

CONTENIDO

1	GENERALIDADES.....	1-1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1-1
1.2	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	1-1
1.2.1	<i>Localización general</i>	1-1
1.2.2	<i>Generalidades</i>	1-2
1.2.3	<i>Área de estudio</i>	1-3
1.3	OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO.....	1-4
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	1-4
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	1-4
1.3.3	<i>Alcances del estudio</i>	1-5
1.3.3.1	<i>Estudios básicos</i>	1-5
1.3.3.2	<i>Evaluación de amenazas</i>	1-5
1.3.3.3	<i>Evaluación de vulnerabilidad</i>	1-5
1.3.3.4	<i>Evaluación del riesgo</i>	1-6
1.3.3.5	<i>Plan de medidas de mitigación de riesgos</i>	1-6
1.3.3.6	<i>Identificación e inventario de viviendas en riesgo no mitigable</i>	1-6
1.3.3.7	<i>Gestión con los municipios para incorporar los resultados en los POT</i>	1-6
1.4	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	1-6
1.4.1	<i>Evaluación preliminar</i>	1-6
1.4.2	<i>Elaboración de la cartografía base</i>	1-6
1.4.3	<i>Análisis geológico y geomorfológico</i>	1-7
1.4.4	<i>Análisis hidrológico</i>	1-7
1.4.5	<i>Análisis hidráulico</i>	1-7
1.4.6	<i>Análisis geotécnico</i>	1-7
1.4.7	<i>Análisis detallado de la amenaza</i>	1-8
1.4.8	<i>Análisis detallado de la vulnerabilidad</i>	1-8
1.4.9	<i>Evaluación del riesgo</i>	1-8
1.4.10	<i>Plan de medidas de mitigación de riesgos</i>	1-8
1.4.11	<i>Identificación de viviendas en riesgo no mitigable</i>	1-8
1.4.12	<i>Gestión del riesgo con los municipios</i>	1-9
1.4.13	<i>Informe final</i>	1-9

ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS DE ORIGEN NATURAL Y ANTRÓPICO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE CAÑASGORDAS

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Corpourabá, a través del Contrato de Consultoría No 200-10-01-09-0194-10 en el marco del Proyecto Macro PAT – Amenazas y Desastres Naturales, acordó con el Consorcio Urabá 2009 la realización de un estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico de las áreas urbanas de los municipios de Abriaquí, Cañasgordas y Peque, como herramienta fundamental en la planificación del territorio.

La necesidad de llevar a cabo el estudio obedece a que en las áreas urbanas de estos municipios se han incrementado los riesgos causados por eventos de origen natural como inundaciones, erosión fluvial e inestabilidad de taludes. En los últimos años se han presentado eventos críticos de inundaciones y erosión fluvial en los cauces de las corrientes que cruzan las áreas urbanas de los municipios mencionados, los que han afectado las comunidades de los barrios construidos en las zonas de riesgo.

El desarrollo de los trabajos contempla la realización de las siguientes actividades: levantamiento topográfico, levantamiento geológico, zonificación geomorfológica, análisis de información climática, hidrológica e hidráulica, análisis de antecedentes, e identificación de procesos, con base en lo cual se llevará a cabo la evaluación de amenazas, evaluación de vulnerabilidad y evaluación del riesgo. A partir de los resultados obtenidos se presentará un plan de mitigación de riesgos y la identificación e inventario de viviendas en zonas de riesgo no mitigable, además de que se adelantará la gestión con los municipios para incorporar los resultados del proyecto en los planes de ordenamiento territorial.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.2.1 Localización general

El Occidente Antioqueño es la región costera del departamento de Antioquia que conduce hacia el mar Caribe, es la salida en la zona del golfo de Urabá.

En la Figura 1-1 se presenta la localización a nivel regional de la zona de estudio.

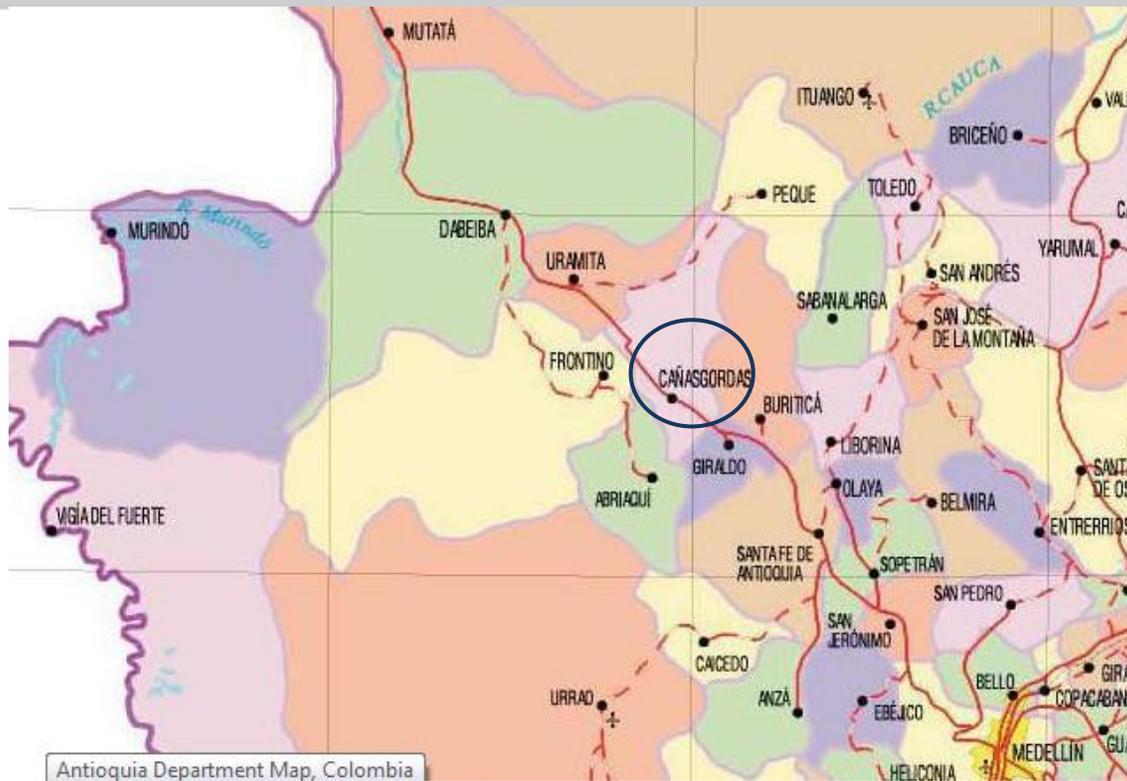


Figura 1-1 Localización general del municipio de Cañasgordas

1.2.2 Generalidades

El municipio de Cañasgordas comprende un área de 391 km², la cual se reparte en el casco urbano, 3 corregimientos (Cestillal, San Pascual y Juntas de Uramita) y 65 veredas en su parte rural. Su cabecera municipal tiene una altitud de 1320 m sobre el nivel del mar, en una topografía quebrada y de pendientes superiores al 50% en su área y una temperatura promedio de 21° C. Cañasgordas limita por el norte con Uramita, por el sur con Giraldo, por el oriente con Buriticá y Peque por el occidente con Abriaquí y Frontino.

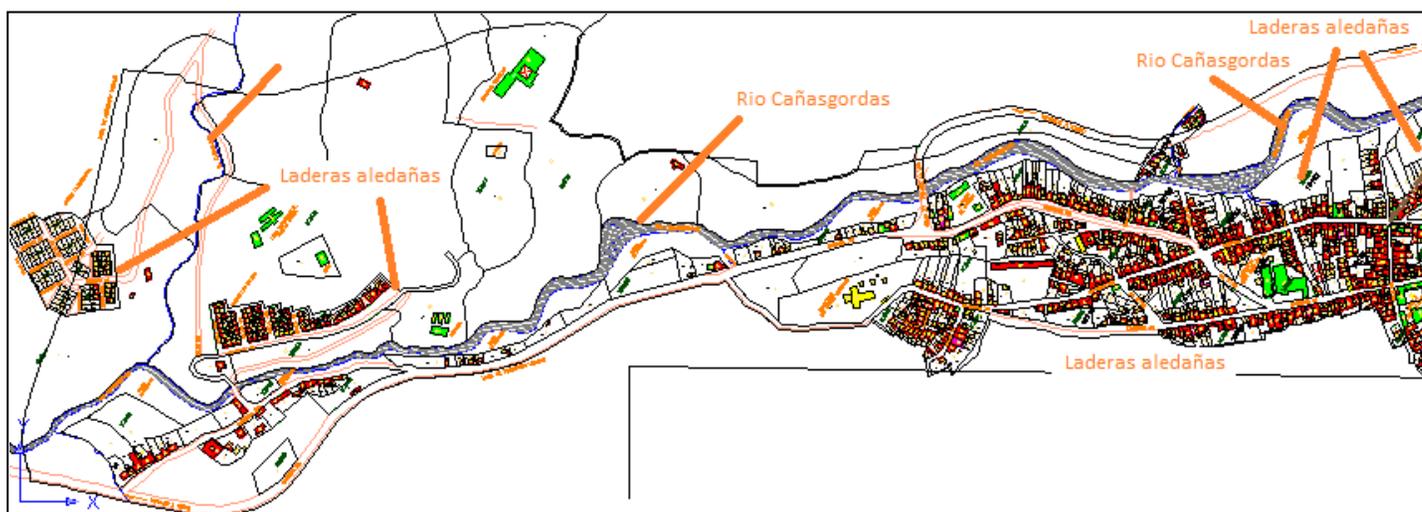
La distancia del municipio a la ciudad de Medellín es de 133 km. Las actividades económicas del municipio se concentran en la ganadería, la minería y la agricultura donde se destacan como sus principales productos el Murrapo, el café, el maíz, el plátano, el frijol, la yuca, el cacao, la caña y los frutales. En la Figura 1-2 se presenta una vista general del municipio de Cañasgordas.



Figura 1-2. Vista general del municipio de Cañasgordas

1.2.3 Área de estudio

La zona de estudio, se encuentra dentro del casco urbano del Municipio de Cañasgordas, siendo de interés para el estudio el área de influencia del Río Cañasgordas, según se muestra en la Figura 1-3.



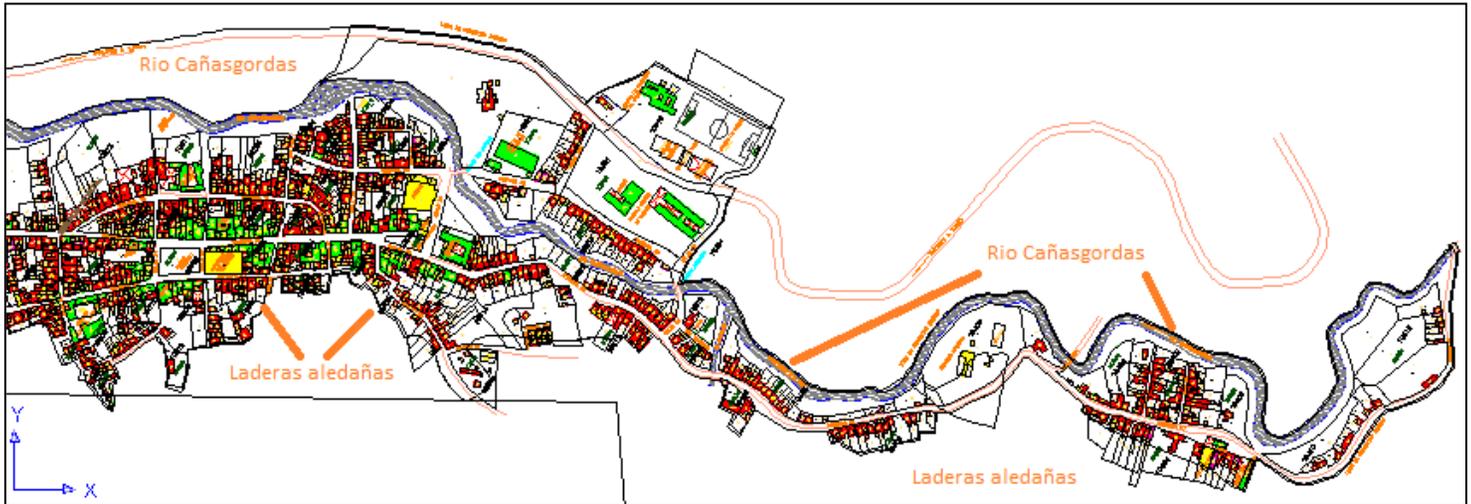


Figura 1-3 Esquema del municipio de Cañasgordas y la zona de estudio

En el área urbana del municipio de Cañasgordas, situaciones tales como la presión poblacional, la demanda de tierras y servicios, las condiciones de la infraestructura de alcantarillado y la falta de la planificación del territorio, han aumentado los riesgo de origen natural que amenazan a la población asentada en los sectores mas vulnerables principalmente en los períodos más lluviosos del año.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo general

El estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico del área urbana del municipio de Cañasgordas como herramienta fundamental en la planificación del territorio.

1.3.2 Objetivos específicos

Se plantea realizar un proyecto de Zonificación por Amenazas y Riesgos en el área urbana del municipio de Cañasgordas, siendo estructurado por los siguientes elementos:

- Realizar una zonificación de amenazas, vulnerabilidad y Riesgo en las áreas urbanas de cada municipio de acuerdo a una evaluación geomorfológica, hidrológica, hidráulica y geotécnica.
- Realizar una evaluación geológica, geomorfológica y geotécnica como criterio a la hora de realizar el análisis de amenaza por procesos de remoción en masa.

- Elaborar un plan de mitigación para garantizar la estabilidad, funcionalidad y habitabilidad de las edificaciones e infraestructura en riesgo, que incluya el diseño de las obras de mitigación que deberán realizarse a corto plazo y un inventario de viviendas en riesgo no mitigable.
- Realizar gestión para incorporar los resultados del estudio a los planes de ordenamiento territorial de los municipios.

1.3.3 Alcances del estudio

El estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico del área urbana del municipio de Cañasgordas asociada a las zonas de estudio de influencia del Río Cañasgordas, contempla los siguientes aspectos:

1.3.3.1 Estudios básicos

Los estudios básicos considerados son los siguientes:

- *Geología y geomorfología:* Realización de un levantamiento geológico en una base cartográfica a escala adecuada (1:2000), además de un diagnóstico que contemple la descripción litológica, origen, espesor, distribución, perfiles y características estructurales. Además se considera la elaboración de una zonificación geomorfológica del área de estudio en donde se detallen los procesos morfo dinámicos actuantes.

- *Clima, Hidrología, hidráulica e Hidrogeología:* Además del análisis de la información climática disponible, se considera una evaluación hidrológica e hidráulica, incluyendo la realización del levantamiento topográfico de los cauces y orillas del Río Cañasgordas. Además de los levantamientos topográficos se contempla el estudio y simulación de fenómenos de inundaciones, avenidas torrenciales e inestabilidad de laderas.

- *Exploración Geotécnica:* Se realizará en aquellas zonas donde se requiera caracterizar las condiciones geotécnicas de acuerdo a las recomendaciones del estudio geológico y geomorfológico.

1.3.3.2 Evaluación de amenazas

La evaluación de amenazas se realizará de acuerdo con la caracterización geológica, geomorfológica e hidráulica en las áreas urbanas de los municipios. La zonificación de amenazas será trabajada sobre una base cartográfica a escala adecuada.

1.3.3.3 Evaluación de vulnerabilidad

En el análisis de vulnerabilidad se determinará el grado de exposición y predisposición del área de estudio ante los fenómenos amenazantes identificados, y contempla la evaluación de la vulnerabilidad física, ambiental y socio-económica.

1.3.3.4 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo es el resultado de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, a fin de determinar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios eventos. La evaluación de riesgo será presentada como una zonificación sobre una base cartográfica a escala adecuada.

1.3.3.5 Plan de medidas de mitigación de riesgos

De acuerdo con la identificación de las viviendas y/o infraestructura en riesgo mitigable, serán presentadas las medidas de mitigación del riesgo para cada una de las categorías definidas en la respectiva evaluación.

1.3.3.6 Identificación e inventario de viviendas en riesgo no mitigable

En el plano de riesgo se identificarán las viviendas e infraestructura ubicadas en zonas de riesgo no mitigable.

1.3.3.7 Gestión con los municipios para incorporar los resultados en los POT

Se ejecutará un plan de gestión con los municipios incluyendo reuniones de socialización del proyecto, reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT y la generación de un documento técnico que sirva de soporte y herramienta para que los municipios incorporen los resultados del proyecto en los POT.

1.4 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Para el desarrollo del estudio se considera la realización de una serie de actividades según se describe a continuación:

1.4.1 Evaluación preliminar

Esta actividad comprende inicialmente la realización de una visita de campo a los sectores de interés para el desarrollo del estudio, por parte del grupo de profesionales y especialistas considerado. Con base en los aspectos observados en la visita de campo se elaborará un diagnóstico preliminar de la problemática encontrada, a partir del cual se orientará el desarrollo de las demás actividades.

Dentro de esta actividad también se incluye la recopilación y análisis de información secundaria, que corresponde a la consulta y adquisición de toda la información disponible que pueda resultar de utilidad para la realización del estudio. Las fuentes de esta información secundaria incluyen IGAC, Ingeominas, Catastro, DANE, SISBEN, entre otros.

1.4.2 Elaboración de la cartografía base

Para la generación de la cartografía base se considera inicialmente la realización del levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico de los sectores de interés, a partir una

georeferenciación adecuada, incluyendo la toma de secciones transversales de las corrientes de agua a estudiar en cada sitio, y detallando las vías existentes, las obras de drenaje, protección y/o contención, además de la ubicación de los paramentos de la zona urbana aledaños a las corrientes de agua estudiadas.

Como resultado de lo anterior se generarán mapas topográficos a escala acorde con los lineamientos del proyecto, los cuales servirán de base para la elaboración de los diferentes mapas temáticos requeridos en el desarrollo del estudio. La elaboración de la cartografía base también comprende la identificación de la estructura existente y la recopilación de cartografía predial y social a partir de la información disponible.

1.4.3 Análisis geológico y geomorfológico

Incluye la revisión y análisis de información de referencia encontrada para cada sitio, además de los aspectos observados en la visita de campo, con el fin de identificar los rasgos litológicos y procesos morfodinámicos existentes en la zona de estudio. Como resultado de esto se generará un mapa de zonificación geomorfológica del área de estudio.

1.4.4 Análisis hidrológico

El análisis hidrológico comprende inicialmente la caracterización física de la zona de estudio y la caracterización hidrológica general a partir de los aspectos observados en la visita de campo y de lo encontrado en la información secundaria consultada. Esta actividad también incluye la recopilación de información como valores de precipitación, temperatura, evaporación o brillo solar, con base en la cual se debe adelantar la respectiva evaluación de los aspectos climatológicos de la zona de estudio.

1.4.5 Análisis hidráulico

Este análisis incluye la revisión de antecedentes de inundación y socavación, el análisis del manejo actual de las aguas de escorrentía y la realización de un inventario de procesos de inundación y erosión, a partir de la información obtenida al inicio del estudio, de lo observado en la visita de campo y de los datos suministrados por los pobladores de los sectores afectados por estos fenómenos. También comprende el análisis del sistema de drenaje y el cálculo de crecientes para diferentes periodos de retorno. Como resultado de la identificación de las zonas afectadas por fenómenos de inundación, socavación y procesos erosivos se generarán los planos de localización y zonificación respectivos.

1.4.6 Análisis geotécnico

Con base en la información geológica, geomorfológica y geotécnica disponible, y a partir de lo observado en la visita de campo, se llevará a cabo un inventario de los procesos de inestabilidad de las márgenes de las corrientes de agua u otros procesos considerados en el desarrollo del estudio. A partir de lo anterior se establecerá un plan de exploración geotécnica y de ensayos de laboratorio, con base en el cual se pueda llevar a cabo una adecuada caracterización geotécnica de los materiales encontrados en cada sector, con el fin de realizar posteriormente los análisis geotécnicos que se requieran, tanto para

evaluación de la estabilidad de las márgenes como de capacidad de soporte para las obras de protección o mitigación que se diseñen.

1.4.7 Análisis detallado de la amenaza

El análisis de la amenaza se hace de acuerdo con los criterios geomorfológico e hidrológico de acuerdo con los requerimientos técnicos de los documentos contractuales del proyecto. A partir de lo obtenido en los análisis de amenaza se generarán planos de zonificación en los que se delimitarán los sectores expuestos a diferentes grados de amenaza definidos cualitativamente, para lo cual se empleará la cartografía base definida anteriormente. El análisis de amenazas también comprende la definición de los procesos generadores de daño y el planteamiento inicial de alternativas para el manejo de los problemas encontrados.

1.4.8 Análisis detallado de la vulnerabilidad

Al inicio de esta actividad se considera la identificación y caracterización de los elementos expuestos, que corresponden tanto a las edificaciones como a las obras de infraestructura que pueden resultar afectadas, además de la definición de los modos de daño que pueden sufrir dichos elementos. Para la identificación de los elementos expuestos se llevará a cabo la realización de un inventario de viviendas y de obras de infraestructura situadas en las zonas urbanas en los sectores aledaños a la corriente de agua considerada. El análisis detallado de la vulnerabilidad comprende tanto la valoración de la vulnerabilidad física como la valoración de la vulnerabilidad social, por lo que para la realización de los inventarios de viviendas se tendrán en cuenta ambos aspectos.

1.4.9 Evaluación del riesgo

Inicialmente se presentará la definición de los criterios de decisión, para posteriormente presentar los escenarios del riesgo y realizar la evaluación del mismo. El riesgo se define con base en la amenaza y la vulnerabilidad en un mapa a escala 1:2000, que califica de manera cualitativa (alto, medio, bajo) la magnitud esperada del daño que podría presentarse en la vivienda por la materialización de las diferentes amenazas.

1.4.10 Plan de medidas de mitigación de riesgos

Inicialmente se hace la definición y evaluación de alternativas de mitigación, para lo cual se tendrá en cuenta su funcionalidad frente al desarrollo social sostenible, su factibilidad y la relación costo/beneficio, de cada una de las alternativas planteadas. Dentro de las medidas de mitigación a considerar se encuentran la restricción del uso del suelo, la reubicación de familias, la definición de zonas de aislamiento, la información pública y la implementación de obras de protección y control.

1.4.11 Identificación de viviendas en riesgo no mitigable

Con base en la información obtenida en los inventarios de viviendas y en la evaluación del riesgo se identificarán las viviendas situadas en zonas de riesgo no mitigable.

1.4.12 Gestión del riesgo con los municipios

Se ejecutará un plan de gestión con los municipios, el cual incluirá actividades como la realización de reuniones de socialización del proyecto y reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT.

1.4.13 Informe final

Al final del desarrollo de los estudios se elaborará un documento que contenga lo indicado en las secciones anteriores.

CONTENIDO

2	DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL	2-1
2.1	INTRODUCCIÓN	2-1
2.2	DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA	2-1
2.3	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE	2-3
1.	2.3.1 Generación de Cartografía Base	2-3
	2.3.1.1 Levantamiento topográfico	2-4
	2.3.1.2 Mapa urbanístico	2-4
	2.3.1.3 Mapa social	2-4
2.	2.3.2 Caracterización física	2-5
	2.3.2.1 Caracterización Geológica – Geomorfológica	2-5
	2.3.2.2 Caracterización climatológica e hidrológica	2-5
	2.3.2.3 Caracterización hidráulica	2-6
	2.3.2.4 Investigación Geotécnica	2-6
2.4	MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS	2-6
3.	2.4.1 Evaluación de la Amenaza por inundación	2-7
4.	2.4.2 Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales	2-7
5.	2.4.3 Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes	2-7
6.	2.4.4 Análisis de Vulnerabilidad	2-7
7.	2.4.5 Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes	2-8
2.5	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO	2-9
8.	2.5.1 Restricción del uso del suelo	2-10
9.	2.5.2 Reubicación de familias	2-10
10.	2.5.3 Obras de protección y control	2-10
11.	2.5.4 Definición de zonas de aislamiento	2-11
12.	2.5.5 Información pública	2-11
13.	2.5.6 Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT	2-11
2.6	MARCO METODOLÓGICO	2-12
14.	2.6.1 Análisis detallado de la amenaza	2-12
15.	2.6.2 Análisis detallado de la vulnerabilidad	2-14
16.	2.6.3 Análisis detallado del riesgo	2-15

2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Se presenta a continuación la conceptualización del estudio y la problemática de riesgo socio natural por inundación, avenidas torrenciales y fenómenos de remoción en masa, a partir de la valoración respectiva de la amenaza y la vulnerabilidad asociada a cada evento sobre los drenajes y laderas vecinas que delimitan el área urbana del Municipio de Cañasgordas.

2.2 DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA

El Municipio de Cañasgordas está situado en la vertiente del río Cañasgordas o Río Sucio, hacia la parte Occidental del Departamento de Antioquia. Se asentó en límites del valle del río el cual se caracteriza por ser un valle ancho en la parte media, valle intermedio, con gran cantidad de meandros e islas. El municipio en su parte urbana posee una topografía quebrada y con pendiente media en buena parte de su área, la cual varía por la disposición de las manzanas en forma discontinua

El desarrollo urbano del Municipio se ha dado en cercanías al Río Cañasgordas y sus quebradas afluentes. Esta conformación sumada a la condición fisiográfica de la zona urbana del Municipio, zonas de altas y medias pendientes, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por avenidas torrenciales del Río Cañasgordas, la Quebrada Apucarco, inestabilidad de las márgenes del Río Cañasgordas y fenómenos de Remoción en masa.

El Río Cañasgordas presenta un patrón de tipo meándrico el cual favorece la presencia de fenómenos de socavación lateral y de variación del cauce del río. Sin embargo, la inestabilidad de las márgenes no se produce directamente por la inclusión del río sino por la mala disposición de aguas lluvias y servidas, las cuales generan procesos puntuales que son ahondados por el Río y las quebradas.

Desde los diversos puentes peatonales y vehiculares se pueden observar los diversos muros que han sido construidos como obras de protección y que en algunos casos no han sido suficientes. En otros puntos se observan huellas del paso del agua en forma cercana a las viviendas, generando algunas zonas de inundación.

También es notable la existencia de socavación de las pilas y estribos de puentes ubicados sobre el río Cañasgordas. Este proceso se ve favorecido por la generación de un estrechamiento del cauce en cercanías a estas estructuras, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente.

Las laderas aledañas al sector urbano se han visto afectadas por la deforestación, los cultivos en altas pendientes y el emplazamiento inadecuado de viviendas, lo cual ha favorecido la existencia de pequeños fenómenos de remoción en masa. El principal factor

detonante de estos procesos es el agua, la cual en la mayoría de los casos es agua superficial sin ser captada; además, la ausencia de estructuras que permitan la captación de aguas subsuperficiales permite la saturación de los taludes y la aceleración de los movimientos de tierra.

Adicionalmente a los procesos existentes en el municipio, se observan numerosos procesos de remoción en masa a lo largo de la Vía externa al municipio y que comunica a Santa fe de Antioquia con el occidente antioqueño, los cuales se generan por mala disposición de aguas de las vías hacia el río. Los box culvert vierten las aguas directamente en los taludes colindantes con el río, sin estructuras adecuadas para ello como descoles, generando puntos de erosión que crecen hasta convertirse en deslizamientos.

El POT del Municipio de Cañasgordas (2006) identifica las amenazas a que está expuesto el Municipio, las cuales en resumen son definidas de la siguiente manera:

Recientes Fluvio - Torrenciales del Río Cañasgordas

La cuenca de drenaje tiene forma alargada en sentido Norte - Sur, y un desnivel prominente de 1.000m en una distribución horizontal de 3 Km, un gradiente bastante grande que sumado a la deforestación le confieren un comportamiento torrencial que originó avalanchas, algunos casos son: El represamiento de la quebrada El Toyo a la altura de la vereda Cuchilla Larga. En Buenos Aires se afectaron zonas altas equivalentes a la terraza T3.

Represamiento y Avalancha Torrencial de las Quebradas que Desembocan en el Area Urbana

Muchas de las quebradas que desembocan en el río Cañasgordas en la zona urbana, han formado abanicos aluviales, producto de flujos torrenciales. Uno de estos flujos torrenciales ocurrió en la quebrada Tabaquero el 13 de Septiembre de 1988.

Deslizamientos

Deslizamientos antiguos y activos, evidencian la alta probabilidad a que ocurran este tipo de eventos.

Las causas:

- Litología: Orcas limo - arenosas fuertemente plegadas de estratificación fina.
- Profundos perfiles de meteorización.
- Las fuertes y largas pendientes que rodean el casco urbano.
- Intensa deforestación.
- Fuerte precipitación en períodos lluviosos
- Construcción en laderas, etc.

Amenaza Sísmica.

Según el Código Colombiano de Construcción Sísmica - Res., el municipio de Cañasgordas está en riesgo sísmico intermedio

Erosión de Suelos

Los procesos de erosión y reptación, se presentan de manera bastante generalizada debido a:

- Meteorización profunda
- Deforestación
- Altas pendientes

De acuerdo con la problemática de riesgo del área urbana de Cañasgordas, identificada y expuesta, se busca a adelantar un estudio a nivel de detalle de los riesgos socio naturales que la afectan, fundamentado en la evaluación geomorfológica, hidrológica, hidráulica y geotécnica del área, así como las características urbanas y poblacionales del municipio.

El estudio de la problemática y del planteamiento de medidas de prevención, mitigación y/o control de los riesgos se enfoca desde la gestión integral del riesgo. Ello quiere decir que una vez zonificadas las áreas en riesgo, se elabora un análisis detallado de los niveles de riesgo existentes, discriminándolos por tipo, área de riesgo y vulnerabilidad específica, con el fin de contemplar las acciones requeridas para su adecuada gestión dentro del Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo Municipal. Así los estudios contemplan metodológicamente los siguientes aspectos que se consideran básicos y estratégicos dentro del desarrollo de los estudios.

2.3 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE

2.3.1 Generación de Cartografía Base

La cartografía base hace referencia a la información geográfica necesaria para realizar las evaluaciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo; por ello, su precisión debe ser alta y corresponderá a la escala de trabajo 1:1000 definida en la formulación del estudio.

- La topografía – Altimetría y planimetría.
- El urbanismo – Edificaciones (catastro), vías y redes.
- Mapa social – Estratificación, centros de salud, colegios, iglesias, centros deportivos, salones comunales, comedores comunitarios, etc.

La cartografía base existente se consultó en Planeación municipal. Una vez verificada la calidad de la información y el tiempo en el cual fue realizada, se genera un mapa base. Lo importante es contar con las escalas adecuadas para los análisis de amenaza y vulnerabilidad.

2.3.1.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico comprende tanto la planimetría como la altimetría del terreno (curvas de nivel) así como la georeferenciación de los elementos cartográficos que se encuentren dentro del área, tales como cursos de agua, taludes, barras, edificaciones, vías, cercas, etc.

La información topográfica de la zona se levanto a escala 1:2000, con curvas de nivel cada 1 m. y debidamente amarrado a placas del IGAC bajo el nuevo sistema de georeferenciación Magna Sirgas. Contempla el valle de Rio Cañasgordas desde su entrada al casco urbano hasta la salida y las Quebradas La Llorona, La escalera, Careperro y Apucarco, definiendo secciones transversales del vaso del cauce y de su valle de inundación cada 50 m o menos, de tal manera que permitan adelantar sobre las mismas la modelación hidráulica del cauce.

2.3.1.2 Mapa urbanístico

El mapa urbanístico es la base para la evaluación de la vulnerabilidad en la zona urbana. Con base en la información topográfica levantada, se procede a realizar la complementación de la información urbanística con la información DANE y de Catastro Municipal. Esta contempla:

- Delimitación del urbanismo de la zona, definiendo con claridad las manzanas.
- Delimitación de las vías de acceso, tanto vehicular como peatonal, estructuras de arte como puentes, box, alcantarillas, etc.

2.3.1.3 Mapa social

El mapa social es un primer nivel de análisis sobre la vulnerabilidad social. Con base en la información disponible previamente recogida y con la información que manejan las organizaciones sociales y líderes comunitarios se establece:

- Definición de las áreas según estratificación
- Definición de áreas según densidad de población
- Presencia institucional con base en la identificación de edificaciones públicas como centros de salud, colegios, centros deportivos, salones comunales, comedores comunitarios, hogares comunitarios, Iglesias entre otros.
- Presencia de entidades de socorro para la atención de emergencias
- Identificación de organizaciones sociales (JAC, Asociaciones de Vivienda, Grupos Ambientales, etc.).

2.3.2 Caracterización física

2.3.2.1 Caracterización Geológica – Geomorfológica

El estudio integrará la geología regional, local y de detalle, teniendo en cuenta aspectos de génesis, litología, estratigrafía y geología estructural, unidades de superficie, perfiles de meteorización y procesos de erosión.

Así el levantamiento geológico de detalle se hará a escala 1:2000, comprende el reconocimiento de campo con el levantamiento de columnas estratigráficas. La evaluación geológica se orienta principalmente hacia la obtención de un modelo geológico y estratigráfico de la zona que permita definir las dinámicas geomorfológicas que puedan generar eventos amenazantes sobre el Municipio.

La evaluación geomorfológica incluye los aspectos regionales mediante el análisis de información cartográfica regional y de imágenes o fotografías aéreas multitemporales y los aspectos locales a partir del levantamiento detallado de las características morfométricas, morfogenéticas y morfodinámicas. En particular se realiza un levantamiento de los procesos morfodinámicos presentes en el área de estudio.

En la caracterización geomorfológica se definen las unidades de terreno y se identifican los procesos de degradación presentes en el área en estudio. Un aspecto determinante en los estudios geomorfológicos con propósitos de evaluación de amenaza lo constituye el inventario de los procesos generadores de la amenaza como la erosión y los deslizamientos, por lo que se presentara un mapa de inventario de procesos o morfodinámico a lo largo del cauce y de las márgenes del río Sucio dentro del los 3.0 km del río que colindan con la zona urbana.

