Se realizó la modelación hidráulica unidimensional, a través de la implementación del software de distribución libre HEC-RAS (versión 5.0.7) (US Army Corps of Engineers, 2010). Este programa permite la modelación hidráulica mediante la sencilla introducción de información geométrica, hidráulica (caudales, coeficientes de rugosidad), y condiciones de frontera. Con base en esta información de entrada, se obtienen resultados propios de la evaluación de distintas alternativas de simulación (periodos de retorno, flujo permanente, flujo gradualmente variado, etc.).

Es de aclarar que los niveles máximos calculados en las quebradas corresponden a aproximaciones, se debe tener en cuenta que, para las metodologías implementadas se tienen incertidumbres asociadas a numerosas variables comenzando por los análisis hidrológicos con aplicación de un modelo empírico lluvia-escorrentía, generado con investigaciones en cuencas de los Estados Unidos, física y pluviométricamente diferentes. Adicionalmente, la falta de una información topobatemétrica de detalle hace que los resultados deban ser analizados cuidadosamente.

- **Proceso de modelación hidráulica**

La caracterización o modelación hidráulica tiene por objeto realizar la simulación de diversas crecientes máximas, en las secciones definidas transversalmente al eje del cauce principal, determinando cuantitativamente diversos parámetros geométricos y dinámicos relevantes, de cuyos resultados se extraen las propiedades hidráulicas del flujo a través de los cauces. Estos son insumos para la generación de las manchas de inundación que generan los diferentes caudales para los periodos de retorno definidos.

El modelo matemático que usa el software se denomina "Water Surface Profiles", calcula los perfiles y niveles superficiales de agua, la velocidad y esfuerzos cortantes del flujo entre otros, para las condiciones de un flujo permanente o no permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales no prismáticos. Este procedimiento está basado en la solución de la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas de la ecuación de Manning y el método convencional por pasos; en el presente estudio se consideraron condiciones de flujo permanente. Las condiciones hidráulicas de la corriente más sobresalientes son:

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

- Rugosidad del lecho y de las márgenes.
- Influencia de obstrucciones en la sección.
- Condiciones del flujo, subcrítico y/o supercrítico.

El programa genera en forma directa las elevaciones del nivel del agua en el canal de estudio en las secciones transversales para la creciente simulada, además de las demás características geométricas tales como área, perímetro mojado, radio hidráulico, profundidad media y las dinámicas como velocidades y esfuerzos del flujo, tanto en las paredes como en el canal principal y la pendiente hidráulica, el número de Froude entre otros.

Los datos básicos de entrada al modelo son los siguientes:

- Secciones transversales normales al eje del cauce, siempre de izquierda a derecha.
- Separación entre las secciones transversales tanto por el eje principal como en los bordes de agua en ambas márgenes.
- Coeficientes de rugosidad de Manning en cada una de las secciones transversales tanto en el lecho principal como en las márgenes.
- Caudales máximos en diversos tramos del río y caudales máximos en los afluentes principales incorporados en la red hídrica.
- Fronteras de nivel de agua o pendiente hidráulica en la sección inicial aguas abajo, en caso de que se presuma que el régimen de flujo es subcrítico y en la última sección aguas arriba en caso de que el régimen de flujo sea mixto, es decir, subcrítico y supercrítico.
- Características principales de las diversas estructuras existentes en el cauce, principalmente puentes viales y puentes colgantes, en caso de existir.
- En cada sección se debe definir y separar claramente el lecho de las paredes y taludes en las márgenes.
- Se deben fijar en el modelo, fronteras en las márgenes para las secciones transversales propensas a desbordes de los niveles de agua hacia zonas bajas aledañas que no corresponden a la sección principal del río.
- Para el inicio o corrida del programa se debe definir el régimen de flujo, si es subcrítico, supercrítico o mixto.

- **Ecuaciones**

Las siguientes dos ecuaciones se resuelven por un procedimiento iterativo mediante el método convencional por pasos, para calcular la elevación de la superficie del agua en la sección transversal como variable dependiente o incógnita:

$$Ws_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Ws_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + he$$

$$He + LS_f = C \left[\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right]$$

Donde:

- Ws_1, Ws_2 = cotas de las superficies del agua en las secciones transversales
- V_1, V_2 = velocidades medias (caudal total sobre las áreas totales de flujo en los extremos de tramo.
- α_1, α_2 = coeficientes de velocidad para el flujo a extremos del tramo
- g = aceleración de la gravedad
- he = pérdida de la carga de energía
- L = longitud del tramo ponderada con caudal
- S_f = pendiente media de fricción representativa para el tramo
- C = coeficiente de pérdida por expansión o contracción

La longitud del tramo “L” ponderada con el caudal, se calcula así:

$$L = \frac{L_{lob} Q_{lob} + L_{ch} Q_{ch} + L_{lob} Q_{lob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{lob}}$$

Los subíndices indican ribera izquierda, canal principal o eje de la sección y ribera derecha.

- **Secciones transversales**

La determinación de la conducción total y del coeficiente de velocidad para una sección transversal, requiere que se subdivida al flujo en unidades para las cuales la velocidad está

uniformemente distribuida. El enfoque empleado en el modelo HEC-RAS se basa en subdividir el flujo en las áreas de sobreborde empleando las estaciones de sección transversal ingresadas (coordenadas x) como base para la subdivisión. La conducción se calcula dentro de cada subdivisión mediante la siguiente ecuación expresada en unidades inglesas:

$$K = \left(\frac{1.486}{n} \right) AR^{2/3}$$

Donde:

- K = conducción en la subdivisión.
- n = coeficiente de Manning para la subdivisión.
- A = área del flujo en la subdivisión.
- R = radio hidráulico en la subdivisión, es decir el área dividida por el perímetro mojado.

La conducción total en la sección transversal se obtiene sumando las conducciones incrementales.

El flujo en el canal principal no está subdividido, excepto cuando el coeficiente de rugosidad se cambia dentro del área del canal. El modelo matemático HEC-RAS ha sido modificado para probar la aplicabilidad de la subdivisión de rugosidad dentro de la porción del canal de una sección transversal y si no es aplicable, el programa calculará un valor compuesto de “n” para el canal entero. El programa determina si es posible que la porción del canal en la sección transversal se pueda subdividir o si es posible emplear un valor compuesto de “n” tomando como base el siguiente criterio:

- Si la pendiente lateral de un canal es mayor que 5H:1V y se ha subdividido la sección transversal, entonces se computará un coeficiente compuesto de rugosidad “nc”. La pendiente lateral del canal, empleada por el HEC-RAS se define como la distancia horizontal entre estaciones “NH” adyacentes dentro del canal sobre la diferencia en elevación de esas dos estaciones.
- Para la determinación del “nc”, se divide imaginariamente la superficie del agua en “N” partes cada una con un perímetro mojado conocido Pi y un coeficiente de rugosidad ni

$$n_c = \left[\sum \left(\frac{P_i n_i^{1.5}}{P} \right) \right]^{2/3}$$

Donde:

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

- n_c = coeficiente compuesto o equivalente de rugosidad.
- P = perímetro mojado de la sección transversal.
- P = perímetro mojado de la subdivisión imaginaria i.
- n_i = coeficiente de rugosidad de la subdivisión imaginaria i.

El coeficiente compuesto 'nc' calculado debe ser controlado para verificar su coherencia. El valor calculado es el valor “n” del canal en las tablas de sumario detalladas (reportes del programa).

- **Coeficiente de velocidad**

El coeficiente de velocidad a se calcula con base en la conducción en los tres elementos del flujo: sobremargen izquierdo (lob), sobremargen derecho (rob) y el canal (ch), según la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{A_{t2} \left[\frac{Klob_3}{Alob_2} + \frac{Kch_3}{Ach_2} + \frac{Krob_3}{Arob_2} \right]}{Kt_3}$$

Donde:

- A_t = área total de flujo en la sección transversal
- $Alob, Ach, Arob$ = áreas de flujo del sobreborde izquierdo, del canal principal y del sobreborde derecho, respectivamente.
- Kt = transporte total en la sección transversal
- $Klob, Kch, Krob$ = transporte del sobreborde izquierdo, del canal principal y del sobreborde derecho, respectivamente.

- **Perdida por fricción**

En el modelo matemático HEC-RAS determina la pérdida por fricción, mediante el producto la pendiente de fricción media representativa en un tramo de “Sf” y la longitud del tramo ponderada con caudal “L”.

Expresiones alternativas para la pendiente de fricción media representativa “Sf”, que se pueden obtener en el modelo HEC-RAS con las siguientes ecuaciones:

- Ecuación de Transporte Promedio

$$Sf = [(Q1 + Q2) / (k1 + k2)]^2$$

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	
		CAJICÁ	

- Ecuación del Promedio de la Pendiente de Fricción

$$Sf = (Sf1 + Sf2) / 2$$

- Ecuación de la Media Geométrica de la Pendiente de Fricción

$$Sf = (Sf1 \cdot Sf2)^{1/2}$$

- Ecuación de la Media Armónica de la Pendiente de Fricción

$$Sf = [2Sf1 \cdot Sf2 / (Sf1 + Sf2)]$$

- **Calibración del modelo**

La calibración del modelo se fundamenta en obtener los parámetros dinámicos más representativos en la simulación para un determinado caudal tales como nivel de agua, velocidad, número de Froude, factor hidráulico y profundidad media, muy similares a los que ocurren o se esperan en el prototipo para el mismo caudal y basado en las variaciones y sensibilidad de la asignación de los parámetros de alimentación del modelo que inciden en estos resultados, tales como las condiciones de frontera, la pendiente hidráulica y los coeficientes de rugosidad de Manning en el lecho y en las paredes.

El procedimiento descrito de la calibración se puede desarrollar, siempre y cuando en la corriente hídrica, se disponga de una estación hidrométrica en el sitio de estudio o muy cerca y en condiciones similares, para aprovechar los parámetros de los resúmenes de aforos de al menos 5 caudales de mayor valor adecuadamente espaciados y en especial de los últimos años si la sección es inestable, para mediante relaciones gráficas del caudal con cada uno de los parámetros dinámicos antes descritos incluyendo la curva de caudales, se obtengan los respectivos valores para el caudal que se simula en el modelo en una sección representativa, en cuyo caso teóricamente deben ser iguales.

Si en la comparación de estos parámetros hallados de los aforos líquidos para el prototipo, con relación a los generados para el mismo caudal en el modelo resultan diferencias, se deben efectuar ajustes en los parámetros de alimentación tales como la pendiente hidráulica, los coeficientes de rugosidad de Manning y la cota de nivel de agua o pendiente hidráulica de las fronteras, hasta obtener una semejanza aceptable.

Para el régimen de flujo subcrítico, condición que se presenta en ríos de baja pendiente, la calibración descrita es factible de realizar dado que los parámetros dinámicos reflejados en el perfil gradualmente variado hacia aguas arriba que genera el modelo, son altamente sensibles a los

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

parámetros de alimentación, en especial de la pendiente hidráulica; en caso de que el régimen del flujo sea mixto, condición que se presenta en corrientes de media o alta pendiente, la calibración planteada es difícil de ajustar, dado que se depende totalmente de la calidad de la topografía y batimetría y apenas las modificaciones y ajustes de los coeficientes de rugosidad de Manning, cambian ligeramente los parámetros dinámicos resultantes.

- **Pendiente hidráulica**

Los intervalos de aplicación del modelo HEC-RAS para la pendiente longitudinal de los canales naturales varía entre 0,10 m/m y 0,0001 m/m.

En términos generales el proceso para la modelación hidráulica es descrito en la siguiente figura:



Ilustración 3. Proceso general de modelación hidráulica con HEC-RAS.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.5 INSUMOS

3.2.5.1 ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS EVENTOS DE INUNDACIÓN

Así mismo, con el fin de validar y verificar el producto final, se lleva a cabo una revisión de eventos históricos ocurridos en el municipio de Cajicá, los cuales han sido registrados en diferentes bases de datos nacionales y municipales como *DesInventar*¹, la base de datos suministrados por la Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres de Cajicá SIGRD, Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hídrica (POMCA) del Río Bogotá, Base de datos de la Gobernación de Cundinamarca Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Cajicá, Zonificación de puntos críticos y base de datos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR y Noticias, periódicos, portales de información, de donde se estimaron alrededor de 84 eventos de inundación, de igual manera, se seleccionaron eventos que se encontrarán, dentro un área de influencia de quinientos (500) metros y que estuvieran relacionados con los drenajes de mayor orden. En la **Tabla 2**, se muestra en detalle la fecha de ocurrencia, el lugar, la descripción y el tipo de evento.

Tabla 2. Registros históricos de Inundación en el área urbana del municipio de Cajicá.

FECHA EVENTO	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
6/02/2013	Chuntame, casco urbano	Inundación	Daños estructurales leves a 4 viviendas, 20 personas afectadas		UNGRD, DesInventar, SIGRD
12/04/2012	Casco Urbano, Río Grande	Inundación	Colapso del sistema de alcantarillado, daño estructural en 30 viviendas, afectando 120 personas	Desbordamiento de las quebradas Tenería y El Tambo	UNGRD, DesInventar, SIGRD, Gobernación de Cundinamarca
1/05/2011	Casco Urbano, Chuntame	Inundación	Daño estructural a 10 viviendas con 40 personas afectadas		UNGRD, DesInventar, Gobernación de Cundinamarca
15/06/2006	Casco Urbano (Santa Anita), Río Grande	Inundación	Inundación de vías, daño estructural en un jarillón, 100 personas damnificadas		COB Cajicá
4/05/2006	Casco Urbano (Barval, Santa Anita), Calahorra	Inundación	Daño estructural a 56 viviendas y un jarillón, afectando 280 personas	Desbordamiento del Río Frío y Bogotá	UNGRD, DesInventar, SIGRD
17/11/2010	Todo el municipio	Inundación	Daño estructural a 500 viviendas, afectando 1800 personas	Desbordamiento del Río Bogotá	UNGRD
1/11/2016	Casco urbano	Inundación	Inundación de principales vías del municipio e	Colapso del sistema de alcantarillado	UNGRD, DesInventar

¹ Sistema de inventario de efectos de desastres que proporciona información sistemática sobre la ocurrencia de desastres cotidianos de pequeño y mediano impacto.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

FECHA EVENTO	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
			industria de lácteos Pomar		
30/09/2016	Casco urbano (Capellanía y El Paraíso)	Inundación	Daño a la infraestructura vial, daño estructural a 2 viviendas, afectando 8 personas	El sistema de alcantarillado colapsó a causa de las lluvias	UNGRD, DesInventar
27/04/2016	Casco urbano	Inundación	Inundación en vías principales del municipio, inundación de 4 viviendas, daños materiales no cuantificados	Colapso del sistema de alcantarillado	UNGRD, DesInventar
20/04/2012	Casco Urbano	Inundación	Daño estructural de una edificación		COB Cajicá
5/12/2011	Casco Urbano	Inundación	Anegación de vías y pérdida de electricidad		Gobernación de Cundinamarca
4/12/2011	Casco Urbano (La Mejorana, Capellanía)	Inundación	Anegación de la vía Cajicá - Hato grande		UNGRD, DesInventar
24/11/2011	Casco Urbano	Inundación	Anegación de vías		Gobernación de Cundinamarca
28/06/2010	Casco Urbano	Inundación	Inundación de predios y de vías	Desbordamiento de la Quebrada Tenería	CAR
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Reunión presencial de explicación de puntos de inundaciones críticos dentro del municipio de Cajicá, donde resaltan los lugares del casco urbano que, por el mal diseño del alcantarillado y los cambios en la vocación productiva de la región, se han visto perjudicados y con problemas de inundaciones recurrentes y pendientes de intervención para mitigar el riesgo	Acueducto y alcantarillado de Cajicá
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Reunión presencial de explicación de puntos de inundaciones críticos dentro del municipio de Cajicá, donde resaltan los lugares del casco urbano que, por el mal diseño del alcantarillado y los cambios en la vocación productiva de la región, se han visto perjudicados y con problemas de inundaciones recurrentes y pendientes de intervención para mitigar el riesgo	Acueducto y alcantarillado de Cajicá
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Reunión presencial de explicación de puntos de inundaciones críticos dentro del municipio de Cajicá, donde resaltan los lugares del casco urbano que, por el mal diseño del alcantarillado y los cambios en la vocación productiva de la región, se han visto perjudicados y con problemas de inundaciones recurrentes y pendientes de intervención para mitigar el riesgo	Acueducto y alcantarillado de Cajicá

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

FECHA EVENTO	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Inundaciones en la vía cercana a la Quebrada Tenería por las bajas pendientes que limitan la energía del agua para fluir		Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Inundaciones en las vías	Colapsos recurrentes del sistema de alcantarillado	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Inundaciones en la vía	Obstrucción de pasos de agua y humedales	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Inundaciones en el sector	Si el vallado lo canalizaron con un diámetro menor, y sobre ese punto confluyen varios vallados, lo que aumenta el caudal de tránsito, pero allí lo canalizaron con un diámetro menor de lo que llevaba aguas arriba, entonces aumenta el caudal al receptor varios canales y al reducir el diámetro hidráulico, genera que el sistema allí colapse y se inunde al no tiene un diámetro adecuado. Afecta principalmente a la Vía	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Punto de potencial inundación	Reducción del diámetro y canalización cerrada. Punto potencial a inundarse dadas las condiciones que han venido modificando.	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Punto de potencial inundación	Cerraron los vallados (Canalizaron), El Ing. ambiental menciona que han cerrado vallados para construir las vías, considera que canalización del vallado puede generar un colapso en el sistema y generar potenciales inundaciones.	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Inundaciones al superar la capacidad de almacenamiento del drenaje	Es un canal que no tiene conexión con el sistema de vallados, recepciona aguas lluvias locales y como no tiene conexión cuando llueve y supera su capacidad de almacenamiento se colmata, desborda sus aguas e inunda áreas adyacentes. Y esto se debe a que el dueño del predio canalizó o cerró la conexión del vallado (no se sabe a ciencia cierta que intervención hizo) pero la intervención realizada hizo que el vallado no tuviera donde desembocar las aguas y es la causa de la inundación	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Rotura de Jarillón	Vallado seco por pérdida de conexión, zona de inundación que rompió el jarillón del Río Bogotá. El agua lluvia del parte superior duro más de un mes a una cota de 1.5 metros. Se tuvo que hacer uso de una bomba de achique de agua para extraer el agua de los vallados y devolverla hacia el Río Bogotá. La	Secretaría de Medio Ambiente

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

FECHA EVENTO	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
				canalización en la parte alta de Cajicá llega hacia el Río Frio.	
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Encharcamientos recurrentes en ciertos momentos del año	No se permite el ingreso de material de relleno, aun así, se evidencia presencia de materiales para relleno, lo cual está prohibido, la nivelación solamente puede ser con materiales de recebo y no con materiales producto de la construcción. Es común encontrar como rellenan las zonas donde el nivel freático aflora con el objetivo de reducir la limitación de los predios ya que presentan inundación por encharcamiento durante cierta parte del año	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado		Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Inundaciones en los predios circundantes	La solución más practica era conecta el humedal con el Rio Bogotá para que este desembocará sus aguas, pero como normativamente no pude haber modificaciones a la ronda hídrica del Rio Bogotá, y el dueño del predio no quiere volver a conectar el humedal con el meandro porque el objetivo de muchos es disminuir las zonas de inundación en sus predios o secar las zonas pantanosas, no le conviene volverlo a conectar. Entonces la alcaldía optó por poner motobomba cuando se requiere y evacuar las aguas al Río Bogotá y así evitar inundaciones.	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Colapso de jarillón	Se realizo para el 2010 - 2011 apalancamiento, postes y arreglos del jarillón para mitigar el evento ocurrido, cabe aclarar que desde ese tiempo no se han vuelto a hacer intervenciones sobre el jarillón, por lo que los arreglos que se han realizado solo fueron por la tención de la emergencia durante el Fenómeno de La Niña.	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Zona donde ha ocurrido inundaciones. Se hicieron bultos con arcilla para la fecha del evento 2010 - 2011	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Era un punto de Inundación que afectaba a los sectores Puerta Sol y Capellania, Pero hicieron modificaciones: redujeron el volumen de agua al desviar parte de su caudal a la Q. de la cruz y ampliaron la sección del cauce de esta con retroexcavadora. Ellos cuentan con planta de tratamiento.	Secretaría de Medio Ambiente

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

FECHA EVENTO	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Inundación hace dos años y también en el 2011	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Los residentes del conjunto han hechos modificaciones por su propia cuenta, pero el representante de la visita de campo informa que no han hecho con las medidas técnicas necesarias.	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	La Q. Campo sigue siendo un problema latente, las medidas han sido buenas, pero no suficientes.	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Zona de inundaciones	Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	Inundaciones por reboce de aguas		Secretaría de Medio Ambiente
No aplica	Casco Urbano	Inundación	No especificado	Vallado cerrado, del dueño del terreno cierra la conexión del vallado para extraer agua con una bomba, pero cuando llueve fuerte genera inundación.	Secretaría de Medio Ambiente

Fuente: UNGRD, DESINVENTAR, SIRGRD, GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA, COB CAJICÁ, CAR, DOCUMENTO DE EVALUACIÓN - GESTIÓN DEL RIESGO CAJICÁ, NOTICIAS.

“Las inundaciones se presentan como resultado de las crecientes en los cuerpos de agua, originadas por lluvias intensas o continuas, estas crecientes en el nivel normal de aguas sobrepasan la capacidad de retención del suelo y de los causes produciendo desbordamientos e inundando las zonas contiguas a los cuerpos de agua” (UNGRD, 2014), incluso existen otras razones por las cuales se pueden presentar estos eventos como el exceso de precipitaciones o el manejo inadecuado de estructuras hidráulicas o fallas en las mismas; además existen dos tipos de inundaciones unas denominadas súbitas o repentinas, las cuales se producen generalmente en lugares de alta pendiente por la presencia de grandes cantidades de agua en un pequeño periodo de tiempo y las llamadas lentas o progresivas que son aquellas que se producen en terrenos planos que desaguan muy lentamente y cercanos a las riberas de los ríos.

Existen 84 inundaciones registradas a través de la historia en el municipio, siendo el tipo de evento amenazante más recurrente y por tanto de especial atención en Cajicá. La ubicación del municipio sobre el valle del Río Bogotá, y algunos sectores en el oriente del municipio sobre la llanura de inundación del mismo, son factores que favorecen la ocurrencia de este tipo de eventos al presentarse lluvias intensas y/o prolongadas sobre la región. La **Ilustración 4** muestra la cantidad de inundaciones presentadas anualmente (de los registros que cuentan con fecha definida) en el municipio de Cajicá.

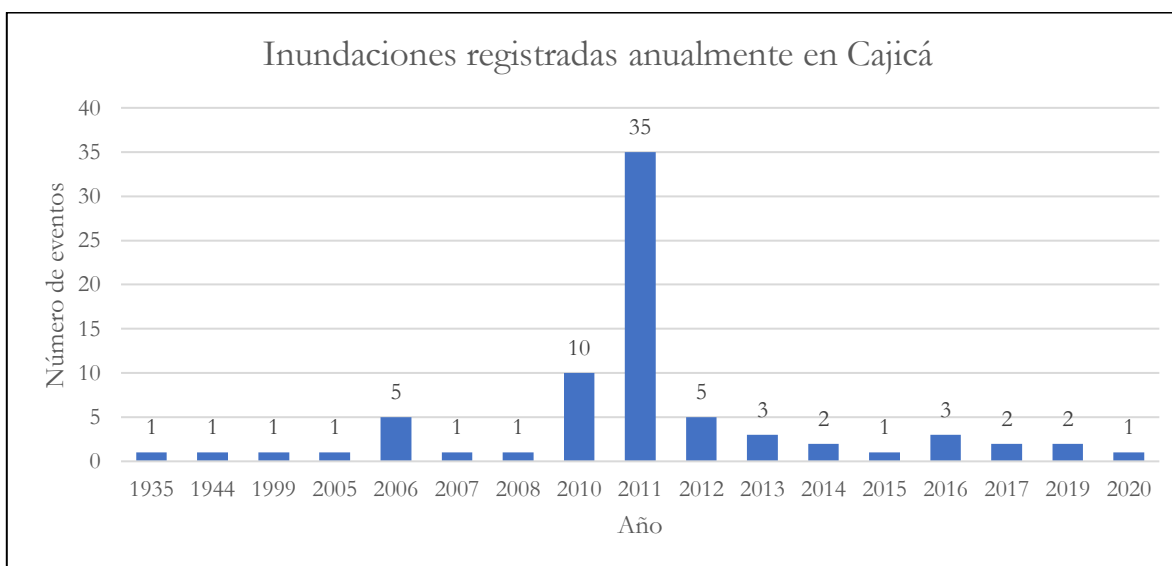


Ilustración 4. Registro anual de inundaciones en Cajicá
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

El mayor pico de eventos tipo inundación registrados en el municipio se encuentra en el lapso temporal entre 2010 y 2012, presentando hasta 35 inundaciones en el año 2011 y siendo correspondientes al Fenómeno de La Niña que sufrió el territorio colombiano en dichos años. En el 2006 y 2016 se encuentran también varios registros de inundaciones que se correlacionan con el mismo fenómeno de variabilidad climática registrados a finales de 2005 e inicios de 2006 y entre los años 2016 y 2017 (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2021). Adicionalmente, las distintas fuentes de información consultadas para elaborar el inventario histórico de eventos mencionan la insuficiencia del sistema de alcantarillado y la ineficiencia de algunos jarillones sobre los drenajes principales del municipio, factor que favorece la ocurrencia de este tipo de eventos.

Las lluvias extremas o de larga duración, que potencialmente pueden materializar este tipo de amenaza, también se correlacionan con las épocas de alta precipitación del régimen bimodal del área. La **Ilustración 5** muestra el compilado histórico de inundaciones por meses que ha sufrido el municipio de Cajicá.

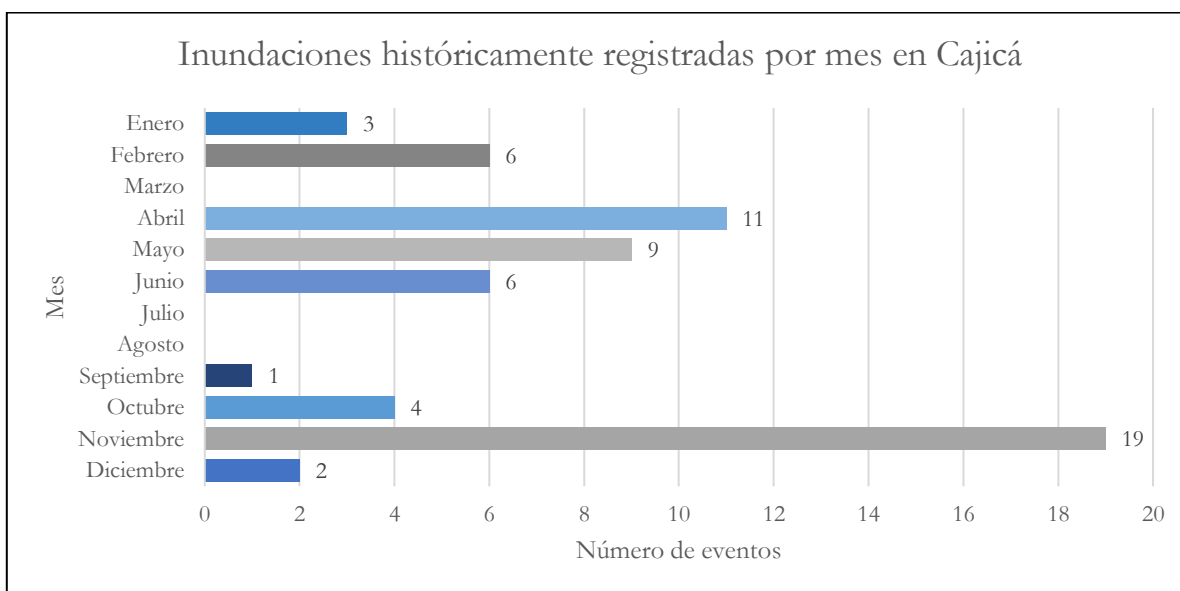


Ilustración 5. Registro mensual histórico de inundaciones en Cajicá

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Los meses con alta frecuencia histórica de inundaciones corresponden a los periodos de tiempo donde se depositan mayores volúmenes de lluvia en el territorio, los cuales son noviembre y abril. Así mismo, los meses de enero y julio, periodos de bajas precipitaciones, no se presentan mayores registros de este tipo de eventos en el municipio. Existe por tanto una clara correlación de la temporada de lluvias, producto del doble paso de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) sobre la Región Andina en los meses de abril y noviembre, con la presencia de inundaciones en Cajicá. Cabe señalar que las temporadas de lluvia se hacen extremas en los años de ocurrencia del fenómeno de variabilidad climático tipo La Niña.

Además de la distribución temporal de los registros de inundaciones, es importante establecer las zonas dentro de la jurisdicción del municipio de Cajicá donde históricamente ha existido una mayor recurrencia de este tipo de eventos. Por esta razón, y con haciendo uso de la ubicación espacial proporcionada por las diferentes fuentes de información, se presenta en la **Ilustración 6** la ubicación de las inundaciones históricas en el municipio de Cajicá a nivel rural y urbano.

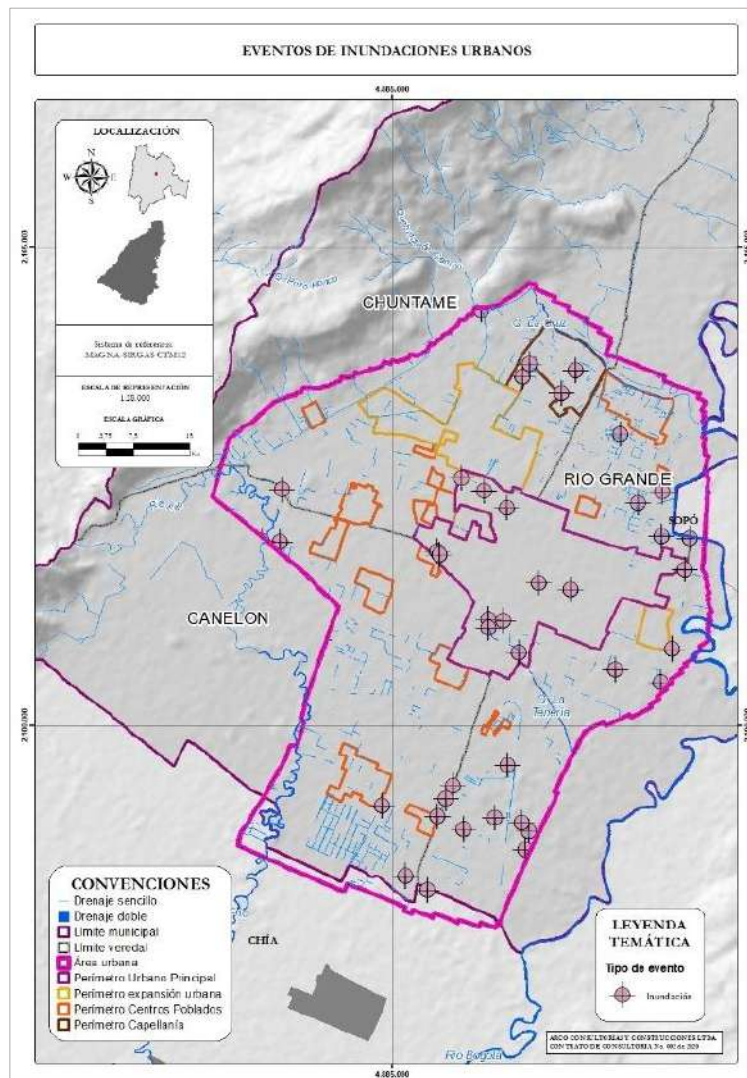


Ilustración 6. Ubicación de la ocurrencia de inundaciones en el municipio de Cajicá

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Las inundaciones no sólo corresponden con el régimen de lluvia dominante a lo largo de los meses o años, también tiene una incidencia directa la morfología del terreno, tipo de roca o depósito no litificado, usos del suelo, entre otros factores intrínsecos del suelo, los cuales aumentan o disminuyen la probabilidad de ocurrencia de los eventos de origen hidrometeorológico.

En adición a esto, la Secretaría de Medio Ambiente y representantes del acueducto del municipio han manifestado que la problemática de inundaciones se ve exacerbada por el mal diseño de alcantarillado conforme se ha densificado el casco urbano y han cambiado las actividades productivas principales del municipio.

El crecimiento poblacional y de infraestructura en la región ha modificado la dinámica hidrológica de los cursos de agua, donde se han obstruido, desviado y/o intervenido múltiples canales y humedales en el territorio, generando problemas en el flujo y las descargas del recurso hídrico y favoreciendo la ocurrencia de inundaciones en los puntos críticos resaltados en la **Ilustración 6**.

La gran mayoría de inundaciones con ubicación conocida, han tenido lugar en las inmediaciones del Río Bogotá y el Río Frío, esto debido a que en las épocas de altas precipitaciones el volumen de agua en los canales supera su capacidad de almacenamiento y genera su desbordamiento en las llanuras de inundación de los cauces. Teniendo esto en cuenta, la **Ilustración 7** muestra la frecuencia de inundaciones presentadas en las zonas rurales y urbanas que comprende la jurisdicción del municipio de Cajicá.

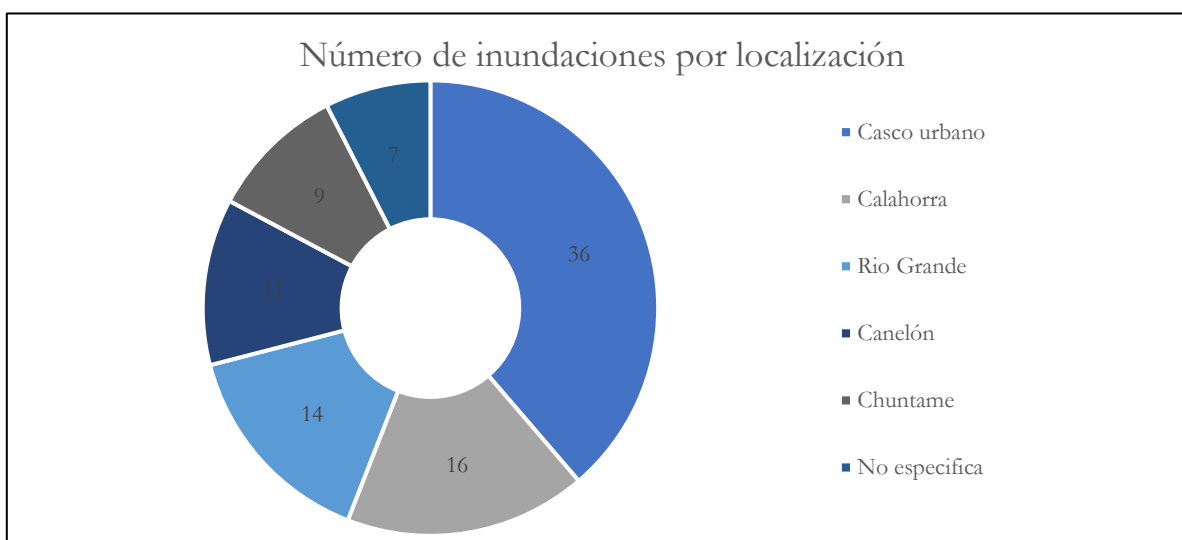
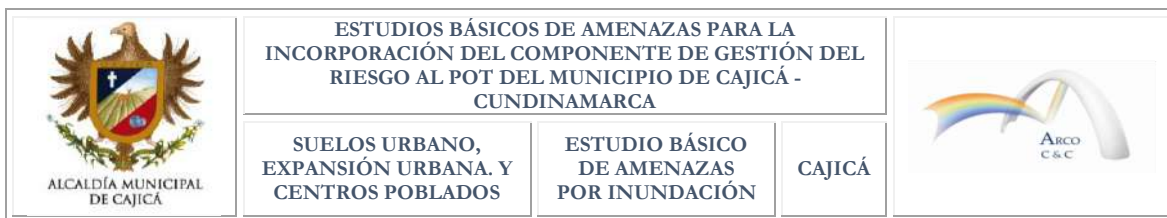


Ilustración 7. Número de inundaciones por localización en el municipio de Cajicá
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Existen registros de inundaciones en todas las veredas que conforman el municipio de Cajicá y en el casco urbano, se destaca que cerca del 70% de los eventos han tenido lugar en el margen oriental y centro del municipio, en cercanías del Río Bogotá sobre las veredas Calahorra, Río Grande y sobre el casco urbano. En el margen occidental existen algunos registros de



desbordamientos del Río Frío a la altura de las veredas Canelón y Chuntame, y finalmente existen 7 eventos cuyas fuentes de información no especificaron el lugar de ocurrencia del mismo.

El Río Bogotá en el borde oriental de Cajicá es un canal de tipo meándrico, morfología típica de las áreas que cuentan con una baja pendiente, desarrollando amplias llanuras de inundación que reciben las descargas de agua cuando el cauce principal supera su capacidad de almacenamiento, razón por la cual se presentan inundaciones con mucha mayor frecuencia en esta margen respecto al occidente del municipio, en donde la morfología se hace más abrupta.

En el marco del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hídrica POMCA del Río Bogotá, el municipio de Cajicá está zonificado como una región de alta amenaza por inundaciones en su región oriental y central, sobre el casco urbano (CAR; MinAmbiente; MinHacienda; Corporinoquía; Huitaca, 2019); razón que, sumado a los antecedentes históricos del municipio, sugieren el peligro latente que corre la comunidad ante una amenaza de este estilo en el futuro. También existen algunas zonas de amenaza media y baja en el municipio en cercanías del Río Frío y algunos pequeños sectores del margen occidental del municipio.

3.2.5.1.1 Problemáticas Quebrada Tenería

las inundaciones en la Quebrada Tenería generan desbordamientos sobre la vía a causa de las bajas pendientes que no permiten tener la energía suficiente para fluir, además de colmatar y rebasar el sistema de alcantarillado. Las condiciones naturales de la quebrada han sido modificadas con el paso del tiempo por lo que se han perdido varias de las características de un sistema fluvial el cual ha sido alterado por captaciones mediante alcantarillados.

La Quebrada Tenería de la **Ilustración 8** descrita sobre el Informe Técnico DRN N° 097 del 4 de abril de 2019 indica que en la zona norte se reporta un canal sencillo que corre en dirección Noroeste-Sureste. En la zona sur se reporte otro canal sencillo que también se prolonga en dirección Noroeste-Sureste hasta alcanzar el río Bogotá. Evaluando las condiciones del año 1950 se aprecia una continuidad en el trazado de la presunta quebrada entre los puntos coordenados 4 y 5, una característica ausente en la actualidad, en la cual se reporta un canal disectado, pues se aprecia un canal sencillo en la zona norte y otro en la zona sur. Adicionalmente, se puede apreciar que en el punto d a coordenada 3 el trazado de la quebrada se bifurca, coherente con lo que se reporta en el informe DRN N° 0342 en la coordenada 3.