2.3.2.2 Caracterización climatológica e hidrológica

El régimen hidrográfico es el resultado de la interacción de variables como clima, morfología, litología del subsuelo, propiedades de los suelos desarrollados, vegetación y uso del terreno. Por lo tanto la caracterización hidrográfica de una zona puede realizarse a través de criterios geomorfológicos, incluyendo el análisis del drenaje superficial y la caracterización del patrón de flujo en función de la longitud y rugosidad de las pendientes, y capacidad de infiltración de los suelos.

El sistema de drenaje de un valle o una vertiente se constituye en un factor primordial en la generación de procesos morfodinámicos y de inundación, los cuales son los responsables del modelado de la superficie del terreno. Los canales naturales constituyen los agentes más importantes de transporte de material desde áreas altas a zonas bajas y son parte integral del ciclo hidrológico.

Entonces, se busca mediante esta caracterización un análisis de la información climática e hidrológica del sector de estudio, donde se tengan en cuenta aspectos como las características de evapotranspiración, los histogramas de precipitaciones máximas, mínimas y medias, las curvas de intensidad-duración-frecuencia de lluvias y los análisis de las condiciones de drenaje natural. Esta información deberá emplearse para analizar

su influencia en las amenazas por inundación e inestabilidad de las márgenes que se pueden presentar en el área de estudio.

2.3.2.3 Caracterización hidráulica

La caracterización hidráulica del cauce se efectuará partiendo de la determinación de los caudales de crecientes, de acuerdo al periodo de retorno de caudales y niveles más altos en estaciones hidrométricas. Para ello se consultara información histórica confiable de registros de precipitación, caudales y niveles. Se construirá la curva de duración de caudales y de niveles. Se utilizará un modelo hidráulico apropiado para determinar los perfiles de flujo para los diferentes caudales, así como la obtención de los diferentes parámetros hidráulicos necesarios para el diseño de obras de mitigación y los cálculos de socavación de las mismas. Como resultado se busca obtener zonas de inundación para diferentes períodos de retorno, y por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia.

2.3.2.4 Investigación Geotécnica

La investigación geotécnica tendrá por objeto el levantar mediante trabajos de campo, complementados con trabajos de laboratorio, la información suficiente y adecuada que permita caracterizar cuantitativamente los diferentes materiales que conforman las márgenes y lecho del cauce del Río Cañasgordas y de las Quebradas anexas.

La investigación geotécnica implicará un programa razonable de exploración directa mediante apiques, trincheras, perforaciones, etc., adecuadamente distribuidos sobre el área de manera de garantizar la obtención de la información geotécnica requerida para completar el modelo o modelos geológico-geotécnicos de las diferentes zonas del cauce del río. El trabajo de campo se complementará con un programa de ensayos de laboratorio (propiedades índice y mecánicas) que permita establecer adecuadamente las características esfuerzo-deformación, resistencia u otras propiedades de los materiales. La caracterización geotécnica de los materiales busca obtener parámetros para los análisis de estabilidad de las márgenes como para la proyección de obras de mitigación y/o control de los riesgos evaluados.

2.4 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS

De acuerdo con la naturaleza de las amenazas identificadas inundaciones, avenidas torrenciales e inestabilidad de las márgenes, se realizará la evaluación y zonificación de cada una, con una representación gráfica a una escala 1:1000, aplicable para la evaluación de su magnitud, probabilidad de ocurrencia y/o excedencia y distribución espacial. La selección de los métodos de análisis está sujeto a los modelos que mejor represente los escenarios de falla y cuyos requerimientos de información sean coherentes con la información primaria y secundaria recolectada. Es necesario considerar en los análisis de amenaza las zonas de su posible influencia.

La Zonificación de las Amenazas para cada evento identificado se presentará mediante la delimitación de zonas con diferente grado de exposición a la amenaza (alto, medio, bajo). Para el efecto se elaborarán mapas de amenaza el cual será de carácter temporal y por tanto, sujeto a las condiciones presentes en un momento dado, ya que estas son

cambiantes a través del tiempo; así mismo, los niveles de amenaza pueden estar variando, máxime cuando la intervención antrópica juega un papel muy importante.

2.4.1 Evaluación de la Amenaza por inundación

La evaluación de la amenaza se adelanta con base en métodos determinísticos que permiten el tránsito de caudales en la zona de estudio. Se utilizará la aplicación del software HEC-RAS, el cual permite obtener niveles de inundación para cada uno de los períodos de recurrencia.

El HEC-RAS, es un software desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre, una de sus principales aplicaciones es la Modelación hidráulica en régimen permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.

2.4.2 Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales

Teniendo en cuenta las características de este tipo de eventos, la evaluación se basa en métodos heurísticos soportados en criterio de experto. Para lo cual se adelanta un trabajo geomorfológico específico no solamente de la zona en estudio sino de la parte alta de la Quebrada Apucarco y La Llorona y en la cuenca del Río Cañasgordas.

2.4.3 Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes

Se aplicará una metodología cuantitativa de análisis y cálculo de reconocida validez, con una representación gráfica a una escala 1:2000, aplicable para la evaluación de la magnitud, probabilidad de excedencia y distribución espacial de la amenaza que esté acorde con las características de las márgenes de los ríos y quebradas. La distribución espacial del evento amenazante se realizara en función de la tipología de evento, la morfometría de la margen y de las condiciones del entorno donde se modela el evento.

Para el estudio de la estabilidad de los taludes representativos de cada unidad, se establece un modelo de análisis a partir de la estratigrafía de la zona, los mecanismos de falla definidos de acuerdo con los tipos de deslizamientos observados, empleando los métodos de análisis Bishop Modificado, Rankine y Janbu, mediante el programa SLIDE. Para ello se tienen en cuenta los factores ambientales como la lluvia y el sismo.

2.4.4 Análisis de Vulnerabilidad

Se puede hablar de vulnerabilidad de un elemento a partir del momento en que se sospecha de la ocurrencia de un evento amenazante determinado, de una cierta magnitud y caracterizado por un proceso generador de daño. Su evaluación pasa por determinar el nivel de daño potencial de un cierto número de elementos expuestos situados en una zona de extensión previsible del fenómeno.

Para valorar la vulnerabilidad en los términos expuestos se acude a la definición de funciones de daño, por tanto el nivel de daño de un elemento expuesto está en función de la naturaleza del evento amenazante y del tipo del elemento expuesto y esta describe la interacción elemento /evento en términos de daño potencial.

Se definen 2 tipos de funciones de daño, cada una de ellas agrupando las 3 familias de elementos expuestos, así:

<u>Elemento expuesto</u>	<u>Función de daño</u>
Bienes físicos	Daños estructurales
Personas	Perjuicios corporales

Los niveles de daño asociados a los eventos pueden ser traducidos o cuantificados en términos de pérdidas que pueden ser de naturaleza económica (costos directos e indirectos) de naturaleza humana o naturaleza funcional. Y dados los niveles de daño físico sobre los elementos expuestos se evalúa los perjuicios corporales y la perturbación funcional.

Al proceso de evaluación de la vulnerabilidad se introduce el concepto de vulnerabilidad de la sociedad, la cual permite establecer sobre el contexto socio – económico la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada. Ante la ocurrencia de un evento potencialmente dañino, los hogares ubicados bajo la línea de pobreza presentan una mayor dificultad para su atención y recuperación que los de altos ingresos, ya que suelen tener menor diversidad de recursos.

La vulnerabilidad se expresa por medio de una escala cualitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja, incluyendo una descripción detallada de los criterios adoptados para este efecto y incluirá un plano de zonificación por vulnerabilidad en la escala de trabajo adoptada: 1:2000.

2.4.5 Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes

El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales, o económicas, representadas por las posibles pérdidas de vidas humanas, daño en personas, en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a los eventos amenazantes que se presenten en el área en estudio, en su forma más precisa y cuantificada. Su objetivo es optimizar económicamente el plan de medidas de mitigación al permitir enmarcar la decisión sobre éstas en un análisis beneficio/costo. El riesgo se define con base en la amenaza y la vulnerabilidad en un mapa a escala 1:2000, que califica de manera cualitativa (alto, medio, bajo) la magnitud esperada del daño que podría presentarse en la vivienda por la materialización de las diferentes amenazas.

La valoración cuantitativa del riesgo se adelanta sobre los elementos físicos identificados dentro del área de influencia de evento, mientras el riesgo a los elementos corporales y funcionales se valora de manera cualitativa.

Para la estimación cuantitativa del riesgo de los elementos físicos, partiendo de la definición de riesgo como la magnitud probable esperada de un cierto nivel de daño,

puede evaluarse para cada elemento expuesto como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad:

$$R = F(A \times V)$$

Donde:

A: Amenaza en términos de probabilidad de falla (Pf) y

V: Vulnerabilidad como la pérdida potencial (Tasa de daño x Costo de daño).

Si conceptualmente se define la Vulnerabilidad como

$V = \text{Exposición (E)} / (\text{S})$ resistencia del elemento, entonces

$R = A \times (E / S)$

Con estas definiciones simplificadas se deduce que el riesgo puede disminuirse:

- a) Reduciendo o evitando la exposición de los elementos al fenómeno
- b) Reduciendo o controlando la amenaza del fenómeno
- c) Incrementando la resistencia del elemento al fenómeno

La valoración cualitativa del riesgo de los elementos corporales y funcionales se adelanta de manera descriptiva de acuerdo a la magnitud de los eventos amenazantes, a los modos de daño establecidos para los elementos físicos y de acuerdo a la importancia de funcional de cada predio, de las líneas y puntos vitales. Por tanto el riesgo corporal se asocia al número de personas afectadas y de acuerdo a la magnitud del evento amenazante, evaluar el grado de afectación (heridos, muertes, etc); y el riesgo funcional en términos de población afectada, días de suspensión del servicio, etc.

2.5 PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

Con los diferentes factores y elementos que se evalúan en los escenarios de riesgo establecidos para la determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el sector objeto de estudio y especialmente con el conocimiento adquirido de cada uno de los procesos que generan las amenazas se plantean las alternativas de prevención, mitigación y control.

Entre los parámetros más importantes que deben tener en cuenta para el planteamiento de acciones y obras de mitigación, están los relacionados con la definición de funcionalidad frente al desarrollo social sostenible, la factibilidad y la relación costo/beneficio, de cada una de las alternativas planteadas.

El plan de medidas de reducción del riesgo en la zona objeto de estudio se define teniendo en cuenta lo establecido y reglamentado en el POT del Municipio de Cañasgordas cuyos lineamientos serán la base del planteamiento de alternativas de reducción del riesgo. Igualmente, los resultados de los estudios de riesgo a detalle representan un mejoramiento de la precisión de la información, el plan de reducción de riesgo debe contemplar ajuste a las estrategias de intervención de los territorios sujetos de estudio.

Como estrategia se diseña un plan de acciones que permite establecer las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan bajar al mínimo los niveles de riesgo a que está expuesta la sociedad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y a la vez posibilita la corrección de condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos amenazantes.

Las alternativas de solución se plantean teniendo en cuenta el marco de acción de los actores involucrados en la gestión del riesgo de Municipio. Por esta razón, se contemplan dos tipos de actividades: Actividades Estructurales, que corresponden a las medidas de prevención y mitigación de los riesgos identificados, y las Actividades No Estructurales y que tienen básicamente que ver con actividades legislativas y organizativas que deberán abordar cada una de las entidades de acuerdo a su función. El grupo de medidas de mitigación se compone de las siguientes acciones:

2.5.1 Restricción del uso del suelo

Estas restricciones de uso para vivienda son diferenciadas según el riesgo existente o potencial y pueden definir con diferentes criterios a saber:

- Zonas de restricción de uso por zonas de amenaza alta a muy alta.
- Zonas de restricción de uso por invasión de ronda.

2.5.2 Reubicación de familias

Comprende el traslado de las familias y adquisición de predios que se localizan en áreas de alta amenaza o alto riesgo no mitigable. Esta acción debe ser complementada con el cambio de uso del suelo por las restricciones enunciadas en el numeral anterior. Para estos efectos se hará un inventario de viviendas localizadas en zonas definidas como de riesgo alto no mitigable o las viviendas localizadas en las zonas de ronda del cauce del río Cañasgordas.

Las viviendas que deben reubicarse son aquellas que se encuentran localizadas en zona de riesgo no mitigable o donde el costo de tratamiento de la zona sea mayor que el costo de la edificación. Igualmente dentro de un tratamiento integral de la zona algunos predios o edificaciones pueden ser ingresados a los programas de reubicación para lograr la rehabilitación de la zona.

El proceso de reubicación de familias debe estar enmarcado dentro de un programa de gobierno que garantice el mejoramiento, o en su defecto el mantenimiento de las condiciones de vida de las familias a reubicar.

2.5.3 Obras de protección y control

Las áreas definidas de alto riesgo por lo general están asociadas a procesos de urbanización de hecho o que se ha construido sin contar con la infraestructura de servicios, situación que contribuye a magnificar la problemática de riesgo.

El plan de obras de protección y control contempla acciones tendientes a consolidar urbanísticamente un área con los servicios mínimos requeridos y el establecimiento de

unas normas, también mínimas, que permitan un ordenamiento urbanístico tendiente a erradicar los agentes físicos de riesgo. Ello permite la regularización del sector dentro de los parámetros exigidos por la oficina de Planeación municipal, la preservación del entorno y la mejor convivencia ciudadana. De estas, se diseñaran las obras requeridas a corto plazo, que busquen controlar y minimizar los efectos de los riesgos inminentes.

2.5.4 Definición de zonas de aislamiento

Esta acción está encaminada a establecer dentro de los sectores urbanos las áreas que por su localización geográfica limitan con:

- Áreas forestales.
- Áreas de ronda de los cursos de agua – Río Cañasgordas y Quebradas Apucarco, y la Llorona.

2.5.5 Información pública

Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la sociedad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

El establecimiento de campañas educativas participativas buscan que la comunidad entienda y se apropie de conceptos como:

- El nivel de riesgo a que están expuestos.
- Identificación de agentes detonantes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.
- Beneficios de las obras de mitigación del riesgo, su construcción y mantenimiento.
- Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Dentro de la información pública, se pueden incluir programas que contemplen asesoramientos a la comunidad en aspectos de procesos constructivos de las viviendas. Las recomendaciones técnicas de construcción deben orientarse a minimizar las acciones que generan inestabilidad durante el proceso constructivo, especialmente durante la conformación de cortes y rellenos.

2.5.6 Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT

Se debe ejecutar un plan de gestión con los municipios, el cual debe incluir como mínimo las siguientes actividades:

- Reuniones de socialización del proyecto
- Reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT.

Como resultado se debe generar un documento técnico que sirva de soporte y herramienta para que los municipios incorporen los resultados del proyecto en los POT

según lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En el Capítulo 8 se presentaran los lineamientos para la implementación de los mapas de amenaza y riesgo en el POT municipal.

2.6 MARCO METODOLÓGICO

Como estrategia para la elaboración de los mapas de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para los diferentes eventos considerados, se debe adelantar un trabajo sistemático que permita de manera colectiva generar el conocimiento básico para que las metodologías y técnicas implementadas en las evaluaciones, permitan que la representación de las condiciones físico-sociales donde se generan los eventos amenazantes sean lo más cercanas a la realidad.

El análisis sistemático y retrospectivo de los eventos que han originado emergencias, permite la definición de criterios adecuados para la valoración de los niveles de amenaza y vulnerabilidad implícitos en el riesgo que está asumiendo una comunidad.

El trabajo sistemático se debe fundamentar en el estudio ordenado y continuo de los procesos generadores de daño que han ocurrido, que están ocurriendo o que pueden ocurrir sobre escenarios problema, buscando auscultar de manera integral todas las variables involucradas en los eventos amenazantes, incluyendo un recuento de los efectos económicos y sociales asociados a dichos eventos.

A continuación se presenta la propuesta metodológica marco para adelantar, la evaluación del riesgo de los eventos generadores de daño en el casco urbano del municipio de Cañasgordas.

El marco metodológico define las siguientes fases:

- Planteamiento del problema - Diagnostico preliminar de riesgo.
- Análisis detallado del evento generador de daño - la amenaza.
- Determinación de la espacialidad del evento generador de daño.
- Determinación de los procesos generadores de daño.
- Identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos
- Determinación de los tipos de daño, perjuicio o perturbación que puedan sufrir los elementos expuestos
- Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
- Evaluación del riesgo.

2.6.1 Análisis detallado de la amenaza

Para caracterizar los diferentes tipos de amenaza a que está expuesta la comunidad de la zona urbana del municipio de Cañasgordas, se debe:

- **Identificar el tipo de evento generador de daño.** Reconocer y Diferenciar los detonantes causantes y/o amplificadores de la amenaza y así Identificar el tipo de evento generador de daño.

- **Determinar las características físicas del evento generador de daño.** Establecer las condiciones físicas bajo las cuales ocurre el evento generador de daño configura la hipótesis de partida en los análisis de Riesgo, la cual, en lo posible, debe acercarse al modelo real.
- **Características espaciales del evento.** Se debe localizar y estudiar la posible extensión espacial del evento. La magnitud de este está determinada principalmente por el tipo de proceso y por las condiciones en sitio de los factores permanentes o intrínsecos, y por la ocurrencia de los factores detonantes.
- **Análisis del evento.** Se refiere al análisis resultado del diagnóstico general realizado por las diferentes ramas de especialidades como: la geológica, hidrológica, hidráulica, social, etc., tanto de los factores intrínsecos como de los factores extrínsecos o disparadores. Los factores disparadores determinan generalmente la distribución temporal del evento dependiendo del tipo, se pueden expresar en términos de una función de probabilidad de ocurrencia.

En la práctica no es fácil determinar la distribución temporal del evento generador de daño. En la mayoría de los casos, solo es posible establecer las características del evento; el “cuando” es mucho más difícil de determinar.

Estimación de la espacialidad del evento generador de daño: Una vez se inicia el evento se presentan una serie de factores que influyen en sus consecuencias, y están directamente relacionadas con la espacialidad, entre estos se definen: la ligereza con que se desarrolla el evento, el área involucrada y la frecuencia con que se producen.

La ligereza con que se produce y desarrolla el evento generador de daño depende de las características físicas del área involucrada, de los factores detonantes y de la fragilidad de sus elementos que se traduce como vulnerabilidad.

Lo anterior indica que en los análisis de riesgo se debe incluir tanto el área afectada como las características del evento, el producto de estos factores es directamente proporcional al poder destructor del evento amenazante. En otras palabras la vulnerabilidad de un elemento expuesto frente a un evento se incrementa a medida que la rapidez o la magnitud del evento generador de daño aumenten.

Determinación de los procesos generadores de daño: Los diferentes tipos de ocurrencia de los eventos amenazantes con una distribución espacial dada, pueden llegar a ser caracterizados por tipos de procesos generadores de daño, por ejemplo: impactos, presiones laterales, desplazamientos verticales, etc. El proceso de daño, o sollicitación, describe la acción del evento sobre el elemento estructural (bien) o corporal (persona) que la recibe. El término daño, hace referencia a las consecuencias nocivas de un evento amenazante materializado.

Estas sollicitaciones son de naturaleza mecánica y actúan sobre los elementos expuestos sea de manera dinámica o estática. Varias sollicitaciones se pueden asociar a un mismo evento tanto en el espacio como en el tiempo, e inversamente, varios eventos pueden

traducirse por una misma sollicitación. Estas difieren de un evento a otro por su intensidad, o bien por el ritmo y avance del mismo.

La traducción del evento en términos de sollicitación (es) asociada (s), representa en primera instancia la extensión previsible del evento generador de daño y muestran la interdependencia que debe existir entre la vulnerabilidad de un elemento expuesto asociada a las características del evento amenazante. Por tanto los estudios de vulnerabilidad, al menos en su dimensión espacial, dependen de la capacidad de predecir y caracterizar la amenaza, y de que los análisis de vulnerabilidad y amenaza están necesariamente e íntimamente ligados.

2.6.2 Análisis detallado de la vulnerabilidad

Identificación, caracterización y localización de los elementos expuestos: Es necesario considerar que varios tipos de elementos pueden estar expuestos a eventos amenazantes: individuos y bienes, elementos móviles e inmóviles, tangibles o intangibles. Tres grandes categorías pueden ser consideradas: Lo humano, físico y social, lo estructural (construcciones, vías, redes, etc.) y lo funcional (actividades económicas y sociales). La vulnerabilidad de cada uno de los elementos de estas tres categorías puede ser expresada de manera diferente.

Los elementos expuestos a las amenazas, deben de ser identificados y caracterizados en función de su utilización (viviendas, rutas, líneas de transmisión, etc.) y de su resistencia a los diferentes tipos de sollicitación:

- Elementos individuales que corresponden a las personas e infraestructura que se pueden identificar en un sitio específico.
- Elementos regionales, que corresponden a las actividades y las funciones que se desarrollan en las zonas de influencia regional. Estos elementos están íntimamente ligados a los elementos individuales.

Determinación de los tipos de daño, perjuicio o perturbación que pueden sufrir los elementos expuestos: Cada uno de los elementos identificados y caracterizados pueden presentar uno o varios tipos de daño en función del tipo de evento que los afecta (el impacto del evento). En otras palabras, el tipo de daño va a determinar la forma en que el elemento recibirá o sufrirá la eventualidad generadora de daño (el efecto causado). El tipo de daño puede ser expresado en términos cualitativos o cuantitativos según el tipo de elemento.

Para elementos individuales el nivel de daño esperado queda definido en función directa de los procesos generadores de daño o de las sollicitaciones asumidas por el elemento expuesto. El tipo de perturbaciones potenciales que pueden afectar las actividades o funciones regionales van a depender del tipo de daño que pueda sufrir un elemento individual. La relación entre ambos daños va a depender a su vez de la correspondencia entre el elemento local y el elemento regional. Sin embargo la perturbación de una actividad solo se materializará a partir de una cierta intensidad.

Según lo anterior el tipo de perturbación potencial podrá expresarse como una función del tipo de daño y su influencia regional. Como ejemplo aclaratorio se presenta la obstrucción

de una vía principal por la ocurrencia de un deslizamiento, el tipo de perturbación, en este caso estará en función del nivel de daño que sufra el elemento expuesto afectado por el deslizamiento, bien sea un puente o un tramo de vía.

Evaluación de vulnerabilidad de los elementos expuestos: Se puede hablar de vulnerabilidad de un elemento a partir del momento en que se sospecha de la ocurrencia de un evento, de una cierta magnitud, y caracterizado por un proceso generador de daño.

La vulnerabilidad debe determinar el grado de inutilización potencial de un elemento en el caso de la materialización del evento generador de daño, puede ser evaluada en porcentaje y expresada como un valor entre 0 (ningún daño potencial) y 1 (daños potenciales del 100%). Será función del tipo de daño potencial asociado a cada elemento y de la localización de los mismos frente al evento generador del daño.

Cada proceso generador de daño puede relacionarse con cada elemento por medio de una función de daño determinada. Se deben también definir funciones de perjuicios para describir y evaluar las consecuencias sobre los individuos, al igual que las funciones de perturbación para lo que tiene que ver con las actividades y funciones.

Los niveles de daño asociados pueden ser traducidos o cuantificados en términos de pérdidas que pueden ser de naturaleza económica (costos directos e indirectos) de naturaleza humana o naturaleza funcional. La utilización del concepto de tasa de daño permite establecer el grado de inutilización de un elemento. Esta tasa se expresa en unidades adimensionales, en valores entre 0 y 1; se definen tres tipos de tasa de daño siguiendo la naturaleza de los daños a los cuales aplican:

- Tasa de daño estructural
- Tasa de perjuicio corporal

2.6.3 Análisis detallado del riesgo

Evaluación del riesgo para la sociedad en términos de la distribución potencial de las pérdidas y los daños: La evaluación de riesgo debe traducir los porcentajes de daño de cada elemento en términos de criterios de cuantificación o cualificación que sea de uso común para la comunidad o sociedad que lo sufre.

Normalmente se utiliza una cuantificación o cualificación en términos de pérdidas que la materialización del fenómeno provocaría a la sociedad:

- Pérdidas en vidas humanas
- Pérdidas económicas
- Pérdidas patrimoniales
- Perturbaciones indirectas
- Otras.

La evaluación debe cubrir dos aspectos:

- Las personas y elementos de infraestructura expuestos en el sitio
- Las actividades o funciones en la zona de influencia.

Y la interpretación del riesgo debe realizarse en una dimensión espacial y en lo posible representada de una manera cercana a la realidad.

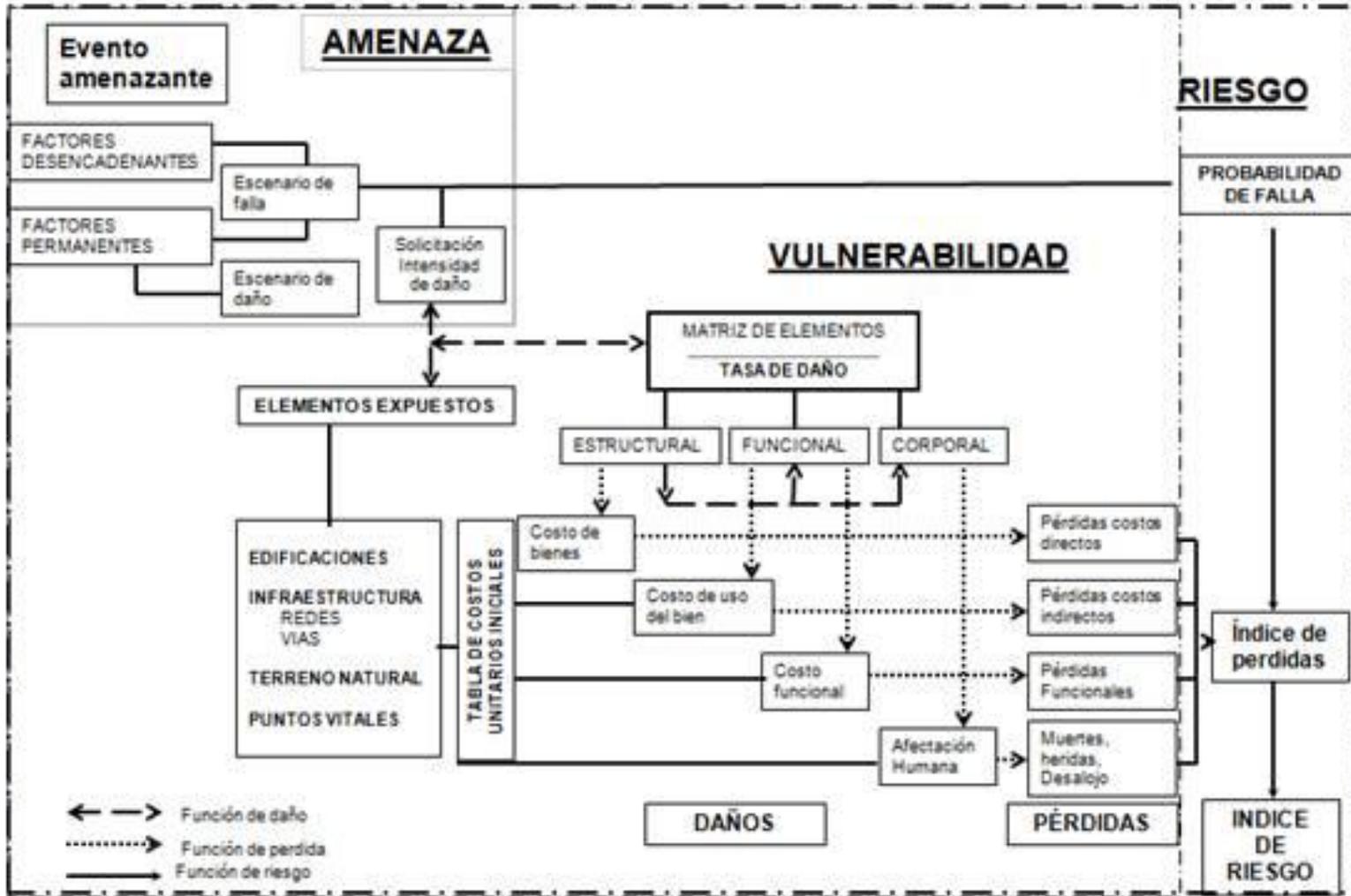


Figura 2-1 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo

CONTENIDO

3 ESTUDIOS BÁSICOS	3-1
3.1 INTRODUCCIÓN.....	3-1
3.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	3-1
3.2.1 Información de referencia	3-1
3.2.1.1 Información general.....	3-1
3.2.1.2 Municipio de Cañasgordas	3-1
3.3 CARTOGRAFÍA BASE	3-2
3.3.1 Introducción.....	3-2
3.3.2 Localización cartográfica del área.....	3-2
3.3.3 Cartografía existente	3-3
3.3.3.1 Cartografía POT	3-3
3.3.3.2 Cartografía DANE.....	3-3
3.3.3.3 Cartografía IGAC.....	3-3
3.3.3.4 Cartografía e Información Catastral	3-3
3.3.4 Levantamiento topográfico.....	3-3
3.3.4.1 Georreferenciación	3-3
3.3.4.2 Levantamientos topográficos	3-8
3.3.4.3 Generación Mapa Topográfico	3-9
3.3.5 Restitución fotogramétrica	3-9
3.3.5.1 Generalidades	3-9
3.3.5.2 Descripción de las fases de trabajo y los resultados obtenidos de las mismas	3-10
3.3.6 Información predial a nivel de manzanas.....	3-12
3.3.7 Generación de mapa base.....	3-15
3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	3-15
3.4.1 Contexto Geológico Regional y Local	3-16
3.4.1.1 Formación Penderisco:.....	3-16
3.4.1.2 Aluviones Cuaternarios (Qal).....	3-18
3.4.1.3 Depositos de Vertiente (Qvc).....	3-19
3.4.1.4 Llenos Antropicos (Qll)	3-19
3.4.2 Geomorfología Regional y Local.....	3-19
3.4.2.1 Paisaje de montaña denudacional (m).....	3-20
3.4.2.2 paisaje de planicies o terrazas aluviales	3-20
3.4.3 Procesos morfodinámicos.....	3-24
3.4.3.1 Río Cañasgordas o sucio y la vía nacional.....	3-24
3.4.3.2 Río Cañasgordas o sucio y las edificaciones adyacentes.	3-25
3.4.3.3 Laderas alledañas a las viviendas	3-25
3.4.3.4 Laderas alledañas al río	3-26
3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	3-26
3.5.1 Recopilación y análisis de la información existente	3-27
3.5.1.1 Cartografía	3-27
3.5.1.2 Hidrometeorología	3-27
3.5.1.3 Fuentes secundarias	3-28

3.5.2	Climatología, Hidrología e Hidráulica	3-28
3.5.2.1	Climatología.....	3-28
3.5.2.2	Hidrología	3-33
3.6	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	3-41
3.6.1	Investigación del subsuelo.....	3-41
3.6.1.1	Exploración con sondeos y trincheras	3-41
3.6.1.2	Ensayos In Situ.....	3-42
3.6.1.3	Ensayos de laboratorio	3-43
3.6.2	Caracterización geomecánica.....	3-43
3.6.3	Zonificación geotécnica	3-48
3.6.3.1	Zonas de ladera.....	3-49
3.6.3.2	Zonas de terraza	3-53
3.7	COBERTURA	3-54
3.7.1	Objetivos	3-54
3.7.2	Metodología.....	3-55
3.7.3	Resultados	3-55
3.8	FACTOR ANTRÓPICO	3-59
3.8.1	Urbanismo y catastro.....	3-59
3.8.2	Vías	3-59
3.8.3	Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado	3-62

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1	Coordenadas geodésicas wgs-84 (época 1995.4)	3-5
Tabla 3-2	Coordenadas planas cartesianas	3-5
Tabla 3-3	Elipsoide world geodetic system 1.984	3-5
Tabla 3-4	Coordenadas Geodésicas Wgs-84	3-5
Tabla 3-5	Coordenadas planas cartesianas magna	3-5
Tabla 3-6	Coordenadas Gauss-Kruger Magna-Sirgas origen oeste.....	3-6
Tabla 3-7	Productos entregados	3-12
Tabla 3-8	Manzanas dentro de la franja de estudio según código DANE	3-12
Tabla 3-9	Manzanas dentro de la franja de estudio según código Catastral.....	3-14
Tabla 3-10	Características principales de las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas	3-28
Tabla 3-11	Precipitación Total Media Mensual (mm).....	3-29
Tabla 3-12	Valores de Precipitación Total Anual (mm) Para las Recurrencias Indicadas Cañas-Gordas.....	3-30
Tabla 3-13	Valores de Precipitación Máxima en 24 Horas (mm) para las Recurrencias Indicadas Cañasgordas	3-31
Tabla 3-14	Temperatura del Aire °C	3-32
Tabla 3-15	Humedad Relativa (%)	3-32
Tabla 3-16	Evapotranspiración (mm).....	3-33
Tabla 3-17	Exploración del subsuelo	3-41
Tabla 3-18	Limo arcilloso café	3-44
Tabla 3-19	Arcilla limosa café	3-44
Tabla 3-20	Gravas en matriz limosa	3-45
Tabla 3-21	Limo arcilloso café con vetas habanas	3-45
Tabla 3-22	Arenas y gravas grises.....	3-46
Tabla 3-23	Limo arenoso de color café.....	3-46
Tabla 3-24	Limo arenoso gris.....	3-47
Tabla 3-25	Limo arcilloso habano	3-47

Tabla 3-26 Fragmentos de roca en matriz limosa.....	3-48
Tabla 3-27 Descripción de la unidades de cobertura y efectos asociados al medio físico.....	3-56
Tabla 3-28 Listado detallado de especies presentes en bosque natural intervenido	3-57
Tabla 3-29 listado de especies propias de la unidad rastrojo alto	3-58
Tabla 3-30 Listado de especies herbáceas propias de rastrojos bajos y pastos naturales.....	3-59
Tabla 3-31 Vías Urbanas Pavimentadas	3-60
Tabla 3-32 Estado Red Vial Municipal	3-61
Tabla 3-33 Cobertura Alcantarillado.....	3-62

3 ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 INTRODUCCIÓN

Se describen y analizan en este capítulo los resultados de las actividades o estudios básicos realizados siguiendo la metodología establecida, para llegar finalmente a establecer la zonificación de áreas de comportamiento homogéneo o unidades de análisis particular.