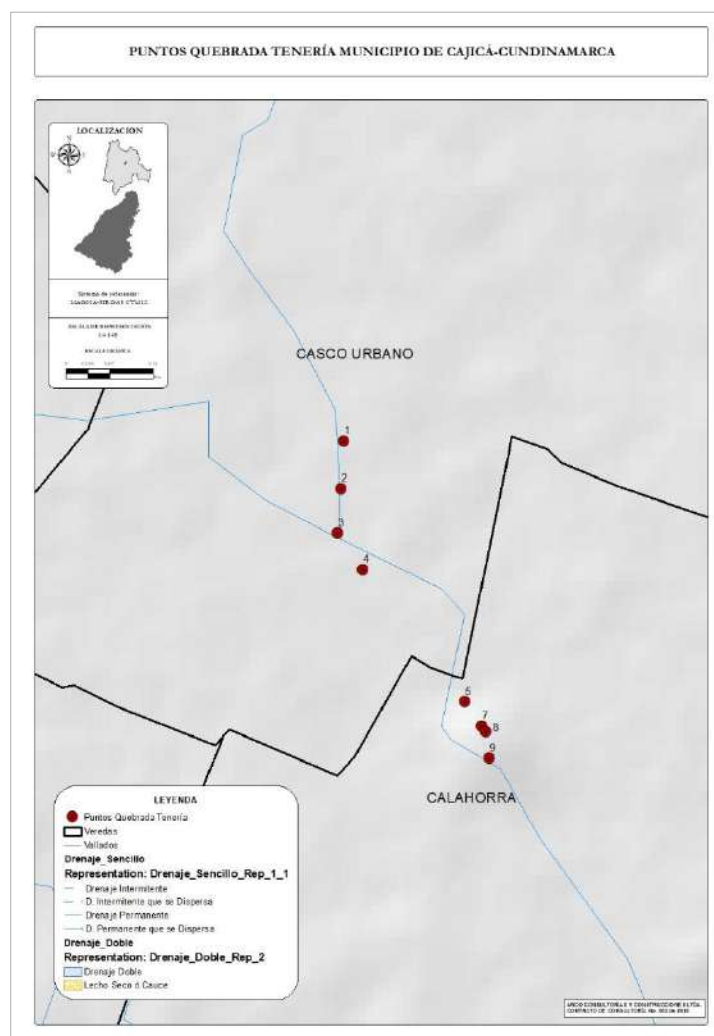


Ilustración 8. Puntos de levantamiento Quebrada Teneria del Informe Técnico DRN N°097.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Sobre el Informe técnico DRN N° 097 se presenta un análisis multitemporal comprendido entre 1940, 1955, 1962, 2005, 2006 y 2009. Se tiene que para 1950 se observa que uno de los brazos de la bifurcación del brazo derecho se prolonga hacia el norte y termina cercano al punto de la coordenada 1. El brazo que se prolonga en dirección Noroeste-Sureste del brazo izquierdo es trazado hasta encontrarse con la vía. Para el brazo derecho, comprendido entre las coordenadas 1 y 3 se observa una línea de árboles que se prolonga en la misma dirección de lo que sería el canal de la quebrada, en dirección norte, lo que indica de la presencia de la quebrada en ese tramo para

esas épocas. Para los años entre 2005 y 2009 se tiene que las marcas en el terreno presentes en el tramo comprendido entre las coordenadas 4 y 5 se pierden resultado del desarrollo urbanístico del municipio. Sobre los puntos 1 y 3 aún se observa la línea de vegetación, sin embargo, esta se reduce, dicha característica es más notoria al comparar las fotografías de los años 2006 y 2009 con las fotografías de 1940 y 1955. Durante 1962 y 2006 se construyó una carretera que se ubica al Este de los puntos 1, 2 y 3 y prolonga en dirección sureste-noreste cruzando lo que sería el brazo izquierdo de la quebrada. Para el brazo izquierdo, al este del punto 3 se observa una marca en el terreno que podía relacionarse con el canal de la quebrada, sin embargo, no se observa tan claramente como en las fotografías del periodo 1940-1962 y su geometría cambia exhibiendo una forma más rectilínea indicando intervención antrópica.



Ilustración 9. Quebrada Teneria, zonas aguas arriba.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Actualmente se tiene que los tramos comprendidos entre las coordenadas 1 y 4, que corresponden al brazo derecho que se extiende hacia el norte. Sobre el punto se indica que el cuerpo de agua inicia en un tubo que descarga aguas al parecer de excesos de aguas lluvias de un conjunto residencial al occidente del predio de Parque Central Cajicá. En el punto 3 se reportó la intersección con otro cuerpo hídrico, ese punto corresponde a la intersección del brazo derecho con el brazo izquierdo de la Quebrada de la Tenería reportado en la cartografía de 1950. Según

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ		

lo observado el cauce del brazo que se extiende en dirección Este (E) con respecto al punto coordinado 3, ha sido modificado antrópicamente y se encuentra entubado. El punto 4 se encontró el cauce junto a la carretera, antes de adentrarse en propiedades privadas.

El tramo comprendido entre los puntos 4 y 5 se encuentran en propiedades y construcciones, por lo que no es posible identificar el estado de este tramo. Para el último tramo entre 5 y 9 se observó el cuerpo de agua que atraviesa un predio y descarga en una zona adecuada hidráulicamente.



Ilustración 10. Quebrada Teneria, zonas aguas abajo.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Las condiciones actuales de la Quebrada Teneria en resumen acorde a los puntos suministrado en el informe técnico DRN N° 097 han sido modificadas, evidenciado sobre el tramo 1 a 4 donde el cuerpo de agua ha sido entubado y su trazado ha sido modificado. La descarga del punto 1 se da por una tubería de aproximadamente 2 pulgadas que transporta lo que parecen ser excesos de aguas lluvias de una zona urbanizada. En el punto 3 se observa una bifurcación de la quebrada, hoy en día el brazo Este se encuentra modificado antrópicamente y la misma se encuentra entubada. Esta tubería presenta un mayor diámetro que la tubería encontrada en el punto, lo que indicaría que por allí la quebrada recibe una mayor descarga y aporte de agua. Por último, sobre la descarga en la Vereda Calahorra se tiene su conexión con una PTAR.

3.2.5.2 SELECCIÓN PERIODOS DE RETORNO

Para seleccionar los periodos de retorno se interceptaron los datos de eventos históricos con la información referente a la precipitación y caudales de las estaciones más cercanas al lugar del evento ocurrido, se le añadió un tiempo de retorno a este valor de 2,33 para generar valor estimados de la probabilidad de ocurrencia de la inundación. Además de esto se evidencio que en algunos casos no se presentan precipitaciones, pero se tiene el registro de un evento de inundación, lo cual puede explicarse debido a que ésta no es la única variable explicativa del enlace de un evento de inundación.

Tabla 3. Registros históricos de Inundación comparando precipitación en el área urbana del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

FECHA EVENTO	VEREDA O UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	ESTACIÓN REGISTRO	CAUDAL	Tr	COMENTARIOS
4/05/2006	Casco Urbano, Calahorra	Inundación	Puente Vargas	4.863	2,33	Desbordamiento del Río Frio y Bogotá
15/06/2006	Casco Urbano, Río Grande	Inundación	Puente Vargas	-	-	
1/05/2011	Casco Urbano, Chuntame	Inundación	Puente Vargas	80.885	50	
12/04/2012	Casco Urbano, Río Grande	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento de las quebradas Tenería y El Tambo
6/02/2013	Chuntame, casco urbano	Inundación	Puente Vargas	13.874	2,33	
17/11/2010	Todo el municipio	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento del Río Bogotá
28/06/2010	Casco Urbano	Inundación	Puente Vargas	6.675	2,33	Desbordamiento de la Quebrada Tenería
24/11/2011	Casco Urbano	Inundación	Puente Vargas	57.313	15	
5/12/2011	Casco Urbano	Inundación	Puente Vargas	54.025	10	
4/12/2011	Casco Urbano	Inundación	Puente Vargas	58.837		
20/04/2012	Casco Urbano	Inundación	Puente Vargas	52.477	10	
27/04/2016	Casco urbano	Inundación	Puente Vargas	12.071	2,33	Colapso del sistema de alcantarillado
30/09/2016	Casco urbano	Inundación	Puente Vargas	7.335	2,33	El sistema de alcantarillado colapsó a causa de las lluvias

Fuente: UNGRD, DESINVENTAR, SIRGRD, GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA, COB CAJICÁ, CAR, DOCUMENTO DE EVALUACIÓN - GESTIÓN DEL RIESGO CAJICÁ, NOTICIAS.

Para la selección del periodo de ocurrencia de los eventos se tomaron los valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas y caudales máximos para cada una de las estaciones seleccionadas. Para cada uno de los valores se asignó el periodo de retorno acorde al ajuste de probabilidad que tuvo cada una de las estaciones. Ver resultados a mayor detalle en el **Capítulo 1.5.12 Caracterización Hidrológico.**

Evaluando la recurrencia de los eventos máximos tanto de precipitación como de caudales se tiene una mayor recurrencia para eventos de 2.33 años de periodos de retorno (57.4% del total de eventos), seguido de los periodos entre 15 a 25 años (16.7% del total de eventos). Evaluando los periodos de retorno de 15 años y 25 años se cuenta que la recurrencia es de 15 y 18 respectivamente, por lo que se selecciona 25 años de periodo de retorno (16.7% del total de eventos) dado que en el periodo de retorno donde más se presentan los eventos máximos.

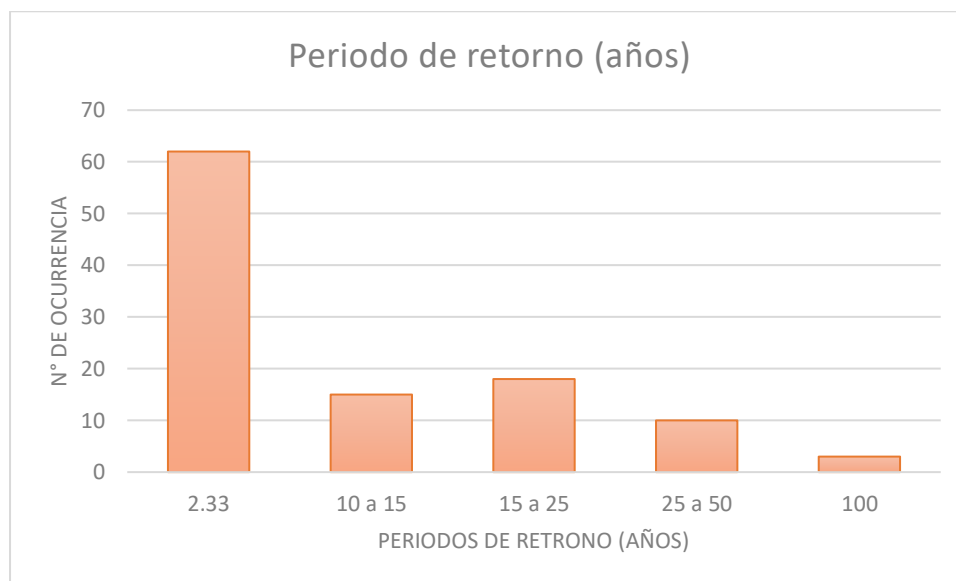


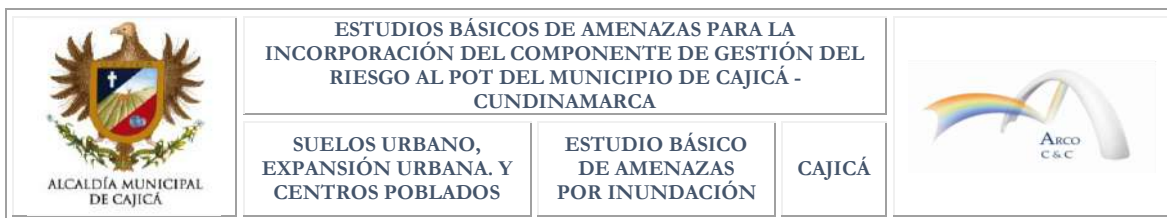
Gráfico 1. Selección periodos de retorno.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Teniendo en cuenta la recurrencia de los eventos y los registros históricos de inundación sobre el municipio de Cajicá se seleccionan los periodos de retorno de 2.33 años, alturas de agua que se presentan la mayor parte del tiempo, área de desagüe de las crecientes de mayor frecuencia; 25 años para crecientes no tan frecuentes, ocupando planicies de inundación en periodos no tan largos, y 100 años para eventos de poca recurrencia.

3.2.5.1.2 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO

Según lo descrito en la metodología del IDEAM las topobatimetrías son una técnica empleada para el levantamiento topográfico del relieve de áreas cubiertas de agua como el cauce de un río o el fondo de un lago, cuya finalidad es la obtención de coordenadas X, Y, Z de todos los puntos



que describen el terreno. Dicha información se obtiene midiendo la distancia vertical entre el la lámina de agua y el fondo del cauce, como también, la variación de alturas entre las márgenes del río con respecto a la superficie del mismo, con el fin de ver la geometría de la sección transversal y longitudinal.

La metodología que se describe a continuación se ha empleo para la descripción de treinta siete estaciones de trabajo, distribuidas a lo largo de los diferentes cauces presentes en el municipio de Cajicá, Cundinamarca.

El procedimiento metodológico se ejecutó en tres diferentes fases; la elaboración del plan de trabajo, en donde a partir del criterio de los profesionales y la información cartográfica previa se seleccionaron las estaciones de trabajo, como también, se estructuro los formatos utilizados para la recopilación de la información de campo.

Ya definidas las zonas donde se realizarían las batimetrías se dio lugar al trabajo de campo, donde el equipo profesional recopilo la información de las diferentes secciones transversales definiendo la superficie en base al cauce principal utilizando el posicionamiento de precisión RTK GNSS.

Finalmente se llevó a cabo la fase de post-procesamiento de los datos obtenido en campo, en donde se emplearon software para modelos hidrodinámicos y Sistemas de Información Geográfico, con el objetivo de obtener un modelo digital de elevación hidrológicamente correcto.

3.2.5.2.1 Elaboración del plan de trabajo

3.2.5.2.1.1 Elección de estaciones de trabajo

Previo a las labores de campo, el equipo profesional se da en la tarea de estructurar un plan de trabajo que defina de manera ordenada como se llevara a cabo el levantamiento de la información. Para la elección de las estaciones de trabajo se tuvo en consideración los siguientes criterios:

- i. La recurrencia histórica de fenómenos naturales de origen hidrológico como es el caso de inundación y avenidas torrenciales, con el objetivo de identificar los cauces potenciales para el desarrollo de dichos eventos por colmatación de los mismos.
- ii. Si el cauce presencia de estaciones limnigráficas y limnimétricas, ya que las estas estaciones son un referente de datos de caudales y alturas de lámina de agua.
- iii. Que los cauces fueran los de mayor orden dentro de la cuenca y que se encuentren dentro del área de estudio.
- iv. Canales cuyos cauces no se encuentran definidos y se dificulta su identificación.

- v. Que las estaciones de trabajo describieran con claridad la sección más representativa o sección tipo del cauce en cada uno de los tramos seleccionados.
- vi. Fácil acceso en las estaciones de trabajo para el equipo de trabajo y los instrumentos de medición.

En la **Ilustración 11** se muestran de manera gráfica la localización espacial de las estaciones trajo seleccionadas donde se adelantaron las labores de campo.

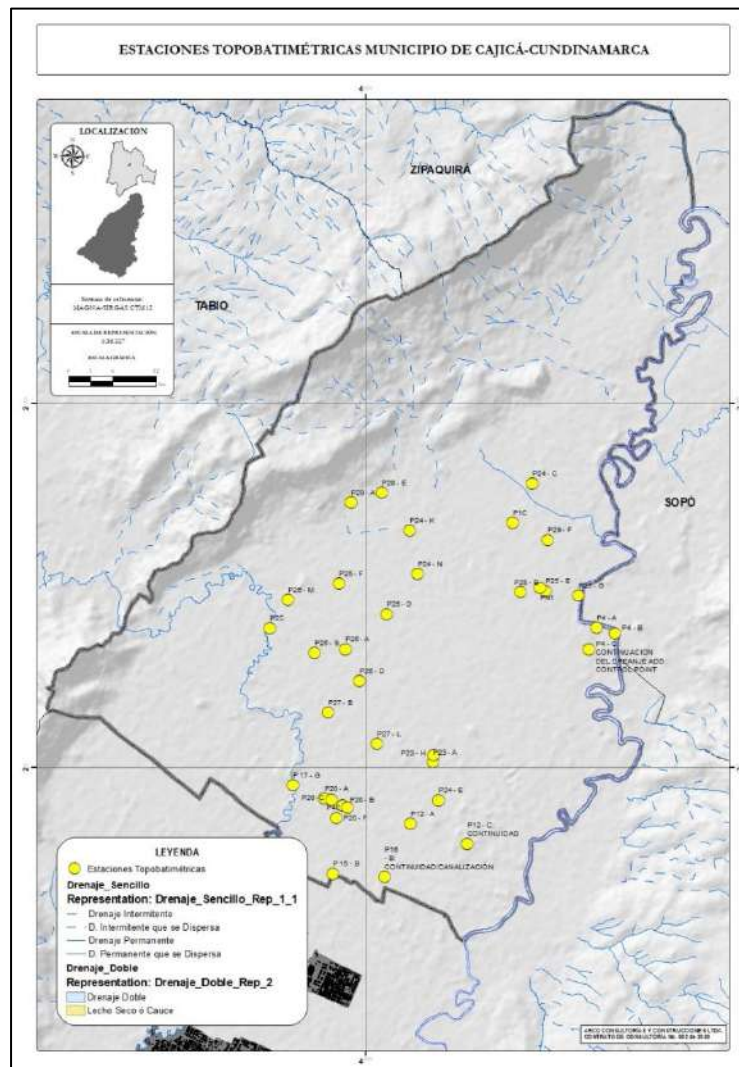


Ilustración 11. Estaciones de trabajo seleccionadas por el equipo de trabajo.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.5.2.2 Trabajo de campo

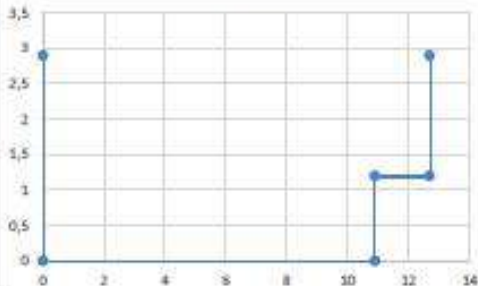
3.2.5.2.2.1 Recopilación de la información.

Una vez definidos los criterios y la localización de las estaciones de trabajo se proceden al levantamiento de la información de campo. Dicha información se recolecto haciendo uso de bitácoras de levantamiento como lo muestra la **Ilustración 12**. Dentro de la información requerida por el formato, se especificaba las coordenadas X, Y, Z en el sistema de proyección WGS84, el nombre del barrio centro poblado o vereda según el caso, los factores como el ancho del canal, longitud de las secciones transversales, profundidad estimada del cauce y la presencia de estructuras hidráulicas.

Cabe anotar que dentro de mismo formato se daba un espacio para las observaciones del reconocimiento de campo, donde se daba la identificación a procesos de erosión por la dinámica fluvial, el taponamiento u obstrucción del cauce y las condiciones estructurales de las obras hidráulicas presentes. **Ver Anexo 1 – LEVANTAMIENTO EN CAMPO.**

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA	 ARCO C & C
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ

	CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 002 DE 2020 REVISIÓN EXCEPCIONAL DEL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PROT) E INCORPORACIÓN DEL POMCA DEL RÍO BOGOTÁ, REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO (AVR) E INCORPORACIÓN DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA	 Arco S.A.S. Arco Consultoría y Construcciones Ltda.
---	---	--

NOMBRE PUNTO: Nuevo Punto Río Frío																							
Barrio/Centro Poblado/Vereda: Canelón																							
Sistema de coordenadas (WGS84)		REGISTRO HISTÓRICO																					
Latitud: 4,921576	Longitud: -74,049438	Y- Nivel Actual (cm):																					
Sistema de coordenadas (CTM12)		Nivel Observado (cm):																					
X: 4883691,61289	Y: 2101918,67399	Nivel Observado (cm):																					
CORRIENTE:		Nivel Observado (cm):																					
ESTRUCTURA HIDRÁULICA:		REGISTRO FOTOGRÁFICO																					
Tipo: Rectangular																							
Dimensiones																							
Altura(H): 2,9 m	Base(b): 12,69 m		Dámetro(D):																				
Esquema		OBSERVACIONES																					
		Río Frío cobertura vegetal pastos, en algunas partes vegetación acuática																					
SECCIÓN TRANSVERSAL																							
Dimensiones		Esquema																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>DISTANCIA (m)</th> <th>ALTURA (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>2,9</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>10,89</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>10,89</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>5</td><td>12,69</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>6</td><td>12,69</td><td>2,9</td></tr> </tbody> </table>	ID	DISTANCIA (m)	ALTURA (m)	1	0	2,9	2	0	0	3	10,89	0	4	10,89	1,2	5	12,69	1,2	6	12,69	2,9
ID	DISTANCIA (m)	ALTURA (m)																					
1	0	2,9																					
2	0	0																					
3	10,89	0																					
4	10,89	1,2																					
5	12,69	1,2																					
6	12,69	2,9																					

NOTA: grilla a 0,5 cm

Ilustración 12. Ejemplo de bitácoras utilizadas en la labor de campo.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda.

3.2.5.2.2 Estaciones de trabajo

En cada una de las estaciones de trabajo se tomó un promedio cinco puntos de manera transversal al cauce, con una ventana temporal en cada uno de ellos, de diez minutos para la recepción de datos, lo que garantiza una mayor calidad en la muestra.

Los equipos utilizando para la muestra de campo son de la referencia CHC i80 los cuales provee numerosos métodos para la comunicación y soporta variados flujos de datos con cualquier dispositivo periférico. Tiene varios métodos para la precisión de la muestra, la grabación de los datos y la comunicación, pertinentes para el post-procesamiento de la información recopilada.

El procedimiento observacional GNSS efectuado para la toma de las topo batimetrías obedecía a la naturaleza de medición relativa **Ilustración 13**, en donde dos o más equipos se comunican e intercambian información recibida de los satélites GNSS. La obtención de los resultados de la muestra se dio por medio de post-procesamiento con trabajo de oficina, donde se le extrae la información de los equipos y se generan los archivos en formato shapefile (.shp) respectivos.

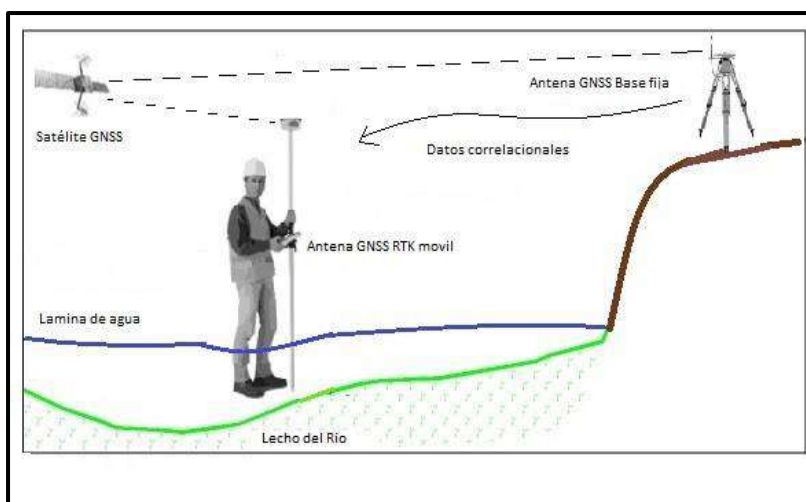
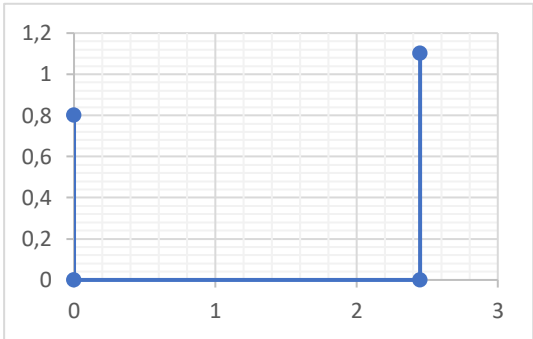
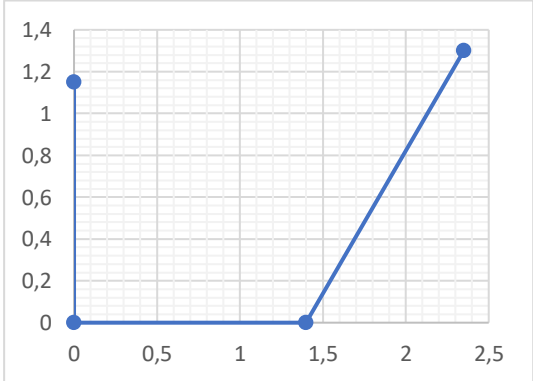


Ilustración 13. Proceso en el levantamiento de datos GNSS.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda.

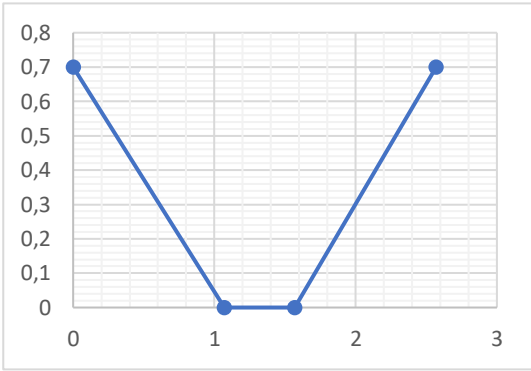
En las tablas que se muestran a continuación se describe por medio de registros fotográficos las condiciones reales del cauce y la representación gráfica de las alturas para cada uno de los puntos tomado en campo.

Tabla 4. Estaciones topo batimétricas del trabajo de campo.

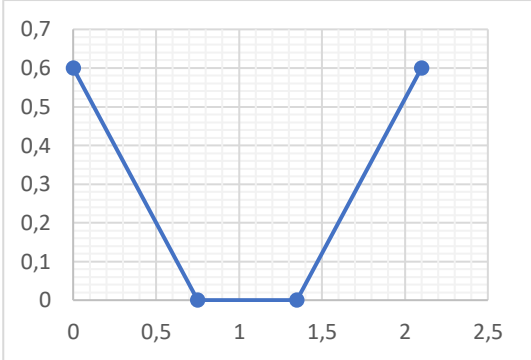
ESTACIÓN P27L (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
Canal de aguas lluvias localizado sobre la vereda el Canelón, con cobertura vegetal de pastos enmalezados y vegetación acuática lo que evidencia el estancamiento del flujo. Se observa una altura en la lámina de 5 cm y un canal de sección rectangular de aproximadamente 2.45 m de base y 1.1 m de alto.	
ESTACIÓN P4C (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	

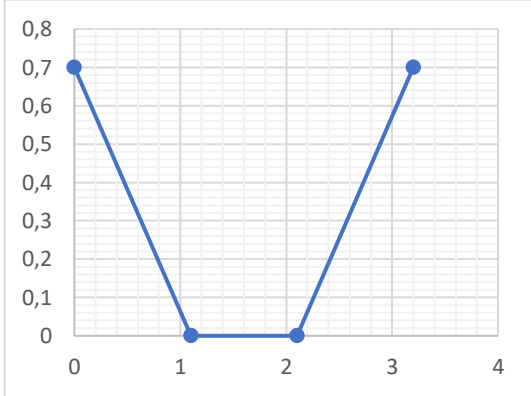
 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

Canal longitudinal de sección trapezoidal de 1.15 m de alto y 1.40 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado de 0.76 m de diámetro aproximadamente. Parte del canal fue construido con el objetivo de captar la escorrentía generada por la vía.

ESTACIÓN P20-B (VEREDA CANELON)											
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data points for the profile graph</caption> <thead> <tr> <th>X (Horizontal Distance)</th> <th>Y (Vertical Height)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>0.7</td> </tr> </tbody> </table>	X (Horizontal Distance)	Y (Vertical Height)	0	0.7	1	0	1.5	0	2.5	0.7
X (Horizontal Distance)	Y (Vertical Height)										
0	0.7										
1	0										
1.5	0										
2.5	0.7										

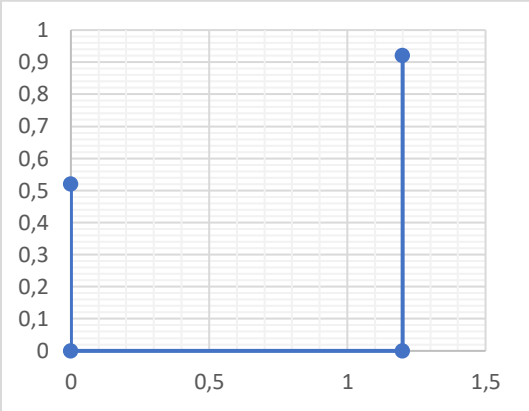
Canal longitudinal de sección trapezoidal de 0.7 m de alto y 0.5 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado de 0.2 m de diámetro aproximadamente. Sin cobertura vegetal, lo que indica que ante eventos de escorrentía considerables se aumentara la sedimentación y obstrucción del sistema de alcantarillado.

ESTACIÓN P20 F (VEREDA CANELON)											
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data points for Estación P20 F</caption> <thead> <tr> <th>Distance (m)</th> <th>Height (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>0.6</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1.4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table>	Distance (m)	Height (m)	0	0.6	0.6	0	1.4	0	2.1	0.6
Distance (m)	Height (m)										
0	0.6										
0.6	0										
1.4	0										
2.1	0.6										
Canal de sección trapezoidal con 0.6 m de base y 0.6 m de alto. Sin recubrimiento vegetal sobre los costados de su sección y con evidencia de procesos de erosión. Se conecta a una alcantarilla de 0.55 m de diámetro.											

ESTACIÓN P26 D (VEREDA CANELON)											
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data points for Estación P26 D</caption> <thead> <tr> <th>Distance (m)</th> <th>Height (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>0.7</td> </tr> </tbody> </table>	Distance (m)	Height (m)	0	0.7	1.1	0	2.1	0	3.2	0.7
Distance (m)	Height (m)										
0	0.7										
1.1	0										
2.1	0										
3.2	0.7										

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

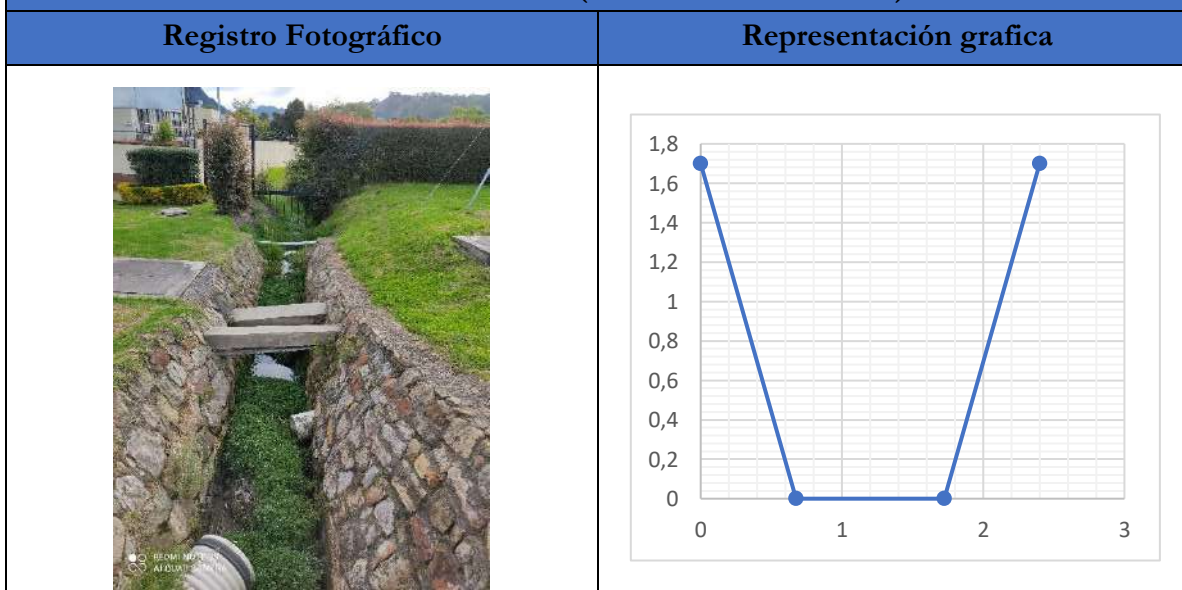
Canal longitudinal trapezoidal de 0.7 m de alto y 1.0 m de ancho en su base. Sobre las vías de acceso se tiene conexión mediante un ducto de 0.6 m de diámetro. Con poco flujo de agua, canal sin construcción y en ciertas zonas se evidencia erosión sobre las partes laterales.

ESTACIÓN P 25-S (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
Canal natural de sección rectangular con alturas entre 0.52 a 0.92 m de alto y 1.20 de ancho. La conexión entre vías se lleva a cabo mediante dos ductos de 35 cm de diámetro cada uno. Se evidencia colmatación en el sistema por lo que el canal se encuentra inundado debido a un estancamiento. Con algo contenido vegetal y una lámina de agua de aproximadamente 22 cm.	
ESTACIÓN P16-BCD (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica



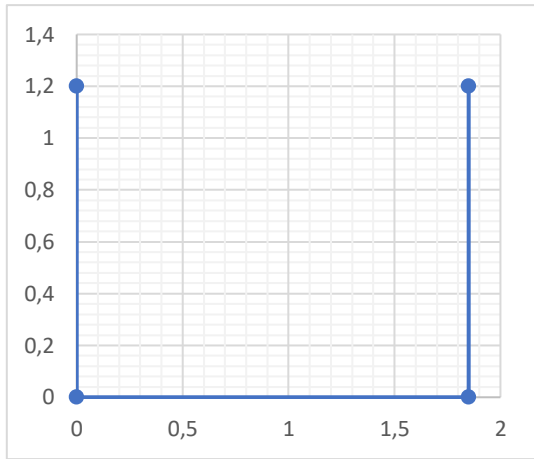
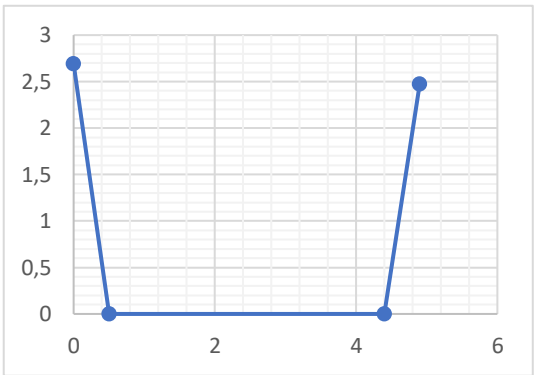
Canal natural conectando mediante un sistema de alcantarillado de 0.9 m de diámetro, con un descole tipo cabezal con aletas en concreto reforzado. Dicho drenaje longitudinal se encuentra dispuesto a lo largo de la vía en la vereda Canelón con una altura de 2.1 m y 2.4 m de ancho. Se evidencia leve vegetación leve acuática a lo largo del cauce y un recubrimiento sobre sus laterales de pasto de altura baja.

ESTACIÓN P 25 M (VEREDA CANELON)



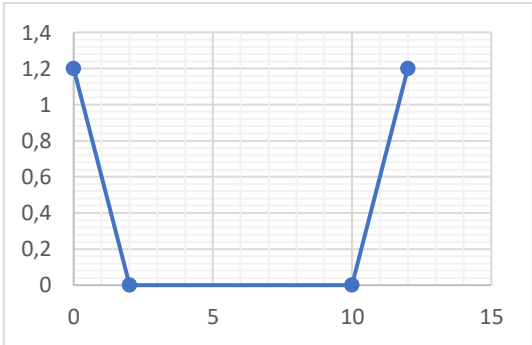
Canal trapezoidal con revestimiento en piedra pegada de 1.7 m de alto y 1.05 m de ancho en la base, con descargas de tuberías de 0.3 m y 0.5 m de diámetro de los predios aledaños. Con

presencia de vegetación acuática y cobertura adyacente pastos. Aguas abajo el canal no se encuentra revestido.

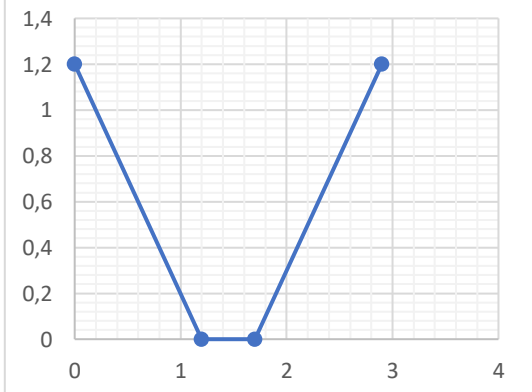
ESTACIÓN P20-C (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
Canal natural de aguas lluvias, ubicado sobre los predios de la vereda Canelón. De sección rectangular con medidas de aproximadamente 1.2 m de alto y 1.85 m de base. Sobre las vías de acceso el canal se conecta mediante canales circulares de 55 cm. Se tiene una lámina de agua de 40 cm con evidencia de vegetación acuática superficial y erosión sobre los laterales del canal.	
ESTACIÓN P27-B (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

Tributario del río Frío cargado de sedimentos con bastante flujo hasta su descarga. De sección trapezoidal con alturas entre los 2.69 a 2.47 m y 3.9 m de ancho. Se tienen marcas de inundación de sobrepasan hasta 1 metro. En las zonas aledañas se tienen pastizales y bosque de galería.

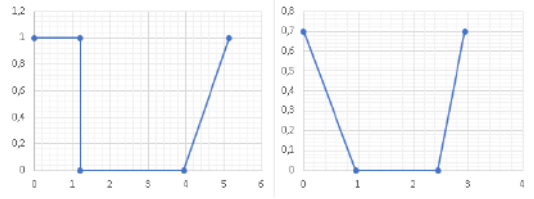
ESTACIÓN P17 G (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	

Tributario del río Frío cargado de sedimentos con bastante flujo hasta su descarga. De sección trapezoidal con altura de 1.2 m y 8.0 m de ancho. Se tienen nivele de lámina de agua de hasta 60 cm. En las zonas aledañas se tienen pastizales y bosque de galería.

ESTACIÓN P20-A (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	

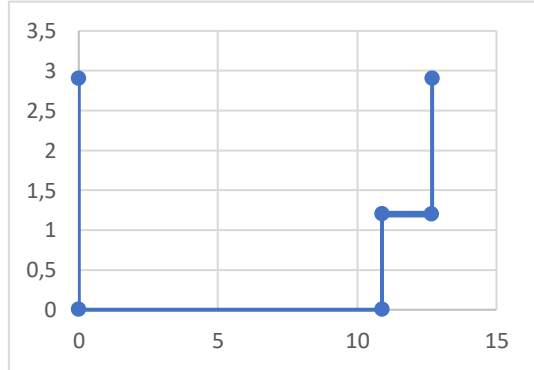
Canal longitudinal con gran cantidad de sedimento lodoso, en el cual se tiene descarga pluvial y escorrentía generada por la vía. De sección trapezoidal con 1.2 m de altura y 0.5 m de ancho en la base. Presencia leve de vegetación acuática

ESTACIÓN P15 – (B+C) (VEREDA CANELON)

Registro Fotográfico	Representación gráfica
	

Canal de sección trapezoidal de 1.5 a 2.74 m sobre su base y de 0.7 a 1.0 m de alto. Se presentan láminas de agua que oscilan los 12 cm, con alto transporte de sedimento lodoso sobre las secciones del canal que se acumulan generando espesores de hasta 3 cm. Se evidencian proceso de erosión a lo largo del canal.

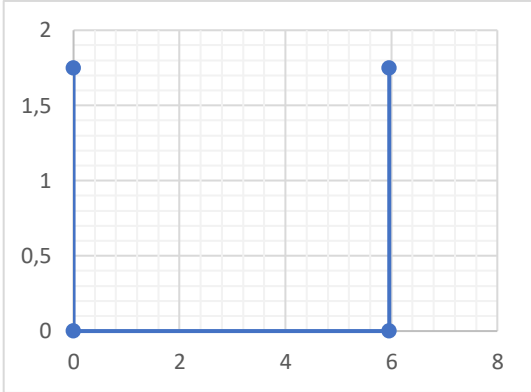
ESTACIÓN NUEVO PUNTO RÍO FRÍO (VEREDA CANELON)

Registro Fotográfico	Representación grafica
	

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

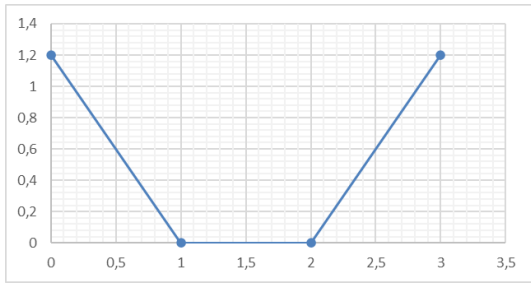
Sección del río Frio sobre la vereda el Canelón, con una sección rectangular de aproximadamente 2.9 m de alto y 12.69 m de ancho. Sobre esta sección se tiene presencia de vegetación acuática y recubrimiento vegetal de pastos en las pendientes laterales y zonas aledañas.

ESTACIÓN P26 A (VEREDA CANELON)

Registro Fotográfico	Representación grafica
	

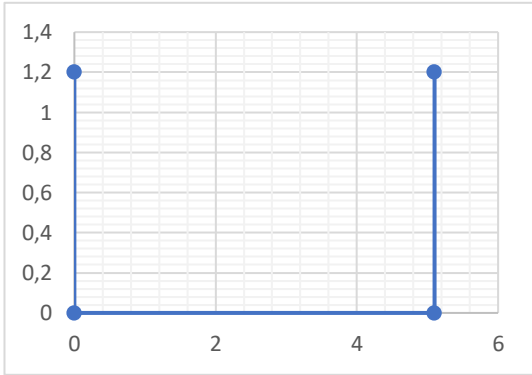
Sección batimétrica del río Frio, con cobertura adyacente de pastos y agua con carga de sedimentos. De sección rectangular de aproximadamente 1.75 m de alto y 5.96 m de ancho. Sobre este punto se han registrado altura de la lámina de hasta 3.4 m, con niveles medios de aproximadamente 1.0 m.

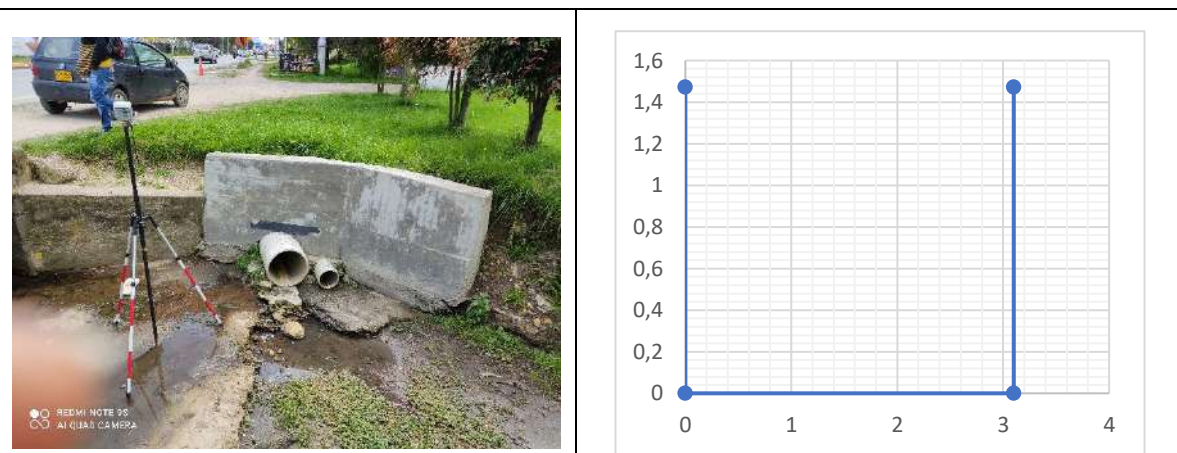
ESTACIÓN P12-A (VEREDA CALAHORRA)

Registro Fotográfico	Representación grafica
	

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

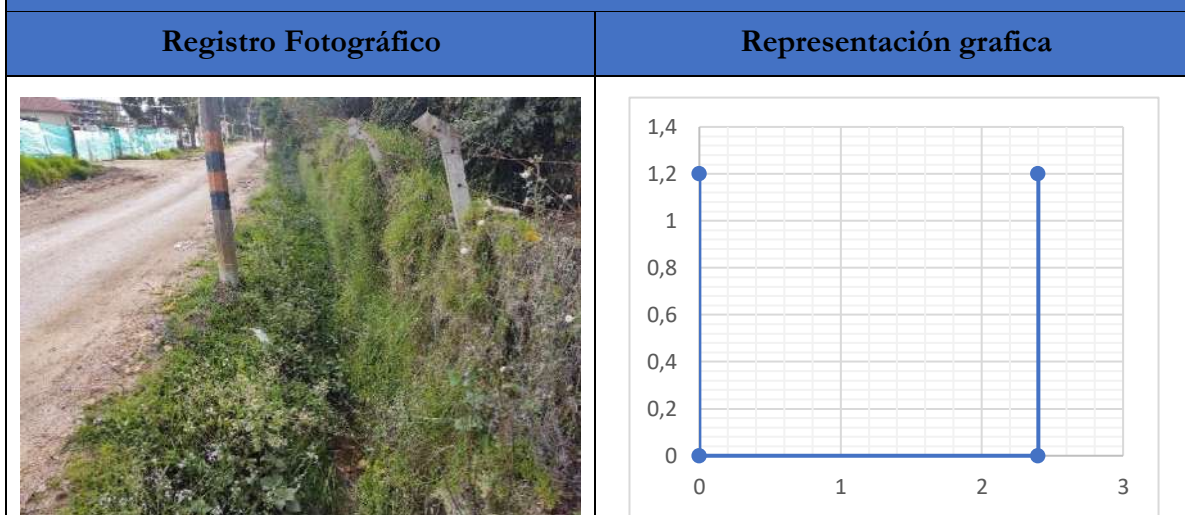
Canal trapezoidal sin revestimiento de aproximadamente 1.2 m de alto y 1.0 m de base. Conformado por un suelo árido, el cual conecta a una estructura de alcantarillado de 0.9 m de diámetro. Sobre la pendiente lateral se evidencia un suelo erosionado, compuesto por material aglomerado. Presenta una lámina de agua superficial lo que indica el flujo aguas abajo lo que genera acumulación de sedimentos.

ESTACIÓN P23-A (VEREDA CALAHORRA)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
Canal rectangular con alto contenido vegetal, de aproximadamente 1.2 m de alto y 5.1 m de ancho. Se tiene represamiento del flujo con láminas de agua de hasta 33 cm, lo que indica que su descarga aguas abajo se encuentra obstruida.	
ESTACIÓN P23-H / P23 (VEREDA CALAHORRA)	
Registro Fotográfico	Representación grafica



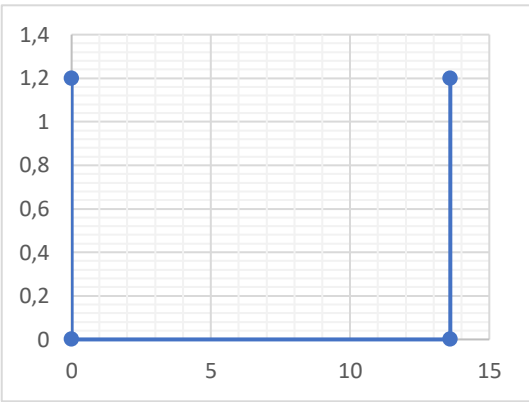
Canal natural rectangular de alturas entre 0.8 a 1.47 m de alto, y 3.1 m de ancho. Aguas abajo se presenta estancamiento del flujo por lo que se tiene vegetación acuática. Las pendientes laterales presentan erosión, por lo que ante eventos de caudales máximos se ha generado transporte de material a lo largo de canal. Aguas abajo se tiene mayor presencia de vegetación, además de tener descargas mediante tuberías en PVC de aproximadamente 30 cm.

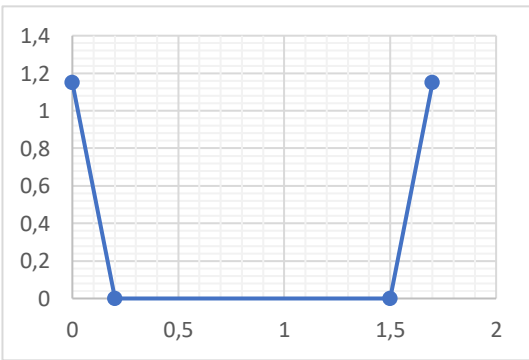
ESTACIÓN P12 - C (VEREDA CALAHORRA)



En esta estación batimétrica se evidencia alta presencia de alto contenido vegetal y sedimento, por lo que se disminuye su capacidad hidráulica. De sección rectangular de 1.2 m de alto y 2.4 m de ancho. Se presenta estancamiento de una lámina de agua de 40 cm debido a la obstrucción del flujo tanto en su descarga como a lo largo del cauce.

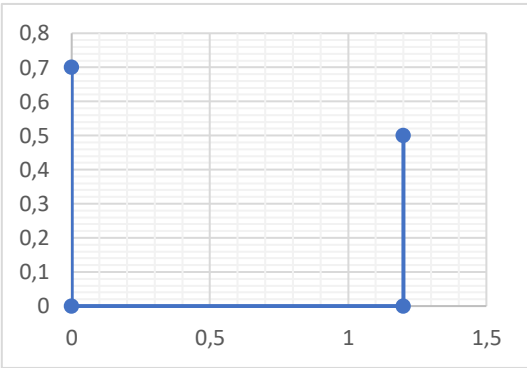
 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

ESTACIÓN P4C (VEREDA CALAHORRA)											
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P4C Graph</caption> <thead> <tr> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>13.6</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>13.6</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	X (m)	Y (m)	0	0	0	1.2	13.6	0	13.6	1.2
X (m)	Y (m)										
0	0										
0	1.2										
13.6	0										
13.6	1.2										
Drenaje con carga de sedimentos, cobertura adyacente de pastos y presencia de zonas con cuerpos lénticos con vegetación acuática. De 1.2 m de alto y 13.6 m de ancho. Se evidencia que sobre esta estación de trabajo se tienen zonas de inundación.											

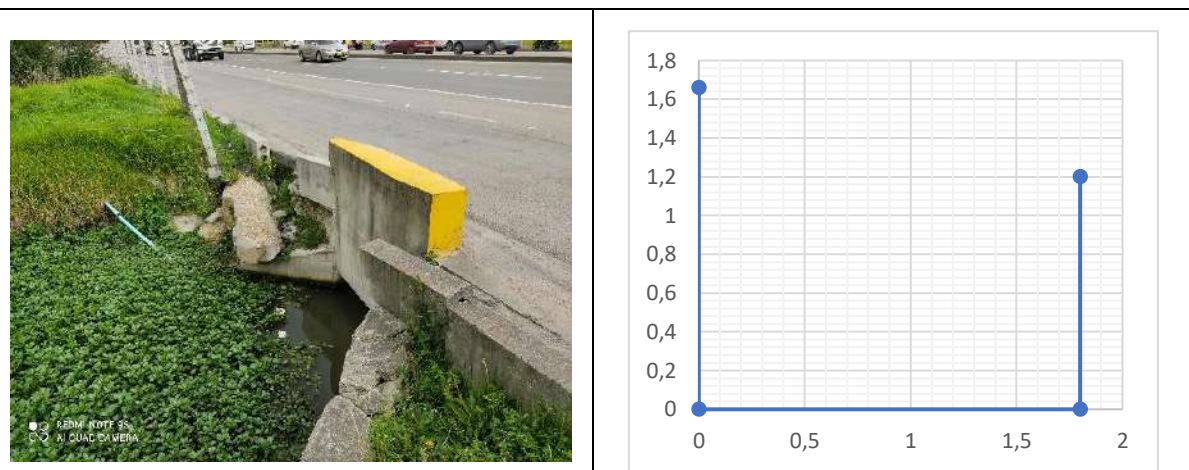
ESTACIÓN P28-E (VEREDA CHUNTAME)													
Registro Fotográfico	Representación grafica												
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P28-E Graph</caption> <thead> <tr> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	X (m)	Y (m)	0	0	0	1.2	0.2	0	1.5	0	1.5	1.2
X (m)	Y (m)												
0	0												
0	1.2												
0.2	0												
1.5	0												
1.5	1.2												

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

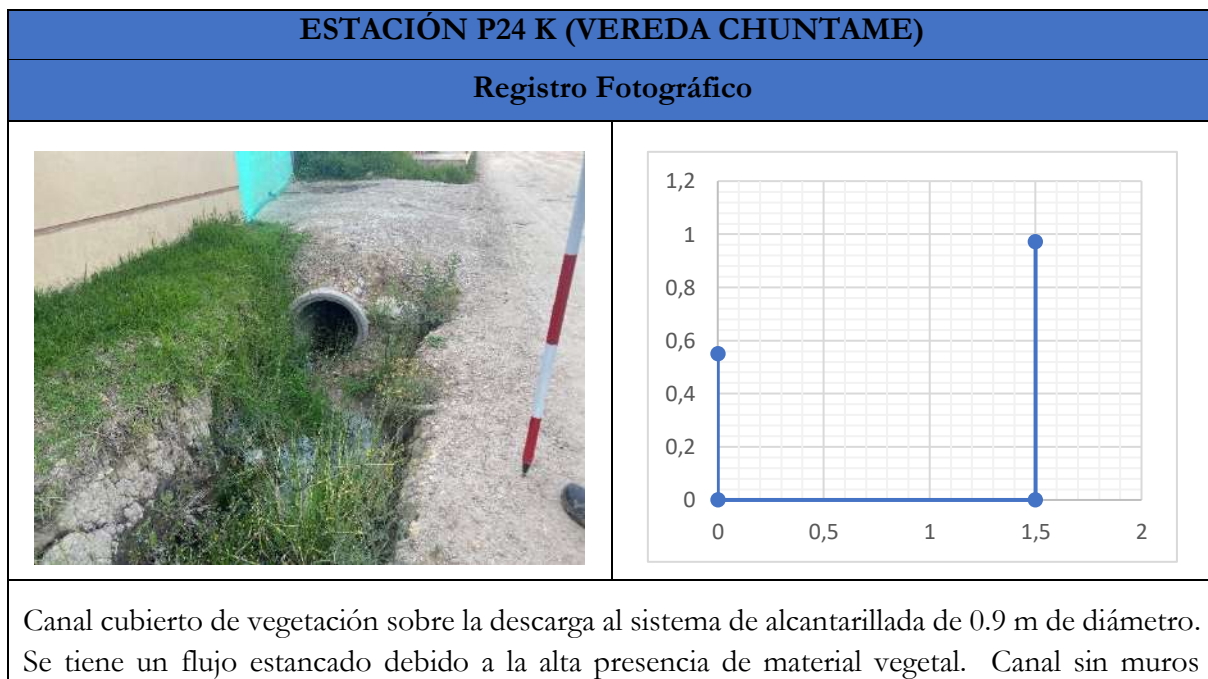
Canal natural dispuesto longitudinalmente a lo largo de la vía sobre la vereda Chuntame. De sección trapezoidal de aproximadamente 1.15 m de alto y 1.3 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado en concreto de 1.1 m de diámetro. Sobre las pendientes laterales se tiene cubrimiento vegetal con pastos de altura media. Se observa una lámina de agua turbia debido a que no se tiene un flujo constante sobre el canal.

ESTACIÓN P25 D (VEREDA CHUNTAME)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
Canal seco de sección rectangular con alturas que oscilan entre de 0.5 a 0.7 m de altura y 1.2 m de alto, lleno de sedimentos y gran carga de vegetación, coberturas de pastos. Ubicado sobre Los Serenos en la Vereda Chuntame. Canal sin construcciones	

ESTACIÓN P24 E (VEREDA CHUNTAME)
Registro Fotográfico



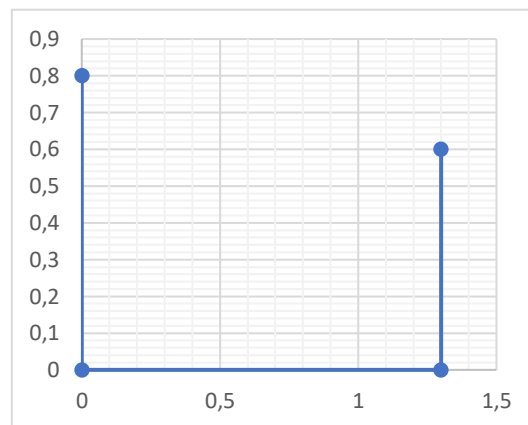
Canal pluvial ubicado longitudinalmente sobre las vías de en la vereda Chuntame. Interceptado sobre las vías de acceso mediante un sistema de alcantarillado tipo box-culvert con cabezales con aletas en concreto reforzado. Se evidencian niveles de lámina de agua de hasta 55 cm y presencia de vegetación acuática lo que indica un constante represamiento sobre la zona. Cobertura adyacente pastos



construidos y en algunos sitios evidencia de erosión. Con sección rectangular con 0.55 a 0.97 m de alto y ancho de 1.5 m.

ESTACIÓN P24 N (VEREDA CHUNTAME)

Registro Fotográfico



Canal con suelo húmedo, sin corriente, presenta marca de agua 20 cm. De sección rectangular con 0.6 a 0.8 m de alto y ancho de 1.3 m. Se tiene erosión sobre los costados del canal debido a los flujos que transporta, el cual es conducido por una tubería de 0.6 m de diámetro sobre las vías de acceso.

ESTACIÓN P 25 E (VEREDA CHUNTAME)

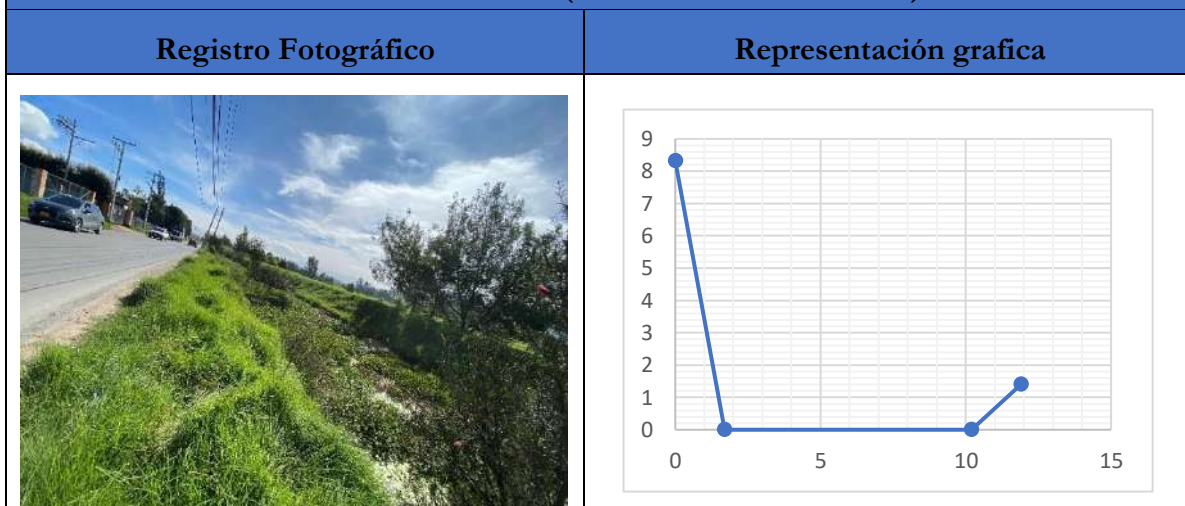
Registro Fotográfico

Representación grafica

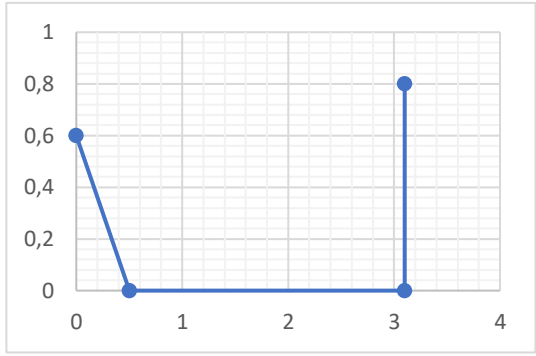


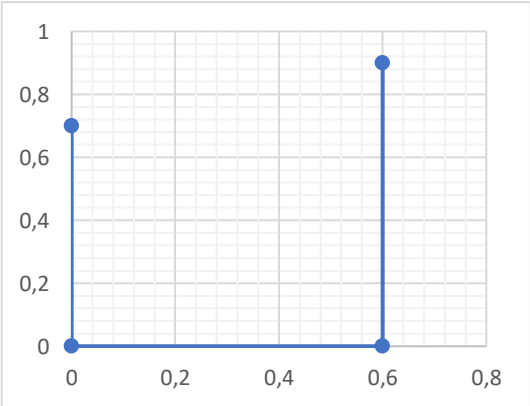
Canal, construido en una parte con tuberías de 0.65 m de diámetro de aguas residuales de viviendas y cultivos. Algunas partes del canal se tiene presencia de vegetación acuática. Con sección rectangular de 1.9 m de base y alturas entre 0.8 a 1.15 m.

19ESTACIÓN P4-C (VEREDA CHUNTAME)



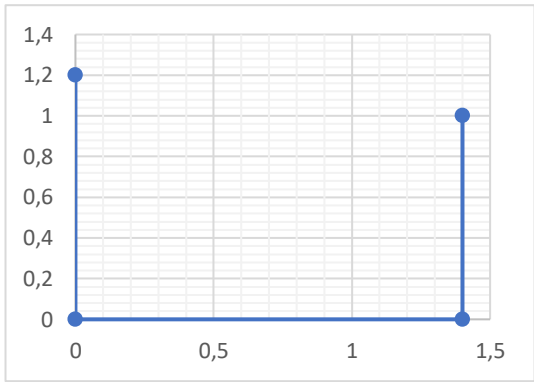
Drenaje longitudinal a las vías con vegetación acuática, cobertura de pastos y agua estancada. De sección trapezoidal con alturas entre los 1.4 m y 8.5 m de ancho. La lámina de agua encuentra a 20 cm.

ESTACIÓN P1C (VEREDA RIO GRANDE)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
Canal natural dispuesto longitudinalmente a lo largo de la vía. De sección trapezoidal de aproximadamente 2.6 m de alto y 0.8 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado en concreto de 0.6 m de diámetro. Sobre las pendientes laterales se tiene cubrimiento vegetal con pastos de altura media. Se observa una lámina de agua estancada de aproximadamente 6 cm.	

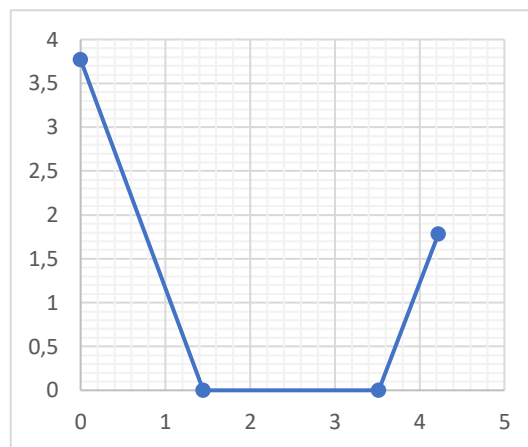
ESTACIÓN P 24 C (VEREDA RIO GRANDE)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

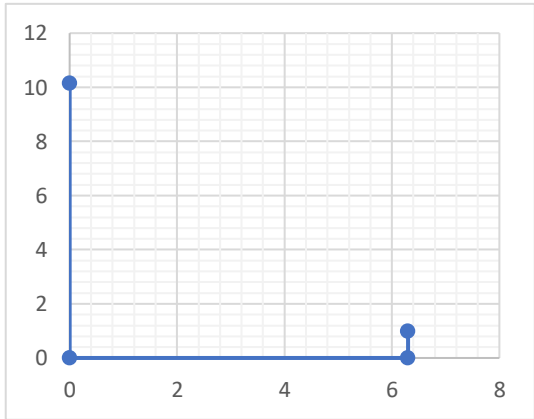
Canal de concreto, con un flujo pequeño de agua de 1 cm. Al costado derecho se encuentra la vía férrea y a su lado izquierdo se tiene una cobertura de pastos. De sección rectangular con una base de 0.6 m y 0.7 a 0.9 m de alto.

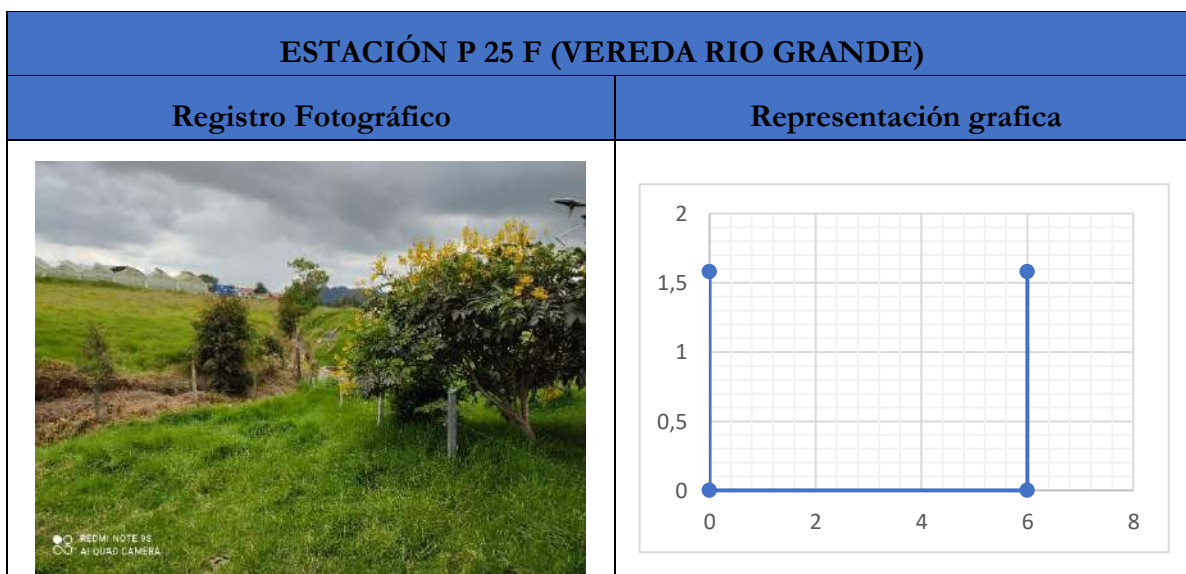
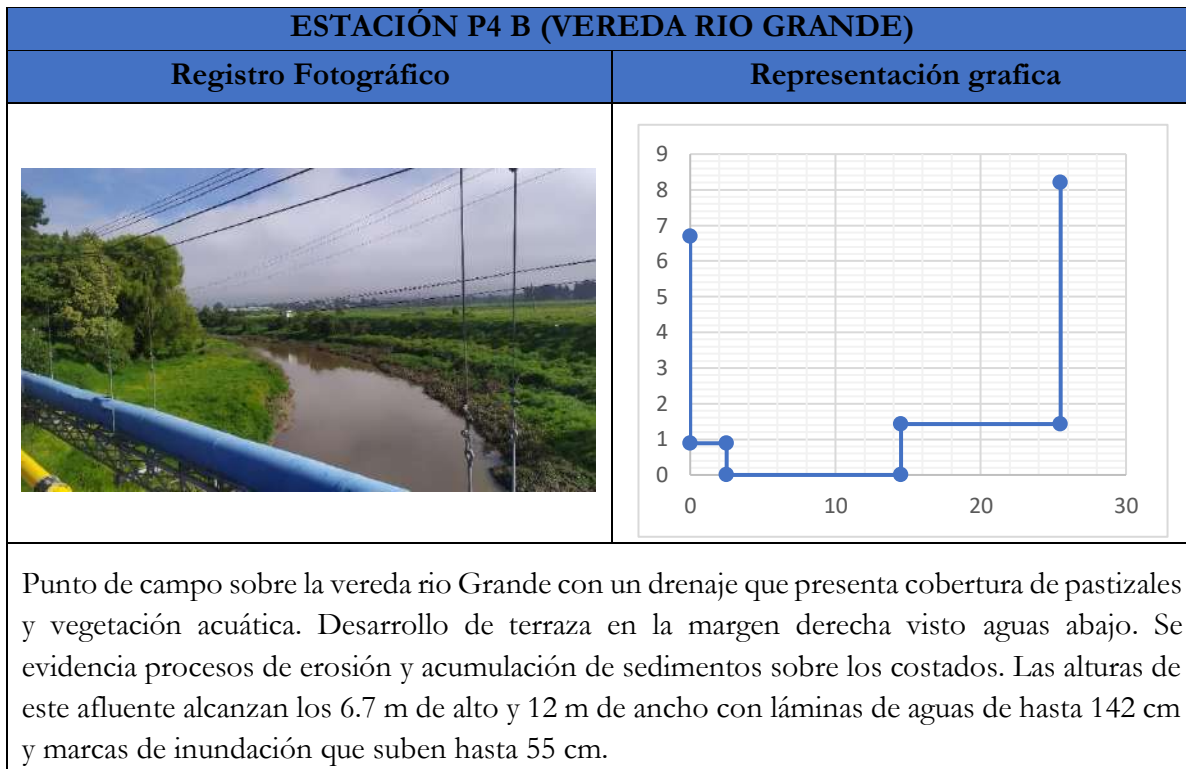
ESTACIÓN P29 F (VEREDA RIO GRANDE)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
Canal con una altura de aproximadamente 1.0 m y 1.4 m de ancho. Drenaje lleno de cobertura vegetal con un bajo flujo de agua que alcanza los 5 cm de alto. Cobertura adyacente pastos costado derecho. Interceptado por un encole de tipo cabezal con aletas en concreto reforzado y dos alcantarillas de 0.4 m de diámetro.	

ESTACIÓN P28 B (VEREDA RIO GRANDE)	
Registro Fotográfico	Representación grafica



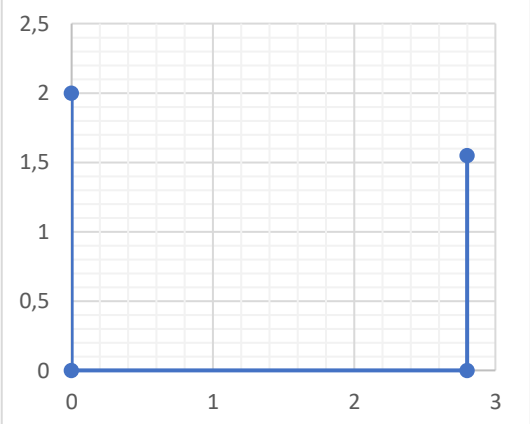
Canal de sección trapezoidal con alturas que oscilan entre de 1.78 a 3.77 m de altura y 2.07 m de alto, con gran carga de vegetación y coberturas de pastos de altura media. Ubicado sobre las veredas de Chuntame y Río Grande.

ESTACIÓN P4 A (VEREDA RIO GRANDE)									
Registro Fotográfico	Representación grafica								
	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distance (m)</th> <th>Water Level (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>10.2</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	Distance (m)	Water Level (m)	0	10.2	6.3	0	6.3	1.0
Distance (m)	Water Level (m)								
0	10.2								
6.3	0								
6.3	1.0								
Afluente de río Bogotá con agua estancada invadida de vegetación acuática en los jarillones y una pequeña terraza al costado izquierdo visto hacia aguas abajo. Se tienen niveles de lámina de agua de hasta 40 cm con unas dimensiones en el drenaje de 6.30 m de ancho.									

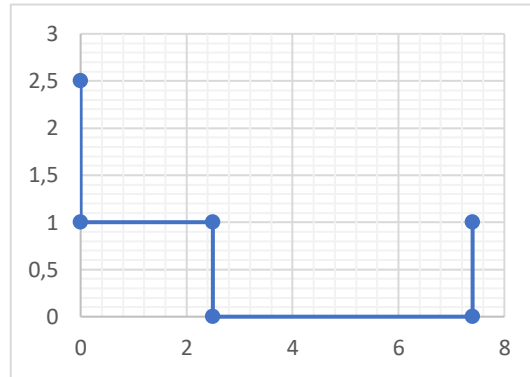


	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

Cuerpo de agua artificial de 1.58 m de alto y 6 m de ancho que hace parte de los cultivos confinados y se encuentra rodeado de pastos. Su descarga se da de un cabezal con aletas en concreto reforzado. Su lámina de agua alcanza los 58 cm.

ESTACIÓN P 25 G (VEREDA RIO GRANDE)											
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data points for Station P 25 G</caption> <thead> <tr> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>1.5</td> </tr> </tbody> </table>	X (m)	Y (m)	0	0	0	2.0	3.0	0	3.0	1.5
X (m)	Y (m)										
0	0										
0	2.0										
3.0	0										
3.0	1.5										
Afluente al río Bogotá con baja lámina de agua, alta flora acuática y aparentemente sin flujo, agua color café. De sección rectangular con alturas entre los 1.55 a 2.0 m y 2.5 m de ancho.											

ESTACIÓN P 29 A (VEREDA RIO GRANDE)	
Registro Fotográfico	Representación grafica



Drenaje permanente, con mucha carga de sedimentos (lodo) al costado izquierdo hay una terraza, cobertura adyacente pasto. Se tiene láminas de agua de hasta 25 cm y anchos sobre el canal de 4.9 m y 2.5 m de alto.

ESTACIÓN PN 1 (VEREDA RIO GRANDE)											
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	<table border="1"> <caption>Data points for the graph</caption> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	0	1.2	0.5	0	3	0	3.5	1.2
X	Y										
0	1.2										
0.5	0										
3	0										
3.5	1.2										
Drenaje de agua verde con poca profundidad y sin movimiento, se evidencia marcas de agua de 45 cm de alto. De sección trapezoidal con 1.2 m de altura y 2.20 m de base el cual se conecta con una alcantarilla de 0.6 m de diámetro.											

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

3.2.5.2.3 Post-procesamiento de datos

La incorporación de los de las topobatimetrías como método para rectificar el terreno, se da por la necesidad inherente en los estudios hidráulicos de interpretar de forma correcta la superficie para simular el comportamiento de un flujo de manera más precisa. Siguiendo este orden de ideas, se llega a fase de post-procesamiento en donde se establecen líneas de trabajo, para obtener como producto un MDE hidrológicamente correcto.

3.2.5.2.4 Canales y Vallados

Para la creación del modelo digital de elevación con rectificación hidráulica, se utiliza como insumo el DEM urbano con resolución espacial de 0,5 metros previamente procesado, y los vallados y canales dobles con ancho clasificados en aquellos menores a 2 metros, y mayores a 2 metros, en donde estos se catalogan en las profundidades presentadas en la tabla 3; estas profundidades más las geometrías de cada cuerpo de agua fueron obtenidas mediante el trabajo de campo para tener una mayor certeza de los resultados obtenidos, con el objetivo de comparar las profundidades y anchos de las diferentes secciones, compiladas en las bitácoras en el apartado 3.2.5.2.2.2 Estaciones de trabajo. Es de anotar que se identificaron 50 cuerpos de agua parabólicos, 729 rectangulares y 42 trapezoidales.

Tabla 5. Profundidades de los cuerpos de agua con ancho mayor a 2 metros

CUERPOS DE AGUA	PROFUNDIDAD (m)
Canales dobles	0 – 0,5
	0,5 – 1,0
	1,0 – 1,3
Vallados dobles	0 – 0,5
	0,5 – 1,0
	1,0 – 1,5
	1,5 -2,0

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



Diagrama 2. Diagrama de flujo de la metodología para obtención de modelo topobatemético.

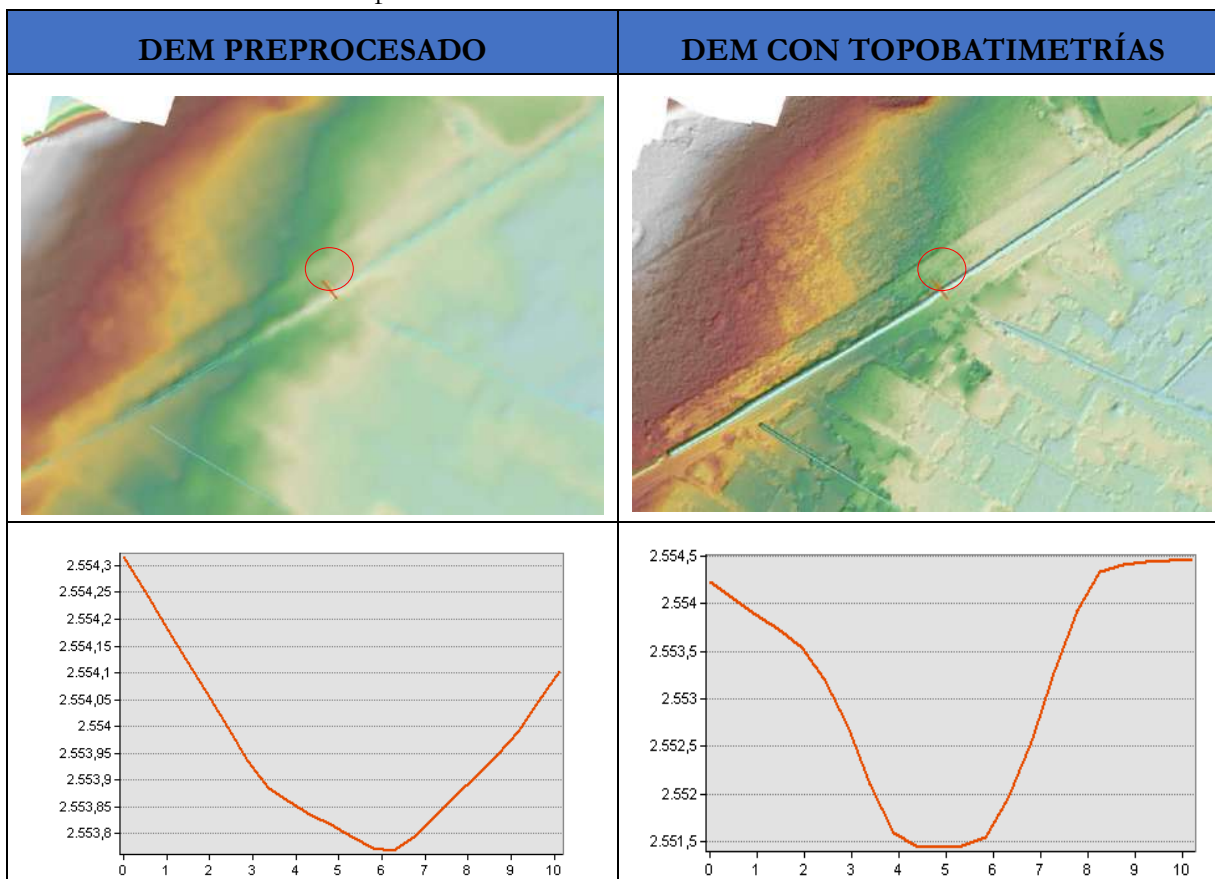
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

A partir del DEM se genera una nube densa de puntos que indica la altitud de cada pixel del ráster con la cual se realizará la interpolación junto con los cuerpos de agua y la geometría correspondiente, esto con el fin de aproximar a la realidad del terreno el modelo de elevación; como resultado preliminar se obtiene un nuevo DEM con las geometrías correspondientes, a través de método de interpolación *topo to raster* el cual está diseñado específicamente para la creación de modelos digitales de elevación hidrológicamente correctos.

Posteriormente a la generación del nuevo DEM, se crea nuevamente una nube densa de puntos, esta se modifica a partir del cambio de altitudes de los puntos contenidos en los vallados y canales dobles, con el fin de llegar a la profundidad respectiva identificada en campo. Una vez modificadas las profundidades, se interpola nuevamente y se genera el DEM final. Como último paso se trazan distintas secciones transversales para rectificar la profundidad a lo largo del cauce y aguas abajo para identificar que el modelo efectivamente se encuentra correcto.