3.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

3.2.1 Información de referencia

Para el desarrollo del presente estudio se realizó la recopilación, revisión y análisis de la información disponible en las diferentes empresas y entidades públicas, sobre estudios previos realizados en el área de estudio.

3.2.1.1 Información general

Dentro de la información de referencia a nivel regional y que puede resultar de utilidad para el desarrollo del proyecto se encontraron los siguientes documentos:

- Geología del departamento de Antioquia. Plancha Escala 1:400000. Ingeominas, 1999.
- Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa. Ingeominas, 2001.
- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia. Ingeominas, 1995.
- Censo general 2005, nivel nacional. DANE, 2005.

3.2.1.2 Municipio de Cañasgordas

A continuación se presenta una relación de la información previa existente para el área de estudio:

- Plan de ordenamiento territorial municipio de Cañasgordas. Alcaldía municipal de Cañasgordas, 2000.
- Mapa de amenaza POT. Alcaldía municipal de Cañasgordas, 2010.
- Mapa zona urbana municipio de Cañasgordas sectores, secciones, manzanas y vías. DANE, 1993.
- Plancha topográfica, 129-II-B, escala 1:25000. IGAC, 1988

- Fotografías aéreas, Vuelo C-2303-30 Fotos 75-76, escala 1:29570. IGAC, 1987
- Fotografías aéreas, Vuelo C-2736 Fotos 99-104, escala 1:11150. IGAC, 2004
- Plano de zonas económicas, zonas físicas, vías y loteo: Planeación municipal municipio de Cañasgordas.
- Plano catastral municipio de Cañasgordas 2010 Alcaldía municipal de Cañasgordas
- Diagnostico ambiental Quebrada La Apucarco – Suministrado por CORPOURABA.
- Identificación de zonas de riesgo por fenómenos naturales en la cabecera municipal de Cañasgordas. Albeiro de Jesús Rendón Rivera, Secretaria de Desarrollo de comunidad - sección Fopreve, 1994. 1 Texto, 3 Planos.
- Valores medios mensuales de humedad relativa, valores medios mensuales de temperatura, valores totales mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, valores de Brillo solar (horas) - estación 1111502 Cañasgordas. IDEAM
- Estadísticas municipales SISBEN – hogares. Oficina del SISBEN municipio de Cañasgordas

3.3 CARTOGRAFÍA BASE

3.3.1 Introducción

Se describe y analiza en este capítulo la información cartográfica recopilada de fuentes secundarias, como el IGAC, Catastro, POT de cada municipio ó imágenes satelitales, además, de la topografía del terreno obtenida directamente en campo.

3.3.2 Localización cartográfica del área

Las siguientes coordenadas planas enmarcan el cuadrángulo en el que se localiza la zona en estudio, la cual corresponde al perímetro urbano de Cañasgordas:

N 1239275 m E 1115220 m en el extremo norte y N 1236742 m E 1117437 m en el extremo sur del municipio.

Altimétricamente se tiene una cota máxima de 1370 msnm en el punto sur y una cota de mínima de 1250 msnm hacia el norte. La cabecera municipal presenta una altura promedio de 1300 msnm para la cabecera municipal.

3.3.3 Cartografía existente

Para el estudio se consultó la cartografía existente en el DANE y del POT del Municipio, cuyas planchas se describen a continuación.

3.3.3.1 Cartografía POT

Esta cartografía corresponde al mapa de amenaza relativa del municipio a escala 1:5000. Esta cartografía presenta las zonas catalogadas como amenaza alta, media y baja enmarcada en la distribución espacial de la zona urbana del municipio.

3.3.3.2 Cartografía DANE

Esta cartografía corresponde a un mapa digital (1993), escala 1.5000, que contiene la zona urbana del municipio de Cañasgordas, a nivel de manzanas y vías, referenciadas a secciones y sectores urbanos, lo que permite obtener su código DANE completo.

3.3.3.3 Cartografía IGAC

Esta cartografía corresponde a las planchas topográficas 129-II-B (1988), que contienen curvas de nivel cada 50m, principales ríos y quebradas, además de la ubicación de Cañasgordas y veredas cercanas, la escala de las planchas es 1:25000.

3.3.3.4 Cartografía e Información Catastral

La cartografía catastral consultada al municipio corresponde a la actualización realizada en el año 2005 a partir de sobrevuelos aéreos y permite visualizar la distribución espacial de las manzanas, vías y edificaciones especiales. Adicionalmente se consultó el listado de predios del municipio en orden de cédula catastral de la Dirección de Sistemas de Información y Catastro del Departamento de Antioquia.

3.3.4 Levantamiento topográfico

3.3.4.1 Georreferenciación

3.3.4.1.1 Objetivo

Posicionamiento de 8 (ocho) puntos principales de primer orden “4 bases de salida, punto y su señal de azimut” por el sistema de GPS que nos sirvan para el control y cierre de las poligonales de amarre de los levantamientos topográficos y batimétricos adelantados en la zona. Las bases se colocaron al principio, dos intermedias y al final del municipio con el fin de controlar el recorrido total de las áreas del proyecto.

3.3.4.1.2 Metodología

Los trabajos geodésicos se realizaron con el Sistema de Posicionamiento Global GPS., utilizando la constelación de satélites NAVSTAR de los EU tomando como base la Estación permanente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi más cercana al municipio de CAÑASGORDAS que en este caso es el Vértice MEDE en el municipio de Medellín

(Antioquia) a 72 Km aproximadamente, para incluir los datos a la Red Magna-Sirgas, por el método Estático cumpliendo los requerimientos técnicos para ello exigidos:

- Ángulo mínimo de recepción: 15 grados sobre el horizonte
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 6
- No inclusión de satélites descompuestos
- Recolección de datos para tres dimensiones
- Tiempo mínimo de recolección de datos: 20 minutos por el primer kilómetro y 3 minutos por cada kilómetro adicional con GPS de doble frecuencia (por ello varía dependiendo de la distancia a la Estación Permanente del IGAC)
- Duración de épocas a captar: 15 segundos

Dadas estas condiciones y con el adecuado procesamiento de datos se obtiene información de alta calidad para cada punto.

- a) Metodología de campo y oficina: El trabajo se desarrollo con tres (3) antenas de GPS Topcon Hiper +, 2 de doble frecuencia L1/L2 y una de frecuencia sencilla L1 en estático, para el traslado de coordenadas magna a la red Geodésica Nacional se dejó una antena doble permanente en el punto GPS-1 durante 7 horas y 31 minutos frente al hospital con una buena recepción de satélites que siempre oscilo de 10 a más garantizando la precisión de nuestro punto de origen a 3.0 cm en precisión horizontal y 3.0 cm en precisión vertical con respecto a las coordenadas magna-sirgas de Colombia. Desde nuestro GPS-1 en tiempos simultáneos y con la otra antena doble se ubicaron el GPS-2 el GPS-3, el GPS-5 y GPS-7 también con buena recepción de satélites y garantizando la precisión a nivel horizontal y vertical por debajo de 1.0 cm. Para ubicar nuestras señales de azimuth se utilizo la antena sencilla con un rastreo simultáneo de 1.0 horas a más ubicando los puntos GPS-4, GPS-6 y GPS-8 cuya precisión también está por debajo de 1.0 cm.
- b) Para calcular las coordenadas de nuestros puntos en el sistema magna-sirgas se partió de los datos que presenta el IGAC actualizados semana a semana en su página oficial www.sirgas.gov.co ya que las antenas permanentes no son certificadas sino que publican sus coordenadas geocéntricas, luego se calculan las coordenadas Gauss Krugger con el programa magna_sirgas 3.0 de origen Oeste y la Ondulación Geoidal con el programa Geocol 2004, y se pidió la certificación de la altura Geométrica de la estación permanente de Medellín obteniendo los valores actualizados de:

Antena	Coordenadas Geocéntricas	Coordenadas Gauss	Alturas
MEDE	X= 1579608.4544	06°11'57.8566"	Elipsoidal: 1553.430
	Y=-6142783.8430	-75°34'44.09971"	Geométrica: 1528.637
	Z= 684352.3777		Ondulación: 26.64

Con estos valores, los archivos rinex de la base MEDE y los rinex de cada punto hacemos el post-proceso entre MEDE y nuestro GPS base denominado GPS-1, a partir de GPS-1 se hace el post-proceso con nuestras bases GPS-2, GPS-3, GPS-5 y GPS-7 y a partir de

estos el post-proceso a nuestras señales de azimut GPS-4, GPS-6 y GPS-8 con el programa original del equipo de GPS Topcon Tools, obteniendo las bases de GPS de amarre.

c) *Parámetros Geodésicos y de Transformación:*

Tabla 3-1 Coordenadas geodésicas wgs-84 (época 1995.4)

COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 (época 1995.4)			
LATITUD (N)	LONGITUD (W)	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA (msnm)
03°48'44.63635"	76°46'47.20890"	296.494	275.80

Tabla 3-2 Coordenadas planas cartesianas

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS	
NORTE	ESTE
913332.746 m	1033070.188 m

d) *Procesamiento de la información:* Los parámetros de referencia del elipsoide WGS-84, utilizado por el sistema GPS al elipsoide Internacional.

Tabla 3-3 Elipsoide world geodetic system 1.984

ELIPSOIDE WORLD GEODETIC SYSTEM 1.984 Unidad=metro			
DATUM	A	1 / f	b
WGS / 84	6'378.137.00	298.257223563	6'356.752.3142

Tabla 3-4 Coordenadas Geodésicas Wgs-84

COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 (época 2008.2)			
LATITUD (N)	LONGITUD (W)	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA (msnm)
03°48'44.64140"	76°46'47.20656"	296.4936	275.80

Tabla 3-5 Coordenadas planas cartesianas magna

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS MAGNA	
NORTE	ESTE
913332.900 m	1033070.260 m

Los cálculos se realizan sobre el Elipsoide WGS-84 y luego son trasladados al Elipsoide Internacional, utilizando

Parámetros de traslación: $\Delta X: 307$ Factor de Escala: $\Delta = 0$
 $\Delta Y: 304$
 $\Delta Z: 318$

Parámetros de rotación: $\omega = 0$
 $\psi = 0$
 $\xi = 0$

Valores correspondientes a los presentados por la DMA en 1987.

Este proceso para el IGAC se denomina componente sistemática, pero además se incluye una corrección por componente aleatoria, la cual compensa la deformación del Vértice APTO debido a desplazamientos de los vértices geodésicos por movimientos tectónicos, disminución de precisión de las posiciones a medida que aumenta la distancia del punto Datum y la baja cualificación del Geoide cuando la Red clásica fue establecida. Es

llamada aleatoria porque presenta diferentes comportamientos a lo largo del país y sus valores dependen completamente de la zona de interés.

La altura geométrica se calcula partiendo de la Ondulación Geoidal de cada sector en el municipio de Cañas Gordas que en este caso oscila entre 24.24 y 24.60 m.

Es importante aclarar que estos valores resultan de un proceso matemático aproximado a cada zona del país y obtenemos la altura ortométrica que tal como la garantiza el IGAC tiene más o menos 80 cm de diferencia con la geométrica de este punto.

- e) *Localización Bases de GPS:* Las cuatro parejas de GPS se colocaron simultáneamente de la siguiente manera: los puntos GPS-1 y GPS-2 están sobre la calle 24 uno en frente de la piscina comunal y el otro frente al colegio Nicolás Guerra, el GPS-3 y GPS-4 se encuentran uno en el puente sobre el río Sucio de la vía que viene de Santafé de Antioquia a Uramita (Calle 37) y el otro en el giro de la vía a Uramita, la tercera pareja Gps-5 y GPS-6 en el puente sobre el Río Sucio que conduce al barrio La Esperanza y el otro sobre la vía hacia el barrio cerca al muro de contención y la última pareja GPS-7 y GPS-8 en la salida de Cañas Gordas hacia Abriaquí barrio Buenos Aires en la primera curva después del puente a mano izquierda en el patio de la casa y el GPS-8 en el puente sobre el río Sucio.

Este proceso se llevó a cabo, con una metodología que minimiza la propagación de errores y garantiza un efectivo control, paso a paso.

Tabla 3-6 Coordenadas Gauss-Kruger Magna-Sirgas origen oeste
COORDENADAS GAUSS-KRUGGER MAGNA-SIRGAS ORIGEN OESTE

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ORTOMETRICA (msnm)
GPS-1	1237755.227	1116604.035	1308.842
GPS-2	1237798.304	1116696.141	1317.281
GPS-3	1238906.259	1115941.607	1241.614
GPS-4	1238878.469	1115884.941	1241.283
GPS-5	1239434.034	1115230.885	1201.433
GPS-6	1239430.509	1115150.361	1203.347
GPS-7	1237093.393	1117263.994	1374.861
GPS-8	1237057.824	1117218.045	1372.563

El cálculo de estos puntos aparece en los cuadros de post-proceso mostrados más adelante.

3.3.4.1.3 Equipos Utilizados

- a) GPS TOPCON HIPER+: Tres equipos de GPS 2 de Doble Frecuencia L1/L2 y uno de una frecuencia L1 Description: Tiene Integrado el receptor de GPS y la antena, radio transmisor y antena, y por separado CDU/PCMCIA y la batería, posee 40 canales en L1, 20 L1+L2 GPS/GLONASS.

Especificaciones en Static/Rapid Static: en Horizontal 3mm+1 ppm y en vertical 5 mm + 1 ppm.

GPS ANTENNA / Internal; ANTENNA TYPE 7 Microstrip (zero-centered), GROUND PLANE Antenna on a flan ground plane.

Figura 3-1 GPS TOPCON HIper +



- b) *Navegador Garmin GPSMAP60Csx*: Es un navegador de precisión pos-métrica que puede detectar hasta 12 satélites y que con seis (6) que capture da una buena precisión de posicionamiento para localizar puntos de control del trabajo de localización.

Figura 3-2 Navegador Garmin GPSMAP60Cx



3.3.4.2 Levantamientos topográficos

3.3.4.2.1 Objetivo

Determinar la magnitud y forma real (planimétrica y altimétrica) del río y la quebrada que riega el municipio atendiendo que en el convergen las áreas servidas del municipio, que algunas zonas representa riesgos en cuanto a derrumbes causados por la inestabilidad del terreno, algunas obras como muros las ha arrastrado el río y por las constantes lluvias que hoy afronta en especial esta zona del país.

3.3.4.2.2 Metodología

- a) *Levantamiento Topográfico:* A partir de las bases de salida compuesta por parejas de GPS, se trazaron poligonales con cierre en otras parejas de GPS con estación total geodésica y por radiación directa se tomaron todos los puntos que describen cada una de las zonas en estudio, puntos como vías, cercas, terrazas, taludes, obras de arte, canales, gaviones, muros de contención, riveras, lecho de las fuentes de agua, taludes, puentes y demás existentes generando la base cartográfica georreferenciada de cada frente.
- b) *Levantamiento Batimétrico:* El levantamiento se práctico sobre los 4.3 km de río que bañan el municipio y la quebrada Apucarpo dada su relativa poca profundidad en la época de toma (no más de 80 cm), lo corrientoso del río y la gran cantidad de rocas que tiene el levantamiento se realizo con Estación Electrónica Total y por el sistema de vadeo (caminando).
- c) En algunas zonas del rio y la quebrada dada su relativa poca profundidad (no más de 1.5m) el levantamiento se realizo con Estación Electrónica Total.
- d) Datos técnicos:

Localización del Proyecto: Municipio de Cañas Gordas – Antioquia (Colombia) Frentes de Trabajo y longitud:

- Sobre el río Sucio 4300 m
- Sobre la quebrada Apucarpo 285 m

Características Topográficas: El rio y la quebrada se hallan en terrenos pendientes, con una pendiente media del 5 %, la fuerza del agua para la época de toma es fuerte, se presentan pequeños derrumbes algunos derrumbes debido a la inestabilidad del terreno causada por la erosión y las lluvias dificultaron un poco la toma de datos.

3.3.4.2.3 Equipo utilizado

- a) *Estación Electrónica Total Geodésica Leica TC1800 y Leica TC407:* Son estaciones de orden geodésico óptimas para cualquier tipo de trabajos de alta precisión.

Datos técnicos:

Alcance: Con un prisma, entre 3500 y 4000 m. en condiciones malas y/ó buenas
Con tres prismas, entre 6000 y 8000 m en condiciones malas y/ó buenas

Falla en distancia: 3 mm / 7 Km
Falla en ángulos: 1"
Precisión: 1" de lectura directa

La estación cuenta con:

- Dos (2) bastones con ojo de pollo de 2.5 m y dos (2) bastones de 5.0 m de altura con sus respectivos prismas, un bastón tiene una pacha de 3 prismas.
- Trípode metálico, dos pilas, cargador.
- Estuches respectivos de los equipos y radios de comunicación con un alcance de 3.3 km.

3.3.4.3 Generación Mapa Topográfico

Los datos de campo se bajaron directamente desde la cartera electrónica al computador, evitando errores de transcripción y agilizando este proceso.

Los cálculos y el dibujo de los levantamientos se realizaron asistidos por computador en sistema CAD, del cual se generaron archivos magnéticos de dibujo, con extensión DWG.

En el proceso de oficina, se realizaron las siguientes actividades:

- a) Post proceso de la información recolectada por los GPS.
- b) Cálculo y procesamiento de datos.
- c) Dibujo del levantamiento en sistema CAD.
- d) Modelo digital del terreno
- e) Informe

3.3.5 Restitución fotogramétrica

3.3.5.1 Generalidades

Teniendo en cuenta las extensas áreas de los municipios y la geoforma de los mismos, se estableció la necesidad de realizar restitución fotogramétrica de fotografías aéreas existentes. Esta herramienta permite abarcar en forma completa las cabeceras municipales, los drenajes de interés y especialmente las laderas alledañas.

Para la ejecución de esta restitución se requirió la adquisición de fotografías aéreas en forma digital y en escala cercana o menor a los 10.000, de tal manera que de la restitución se obtenga el nivel de detalle requerido (curva de nivel mínimo cada 2 metros). Las fotografías escogidas para tal fin fueron:

- Fotografías aéreas escala 1:11500, las cuales fueron adquiridas al IGAC.

La restitución fotogramétrica se realizó con las características que se presentan a continuación; así mismo se explica cómo los resultados de la restitución se vinculan a los mapas base:

- Restitución a partir de fotografías aéreas escala 1:11500; el resultado es un plano escala 1:2000 con curvas de nivel cada 2 metros. La restitución forma el mapa

base, ya que muestra la topografía de todo el casco urbano y sus alrededores. La extensión en la cual se realizó el trabajo fue de 250 Ha.

Es importante resaltar que el cubrimiento que otorga esta herramienta es amplio, especialmente para la zona exterior al casco urbano y que es de nuestro interés para los análisis de estabilidad.

3.3.5.2 Descripción de las fases de trabajo y los resultados obtenidos de las mismas

- **Georeferenciación:**

El proceso de georeferenciación se realizó mediante técnicas de aerotriangulación, método por el cual las fotos son ajustadas entre sí, permitiendo la visualización tridimensional de las mismas en software especializado. Así mismo en el proceso de aerotriangulación se utilizan un conjunto de puntos de fotocontrol que permite saber las coordenadas horizontales y la altura de cada uno de los puntos en el terreno en el sistema de referencia espacial utilizado, que para el caso del presente estudio fue el siguiente:

Origen MAGNA-SIRGAS Oeste:

- Esferoide: GRS 1980
- Datum: SIRGAS
- Factor de Escala del Meridiano Central: 1.0
- Longitud de Origen: 77° 4' 39,285" Oeste
- Latitud De Origen: 4 ° 35' 46,3215" Norte
- Falso Este: 1.000.000
- Falso Norte: 1.000.000

Los resultados de la aerotriangulación fueron evaluados teniendo en cuenta el error medio cuadrático, que indica el error promedio en posición horizontal y vertical que se puede llegar a presentar, así mismo se revisó en los modelos estereoscópicos el ajuste o coincidencia de los puntos de fotocontrol con los mismos puntos dentro del modelo y finalmente se revisó la consistencia del modelo desde un punto de vista cualitativo.

Para el municipio de Cañasgordas se registró un error medio cuadrático de 0,44 m, los puntos de control estuvieron dentro de una distancia tanto vertical como horizontal inferior a los 50cm, el modelo se consideró consistente al no identificar problemas de paralaje ni distorsiones en las fotografías. Los insumos utilizados fueron 12 puntos de control extraídos de cartografía producida a partir de levantamiento topográfico en campo, seis fotografías aéreas pancromáticas, de las cuales se dispuso de datos de la calibración de la cámara como distancia focal que fue de 152,49 mm, la posición del punto principal, las distorsiones radiales de lente y las coordenadas instrumentales de las marcas fiduciales, teniendo en cuenta esto se consideró que los resultados fueron muy satisfactorios para la escala de trabajo.

- **Restitución fotogramétrica**

Éste trabajo se realizó de manera manual con el uso software de dibujo asistido, los intervalos en las curvas de nivel se definieron de acuerdo a las escalas de trabajo propuestas y los elementos restituidos para las diferentes zonas fueron las curvas de nivel, ríos y vías. Un aspecto importante en relación al pos-procesamiento de los datos es el de edición topológica, en el cual se asegura algunos aspectos como conectividad entre elementos, ausencia de superposición de elementos cuando no existe tal condición etc, este procedimiento permite por ejemplo la conectividad entre ríos o entre vías, sin embargo dentro del trabajo realizado se advirtió la ausencia de conectividad entre ríos por ejemplo, debido a su canalización subterránea en las zonas urbanas, por ejemplo, o en as vías debido a interrupciones por movimientos en masa, entre otros motivos

- **Ortorectificación**

La ortorectificación es el proceso más riguroso que se puede llevar a cabo para geroreferenciar una imagen aérea, debido a que se eliminan errores que por otras técnicas de georeferenciación no son tenidos en cuenta, como los errores inherentes a la imagen en relación con el sensor o cámara fotográfica en éste caso, y los errores o desplazamientos en posición asociados al relieve los cuales generan inexactitudes posicionales muy importantes en zonas montañosas, como es el caso de la tres zonas trabajadas.

Teniendo en cuenta lo explicado, al haber hecho un proceso de ortorectificación la exactitud posicional de los elementos visibles en las fotografías coinciden dentro de un error similar al del error medio cuadrático de la aerotriangulación con sus verdaderas posiciones en el terreno. Otro aspecto importante es la unión o mosaiqueado de las fotografías, el cual es más o menos dificultoso dependiendo de las diferencias radiométricos (tonalidades) de las fotografías aéreas, en éste sentido no se presentaron inconvenientes insuperables, lo cual permite ver en las diferentes zonas de estudio la unión de diferentes fotografías como si se tratase de una sola. La resolución espacial de los diferentes ortofotomosaicos (unión de fotografías ortorectificadas), de cada zonas fue de 20 cm.

- **Modelos digitales de terreno**

Se generaron a partir de las curvas de nivel mediante interpolación bilinear, la resolución espacial estuvo de acuerdo a la escala de trabajo de manera que para Cañasgordas fue de 2 metros. Dentro de la propuesta inicial se plantearon como productos la restitución fotogramétrica digital de curvas de nivel, ríos y vías, modelos digitales de terreno, ortofotomosaicos e informe final, la descripción de tales archivos se presenta en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7 Productos entregados.

PRODUCTO	DIRECTORIO	ARCHIVO	DESCRIPCIÓN
Restitución Fotogramétrica Digital formato GIS	CD/CAÑASGORDAS/ Restitucion/ SHAPEFILE	Area_Canagordas.shp Curvas_Canagordas.shp Ríos_Canagordas.shp Vías_Canagordas.shp	Polígono del área trabajada Curvas de Nivel 2m Ríos Vías
Restitución Fotogramétrica Digital Formato CAD	CD/CAÑASGORDAS/ Restitucion/DWG	Area_Canagordas.DWG Curvas_Canagordas.DWG Ríos_Canagordas.DWG Vías_Canagordas.DWG	Polígono del área trabajada Curvas de Nivel 2m Ríos Vías
Modelo Digital de terreno formato IMG	CD/CAÑASGORDAS/ MDT/IMG	Canagordas_MDT.img	Modelo digital de terreno IMG resolución espacial de 2m.
Modelo Digital de terreno formato TIF	CD/CAÑASGORDAS/ MDT/TIF	Canagordas_MDT.tif	Modelo digital de terreno TIF resolución espacial de 2m.
Ortofotomosaico Formato IMG	CD/CAÑASGORDAS/ Ortofotomosaico/ IMG	cg_ortofotomosaico.img	Ortofotomosaico IMG resolución espacial de 0,2 m.
Ortofotomosaico Formato TIF	CD/CAÑASGORDAS/ Ortofotomosaico/TIF	cg_ortofotomosaico.tif	Ortofotomosaico IMG resolución espacial de 0,2 m.

3.3.6 Información predial a nivel de manzanas

Teniendo en cuenta que el total del casco Urbano del municipio de Cañasgordas se considera como franja estudio, se realiza un inventario de manzanas de diversas fuentes.

En primera medida, según el mapa DANE se encuentran 77 manzanas como se describe en la Tabla 3-8. Esta información esta discriminadas por sectores y secciones Urbanas, según Código DANE.

Tabla 3-8 Manzanas dentro de la franja de estudio según código DANE

Código DANE								
Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	138	199	000	00	000	0001	01	01
05	138	199	000	00	000	0001	01	02
05	138	199	000	00	000	0001	01	03
05	138	199	000	00	000	0001	01	04
05	138	199	000	00	000	0001	01	05
05	138	199	000	00	000	0001	01	06
05	138	199	000	00	000	0001	01	07
05	138	199	000	00	000	0001	01	08
05	138	199	000	00	000	0001	01	09
05	138	199	000	00	000	0001	01	10
05	138	199	000	00	000	0001	01	13
05	138	199	000	00	000	0001	01	15
05	138	199	000	00	000	0001	01	16
05	138	199	000	00	000	0001	01	17
05	138	199	000	00	000	0001	01	19
05	138	199	000	00	000	0001	01	20
05	138	199	000	00	000	0001	01	21
05	138	199	000	00	000	0001	01	23
05	138	199	000	00	000	0001	01	24
05	138	199	000	00	000	0001	02	02

Código DANE								
Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	138	199	000	00	000	0001	02	04
05	138	199	000	00	000	0001	02	05
05	138	199	000	00	000	0001	02	07
05	138	199	000	00	000	0001	02	08
05	138	199	000	00	000	0001	02	09
05	138	199	000	00	000	0001	02	10
05	138	199	000	00	000	0001	02	11
05	138	199	000	00	000	0001	02	12
05	138	199	000	00	000	0001	02	13
05	138	199	000	00	000	0001	02	14
05	138	199	000	00	000	0001	03	01
05	138	199	000	00	000	0001	03	02
05	138	199	000	00	000	0001	03	04
05	138	199	000	00	000	0001	03	06
05	138	199	000	00	000	0001	03	07
05	138	199	000	00	000	0001	03	08
05	138	199	000	00	000	0001	03	09
05	138	199	000	00	000	0001	03	10
05	138	199	000	00	000	0001	03	11
05	138	199	000	00	000	0001	03	12
05	138	199	000	00	000	0001	03	13
05	138	199	000	00	000	0001	03	14
05	138	199	000	00	000	0001	03	15
05	138	199	000	00	000	0001	03	16
05	138	199	000	00	000	0001	04	01
05	138	199	000	00	000	0001	04	02
05	138	199	000	00	000	0001	04	03
05	138	199	000	00	000	0001	04	04
05	138	199	000	00	000	0001	04	05
05	138	199	000	00	000	0001	04	06
05	138	199	000	00	000	0001	04	07
05	138	199	000	00	000	0001	04	08
05	138	199	000	00	000	0001	04	10
05	138	199	000	00	000	0001	04	12
05	138	199	000	00	000	0001	04	15
05	138	199	000	00	000	0001	05	01
05	138	199	000	00	000	0001	05	02
05	138	199	000	00	000	0001	05	03
05	138	199	000	00	000	0001	05	04
05	138	199	000	00	000	0001	05	05
05	138	199	000	00	000	0001	05	06
05	138	199	000	00	000	0001	05	07
05	138	199	000	00	000	0001	05	08
05	138	199	000	00	000	0001	05	09
05	138	199	000	00	000	0001	05	10
05	138	199	000	00	000	0001	05	11
05	138	199	000	00	000	0001	05	12
05	138	199	000	00	000	0002	01	01

Código DANE								
Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	138	199	000	00	000	0002	01	02
05	138	199	000	00	000	0002	01	04
05	138	199	000	00	000	0002	01	08
05	138	199	000	00	000	0002	01	09
05	138	199	000	00	000	0002	01	11
05	138	199	000	00	000	0002	01	12
05	138	199	000	00	000	0002	01	13
05	138	199	000	00	000	0002	01	14
05	138	199	000	00	000	0002	01	15

Por otro lado, se tomo la información catastral la cual considera 1 sector en el municipio y sobre la cual se consideran 83 manzanas en total. La tabla 3.9 presenta la numeración de las manzanas catastrales.

Ya que la información catastral tanto en distribución espacial como en numeración es más reciente, se toma como base de trabajo para los posteriores análisis de vulnerabilidad. Para trabajar con códigos resumidos, se le asigno un código de trabajo que consta de la letra C + los tres últimos dígitos de código catastral.

Tabla 3-9 Manzanas dentro de la franja de estudio según código Catastral

Código catastral	Código de trabajo	Código catastral	Código de trabajo
0101	C101	0143	C143
0102	C102	0144	C144
0103	C103	0145	C145
0104	C104	0146	C146
0105	C105	0147	C147
0106	C106	0148	C148
0107	C107	0149	C149
0108	C108	0150	C150
0109	C109	0151	C151
0110	C110	0152	C152
0111	C111	0153	C153
0112	C112	0154	C154
0113	C113	0155	C155
0114	C114	0156	C156
0115	C115	0157	C157
0116	C116	0158	C158
0117	C117	0159	C159
0118	C118	0160	C160
0119	C119	0161	C161
0120	C120	0162	C162
0121	C121	0163	C163
0122	C122	0164	C164
0123	C123	0165	C165
0124	C124	0166	C166
0125	C125	0167	C167
0126	C126	0168	C168
0127	C127	0169	C169

Código catastral	Código de trabajo	Código catastral	Código de trabajo
0128	C128	0170	C170
0129	C129	0171	C171
0130	C130	0172	C172
0131	C131	0173	C173
0132	C132	0174	C174
0133	C133	0175	C175
0134	C134	0176	C176
0135	C135	0177	C177
0136	C136	0178	C178
0137	C137	0179	C179
0138	C138	0180	C180
0139	C139	0181	C181
0140	C140	0182	C182
0141	C141	0183	C183
0142	C142	0184	C184

3.3.7 Generación de mapa base

A partir de los resultados de la georeferenciación, levantamiento topográfico, restitución fotogramétrica y cartografía predial y social, se generó el mapa base para los estudios de zonificación.

El mapa base del municipio de Cañasgordas contiene:

- Curvas de nivel obtenidas a partir de restitución fotogramétrica, cada 2 metros.
- Cauces obtenidos a partir del levantamiento topográfico (en esta zona se detalla con curvas de nivel cada metro)
- Polígonos de manzanas obtenidas del mapa catastral.
- Vías urbanas y de acceso, obtenidas de restitución fotogramétrica.
- Construcciones, obtenidas del mapa catastral.
- Numeración de manzanas, según mapa catastral.

El plano No 1 muestra el mapa base.

3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Los aspectos geológicos regionales se tomaron de información publicada o inédita de Ingeominas y se complementaron en el marco local con observaciones de campo realizadas específicamente para este trabajo y la interpretación de las siguientes aerofotografías:

Vuelo	Año	Escala	Aerofotografías
IGAC C-2736	2002	1:10.000	099 – 104
IGAC C-2306	1998	1:40.000	075 - 076

Geomorfológicamente, la cabecera municipal se encuentra desarrollada sobre un abanico aluvial, encerrado en Montañas denudacionales bajas con vertientes largas y rectas de pendientes moderadas y valles estrechos

3.4.1 Contexto Geológico Regional y Local

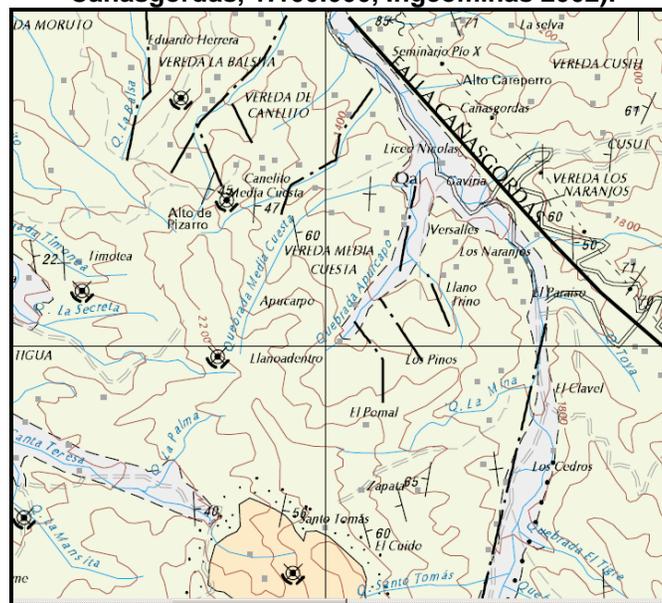
Al nivel de Geología Regional (Figura 3-3), a cabecera municipal de Cañasgordas se localiza en el núcleo de la Cordillera Occidental, conformado por rocas ígneas y sedimentarias depositadas en un fondo marino, las cuales en el norte de Colombia se han considerado como Grupo Cañasgordas, que incluye según Álvarez y González, (1978), un nivel volcánico (Formación Barroso), que no aflora cerca a la cabecera municipal y un nivel sedimentario (Formación Penderisco). La edad del Grupo Cañasgordas, de acuerdo con todos los trabajos llevados a cabo hasta la fecha se considera del Cretáceo Tardío.