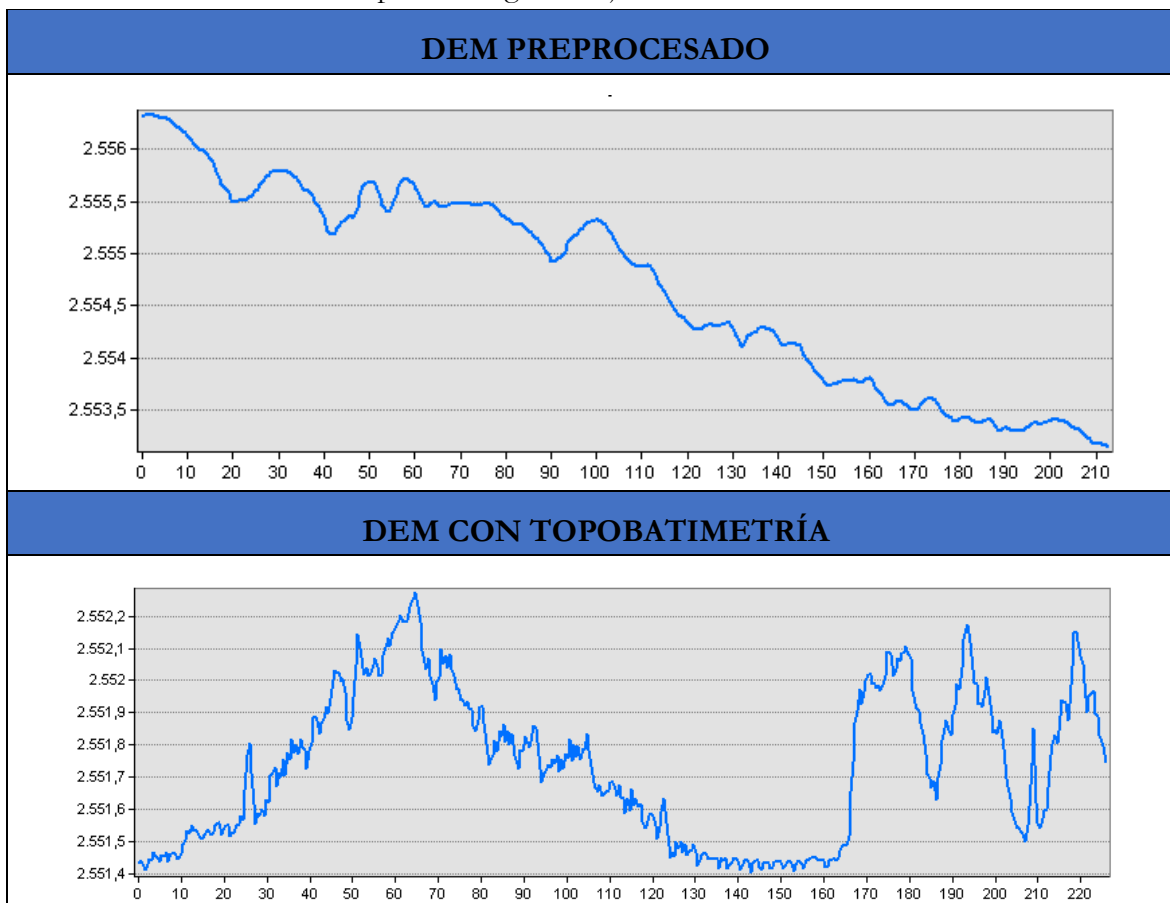
Así bien se identifican significantes diferencias en cuanto a las secciones transversales trazadas en el DEM preprocesado y el DEM con topobatimetría, para modo de ilustración se presenta de una misma zona del municipio los dos modelos para dejar en evidencia las diferencias y la importancia de configurar un modelo hidrológicamente correcto.

Tabla 6. Comparación de las secciones transversales de los DEM



Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Tabla 7. Comparación aguas abajo de los DEM sobre un vallado



Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Como se puede evidenciar en el modelo topobatométrico se pronuncia la profundidad del vallado con su respectiva geometría que en este caso es rectangular, situación que no ocurre en el DEM preprocesado que, si bien si indica que en el terreno hay presencia de una depresión, marcando el cauce del cuerpo de agua, no corresponde a la realidad del terreno según la información levantada en las bitácoras de campo.

De igual modo, es válido realizar el comparativo con las secciones trazadas aguas abajo del cauce, arrojando el mismo resultado, el modelo topobatimétrico se aproxima más a la realidad del terreno.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ		

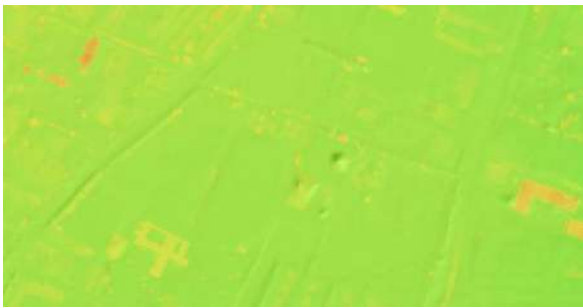
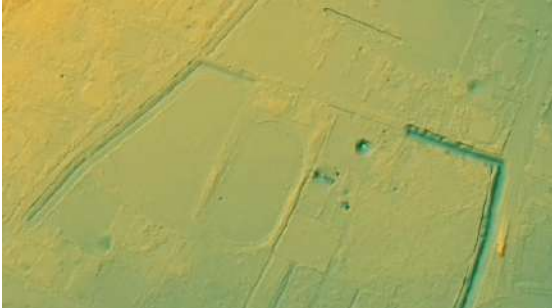
Como resultado de este proceso se obtuvo un MDE en el cual se identifica correctamente el cauce de cada uno de los drenajes y canales que se tuvieron en cuenta dentro del modelo hidrodinámico de inundaciones.

3.2.5.2.5 Río Bogotá y Río Frio

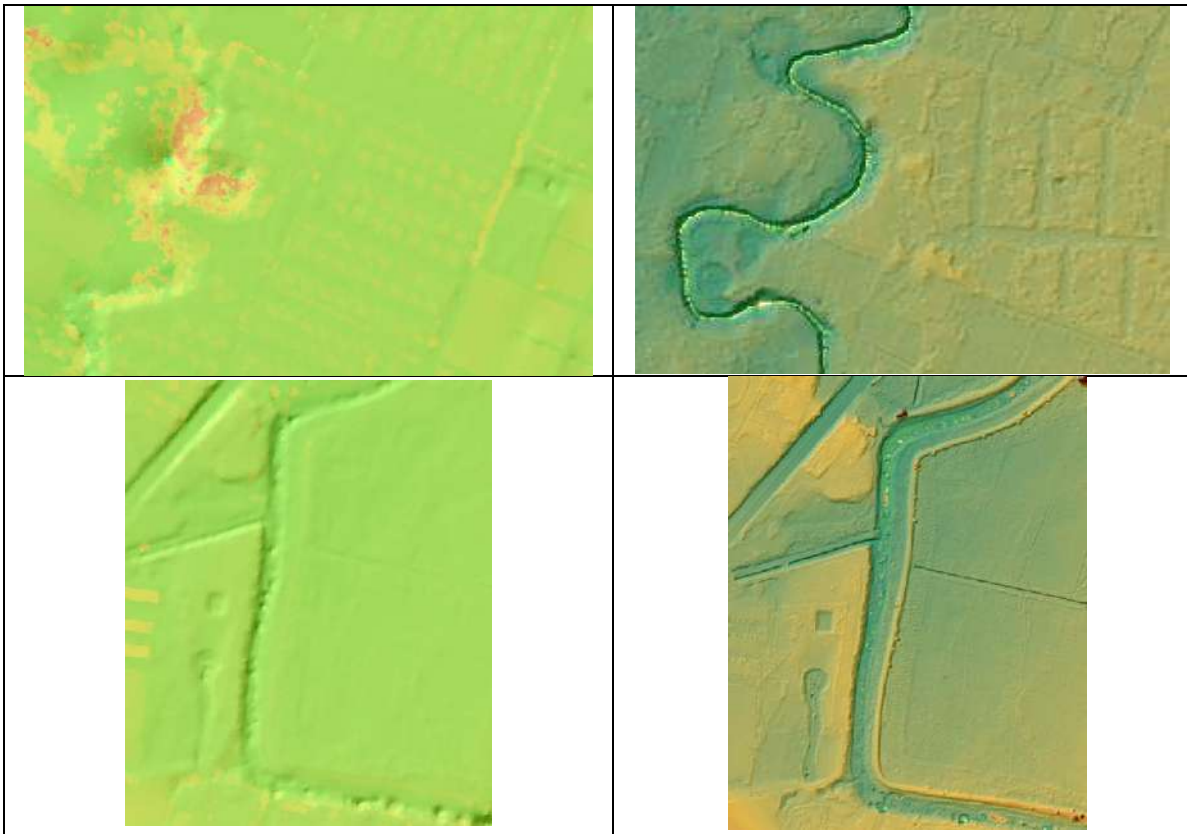
De igual manera, se realizó el trabajo de rectificación hidráulica con los ríos Bogotá y Río Frio, contando con las topo batimetrías generadas en los estudios de la CAR, donde a través la Dirección de Recursos Naturales (DRN) se adelantaron los estudios hidrológicos e hidráulicos de los tramos correspondientes a zona de estudio del municipio de Cajicá; la información hace parte de los resultados de la Consultoría realizada mediante contrato 930-2012, realizado por el Consorcio IEH Grucon-Hidroviás entre los años 2012 y 2013 y las secciones de control realizadas por la consultoría.

En la siguiente tabla se evidencia una notable diferencia entre los modelos generados por equipo consultor. Las ilustraciones A y B muestran el mismo tramo del Río Bogotá ubicada sobre el sector de la Balsa. En La ilustración A se muestra que el cauce no se logra identificar correctamente el cauce de este drenaje y presenta elevaciones menores a 60 cm en donde la altura real de ese tramo se encuentra en un promedio de 3 metros. Por otro la ilustración B de la tabla muestra una mejor definición en el cauce, con alturas más cercanas a las condiciones reales del cauce.

Tabla 8. Contraste de los resultados de MDE con la incorporación de las topobatimetrías

Ilustración A	Ilustración B
	

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	



Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

Los resultados obtenidos en esta metodología se alcanzaron de manera satisfactoria para obtener un MDE en que se logra quemar las labores topobatemétricas de manera correcta, dando una mayor presión de las condiciones reales de la dinámica morfológica de los cauces. El modelo rectificado se dispone para los cálculos hidráulicos pertinentes para obtener las delimitaciones de zonas inundables, las distribuciones de las alturas de flujo y las velocidades asociadas.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.6 PROCESO DE MODELACIÓN PLUVIAL E HIDRÁULICA

Las modelaciones de cada la zona urbana del municipio de Cajicá – Cundinamarca se dividieron en dos partes: 1) *Insumos hidrológicos*: Se determinan las intensidades máximas como detonantes de inundación sobre el casco urbano para los periodos de retorno que se seleccionaron. Para los ríos Frio y Bogotá se tienen los caudales máximos instantáneos anuales y no hidrogramas de crecientes, debido a que el comportamiento mostrado sobre estas corrientes en periodos invernales, presentan un flujo cuasi- estacionario para las crecientes máxima que se han presentado. 2) *Modelación hidráulica*: Una vez determinados los hidrogramas de los diferentes cuerpos de agua a modelar se emplea el software HEC-RAS, donde se determina el comportamiento hidráulico que tendrán los diferentes caudales para cada uno de los periodos de retorno seleccionados, identificando la planicie de inundación de acuerdo a las elevaciones de la superficie de agua.

3.2.6.1 Área de modelación

Se establece un área de modelación de 22.52 km², con una malla de 2 metros para el casco urbano de Cajicá donde se abarcan las zonas de expansión urbana definidas dentro del POT y los centros poblados de Barro Blanco, Camino Los Vargas, La Florida, Los Pasos, Prado, Canelón, La Palma, La Aguanica, Los León, Los Sereneos, Pablo Herrera, Santa Inés, El Misterio, La Esperanza, Rincón Santo, Calahorra y Capellanía, (Ver Ilustración 14), además, de incluir las áreas aferentes tanto del Rio Bogotá como Rio Frio, con el objetivo de identificar la incidencia de la inundación sobre estas zonas urbanas. Hacia la parte norte se toma el área de escorrentía de la zona montañosa del municipio de Cajicá hasta su captación en el sistema de canales y vallados dispuestos longitudinalmente sobre las vías principales; sistema el cual se tiene para captar dichos caudales y ser transportados hasta su descarga en el rio Frio. Sobre esta área de modelación se tienen las salidas de los flujos para no generar represamientos dentro de la modelación. Para este caso se incluyeron estructuras hidráulicas dentro del área de estudio, esto con el objetivo de evitar que la mancha de inundación se presentara sobre vías principales, viviendas o edificaciones, garantizando la continuidad del flujo y permitiendo obtener resultados acordes al contexto real, dado que sobre el área de estudio se encuentra un gran número de canales y vallados que han sido modificado por factores antrópicos debido a la alta densidad de población lo que ha cambiado las actividades productivas principales del municipio, generando conexiones hidráulicas como se aprecia en la Ilustración 1. Cabe aclarar que las estructuras incluidas, son una aproximación dentro de las modelaciones en el software HEC-RAS, dado que al ser un estudio básico no se detalló el comportamiento de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario de la zona de estudio.

3.2.6.2 Eventos extremos de precipitación

Las precipitaciones máximas esperadas para periodos de retorno de 2.33 a 100 años según el mejor ajuste se presenta en la **Ilustración 14**. un mayor análisis de este y cómo fue su elaboración se presenta en la sección **1.4.8.1.3 Análisis de frecuencias de eventos extremos del Capítulo I**.

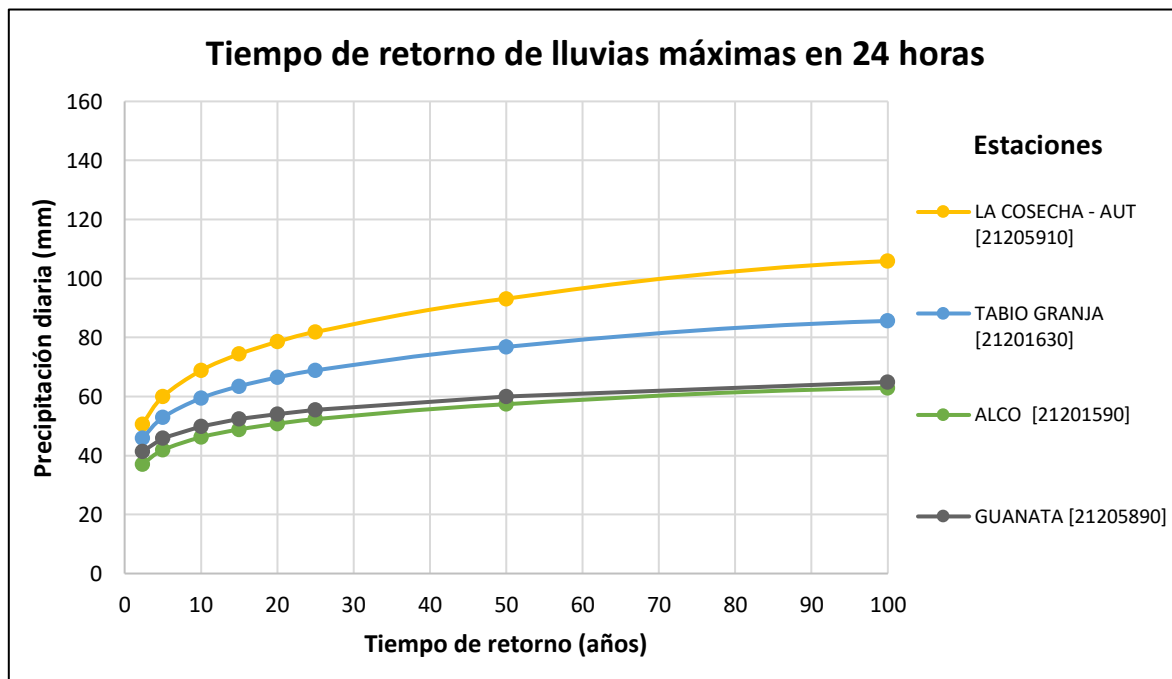


Ilustración 14. Lluvias máximas para periodos de retorno de 2.33 a 100 años.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Los resultados obtenidos sugieren la presencia de lluvias del orden de los 37 a 50 mm con un periodo de recurrencia de mínimo 2.33 años, presentando los valores máximos en la estación “LA COSECHA – AUT” y TABIO LA GRANJA” ubicada al norte del municipio de Cajicá y sus mínimos en la estación “ALCO”, ubicada en cercanías del Río Bogotá en sobre el extremo oriental del municipio. Así mismo, se pronostica al menos un evento extremo (60 a 100mm) cada 100 años, volúmenes de precipitación capaces de saturar el suelo y detonar diferentes procesos erosivos en la región.

Para establecer la distribución espacial de las lluvias máximas con recurrencia de 2.33, 25 y 100 años, se hizo una interpolación de los valores encontrados a partir de la función exponencial de Gumbel para las estaciones de la región, como resultado se muestra el mosaico de la **Ilustración 15**.

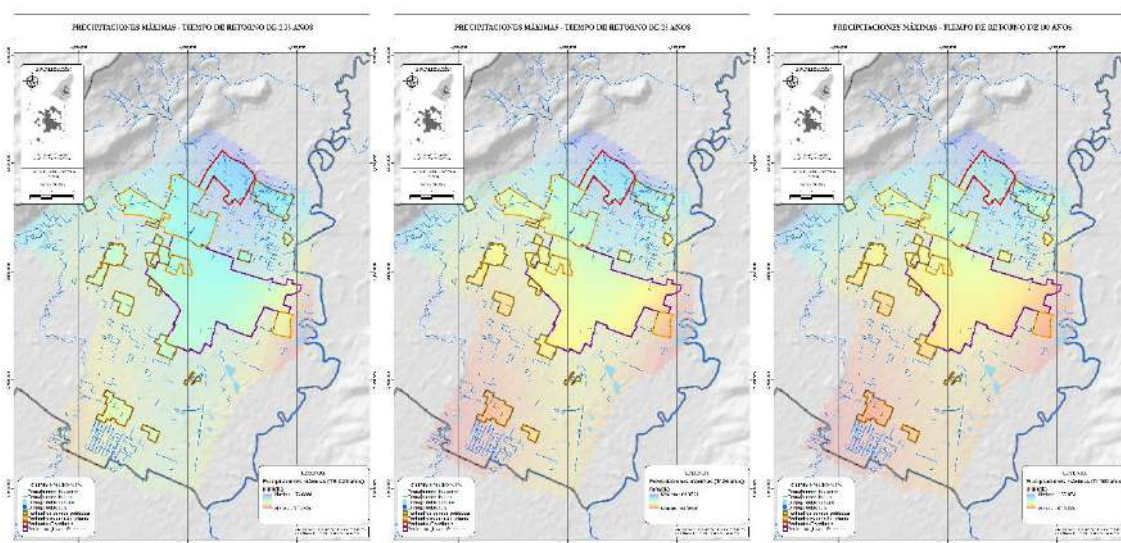


Ilustración 15. Mosaico de precipitaciones máximas esperadas para periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Conforme los resultados obtenidos para los tiempos de recurrencia de 2.33, 25 y 100 años de las lluvias máximas, y siguiendo la función de probabilidad exponencial de Gumbel, es posible apreciar que la región sur y occidental del municipio de Cajicá, en cercanías de los ríos Bogotá y Frío, representan las zonas donde se esperarían lluvias máximas de menores magnitudes, variando desde los 40 a los 70 mm en 24 horas. Caso contrario, en la parte noroccidental y norte del municipio se pronostican los mayores volúmenes de precipitaciones del área, con eventos desde los 50 hasta los 100mm para los diferentes periodos de retorno.

Los valles de los ríos Bogotá y Frío cuentan con una mayor tasa evaporativa respecto a las regiones circundantes, incorporando vapor de agua a la atmósfera y favoreciendo la formación de nubes conforme se transporta la humedad en altura. La formación de estos sistemas convectivos es bastante común y repercute en un aumento del régimen de lluvias y de probabilidades de presentar

lluvias de alta intensidad en las regiones topográficamente más elevadas respecto a las zonas circundantes a los drenajes principales del municipio.

3.2.6.3 Curvas de intensidad frecuencia duración (IDF)

Evaluando la influencia de las estaciones sobre el área de modelación se selecciona la curva de intensidad frecuencia duración (IDF) de la estación de Tabio Granja [21201630], dado que es la estación con mayor registro de precipitación máxima en 24 horas, por lo que representaría el escenario más crítico ante un evento máximo. Los parámetros y la metodología con los que se establecieron estas intensidades en mm/h se exponen en el **Capítulo 1. Numeral 1.4.7.11. Régimen hidrológico**, donde se tiene promedio de precipitaciones máximas en 24 horas de 52.30 mm en Tabio Granja [21201630]. Las curvas se construyeron para una duración de 3 horas con intervalos de 5 minutos para los periodos de retorno ya mencionados.

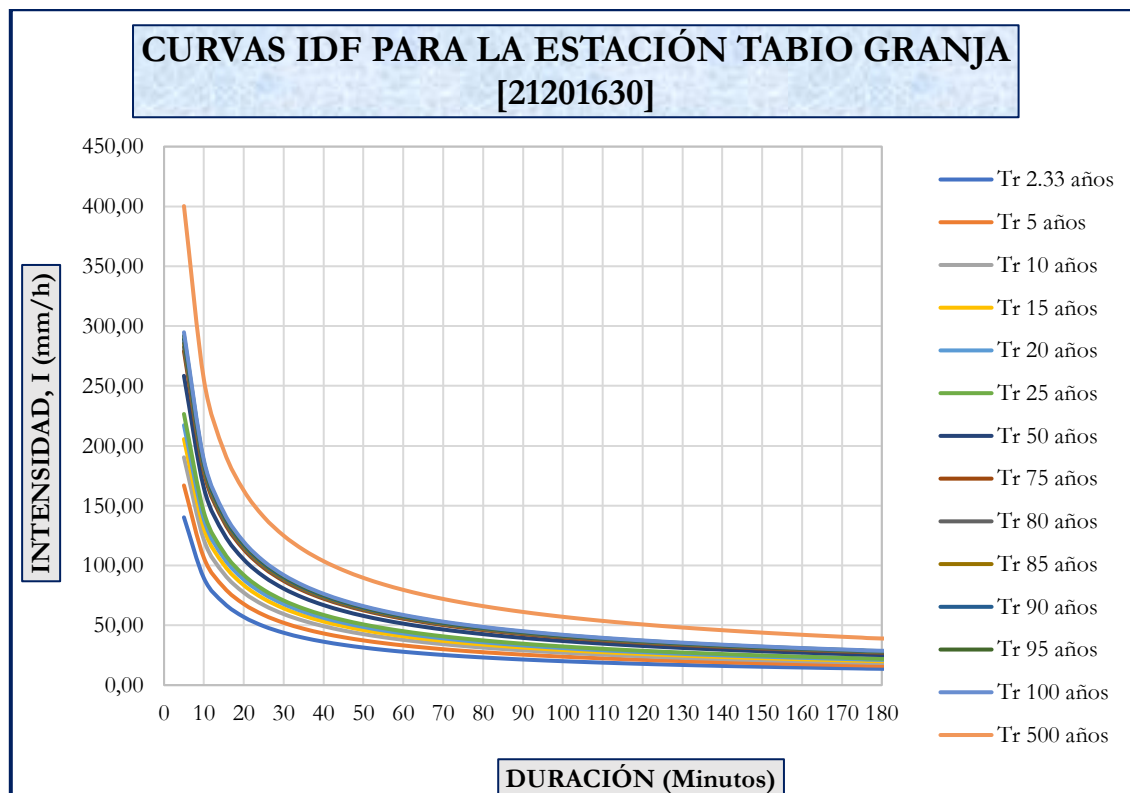
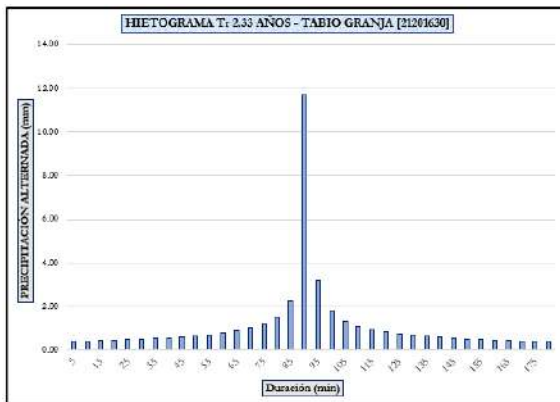


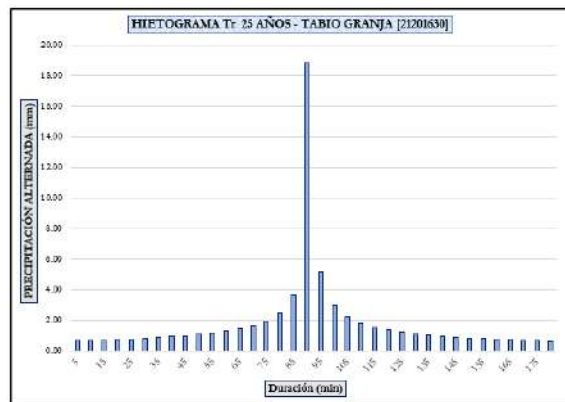
Gráfico 2. Curva Intensidad-Frecuencia-Duración (IDF) estación Tabio Granja [21201630].
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

3.2.6.4 Hietogramas de diseño

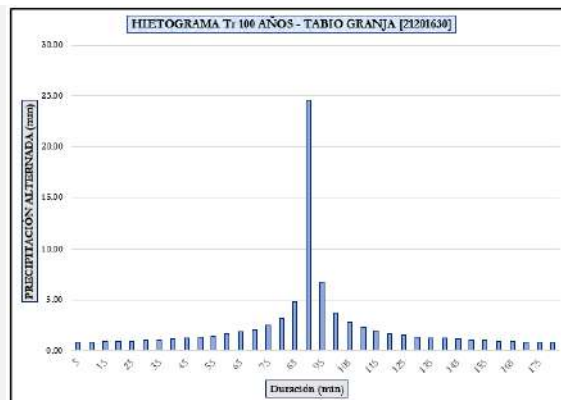
A partir de las curvas de intensidad frecuencia duraciones (IDF) seleccionada, se obtiene los hietogramas de diseño que tendrán influencia sobre el área de estudios de la zona urbana. Se tiene precipitaciones puntuales de 11.68 mm para 2.33 años de periodo de retorno, 18.88 mm para 25 años, 24.57 mm para 100 años, para la estación de Tabio Granja [21201630].



a)



b)



c)

Ilustración 16 Hietogramas de precipitación de diseño para $T=2.33$ años, $Tr=25$ años y $Tr=100$ años estación Tabio Granja [21201630].

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

3.2.6.5 Eventos extremos de caudales

Se establecen tanto para el Río Bogotá como para el Río Frio, caudales máximos instantáneos anuales y no hidrogramas de crecientes, debido a que el comportamiento mostrado sobre estas corrientes en periodos invernales, presentan un flujo cuasi- estacionario para las crecientes máxima que se han presentado, lo que significa que la velocidad del flujo a lo largo del tramo analizado no varía con el tiempo. En la Tabla 10, se tiene los valores de caudales máximos para los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 y 500 años con la respectiva distribución de probabilidad que más se ajustó para las estaciones de Puente Vargas [2120734] ubicada sobre la corriente del Río Bogotá y la estación Puente La Virginia [2120735] perteneciente al Río Frío. Como se puede apreciar en términos generales las distribuciones de mejor comportamiento para eventos máximo fueron la Gumbel Valor Extremo I, Log-Gumbel y Log-Pearson Tipo III.

Tabla 9. Ajuste distribuciones de probabilidad caudales máximos.

Periodo de retorno Tr (años)	2,33	5	10	15	20	25	50	100	500	Distribución
PUENTE VARGAS [2120734]	32,089	43,232	53,673	60,132	64,912	68,745	81,425	95,427	134,080	Log Pearson III
PUENTE LA VIRGINIA [2120735]	15,022	23,056	29,600	33,292	35,877	37,868	44,002	50,090	64,160	Gumbel

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

La evaluación de caudales máximos instantáneos representa una evaluación de las condiciones más críticas que la evaluación de un flujo no estacionario dado que la presencia de los niveles máximos se puede mantener por tiempos mayores a los que se puedan representarse mediante un hidrograma.

3.2.6.6 Coeficientes de Manning (n)

Los parámetros de Manning (n) que se presentan dentro del casco urbano de Cajicá, se aprecian en la **Ilustración 17** La metodología de selección de los parámetros se detalla en el **Capítulo I.**

1.4.7.7. Coeficiente de Manning (n)

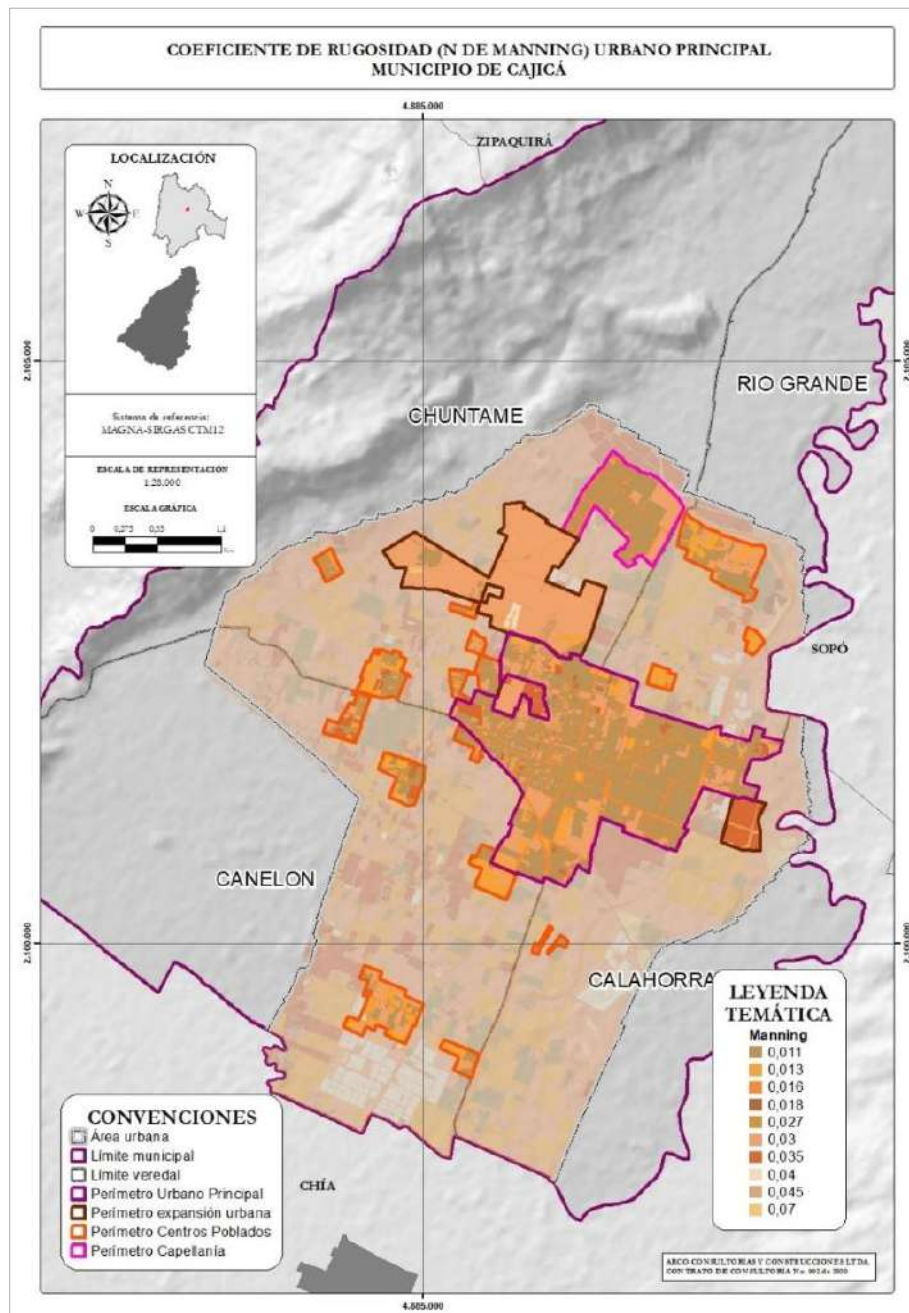


Ilustración 17 Valor del coeficiente de Manning (n) casco urbano de Cajicá.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

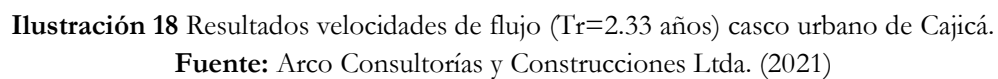
3.2.7 RESULTADOS MODELACIÓN ZONA URBANA Y DE EXPANSIÓN URBANA

A continuación, se presentan los resultados de profundidades y velocidades de flujo del casco urbano de Cajicá.

- Se tiene problemas de inundación en la Quebrada Tenería, la cual presenta desbordamientos sobre la vía a causa de las bajas pendientes que no permiten tener la energía suficiente para fluir, además de colmatar y rebasar el sistema de alcantarillado. Las condiciones naturales de la quebrada han sido modificadas con el paso del tiempo por lo que se han perdido varias de las características de un sistema fluvial el cual ha sido alterado por captaciones mediante alcantarillados. Se registran profundidades que superan 1.0 m y velocidades de flujo de más de 2.0 m/s, para los diferentes periodos analizados, hasta su descarga sobre la Planta de tratamiento de aguas residuales Calahorra
- Se tiene afectación sobre el barrio Granjitas, zona colindante del Rio Bogotá, en el sector de los condominios campestres Hatogrande a lo largo de la vía Cajicá-Hatogrande predio La Balsa, donde inicialmente el cuerpo de agua era un vallado, el cual con el tiempo aumentó su ancho hasta adquirir características de humedal presentado una alta colmatación de material vegetal en su cauce y por todo su recorrido, lo que produce un estancamiento en temporadas invernales debido a la precipitación y captación de la escorrentía provenientes de la vía. Se tienen profundidades de hasta 2.0 m y velocidades de flujo de 1.5 m/s, para $Tr=2.33$ años; profundidades de 1.7 m y velocidades de flujo de 1.7 m/s para $Tr=25$ años y profundidades de 2.6 m y velocidades de flujo de 2.7 m/s para $Tr=100$ años.
- Sobre la zona de los sectores de Capellania se tiene confluencia de un cauce sin identificación que limita la zona oriental, con profundidades de hasta 1.6 m y velocidades de flujo de 1.0 m/s, para $Tr=2.33$ años; profundidades de 1.8 m y velocidades de flujo de 1.2 m/s para $Tr=25$ años y profundidades de 2.0 m y velocidades de flujo de 1.5 m/s para $Tr=100$ años.
- Aguas abajo de la Quebrada del Campo hacia zonas de expansión urbana El Pomar, se presentan profundidades que oscilan entre 0.4 a 0.7 m, y velocidades de hasta 1.2 m/s para $Tr=2.33$. Para periodo de 25 y 100 años se llegan a velocidades de más 2.0 m/s y profundidades de 1.3 m.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

- Hacia el sistema de vallado del barrio Rincón Santo se tiene resultados de profundidades de oscilan entre 1.3 a 1.7 m, y velocidades de más de 2.0 m/s para $Tr=2.33$. Para periodo de 25 y 100 años se llegan velocidades de hasta 2.3 m/s.
- Sobre los centros poblados ubicados en el sector de la Vereda Canelón, Chuntame, Calahorra y Río Grandes en Los Pastos, Camino Los Vargas, La Florida, Prado, Canelón, La Palma, Los Serenos, Pablo Herrera, Barro Blanco, Aguanica, Los León, El Misterio, La Esperanza, Calahorra y Santa Inés se tiene afectación sobre las zonas aledañas del sistema de vallado y canales registrando profundidades entre 0.5 a 0.8 m y velocidades de flujo de 0.3 a 0.6 m/s, para $Tr=2.33$ años; profundidades de 0.6 a 0.9 m y velocidades de flujo de 0.4 a 0.7 m/s para $Tr=25$ años y profundidades de hasta 1.0 m y velocidades de flujo de 0.8 m/s para $Tr=100$ años.



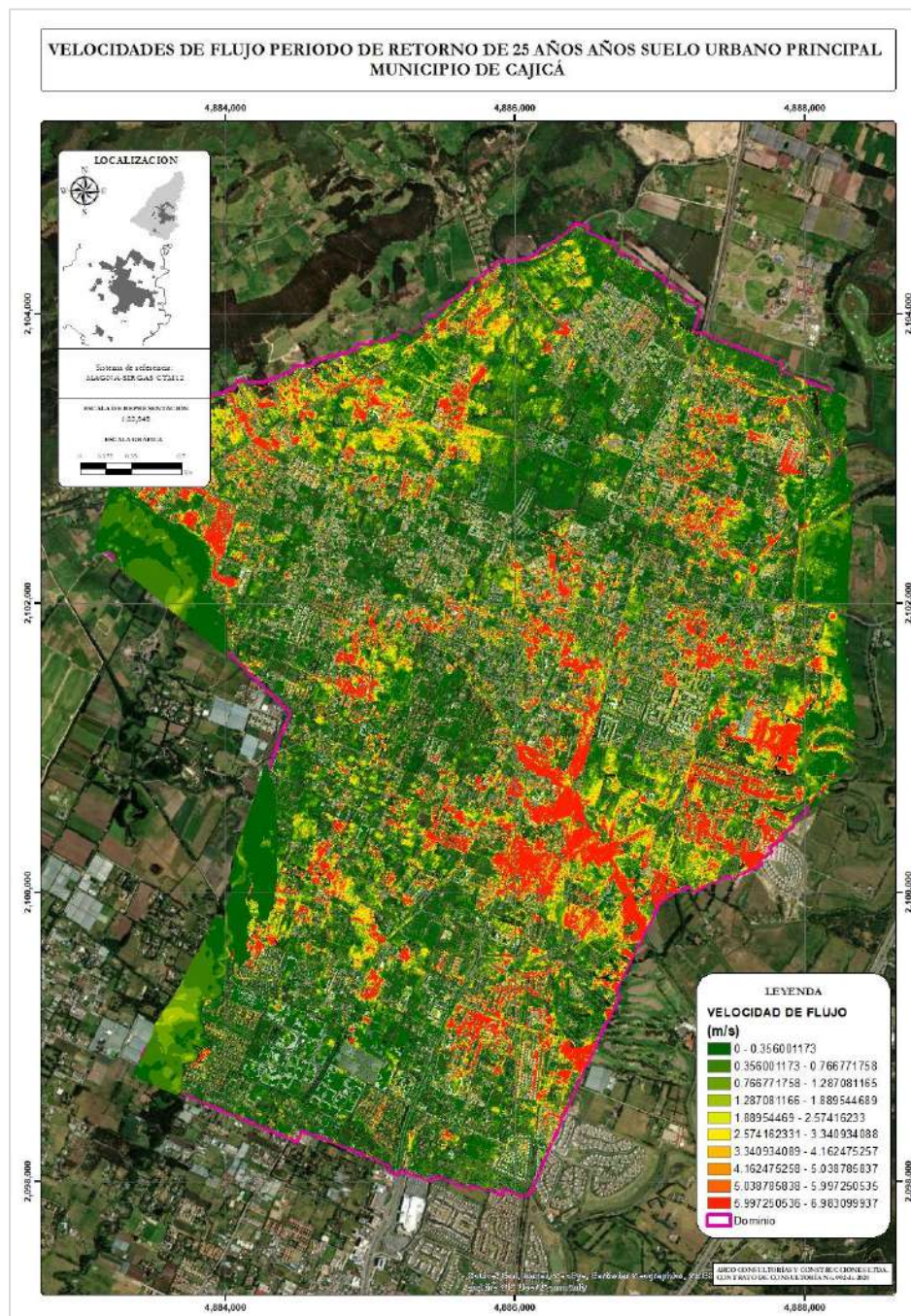


Ilustración 19 Resultados velocidades de flujo ($T_r=25$ años) casco urbano de Cajicá.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

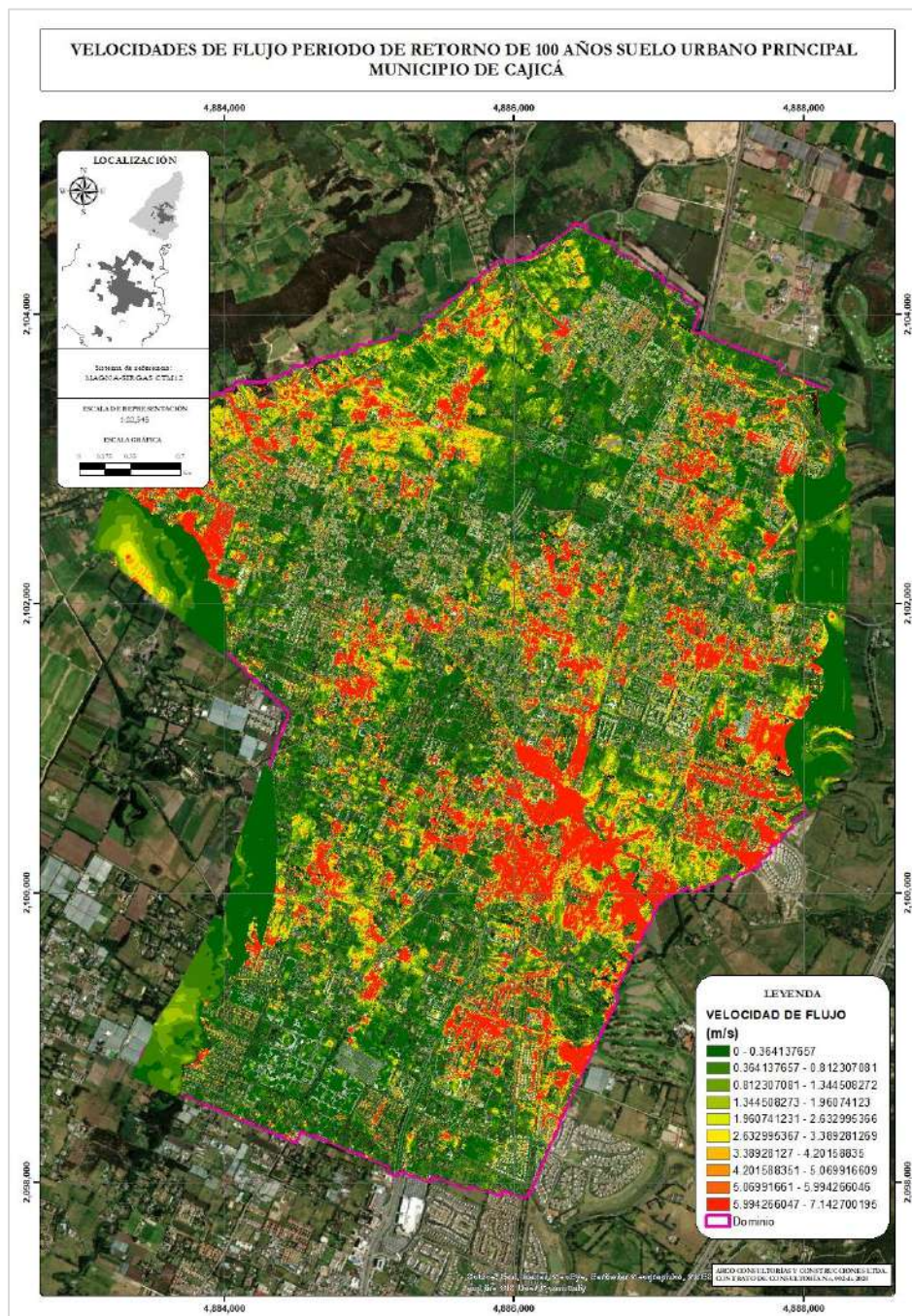


Ilustración 20 Resultados velocidades de flujo ($Tr=100$ años) casco urbano de Cajicá.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

3.2.7.2 Resultados profundidades máximas

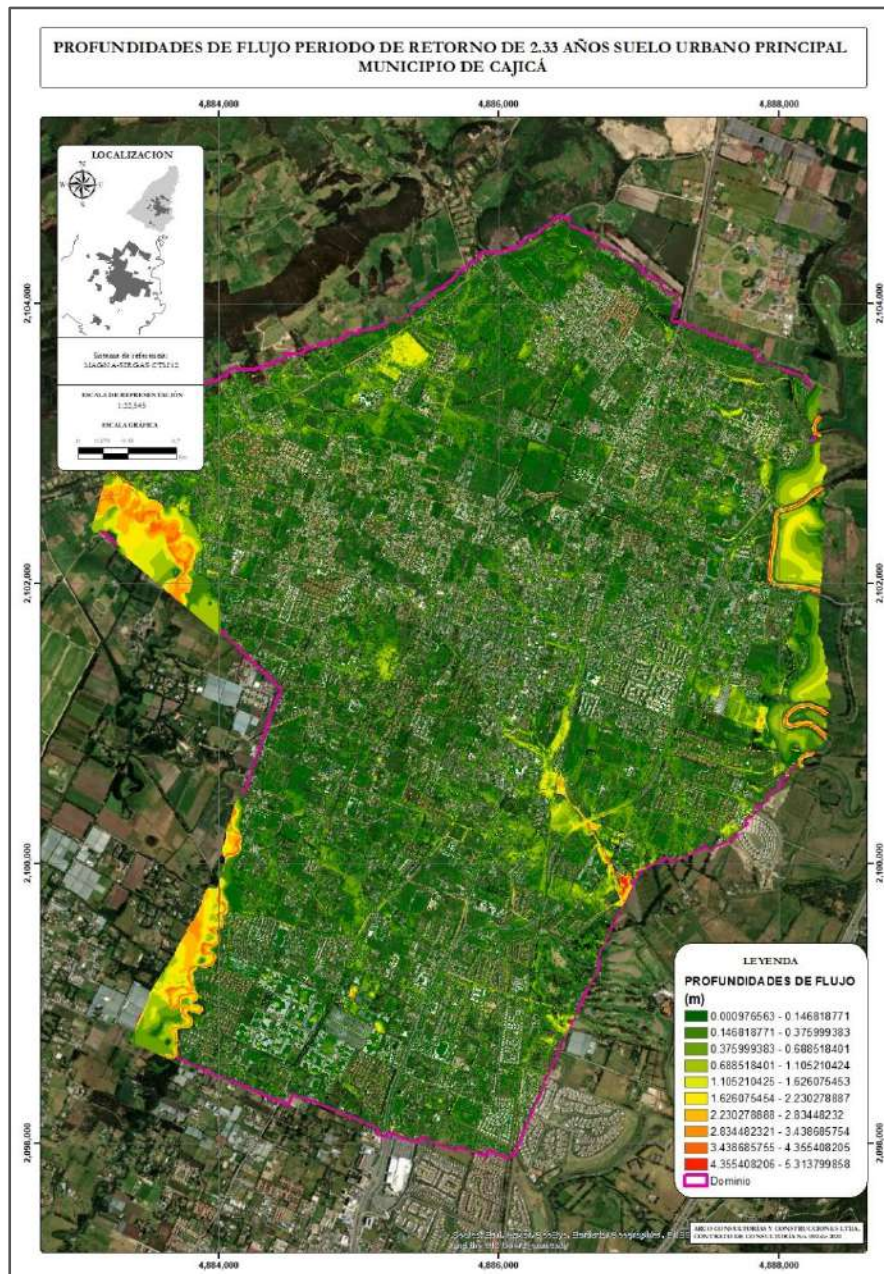


Ilustración 21 Resultados profundidad de flujo ($T_r=2.33$ años) casco urbano de Cajicá.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

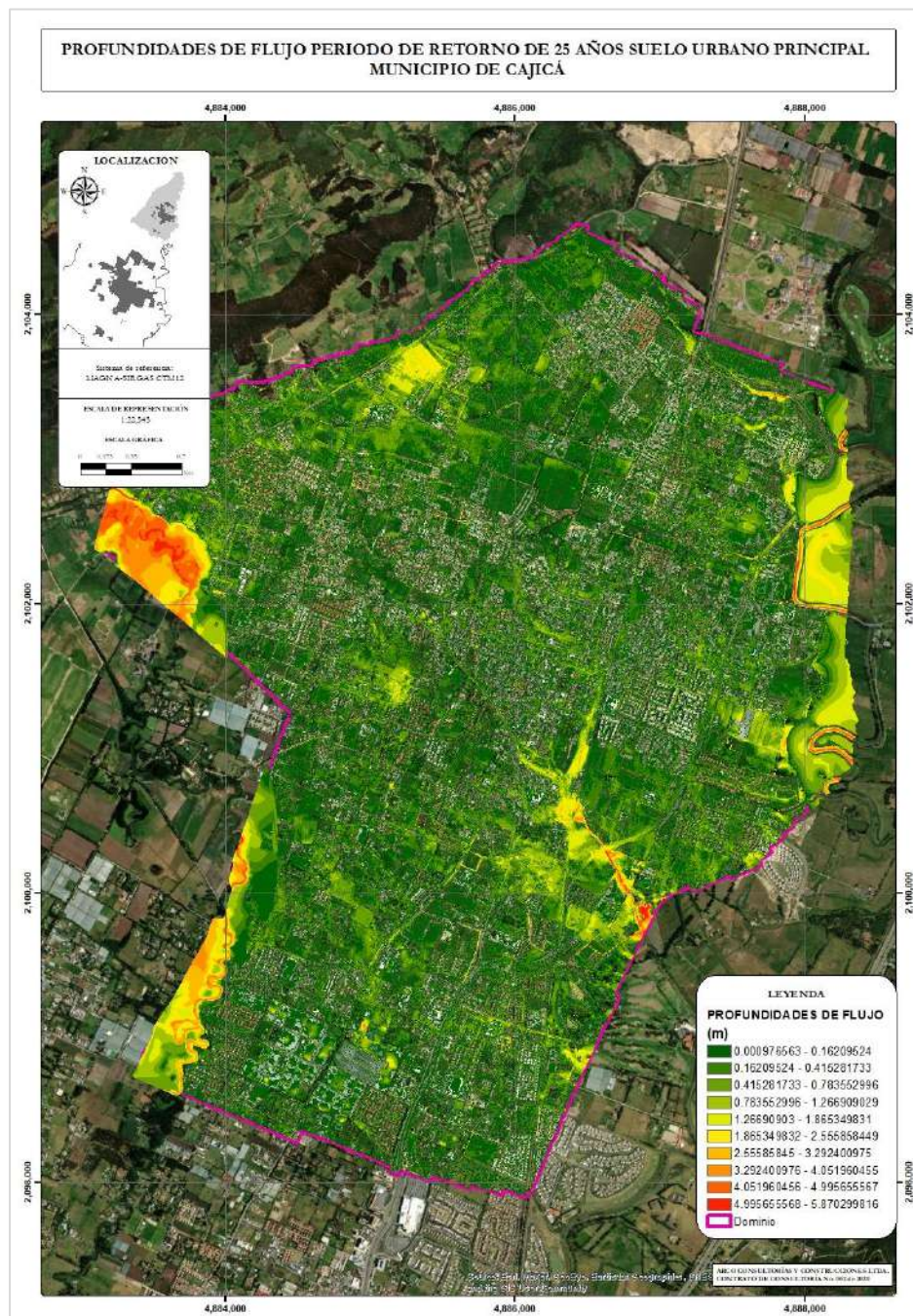


Ilustración 22 Resultados profundidad de flujo ($T_r=25$ años) casco urbano de Cajicá.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

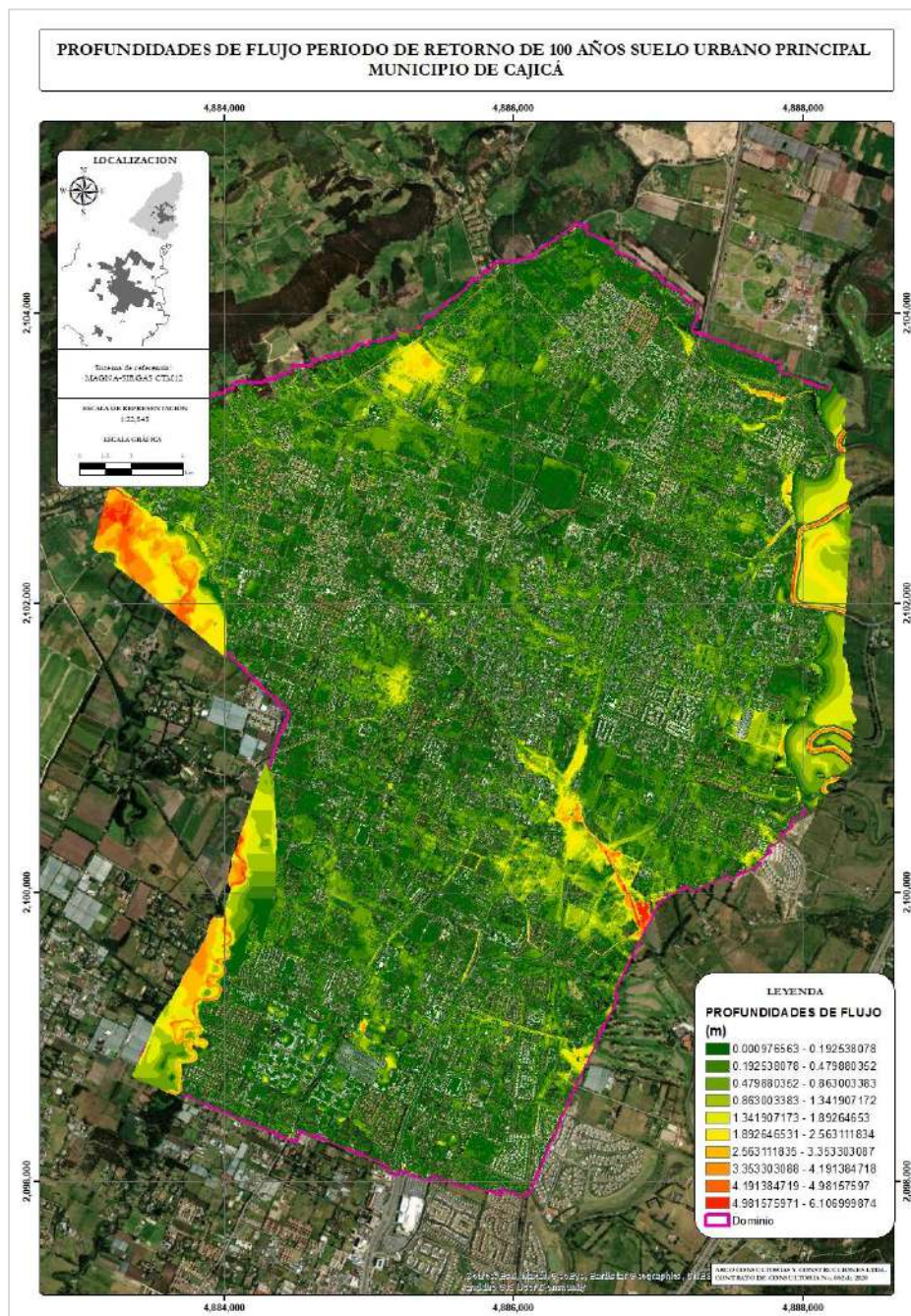


Ilustración 23 Resultados profundidad de flujo ($T_r=100$ años) casco urbano de Cajicá.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

3.2.8 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIONES

3.2.8.1 Categorización de la amenaza

La categorización de la amenaza por inundación se basó en la metodología suiza² y los valores presentados en el Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR, 2019) (Ver **Tabla 10**), esto con el objetivo de complementar la relación de la intensidad en términos de la profundidad máxima del agua, la velocidad máxima con la probabilidad de ocurrencia o periodos retorno seleccionados.

Tabla 10. Criterios para la definición de la amenaza por inundaciones.

Profundidad (m)	Nivel de amenaza para la profundidad	Niveles de amenaza		
$z < 0,5$	BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA
$0,5 > z < 1,0$	MEDIA	MEDIA	MEDIA	ALTA
$z > 1,0$	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Nivel de amenaza para la velocidad		BAJA	MEDIA	ALTA
Velocidad (m/s)		$v < 1,5$	$1,5 > v < 2$	$v > 2$

Fuente: PMGR Cajicá. Consorcio Consultoría Cajicá 2019

Adoptando los valores anteriormente expuestos y ajustándose a la metodología suiza, donde se toman en consideración los periodos de retorno se tienen los rangos expuestos en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Valores de intensidades para categorización de la amenaza por inundación.

	Profundidad máxima y (m)	Producto de la máxima profundidad (y) x Velocidad máxima (v) m^2/s	Condicionales
ALTA	$y \geq 1.0$	$v \geq 2.0$	Cualquiera de las dos condiciones que se presente.
MEDIA	$0.5 \leq y \leq 1.0$	$1.5 \leq v \leq 2.0$	

² VADEMECUM Hazard maps and related instruments. The Swiss system an its application abroad. Capitalisation of experience. PLANAT. Bern. May 2005.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

	Profundidad máxima y (m)	Producto de la máxima profundidad (y) x Velocidad máxima (v) m ² /s	Condicionales
BAJA	$y \leq 0.5$	$v < 1.5$	Las dos condiciones se deben cumplir.

Fuente: Modificada del documento: Hazard maps and related instruments.

Una vez establecidos los valores de intensidad y frecuencia, se toma como referencia la matriz suiza, en la que se determinan los diferentes grados de amenazas, ajustando la gama de colores que representarán el nivel de amenaza, definiendo el color rojo como una zona de amenaza alta, el color amarillo a la zona de amenaza media y el color verde a la zona de amenaza baja por inundación.

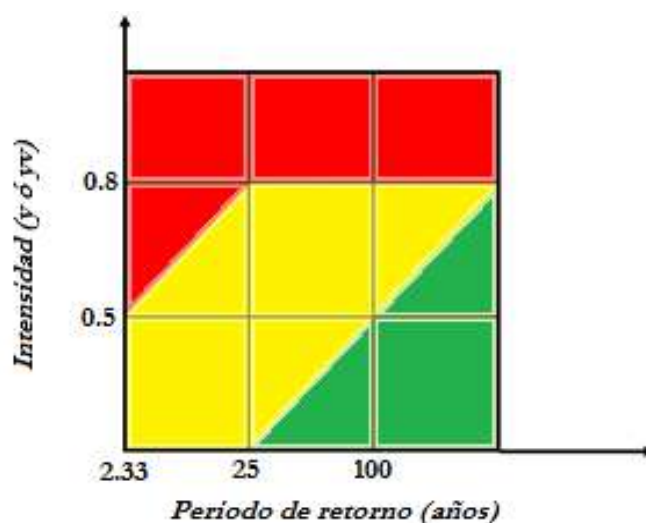


Ilustración 24 Matriz amenaza por inundación.

Fuente: Modificada del documento: Hazard maps and related instruments.

Expresando los valores de las intensidades de la **Tabla 12** y la distribución de la matriz de la **Ilustración 24**, se tiene la siguiente clasificación de la amenaza para cada uno de los periodos de retorno, tomando como insumos, los resultados de las profundidades y velocidades máximas arrojadas por el software HEC-RAS.

Tabla 12. Categorización de la amenaza por inundación.

ALTA	TR2.33	$y \geq 1.0$	o	$v \geq 2.0$
	TR25			
	TR100			
	TR2.33			
MEDIA	TR25	$0.5 \leq y \leq 1.0$	o	$1.5 \leq v \leq 2.0$
	TR100			
	TR2.33	$0.05 \leq y \leq 0.5$	y	$v < 1.5$
	TR25			
BAJA	TR100	$y \leq 0.5$	y	$v < 1.5$

Fuente: Modificada del documento: Hazard maps and related instruments.

Tabla 13. Categorización de la amenaza por Inundación.

Categoría	Significado
Alta	Esta amenaza corresponde a la representación del cauce aluvial del río, vallado o canal y una aproximación de zonas afectadas por escorrentía o desbordamiento correspondiente a áreas adyacente que presenta geoformas de llanura de inundación, terrazas bajas, rellenos antrópicos, barras puntuales y plano anegadizo o lacustrino que generan niveles que alcanzan niveles de más de 0.5 m o si la velocidad máxima excede los 1.5 m ² /s para periodos de retorno de 2.33, además de presentar valores mayores de profundidades de 1.0 m y velocidades de más de 2.0 m ² /s para periodos de retorno de 25 y 100 años.
Media	Esta amenaza corresponde en hidráulica al resultado de eventos que generan tirantes entre 0.5 a 1.0 m o velocidades máximos entre 1.5 a 2.0 m ² /s para periodos de retorno de 25 y 100 años, además de rangos entre 0.05 a 0.5 m de tirantes y valores de más de 1.5 m ² /s para la velocidad en periodos de 2.33 y 25 años. Topográficamente pertenece a cotas con relieves relativos mayores respecto al cauce, pero con pendientes bajas, conformando planicies lacustritas y rellenos antrópicos.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

Categoría	Significado
Baja	Categorización hidráulica de las corrientes que para un periodo de retorno de 100 años los tirantes son menores a 0.5 m y valores menores de 1.5 m ² /s para la velocidad. Conformado por las planicies lacustres, abanicos coalescentes y otras unidades de otros ambientes que no tiene relación con la dinámica fluvial y pluvial del área.

Fuente: Evaluación y Zonificación de riesgos por inundación.

3.2.8.2 Mapas de amenaza por inundación

El casco urbano de Cajicá cuenta con una amenaza baja por el fenómeno de inundación del 82.82% del área de estudio, es decir tiene baja probabilidad de ocurrencia, estas zonas se dan por la composición bivariada, tanto que geomorfológicamente sean de baja susceptibilidad y que cuenten con un cauce hidráulico para 100 años de periodo de retorno donde las profundidades son menores a 0.5 m y se y valores menores de 1,5 m/s para la velocidad.

El 8.89% se encuentra en amenaza media, esta amenaza corresponde en hidráulica al resultado de eventos que generan profundidades entre 0.5 a 1.0 m o velocidades entre 1.5 a 2.0 m²/s para periodos de retorno de 25 y 100 años, además de rangos entre 0.05 a 0.5 m de profundidad y valores de más de 2 m/s para la velocidad en periodos de 2.33 y 25 años.

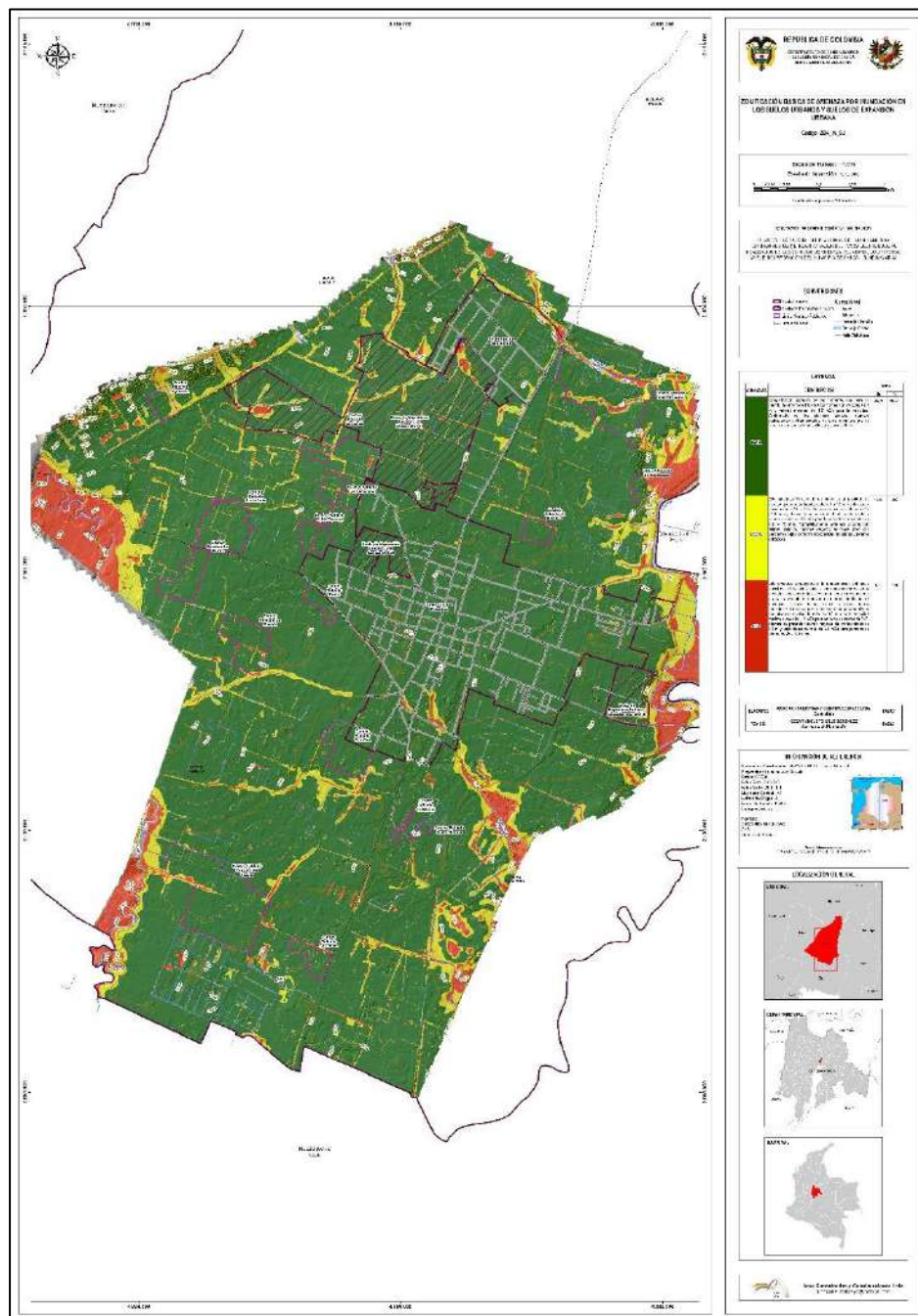


Ilustración 25. Zonificación de amenaza por inundación casco urbano de Cajicá.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022)

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

Tabla 14. Zonificación de amenaza por inundación casco urbano de Cajicá.

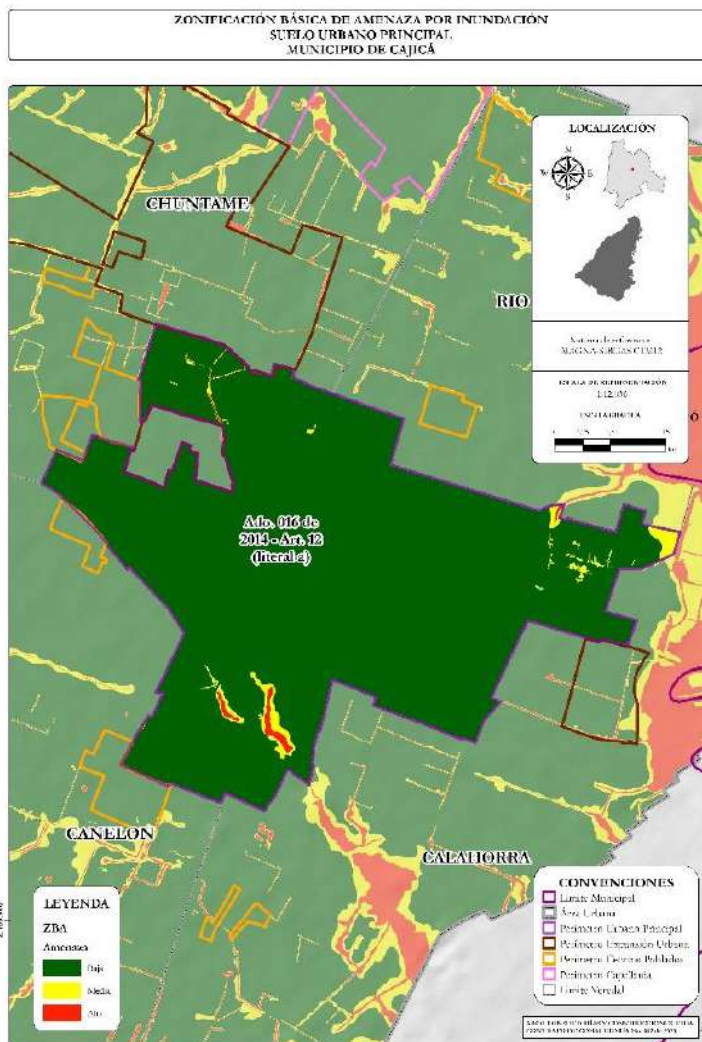
TIPO DE SUELO	ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN					
	BAJA		MEDIA		ALTA	
	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
Suelo Urbano Principal	279,86	50,05%	4,89	0,87%	1,41	0,25%
Suelo Urbano Capellania	47,06	8,42%	2,86	0,51%	0,73	0,13%
Suelo Urbano de Expansión	117,23	20,97%	10,08	1,80%	3,35	0,60%
Centro Poblado Barro Blanco	0,88	0,16%	0,03	0,01%	0,01	0,00%
Centro Poblado Camino Los Vargas	21,51	3,85%	0,39	0,07%	0,12	0,02%
Centro Poblado La Florida	9,87	1,77%	0,67	0,12%	0,28	0,05%
Centro Poblado Los Pasos	4,85	0,87%	0,05	0,01%	0,00	0,00%
Centro Poblado Prado	3,38	0,60%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Centro Poblado Canelón	9,30	1,66%	0,19	0,03%	0,02	0,00%
Centro Poblado La Palma	8,02	1,43%	0,11	0,02%	0,04	0,01%
Centro Poblado La Aguanica	2,89	0,52%	0,75	0,13%	0,09	0,02%
Centro Poblado Los León	1,65	0,30%	0,14	0,03%	0,01	0,00%
Centro Poblado Los Sereneos	8,14	1,46%	0,12	0,02%	0,08	0,01%
Centro Poblado Pablo Herrera	3,12	0,56%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Centro Poblado Santa Inés	12,48	2,23%	0,26	0,05%	0,12	0,02%
Centro Poblado El Misterio	3,60	0,64%	0,10	0,02%	0,03	0,00%
Centro Poblado La Esperanza	2,37	0,42%	0,18	0,03%	0,00	0,00%
Centro Poblado Rincón Santo	21,99	3,93%	3,19	0,57%	2,37	0,42%

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

TIPO DE SUELO	ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN					
	BAJA		MEDIA		ALTA	
	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
Centro Poblado Calahorra	0,95	0,17%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
TOTAL	559,15	94,48%	24,01	4,06%	8,65	1,46%

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Por último, el 1,46% en amenaza alta, esta amenaza por inundación corresponde a la representación del cauce del río y sistemas de canales y vallados, de su crecimiento y una aproximación de zonas afectadas con lluvias y caudales que alcanzan niveles de más de 0.5 m o velocidades máxima que excede los 1.5 m/s para periodos de retorno de 2.33, además de presentar valores mayores de profundidades de 1.0 m y velocidad por profundidad de más de 2.0 m²/s para periodos de retorno de 25 y 100 años. Las corrientes que presenta amenaza por inundación son el Río Bogotá, Río Frio, Quebrada el Cambo y Quebrada La Tenería.



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN URBANO PRINCIPAL				
AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	279,86	4,89	1,41	286,16
PORCENTAJE (%)	97,80%	1,71%	0,49%	100,00%

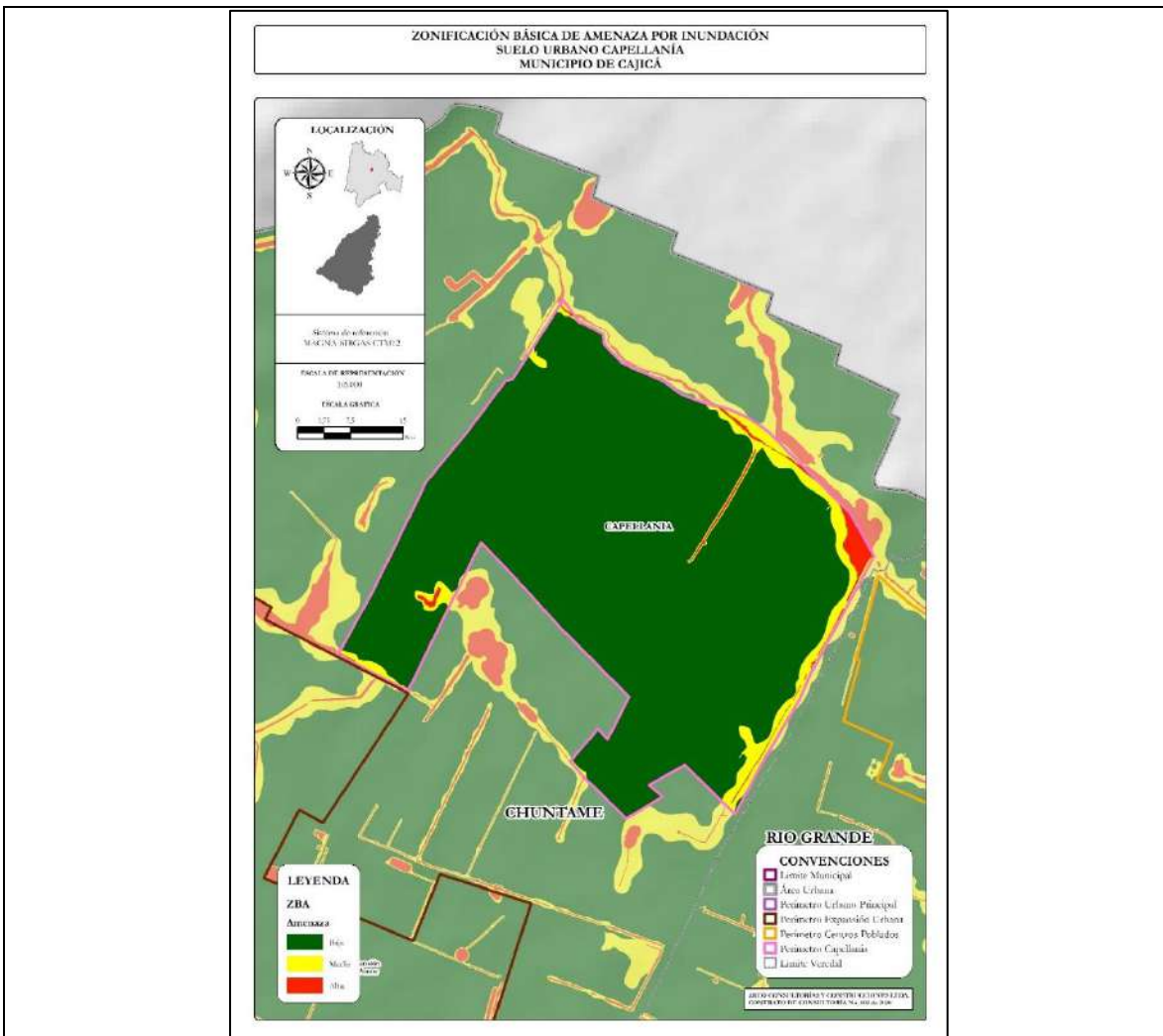
AMENAZA

Media 2% Alta 0%

Baja 98%

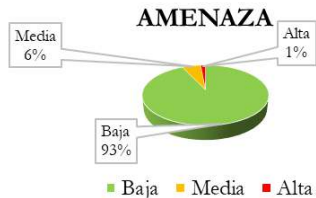
■ Baja ■ Media ■ Alta

Gráfico 3. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación urbano principal.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN URBANO CAPELLANÍA

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	47,06	2,86	0,73	50,65
PORCENTAJE (%)	92,91%	5,65%	1,44%	100,00%



AMENAZA

Media 6%

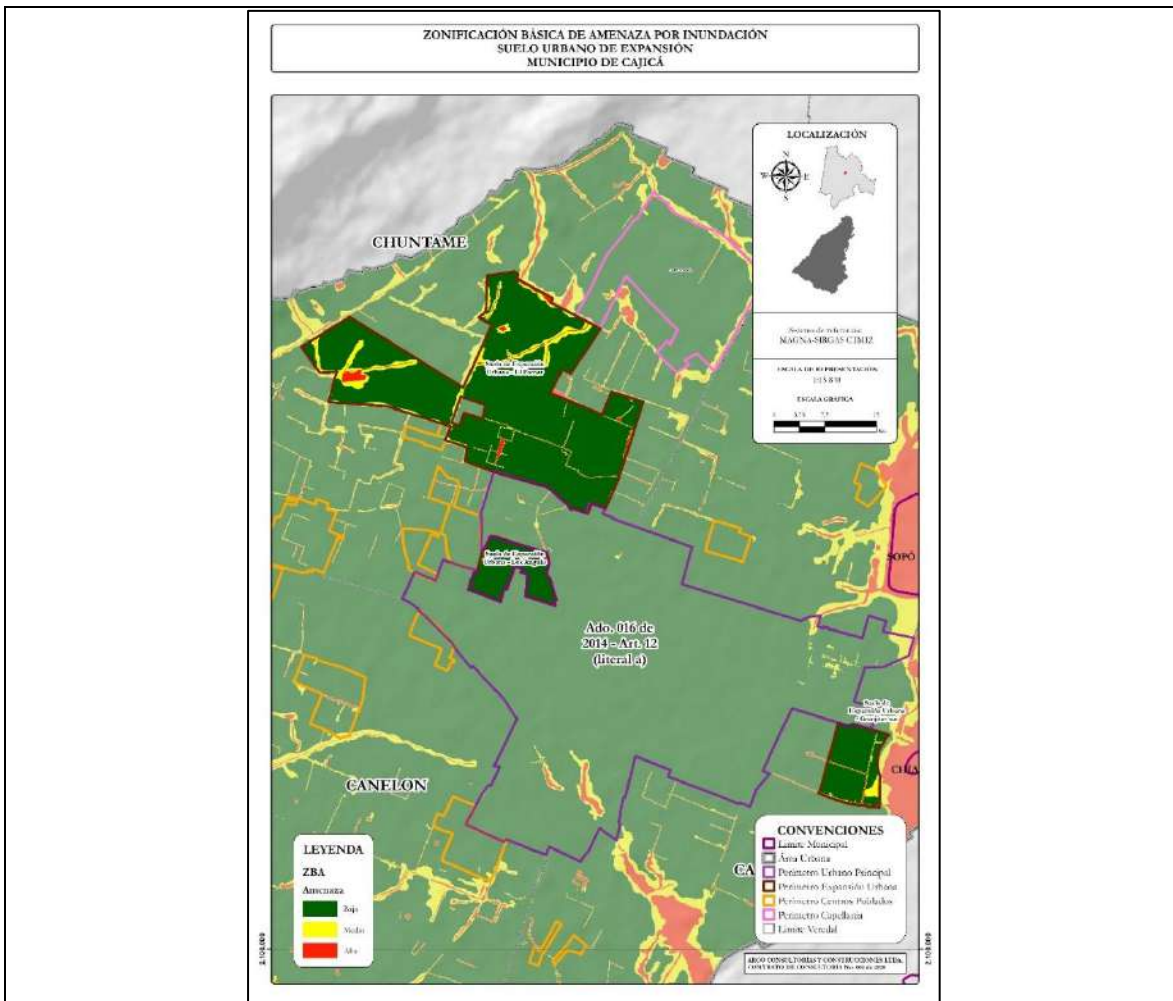
Alta 1%

Baja 93%

■ Baja ■ Media ■ Alta

Gráfico 4. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Capellanía.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN URBANO SUELO DE EXPANSIÓN URBANA				
AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	117,23	10,08	3,35	130,66
PORCENTAJE (%)	89,72%	7,71%	2,56%	100,00%