3.4.1.1 Formación Penderisco:

Se compone de rocas sedimentarias depositadas en un ambiente marino profundo, sobre los basaltos de la Formación Barroso. Por su composición ha sido subdividida en los Miembros Urrao y Nutibara, el primero, de carácter arenoso a limo-arcilloso y el segundo que contiene chert, con intercalaciones de limolitas, rocas piroclásticas básicas y calizas silíceas, el cual no aflora en la zona de este estudio. Por el fuerte plegamiento y fallamiento no se conoce el espesor de la formación ni los contactos entre los miembros.

El Miembro Urrao (Ksu), está compuesto de arcillolitas, limolitas y areniscas, dispuestas en estratos plano – paralelos, delgados, en general de menos de 20 cm., intercaladas localmente con capas lenticulares de conglomerados, depositadas en un fondo marino profundo por corrientes de turbidez, que se alternan en una sucesión monótona. Por sus condiciones de formación, antigüedad y evolución, se encuentran en la actualidad formando un macizo rocoso plegado y fallado que conforma el sistema montañoso principal del área.

Figura 3-3 Mapa geológico regional del municipio de Cañasgordas (Tomado de Plancha 129, Cañasgordas, 1:100.000, Ingeominas 2002).



Deformaron las rocas, incluyendo la influencia de la Falla Cañasgordas, la cual produce trituración de la roca original, facilitando así su meteorización. La roca original aflora en numerosos puntos, especialmente en los cortes de vías y en el lecho del río Cañasgordas, mostrando casi siempre pos planos de estratificación con disposición casi vertical y orientaciones desde N30 W, hasta N25E, sin mostrar superficialmente mayor control estructural sobre el paisaje local. Los materiales que afloran superficialmente en la actualidad son suelos residuales relativamente delgados, con un perfil de meteorización del orden de cinco a diez metros de espesor pueden alcanzar en el área, de 5 a 10 m de espesor, formando una cubierta limoarcillosa, cohesiva y medianamente plástica que presenta mayores espesores en inmediaciones de la Falla Cañasgordas, cubierto a su vez por horizontes de suelo A y B delgados. Un perfil de meteorización representativo se levantó sobre la vía al mar, frente a la entrada oriental al casco urbano con las siguientes características;

Horizonte	Profundidad (m.)	Descripción
A	0.00 a 0.15	Horizonte orgánico color pardo oscuro a negro, limoarenoso, sin estructuras, con raíces vivas, pero con algunos guijarros de la roca original casi totalmente meteorizados, menos del 10%.
B	0.15 a 0.25	Suelo limoarcilloso, pardo rojizo, meteorizado, se distingue algo de la textura original de la roca, con 10 a 20% de fragmentos meteorizados de roca hasta 10 cm Ø.
C-VI	0.25 a 1.5	Suelo pardo amarillo a pardo rojizo, con matriz limoarenosa, con más de 20% de fragmentos de roca totalmente meteorizados. Resistencia con penetrómetro R= 2.5 Kg/cm ² .
C-V	1.5 a 2.4	Suelo color pardo rojizo, matriz limoarcillosa, cohesivo, firme, con más de 20% de fragmentos de roca semimeteorizados. R=2.5. Kg/cm ² .
C-IV	2.4 a 2.8	Suelo color pardo-ocre, limoarcilloso, cohesivo, firme con 20 a 30% de fragmentos de roca centimétricos meteorizados casi totalmente. R=3.5 Kg/cm ² .
C-III	2.8 a 3.1	Suelo color pardo- ocre, limoarcilloso, con más de 50% de fragmentos pequeños de roca meteorizados. R=3.5 Kg/cm ² .
C-II	3.1 a 3.6	Roca meteorizada totalmente, con 20 a 30% de matriz limoarcillosa, color ocre amarillo.
C-I	> 3.6	Roca meteorizada casi en su totalidad, algunos núcleos relativamente frescos.

Fotografía 3-1 Aspecto más superficial del perfil de meteorización y suelos de las rocas del miembro Urrao.



El espesor de los perfiles de meteorización varía sustancialmente en pocas decenas de metros, así por ejemplo, dentro del casco urbano y adyacente a los depósitos aluviales se encuentra roca fresca, mientras que en algunos sectores de la vía, tal vez por el efecto de trituración de la roca original por la falla Cañasgordas, lo que facilita su descomposición por los agentes meteóricos, ellos presentan perfiles con mayor profundidad. Un caso particular que puede ser representativo para los filos que muestran mayor redondeamiento lo constituye la vertiente sur de la población, donde el horizonte C-VI, alcanza más de 1.5 m., mostrando además colores crema con moteados rojizos, típicos de suelos muy maduros con edades de centenares de miles de años.

3.4.1.2 Aluviones Cuaternarios (Qal).

En la cartografía geológica Regional de INGEOMINAS disponible a escala 1:100.000 (2007), se destaca un cuerpo alargado de depósitos aluviales de edad cuaternaria que bordean el río Cañasgordas, que no se detalla por razón de escala y se describe como acumulaciones de gravas, arenas y arcillas no consolidadas, dispuestas en estratos irregulares, lenticulares, resultado de procesos aluviales originados por éste cauce.

Localmente, parte de la cabecera municipal se encuentra localizada sobre terrazas aluviales relativamente antiguas y estables, depositadas por el río Cañasgordas (Sucio), mientras que otros sectores se localizan sobre suelos residuales espesos del miembro Urrao, que en el área pueden tener de 5 a 10 m de espesor, formando una cubierta limoarcillosa, cohesiva y medianamente plástica. Ambos tipos de depósitos son maduros y estables, de origen aluvial y residual, donde los primeros se encuentran compuestos de gravas gruesas, arenas y limos no litificados, con una incisión importante, desde más de 8 m. las terrazas más altas, lo que indica un bajo potencial de amenaza por inundación. Unos niveles de terrazas más bajas, se encuentran a menos de 3 m. por encima del nivel

de aguas medias y ocasionalmente han sido afectadas por crecientes torrenciales con víctimas humanas y daños a la infraestructura urbana.

El macizo rocoso original que aflora en los alrededores de Cañasgordas, ha sido objeto de numerosos procesos geológicos desde su depositación en mar profundo, pasando por litificación y levantamiento para ser integrado al continente. Durante este proceso, se produjeron esfuerzos importantes que plegaron y deformaron las rocas que afloran superficialmente en la actualidad con un suelo residual relativamente delgado, de un perfil de meteorización del orden de cinco a diez metros de espesor, cubierto a su vez por horizontes de suelo A y B delgados.

3.4.1.3 Depositos de Vertiente (Qvc)

Sobre la margen derecha del río Cañasgordas, al norte de la desembocadura de la quebrada Apucarpo, se localiza un depósito de vertiente, producto de un flujo de escombros generado en la parte alta de su microcuenca por un movimiento en masa. El flujo se depositó en una zona de topografía suave y la mayor parte de su masa se conservó en el sitio sin llegar a alcanzar el río. Lo anterior indica que sus condiciones de fluidez al momento de la depositación eran de alta viscosidad, lo que no permitió mayor alcance al material removido, y que la ocurrencia del movimiento en masa no estuvo acompañada de un evento de lluvia abundante. Este depósito es un caso atípico dentro del área de este estudio, pues numerosas cicatrices de movimiento en masa, no presentan un depósito asociado, lo que parece indicar que muchas de ellas se produjeron durante eventos de lluvias fuertes, o que el mecanismo morfodinámico obedece más a cárcavas que a desplazamientos súbitos de masas, como parece indicarlo una cárcava activa que se aprecia en la margen izquierda del río, a la altura del barrio Buenos Aires.

3.4.1.4 Llenos Antropicos (QII)

Antes de la rectificación de la Vía al Mar en la década de 1980, el tráfico circulaba a lo largo de la población y para solucionar este inconveniente se construyó una variante por la margen derecha del río. Parte del material removido en el corte de los taludes se depositó sobre algunos espacios disponibles entre el eje vial y el río, generándose así varios llenos que en la actualidad aparentan ser planos aluviales.

Los depósitos se componen de una mezcla heterogénea y caótica de suelo y fragmentos de roca angulares, meteorizados en su mayoría, como resultado del corte de los perfiles de meteorización de la vertiente aledaña, sin ningún horizonte de suelo y una compactación leve que con penetrómetro de mano mostró resistencias de 1.5 a 2.5 Kg/cm². Dado que para su constitución como lleno no se llevaron a cabo labores diferentes a las de arrojar el material, no se debe permitir la construcción de vivienda sobre ellos por su tendencia a desestabilizarse a lo largo el plano de depositación, su uso más adecuado debe ser para construir espacios de recreación.

3.4.2 Geomorfología Regional y Local

Los trabajos geomorfológicos en la zona han estado supeditados a las investigaciones geológicas como elemento de importancia secundaria para la descripción regional del paisaje. En 1995, mediante convenio Corpourabá - Universidad de Antioquia (INER,

1995), se realizó una aproximación regional a escala 1:100.000, donde se define un único paisaje regional para el área Dabeiba – Cañasgordas - Giraldo, como Paisaje de Montaña, el cual se resume y complementa a continuación.

3.4.2.1 Paisaje de montaña denudacional (m)

Este tipo de relieve, de montaña abrupta, escarpada e incisada (Montaña Denudacional), se encuentra desarrollado alrededor de la cabecera municipal Cañasgordas y se prolonga en direcciones norte-sur y este-oeste por decenas de kilómetros, modelado sobre rocas ígneas y sedimentarias pertenecientes al Grupo Cañasgordas.

Vertientes Montañosas Altas (MD₁): Las montañas alcanzan alturas hasta de 1.000 m, como en el caso de los filos de El Caliche y Murrupal, localizados al NE y NW de la cabecera municipal. Los filos principales, de perfil irregular, tienen una orientación preferencial NS a NE, muestran cimas redondeadas y amplias, mientras que los filos secundarios, con orientaciones NS a NW, presentan topes más estrechos y subredondeados y además, tienen un escalonamiento que revela los diferentes pulsos de levantamiento de la Cordillera. Los valles son estrechos, en forma de V, con cauces que forman típicos ríos de montaña, con abundantes bloques de rocas y cascadas en lecho rocoso. Las vertientes son cortas, de menos de 250 m., rectas y rematan hacia el fondo con forma convexa para formar un valle estrecho y casi siempre profundo, interrumpido en algunos casos por unas pocas terrazas aluviales (Figura 3).

El estilo de drenaje es dendrítico, de densidad media, sin mayor control estructural a pesar de que los mapas geológicos muestran algunas fallas importantes alrededor del casco urbano. La alta capacidad erosiva desarrollada por las aguas de escorrentía no permite la generación de horizontes maduros A y B del suelo y éstos alcanzan individualmente espesores de menos de 30 cm. en los filos principales. Bajo los anteriores horizontes se encuentran perfiles de meteorización con horizontes VI, V, IV y III de Dearman (1991), a veces incompletos, que en conjunto alcanzan espesores menores a 6 m., en tanto que el horizonte II de roca meteorizada y decolorada puede alcanzar hasta 5 m en los filos principales.

Planicies o Terrazas aluviales (Qal): Las riberas del río Cañasgordas en inmediaciones a la cabecera municipal, presentan una topografía de planos escalonados, resultado de la depositación de material de arrastre acarreado por el río durante etapas antiguas de grandes eventos torrenciales y de inundación, que posteriormente han sido incisados para formar el paisaje actual.

3.4.2.2 paisaje de planicies o terrazas aluviales

Las riberas del río Cañasgordas, casi desde su nacimiento y en inmediaciones a la cabecera municipal, presentan una topografía de planos escalonados, resultado de la depositación de material de arrastre acarreado por el río durante etapas antiguas de grandes eventos torrenciales y de inundación, que posteriormente han sido incisados para formar el paisaje actual (Fotografía 3-2).

Fotografía 3-2 Paisaje de valle aluvial rodeado de montañas denudacionales en Cañasgordas.



Debido posiblemente a lo estrecho del valle y a la continuidad del aporte de materiales desde las vertientes, las terrazas aluviales en el sitio de estudio tienen además de la inclinación paralela al cauce, una inclinación importante hacia las vertientes, producto del aporte coluvial de las vertientes, lo que se evidencia en la variabilidad de los espesores superiores de los suelos, donde ellos son mayores en proximidad a éstas últimas.

Desde la confluencia con la quebrada La Mina, aguas arriba del barrio Buenos Aires, hasta aguas abajo del casco urbano de Cañasgordas, se encuentran cinco niveles de depositación aluvial que se detallan a continuación.

Terraza cero (T0). Este nivel se encuentra entre 50 cm. y 1 m. por encima del nivel de aguas medias del río, se caracteriza por la presencia de vegetación baja o en el menor de los casos arbustiva, lo que revela períodos de inundación de 2 a 3 años como máximo, contiene escasos bloques de tamaño métrico, mientras que los decimétricos, cantos y guijarros conforman la mayor parte de él. Debido a que conforman un lecho natural del río, presentan una estructura relativamente ordenada, donde los fragmentos más finos rellenan las cavidades presentes en los bloques mayores que se encuentran en contacto tangencial entre sí, revelando su depositación en episodios de crecientes relativamente normales con flujos turbulentos.

Terraza 1 (T1). Se encuentra a niveles desde 1.5 hasta 2.5 m. sobre el nivel del cauce del río y muestran una pendiente hacia las vertiente aledaña de 6 a 8°, lo que indica aporte coluvial desde ellas. El depósito se caracteriza por contener bloques métricos y decimétricos dispersos en una matriz de textura caótica compuesta de cantos, guijarros, gravas y arenas gruesas, frescos y angulares, en menor proporción subredondeados, lo que indica un episodio de depositación torrencial, confirmado además por bloques métricos dispersos en la superficie, que además se encuentran semi – enterrados y cubiertos con líquenes negros y blancos. El horizonte A de suelo, de color pardo, muestra 15 a 20 cm de espesor con aporte coluvial, está cubriendo un horizonte B inmaduro, de

color amarillo ocre, también con aporte coluvial y de menos de 8 cm. de espesor, lo que indica para este nivel una edad aproximada de varios miles de años.

Fotografía 3-3 Aspecto general de la terraza T1 y su depósito.



Una excepción a estas últimas características se encuentra en la terraza T1 de la quebrada Apucarpo, que forma un abanico donde no sólo el desnivel con el cauce es menor, de cerca de 80 cm., sino que el horizonte B no existe, mientras el A solamente tiene 3 a 5 cm. de espesor, lo que indica una edad menor, del orden de cientos de años.

Terraza 2 (T2). Este nivel de depositación aluvial se encuentra entre tres y ocho metros por encima del nivel de aguas medias del río y muestra a su interior un escarpe antiguo, ya de bordes subredondeados que alcanza hasta 5 m de desnivel por debajo del plano de depositación original. Se compone de bloques métricos a decimétricos frescos, angulares a redondeados, con estructura caótica y en parte con gradación inversa, la matriz se compone de gravas finas y arenas en estado fresco. Al parecer tiene al menos dos pulsos torrenciales, el inferior con menor granulometría (Fotografía 3-4). El horizonte A de suelo muestra menos de 10 cm de espesor, en tanto que B no existe, su pendiente hacia la vertiente presenta una inclinación desde 10 hasta 15°, lo que indica un aporte abundante de material desde las vertientes, debido esencialmente a erosión laminar o por cárcavas en ellas.

La textura y estructura descrita revelan un carácter torrencial para su origen y sus suelos indican edad probable de unos cuantos miles de años.

Fotografía 3-4 Detalle de la parte más superficial del depósito que compone la terraza T2



Al igual que en el caso anterior, en el abanico de la quebrada Apucarpo, muestra un desnivel menor, de menos de 3 m. y sus horizontes de suelo son más inmaduros, semejantes a los de la T1 del río Cañasgordas, lo que implica que su edad es menor de miles de años.

Terraza 3 (T3). Es el nivel más extenso en el área Urbana y sub urbana del Municipio, se encuentra entre 7 y 20 m por encima del nivel de aguas medias del río. Superficialmente muestra ondulaciones debidas a erosión laminar a través de un período largo de tiempo y pendientes importantes hacia las vertientes montañosas adyacentes hasta de 16°, que indican períodos largos de depositación de material coluvial derivado de ellas, muestra además un escarpe erosivo antiguo sobre su nivel original que ya se encuentra redondeado. Se compone de bloques, clastos y guijarros frescos pero oxidados superficialmente, flotantes en una matriz arenolimososa oxidada, lo que denota su origen torrencial. Los horizontes A y B de suelo son maduros, de más de 20 cm de espesor cada uno, con un horizonte C complejo por el aporte de material coluvial que se ha transformado a suelos limoarcillosos con cantidades de guijarros oxidados e integrados a la matriz que oscilan entre 15 y 25%. El conjunto, por su apariencia superficial y suelos puede tener decenas de miles a unos pocos centenares de miles de años.

Terraza 4 (T4). Se trata del nivel de depositación aluvial más alto, de más de 25 m. sobre el nivel del río. De la forma plana original de ella solamente se conservan unos pocos vestigios que han sido parcialmente urbanizados. El depósito original ha sido erodado y meteorizado al punto de que solamente se conservan algunos de los bloques originales en estado de meteorización avanzada, mientras que los guijarros se han descompuesto totalmente y se encuentran asimilados a la matriz, mostrando una composición limoarcillosa (Fotografía 3-5). Por su apariencia superficial y grado de meteorización debe tener una edad de varios centenares de miles de años.

Fotografía 3-5 Depósito correspondiente a la terraza T4, hacia la base, afloramiento rocoso.



Como conclusión de las anteriores descripciones, se puede afirmar que los depósitos aluviales que componen los diferentes niveles de depositación del río Cañasgordas y sus afluentes inmediatos, han sido producidos por eventos torrenciales a manera de flujos de escombros y lodos como consecuencia de movimientos en masa concurrentes en las partes más altas de la cuenca, acompañados de erosión intensa en las vertientes inmediatas. Estos dos fenómenos combinados se generaron probablemente por causas hidrometeorológicas mediante episodios de lluvias extremos que saturaron localmente los suelos residuales produciendo movimientos en masa simultáneos, los que aumentaron notablemente el caudal del río y permitieron la depositación de los materiales en sus márgenes.

3.4.3 Procesos morfodinámicos

Durante las visitas de campo efectuadas a la zona de estudio se llevó a cabo la identificación de fenómenos de remoción relacionados con procesos de deslizamiento por mala disposición de aguas y socavación lateral por incidencia de la corriente del Río Cañasgordas y de las Quebradas afines. En esta sección se presenta un resumen de los procesos generales existentes en la zona.

3.4.3.1 Río Cañasgordas o sucio y la vía nacional

La vía principal nacional pasa muy cerca del Río Cañasgordas en el sector urbano. Las aguas que son recogidas de la parte alta de la ladera son conducidas hasta el nivel de la vía, donde estas se disponen directamente sobre el talud sin ningún tipo de descole. Esta situación ha causado zonas de erosión concentrada, las cuales crecieron hasta convertirse en deslizamientos rotacionales que han sido intensificados por la fuerza de la corriente, causando grandes procesos que involucran toda la margen derecha de Río.

Fotografía 3-6 Procesos adyacentes a la vía y al río Cañasgordas.



3.4.3.2 Río Cañasgordas o sucio y las edificaciones adyacentes.

Existen zonas sometidas a socavación lateral por parte del Río, exponiendo materiales de terraza que posteriormente son erosionados por aguas lluvias y servidas. Este proceso es cíclico, de tal forma que los procesos crecen rápidamente como lo muestran las Fotografía 3-7.

Fotografía 3-7 Socavación lateral del Río especialmente en meandros.



3.4.3.3 Laderas alledañas a las viviendas

Se evidencian procesos potenciales de remoción en masa superficiales, generados por la deforestación y las actividades agrícolas, las cuales desestabilizan las laderas. Este proceso puede ser detonado fácilmente por la saturación del talud, en ausencia de estructuras de captación de aguas de la parte alta.

Fotografía 3-8 Procesos por deforestación en taludes adenaños a las viviendas.



3.4.3.4 Laderas adenaños al río

Debido a la deforestación y las actividades agrícolas, se observan procesos de movimiento en zonas cercanas al río, las cuales crecen rápidamente por la acción del río y las aguas lluvias. Este fenómeno se observa en la Fotografía 3-9, donde también se pueden ver las obras de contención que se han construido para detener este fenómeno y proteger la ladera.

Fotografía 3-9 Laderas circundantes al río y afectadas por deslizamientos.



3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

El municipio de Cañasgordas se ubica al noroccidente del Departamento de Antioquia, en su parte alta, está enmarcado por la margen izquierda del río Cañasgordas. Hacia su extremo noroccidental, aunque la mayor parte de los asentamientos humanos se localizan en la margen izquierda del río, se encuentran algunas edificaciones en las cuales se adelantan labores educativas y en mayor número, de vivienda, en particular sobre la

margen derecha de la quebrada La Llorona, afluente del río en el límite norte del Municipio.

A lo largo del cauce del río Cañasgordas, en particular en su margen derecha, se localizan zonas donde se aprecian deslizamientos, algunos de magnitud significativa, los cuales ponen en riesgo algunas viviendas y al mismo cauce del río. Por otra parte, las características de turbulencia y torrencialidad que se aprecian en el régimen del río, influyen apreciablemente en los procesos de socavación y ataque a los barrancos que conforman sus orillas, en sitios muy localizados.

En adición a lo antes expuesto, durante las visitas de inspección realizadas por los Especialistas, se pudo constatar la ocurrencia de desbordamientos en algunos sitios, así como las características de la avalancha ocurrida el 2 de abril de 1982. La presencia en el lecho del río de cantos rodados de diámetros superiores a los 0,50 m es común, así como la formación de islotes conformados por materiales de arrastre transportados y depositados durante avenidas de cierta magnitud.

3.5.1 Recopilación y análisis de la información existente

3.5.1.1 Cartografía

En el Instituto Geográfico Agustín Codazzi se obtuvieron planchas a escala 1:100000 y 1:25000, que cubren las áreas de las cuencas vertientes que drenan hacia el río Sucio o Cañasgordas. Sobre la cartografía se delimitaron las cuencas vertientes de las corrientes principales que son afluentes al río Cañasgordas y a la población de Cañasgordas. La información cartográfica se complementó con visitas de campo (diagnóstico) y con levantamientos topográficos del río Sucio a su paso por la población, detallando los sitios más bajos (susceptibilidad alta a inundación).

3.5.1.2 Hidrometeorología

En la población de Cañasgordas existe una estación climatológica Principal, ubicada a la salida hacia Uramita, en las coordenadas 06° 45' N, 76° 01' W y a 1200 msnm. En ella se dispone de series de datos para el período 1974-2009, sobre precipitación total mensual y anual, máximos mensuales en 24 horas, temperatura del aire, humedad relativa y brillo solar, a partir de las cuales se puede caracterizar el clima de la población. Adicionalmente, se contó con información de la estación climatológica de Musinga, localizada en las coordenadas 6° 47' N, 76° 11' W, a 1330 msnm, correspondiente al período 1086-2009. Esta estación no se encuentra localizada en la cuenca del río Cañas Gordas, pero dadas las similitudes morfométricas de las áreas de ubicación, se tomó como apoyo para la caracterización del clima del área del Municipio, así como se tomó la información del período 1977-2009 sobre precipitación registrada en la estación Fuemia, para caracterizar la precipitación media del área del mismo. Esta última localizada en 6° 51' N, 76° 15' W, a 805 msnm. Ver Anexo C-1.

Tabla 3-10 Características principales de las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas

Nombre	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Elevación	Municipio
Musinga	CO	6° 47`	76° 11`	1330 msnm	Frontino
Palmar	CP	7° 07`	75° 40`	580 msnm	Ituango
Sta Rita	PG	7° 19`	75° 37`	1916 msnm	Ituango

Fuente: IDEAM

La red de estaciones hidroclimatológicas en la zona de estudio tiene un cubrimiento escaso, razón por la cual se localizan tres estaciones hidrometeorológicas en los municipios cercanos a la zona de estudio, debido a lo anterior, la información secundaria de la zona será de gran importancia para la descripción del régimen espacial y temporal de la precipitación y el cálculo de los parámetros de diseño de las estructuras hidráulicas.

3.5.1.3 Fuentes secundarias

La información hidrológica se complementó con el diagnóstico general de la Quebrada Apucarco suministrado por Corpouraba.

3.5.2 Climatología, Hidrología e Hidráulica

Los estudios que se adelantaron en los campos de la Climatología están encaminados a caracterizar el clima de la región, para lo cual se recurrió a acopiar la información existente al respecto, de las estaciones localizadas en el área del Municipio y en sus cercanías. Los estudios hidrológicos se encaminaron a determinar los caudales del río Cañasgordas, correspondientes a diferentes períodos de recurrencia, con miras a determinar el grado de amenaza que el paso de los mismos significa para la población. Este último aspecto se adelantó mediante estudios de hidráulica de ríos, los cuales, además de los caudales antes citados, tienen en cuenta las características topográficas del cauce y de sus alrededores.

En los capítulos siguientes del presente informe se hace una descripción de las metodologías empleadas en cada caso y se presentan los resultados obtenidos de los análisis efectuados

3.5.2.1 Climatología

3.5.2.1.1 Precipitación Media

Tal como se anotó antes, la determinación de la precipitación media del área del Municipio se adelantó con base en las series de información de las estaciones de Cañasgordas, Fuemia y Musinga. El período de estudio seleccionado fue 1974-2009. razón por la cual hubo necesidad de homogeneizar la serie de datos de la estación Musinga a este período.

La homogeneización de la serie de Musinga se adelantó mediante la determinación de los valores medios mensuales y anuales multianuales utilizando la metodología de la proporcionalidad entre los valores de las series según la expresión

$$P_{x1} = (P_{xc} / P_{lc}) * P_l$$

En la cual P_{x1} representa el valor medio multi anual de la serie que posee el período corto, en este caso Musinga. P_{xc} es el promedio mensual para el período corto de Musinga; (1986-2009); P_{1c} es el valor medio mensual multi anual correspondiente al mismo mes de Musinga, para la estación que posee el período de estudio completo, para el mismo período corto de Musinga; P_1 es el valor medio multi anual para el mismo mes de Musinga, en la estación que tiene el período largo (1974-2009).

Los valores de precipitación media mensual y anual multianual se presentan en la Tabla No 3-11. El promedio anual para el área es de 2333 mm. Distribuidos a lo largo del año en dos períodos húmedos, precedidos de períodos secos o de baja precipitación. El primer período seco incluye los meses de diciembre a marzo, en el cual se presenta el 19,2 % de la precipitación total anual. El segundo período de baja precipitación corresponde a los meses de julio y agosto, en el cual ocurre el 15,5 % del total anual. Los períodos húmedos incluyen los meses de abril a junio y septiembre a noviembre, en los cuales ocurre el 31,6 % y el 33,6 %, respectivamente, del total anual. En la Figura No 3-5 se presenta la forma como se distribuye la precipitación media dentro del año.

Figura 3-4 Valores Anuales de la Precipitación (%) Cañasgordas

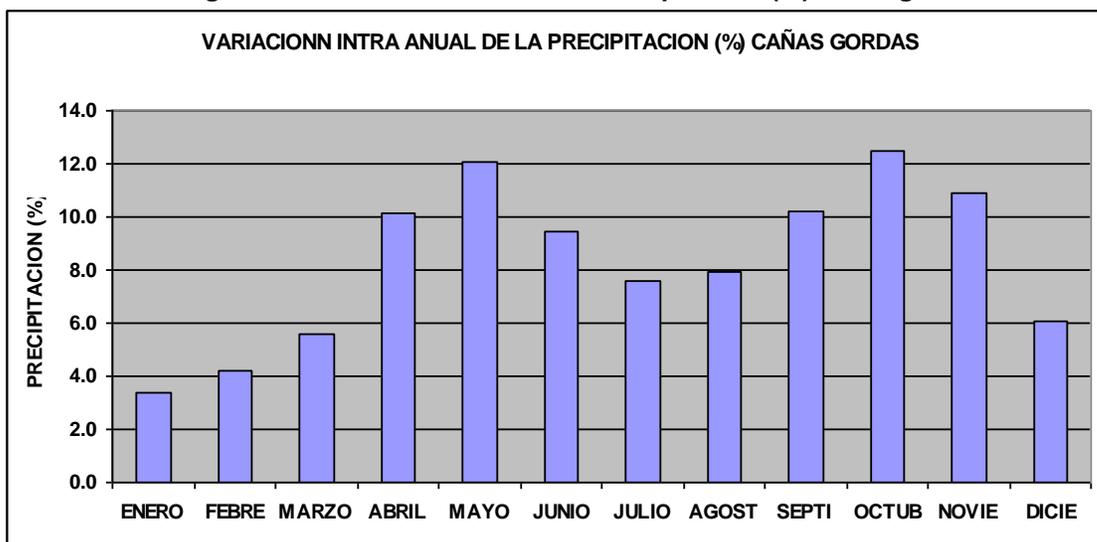


Tabla 3-11 Precipitación Total Media Mensual (mm)

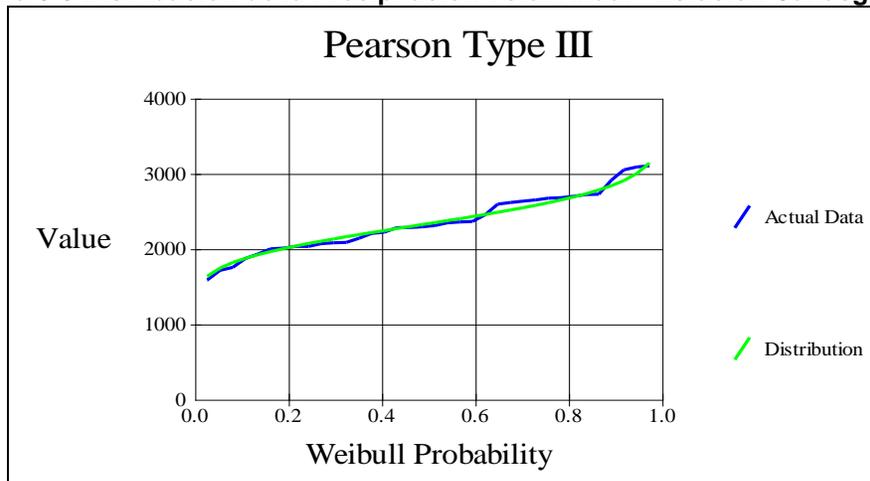
ESTACION	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	TOTAL ANUAL
FUEMIA	86,0	103,9	150,2	240,1	267,9	193,4	152,1	171,2	235,8	293,4	265,3	152,0	2311
MUSINGA	67,9	97,7	103,8	224,4	309,1	268,9	224,8	214,7	228,4	266,7	218,6	124,7	2350
CAÑAS G.	82,3	94,7	136,6	242,8	268,9	199,5	153,4	171,5	249,5	312,8	278,7	147,1	2338
PROM	78,7	98,8	130,2	235,8	282,0	220,6	176,8	185,8	237,9	291,0	254,2	141,2	2333

3.5.2.1.2 Precipitación Maxima

Los análisis de precipitación máxima se adelantaron de dos maneras: en primer término se realizó un estudio de frecuencia para los valores de precipitación total anual, mediante

el ajuste de la serie de la estación Cañas Gordas a distribuciones teóricas de frecuencia. De éstas la que mostró mejor ajuste fue la Pearson Tipo III, que se aprecia en la Figura No 3-6.

Figura 3-5 Distribución de la Precipitación Total Anual - Estación Cañasgordas



De esta distribución se obtuvieron los valores de precipitación total anual para diferentes períodos de recurrencia, mostrados en la Tabla No 3-12, con base en los cuales se puede hacer inferencia de la distribución intra anual. En efecto, tal como se aprecia en esta Tabla, el valor de la precipitación de 200 años de recurrencia es 1,47 veces mayor que la media multianual. La de recurrencia de 100 años es 1,42 veces mayor que ésta. La precipitación de recurrencia cincuenta años presenta un valor 1,37 veces superior a la media y 1,07 veces mayor a ésta la de recurrencia de tres años.

Tabla 3-12 Valores de Precipitación Total Anual (mm) Para las Recurrencias Indicadas Cañas-Gordas

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	PRECIPITACION MAXIMA (mm)	DESVIACION ESTÁNDAR
0,995	200	3.436,5	235,7
0,99	100	3.321,0	199,3
0,98	50	3.197,0	164,9
0,96	25	3.061,8	133,3
0,9	10	2.857,8	98,5
0,8	5	2.672,6	80,6
0,667	3	2.505,0	73,4
0,5	2	2.334,2	70,6

El año más lluvioso de la serie correspondiente al período de 1974 a 2009, fue el de 1988, en el que se precipitaron 3102 milímetros. El de precipitación más baja fue el de 1997, en el que se observaron 1586 milímetros.