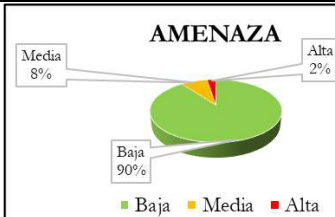
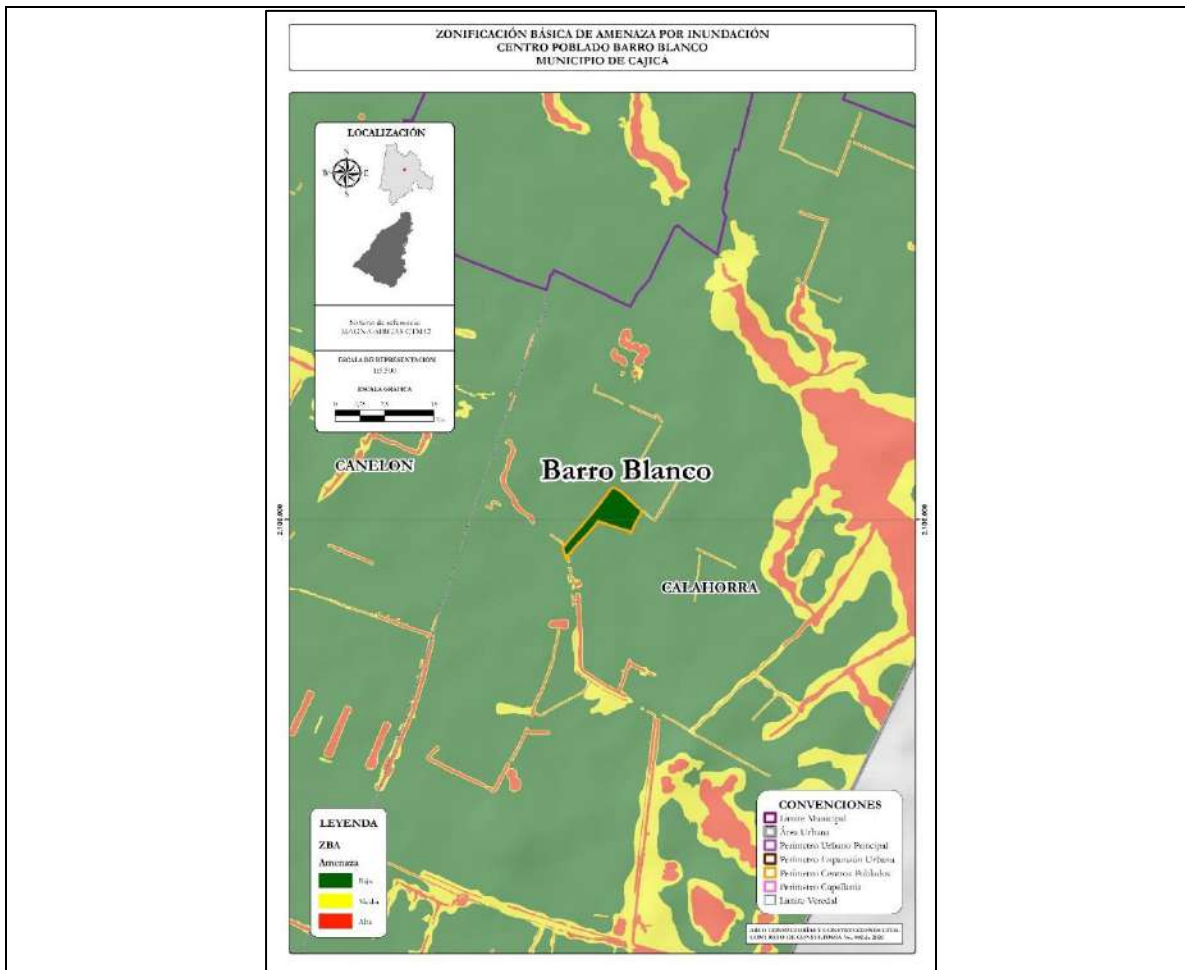


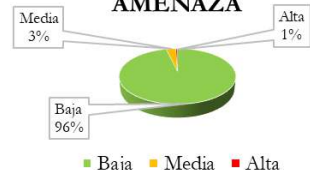
Gráfico 5. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación expansión urbana.
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO BARRO BLANCO

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	0,88	0,029	0,005	0,914
PORCENTAJE (%)	96,28%	3,17%	0,55%	100,00%

AMENAZA



Media 3%

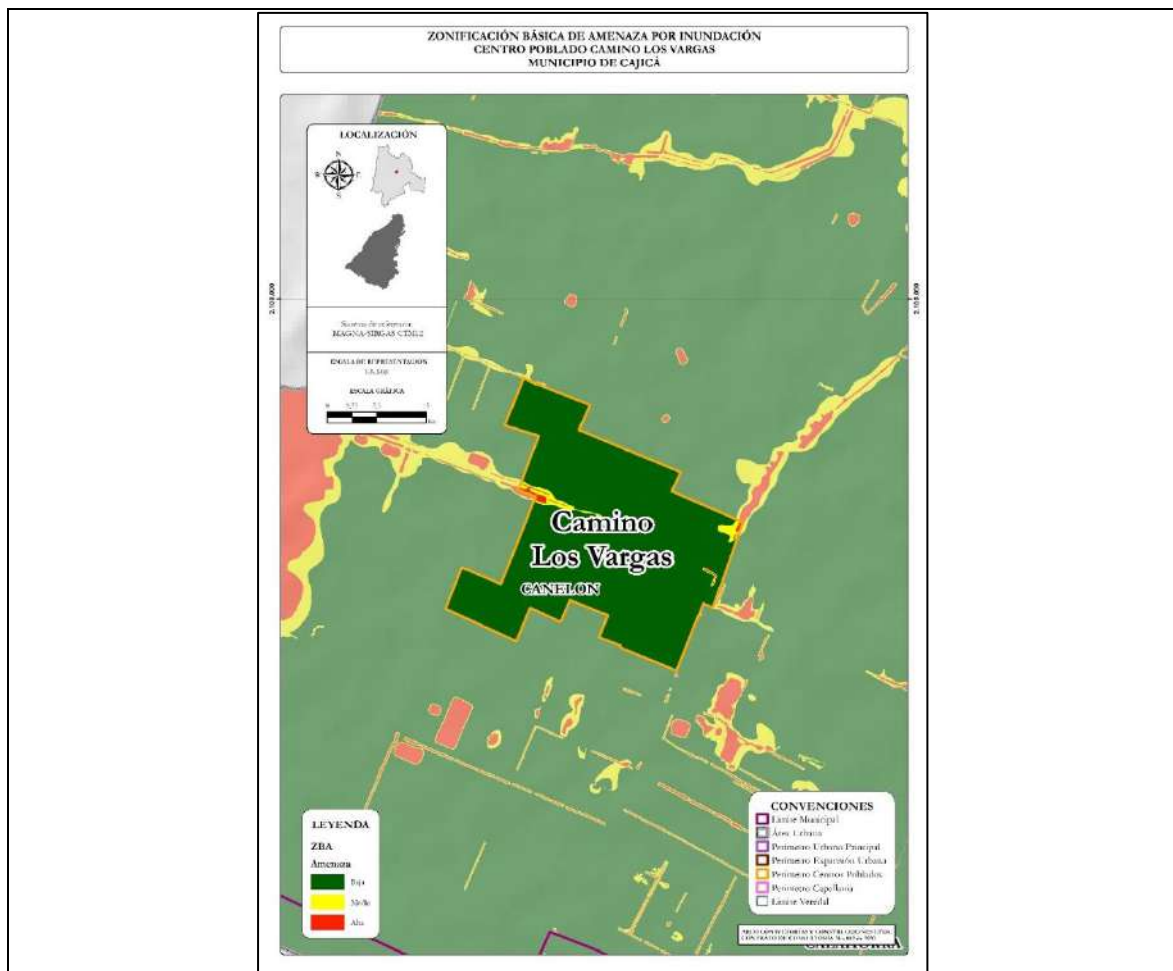
Alta 1%

Baja 96%

■ Baja ■ Media ■ Alta

Gráfico 6. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Barro Blanco.

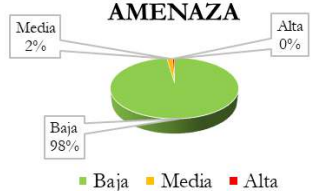
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO CAMINO LOS VARGAS

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	21,51	0,39	0,12	22,02
PORCENTAJE (%)	97,68%	1,77%	0,54%	100,00%

AMENAZA

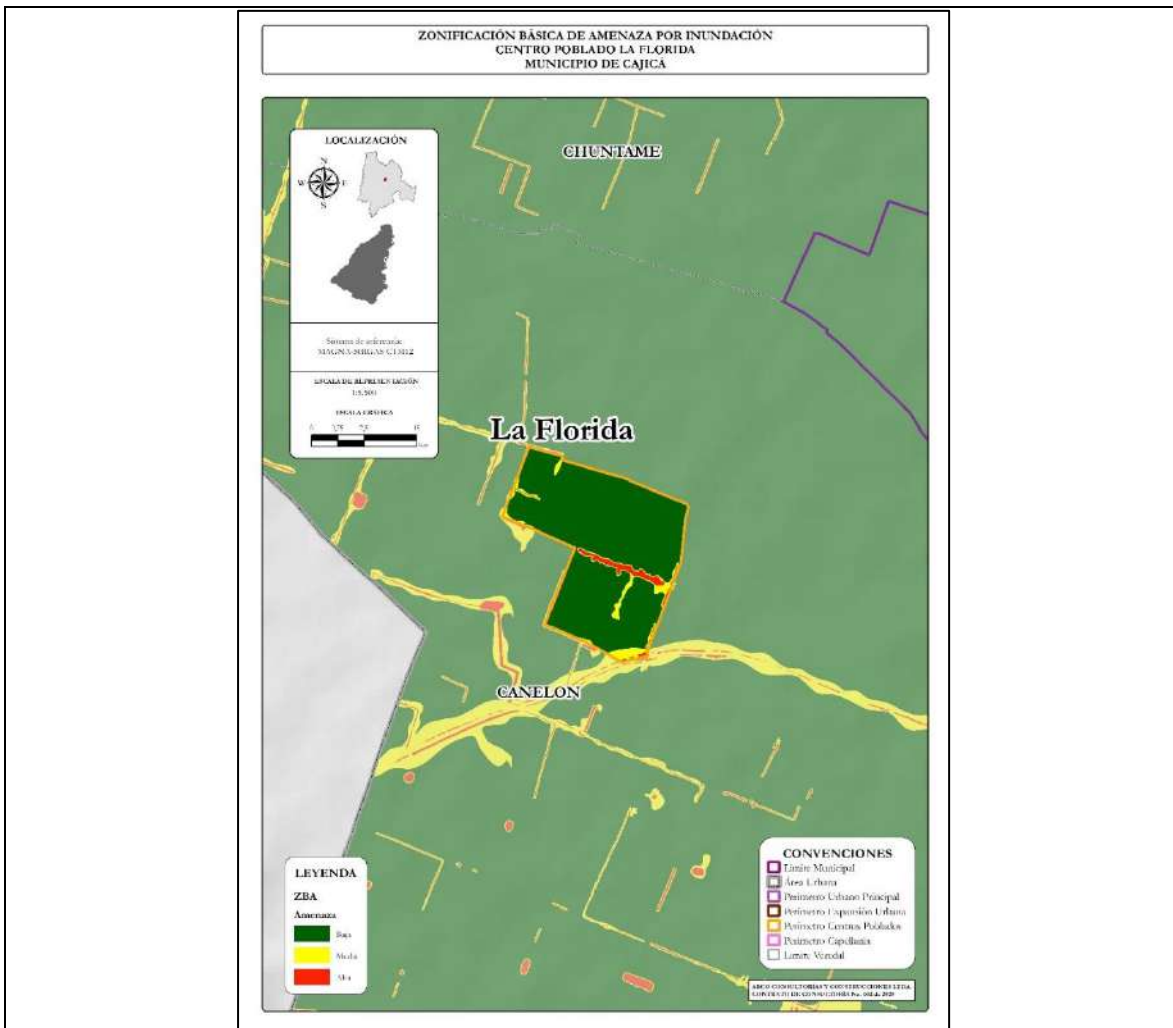


Baja 98%
 Media 2%
 Alta 0%

■ Baja ■ Media ■ Alta

Gráfico 7. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Camino Los Vargas.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO LA FLORIDA

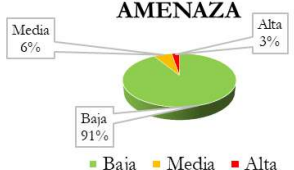
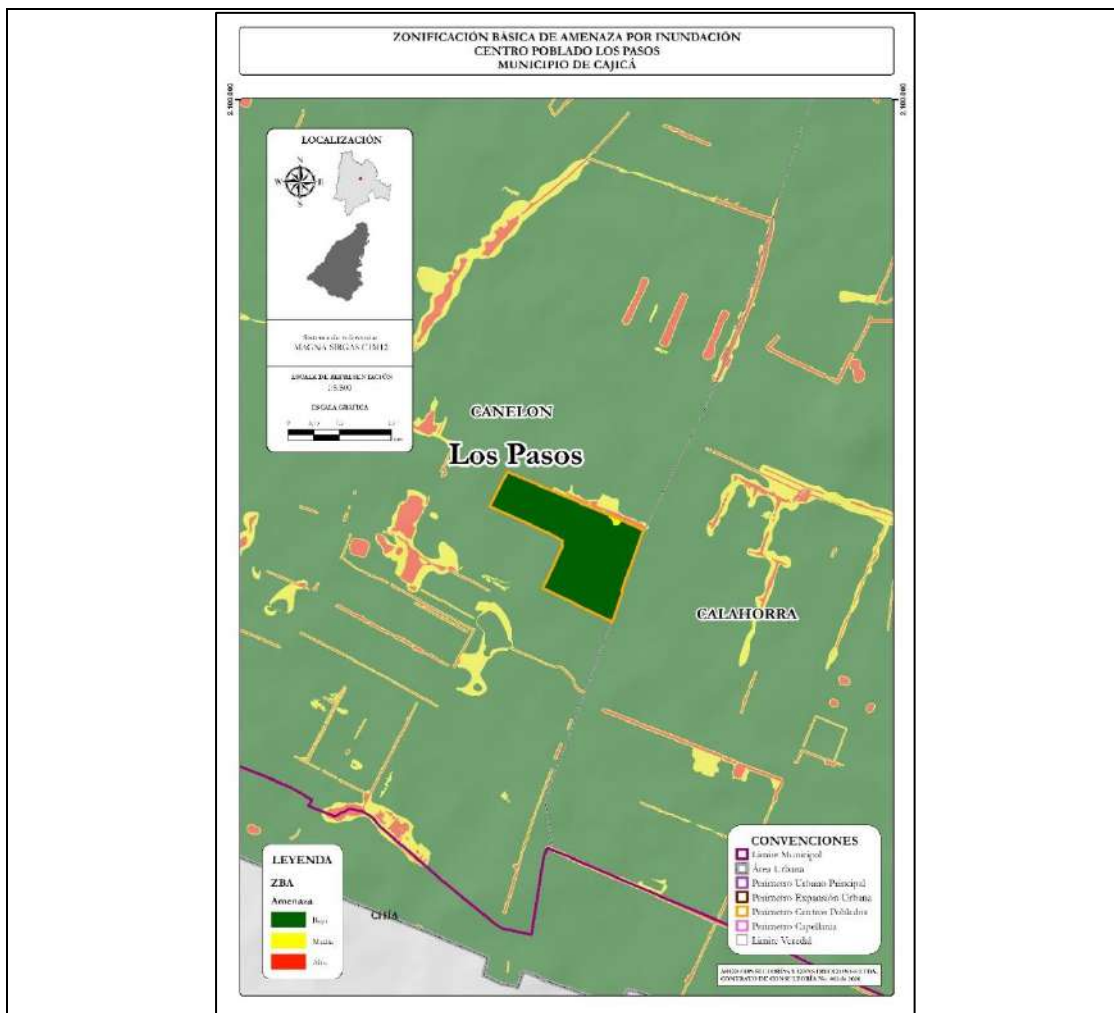
AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL	 AMENAZA Media 6% Alta 3% Baja 91% ■ Baja ■ Media ■ Alta
ÁREA (Ha)	9,87	0,67	0,28	10,82	
PORCENTAJE (%)	91,22%	6,19%	2,59%	100,00%	

Gráfico 8. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado La Florida.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

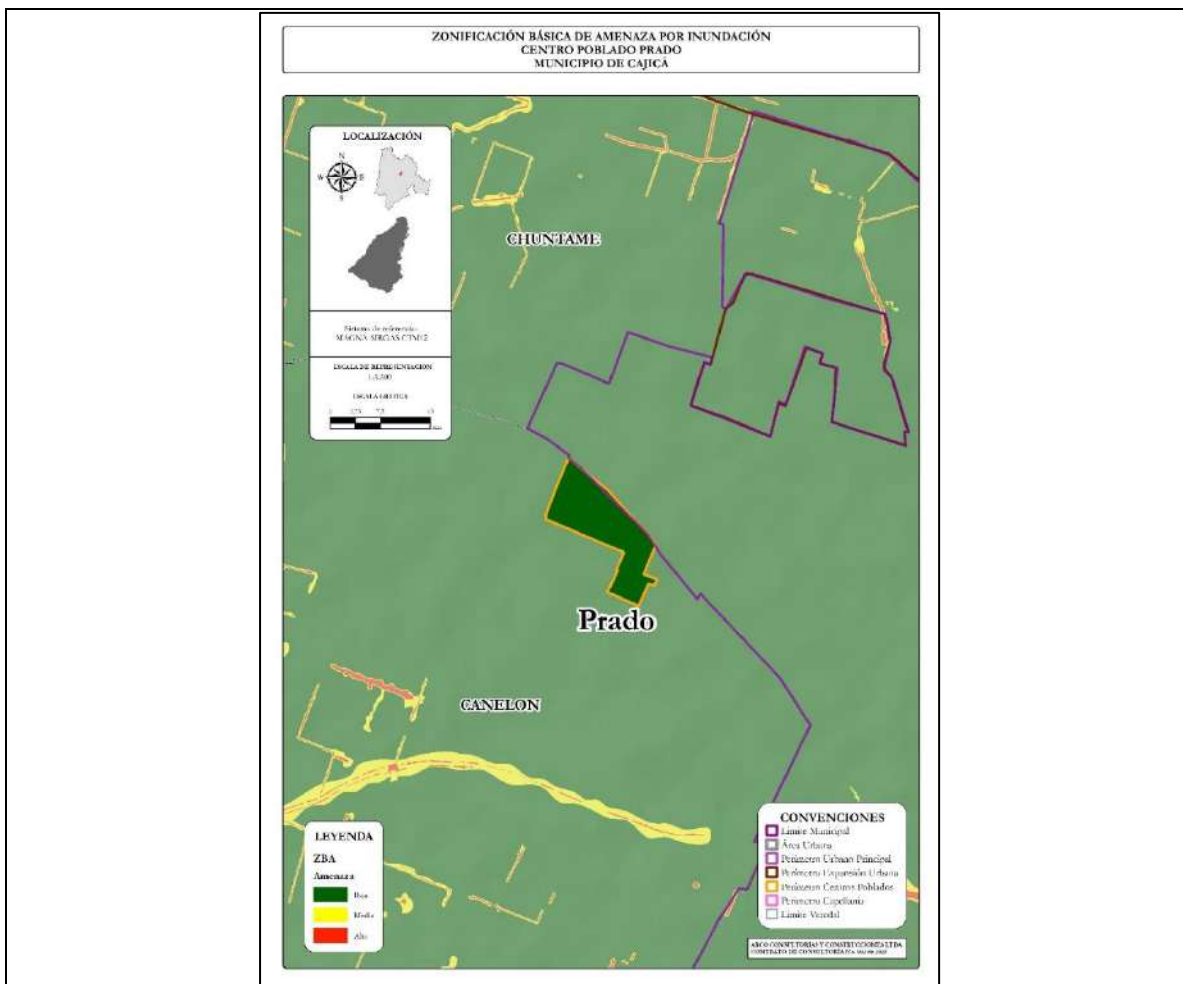


AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO LOS PASOS

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL	 AMENAZA Media 1% Alta 0% Baja 99% ■ Baja ■ Media ■ Alta
ÁREA (Ha)	4,85	0,05	0,00003	4,90003	
PORCENTAJE (%)	98,98%	1,02%	0,00%	100,00%	

Gráfico 9. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Los Pasos

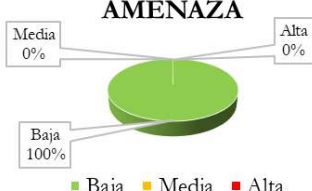
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO PRADO

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	3,38	0	0	3,38
PORCENTAJE (%)	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%

AMENAZA



Media 0% Alta 0% Baja 100%

■ Baja ■ Media ■ Alta

Gráfico 10. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Prado

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

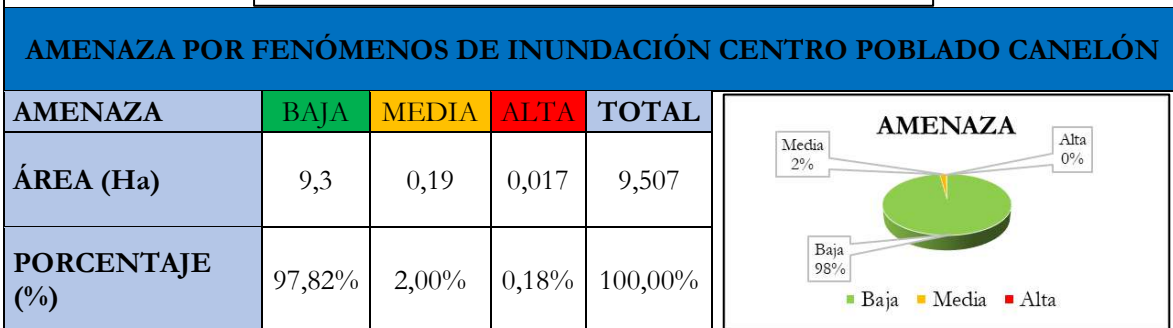
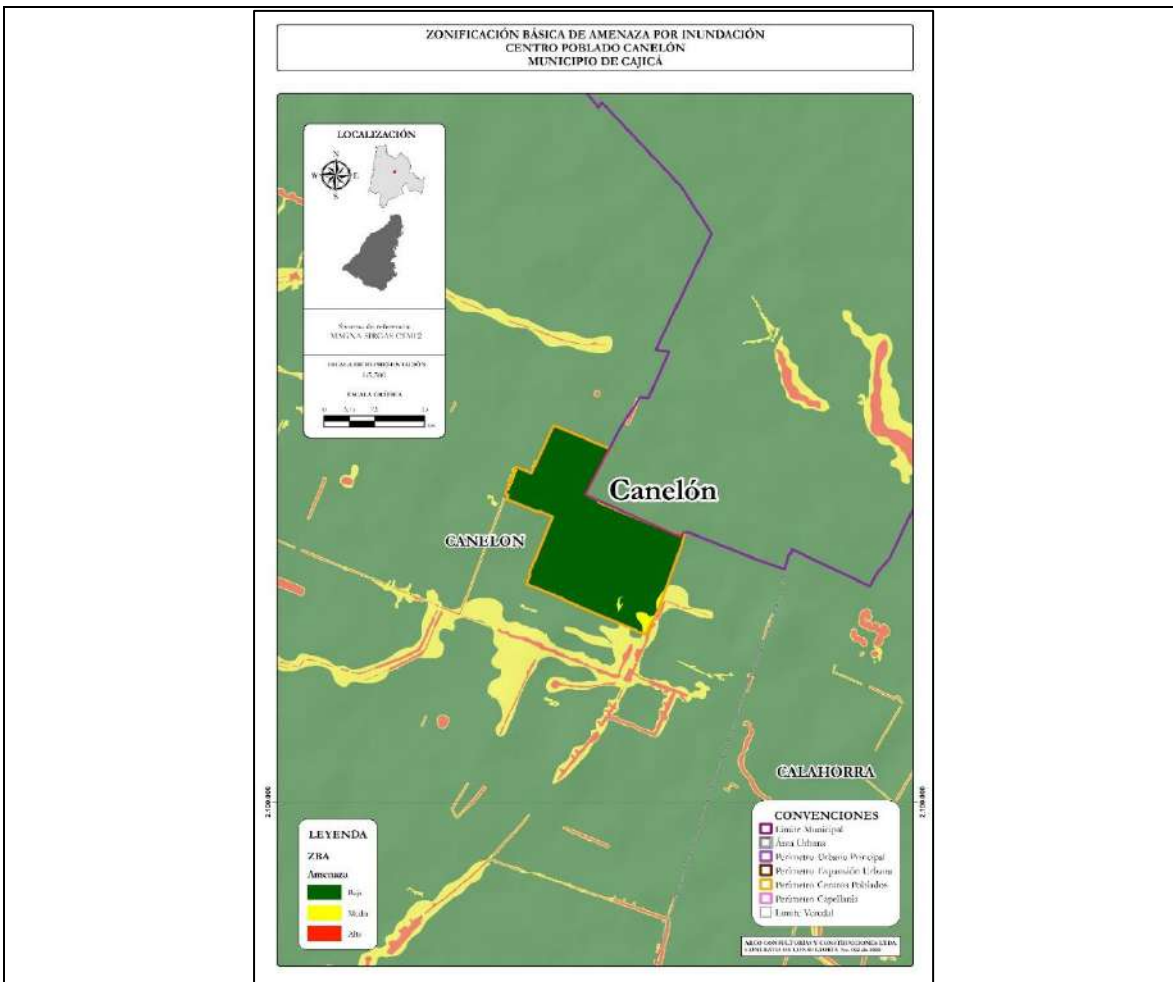


Gráfico 11. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Canelón

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

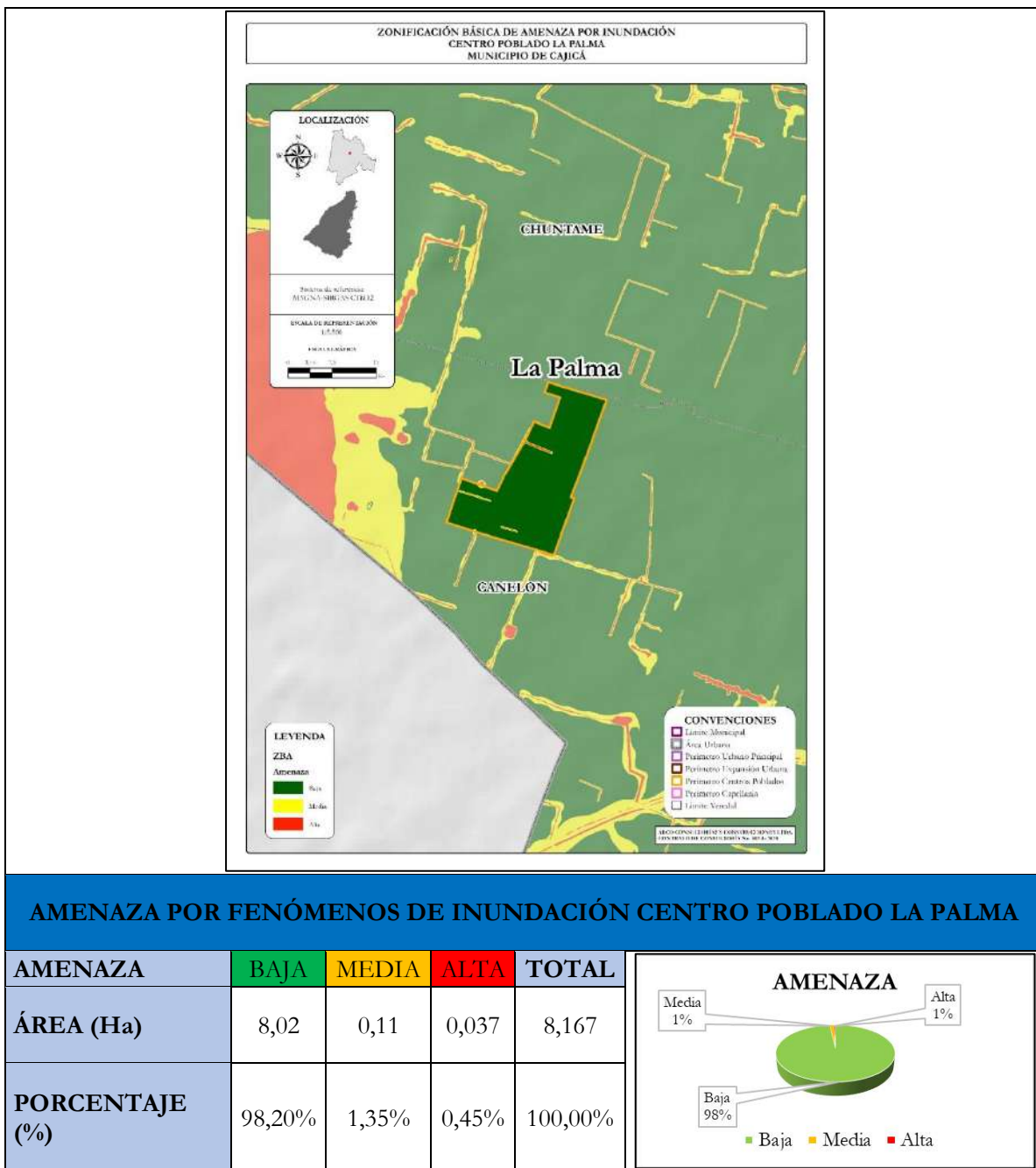
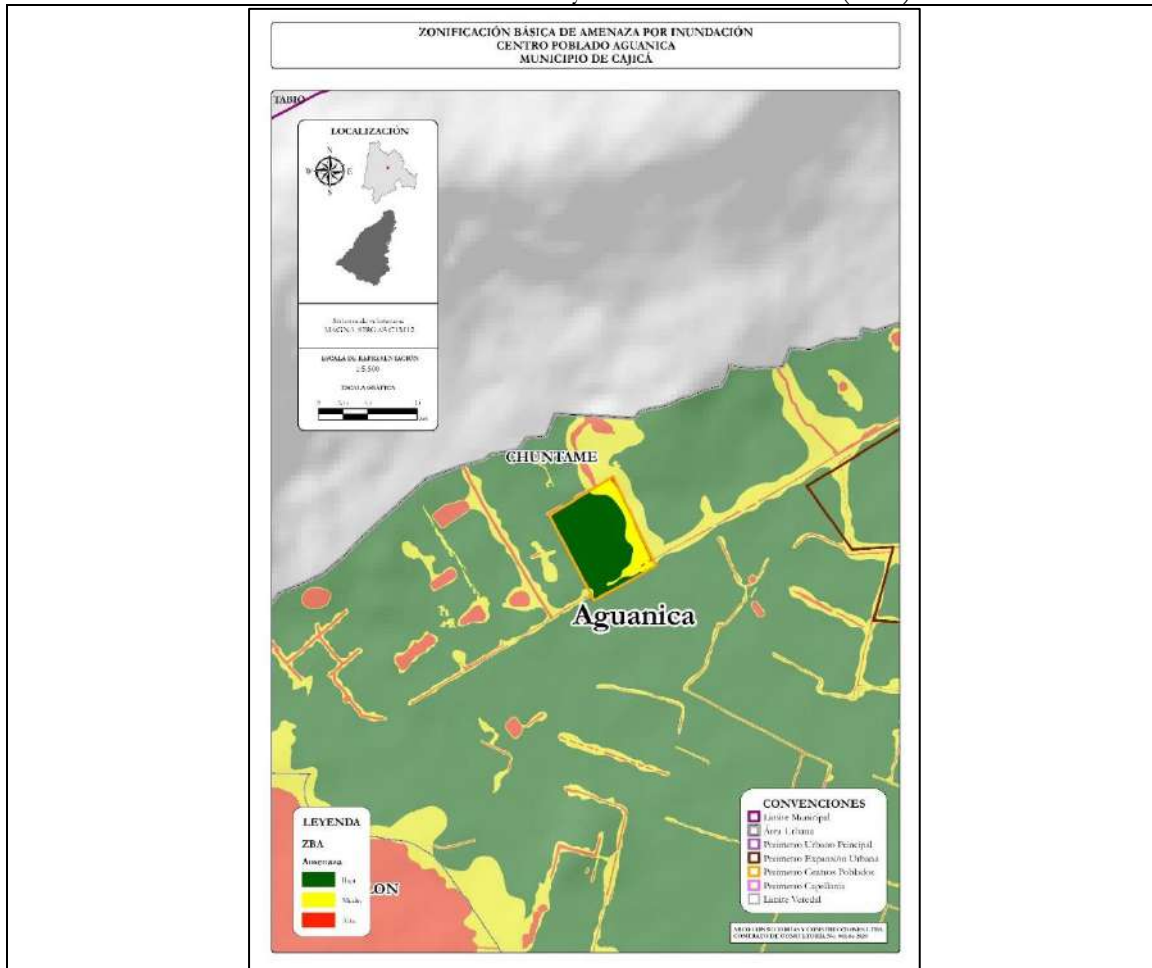


Gráfico 12. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado La Palma

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO LA AGUANICA

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	2,89	0,75	0,09	3,73
PORCENTAJE (%)	77,48%	20,11%	2,41%	100,00%

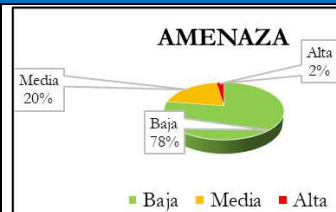
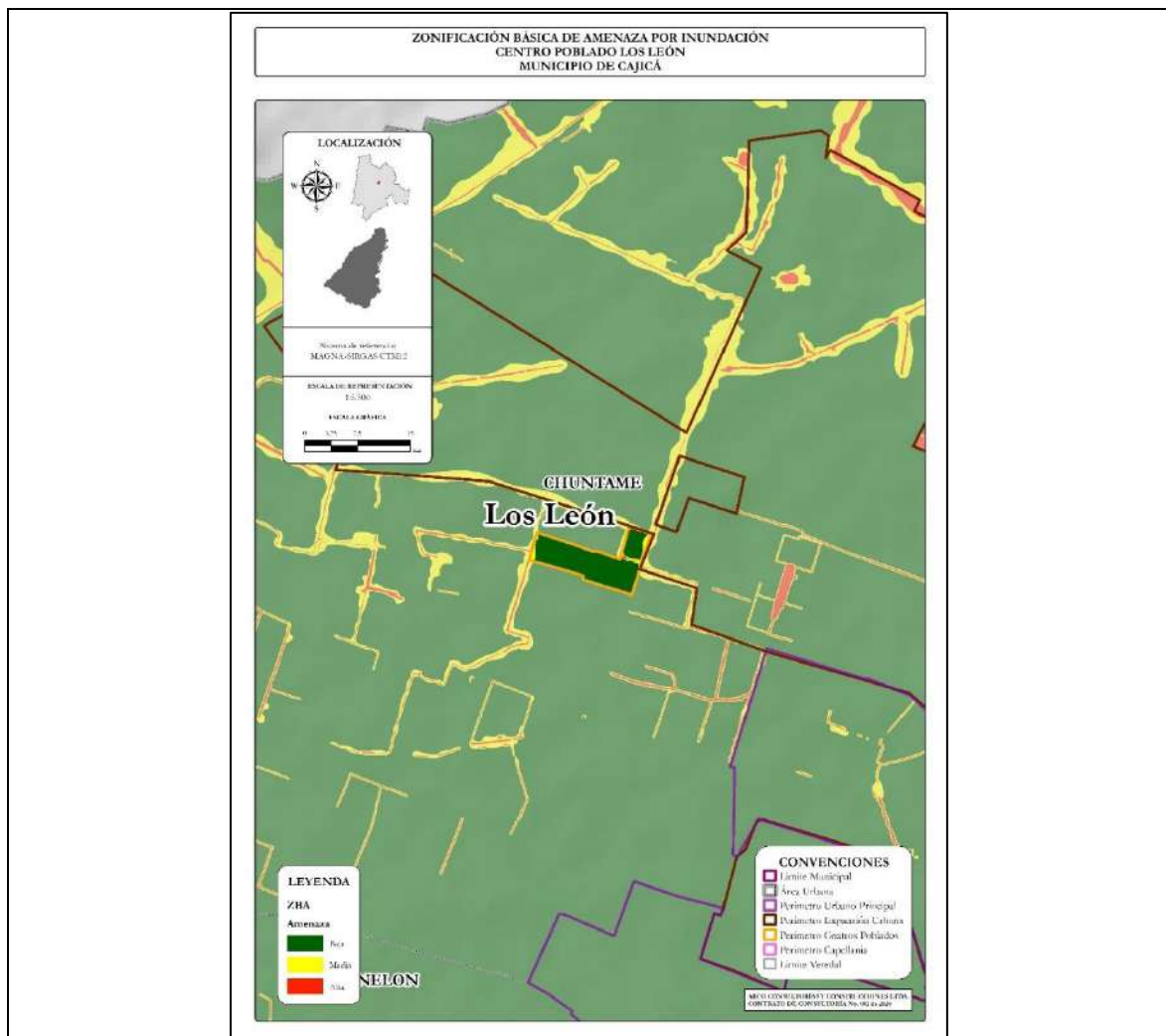


Gráfico 13. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Aguanica

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO LOS LEÓN				
AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	1,65	0,14	0,008	1,798
PORCENTAJE (%)	91,77%	7,79%	0,44%	100,00%