Es interesante anotar que en el año de 1982, en el que se presentó la avalancha del río Cañas Gordas, la precipitación total observada fue de 2679 milímetros, año en el cual,

para el mes de abril mes de ocurrencia del fenómeno, se presentaron 533 milímetros, valor similar al observado en diciembre de 1974 (535 mm). Estos son los valores mensuales más altos de la serie. Al analizar la distribución de frecuencia de la serie de los valores totales anuales, podemos apreciar que la precipitación total anual para 1982 tiene una recurrencia cercana a los cinco años, lo cual nos demuestra que tan sólo el mes de abril fue excepcionalmente lluvioso.

El segundo análisis se llevó a cabo para los valores de precipitación máxima en 24 horas. Con este propósito a la serie de valores máximos se le realizó un análisis de frecuencia, del cual resultó como de mejor ajuste la distribución Log Pearson III, mostrada en la Figura No 3-7. De esta distribución se obtuvieron los valores para diferentes recurrencias, tal como se aprecia en la Tabla No 3-13.

Figura 3-6 Distribución de Frecuencia de Precipitación Máxima en 24 Horas - Estación Cañas Gordas

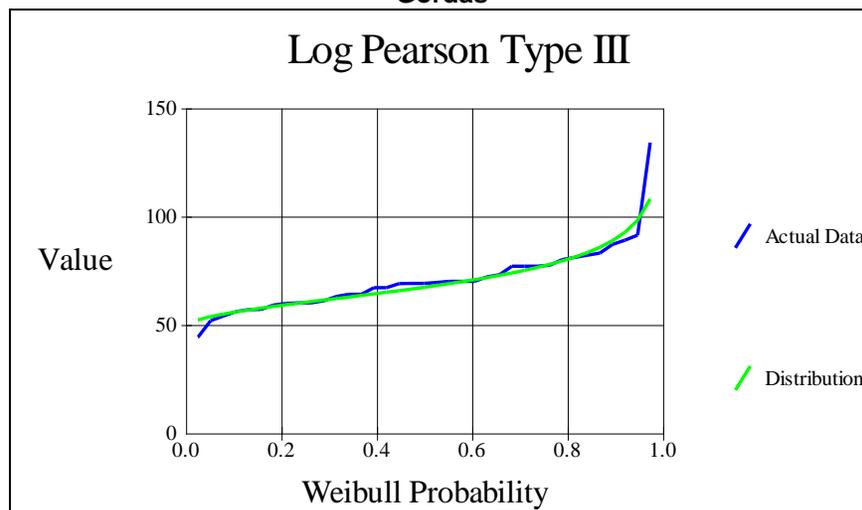


Tabla 3-13 Valores de Precipitación Máxima en 24 Horas (mm) para las Recurrencias Indicadas Cañasgordas

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	PRECIPITACION MAXIMA (mm)	DESVIACION ESTÁNDAR
0,995	200,000	134,0	26,0
0,990	100,000	122,7	19,3
0,980	50,000	112,1	13,9
0,960	25,000	102,0	9,5
0,900	10,000	89,4	5,5
0,800	5,000	80,1	3,7
0,667	3,000	73,1	2,9
0,500	2,000	67,2	2,4

De la observación de los valores obtenidos se puede concluir que la precipitación máxima en 24 horas, con recurrencia de cien años es de 123 milímetros. La máxima observada en toda la serie fue de 134 mm en el mes de mayo de 1988, año que, como se anotó antes,

fue el más lluvioso de la serie. Este valor coincide con el obtenido para recurrencia de doscientos años.

Es importante anotar que el máximo valor en 24 horas (7 AM del día a 7 AM del día siguiente) para el mes de abril de 1982, mes y año de ocurrencia de la avalancha del río Cañasgordas, fue de 69,4 milímetros, el cual tiene en la distribución mostrada en la Figura No 3-4, una recurrencia inferior a los tres (3) años. Lo anterior lleva a concluir que durante el mes se presentaron varios días lluviosos, es decir, la precipitación fue persistente durante el mes, hasta alcanzar el total de 535 mm precipitado en el mismo y no un sólo aguacero que pudiera haber causado la avalancha.

3.5.2.1.3 Temperatura del Aire

La temperatura media anual del área de la población de Cañasgordas es de 21,6 ° C, con variaciones de tan sólo unas décimas de grado a lo largo del año. El mes más caluroso es marzo, con temperatura de 21,8 ° C y los más fríos octubre y noviembre con 21,2 ° C.

Con el fin de dar una idea de la temperatura a nivel del área circundante a la población, se obtuvo la temperatura registrada en la estación de Musinga y se calculó el promedio. El valor medio anual resultó ser de 20,8° C, con una variación similar a la obtenida en la estación de Cañas Gordas. El mes más cálido es marzo, con 20,9 °C y octubre y noviembre los más fríos con 20,5° C. En la Tabla No 3-14 se presentan los valores medios mensuales multianuales registrados en las estaciones de Cañas Gordas y Musinga y los promedios mensuales y anuales adoptados para el área del Municipio.

Tabla 3-14 Temperatura del Aire °C

ESTACION	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICE	MEDIA ANUAL
MUSINGA	19,8	19,9	20,1	20	20	19,9	20	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8	19,9
CAÑAS G	21,5	21,6	21,8	21,6	21,6	21,7	21,7	21,7	21,5	21,2	21,2	21,4	21,6
PROM	20,7	20,8	20,9	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,7	20,5	20,5	20,6	20,8

3.5.2.1.4 Humedad Relativa

Al igual que en el caso de la temperatura del aire, la Humedad Relativa se caracterizó con base en la información de las estaciones climatológicas de Cañas Gordas y de Musinga. Como se puede apreciar en la Tabla No 3-15, las variaciones en este elemento del clima son mínimas a lo largo del año. El valor medio anual multianual es de 86 %. Los máximos valores se presentan en los meses de mayo, junio, octubre y noviembre, con el 87 %. Durante enero, febrero y marzo, ocurre la humedad más baja, con 85 %.

Tabla 3-15 Humedad Relativa (%)

ESTACION	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICE	MEDIA ANUAL
MUSINGA	86	86	86	87	88	88	87	88	88	88	88	87	87
CAÑAS G	85	84	84	85	86	85	84	84	85	86	87	86	85
PROMEDIO	85	85	85	86	87	87	86	86	86	87	87	86	86

3.5.2.1.5 Evapotranspiración

Los valores medios mensuales y anuales de evapotranspiración se calcularon utilizando el método de la Radiación, con base en la información aportada por la estación climatológica de Cañas Gordas. Se asumió que, dado que los elementos del clima que intervienen en este proceso son similares para el área del Municipio, los valores de evapotranspiración obtenidos con esta información son igualmente similares para toda el área.

La metodología empleada expresa los valores de evapotranspiración potencial mediante la fórmula

$$ET_O = a + b \cdot W \cdot R_S$$

En la cual ET_O es la evapotranspiración potencial en mm/día, para el período considerado, en este caso particular, 30 días o la duración real de cada mes; R_S es la radiación solar expresada en equivalentes de evaporación en mm/día W un factor de ponderación función de la temperatura del aire y la altitud del lugar a y b son coeficientes que dependen de la humedad relativa del área.

La Radiación Solar R_S es función de la latitud del lugar y de la época del año y es sólo una parte de la radiación recibida en la parte superior de la atmósfera R_A . El valor de la Radiación Solar se obtiene mediante la expresión

$$R_S = (0,25 + 0,50 \cdot n/N) \cdot R_A$$

En la cual n/N es la relación entre las horas reales de brillo solar en el día y el máximo teórico para la latitud del lugar.

Los valores de evapotranspiración potencial se presentan en la Tabla No 3-16, en la cual, además, se aprecian los valores de los parámetros utilizados en los cálculos.

Tabla 3-16 Evapotranspiración (mm)

ELEMENTO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VALOR ANUAL
BR.SOLAR	174,0	146,4	147,3	105,1	112,3	131,2	150,7	141,0	121,1	109,4	126,0	193,6	
n (Hr)	5,6	5,2	4,8	3,5	3,6	4,4	4,9	4,5	4,0	3,5	4,2	6,2	
N (Hr)	11,7	11,8	12	12,3	12,6	12,5	12,5	12,3	12,1	11,8	11,8	11,4	
n/N	0,48	0,44	0,40	0,28	0,29	0,35	0,39	0,37	0,33	0,30	0,36	0,55	
Ra	13,8	14,7	15,4	15,4	15,2	14,8	14,9	15,3	15,3	14,9	14,1	13,4	
Rs	6,8	6,9	6,9	6,0	6,0	6,3	6,6	6,7	6,4	6,0	6,0	7,0	
W	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	
b	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	
a	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	
Eto mm/Dia)	3,75	3,86	3,84	3,32	3,29	3,47	3,67	3,69	3,52	3,27	3,32	3,91	
ETP (mm)	116,3	108,0	118,9	99,7	101,9	104,1	113,8	114,3	105,7	101,3	99,5	121,1	1304,5

3.5.2.2 Hidrología

La definición del grado de amenaza por inundación o desbordamiento de los cauces naturales que fluyen por la población o los alrededores del Municipio, se llevó a cabo

mediante la determinación del efecto de las crecientes de estos cursos de agua, que tienen recurrencias de 2, 10, 50 y 100 años, como muy alta, alta, media y baja.

Con el propósito de determinar la magnitud de los caudales con las recurrencias antes citadas, se adelantaron análisis hidrológicos que utilizando métodos indirectos, a partir de la precipitación máxima de la misma recurrencia, como elemento genético del proceso de escorrentía, generen los caudales asociados a ésta. Dentro de este orden de ideas, se empleó el método del Hidrograma Unitario Triangular, al cual se aplicaron como datos de entrada el valor de la precipitación y su distribución en el tiempo, amén de datos sobre la cuenca como el área de drenaje, la longitud y pendiente del cauce y, en función de éstos últimos, el tiempo de concentración de la misma.

3.5.2.2.1 Características de la cuenca

La cuenca del río Cañasgordas se localiza al noroccidente del departamento de Antioquia. Tiene un área de 81,8 kilómetros cuadrados, hasta aguas arriba de la desembocadura de la quebrada La Llorona, en el límite norte del Municipio. Esta quebrada tiene una cuenca cuya extensión es de cerca de 20 kilómetros cuadrados.

La cuenca del río Cañasgordas se caracteriza por estar enmarcada por áreas de montaña con fuertes pendientes, cuyas laderas están cubiertas en su mayoría por bosques y pastos. El río Cañasgordas nace en el cerro Las Nutrias a una elevación de 3000 msnm. Su cauce, de pendiente de 12,9 % tiene una longitud de 14 Km. y el flujo se caracteriza por su turbulencia y alta velocidad. Junto con el río Herradura, al cual desemboca, forma el río Sucio, afluente del Atrato.

En el cauce del río es frecuente la presencia de gravas y cantos rodados de más de 0,50 m de diámetro, conformando islotes y un lecho rugoso que le imprime al flujo una gran turbulencia.

3.5.2.2.2 Información disponible

Del río Cañasgordas no se dispone información hidrológica ni hidrométrica que permita caracterizar su régimen. Para la definición de los caudales se recurrió a la información sobre precipitación máxima en 24 horas registrada en la estación climatológica Cañasgordas, localizada a la salida de la población hacia Uramita.

La información pluviométrica consiste en la serie de valores máximos mensuales de la estación citada, para el período 1974-2009.

3.5.2.2.3 Aguacero de diseño

La determinación de los valores de precipitación máxima para diferentes recurrencias se adelantó mediante el ajuste de la serie a distribuciones teóricas de frecuencia. La que presentó el mejor ajuste fue la Log Pearson Tipo III, la cual se aprecia en la Figura No 3-6. A partir de esta distribución se obtuvieron los valores de precipitación máxima para las frecuencias mostradas en la Tabla No 3-12.

- Precipitación Efectiva

Para la determinación de la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía, se recurrió a la determinación de un umbral de precipitación P_0 a partir del cual se inicia el proceso de escurrimiento superficial.

Los valores de P_0 seleccionados fueron 17 y 18 mm para recurrencias de 2 y 10 años, respectivamente, y de 20 mm para 50 y 100. Los valores de precipitación efectiva se obtuvieron entonces mediante la expresión

$$P_{ef} = ((\sum P - P_0)^2) / (\sum P + 4 * P_0)$$

- Distribución del aguacero

La distribución territorial del aguacero no fue posible determinarla dado que no existe una red de observación de precipitación en el área que facilite la información requerida para este fin. Por tanto, dada la extensión de la cuenca y la homogeneidad topográfica de la misma, se asumió una distribución homogénea del aguacero sobre la cuenca.

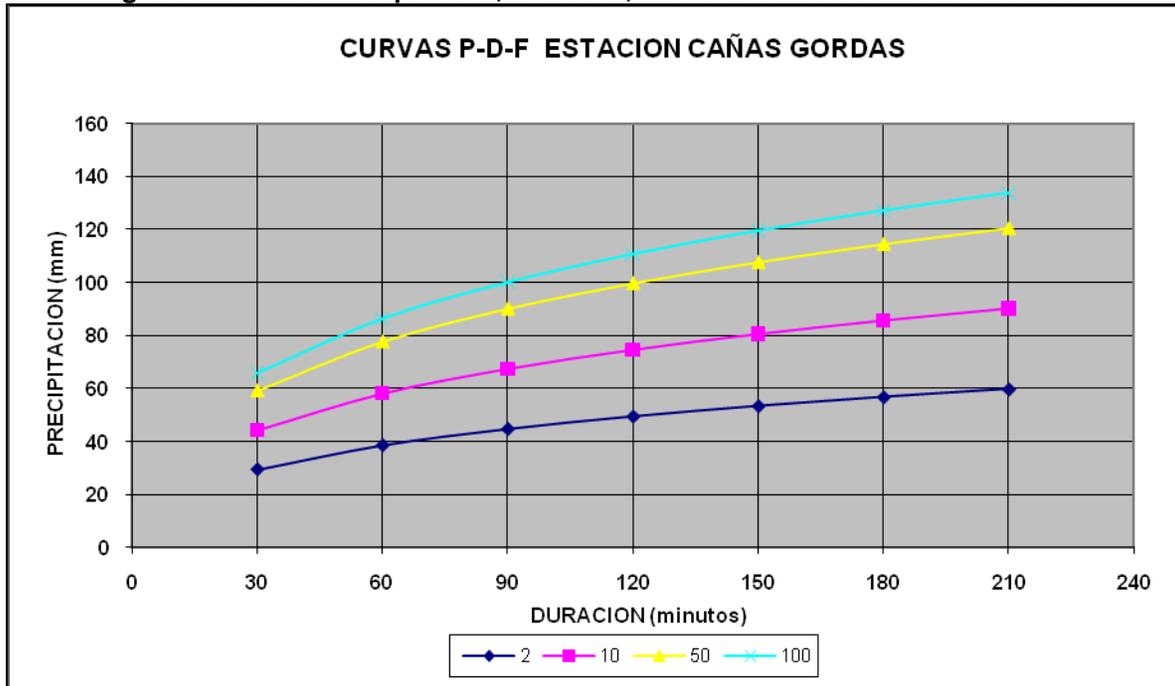
En cuanto a la distribución temporal, se recurrió a la definición de curvas Precipitación - Duración - Frecuencia, con base en la metodología de Bell, según la cual

$$P^t_{Tr} = (0,21 * LN (T_r) + 0,52) * (0,54 * t^{0,25} - 0,5) * P^{60}_{10}$$

En la cual P^t_{Tr} es la precipitación de recurrencia T_r y duración t ; y P^{60}_{10} es la precipitación horaria de recurrencia 10 años.

Las curvas obtenidas de esta expresión, a partir de la cual se determinaron los incrementos de precipitación para incrementos de tiempo de 30 minutos se aprecian en la Figura No 3-8.

Figura 3-7 Curvas Precipitación, Duración, Frecuencia Estación Cañas Gordas



3.5.2.2.4 Determinación de Caudales

La determinación de los caudales de diseño se adelantó mediante el empleo de Hidrogramas Unitarios Triangulares definidos en función de las características de la cuenca y de la duración de la lluvia unitaria. En este sentido se calcularon el tiempo de concentración y los elementos que definen el hidrograma, así:

- Tiempo de Concentración

Se calculó a partir de la fórmula desarrollada por el Corps of Engineers

$$T_c = 0,3 * (L / s^{0,25})^{0,76}$$

En la cual L es la longitud del cauce de la corriente, S su pendiente y T_c el tiempo de concentración. El tiempo de concentración calculado para la cuenca fue de 3,5 horas.

- Elementos del Hidrograma Unitario

Los elementos que definen el Hidrograma Unitario son el tiempo base, T_b , el tiempo al pico o caudal máximo en el Hidrograma, T_p y el caudal máximo q_p , según las expresiones:

$$T_p = (D/2) + 0,35 T_c$$

$$T_b = T_c + D$$

$$q_p = A * P / 1,8 * T_b$$

En las cuales D es la duración del incremento de precipitación, en este caso 30 minutos, A el área de la cuenca y P el valor del incremento de la precipitación.

El Hidrograma Unitario obtenido se muestra a continuación.

De la aplicación de la precipitación de diseño a este Hidrograma se obtuvieron los hidrogramas de las crecientes de 2, 10, 50 y 100 años de recurrencia y los caudales máximos correspondientes. Los Hidrogramas se aprecian en las Figuras 3-9 a 3-12 y los caudales en la siguiente tabla.

T_r Años	Q_{MAX} m ³ /s
2	109
10	240
50	375
100	447

Figura 3-8 Hidrograma de Creciente de Recurrencia dos años Río Cañasgordas

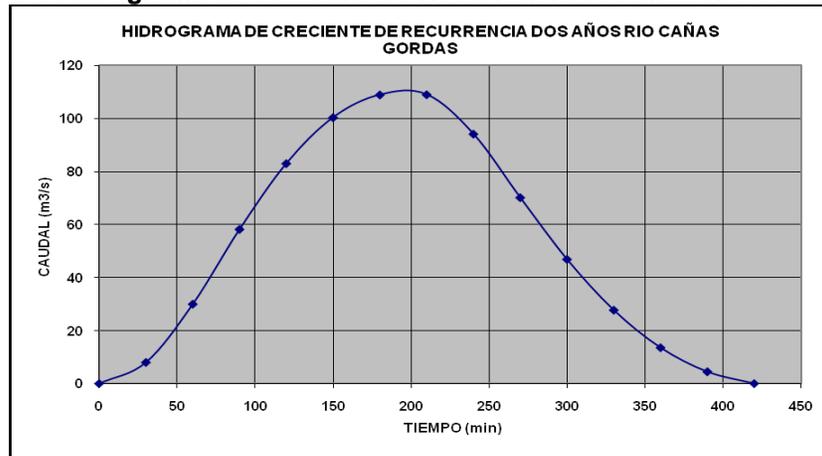


Figura 3-9 Hidrograma de Creciente de Recurrencia diez años Río Cañasgordas

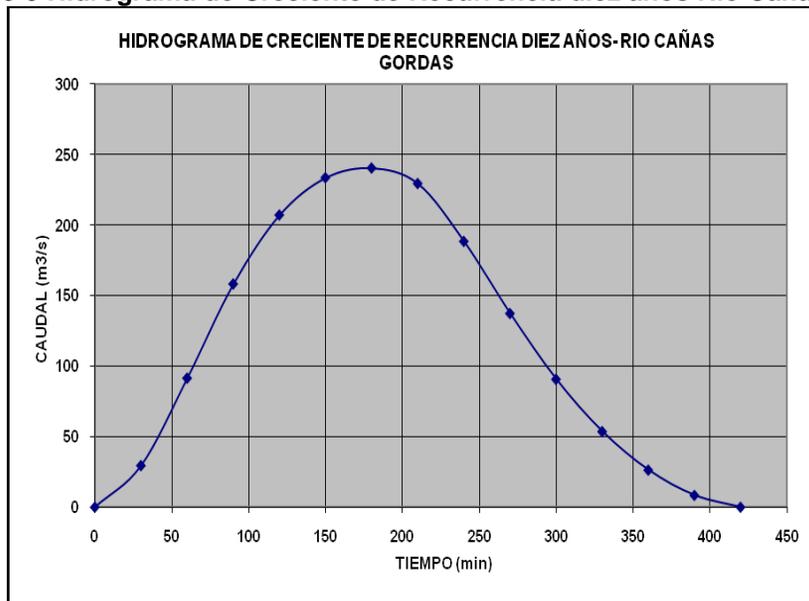


Figura 3-10 Hidrograma de Creciente de Recurrencia Cincuenta Años Río Cañasgordas

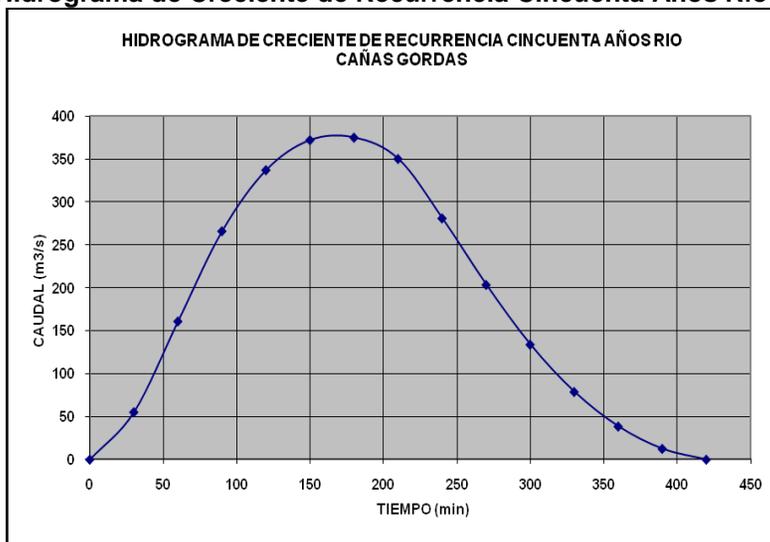
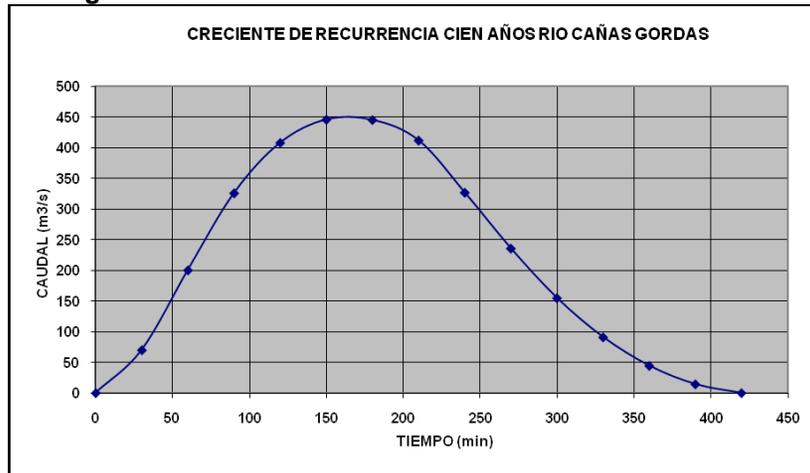


Figura 3-11 Hidrograma de Creciente de Recurrencia Cincuenta Años Río Cañasgordas



A manera de verificación se calcularon los caudales para estas mismas recurrencias utilizando el modelo Hydraflow de la Universidad de La Florida. Los resultados fueron similares.

Figura 3-12 Hidrograma de Creciente de Recurrencia dos años Río Cañasgordas – Modelo Hydraflow



Figura 3-13 Hidrograma de Creciente de Recurrencia diez años Río Cañasgordas – Modelo Hydraflow

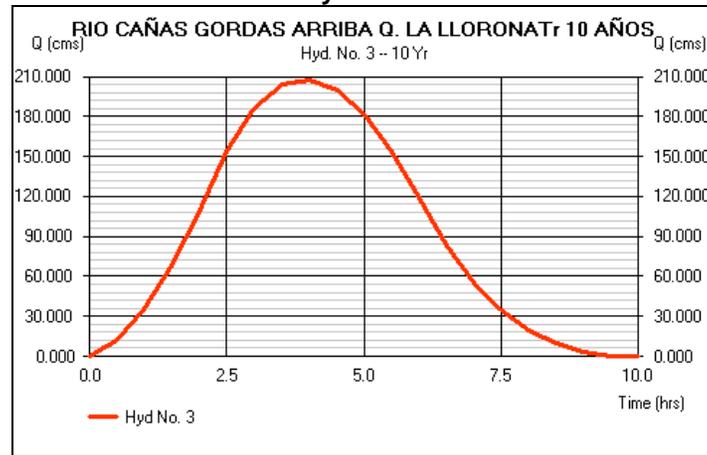
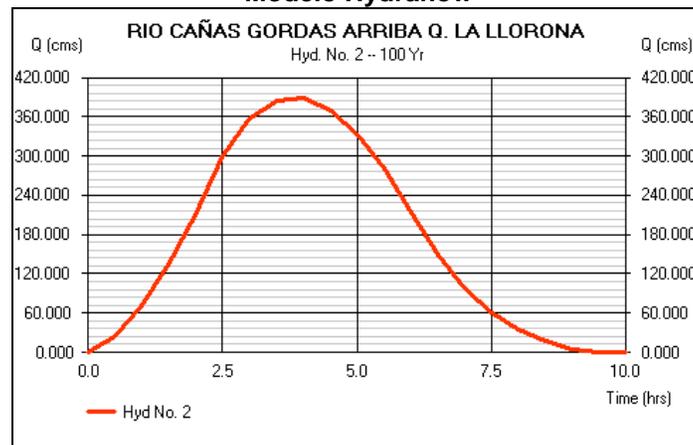


Figura 3-14 Hidrograma de Creciente de Recurrencia Cincuenta años Río Cañasgordas – Modelo Hydraflow



Figura 3-15 Hidrograma de Creciente de Recurrencia Cincuenta años Río Cañasgordas – Modelo Hydraflow



3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron actividades de exploración del subsuelo que consistieron principalmente en la ejecución de apiques con equipo manual y recuperación de muestras alteradas e inalteradas, así como ensayos de campo y laboratorio. En esta sección se presenta el tipo de exploración del subsuelo realizada, el tipo de ensayos de campo y laboratorio, y el análisis de la información obtenida. Se presenta una descripción del comportamiento de las propiedades principales de los diferentes suelos encontrados en cada punto de exploración, y con base en esto, se define el perfil geotécnico representativo del sitio de estudio, así como las condiciones y parámetros geomecánicos que serán utilizados en análisis posteriores.

3.6.1 Investigación del subsuelo

Teniendo en cuenta las características geológicas del sitio y las unidades geomorfológicas identificadas, se proyectó la ejecución de la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización geomecánica de los materiales. La exploración se efectuó por medio de sondeos y trincheras como se explica a continuación.

Adicionalmente, se realizaron pruebas de laboratorio para clasificación y obtener parámetros de resistencia que permitan conocer el comportamiento de los materiales existentes.

3.6.1.1 Exploración con sondeos y trincheras

La exploración del subsuelo consistió en la ejecución de 22 perforaciones (sondeos) y 13 trincheras, distribuidos convenientemente en el área de estudio, los cuales se ejecutaron con el objeto de obtener la información geotécnica necesaria para conocer la distribución lateral y en profundidad de los diferentes tipos de materiales que componen los depósitos existentes, y recuperar muestras inalteradas y alteradas para realizar los ensayos de laboratorio.

Las profundidades de los sondeos y trincheras se presentan en la Tabla 3-17.

Tabla 3-17 Exploración del subsuelo

Punto ejecutado	Profundidad	Ubicación
Sondeo 1	5.10 m	Norte
Sondeo 2	3.05 m	Arriba escuela nororiental
Sondeo 3	2.75 m	Escuela nororiental
Sondeo 4	5.10 m	Norte laderas
Sondeo 5	3.45 m	Terraza 2 vía
Sondeo 6	1.95 m	Terraza 3
Sondeo 7	4.05 m	Cementerio
Sondeo 8	4.95 m	Laderas sur
Sondeo 9	3.75 m	Terraza 1 sur

Sondeo 10	4.50 m	Matadero
Sondeo 11	3.15 m	Terraza 3: Sur oeste
Sondeo 12	3.00 m	Terraza 2: oeste
Sondeo 13	5.00 m	Ladera en la entrada
Sondeo 14	5.00 m	Cancha colegio suroriental
Sondeo 15	2.10 m	Terraza 1: oriente
Sondeo 16	2.45 m	Laderas oriente
Sondeo 17	3.65 m	Laderas oriente
Sondeo 18	1.50 m	Terraza 2 rio
Sondeo 19	2.15 m	Terraza 3 casco urbano
Sondeo 20	3.65 m	Laderas occidentales
Sondeo 21	4.35 m	Terraza 4 al occidente
Sondeo 22	3.15 m	Terraza 3 casco urbano
Trinchera 1	2.00 m	Laderas
Trinchera 2	2.50 m	Terraza 0
Trinchera 3	2.20 m	Terraza 3
Trinchera 4	3.00 m	Terraza 3
Trinchera 5	3.00 m	Laderas
Trinchera 6	3.00 m	Laderas
Trinchera 7	2.00 m	Terraza 2
Trinchera 8	2.00 m	Laderas
Trinchera 9	4.50 m	Laderas
Trinchera 10	5.00 m	Laderas
Trinchera 11	2.00 m	Terraza 4
Trinchera 12	2.50 m	Laderas
Trinchera 13	3.00 m	Terraza 4

Mediante una detenida inspección de trincheras se caracterizaron los materiales que afloran en los taludes. El sondeo se llevo a cabo con equipo manual e igualmente se obtuvieron muestras de los materiales en tubo Shelby para algunas profundidades y en forma remoldeada para las muestras más sueltas.

En cada uno de los registros de exploración de campo se generó un registro continuo del perfil estratigráfico (Ver Anexo D) y se obtuvieron muestras representativas de los materiales encontrados para adelantar pruebas de clasificación y de resistencia, y en lo posible identificar las zonas o materiales débiles sobre las cuales se desarrollan los fenómenos más importantes.

3.6.1.2 Ensayos In Situ

Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los materiales que conforman el área de estudio y como complemento de la exploración de campo, se realizaron ensayos in situ de penetración estándar o SPT los cuales permiten conocer el perfil del número de golpes y complementar la caracterización geomecánica de los materiales de los diferentes estratos superficiales.

Una vez establecidos los valores N de campo, obtenidos del ensayo SPT, se realizaron las respectivas correcciones por confinamiento, longitud de varillaje y nivel de agua, de tal forma que se pudieran normalizar dichos valores a un determinado nivel de energía.

Utilizando el método de estimación de parámetros efectivos de resistencia con SPT establecido por González (1997), fueron estimados los parámetros geomecánicos de resistencia para cada material encontrado a lo largo del perfil de la exploración. En la tabla 1 (Anexo D) – parámetros geomecánicos, se presenta la evaluación de parámetros en función del SPT y en el Anexo D se muestran las envolventes de resistencia de los diferentes materiales superficiales.

3.6.1.3 Ensayos de laboratorio

Observando la variación del perfil del subsuelo en cada sitio de exploración, se definieron los puntos y niveles de muestreo de manera que se logró una representación de todos los materiales encontrados. Se tomaron muestras alteradas en bolsa, se recuperaron muestras del ensayo de penetración estándar y se tomaron algunas muestras de tubo Shelby.

Las muestras obtenidas se identificaron visualmente y con base en la estratigrafía se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, el cual consistió en la ejecución de pruebas para clasificación (límites de consistencia, granulometrías y lavado sobre tamiz No 200), determinación del contenido de humedad natural, peso unitario, compresión confinada. En la tabla 2 – Anexo D, se presenta el resumen general de resultados y en el Anexo D los Resultados de los ensayos de Laboratorio individuales.

3.6.2 Caracterización geomecánica

Basados en toda la información recolectada y producida hasta este punto del estudio, como es la definición del modelo geológico imperante en el área y los resultados de laboratorio, se realizó la clasificación de los materiales y se evaluaron los parámetros geomecánicos que gobiernan su comportamiento ingenieril.

- **Limo arcilloso de color café consistencia media**

Estos suelos residuales de características limo arcillosas son producto de la meteorización de las vertientes montañosas que rodean el casco urbano del municipio de Cañasgordas, provenientes de los estratos de limolitas intercalados con arcillolitas. En algunas de las perforaciones realizadas estos materiales fueron encontrados de forma relativamente superficial, en espesores que varían entre los 1,50 y los 2,60 m, o en su defecto, en columnas estratigráficas homogéneas y continuas en profundidades de hasta 5,00 m.

En la tabla relacionada a continuación se presentan los principales parámetros geomecánicos asociados al material mencionado.

Tabla 3-18 Limo arcilloso café

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	30,0 - 40,0	%
LP	Limite plástico	24,9 - 27,1	%
IP	Índice de plasticidad	13,0	%
F	Contenido de finos	> 38,0	%
w	Humedad natural	12,0 - 33,1	%
γ	Peso unitario	1,82 - 2,14	ton/m ³
c	Cohesión	0,174	ton/m ²
φ	Angulo de fricción	26,47	grados
N	Rango golpes del ensayo SPT	7-14	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	ML	

FUENTE: Elaboración propia.

- **Arcilla café con gravas, consistencia blanda**

Estos suelos también son producto de la meteorización del sistema montañoso que rodea el municipio de Cañasgordas y de los materiales finos depositados en terrazas. Dentro de la exploración se evidenció la inclusión de gravas entremezcladas con el material principal, así como una categorización de consistencia blanda durante las pruebas de SPT.

En profundidad, estos materiales fueron encontrados en algunas perforaciones a partir de los 0,80 m, alcanzando de forma promedio valores cercanos a los 5,00 m.

Las características principales de este material se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 3-19 Arcilla limosa café

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	32,8 - 48,5	%
LP	Limite plástico	20,8 - 34,2	%
IP	Índice de plasticidad	9,1 - 14,0	%
w	Humedad natural	15,8 - 37,8	%
γ	Peso unitario	1,79 - 1,86	ton/m ³
Qu	Resistencia a la compresión inconfiada	15,2	ton/m ²
c	Cohesión	0,201	ton/m ²
φ	Angulo de fricción	24,22	grados
N	Rango golpes del ensayo SPT	6-12	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	CL	

FUENTE: Elaboración propia.

- **Gravas en matriz arcillosa**

Este material tiene su origen en la depositación torrencial del Río Sucio, el cual formó durante épocas antiguas diferentes terrazas aluviales sobre las cuales se localiza el municipio de Cañasgordas. Además, ocasionalmente estas gravas se encuentran en las laderas aledañas al municipio producto de la meteorización de areniscas y arcillolitas.

La génesis de estos materiales es fundamentalmente gravas gruesas, embebidas dentro de una matriz arenosa y/o limosa (como es el caso del material descrito), con un grado de litificación relativamente bajo.

En las perforaciones realizadas así como en las trincheras excavadas, se encontraron estratos de este material con profundidades mayores a los 1.20 metros, con espesores de estrato mayores a los 1,40 m. A continuación se presentan los parámetros geomecánicos obtenidos para este suelo.

Tabla 3-20 Gravas en matriz limosa

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite líquido	NL-NP	%
LP	Limite plástico	NL-NP	%
IP	Índice de plasticidad	NL-NP	%
w	Humedad natural	4.0 - 12,1	%
γ	Peso unitario	2.02	ton/m ³
c	Cohesión	0.0	ton/m ²
ϕ	Angulo de fricción	40.76	grados
N	Rango golpes del ensayo SPT	24-44	golpes/pie

FUENTE: Elaboración propia.

Limo arcilloso con vetas habanas

Este material tiene su origen en la meteorización de las arcillolitas del miembro Urrao. Estos suelos se encuentran preferencialmente en los depósitos coluviales y las terrazas más altas, las cuales albergan parte del material fino proveniente de las laderas.

Durante los trabajos de exploración del subsuelo este material fue encontrado a profundidades mayores a los 1.70 metros, bajo otros materiales arcillosos.

A continuación se presentan los parámetros geomecánicos asociados al material.

Tabla 3-21 Limo arcilloso café con vetas habanas.

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite líquido	45.3	%
LP	Limite plástico	28.35	%
IP	Índice de plasticidad	17.0	%
w	Humedad natural	25,2 - 47,9	%
γ	Peso unitario	1,82 – 1.90	ton/m ³
c	Cohesión	0.642	ton/m ²
ϕ	Angulo de fricción	26.28	grados
N	Rango golpes del ensayo SPT	11-21	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	ML	

FUENTE: Elaboración propia.

- **Arenas y Gravas grises de baja compacidad**

Este material tiene su origen en la depositación de fragmentos transportados. Este material es de bajo espesor y se encuentra únicamente para la terraza 2. En las perforaciones realizadas así como en las trincheras excavadas, se encontraron espesores aproximados de estrato cercanos a los 1,50 m. A continuación se presentan los parámetros geomecánicos obtenidos para este suelo.

Tabla 3-22 Arenas y gravas grises

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	NL-NP	%
LP	Limite plástico	NL-NP	%
IP	Índice de plasticidad	NL-NP	%
F	Contenido de finos	3.60	%
w	Humedad natural	4.5-5.30	%
γ	Peso unitario	1,80	ton/m3
c	Cohesión	0.0	ton/m2
φ	Angulo de fricción	32.08	grados
N	Rango golpes del ensayo SPT	11-21	golpes/pie

FUENTE: Elaboración propia.

- **Limo arenoso de color café consistencia media**

Este limo arenoso pertenece a un suelo residual producto de la meteorización del sistema montañoso que rodea el casco urbano del municipio de Cañasgordas. Estos sedimentos fundamentalmente limosos ó arcillosos forman parte del miembro Urrao, común en el contexto regional de la zona de estudio.

La información del trabajo de campo permite ubica este material en forma intercalada a los limos arcillosos, especialmente en los primeros 5.0 metros de profundidad, según datos obtenidos en la exploración del subsuelo llevada a cabo.

Los parámetros geomecánicos de este material se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 3-23 Limo arenoso de color café

	Propiedad	Rango	Unidad
F	Contenido de finos	11.4-32.6	%
A	Contenido de arenas	32.0-67.0	%
w	Humedad natural	8,5 - 25,2	%
γ	Peso unitario	1,97-2.06	ton/m3
c	Cohesión	0.127	ton/m2
φ	Angulo de fricción	33.18	grados
N	Rango golpes del ensayo SPT	13-28	golpes/pie

FUENTE: Elaboración propia.

- **Limo arenoso gris con gravas**

Este limo arenoso pertenece a un suelo depositado en la terraza 2 y ocasionalmente se encuentra como suelo residual de areniscas.

La información del trabajo de campo permite ubicar este material en profundidades mayores a los 1.80 metros, con espesor de estrato mayor a 1.50 metros, según datos obtenidos en la exploración del subsuelo llevada a cabo.

Los parámetros geomecánicos de este material se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 3-24 Limo arenoso gris

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Límite líquido	33.7	%
LP	Límite plástico	28.8	%
IP	Índice de plasticidad	11.9	%
w	Humedad natural	12.2 – 15.5	%
γ	Peso unitario	2.18	ton/m ³
c	Cohesión	0.0	ton/m ²
ϕ	Ángulo de fricción	36.20	grados
N	Rango golpes del ensayo SPT	18-32	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	ML	

FUENTE: Elaboración propia.

- **Limo arcilloso habano blando**

Estos suelos son parte de los materiales residuales de limolitas y arcillolitas, aunque su presencia en las laderas es escasa. Estos materiales se encontraron en capas o estratos aislados de espesor menor a 1,50 m de espesor, muy blandos y con registro de menos de 8 golpes en el ensayo de SPT realizado en campo.

Las características básicas de éste se relacionan en el siguiente cuadro.

Tabla 3-25 Limo arcilloso habano

	Propiedad	Rango	Unidad
F	Contenido de finos	48.1	%
A	Contenido de arenas	32.0	%
G	Contenido de gravas	20.0	%
w	Humedad natural	21.1	%
γ	Peso unitario	1,82	ton/m ³
c	Cohesión	0.249	ton/m ²
ϕ	Ángulo de fricción	17.7	grados
N	Valor promedio del ensayo SPT	2-8	golpes/pie

FUENTE: Elaboración propia.

- **Arena limosa habana con gravas**

Estos suelos forman parte de los materiales residuales de areniscas y de algunos depósitos coluviales formados al oriente del municipio. Las capas o estratos no superan los 1,80 m de espesor, de compacidad media y resistencia la penetración variable según el contenido de gravas.

Las características básicas de éste se relacionan en el siguiente cuadro.

Tabla 3-26 Fragmentos de roca en matriz limosa

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	NL	%
LP	Limite plástico	NP	%
IP	Indice de plasticidad	NP	%
F	Contenido de finos	27.2	%
A	Contenido de arenas	52.5	%
G	Contenido de gravas	20.3	%
w	Humedad natural	18,2 - 26,9	%
γ	Peso unitario	1,83-1.90	ton/m3
c	Cohesión	0.0	ton/m2
φ	Angulo de fricción	33.3	grados
N	Valor promedio del ensayo SPT	20 a Rechazo	golpes/pie

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.3 Zonificación geotécnica

Una vez establecidos los criterios geomorfológicos y antrópicos que condicionan la evolución de las laderas en el área de estudio, se establece una zonificación geomorfológico – geotécnica que permite determinar zonas con comportamientos geotécnicos similares, con topologías y dinámicas de movimientos característicos de cada zona.

Para la zonificación se tuvo en cuenta la ocupación actual del área estudiada estableciendo dentro de ella once (11) zonas, así:

ZONAS DE LADERA

- Zona A Zona de ladera, sector Noroccidental
- Zona B Zona de ladera, sector Suroccidental
- Zona C Zona de ladera, sector Suroriental
- Zona D Zona de ladera, sector Centro oriental
- Zona E Zona de ladera, sector Nororiental
- Zona F Zona de ladera, sector Centro occidental

ZONAS DE TERRAZA

- Zona T0 Terraza aluvial reciente, menor a 1.0 metros de espesor
- Zona T1 Terraza aluvial reciente, menor a 3.0 metros de espesor
- Zona T2 Terraza aluvial antigua, de 3.0 a 8.0 metros de espesor
- Zona T3 Terraza aluvial antigua, de 8.0 a 20.0 metros de espesor
- Zona T4 Terraza aluvial antigua, mayor a 20.0 metros de espesor

A continuación se presentan las características más importantes de cada zona.

3.6.3.1 Zonas de ladera

- **Zona A: Zona de ladera, sector Noroccidental**

Esta zona se localiza al costado noroccidental del casco urbano y se caracteriza por la presencia de materiales limo arcillosos de color café y arcillas de consistencia blanda con presencia de gravas, producto de la meteorización del sistema montañoso del miembro Urrao presente en los alrededores del municipio de Cañasgordas. Durante la exploración de campo se encontró en profundidad un espesor mayor a 5,00 m para este material de origen residual.

En la figura 3-20 se presenta una localización general de la zona descrita con base en un criterio de comportamiento geotécnico.

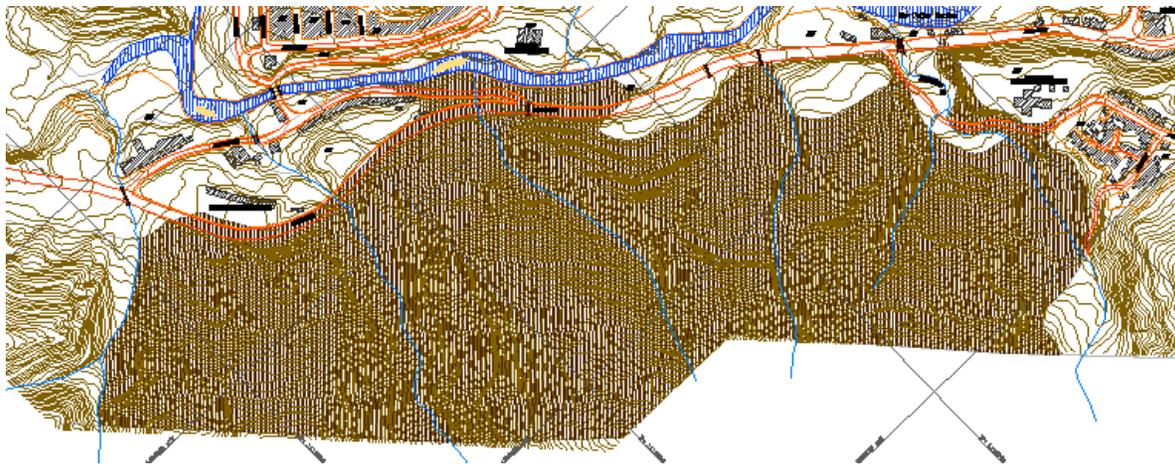


Figura 3-16 Zonificación Geotécnica Laderas– Zona A.

FUENTE: Elaboración propia.

El área delimitada se caracteriza por su media pendiente, así como por su cobertura vegetal en proceso de deforestación. La pendiente natural del terreno fue cambiada en el momento de la construcción de la vía variante al mar, donde los cortes generan pendientes iguales o mayores a los 40 grados.

- **Zona B: Zona de ladera, sector Suroccidental**

Esta delimitación geotécnica incluye la presencia de suelos residuales limo arenosos y arena limosos color café, con presencia superficial de arenas en cercanías a la quebrada Apucarpo y con presencia superficial de limos hacia el extremo sur del la cabecera urbana. Estos suelos son producto de la meteorización de limolitas y areniscas intercaladas de la formación Urrao, intercalación que explica la variación de la prevalencia superficial de arenas y limos, en dirección prevalente norte sur (ver figura 3-21). Estos suelos presentaron espesores mayores a 5 metros, aumentando su resistencia en profundidad.

En esta zona se observan escarpes afectados por erosión concentrada. Además la cobertura vegetal se está retirando por la notable intervención antrópica, facilitando y aumentando la acción erosiva de agua y gravedad.

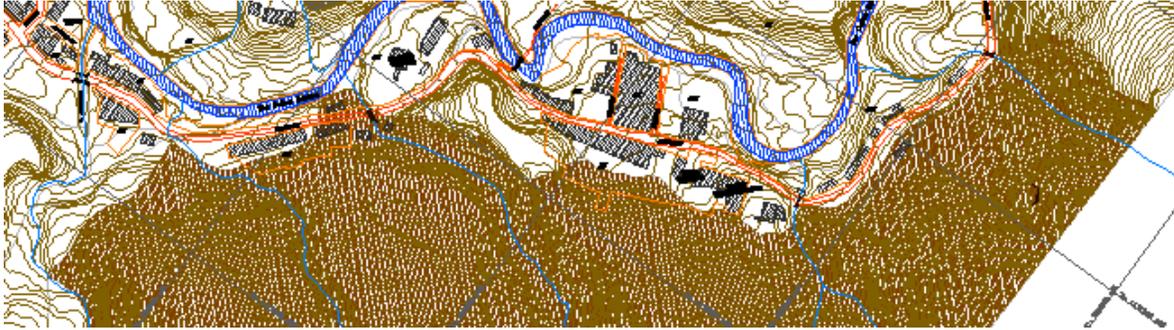


Figura 3-17 Zonificación Geotécnica Laderas – Zona B.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Zona C: Zona de ladera, sector Suroriental**

La zona C corresponde a suelos residuales del miembro Urrao, exponiendo arenas limosas cafés con gravas, producto de la meteorización de areniscas y limolitas. Los espesores de esta unidad son mayores a 5 metros, los cuales se ven expuestos a lo largo del corte de la vía variante al mar. En la figura 3-22 se ilustra la zona geotécnica mencionada.

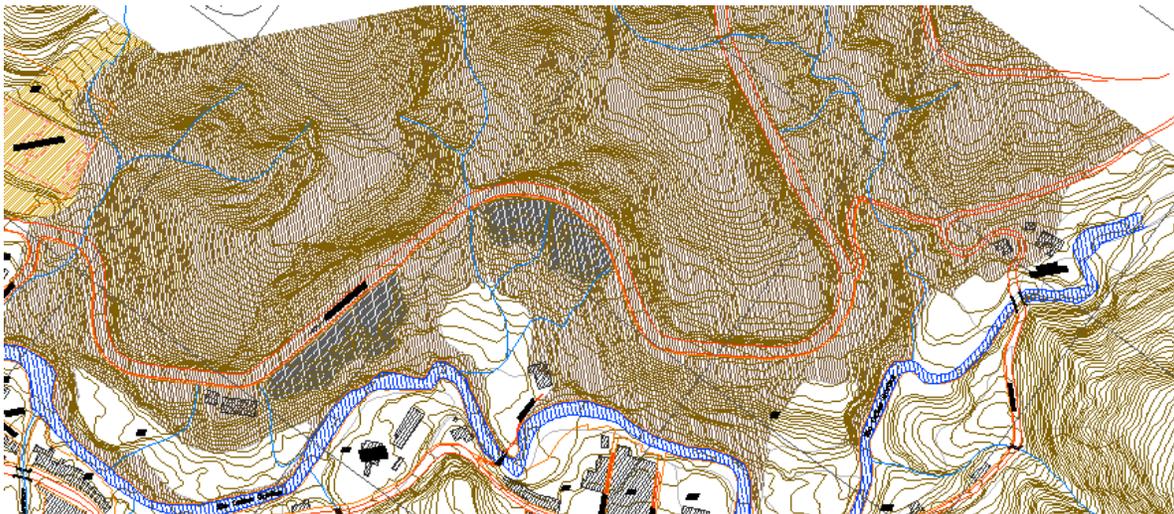


Figura 3-18 Zonificación Geotécnica – Zona C.

FUENTE: Elaboración propia.

Esta zona es de morfometría montañosa, con zonas duras que presentan pendientes hasta de 75 grados y zonas blandas con pendientes del orden de los 40°. La intervención antrópica se limita al corte vial y no se observan indicios de pérdida de vegetación, sin presencia de construcciones de vivienda masivas.

- **Zona D: Zona de ladera, sector Centro oriental**

En esta zona se presentan limosa arenosos y arenas limosas con gravas, los cuales se formaron como suelos residuales de areniscas y limolitas del miembro Urrao. La zona se encuentra demarcada en la figura 3-23.

Esta zona presenta pendientes medias a altas, con variaciones locales por la presencia de zonas duras y blandas. Además, los se observan procesos de remoción en masa antiguos e inactivos en las zonas altas y procesos activos en las partes más cercanas a la vía por deforestación y saturación del material.

Aunque de forma general la estratigrafía permite identificar que este suelo posee un espesor de 1,50 m a 5.00 m, en algunos casos no es claro el contacto entre el suelo firme y la roca intacta, ya que por su antigüedad el suelo presenta grandes perfiles de meteorización.

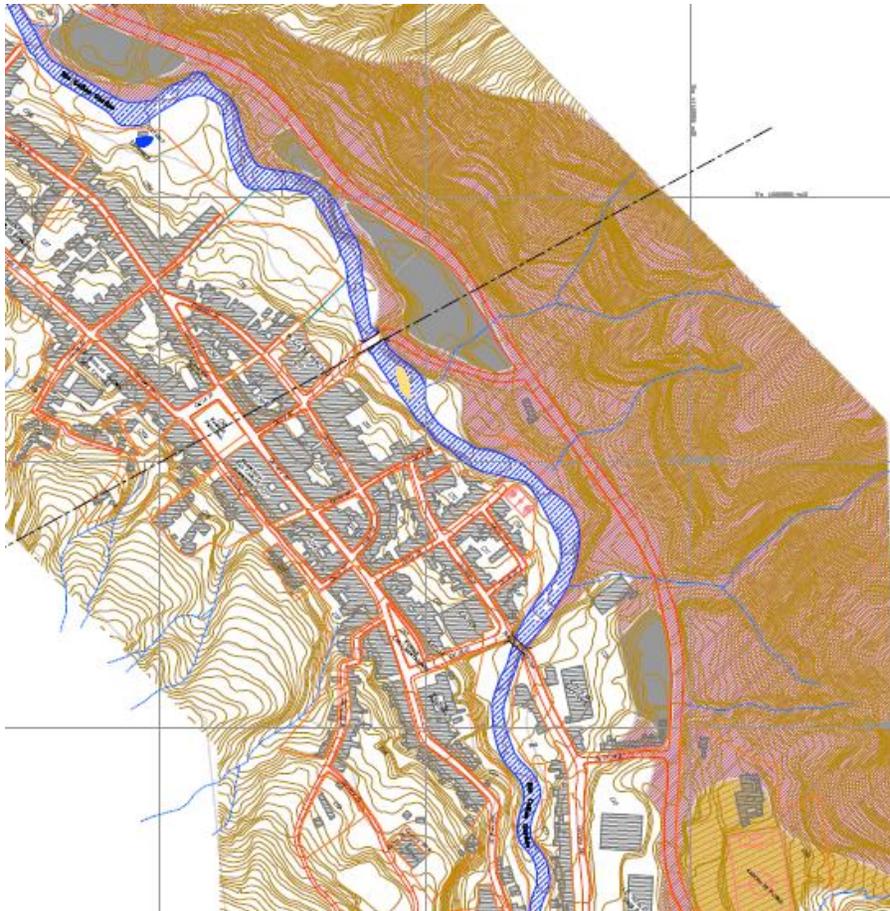


Figura 3-19 Zonificación Geotécnica Laderas– Zona D.
FUENTE: Elaboración propia.

- **Zona E: Zona de ladera, sector Nororiental**

Esta zona se caracteriza por la presencia de limos arcillosos, de poco espesor, los cuales suprayacen a gravas y arenas en matriz arcillosa. La ubicación general de la zona se presenta en la figura 3-24.

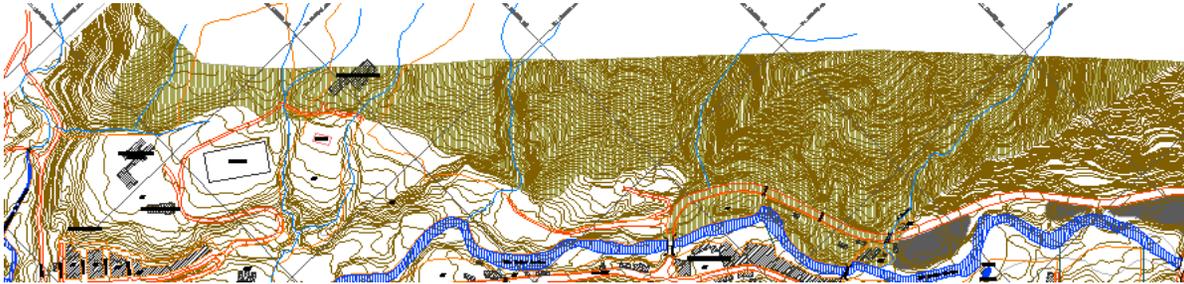


Figura 3-20 Zonificación Geotécnica – Zona 5 costado occidental.

FUENTE: Elaboración propia.

Los materiales superficiales conformados por limos arcillosos de color café muestran espesores variables que oscilan entre los 0.30 y los 1.80 m, asociados a suelos residuales formados por el sistema montañoso que rodea el casco urbano del municipio.

Estas zonas presentan cambios morfométricos en pequeñas zonas, con diferencias de pendientes desde los 45 grados hasta sectores prácticamente planas.

- **Zona F: Zona de ladera, sector Centro occidental**

Las laderas occidentales están compuestas por suelos residuales de areniscas y arcillolitas, los cuales esta compuestos por limos arenosos y limos arcillosos ubicados uno sobre el otro, con prevalencia de los limos arenosos en contacto con la roca. En esta zona está la mayoría de las laderas circundantes a las viviendas del municipio (ver figura 3-26).

El espesor promedio de esta capa de suelos es de 3,60 m de profundidad según lo encontrado en las perforaciones de campo realizadas; las cuales no pudieron explorar en mayor profundidad el subsuelo debido al rechazo que presentó el equipo durante las pruebas de penetración.

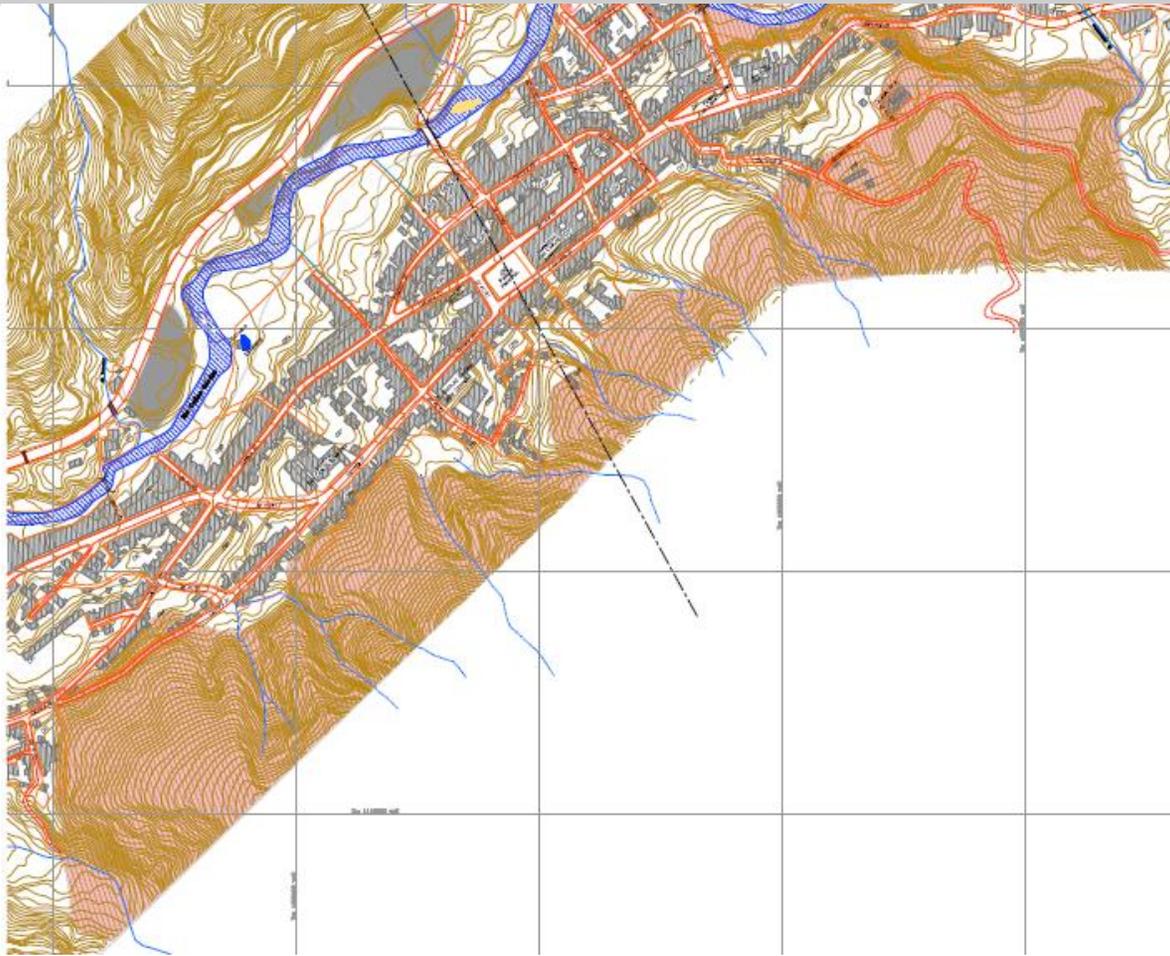


Figura 3-21 Zonificación Geotécnica – Zona 6.
FUENTE: Elaboración propia.

3.6.3.2 Zonas de terraza

A continuación se presenta la descripción de las zonas de terraza, las cuales tienen idéntica ubicación a las establecidas en el mapa de geomorfología. En esta sección se presenta de forma general los materiales prevalentes en forma superficial.

- **Zona T0: Terraza aluvial reciente, menor a 1.0 metros de espesor**

Esta zona se observan gravas en matriz arcillosa, producto del transporte y sedimentación del Río Cañasgordas. No se observa una dirección preferente de consolidación del depósito y la morfometría de la terraza es plana.

- **Zona T1: Terraza aluvial reciente, menor a 3.0 metros de espesor**

Esta zona se observan limos arenosos café de consistencia media en algunas zonas, y arenas limosas mezcladas con gravas y arenas grises, producto del transporte y sedimentación del Río Sucio y algunos de sus afluentes. No se observa una dirección

preferente de consolidación del depósito y la morfometría de la terraza varía de plana a bajas pendientes.

- **Zona T2: Terraza aluvial antigua, de 3.0 a 8.0 metros de espesor**

Esta zona se observan limos materiales variables, desde limos arcillosos y arenosos de consistencia firme hasta gravas y arenas grises, las cuales se diferencian claramente formando estratos y se encuentran intercaladas debido a los diferentes eventos producto del transporte y sedimentación del Río Sucio y algunos de sus afluentes. Se observan pendientes medias y algunos escarpes erosivos.

- **Zona T3: Terraza aluvial antigua, de 8.0 a 20.0 metros de espesor**

Esta zona se encuentra altamente consolidada ya que presenta suelos superficiales menores a 3.00 metros de espesor. Por su naturaleza torrencial, los materiales presentes varían en área y en profundidad, con prevalencia de limos arcillosos y arenosos en los primeros 2.0 metros suprayaciendo a gravas y fragmentos en matriz limosa de 1.0 metros de espesor aproximadamente. Se observan pendientes bajas, medias y altas intervenidas antrópicamente y algunos escarpes erosivos.

- **Zona T4: Terraza aluvial antigua, mayor a 20.0 metros de espesor**

Esta zona presenta materiales más finos respecto a las terrazas anteriores, con suelos de más de 5.0 metros producto de la erosión superficial de las laderas contiguas y la sedimentación de los materiales del río. Los suelos presentes corresponden a arcillas café y limos arcillosos de consistencia media, con ocasional intercalación de fragmentos.

Se observan pendientes medias y altas, con algunos escarpes erosivos, aunque por su composición esta ladera facilita el crecimiento de vegetación y por ende mejora su estabilidad.

3.7 COBERTURA

Con el fin de evaluar las condiciones de cobertura y su relación con los procesos que puedan afectar las laderas adyacentes al municipio, se adelantó la identificación y estudio de la cobertura vegetal. A continuación se describen las actividades.

3.7.1 Objetivos

- Identificar problemáticas asociadas al tipo de cobertura actual en el marco del proyecto Zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico.
- Determinar diferentes tipologías de cobertura vegetal en áreas adyacentes al casco urbano del municipio de Cañasgordas.

3.7.2 Metodología

Para la identificación de la cobertura vegetal en los alrededores del casco urbano, se efectuaron una serie de actividades que incluyen:

- Revisión de la información de cobertura y uso contenida en el POT del municipio.
- Interpretación de coberturas sobre Fotografías Aéreas, lo cual permite observar las unidades de vegetación.
- Verificación de las unidades con observación directa en el sitio. Trabajo de campo.

Una vez realizadas estas actividades se determinaron las unidades identificadas en sitio y las características de cada una de ellas.

3.7.3 Resultados

En el cuadro siguiente se detallan las diferentes unidades identificadas, una breve descripción y las implicaciones de las unidades referidas sobre el componente físico.

El plano 11 muestra los resultados de cobertura del municipio.

Tabla 3-27 Descripción de la unidades de cobertura y efectos asociados al medio físico.

No	COD	NOMBRE	DESCRIPCION	EFFECTOS ASOCIADOS AL MEDIO FÍSICO
1	BNI	Bosque natural intervenido	Manchas boscosas caracterizadas por presencia de vegetación multiestrato donde las especies predominantes son Cedrella odorata (Cedro)	Alta regulación hídrica, alta protección del suelo, retención de partículas de suelo.
2	PN	Pastos naturales	Áreas desprovistas de vegetación de porte arbustivo y arbóreo, generalmente asociadas a altas pendientes donde crecen especies rastreras nativas	Poca retención de partículas de suelo, bajo efecto esponja (Regulación hídrica),
3	PMA	Pastos muy arbolados	Áreas intervenidas donde existe una cobertura baja dominada por especies rastreras nativas de la Región, donde el uso del suelo ha permitido el desarrollo de especies nativas inicialmente y arbóreas posteriormente.	Media regulación hídrica y protección del suelo. Por la distribución de los árboles la retención de partículas de suelo puede considerarse media alta
4	PLA	Pastos ligeramente arbolados	Áreas altamente intervenidas donde prevalecen herbáceas nativas y se han desarrollado especies de porte arbóreo	Baja regulación hídrica, potencian procesos erosivos dadas las altas pendientes
5	C	Cultivos	Pequeñas áreas dedicadas a cultivos de pan coger, ubicadas en zonas de mediana pendiente.	Suelos potencialmente susceptibles a procesos erosivos por prácticas culturales inadecuadas, como sembrar en dirección de la pendiente.
6	RB	Rastrojos bajos	Áreas donde se ha desarrollado vegetación de porte más alto que los pastos y herbáceas nativas, correspondiente a estados sucesionales más avanzados.	Mejor retención de partículas de suelo que áreas con pastos naturales. Con condiciones de buena humedad y pendiente no tan fuerte, su alto desarrollo contribuye a mejorar las condiciones de regulación hídrica del suelo y retención de suelo.
7	RA	Rastrojos altos	Vegetación caracterizada por presencia de especies que no han alcanzado su máximo desarrollo y que se encuentran en un estado sucesional intermedio. Se destaca la heterogeneidad de estas pequeñas manchas, comparadas por tamaño con las zonas de Bosque natural, representativamente más grandes.	Alta regulación hídrica, alta protección del suelo, retención de partículas de suelo. Tienen la gran ventaja de no aportar una gran carga a las zonas con alta pendiente, aún cuando su sistema radicular medianamente desarrollado contribuye en igual medida con la retención de suelo, especialmente en zonas de alta pendiente.

A continuación se detallan las especies presentes en las unidades identificadas. Esta información fue extractada del POT del municipio y contrastada con las observaciones de campo.