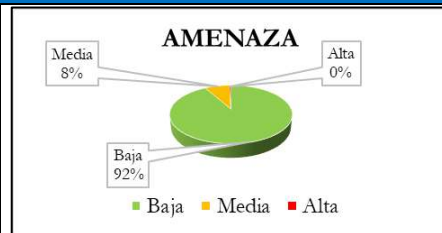


Gráfico 14. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Los León

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

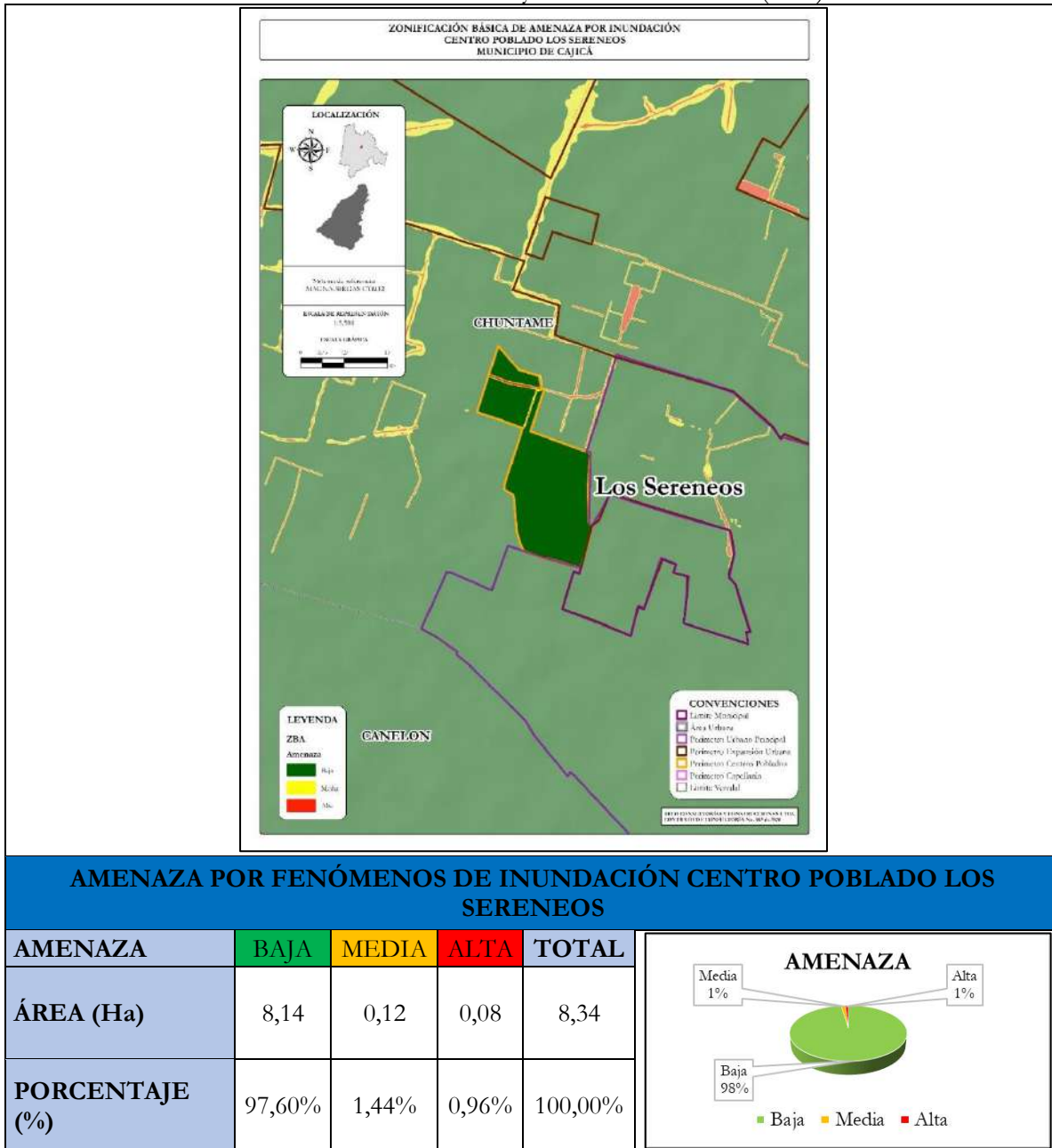


Gráfico 15. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Los Sereneos

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

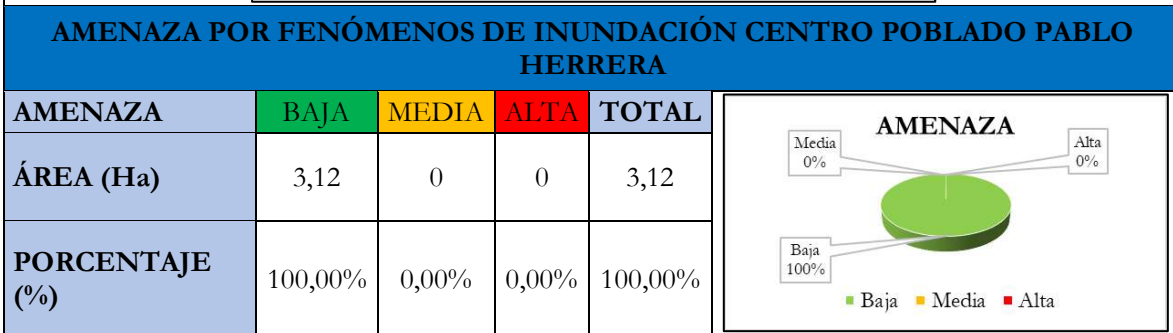
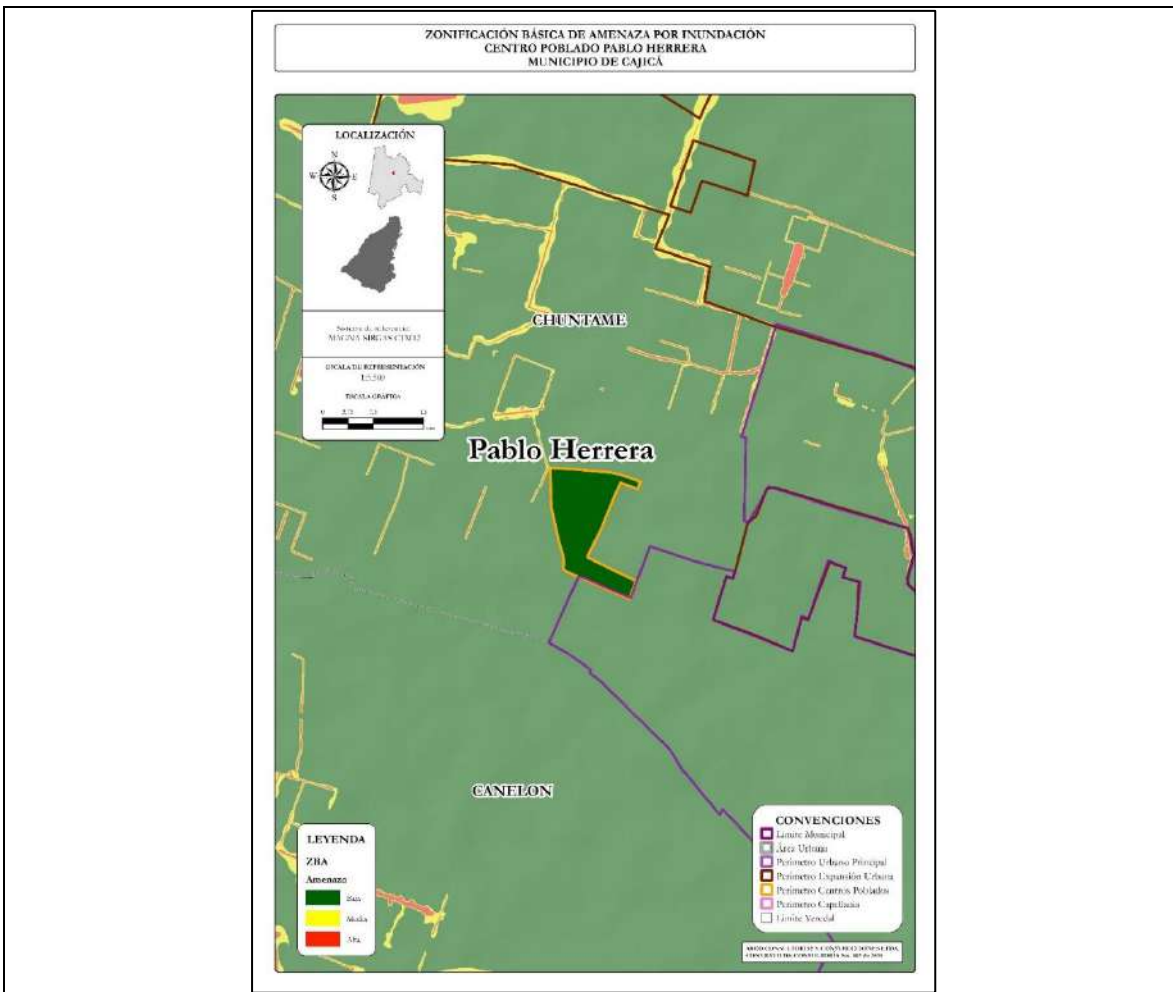


Gráfico 16. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Pablo Herrera

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

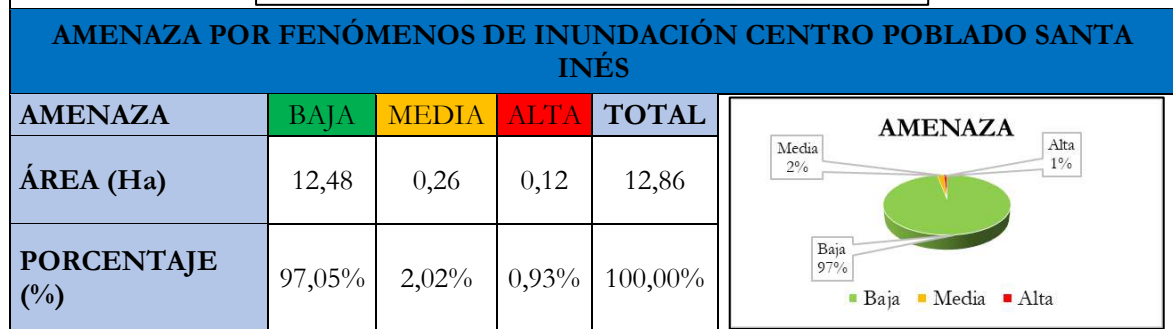
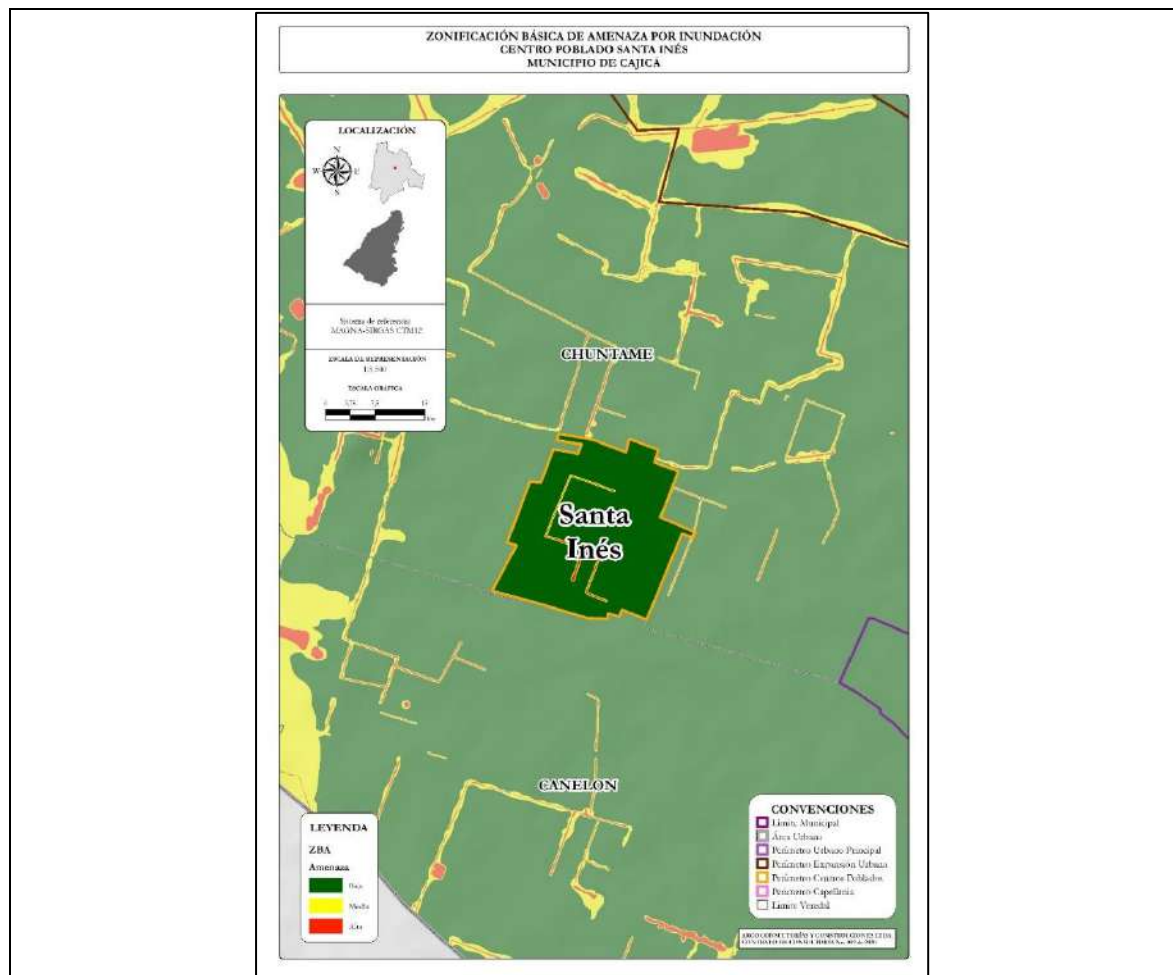
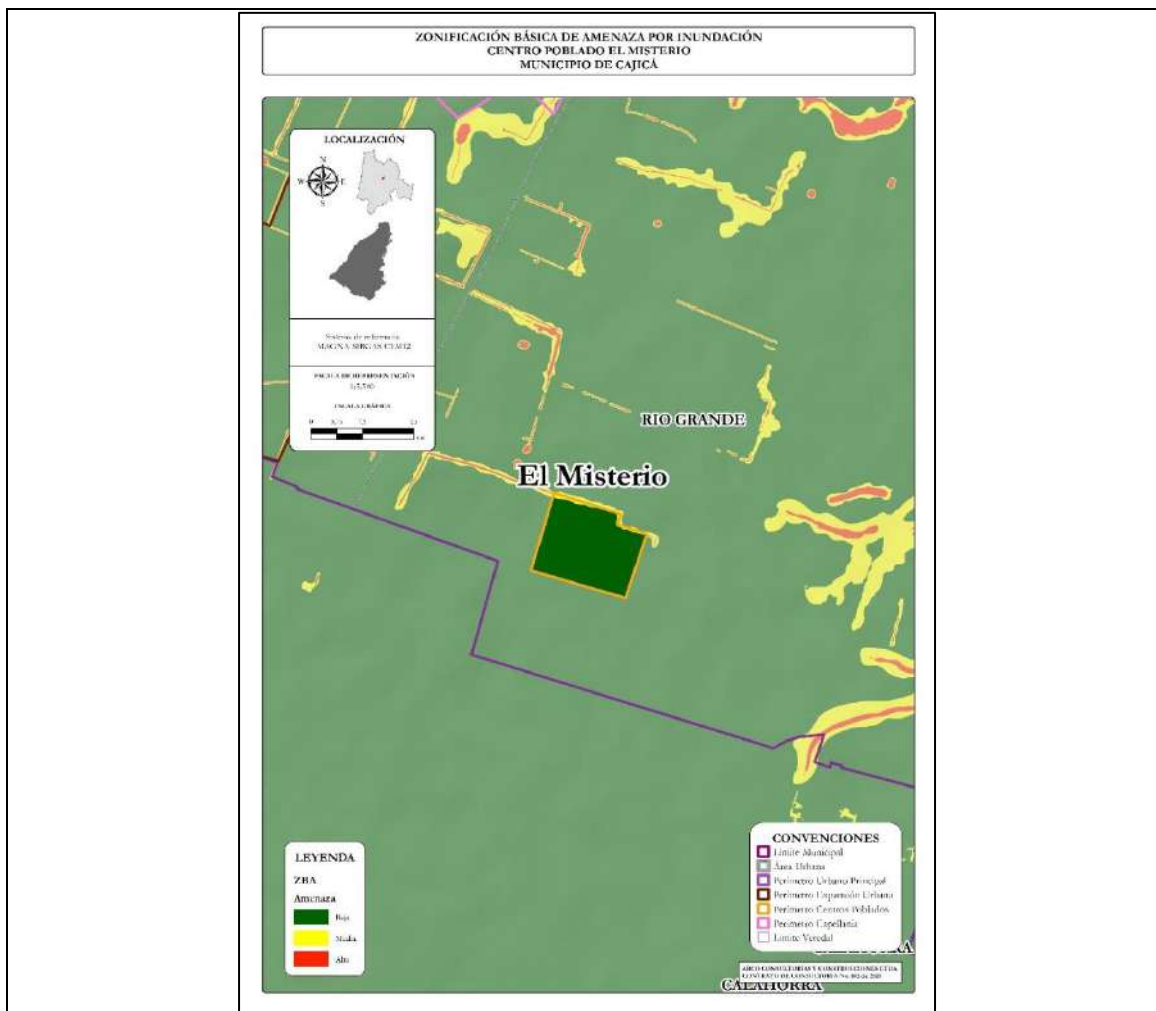


Gráfico 17. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Santa Inés

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO EL MISTERIO

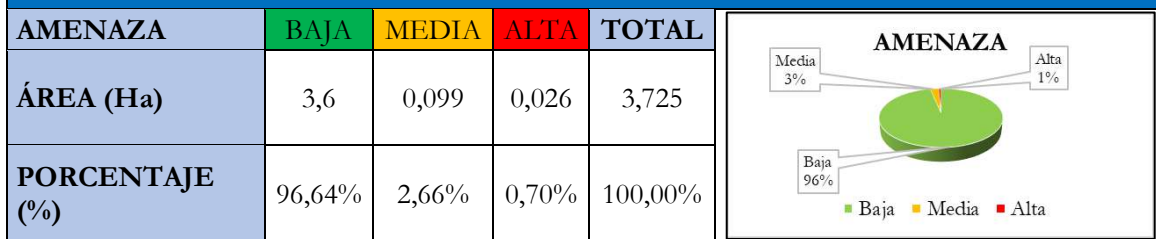
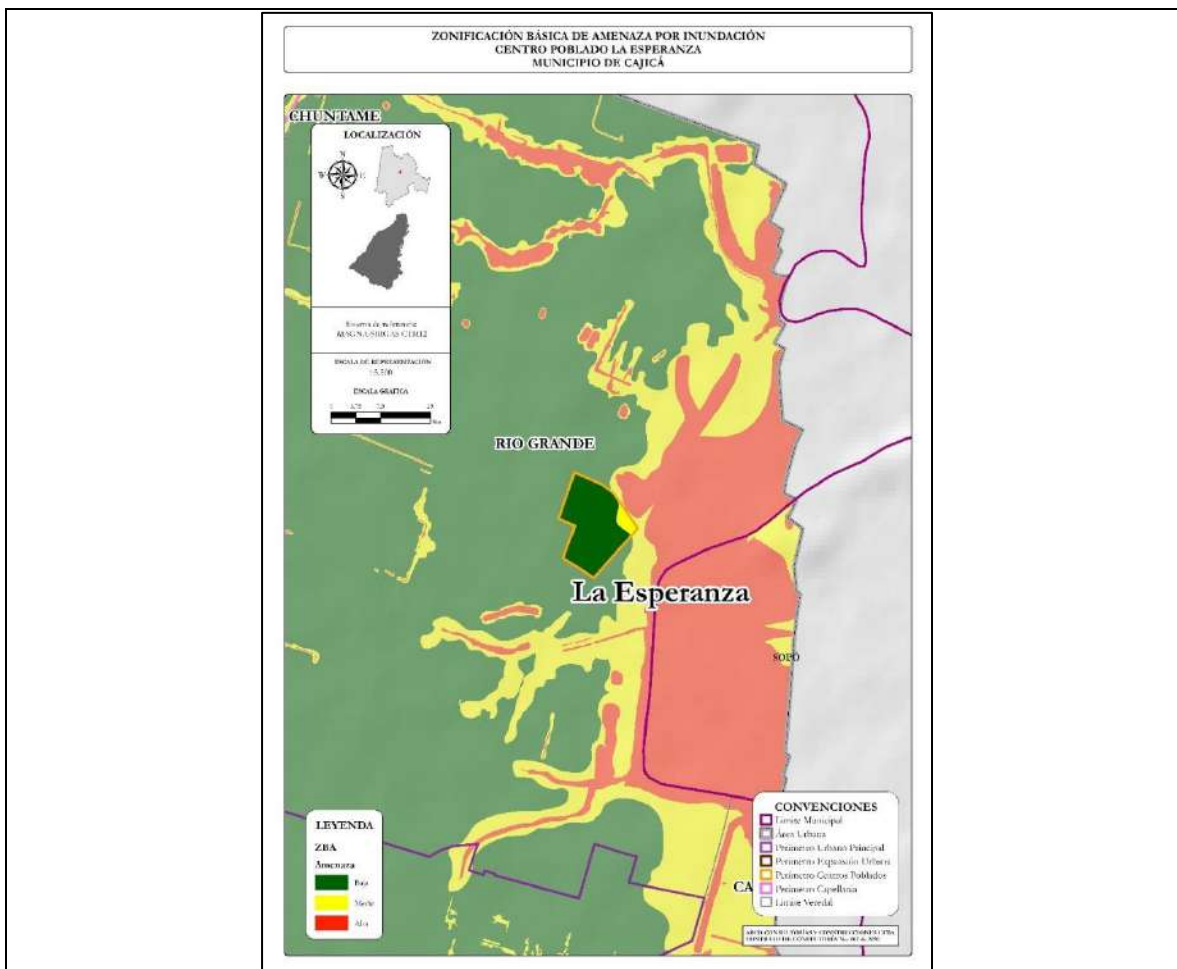


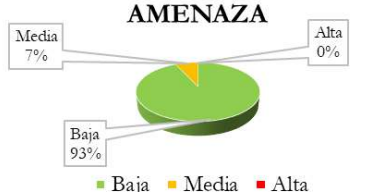
Gráfico 18. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado El Misterio

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO LA ESPERANZA

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	2,37	0,18	0	2,55
PORCENTAJE (%)	92,94%	7,06%	0,00%	100,00%



AMENAZA

Media 7%

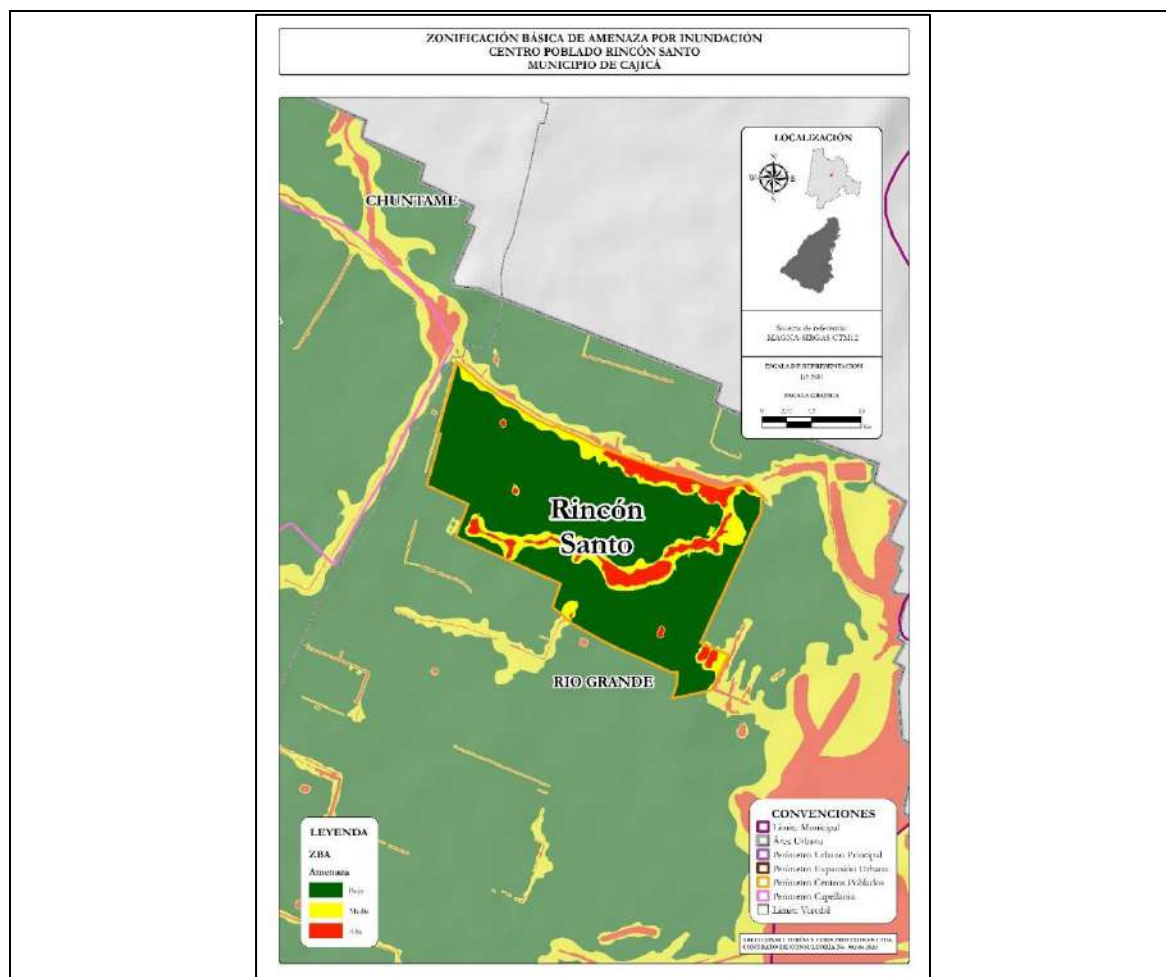
Baja 93%

Alta 0%

■ Baja ■ Media ■ Alta

Gráfico 19. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado La Esperanza

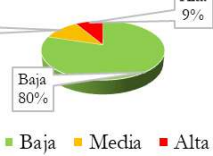
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



AMENAZA POR FENÓMENOS DE INUNDACIÓN CENTRO POBLADO RINCÓN SANTO

AMENAZA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
ÁREA (Ha)	21,99	3,19	2,37	27,55
PORCENTAJE (%)	79,82%	11,58%	8,60%	100,00%

AMENAZA



Baja 80%

Media 11%

Alta 9%

■ Baja ■ Media ■ Alta

Gráfico 20. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Rincón Santo

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

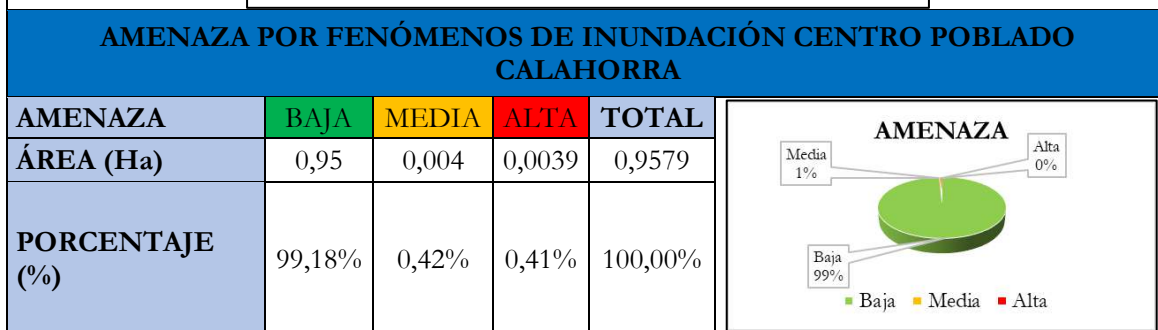
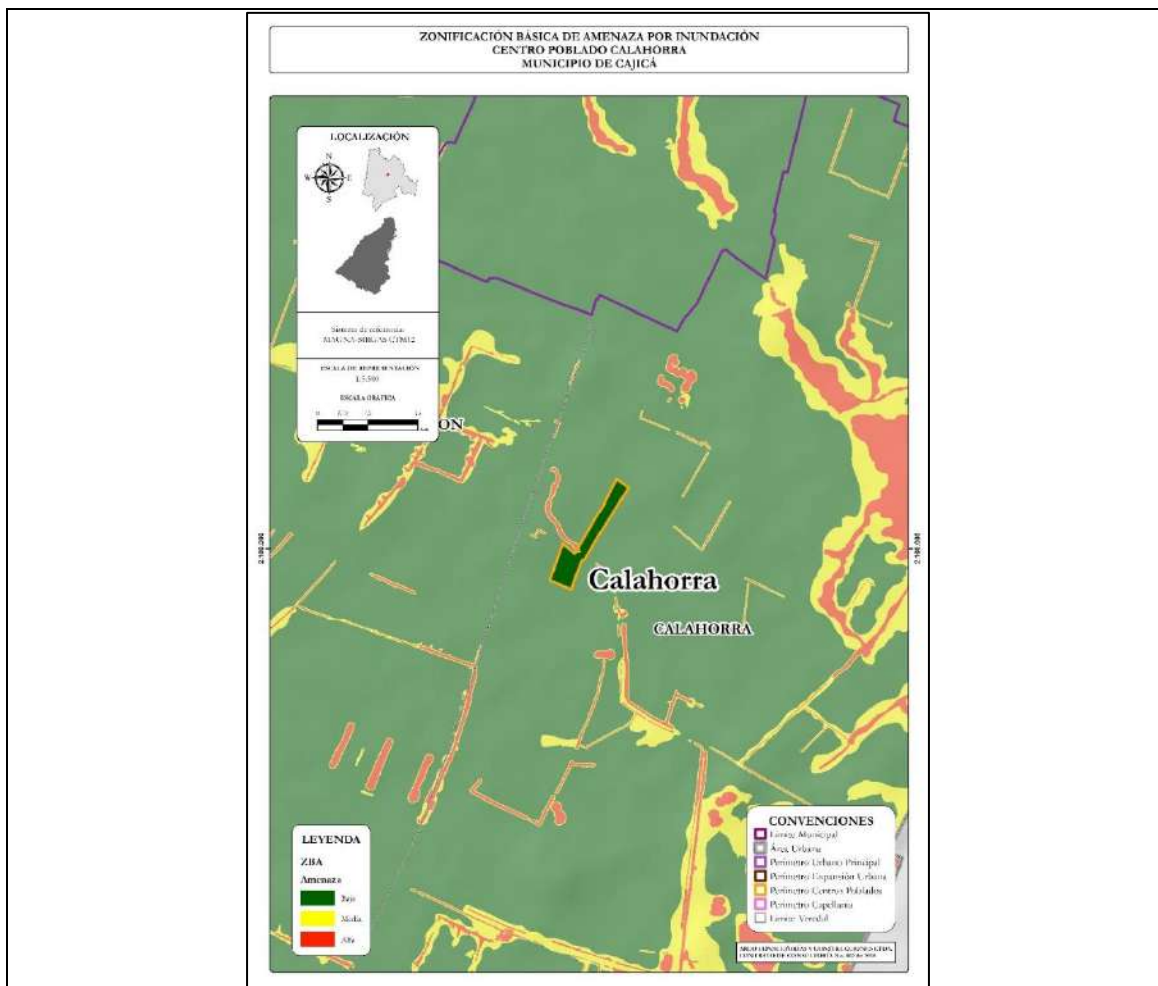
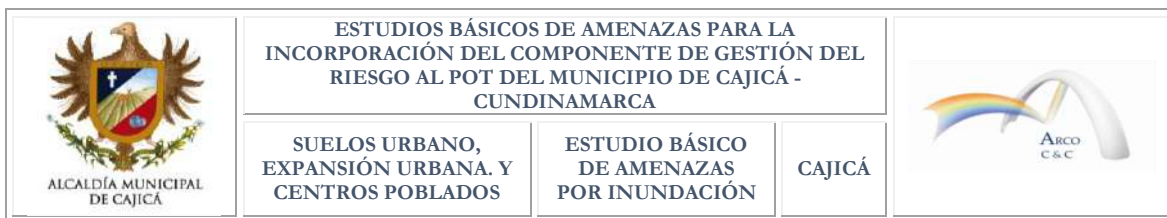


Gráfico 21. Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación, Amenaza por inundación Centro Poblado Calahorra

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



El 94.26% del área de modelación evaluado para el casco urbano de Cajicá corresponde geomorfológicamente a un ambiente fluvial y lagunar, característico de zonas cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando pierden capacidad de arrastre tanto en épocas de grandes inundaciones, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante épocas de estiaje. Sobre la zona noroccidental se tiene abanicos aluviales con superficies onduladas debido a que sobre esta zona se encuentra el área montañosa del casco urbano, con pendientes el orden de 1° a 5°, aunque pueden alcanzar 10° cerca de los ápices de los abanicos. Se presentan afectaciones sobre el sistema de vallados que se conectan y por presiones hidrostáticas sobrepasan los límites hidráulicos de las estructuras provocando desbordamientos sobre zonas residenciales.

Sobre los cauces del Río Bogotá y Río Frio se tiene cauces aluviales de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo, los cuales generan lagunas y rápidos cuando recorren grandes distancias, generando planos anegadizos como se presenta sobre el Río Bogotá, con zonas casi planas e irregulares de pendiente suave, producto del mal drenaje lo que genera encharcamientos como se evidencia sobre el humedal de Chunuguá. Sobre las rondas de estas corrientes principales se tiene las llanuras de inundación, superficie de morfología cóncava a plana, baja, ondulada, frecuentemente inundable como se aprecia en los resultados con categorías de amenaza media y baja.

Gran parte del casco urbano y del ambiente fluvial y lagunar se define como una planicie y delta lacustre, superficie extensa de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de varios metros de altura; su origen está relacionado al desplazamiento lateral del cauce del Río Bogotá y Río Frio dentro de la llanura aluvial.

Por otra parte, cabe resaltar el ambiente antropogénico que representa el 5.15%, debido a la alta intervención del hombre sobre el terreno, con el principal objetivo de la construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, modificando la morfología natural del terreno y por consiguiente del sistema de canales, vallados y demás drenajes, los cuales se conectan mediante estructuras hidráulicas sin la suficiente capacidad hidráulica para soportar la escorrentía generada en las épocas de eventos máximos, y en ocasiones dichos cuerpos se encuentran sin una descarga lo que produce represamientos como el caso del sector La Balsa, donde inicialmente el cuerpo de agua era un vallado, el cual con el tiempo aumentó su ancho hasta adquirir características de humedal presentado una alta colmatación de material vegetal en su cauce y por todo su recorrido, lo que produce un estancamiento en temporadas invernales debido a la precipitación y captación de la escorrentía provenientes de la vía.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.9 CONCLUSIONES

- Se debe establecer la diferencia y normativa correspondiente entre drenajes naturales y vallados dentro del inventario de los cuerpos de agua ante todas las entidades competentes, dado que si se reconoce un cuerpo de agua como fuente natural es posible definir la ronda hídrica (30 metros respecto al centro del cauce) con la cual se puede garantizar su comportamiento fluvial estableciendo áreas de protección ante fenómenos de inundación que no afecten a comunidades e infraestructuras aledañas ante eventos máximos a los que el cauce puede ser sometido. Mientras que los canales y/o vallados no son considerados como fuentes hídricas naturales, debido a que constituyen estructuras antrópicas.
- Como gran parte de la problemática de inundación que se identifica sobre el municipio de Cajicá se tiene que el sistema de vallados y canales han sido modificado por factores antrópicos debido al cambio de uso de suelo del municipio. Esos cuerpos de agua presentan problemáticas como su falta de conexión hacia una apropiada descarga, lo que genera zonas de flujos estancados que afectan a las comunidades e infraestructura aledaña, además de no contar con conexiones hidráulicas que garanticen la capacidad hidráulica a apropiados periodos de retorno, permitiendo transitar los caudales hasta zonas de descarga donde no se genere vulnerabilidad o riesgo de inundación.
- El crecimiento poblacional y de infraestructura en la región ha modificado la dinámica hidrológica de los cursos de agua, donde se han obstruido, desviado y/o intervenido múltiples canales y humedales en el territorio, generando problemas en el flujo y las descargas del recurso hídrico y favoreciendo la ocurrencia de inundaciones en los puntos críticos resaltados en el presente estudio.
- Se resalta que el alcance del presente estudio es de carácter básico, el cual debe ser tomado como insumo para el desarrollo de estudios de mayor detalle, por lo que en ningún caso se debe tomar como soporte definitivo para el diseño e implementación de medidas de mitigación.
- Al ser este un estudio básico, no se tienen análisis de detalle sobre el comportamiento de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario de la zona de estudio. Así mismo, en la

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

información suministrada no se tienen los datos de los caudales que circulan sobre la misma. En consecuencia, en el presente estudio se simularon estructuras hidráulicas tipo box-culvert dentro del área de estudio, esto con el objetivo de garantizar continuidad en el flujo, permitiendo obtener resultados acordes al contexto real. Se recomienda incluir la red de alcantarillado en la evaluación de inundaciones en estudios de mayor detalle donde se tomen en consideración los caudales demandados.

- El 5,52% del casco urbana de Cajicá se encuentra en amenaza alta y media de inundación, donde la principal causa identificada es el colapso del sistema de alcantarillado; las cuales no cuentan con las condiciones hidráulicas de transportar aguaceros torrenciales generados en las zonas altas que fluyen hasta el casco urbano y los caudales demandados por el sistema de alcantarillado pluvial y sanitario.
- Se debe realizar las obras necesarias para la adecuación de las obras hidráulicas capaz de separar el agua lluvia de las aguas residuales. Independencia total del alcantarillado pluvial y sanitario.
- Gran parte de la afectación por inundación sobre el municipio de Cajicá se debe a la intervención a la cual han sido sometidos los diferentes canales o vallados que, debido al crecimiento poblacional y desarrollo urbanístico, han variado el comportamiento natural del sistema de drenaje, lo que por consecuencia ante eventos de precipitación máximas provocarán como resultado un nivel de amenaza latente a inundaciones como se evidencia sobre los registros históricos, con reportes de colapso del sistema de alcantarillado, vallados cerrados por construcciones de vías, obstruidos o canalizados con diámetros que no cumplen la capacidad hidráulica, canales que no tiene conexión con el sistema de vallados, recepciona aguas lluvias locales y como no tiene conexión cuando llueve, se supera su capacidad de almacenamiento colmatándose, desborda sus aguas e inundando sus áreas adyacentes.
- Un ejemplo de estas condiciones antrópicas que afectan el comportamiento hidráulico de los diferentes canales y vallados se evidencia sobre la Quebrada Tenería, donde se tienen niveles de amenaza alta y media por desbordamientos sobre la vía a causa de las bajas pendientes que no permiten tener la energía suficiente para fluir, además de colmatar y rebasar el alcantarillado.

- La Quebrada Tenería sobre la zona norte se compone por un canal sencillo que corre en dirección Noroeste-Sureste ubicado sobre el casco urbano y en la zona sur se tiene otro canal sencillo que también se prolonga en dirección Noroeste-Sureste hasta alcanzar el río Bogotá sobre la vereda Calahorra. Evaluadas las condiciones antecedentes de este cuerpo de agua se tiene que estos dos canales se encontraban conectados naturalmente además de presentar bifurcaciones, características ausentes en la actualidad debido a que se evidencia un canal disectado resultado del desarrollo urbanístico del municipio, además de la pérdida de uno de los brazos de la quebrada y un cambio en su geometría indicando intervención antrópica ya que se tiene un canal más rectilíneo. Actualmente a causa de la pérdida de uno de los brazos de la Quebrada Teneria, se tiene que el cuerpo de agua inicia sobre la zona norte en un tubo que descarga aguas al parecer de excesos de aguas lluvias de un conjunto residencial al occidente del predio de Parque Central Cajicá; aguas abajo se interseca con otro cuerpo hídrico, donde antiguamente se tenía el brazo izquierdo de la quebrada de la Tenería; posteriormente el canal se encuentra en propiedades y construcciones privadas, descargando sobre una zona adecuada hidráulicamente.
- Las condiciones actuales de la Quebrada Teneria en resumen han sido modificadas, evidenciado sobre el primer tramo que el cuerpo de agua ha sido entubado y su trazado ha sido modificado. La descarga aguas arriba se da por una tubería de aproximadamente 2 pulgadas que transporta lo que parecen ser excesos de aguas lluvias de una zona urbanizada. Sobre la zona donde se tenía la bifurcación de la quebrada se encuentra modificado antrópicamente y la misma se encuentra entubada. Esta tubería presenta un mayor diámetro que la tubería encontrada en el punto, lo que indicaría que por allí la quebrada recibe una mayor descarga y aporte de agua. Por último, sobre la descarga en la Vereda Calahorra se tiene su conexión con una PTAR.
- En la vereda Chuntame localizada al noroccidente del municipio de Cajicá, se presenta problemas en el sistema de alcantarillado debido a que estos son canalizados con condiciones hidráulicas que no son adecuadas para los niveles de escorrentía generados, además de la construcción de viviendas sobre la ronda de protección de los cauces, generando obstrucción y problemas de inundación. Se sugiere caracterizar el cuerpo hídrico para construir ronda de protección.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.10. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA Y CON CONDICIÓN DE RIESGO; SUELOS URBANOS

3.2.10.1. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza

Conforme a lo señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de amenaza se definen bajo los siguientes lineamientos:

*“**Áreas con condición de amenaza**, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT, la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).*

“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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.4).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza es:

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

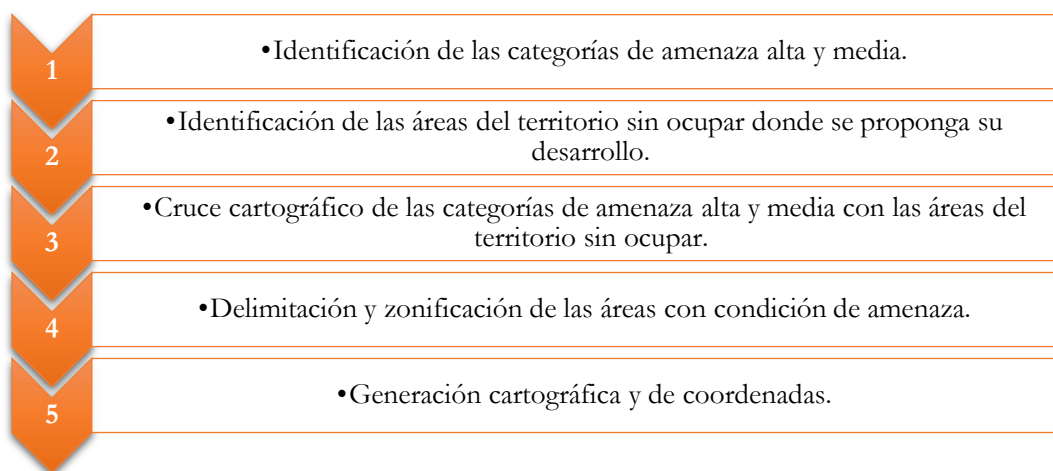


Ilustración 26. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

1. Se identifican las categorías de amenaza MEDIA y ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.
2. Se determinan las áreas del territorio sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en los que se proponga su nuevo desarrollo; en el caso del suelo urbano y de expansión urbana, obedecen a aquellas áreas del territorio con tratamiento urbanístico de desarrollo que *“son las determinaciones del componente urbano del plan de ordenamiento territorial o de los instrumentos que lo desarrollen y complementen que regulan la urbanización de predios urbanizables no urbanizados en suelo urbano o de expansión urbana.”* (Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.1.1).
3. Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta las categorías de amenaza alta y media junto con las áreas del territorio sin ocupar identificadas en el paso anterior.
4. Se delimitan y zonifican las áreas con condición de amenaza, denominando los diferentes polígonos producto del cruce cartográfico con un código único (ID_POL); así mismo, se delimitan mediante vértices con coordenadas y se identifican con un código único (ID_COORD); esta información cartográfica se encuentra en formato feature class de ESRI en la geodatabase de inundación (IN_SU.gdb) y listado de coordenadas por polígono en formato Excel.