Tabla 3-28 Listado detallado de especies presentes en bosque natural intervenido

Nombre vulgar	Nombre científico	FAMILIA
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	MELIACEAE
Laurel amarillo	<i>Ocotea veraguensis</i>	LAURACEAE
Cedro colorado	<i>Cedrela montana</i>	MELIACEAE
Drago	<i>Croton funckianus</i>	EUPHORBIACEAE
Guamo	<i>Inga sp.</i>	MIMOSACEAE
Pino patula	<i>Pinus patula</i>	PINACEAE
Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	GRAMINEAE
Ateno	<i>Enterolobium ciclocarpum</i>	MIMOSACEAE
Pisquin	<i>Albizia carbonaria</i>	MIMOSACEAE
Chiriguaco	<i>Clethra fagifolia</i>	CLETHRACEAE
Tortolillo	<i>Miconia sp.</i>	MELASTOMATACEAE
Guayacan	<i>Tabebuia serratifolia</i>	BIGNONIACEAE
Eucalipto	<i>Eucaliptus sp.</i>	MYRTACEAE
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>	SALICACEAE
Sauce de playa	<i>Tessaria integrifolia</i>	POLIPODIACEAE
Cañabrava	<i>Gynereum sagittatum</i>	GRAMINEAE
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>	FAGACEAE
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>	JUGLANDACEAE
Chaquiro	<i>Podocarpus sp.</i>	PODOCARPACEAE
Olivo de cera	<i>Myrica pubescens</i>	MYRICACEAE
Comino crespo	<i>Aniba perutilis</i>	LAURACEAE
Chachafruto	<i>Erithrina edulis</i>	FABACEAE
Qiebrabarrigo	<i>Trichantera gigantea</i>	ACANTHACEAE
Fique	<i>Fourcraea macrophylla</i>	AMARYLLIDACEAE
Cipres	<i>Cupressus lusitanica</i>	CUPRESACEAE
Yolombo	<i>Panopsis yolombo</i>	PROTEACEAE
Guacamayo	<i>Croton cupreatus</i>	EUPHORBIACEAE
Nogal	<i>Cordia alliodora</i>	BORAGINACEAE
Caracoli	<i>Anacardium excelsum</i>	ANACARDIACEAE
Higuerón	<i>Ficus sp.</i>	MORACEAE
Guayabito	<i>Psidium guianense</i>	MYRTACEAE
Candelo	<i>Hyeronima antioquiensis</i>	EUPHORBIACEAE
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	STERCULIACEAE
Caucho	<i>Ficus mutisii</i>	MORACEAE
	<i>Machaerium goudoti</i>	FABACEAE
Aguacatillo	<i>Persea caerulea</i>	LAURACEAE
Carnefiambre	<i>Roupala obovata</i>	PROTEACEAE
Caucho	<i>Ficus americana</i>	MORACEAE
Noro	<i>Byrsonima cumingana</i>	MALPIGHIACEAE
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	SAPOTACEAE
Cordoncillo	<i>Piper auriticum</i>	PIPERACEAE
Chagualo	<i>Clusia sp.</i>	CLUSIACEAE
Yarumo blanco	<i>Cecropia teleincana</i>	CECROPIACEAE
Cañafistula	<i>Cassia grandis</i>	CAESALPINACEAE

Fuente: EOT Municipio de Cañasgordas

Tabla 3-29 listado de especies propias de la unidad rastrojo alto

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Mimosaceae	Albizzia carbonaria	Pisquín
	Calliandra sp	Carbonero
	Inga spectabilis	Guamo
	Inga sp.	Guamo
Caesalpinaceae	Caesalpinia pulcherima	Clavellino
Cyantheaceae	Trichipteris frigida	Sarro
Cupressaceae	Cupressus lusitanica	Ciprés
Rutaceae	Citrus sinensis	Naranja
Moraceae	Ficus insipida	Higuerón
	Ficus sp	Guibán
	Ficus spp	Sueldo
Cecropiaceae	Cecropia sp.	Yarumo
Boraginaceae	Cordia alliodora	Nogal
Fabaceae	Gliricidia sepium	Matarratón
	Erythrina edulis	Chachafruto
Melastomataceae	Miconia theaezans	Nigüito
	Miconia caudata	Caimo - lanzo
	Clidemia hirta	Mortiño
	Tibouchina lepidota	Siete cueros
	Bellucia grossulariodes	Pomo
Lauraceae	Persea caerulea	Aguacatillo
		Laurel
Piperaceae	Piper sp	Cordoncillo
	Piper aduncum	Cordoncillo
Actinidaceae	Saurauia ursina	Dulumoco
Anacardiaceae	Toxicodendron striata	Manzanillo
Clethraceae	Clethra fagifolia	Chiriguaco
Acanthaceae	Trichanthera gigantea	Quiebrabarrigo
Euphorbiaceae	Alchornea sp.	Escobo
	Euphorbia cotinifolia	Liberal
		Guacamayo - drago
	Croton magdalenensis	
Bombacaceae	Ochroma lagopus	Balso
Myrsinaceae	Rapanea guianensis	Espadero
Bignoniaceae	Tabebuia sp.	Guayacán
		Tulipán americano
	Spatodea campanulata	
Clusiaceae	Vismia sp1	Carate
	Vismia sp2	Apel
	Calophyllum sp	Barcino
Papaveraceae	Bocconia frutescens	Trompeto
Proteaceae	Panopsis yolombo	Yolombo
Verbenaceae	Lippia schlimii	Gallinazo
Fagaceae	Quercus sp.	Roble
Solanaceae	Solanum quitoense	Lulo
Rubiaceae	Coffea arabica	Café
Podocarpaceae	Podocarpus sp.	Chaquiro

Fuente: EOT Municipio de Cañasgordas

Tabla 3-30 Listado de especies herbáceas propias de rastrojos bajos y pastos naturales

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Mimosaceae	Mimosa pudica	Dormidera
	Mimosa albida	Zarza
Fabaceae	Stylosanthes guianensis	Estilosantes
Rubiaceae	Borreria laevis	Botoncillo
Gramínea	Andropogon bicornis	Cola de zorro
	Bambusa guadua	Guadua
	Gynerium sagittatum	Cañabrava
	Papalum sp	Grama común
Lythracea	Cuphea sp.	
Balsaminaceae	Impatiens balsamina	Besitos
Caryophyllaceae	Drymaria cordata	Golondrina
Compositae	Tessaria integrifolia	Sauce playero
	Erechtites valerianaefolia	Valeriana
	Bidens cynapiifolia	Amor seco, cadillo
	Spilanthus americana	Botón de oro
	Sonchus oleraceus	
	Galinsoga ciliata	Yuyo
Polypodiaceae	Pteridium aquilinum	Helecho marranero
Commelinaceae	Commelina sp.	Commelina
	Tripogandra cumanensis	Suelda
Umbelliferae	Hydrocotyle umbellata	Sombrecito
Labietae	Marsypianthes chamaedrys	Orégano silvestre
	Hyptis capitata	
Poaceae	Brachiaria decumbens	Braquiaria
	Hyparrhemia rufa	Uribe

Fuente: EOT Municipio de Cañasgordas.

3.8 FACTOR ANTRÓPICO

3.8.1 Urbanismo y catastro

El municipio en su parte urbana se ha dividido en 5 sectores: la esperanza, los balsos, María auxiliadora, El porvenir y centro.

Los procesos de asentamiento urbanos presentan discontinuidad por la geoforma y en general, han respetado la ronda del río. Sin embargo, existen algunas viviendas que pueden ser afectadas por inundación y otras que se encuentran ubicadas dentro del derecho de vía, las cuales serna objeto de evaluación. La expansión urbana está delimitada por el río y las laderas aledañas de lata pendiente, lo cual ha obliga al crecimiento urbano hacia las afueras del centro fundacional y a la disposición del municipio en forma alargada.

3.8.2 Vías

En el sector urbano del municipio de Cañasgordas, se logran identificar 2137 metros de vías de tipo regional primaria, 4319 metros que pertenecen a las vías de clasificación secundaria que comunican a los diferentes sectores urbanos y 2367 metros de vías

terciarias, de las cuales más del 50% de las vías se encuentran pavimentadas y/o adoquinadas:

Tabla 3-31 Vías Urbanas Pavimentadas

Sector Urbano	Longitud. Vías Primarias m	Longitud. Vías Secundarias Mts	Longitud. Vías Servicios m	Longitud Total m	Longitud vías pavimentadas	%
1	220.64	1714.45	283.00	2218.09	503.64	23 %
2	631.18	261.42	881.32	1773.92	1582.93	89%
3		933.85	164.95	1098.80	164.95	15%
4	1285.70	1008.60	689.00	2983.30	2983.30	100%
4 ^a		182.22		182.22	182.22	100%
4B		173.28		173.28	173.28	100%
4C		45.37	348.92	394.29	394.29	100%
TOTAL	2137.52	4319.19	2367.19	8823.9	5984.61	68%

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio Cañasgordas, 2010.
(0-60% Bajo) (60-80% Medio) (80-100% Alto)

La trama urbana del municipio de Cañasgordas se caracteriza por ser alargada, debido a su emplazamiento con respecto al Riosucio y a las condiciones topográficas de la zona, por lo tanto su distribución espacial no gira en torno a un centro principal y organizador, sino que la trama urbana se desarrolla a uno y otro lado de una vía principal que es la carrera 30, la cual atraviesa los sectores urbanos 2, 3 y 4, comportándose como la espina dorsal del ordenamiento urbano de la cual se desprenden el resto de vías que conforman la trama vial urbana.

A pesar de que el sector 4 se presenta con un alto nivel de consolidación con respecto a las vías, es también donde se presentan los 2 puntos principales de conflicto a nivel vial:

- El primero se presenta sobre la Cra 30 entre calles 27 y 28, donde se ubican los paraderos de los buses que cubren las rutas Medellín - Urabá y que se desvían de la Regional para recoger pasajeros, esto como consecuencia de la no-existencia de una Terminal de Transportes.
- El segundo se presenta principalmente los fines de semana y es el parque principal, el cual al no estar consolidados como tal actúa como parqueadero público de los colectivos y escaleras que se desplazan a las veredas. Esto también se presenta como consecuencia de la no-existencia de la Terminal de Transportes.

En general, las condiciones físicas de las vías urbanas se encuentran en buen estado, con algunas fallas en algunos sectores pero en general se encuentran en estado de serviciabilidad.

Fotografía 3-10 Estado de las vías



La red vial municipal se encuentra en su mayor parte en afirmado como se puede observar en la siguiente tabla, con la excepción de la vía Medellín - Turbo la cual se encuentra pavimentada, aunque presenta algunos daños por pérdida de banca en algunos sectores puntuales por fenómenos de socavación debidos a la dinámica del Río Sucio en su paso por el Municipio de Cañasgordas, estos efectos se pueden observar en la tabla:

Tabla 3-32 Estado Red Vial Municipal

Tramo	Longitud km	Sección m	Jerarquía	Superficie de rodadura	Estado	TPD y composición vehicular
Medellín Turbo		3.0	Primaria	Pavimento	B	Capacidad superior a 350veh/h
Cañasgordas –La Esperanza	2.2	3.5	Terciaria	Afirmado	B	10veh/día
Cañasgordas – Socorro – San pascual	23	3.5	Terciaria	Afirmado	R	40-50veh/día
Cañasgordas – La Soledad		3.5	Terciaria	Afirmado	B	30-40veh/día
Cañasgordas – Insor – Abriaquí	20	4.5	Secundaria	Afirmado	R	40-50veh/día

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio Cañasgordas, 2010.

Fotografía 3-11 Estado de las Vías – Vía Medellín - Turbo



3.8.3 Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado

Para la zona urbana del municipio de Cañasgordas, el sistema de alcantarillado es uno de los menos consolidados y más deteriorados, esto se da principalmente como consecuencia del emplazamiento de la cabecera con respecto al Río sucio, y a las condiciones topográficas, presentándose dos fenómenos fundamentales: Evacuación individual y directa al río, de las viviendas que se encuentran a orillas del mismo y la no-conexión al sistema de alcantarillado por dificultades de pendientes y niveles, lo que ha generado una trama de alcantarillados en precarias condiciones que van por debajo de las viviendas y no por las vías, lo que se convierte en una de las principales causas de riesgo por inundación en la zona urbana, ya que el sistema de alcantarillado es combinado recogiendo además las aguas lluvias.

Tal como lo muestra el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio solamente el 63% de la población del municipio cuenta con el servicio de alcantarillado con una cobertura por sectores distribuido de la siguiente manera:

Tabla 3-33 Cobertura Alcantarillado

Barrio	Viviendas	Viviendas con Alcantarillado	Cobertura
El Edén	46	3	7%
La Planta	30	2	7%
Media Cuesta	37	11	30%
El Porvenir	42	6	14%
San Isidro	85	51	60%
La Esmotadora	29	20	69%
La Virgencita	36	20	56%
Parque Libertadores	60	45	75%
Carrera 30	74	67	91%
Calle 29	9	9	100%
La Ronda	67	47	70%
Carrera 29	86	64	74%
Calle 30	16	13	81%

Barrio	Viviendas	Viviendas con Alcantarillado	Cobertura
Vieja Plaza	54	47	87%
Palomera	11	4	36%
Santa Ana	37	15	41%
El Callejón	15	12	80%
Carrera 31	110	92	84%
Calle 31	21	18	86%
Parque de la Madre	17	13	76%
Calle 33	34	28	82%
COOCAÑAS	12	10	83%
Quinto Mandamiento	20	1	5%
El Chispero	76	49	64%
San Martín	41	31	76%
San Vicente	12	0	0%
El Retén	1	1	100%
Total	1078	679	63%

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio Cañasgordas, 2010.

TABLA DE CONTENIDO

4	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA URBANA	4-1
4.1	INTRODUCCIÓN	4-1
4.2	CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN	4-1
4.2.1	POBLACIÓN	4-2
4.2.2	HOGARES.....	4-3
4.2.3	EQUIPAMIENTOS URBANOS E INFRAESTRUCTURA ESPECIAL.....	4-4
4.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.....	4-10
4.4	CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS	4-14

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4 - 1	Centro Educativo Nicolás Gaviria - Imantago – Bachillerato	4-5
Fotografía 4 - 2	Centro Educativo Nicolás Gaviria - Primaria	4-5
Fotografía 4 - 3	Escuela María Auxiliadora	4-6
Fotografía 4 - 4	Colegio Eduardo Herrera	4-6
Fotografía 4 - 5	Seminario San Pio X.....	4-7
Fotografía 4 - 6	Jardín de Bienestar Los Enanitos (arriba – izquierda), Hogar de Bienestar los Payasitos (arriba – derecha), Hogar Comunitario Semillitas (abajo – izquierda), Hogar la Gradita (abajo – derecha).	4-7
Fotografía 4 - 7	Hogar de Bienestar El Divino Niño.....	4-8
Fotografía 4 - 8	Hogar Juvenil Campesino.....	4-8
Fotografía 4 - 9	Hospital San Carlos.....	4-9
Fotografía 4 - 10	Estadio Municipal (arriba – izquierda), Piscina Municipal (abajo – izquierda), Iglesia San Carlos Borromeo – Parque Principal (derecha).	4-9
Fotografía 4 - 11	. Vista de algunas viviendas - Cañasgordas.	4-10
Fotografía 4 - 12	. Cimentación de las viviendas barrio La Esperanza.....	4-11
Fotografía 4 - 13	Viviendas en Tapia Pisada, Adobe. – barrio Versalles.....	4-12
Fotografía 4 - 14	Viviendas en Mampostería (Bloque o ladrillo) – Cerca al Hospital San Carlos - Cañasgordas.	4-12
Fotografía 4 - 15	Vivienda en Bahareque – Sector Cristo Rey.	4-12
Fotografía 4 - 16	Vivienda con placa de entepiso aligerada con bloque.....	4-13

GRAFICAS

Gráfica 4 - 1 Población del Municipio de Cañasgordas.....	4-2
Gráfica 4 - 2 Distribución poblacional por grupo de edad. Municipio de Cañasgordas 2011.	4-3
Gráfica 4 - 3 Materiales predominantes en los muros de las viviendas	4-11
Gráfica 4 - 4 Materiales predominantes en los pisos de las viviendas.....	4-13

TABLAS

Tabla 4 - 1 Tabla resumen de las Instituciones y Jardines existentes en el área de estudio	4-4
---	-----

4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA URBANA

4.1 INTRODUCCIÓN

El perímetro que delimita el Área Urbana del Municipio de Cañasgordas posee una superficie superior a 110 hectáreas (1,1 Km²), sin embargo el sector consolidado urbanísticamente donde se emplazan la mayor parte de las viviendas tiene un área cercana a 50 hectáreas. El número de predios son aproximadamente 1080 agrupados en 86 manzanas y en las cuales hay una población aproximada de 6100 habitantes. Se sitúa entre las cotas de 1370 msnm (cota cercana a la Escuela María Auxiliadora) y 1190 msnm (cota cercana a la desembocadura de la Quebrada La Llorona en el Río Cañasgordas, abajo del sector Los Balsos), con una temperatura promedio de 20°C.

A continuación se describen de manera muy breve las características de los elementos que conforman la infraestructura existente y la población ubicada dentro de la zona de estudio.

4.2 CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN

Las variables socioeconómicas del municipio y de la población que vive en el área de influencia directa de alguna amenaza derivada de un fenómeno natural en el área urbana, constituye un factor importante en la evaluación de la vulnerabilidad¹ de la sociedad, la cual permite establecer, sobre el contexto socio – económico, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada². Ante la ocurrencia de un evento potencialmente dañino, los hogares ubicados bajo la línea de pobreza presentan una mayor dificultad para su atención y recuperación, ya que no cuentan con los recursos necesarios para hacerle frente a la calamidad sufrida y, por tanto, su capacidad de respuesta puede llegar a ser nula, caso contrario, a los hogares que de cierta forma cuenten con recursos necesarios para afrontar los daños e ir recuperándose de manera progresiva, mientras suplen sus necesidades básicas.

Por esta razón, a continuación se describen las principales variables socio-económicas del municipio que han sido tomadas del Censo realizado por el DANE en el año 2005 y de las proyecciones de población hechas por la misma entidad.

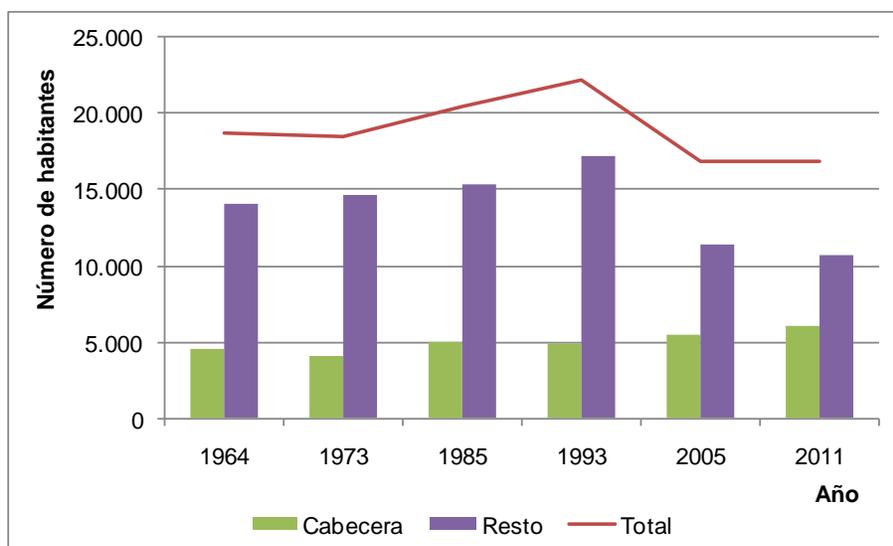
¹ Probabilidad de ser dañado o herido. Se relaciona tanto con la exposición a un riesgo como a la capacidad que tiene una comunidad, hogar o persona para enfrentarlo. CEPAL, Naciones Unidas. 2002. Documento Electrónico. Vulnerabilidad socio demográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas.

² La vulnerabilidad es compleja, multicausal y está compuesta por varias dimensiones analíticas, pues confluyen aspectos de los individuos u hogares y características económicas, políticas, culturales y ambientales de la sociedad. BUSSO G. 2002. La vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: Un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Naciones Unidas. CEPAL. CELADE.

4.2.1 POBLACIÓN

El Municipio de Cañasgordas ha tenido un proceso continuo de urbanización ya que en 1964 la población urbana correspondía al 24.5% de la población total del municipio y en el 2011 el porcentaje proyectado corresponde a 36.2%. Aunque en el periodo intercensal, 1993 a 2005, se presentó una disminución cercana al 36% de la población total municipal, la tendencia de crecimiento de la población urbana se mantuvo.

Según las proyecciones efectuadas por el DANE en el 2011 la población total del municipio es de 16.808 personas, de ellas, 36.2% (6.078) ocupan el casco urbano y 63.8 % (10.730) viven en el área rural. Ver Gráfica 4-1.



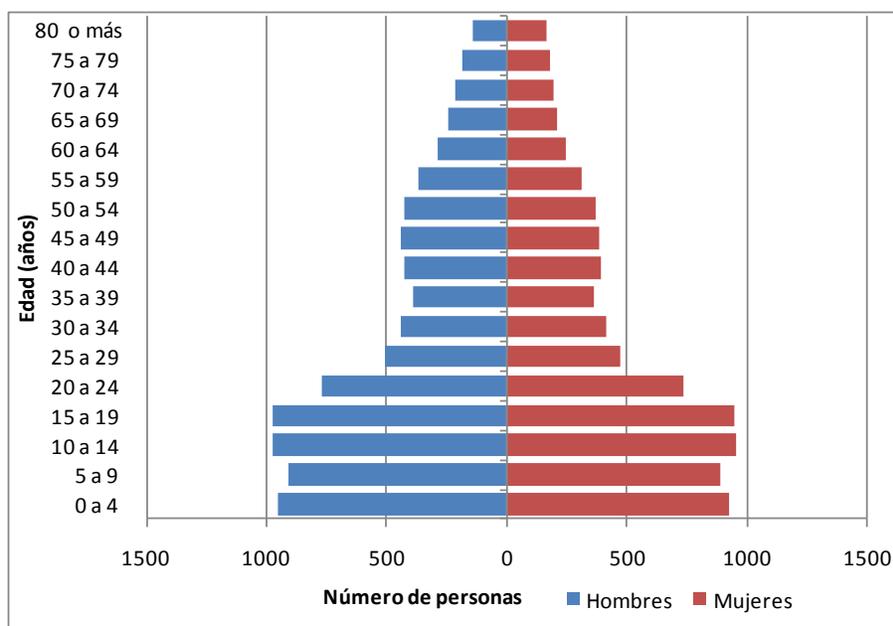
Gráfica 4 - 1 Población del Municipio de Cañasgordas.
Fuente: Censos DANE, proyecciones DANE. Elaboración propia

Al examinar la estructura poblacional, según la proyección del DANE para el 2011, es posible decir que 11.17% de la población tiene edades entre 0 y 4 años, 33.66% de los habitantes municipales está entre los 5 y 19 años de edad, la población entre 20 y 64 años de edad representa el 46.0% y 9.13% de la población es mayor de 64 años. Además, existe una distribución porcentual muy similar entre hombres y mujeres, con una representación de 51.5% y 48.5% de cada género respectivamente, comportamiento que se mantiene en todos los rangos de edad estudiados. Ver Gráfica 4-2.

En el 2011, la razón de dependencia del municipio de Cañasgordas³ es de 74, es decir que por cada 100 personas en edad de trabajar, hay 74 personas que se encuentran en una edad de dependencia económica.

³ Estimado como "la razón de personas en edades en las que "dependen" (generalmente personas menores de 15 y mayores de 64 años de edad) de personas en edades "económicamente productivas" (entre 15 y 64 años de edad) en una población". Tomado de: Arthur Haupt y Thomas T. Kane. 2003. Guía Rápida De Población Del Population Reference Bureau. 4ª edición. Washington, DC. Pág. 11.

La pirámide de edades presentada indica que a edades mayores de 80 años son más mujeres que hombres y que se trata de una población progresiva, es decir que tiene una población con elevados índices de natalidad, con predominio de los grupos en edades jóvenes.



Gráfica 4 - 2 Distribución poblacional por grupo de edad. Municipio de Cañasgordas 2011. Fuente: Información DANE. Elaboración propia.

4.2.2 HOGARES.

Con relación a la información de sobre déficit de vivienda, en la cabecera municipal para el año 2005, 287 (26.5%) hogares tenían déficit de vivienda de los cuales 59 (5.5%) eran por déficit cuantitativo, mientras 228 (21.0%) eran por déficit cualitativo. Indicando con ello un déficit habitacional cualitativo y cuantitativo medio.

Por otra parte, según la base de datos del SISBEN⁴, a Julio de 2010, 753 personas que viven en el área urbana del municipio se encontraban inscritas en los niveles 1,2 y 3⁵, es decir que podrá acceder a los subsidios que otorga el Estado a través de los diferentes programas de salud, educación, subsidios, vivienda, etc. de acuerdo con la reglamentación de cada uno de ellos. Ello indica que el 12.6% de la población urbana del municipio se considera con un elevado nivel de vulnerabilidad, valor que puede verse incrementado con el hecho que el NBI de la cabecera municipal es de 33.0⁶

⁴ El Sisbén es el Sistema de Identificación de Potenciales beneficiarios de Programas Sociales. <http://www.sisben.gov.co/>

⁵ Sin embargo, la información que fue reportada en esta misma página web el 1 marzo de 2010 indica que los registros válidos, que corresponde al número de personas, era de 4073 en la cabecera municipal.

⁶ El "Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas" (INBI) corresponde a un método directo para la medición de la pobreza, que diferencia de manera dicotómica entre los hogares con al menos una necesidad insatisfecha y los que no presentan carencias críticas, e indica cuántos hogares tienen al menos una necesidad insatisfecha y se consideran, en consecuencia, pobres. Tomado de: Juan Carlos Feres, Xavier

De otra parte, el número total de hogares ubicados en la Cabecera Municipal era 1.084, con un número de personas por hogar de 5.0⁷.

4.2.3 EQUIPAMIENTOS URBANOS E INFRAESTRUCTURA ESPECIAL

Dentro de los Equipamientos Urbanos⁸ se encuentran:

- Varios Jardines Infantiles, e Instituciones Educativas, las cuales mencionamos en la siguiente tabla, relacionándolos con algunos datos de interés:

Descripción	Nombre	Código Ubicación	No Alumnos	No Directivos	No Profesores	No Personas otros servicios	Jornada
Jardín	Hogar la Gradita		13	2			8:00 am a 4:00 pm
Jardín	Hogar Comunitario Mirringa Morronga		18	2			8:00 am a 4:00 pm
Jardín	Hogar de Bienestar Las Estrellitas		13	2			8:00 am a 4:00 pm
Jardín	Holgar Grupal Pimpones		56	1	4	1	8:00 am a 4:00 pm
Jardín	Hogar de Bienestar El Divino Niño		13	2			8:00 am a 4:00 pm
Jardín	Hogar de Bienestar los Payasitos		13	2			8:00 am a 4:00 pm
Jardín	Jardín de Bienestar Los Enanitos		13	2			8:00 am a 4:00 pm
Jardín	Hogar Comunitario Semillitas		13	2			8:00 am a 4:00 pm
Salón de Estudios	Hogar Juvenil Campesino		19	2			24 horas
Colegio	Centro Educativo Nicolás Gaviria - Sede Centro - Primaria		210	1	8	2	8:00 am a 12:30 pm
	Centro Educativo Nicolás Gaviria - Sede Centro - Nocturno		130				5:00 pm a 9:00 pm
	Centro Educativo Nicolás Gaviria - Mantago - Bachillerato		499	2	17	2	7:00 am a 1:00 pm
	Centro Educativo Nicolás Gaviria - Primaria		Sin Información				
Colegio	Eduardo Herrera		68	1	4	1	8:00 am a 2:00 pm
Escuela	María Auxiliadora		29	1	1	2	7:00 am a 12:00 m
Seminario	San Pío X		205	1	10	1	7:00 am a 1:00 pm

Tabla 4 - 1 Tabla resumen de las Instituciones y Jardines existentes en el área de estudio

Mancero. 2001. El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina. CEPAL.

⁷ El promedio de personas por hogar en el país, según el Censo de 2005, era de 3.9.

⁸ Conjunto de edificaciones y espacios, predominantemente de uso público, en los que se realizan actividades complementarias a las de habitación y trabajo, o bien, en las que se proporcionan a la población servicios de bienestar social y de apoyo a las actividades económicas. Glosario de Términos sobre Asentamientos Humanos, México, 1978



Fotografía 4 - 1 Centro Educativo Nicolás Gaviria - Imantago – Bachillerato



Fotografía 4 - 2 Centro Educativo Nicolás Gaviria - Primaria



Fotografía 4 - 3 Escuela María Auxiliadora



Fotografía 4 - 4 Colegio Eduardo Herrera



Fotografía 4 - 5 Seminario San Pio X



Fotografía 4 - 6 Jardín de Bienestar Los Enanitos (arriba – izquierda), Hogar de Bienestar los Payasitos (arriba – derecha), Hogar Comunitario Semillitas (abajo – izquierda), Hogar la Gradita (abajo – derecha).



Fotografía 4 - 7 Hogar de Bienestar El Divino Niño



Fotografía 4 - 8 Hogar Juvenil Campesino

- **Hospital San Carlos**

El personal de atención lo componen, 1 director, 2 enfermeras jefes, 6 médicos, 19 enfermeras, 10 auxiliares y 7 personas a cargo del mantenimiento. Cuentan con 22 camas y 6 camacunas, y una ambulancia.



Fotografía 4 - 9 Hospital San Carlos

- Parques, Casa de la Cultura Municipio de Cañasgordas, Cancha de Fútbol Municipal, Varias placas de uso deportivo y recreativo, Un coliseo cercano a el parque Libertadores. Entre otros.



Fotografía 4 - 10 Estadio Municipal (arriba – izquierda), Piscina Municipal (abajo – izquierda), Iglesia San Carlos Borromeo – Parque Principal (derecha).

4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.

En un 87.3% de los casos, las viviendas son empleadas únicamente como sitio de residencia, en tanto que en un 12.4% es empleada como unidad económica y tres viviendas fueron clasificadas como un lugar especial de alojamiento.

Además, 87.4% (1.013) de las viviendas son casas, 9.1% (106) son apartamentos y existe un 3.5% (40) de los lugares de residencia que corresponde a tipo cuarto.

Muchas de las edificaciones son estructuras construidas sin intervención de profesionales en el diseño y construcción de las mismas, esto debido a la antigüedad de estas o a la necesidad de tenencia de vivienda sin contar con los recursos necesarios para un proyecto de urbanización, en otras palabras, en general las construcciones fueron ejecutadas por los mismos habitantes, sin ningún tipo de estudios o seguimiento especializado, por tanto no cuentan con una adecuada planeación, poseen un proceso constructivo deficiente y carecen de normas sismoresistentes. Ver Fotografía 4 – 11.



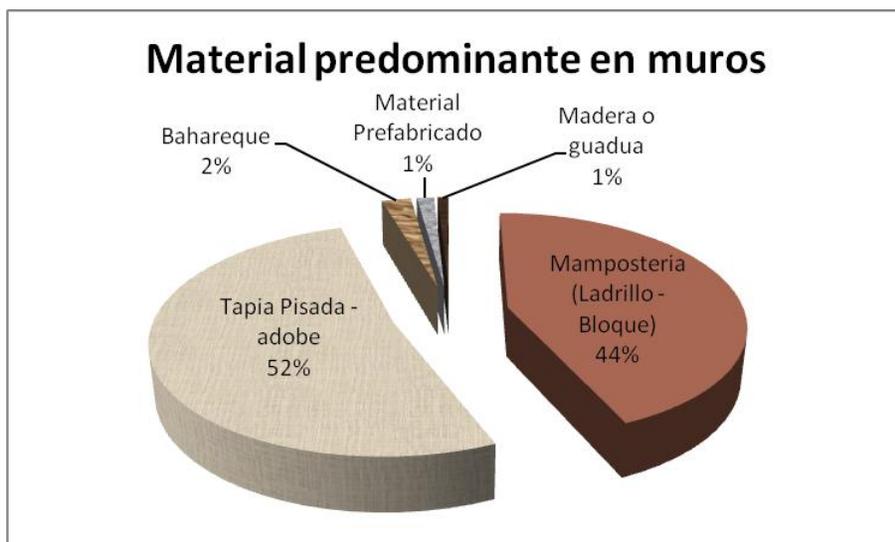
Fotografía 4 - 11 . Vista de algunas viviendas - Cañasgordas.

Por otra parte las viviendas fueron emplazadas directamente sobre el terreno, el cual es regularmente plano, donde predomina el relleno sobre el corte. Otro grupo de viviendas se cimentó sobre vigas de amarre o concreto ciclópeo. Ver Fotografía 4 – 12.

El tipo de sistema estructural presente en la mayoría de las edificaciones son los muros cargueros y su principal material de construcción es el adobe, bloque y/o ladrillo con un porcentaje de 96 % de las viviendas, sin embargo, el 4 % restante lo conforman casas en materiales como el bahareque, madera y prefabricados. Ver Grafica 4-3.



Fotografía 4 - 12 . Cimentación de las viviendas barrio La Esperanza.



Gráfica 4 - 3 Materiales predominantes en los muros de las viviendas
Fuente: Encuesta SISBEN 2009. Elaboración: Propia



Fotografía 4 - 13 Viviendas en Tapia Pisada, Adobe. – barrio Versailles.



Fotografía 4 - 14 Viviendas en Mampostería (Bloque o ladrillo) – Cerca al Hospital San Carlos - Cañasgordas.



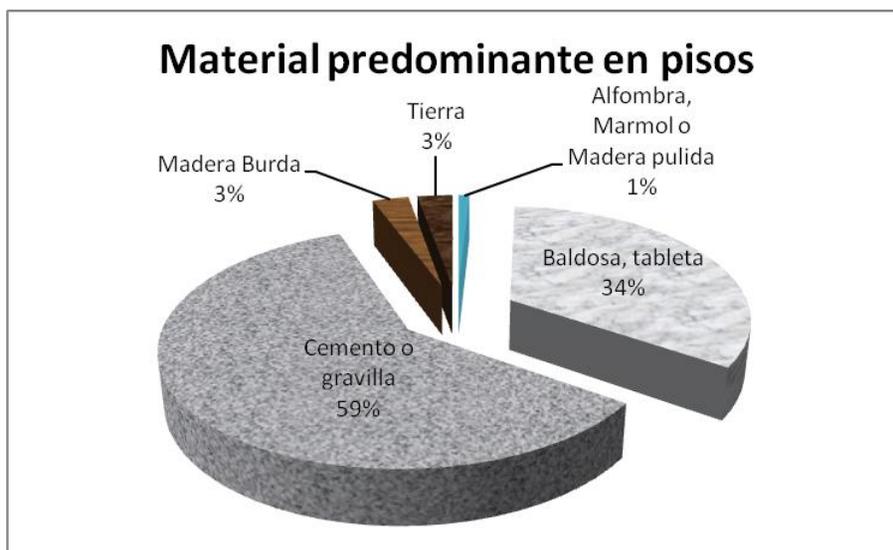
Fotografía 4 - 15 Vivienda en Bahareque – Sector Cristo Rey.