5. Se representan cartográficamente los polígonos producto del paso anterior, en primera instancia mediante un plano general donde se identifiquen todos los polígonos de las áreas con condición de amenaza **“Plano DYZ_CA_IN_SU” (Ilustración 27)**. Adicionalmente, se generan los planos específicos para todos los polígonos donde se incorporan las coordenadas de cada vértice **“DYZ_CA_IN_SU”**.

“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 sean objeto de estudios detallados.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.4).

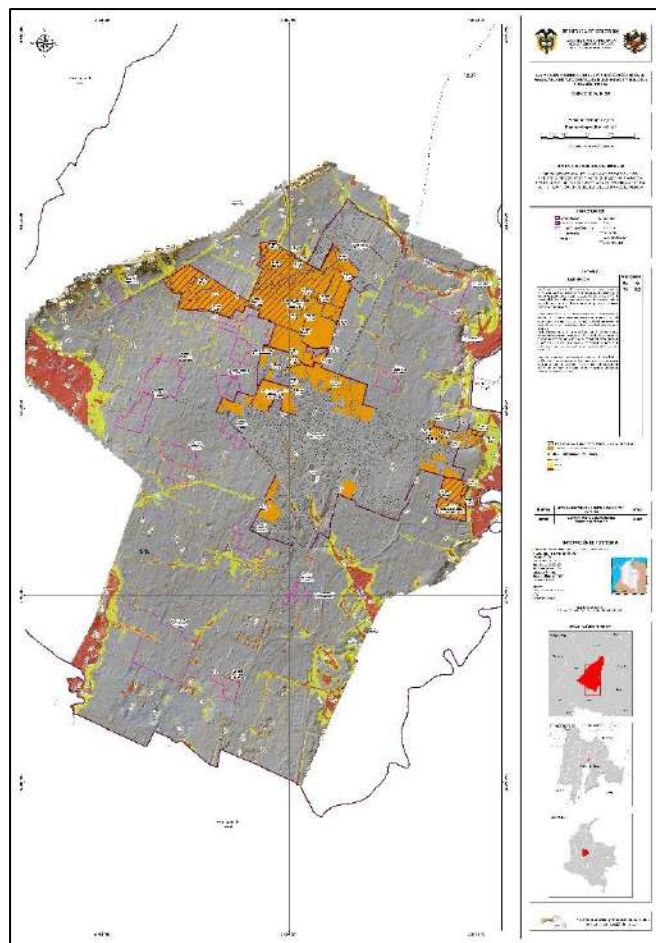


Ilustración 27. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza por inundación en el suelo urbano principal de Cajicá, Cundinamarca.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).

En cuanto al resumen del total de polígonos y sus áreas:

Tabla 15. Resumen de las áreas con condición de amenaza por inundación en el suelo urbano principal del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

No. total, de polígonos	Área del territorio (ha)	Porcentaje del área total (%)
34	18,04	3,75%

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).

Los 34 polígonos de áreas con condición de amenaza por inundación suman un total de 18,04 hectáreas, lo cual corresponde a un 3,75 % del área total del suelo urbano principal y de expansión urbana del municipio de Cajicá; éstos serán las áreas objeto de estudios detallados (Artículo 2.2.2.1.3.2.1.4 del Decreto 1077 de 2017).

3.2.10.2. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo

Conforme a lo señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de riesgo se definen bajo los siguientes lineamientos:

“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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).

“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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo es:

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

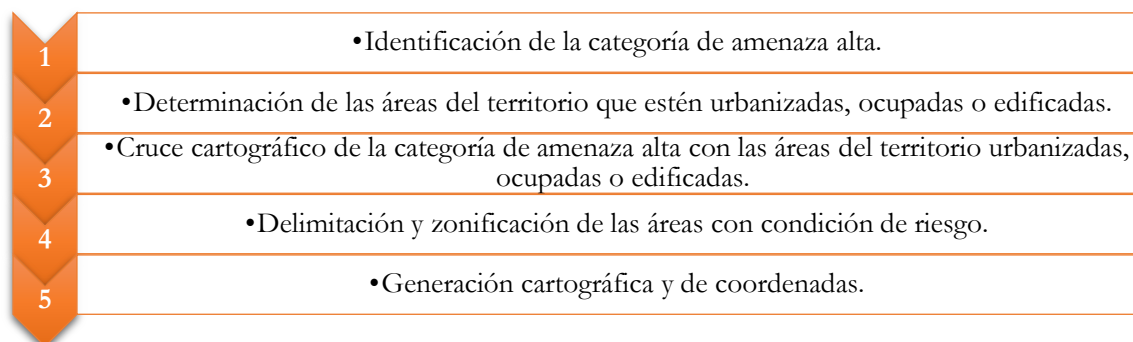
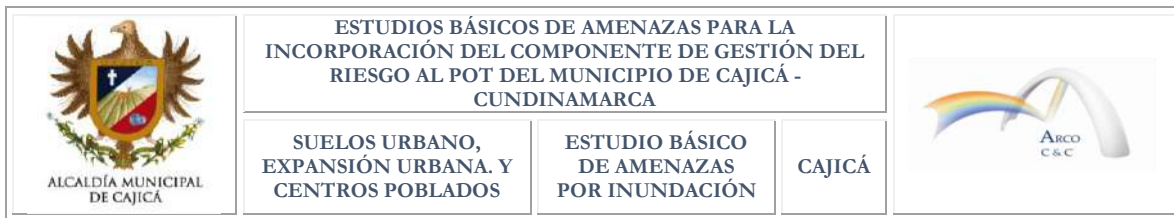


Ilustración 28. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

1. Se identifican la categoría de amenaza ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.
2. Se determinan las áreas del territorio que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, en el caso del suelo urbano y de expansión urbana, obedecen a aquellas áreas del territorio donde se encuentren elementos expuestos de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales (*Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5*).
3. Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta la categoría de amenaza alta junto con las áreas del territorio urbanizadas ocupadas o edificadas identificadas en el paso anterior.
4. Se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, denominando los diferentes polígonos producto del cruce cartográfico con un código único (ID_POL); así mismo, se delimitan mediante vértices con coordenadas y se identifican con un código único (ID_COORD); esta información cartográfica se encuentra en formato feature class de ESRI en la geodatabase de inundación (IN_SU.gdb) y listado de coordenadas por polígono en formato Excel.
5. Se representan cartográficamente los polígonos producto del paso anterior, en primera instancia mediante un plano general donde se identifiquen todos los polígonos de las áreas con condición de riesgo **“Plano DYZ_CR_IN_SU” (Ilustración 29)**. Adicionalmente, se generan los planos específicos para todos los polígonos donde se incorporan las coordenadas de cada vértice **“DYZ_CR_IN_SU”**.



“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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5).

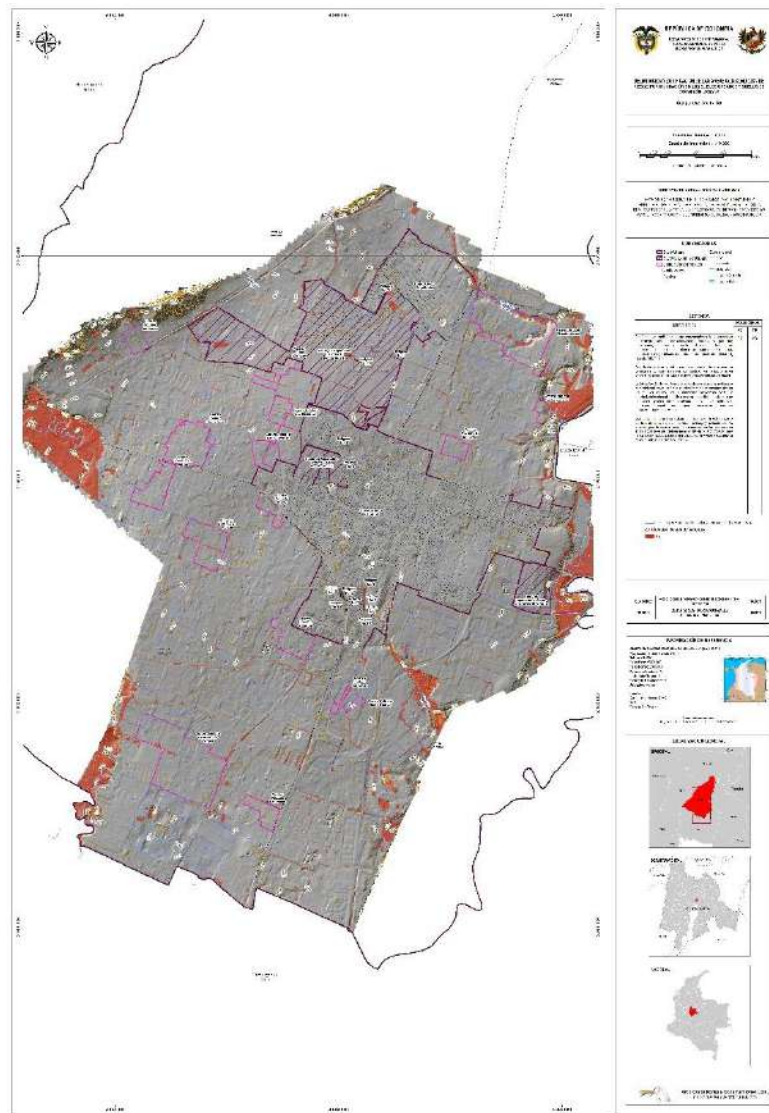


Ilustración 29. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por inundación en el suelo urbano principal del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	
		CAJICÁ	

En cuanto al resumen del total de polígonos y sus áreas:

Tabla 16. Resumen de las áreas con condición de riesgo por inundación en el suelo urbano principal del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

	No. total de polígonos	Área del territorio (ha)	Porcentaje del área total (%)
Predios	5	0.29	0.06 %
Sistema vial	8	0.21	0.04%

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).

Para los predios de la base catastral del IGAC, se identificó un total de 5 polígonos de áreas con condición de riesgo por inundación, que suman un total de 0.29 hectáreas, lo cual corresponde a un 0.06% del área total del suelo urbano principal y de expansión de Cajicá. En cuanto a las áreas en riesgo por el sistema vial se encontraron 8 polígono con un área total de 0.21 hectáreas, conformando un 0.04% de la zona urbana del municipio. Éstos serán las áreas objeto de estudios detallados que permitan categorizar el riesgo (Artículo 2.2.2.1.3.2.1.5 del Decreto 1077 de 2017).

3.2.11. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA Y CON CONDICIÓN DE RIESGO; CENTROS POBLADOS

3.2.11.1. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza

Conforme a los señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de amenaza se definen bajo los siguientes lineamientos:

“Áreas con condición de amenaza, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT, la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).

“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.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.4).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza es:

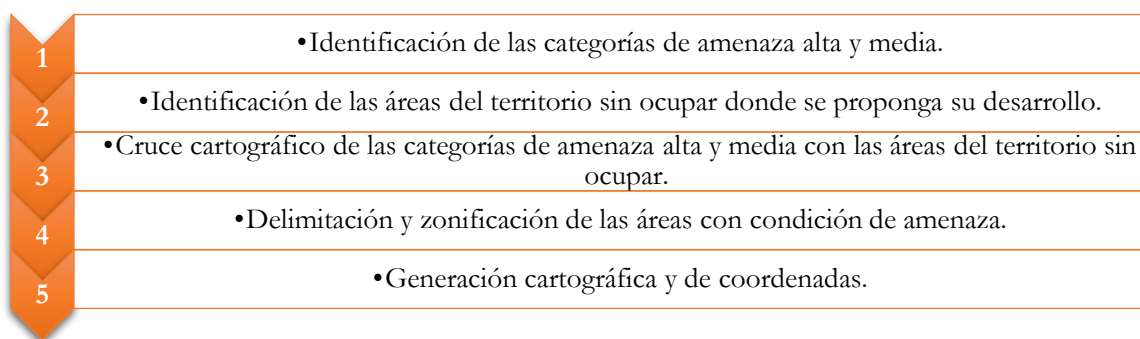
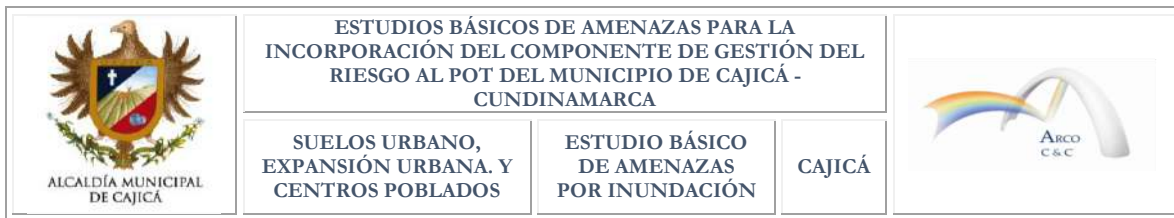


Ilustración 30. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

- Se identifican las categorías de amenaza MEDIA y ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.
- Se determinan las áreas del territorio sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en los que se proponga su nuevo desarrollo; en el caso de los centros poblados, obedecen a aquellas áreas del territorio con tratamiento urbanístico de desarrollo que *“son las determinaciones del componente urbano del plan de ordenamiento territorial o de los instrumentos que lo desarrollen y complementen que regulan la urbanización de predios urbanizables no urbanizados en suelo urbano o de expansión urbana.”* (Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.1.1).
- Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta las categorías de amenaza alta y media junto con las áreas del territorio sin ocupar identificadas en el paso anterior.
- Se delimitan y zonifican las áreas con condición de amenaza, denominando los diferentes polígonos producto del cruce cartográfico con un código único (ID_POL); así mismo, se delimitan mediante vértices con coordenadas y se identifican con un código único (ID_COORD); esta información cartográfica se encuentra en formato feature class de ESRI



en la geodatabase de inundación (IN_CP.gdb) y listado de coordenadas por polígono en formato Excel.

- Se representan cartográficamente los polígonos producto del paso anterior, en primera instancia mediante un plano general donde se identifiquen todos los polígonos de las áreas con condición de amenaza **“Plano DYZ_CA_IN_CP” (Ilustración 27)**. Adicionalmente, se generan los planos específicos para todos los polígonos donde se incorporan las coordenadas de cada vértice **“DYZ_CA_IN_CP”**.

“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 sean objeto de estudios detallados.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.4).

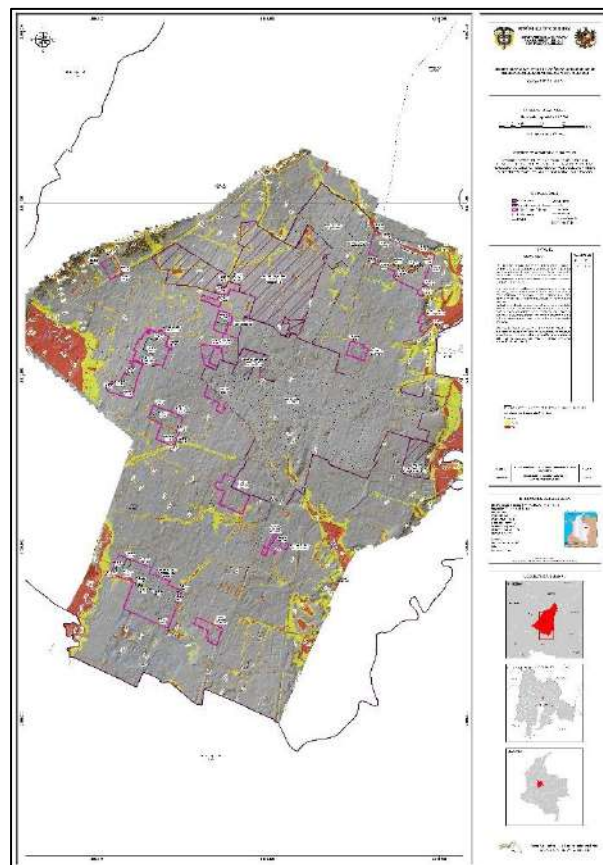
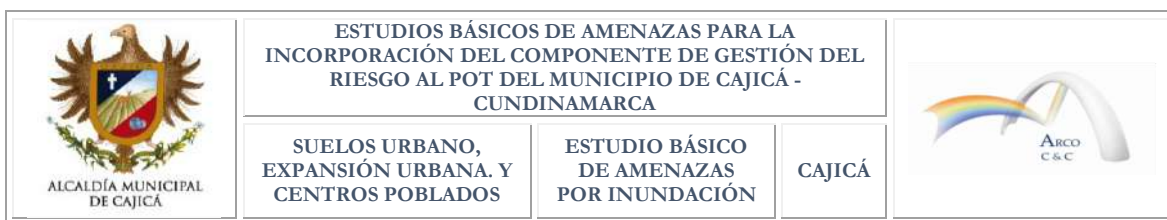


Ilustración 31. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza por inundación en los centros poblados de Cajicá, Cundinamarca.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).



En cuanto al resumen del total de polígonos y sus áreas:

Tabla 17. Resumen de las áreas con condición de amenaza por inundación en los centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

No. total, de polígonos	Área del territorio (ha)	Porcentaje del área total (%)
47	5,57	3,731%

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).

Los 47 polígonos de áreas con condición de amenaza por inundación suman un total de 5,57 hectáreas, lo cual corresponde a un 3,73 % del área total del suelo los centros poblados del municipio de Cajicá; éstos serán las áreas objeto de estudios detallados (Artículo 2.2.2.1.3.2.1.4 del Decreto 1077 de 2017).

3.2.11.2. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo

Conforme a lo señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de riesgo se definen bajo los siguientes lineamientos:

“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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).

“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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo es:

	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

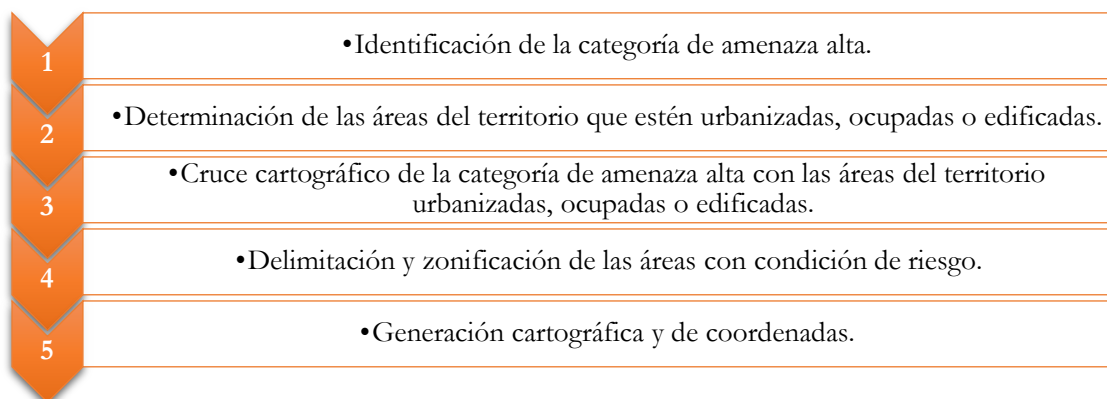
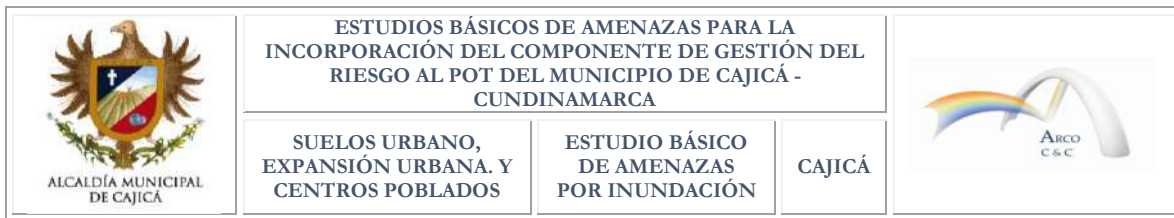


Ilustración 32. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

6. Se identifican la categoría de amenaza ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.
7. Se determinan las áreas del territorio que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, en el caso del suelo urbano y de expansión urbana, obedecen a aquellas áreas del territorio donde se encuentren elementos expuestos de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales (*Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5*).
8. Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta la categoría de amenaza alta junto con las áreas del territorio urbanizadas ocupadas o edificadas identificadas en el paso anterior.
9. Se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, denominando los diferentes polígonos producto del cruce cartográfico con un código único (ID_POL); así mismo, se delimitan mediante vértices con coordenadas y se identifican con un código único (ID_COORD); esta información cartográfica se encuentra en formato feature class de ESRI en la geodatabase de inundación (IN_CP.gdb) y listado de coordenadas por polígono en formato Excel.
10. Se representan cartográficamente los polígonos producto del paso anterior, en primera instancia mediante un plano general donde se identifiquen todos los polígonos de las áreas con condición de riesgo **“Plano DYZ_CR_IN_CP” (Ilustración 29)**. Adicionalmente, se



generan los planos específicos para todos los polígonos donde se incorporan las coordenadas de cada vértice “**DYZ_CR_IN_CP**”.

“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.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5).

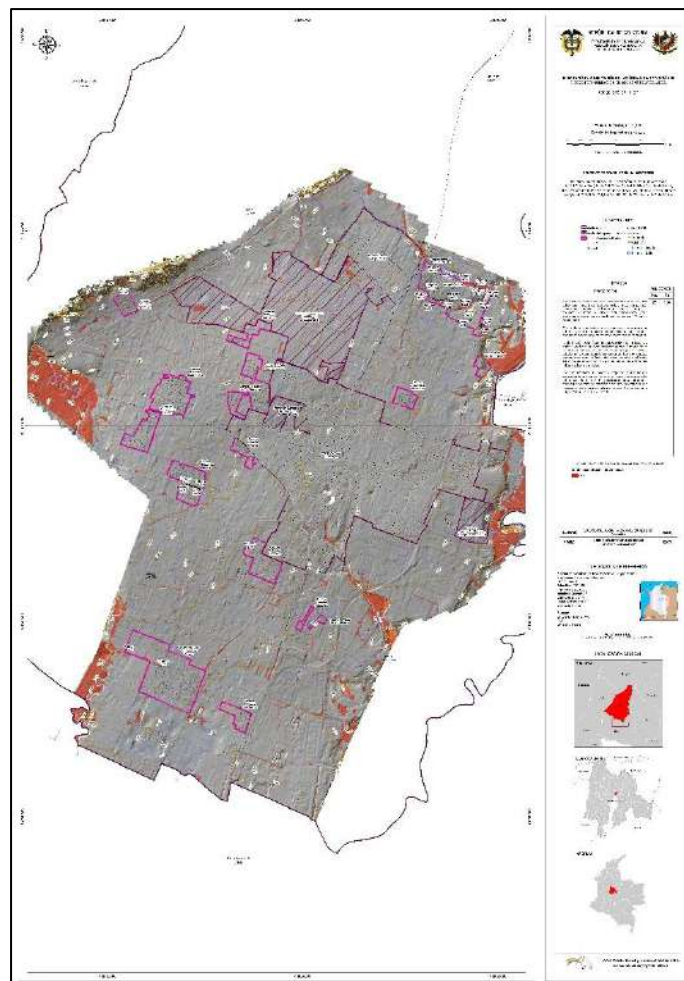


Ilustración 33. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo por inundación en los centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).

En cuanto al resumen del total de polígonos y sus áreas:

Tabla 18. Resumen de las áreas con condición de riesgo por inundación en los centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

	No. total de polígonos	Área del territorio (ha)	Porcentaje del área total (%)
Predios	22	0,80	0,54 %
Sistema vial	3	0,23	0,15 %

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

Para los predios de la base catastral del IGAC, se identificó un total de 22 polígonos de áreas con condición de riesgo por inundación, que suman un total de 0,80 hectáreas, lo cual corresponde a un 0,54% del área total de los centros poblados del municipio de Cajicá. Por otro lado, para las áreas en riesgo del sistema vial se encontraron 3 polígonos, conformando un área total de 0,23 hectáreas y un 0,15% del área total de los centros poblados del municipio. Éstos serán las áreas objeto de estudios detallados que permitan categorizar el riesgo (Artículo 2.2.2.1.3.2.1.5 del Decreto 1077 de 2017).

3.2.10 MEDIDAS DE INTERVENCIÓN ORIENTADAS A ESTABLECER RESTRICCIONES Y CONDICIONAMIENTOS MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE NORMAS URBANÍSTICAS

Los resultados de la zonificación corresponden a una aproximación simplificada para un momento determinado de un fenómeno natural altamente complejo y dinámico en el tiempo, ya que, al ser un prototipo estático de la realidad no tiene en cuenta las variaciones espacio - temporales que puedan experimentar las variables que influyen dentro del desarrollo del fenómeno, entendiendo que, debido a la interacción del hombre con el medio y su capacidad para transformarlo, así mismo los resultados de esta zonificación deben irse actualizando. De igual forma la evaluación se presenta bajo una escala de trabajo definida por normativa y una metodología determinística, con lo cual la exclusión o inclusión de nuevas variables podría alterar los resultados obtenidos. Por último, se debe tener en cuenta que el riesgo sobre la amenaza objeto de estudio es derivada de los procesos de uso y ocupación del territorio, es por lo anterior que se hace necesario el establecimiento de medidas que permitan un control para la disminución del riesgo, con lo cual se propone tener en cuenta las siguientes sugerencias:

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

1. Como medida no estructural, se propone generar acciones de prevención por parte de los entes gubernamentales encargados de la gestión del riesgo para aumentar el nivel de conocimiento en la temática. Para ello se plantea:
 - a. Implementación de la demanda del conocimiento en gestión de riesgo dando la oportunidad obtener datos suficientes y robustos que puedan ser posteriormente analizados para crear soluciones factibles a los problemas históricos y actuales que posee el municipio, e implementarse en políticas dentro del plan de desarrollo, Plan de Gestión de Riesgo y Plan de Contingencia. Esto implica inversión en proyectos que genere conocimiento enfocado a recolectar información detallada de los eventos (se recomienda tener un formato de reporte que permita ingresar información básica del desarrollo de fenómeno como: profundidad de la lámina de agua (tirante), área afectada, tomar una huella de inundación mediante sensores remotos, daños y afectaciones, duración del eventos, factores condicionantes, factores detonantes, etc.), si se estandariza y unifica la información esta permitirá tener un tratamiento y aprovechamiento de forma más óptima.
 - b. Se recomienda considerar el Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico PNMRH donde se dan los lineamientos para dar respuesta a las necesidades de la implementación del monitoreo con el fin de proporcionar herramientas conceptuales y metodológicas para evaluar el estado y la dinámica del agua, en cantidad y calidad en el municipio.
 - c. Implementación de Sistemas de Aletas Tempranas (SAT), tomando en consideración los procedimientos estándares dispuestos por el IDEAM (Protocolo del agua y la Guía y protocolos de monitoreo y seguimiento del agua) y el Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico PNMRH donde se tenga el seguimiento de los niveles y caudales en ríos quebrada, lagos, lagunas o embalses, constituyendo un modo de control de la cantidad de agua superficial lo que permitirá obtener información actual, confiable y oportuna para dar una alerta temprana en el control de inundaciones, avenidas torrenciales y manejo de embalses, de manera que se cuenten con los balances hídricos que describan el comportamiento de las unidades hidrológicas y permitan la correcta gestión integral de los recursos hídricos. La implementación de este sistema se recomienda sobre las corrientes del río Bogotá y Río Frío, además de un monitoreo en la zona occidental en la zona montañosa como en la quebrada del Campo, Pozo Hondo, La Cruz y La Tenería.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

2. Se recomienda realizar acciones y estrategias de concientización mediante capacitación, incentivación, seguimiento y evaluación con la población para que adopten prácticas de buen manejo y uso productivo del recurso natural renovable, para disminuir la exposición al riesgo (disminución de la vulnerabilidad). Actividades como:

- a. Concientizar a la comunidad para preservar los corredores de vegetación nativa que protegen las riberas de los cauces evidenciando los beneficios que tienen los corredores verdes en un suelo desarrollado. La protección de la vegetación ripiara juega un papel fundamental en la regulación hidrológica: frena de igual forma a violencia de las crecidas al mantener permeabilidad y capacidad de desagüe en los suelos; ayuda a estabilizar las márgenes de los ríos reduciendo la erosión lateral de estos, el arrastre de material y favoreciendo los procesos de sedimentación. Dentro de la ciudad los corredores verdes permiten combatir la contaminación, mejoran la calidad paisajística, zonas para encuentros sociales y aumenta la conciencia ambiental de los ciudadanos.
- b. Incentivar a la construcción de obras civiles eco-sostenibles y de protección de los taludes de las márgenes de las fuentes hídricas, que sea ambientalmente sostenibles y no generen un impacto sobre la dinámica fluvial.
- c. Actividades de reforestación en las partes altas de las cuencas con vegetación nativa, permitiendo la regulación de flujo de agua lluvia de forma más eficiente, reduciendo los niveles extremos de los caudales y la capa freática, disminuye la posibilidad de generar inundaciones tanto por encharcamiento como por desborde de cauces.
- d. Concientizar a la gente de no construir cerca de las riberas de los ríos, quebradas y demás fuentes de agua lóticos y lénticos, con el fin de reducir la exposición ante las amenazas presentes.
- e. Generar una conciencia ciudadana que tenga sentido de pertenecía, de forma tal que dicha apropiación del territorio no les permita arrojar basura sobre los cauces, ya que reducen la capacidad hidráulica de estos. Y penalizaciones económicas mediante comparendos ambientales a quienes realicen dichas acciones.
- f. Creación de proyectos que generen concientización de la población a través de la divulgación del conocimiento desde las escuelas hasta las asociaciones comunitarias, charlas participativas con la comunidad, campañas de divulgación y

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

mallas informativas para que la población este constantemente alerta de las potencialidades afectaciones que el municipio puede atravesar.

3. Como medidas urbanísticas en zonas calificadas con condición de amenaza pertenecientes a suelo urbano no urbanizado se recomienda implementar reglamentación para futuros desarrollos urbanísticos y uso de suelo teniendo en cuenta:
 - a. El acuerdo correspondiente al artículo 1 del Decreto 1449 de 1977, en donde se considera establecer medidas de recuperación, conservación y preservación del recurso hídrico como recurso natural renovable. La ley 79 de 1986 que define las rondas de protección y conservación de la vegetación determinados para nacimientos de aguas permanentes o intermitentes correspondiente a los cien (100) metros a cada lado de la fuente hídrica, medidos a partir del nivel máximo de aguas y el artículo 83 del decreto 2811 de 1974 que delimita una faja paralela de hasta 30 metros como máximos determinados a partir del nivel máximo de aguas para los cauces permanentes y aquellos que determine las entidades ambientales que tenga competencia dentro de la jurisdicción como área de protección o conservación aferentes según el artículo 206 de la ley 1450 de 2011. Por lo tanto, aplicando el decreto 1076 de 2015 se contempla que dichas áreas sean declaradas como “áreas de especial importancia ecosistémica” dentro del componente de “áreas de conservación y protección ambiental” asociadas a la “categorías de protección en suelo urbano”, con lo cual por normativa no se podrá hacer ningún tipo de intervención urbanística, ni de equipamientos municipales con el fin de no prolongar las condiciones de riesgo. Aplicar esta medida en el centro poblado de San lorenzo de Abajo es suficiente para reducir el riesgo generado por la amenaza por inundación.
 - b. Se debe establecer una normativa que defina el criterio para la definición de los cuerpos de agua naturales, canales y vallados y por ende las rondas hídricas que deberán contemplarse para el área urbana.
 - c. Los desarrollos urbanísticos que se deseen realizar en los predios que se encuentren ubicados en zonas clasificadas con condición de amenaza estarán sujetos a la realización de estudios detallados. Estos estudios detallados deberán dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1077 de 2015 o a la norma que la modifique, adicione y/o sustituya, y deberán ser realizados y debidamente firmados por el profesional idóneo en la materia.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

- d. De igual forma para la construcción de edificaciones, infraestructura convencional de apoyo a los procesos productivos o infraestructura de: servicios públicos, equipamientos comunales, educativos y/o recreacionales, sobre terrenos en condición de amenaza deberán realizar los estudios técnicos detallados cumpliendo lo establecido con el Decreto 1077 de 2015. Mientras no se realice los estudios detallados y las obras o medidas de mitigación a que haya lugar, estos predios no podrán ser objeto de intervención.
- e. Los estudios detallados que se realicen en las áreas de condición de amenaza que arrojen como resultado, que los fenómenos son mitigables, deberán definir las obras de mitigación y control y se deben adjuntar los diseños específicos para el trámite de licencias urbanísticas. Los profesionales idóneos en conjunto con el responsable de ejecución de la obra serán responsables de implementación correcta de las obras a ejecutar y es deber de planeación municipal verificar la construcción de dichas obras de mitigación.
- f. Se recomienda que la autoridad competente en el municipio de expedición de licencias urbanísticas, adoptar medidas de reducción de la amenaza, bajo el principio de precaución establecido en la ley 1523 de 2012, solicitar a los propietarios de los terrenos que colinden con el río y/o quebradas, implementar obras civiles eco- sostenibles, de protección de los taludes de las márgenes de las fuentes hídricas, que sea ambientalmente sostenibles y no generen un impacto sobre la dinámica fluvial, dando paso a posibles afectaciones futuras aguas arriba o aguas debajo de los cauces.
- g. Para la realización de futuros desarrollos urbanísticos del casco urbano de Cajicá se debe realizar estudios del subsuelo que permitan identificar las obras estructurales que reduzcan las limitaciones del terreno; ya que corresponde a suelos planos, conformados por material orgánico y material fino, que corresponde a zonas de amortiguación hidráulica y con alturas por debajo de la cota de los cauces adyacentes, y que dadas las condiciones geomorfológicas, topográficas y edafológicas anteriormente descritas tiene una baja capacidad de evacuación de los excesos hídricos, lo cual genera encharcamientos prolongados y niveles freáticos superficiales, estas zonas anegadas debe ser de obligatoriedad evaluar el riesgo que genera esta condición local y acondicionarlo con obras estructurales y de restricción en el uso del suelo que minimicen la condición identificada en el presente estudio.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ		

4. Como medidas urbanísticas en zonas calificadas con condición de riesgo pertenecientes a suelo urbano urbanizado:
 - a. Se recomienda implementar reglamentación para restringir futuros desarrollos urbanísticos evitando la densificación sobre estas zonas ya desarrolladas, mientras no se tenga estudios de detalle que garantice la mitigación de riesgo y la implementación de obras estructurales que lo reduzcan.
 - b. Se recomienda que las áreas que se encuentren en condición de riesgo por inundación, sean objeto de elaboración de estudios de detalle por parte del municipio, con fin de estimar el nivel de riesgo en estas áreas. La priorización puede realizarse en función de la cuenca que permita evaluar las obras y medidas de mitigación que mayor impacto genere en el suelo urbano, teniendo presente que los estudios deben realizar a nivel de microcuenca urbana.

5. Como otra medida no estructural, se propone generar acciones de prevención y atención para fortalecer las gestiones gubernamentales encargados de la gestión del riesgo mediante:
 - a. La actualización constante de los instrumentos de planificación para la gestión de riesgo como lo es el plan municipal para la gestión de desastres y estrategias municipales a emergencias, ya que se espera que dicho instrumento permita generar reducción y buen protocolo de actuación ante un evento que se presente, recordando que la preparación permite salvaguardarse.
 - b. Empoderamiento o apropiamiento de los entes territoriales ante los eventos que se presentan dentro del municipio, teniendo presente el fortalecimiento de las intercomunicaciones con las diferentes entidades como el IDEAM, CAR y gobernación de Cundinamarca.
 - c. La cultura de fortalecimiento en el conocimiento y prevención a partir de la evaluación y capacitación permanente de los entes territoriales sobre la temática de gestión de riesgo y disposición de los mismo.

6. Como medidas no estructurales enfocadas en acciones de prevención que pueden realizar los entes gubernamentales encargados de la gestión del riesgo para disminuir los posibles impactos se sugiere:
 - a. Evaluar el sistema de alcantarillado pluvial y sanitario en el que se establezca las adecuaciones pertinentes para cubrir las demandas de los usuarios y la captación de aguas lluvias sin que se colapse el sistema, donde se valore la viabilidad de

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

mejorar el sistema canalizado existente o de restauración a sus condiciones iniciales en función de los costos generados en la ejecución y los beneficios sociales y ambientales brindados.

- b. Continuar con el mantenimiento de continuo y permanente de los canales, quebradas y ríos y de la infraestructura hidráulica. De igual forma se deben realizar estudios que determinen causales y estado de las estructuras hidráulicas del municipio y con ello generar medidas de reforzamiento, o rediseño de las obras que así lo requieran, teniendo presente la funcionalidad, ya que estas deben soportar los volúmenes según los diseños y deben mantener una adecuación y evaluación de su funcionamiento ya que las condiciones son cambiantes en el tiempo, evitando así las inundaciones generadas por la falta del mantenimiento de las estructuras, que amplían la magnitud del eventos. Dichas limpiezas se recomiendan hacer al menos al final del verano y/o comienzo de invierno con el objetivo de darle capacidad hidráulica a los drenajes.
 - c. Como el suelo urbano de Cajicá presenta una alta intervención antrópica al sistema de drenajes naturales que atraviesa las zonas urbanizadas y es un factor consecuente en la situación de amenaza actual por inundación, se recomienda dar priorización a conservar los drenajes de forma natural, dándoles el área de conservación ambiental que normativamente se aplica, evitando construir estructuras que modifique su comportamiento hidráulico natural, pero priorizando su adecuación hidráulica para disminuir el riesgo.
7. Si se disponen de estudios detallados que al evaluarse cumplen con los lineamientos expedidos en el Decreto 1807 de 2014, deberán añadirse al Documento Técnico de Soporte, y en consecuencia incorporarse durante la revisión y/o actualización del POT.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

3.2.11 REFERENCIAS

Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de San Rafael - oficina de control estratégico – CORNARE – 2.006

Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el Valle de Aburrá. Formulación de Propuestas de gestión del riesgo, Facultad de Arquitectura, Universidad nacional de Colombia, junio 2009.

Monsalve G., "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C., julio de 1995

Remeneiras G., "Tratado de Hidrología Aplicada", Editores Técnicos Asociados S.A., Barcelona, España, 1974.

Hjelmfelt, Jr. A., Cassidy, J. J., "Hydrology for Engineers and Planners", Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1976.

Chow, Ven Te., "Handbook of Applied Hydrology", McGraw Hill Book Company, 1984.

Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., "Applied Hydrology", McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, New York, U.S.A., 1988.

Maza Álvarez José A., García Flores Manuel, "Manual de Ingeniería de Ríos", Capítulo 12, Estabilidad de Cauces, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Proyecto 8310, México, septiembre 1989.

Maza Álvarez José A., "Socavación en Cauces Naturales", Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, junio de 1968.

Flórez, A. y Suavita, M. 1997. Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia. En: Cuadernos de Geografía, Vol. VI, No. 1-2. p. 60-110