La mayoría de estas unidades residenciales cuentan con una estructura de techo en madera o en algunos casos metálica, con una cubierta en teja de barro o de asbesto cemento, para las placas de entrepiso se adoptó en la mayoría de los casos aligerarla con bloque. Ver Fotografía 4 – 16.



Fotografía 4 - 16 Vivienda con placa de entrepiso aligerada con bloque.

Los materiales predominantes en los pisos son baldosa, tableta, cemento, gravilla y/o madera, a continuación se muestra un grafico porcentual de los diferentes materiales que componen los pisos de las unidades residenciales.



Gráfica 4 - 4 Materiales predominantes en los pisos de las viviendas
Fuente: Encuesta SISBEN 2009. Elaboración: Propia

4.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

La cobertura de servicios públicos, especialmente de agua potable y saneamiento básico⁹, inciden directamente en la salud de la población y por tanto en su vulnerabilidad. A menor cobertura de estos servicios o baja calidad del agua suministrada, aumentan los indicadores de morbilidad y enfermedades diarreicas agudas, incrementando la vulnerabilidad social y disminuyendo la calidad de vida de las personas. Según el censo del 2005, las coberturas de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica en el área urbana del municipio eran 89%, 93% y 96% respectivamente.

Según el Subsistema de información para vigilancia de calidad de agua potable –SIVICAP del Instituto Nacional de Salud la calidad del agua suministrada en el municipio durante los últimos dos años se ha mantenido en el rango correspondiente a un agua no apta para consumo humano y que es susceptible de mejoramiento cuyo consumo representa un riesgo para la salud¹⁰.

Los elementos que corresponden a las redes de servicios públicos son los tramos de las redes de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica que pueden estar compuestos por tuberías, pozos, cables, postes y/o transformadores. La apreciación de la comunidad respecto a la prestación del servicio es favorable, no poseen mayor queja. Estos servicios son prestados por Empresas Publicas de Medellín (EPM). Por otro lado el servicio de telefonía fija e internet es prestada por EDATEL.

El único servicio del cual carecen es el de gas domiciliario, por lo cual en la mayoría de las unidades residenciales utilizan como fuente de combustible para la preparación de alimentos las pipetas de gas propano o leña.

El 96.9 % de la zona urbana está conectada a un sistema de acueducto tradicional¹¹, el cual funciona por gravedad, complementado con una planta de tratamiento de aguas, no convencional, que funciona mediante el concepto de filtros lentos en arena, construida en 1997, garantizando agua potable a los sectores que están conectados al sistema de acueducto tradicional, más exactamente los barrios que están cercanos al centro histórico, el 3.1 % restante está conectado a sistemas de acueductos independientes sin ningún tipo de tratamiento de agua y son administrados por cada una de las comunidades beneficiadas, dentro de las cuales están los barrios periféricos como los Balsos, La Esperanza, Versalles, entre otros; El sistema de alcantarillado es uno de los menos consolidados y más deteriorados, esto se da principalmente como consecuencia del emplazamiento de las viviendas a orillas del al Rio Sucio o Rio Cañasgordas, y a las condiciones topográficas, por lo cual la evacuación de aguas servidas se hace de manera individual y directa al río, además, parte de la red de alcantarillado se ubica debajo de las viviendas, no debajo de la vía y es un sistema combinado, lo que eventualmente podría

⁹ Según el numeral 14.1 de la Ley 142 de 1994, el saneamiento básico hace referencia a las actividades propias del conjunto de los servicios domiciliarios de alcantarillado y aseo.

¹⁰ Resolución 2115 de 2007. Artículo 15. <http://www.ins.gov.co/?idcategoria=6110>. Consultada 13 Febrero 2011

¹¹ Diagnostico Ambiental de la Quebrada Apucarco del municipio de Cañasgordas – Departamento de Antioquia.

generar daños a algunas viviendas; El servicio de energía eléctrica es cercano al 100 % y es el más consolidado en el sector urbano.

TABLA DE CONTENIDO

5	EVALUACION DE LA AMENAZA.....	5-1
5.1	INTRODUCCIÓN.....	5-1
5.2	AMENAZA POR TORRENCIALIDAD.....	5-1
5.2.1	<i>Desastres históricos</i>	5-2
5.2.2	<i>Deslizamiento el 4 de Noviembre de 1994</i>	5-3
5.2.3	<i>Deslizamiento el 1 de Noviembre de 2008</i>	5-3
5.2.4	<i>Deslizamiento 1 de Noviembre de 2008</i>	5-4
5.2.5	<i>Alud de Tierra el 4 de Mayo de 2009</i>	5-4
5.2.6	<i>Deslizamiento 28 de Septiembre de 2010</i>	5-5
5.2.7	<i>Zonificación de la amenaza por Torrencialidad</i>	5-5
5.2.8	<i>Resultados de la Caracterización</i>	5-6
5.2.9	<i>Mitigación de la amenaza</i>	5-6
5.3	AMENAZA POR SISMOS	5-7
5.4	AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	5-7
5.4.1	<i>Zonificación geomorfológica</i>	5-8
5.4.2	<i>Evaluación hidráulica</i>	5-8
5.4.2.1	Generalidades	5-9
5.4.2.2	Descripción general del modelo Hec-Ras	5-9
5.4.2.3	Resultados de la caracterización	5-9
5.4.3	<i>Río Cañasgordas</i>	5-10
5.4.3.1	Gálibos	5-34
5.4.4	<i>Categorización de la Amenaza</i>	5-34
5.4.5	<i>Precisión de la modelación de la amenaza</i>	5-37
5.4.6	<i>Resultados</i>	5-37
5.5	AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA.....	5-38
5.5.1	<i>Condiciones Actuales</i>	5-38
5.5.2	<i>Inventario de procesos</i>	5-39
5.5.2.1	Procesos en zonas de ladera	5-39
5.5.2.2	Río cañasgordas	5-42
5.5.2.3	Quebradas anexas	5-46
5.5.3	<i>Zonificación geotécnica</i>	5-47
5.5.4	<i>Análisis de estabilidad</i>	5-48
5.5.4.1	Generalidades	5-48
5.5.4.2	Morfología y modelo geológico – geotécnico de las laderas	5-49
5.5.4.3	Parámetros de entrada de los materiales	5-49
5.5.4.4	Obtención de los factores de seguridad.....	5-52
5.5.5	<i>Estabilidad en márgenes</i>	5-55
5.5.6	<i>Zonificación de la Amenaza</i>	5-56
5.5.7	<i>Evaluación de la Amenaza</i>	5-57

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1. Listado de desastres ocurridos en el municipio de Cañasgordas de acuerdo con Ingeominas, DAPARD	5-2
Tabla 5-2 Características del Flujo - Creciente de Cien Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-11
Tabla 5-3 Características del Flujo - Creciente de Cincuenta Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-12
Tabla 5-4 Características del Flujo - Creciente de Diez Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-13
Tabla 5-5 Características del Flujo - Creciente de Dos Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-14
Tabla 5-6 Características del Flujo - Creciente de Cien Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-18
Tabla 5-7 Características del Flujo - Creciente de Cincuenta Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-18
Tabla 5-8 Características del Flujo - Creciente de Diez Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-19
Tabla 5-9 Características del Flujo - Creciente de Dos Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-19
Tabla 5-10 Características del Flujo - Creciente de Cien Años de Recurrencia Río Cañasgordas ..	5-23
Tabla 5-11 Características del Flujo - Creciente de Cincuenta Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-24
Tabla 5-12 Características del Flujo - Creciente de Diez Años de Recurrencia Río Cañasgordas...	5-25
Tabla 5-13 Características del Flujo - Creciente de Dos Años de Recurrencia Río Cañasgordas	5-26
Tabla 5-14. Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo	5-36
Tabla 5-15. Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad (v) y altura de flujo (y)	5-36
Tabla 5-16. Matriz de calificación de la amenaza por inundación	5-36
Tabla 5-17 Tabla ejemplo de análisis de sensibilidad parámetros de suelos	5-50
Tabla 5-18 Caracterización geomecánica para los análisis de estabilidad	5-51
Tabla 5-19 Distancias de viaje para diferentes ángulos de ladera	5-55
Tabla 5-20 Categorización de la amenaza por PRM	5-56

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1 Localización de Cañasgordas en el mapa de Amenaza Sísmica de Colombia, la zona en color rosa corresponde a la aceleración 0.25 g. (AIS – INGEOMINAS, 1996)	5-7
Figura 5-2. Definición de la ocurrencia de una inundación	5-8
Figura 5-3 Secciones Transversal Río Cañasgordas K4+200	5-15
Figura 5-4 Secciones Transversal Río Cañasgordas K4+000	5-15
Figura 5-5 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+800	5-15
Figura 5-6 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+600	5-16
Figura 5-7 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+400	5-16
Figura 5-8 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+200	5-16
Figura 5-9 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+000	5-20
Figura 5-10 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+800	5-20
Figura 5-11 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+600	5-20
Figura 5-12 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+400	5-21
Figura 5-13 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+200	5-21
Figura 5-14 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+000	5-27
Figura 5-15 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+800	5-27
Figura 5-16 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+600	5-27
Figura 5-17 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+400	5-28
Figura 5-18 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+200	5-28

Figura 5-19 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+000	5-28
Figura 5-20 Secciones Transversal Río Cañasgordas K0+800	5-29
Figura 5-21 Secciones Transversal Río Cañasgordas K0+600	5-29
Figura 5-22 Secciones Transversal Río Cañasgordas K0+400	5-29
Figura 5-23 Secciones Transversal Río Cañasgordas K0+200	5-30
Figura 5-24 Secciones Transversal Río Cañasgordas K0+000	5-30
Figura 5-25 Velocidades media del flujo en el canal y en las márgenes aguas abajo del Río Cañasgordas generados por el Hec Ras para la Creciente Maxima de 100 años de retorno ..	5-31
Figura 5-26 Vel. media del flujo en el canal y en las márgenes en el tramo intermedio del Río Cañasgordas generados por el Hec Ras para la Creciente Maxima de 100 años de retorno ..	5-31
Figura 5-27 Velocidades media del flujo en el canal y en las márgenes aguas abajo del Río Cañasgordas generados por el Hec Ras para la Creciente Maxima de 100 años de retorno ..	5-31
Figura 5-28. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras Aguas Abajo del Río Cañasgordas	5-32
Figura 5-29. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras en el tramo intermedio del Río Cañasgordas	5-32
Figura 5-30. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras Aguas Arriba del Río Cañasgordas	5-33
Figura 5-31. Perfil longitudinal aguas abajo del Río Cañasgordas obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno	5-33
Figura 5-32. Perfil longitudinal en el tramo intermedio del Río Cañasgordas obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno	5-33
Figura 5-33. Perfil longitudinal Aguas Arriba del Río Cañasgordas obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno	5-34
Figura 5-34 Criterio de Inundación Peligrosa	5-36
Figura 5-35 Esquema general de los modelos geométricos: 45 y 30 grados	5-49
Figura 5-36 Descripción grafica del análisis de sensibilidad parámetros de suelos	5-51
Figura 5-37 Ejemplo de análisis de estabilidad de laderas – Sección A, 45 Grados de pendiente del terreno.	5-53
Figura 5-38 Cartas de estabilidad y amenaza asociada.	5-54

5 EVALUACION DE LA AMENAZA

5.1 INTRODUCCIÓN

Con la información base presentada en los capítulos anteriores, especialmente la geológica y geomorfológica, de hidrológica e hidráulica y de geotecnia, se procede a establecer las zonas de amenaza por inundación, avenidas torrenciales e inestabilidad de márgenes en el sector del Río Cañasgordas y la Quebrada Apucarpo, a la altura del casco urbano del municipio de Cañasgordas.

A continuación se explica de manera resumida y clara, para cada uno de los 3 eventos la forma como se evalúo la amenaza. Igualmente se describen los criterios para la zonificación espacial de la misma de manera específica para cada evento, en función de las características del evento que amenaza y la vulnerabilidad de las viviendas y la población amenazada.

5.2 AMENAZA POR TORRENCIALIDAD

No existe un límite físico preciso entre inundaciones y avenidas torrenciales, ya que en la mayoría de los casos una avenida torrencial se convierte en inundación una vez que el cauce por el cual transita alcanza un área relativamente plana.

En términos sencillos se puede definir una avenida torrencial como el aumento del caudal en un cauce a volúmenes excepcionales, por encima de las crecientes normales. El fluido que transita por él, además de agua contiene una mezcla de escombros consistentes en suelo, roca y material vegetal que a su paso arrasan todo lo que encuentran, hasta llegar a zonas planas donde comienzan a depositar el material. Este fenómeno está restringido a cauces relativamente pequeños de ríos de montaña; no se produce en ríos con cuencas de centenares de km², debido a que los agentes naturales que las provocan afectan sólo áreas pequeñas (USGS, 1981).

Existen términos que suelen ser utilizados para designar una avenida torrencial como lo son avalancha, creciente, borrasca e incluso inundación. El primero de ellos es utilizado erróneamente en Colombia, puesto que esta definición es exclusivamente para describir desplazamientos de nieve a favor de la pendiente o para describir un fenómeno volcánico de inestabilidad y ruptura de un flanco previo a una erupción, llamada "*debris avalanche*". Los otros términos se refieren al nombre que reciben popularmente fenómenos que pueden ser interpretados como similares, pero que en ningún momento se refieren con precisión una avenida torrencial.

Las avenidas torrenciales se producen en Colombia por causas hidrometeorológicas (lluvias concentradas), sísmicas (enjambres de deslizamientos cosísmicos), y de inestabilidad de vertientes (bloqueo de un cauce por un deslizamiento y posterior ruptura del dique). Las erupciones volcánicas las producen por deshielo o por acumulación de capas gruesas de cenizas sueltas, pero éste caso no se trata dentro de este trabajo por no existir la posibilidad de este fenómeno dentro de la zona.

Cuando por el fondo de un cauce transita una avenida torrencial, en los sitios donde la pendiente longitudinal del mismo disminuye, se depositan materiales heterogéneos, especialmente bloques de roca que flotan en una matriz de cantos, guijarros, gravas y arenas que forman una superficie de pendiente baja a la que se le denomina terraza. En algunos casos, solamente se deposita el material más grueso, dejando un depósito de bloques subparalelo al cauce, denominado barra torrencial. Estos depósitos se conservan miles a decenas de miles de años y aún más, lo que permite conocer la torrencialidad pasada de la cuenca.

Cuando una cuenca ha tenido avenidas torrenciales, se establece que las probabilidades de que ellas ocurran en el futuro son altas, y solamente depende de su intervalo de recurrencia en el tiempo. Por tratarse de caudales excepcionalmente altos, los métodos hidrológicos convencionales no son confiables en el cálculo de los caudales máximos esperados en un período de retorno dado y por lo tanto dichos métodos no son válidos.

5.2.1 Desastres históricos

La cabecera municipal de Cañasgordas ha sido afectada en épocas recientes por dos avenidas torrenciales, una de las cuales tuvo efectos catastróficos. La mayor de ellas, ocurrida en el 2 de Abril de 1982 cuando una avenida torrencial cobro 19 vidas y dejó un saldo de 250 personas damnificadas. Para ilustrar estos desastres, se hace una breve reseña histórica de ellos. Las bases de desastres naturales consultadas (Ingeominas, DAPARD), arrojan un consolidado de desastres en las siguientes fechas para la cabecera municipal de Cañasgordas y sus alrededores cercanos.

Tabla 5-1. Listado de desastres ocurridos en el municipio de Cañasgordas de acuerdo con Ingeominas, DAPARD

Fecha	Tipo	Vidas	Damnificados	Daños
15/08/46	Avenida Torrencial	-	-	Infr. Red de Energia Electrica
29/10/70	Deslizamiento	-	Yes	Infr. Vial
19/07/71	Vendaval	-	189	Infr. Edif
26/08/71	Deslizamiento	-	Yes	Infr. Vial
01/07/81	Lluvias	-	-	Infr. Vial
02/04/82	Avenida Torrencial	19	250	infr. vial, edif, Cultivos
23/04/82	Inundación	-	282	infr. vial
03/04/83	Deslizamiento	-	-	infr. vial
20/10/83	Deslizamiento	-	-	infr. vial
10/07/84	Deslizamiento	-	-	infr. vial
09/10/86	Deslizamiento	-	-	Infr. vial
27/11/87	Deslizamiento	-	-	Infr. Vial
09/08/88	Deslizamiento	-	-	Infr. Vial
14/09/88	Inundación	-	103	Infr. Vial
03/11/89	Deslizamiento	-	Yes	Infr. Vial
18/10/92	Sismo	-	Yes	Infr. Edif
04/11/94	Deslizamiento	-	-	Infr. Vial
20/06/00	Inundación	-	75	Infr. Vial, Edif.
01/11/08	Deslizamiento	2	-	Infr. Edif
04/05/09	Alud	1	105	Infr. Vial, Edif.
16/11/09	Inundación	-	90	Infr. Edif

Algunos de estos fenómenos reportados corresponden a movimientos en masa que han afectado la carretera sin que necesariamente hayan afectado la zona urbana, pero se puede observar en el listado que la mayor parte de ellos han ocurrido en los meses de mayor pluviosidad, especialmente de la temporada de Septiembre- Noviembre, lo que indica su relación cercana con el aporte pluvial.

5.2.2 Deslizamiento el 4 de Noviembre de 1994

Más de treinta socorristas de los organismos de salvamento de Medellín, apoyados por trabajadores de Obras Públicas, luchaban ayer contra un alud de más de cinco mil metros cúbicos de tierra y lodo, que en la noche del viernes pasado sepultó a cinco miembros de una familia, en zona rural del corregimiento de San Antonio de Prado, suroccidente de Medellín. El deslizamiento arrastró un humilde rancho donde vivía la familia García Restrepo, compuesta por los esposos Agatón García, de 55 años, y María Nelly Restrepo, de 38, así como a sus hijos Lucelly, Julio César y María Piedad, de 14, 10 y 6 años, respectivamente. La familia apenas llevaba ocho días en esa vivienda, dijeron vecinos.

Según funcionarios del Comité Metropolitano de Emergencias (Come), es difícil que puedan ser rescatados debido a la magnitud del deslizamiento, a la dificultad del terreno y a la lluvia.

El derrumbre también inhabilitó un tramo de cien metros de la carretera que de Medellín conduce a la vecina localidad de Heliconia, en el occidente antioqueño.

Por otra parte, ayer continuaban virtualmente incomunicados, por vía terrestre, once municipios de Urabá, ante una serie de derrumbes sobre la carretera al mar, entre Santafé de Antioquia y Cañasgordas. La carretera está taponada desde el viernes por deslizamientos en 15 puntos.

5.2.3 Deslizamiento el 1 de Noviembre de 2008

Dos personas murieron este sábado a causa de un deslizamiento ocurrido en el municipio de Cañasgordas, Antioquia.

Tras tapar un bus que se dirigía hacia Medellín por la vía al mar, el alud dejó otros tres heridos graves que fueron trasladados en helicóptero hacia hospitales de la capital antioqueña. Las demás personas afectadas son atendidas en otras poblaciones del occidente medio de Antioquia.

La emergencia se presentó a la altura del kilómetro 7 de la vereda El Madero, ubicada en la vía que sale de Cañasgordas, ubicado al occidente del departamento.

5.2.4 Deslizamiento 1 de Noviembre de 2008

Con un saldo de 4 muertos, 520 damnificados y 95 viviendas afectadas por la ola invernal terminó el fin de semana en Antioquia.

La última emergencia se presentó ayer en Ebéjico, donde un camión cargado de cilindros de gas se rodó por un abismo al desprenderse la banca de la carretera. Al cierre de esta edición, dos grupos de rescate trataban de sacar el cadáver de una persona que falleció, según informó el Departamento Administrativo de Prevención, Atención y Recuperación de Desastres del Departamento (DAPARD).

En Yolombó, entre la noche y la madrugada del domingo, una lluvia intensa ocasionó la creciente de la quebrada San Bartolo, que arrastró a una persona que finalmente falleció ahogada.

A su vez, en Puerto Nare, el sábado hubo 60 familias afectadas por el caño de San Pablo; en La Ceja quedaron 50 más afectadas por quebradas; y en la vereda La Cruz, de Abejorral, hay otros 150 damnificados. El incidente más grave se presentó en Manglares, de Cañasgordas, donde un alud sepultó un carro dejando dos muertos y 28 lesionados.

También en la Costa Atlántica En el sur de Bolívar, un puente que comunica a la población de Bodegas con la ciudad colonial de Mompo se cayó luego de que las fuertes lluvias afectaran su estructura.

Por su parte, en Cartagena una vivienda resultó semidestruida en el sector La Puntilla, del barrio Olaya Herrera.

El Ingeominas anunció que hará un estudio para saber si en el cerro Conuco (en jurisdicción de Tubará, Atlántico), donde se presentaron deslizamientos el domingo, se pueden levantar viviendas. En este sector, varias casas se vinieron al piso y sus habitantes fueron ubicados en el casco urbano de Tubará.

Así mismo, el director de la Corporación Autónoma Regional del Dique (Cardique), Agustín Chávez, investiga las causas del taponamiento de una represa que provocó inundaciones en la población de Arroyo de las Canoas, en la vía que comunica a Cartagena con Barranquilla.

5.2.5 Alud de Tierra el 4 de Mayo de 2009

Decenas de automotores están atrapados entre seis derrumbes que bloquean la vía Medellín-Urabá, donde ocurrió la tragedia. Esta es apenas una parte de la emergencia que vive Antioquia, pues las lluvias también han originado inundaciones en La Pintada, en el sector de Bolomboló y en otras regiones del país.

El camión que conducía Hames Luna fue arrastrado hacia el Río Sucio. Él alcanzó a bajarse cuando vio que el lodo se dirigía a su automotor, pero su compañero no corrió con la misma suerte y se convirtió en la víctima mortal de la avalancha, en el sector de Cañas Gordas, en Antioquia.

5.2.6 Deslizamiento 28 de Septiembre de 2010

El lugar del desastre se localiza a 79,5 kilómetros de la capital antioqueña, en la vía a Urabá, en un punto conocido como Manglar, entre los municipios de Santa Fe de Antioquia y Cañasgordas, occidente antioqueño.

A esta hora se encuentran suspendidas las labores de rescate porque hay movimientos de masa, reportaron voceros del Departamento Administrativo de Prevención, Atención y Recuperación de Desastres (DAPARD) El director de la entidad, John Fredy Rendón, aclaró que el deslizamiento no solo atrapó a 15 personas que realizaban un trasbordo de bus, sino que tapó cuatro viviendas que se encontraban a orilla de carretera.

En el lugar de la tragedia se encuentran un grupo de 20 rescatistas, personal del Dapard, del cuerpo de bomberos de Cañasgordas, la Cruz Roja, la Defensa Civil, y campesinos del sector.

Todos trabajan conjuntamente con las administraciones municipales aledañas al sector realizando las acciones de búsqueda y rescate.

El director regional del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Juan Manuel Restrepo, agregó que la Policía de Carreteras que se encontraba en el sitio advirtió a los cerca pasajeros que no pasaran por el derrumbe por los riesgos que implicaban, pero hicieron caso omiso.

El mismo funcionario reportó desde esta mañana por la intensa oleada invernal en esta región del departamento se presentaron varios taponamientos en la vía entre los municipios de Santa Fe de Antioquia y Dabeiba.

5.2.7 Zonificación de la amenaza por Torrencialidad

Como se ha descrito anteriormente, las avenidas torrenciales han sido el principal factor responsable de la depositación de los planes aluviales en ambos márgenes del río Cañasgordas y por lo tanto este fenómeno se debe repetir en el futuro. Las terrazas más altas no indican que hasta esos niveles hayan llegado las cotas de inundación de ellas, sino que el nivel del río era más alto para la época de su acumulación. Los niveles más bajos tales como T1 y eventualmente los sectores inferiores de T2 se encuentran a un nivel similar al que el río tenía al momento de depositación y en consecuencia, es posible esperar un período de retorno para el nivel de T1, del orden de 100 años, mientras que para la parte inferior del T2 sería de 500 años.

Históricamente, el área urbana ha sido afectada por avenidas torrenciales el 09/01/1971, donde se reportan daños a vías y edificaciones y de manera más severa el 08/04/1982, cuando se registran 25 víctimas humanas, 2.000 damnificados y daños en infraestructura. (Ingeominas 1995). Cabe anotar que sobre la T1 y T2 de la quebrada Apucarpo se encuentran localizadas más de una decena de viviendas, las cuales deben ser objeto de reubicación a corto plazo, el espacio restante de estos dos niveles de terrazas debe ser declarado de uso público y convertido en espacio recreativo. Igual procedimiento se debe

llevar a cabo con la T1 del río y de la quebrada Llorona, como en la parte baja de la T2 del río.

Para delinear sobre el mapa de amenaza respectivo la línea de Amenaza Alta, se tuvo en cuenta de manera adicional que algunos escarpes pueden sufrir socavación durante el tránsito de una avenida torrencial y producirse movimientos en masa con afectación de las vertientes.

La amenaza alta por torrencialidad se presenta en todo el cauce del río Cañasgordas y en las Quebradas aledañas, donde se caracterizan por estar en cuatro terrazas, en caso de presentarse un evento torrencial se puede llegar a presentar una gran afectación urbana, puesto que existe una gran cantidad de viviendas que se encuentra cerca del cauce del Río donde se localiza la franja de amenaza torrencial alta, como se puede ver en el plano de amenaza.

La amenaza Baja por torrencialidad se encuentra conformado por las zonas de terrazas tipo T3 de largos periodos de depositación de material coluvial y un escarpe erosivo antiguo, donde se localiza la mayor parte de la población, las cuales se asocian a los cauces interminentes transversales al Río Cañasgordas.

5.2.8 Resultados de la Caracterización

En la zonificación de la amenaza por torrencialidad se identifican diferentes manzanas que se encuentran casi en su totalidad dentro de la zona de amenaza alta como son: C59, C49, C46, C83, C47, C05, C81, C61, C62 y parcialmente se encuentran las manzanas C43, C42, C36, C21, C12, C11, C08, C04, C03, C01a, C01b, las cuales tienen mayor ó menor afectación de acuerdo a su posición con respecto a los cauces y en zona de amenaza baja por torrencialidad se localizan áreas de las manzanas C60, C41, C38a, C58, C26, C19, C54a, C77, C76, C78, C10, C06.

5.2.9 Mitigación de la amenaza

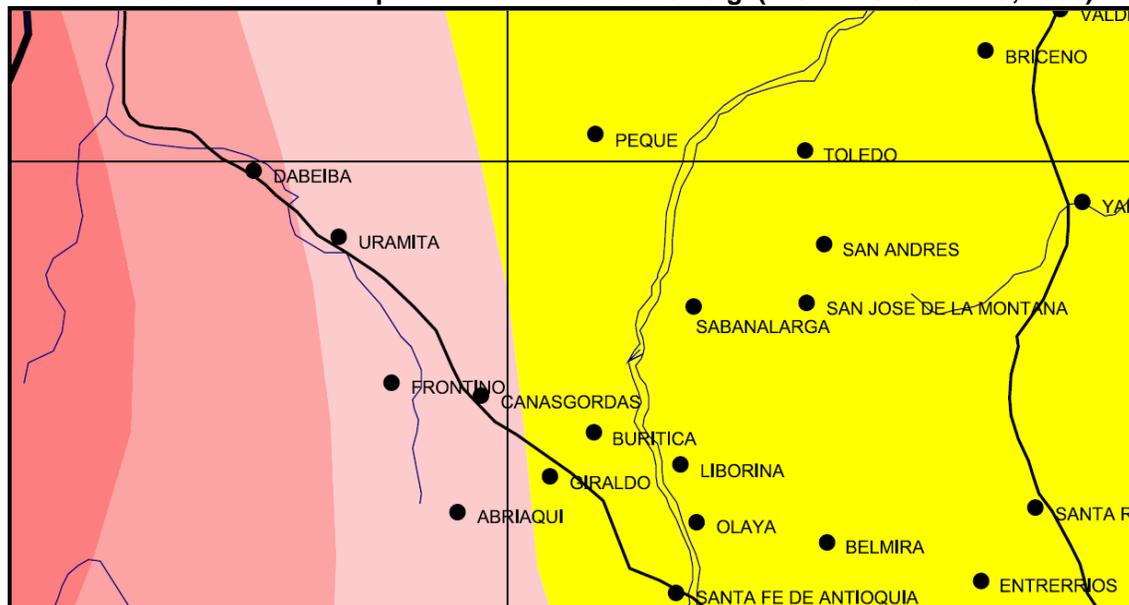
De la génesis de los depósitos se puede concluir que todas las quebradas que llegan a las partes bajas de Cañasgordas son torrenciales y que sus avenidas se han producido por bloqueos de cauces y no por eventos individuales de lluvias fuertes, lo que los hace predecibles en la medida que sus cuencas tengan una vigilancia periódica adecuada, pues los movimientos en masa son fácilmente visibles y tardan horas o días en bajar como flujos. Como medida a largo plazo se puede contemplar la compra de los terrenos de estas cuencas para ser reforestados y así retrasar el proceso de degradación de ellas.

En el caso del río Cañasgordas, se puede concluir que el Revenidero es el factor crítico y que avisa con el tiempo suficiente como para salvar la vida de los habitantes mas no los bienes e infraestructura que se encuentran en la zona de Amenaza Alta. La adquisición y reforestación de la cuenca a la vez que la debida vigilancia de los movimientos en masa premonitorios que se presenten en su parte baja, son actividades deben hacer las autoridades para alertar a la población.

5.3 AMENAZA POR SISMOS

La determinación de este tipo de amenaza se encuentra por fuera de los objetivos de este trabajo, pues debido a la extensión de los efectos de un fenómeno sísmico, ellos requieren de estudios regionales. El Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS – INGEOMINAS, 1996), establece que Cañasgordas se encuentra en zona de Amenaza Sísmica Alta (Figura 5-1), dentro de la subzona de aceleración pico efectiva de 0.25 g, valor que es obligatorio tener en cuenta para la construcción de edificaciones nuevas, labor que corresponde vigilar a la oficina de Planeación Municipal. El espíritu de la norma Sismorresistente es que no se repitan en las construcciones futuras, daños cuantiosos como los ocurridos en Cañasgordas a causa de los sismos ocurridos en Octubre de 1992. Igualmente, es deseable adelantar un proyecto de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones vitales dentro de la población en caso de sismos, tales como alcaldía, policía, hospital, colegios e instituciones de socorro.

Figura 5-1 Localización de Cañasgordas en el mapa de Amenaza Sísmica de Colombia, la zona en color rosa corresponde a la aceleración 0.25 g. (AIS – INGEOMINAS, 1996)



Cabe anotar que la Falla de Cañasgordas no parece haber tenido actividad en los últimos centenares de miles de años, pues en las vertientes estudiadas no se encontraron evidencias de enjambres de movimientos en masa que serían la consecuencia a esperar donde esta estructura produjera un sismo. Adicionalmente, debido al poco espesor y la textura gruesa de los depósitos aluviales que conforman el substrato de la población, sus suelos no son susceptibles de licuación en caso de sismos cercanos.

5.4 AMENAZA POR INUNDACIÓN

Una planicie o llanura de inundación es un área usualmente seca adyacente al río, la cual se inunda durante eventos de crecientes que resultan generalmente de tormentas

severas. La planicie de inundación puede incluir el ancho total de valles angostos o áreas amplias localizadas a lo largo del río en valles amplios y planos.

El canal y la planicie de inundación son partes integrales de la conducción natural de una corriente, la planicie de inundación conduce el caudal que excede la capacidad del canal y a medida que el caudal crece, aumenta el flujo sobre la planicie de inundación.

Se considera inundación a partir del desborde del agua que es conducida por el canal hacia las zonas adyacentes o llanuras de inundación, según se muestra en la Figura 5-2.

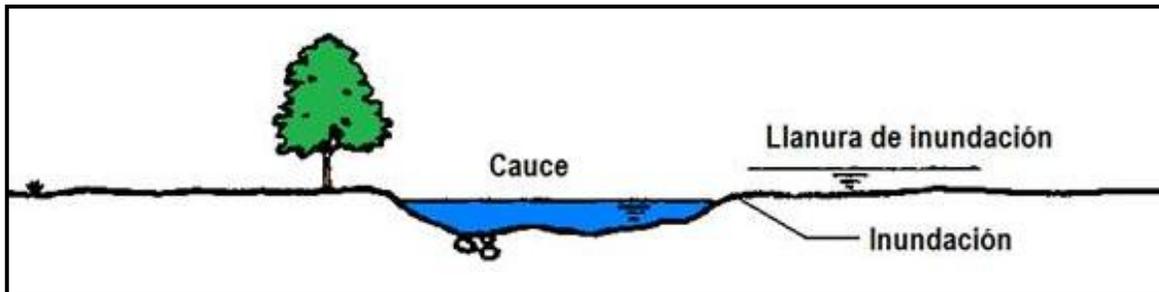


Figura 5-2. Definición de la ocurrencia de una inundación

El Análisis de la amenaza por inundación se realizó de manera cuantitativa estableciendo por medio de técnicas numéricas los niveles de agua para diferentes periodos de retorno y éstos a su vez se localizaron sobre la cartografía base, elaborada para obtener los límites de avance de la lamina de agua y así establecer los niveles de inundación sobre la zona urbana del municipio de Cañasgordas.

Igualmente, la modelación hidráulica permitió calcular las alturas de los niveles de agua en las llanuras de inundación y las velocidades del flujo, parámetros que son función de la intensidad de daño que puede causar el flujo de la creciente sobre las viviendas y personas que ocupan el territorio. A continuación se presenta un recuento de los análisis adelantados y los resultados obtenidos.

5.4.1 Zonificación geomorfológica

De acuerdo con lo indicado en el capítulo anterior, existen algunas terrazas recientes que son de carácter inundable y que corresponden al paisaje aluvial del fondo del valle. Corresponde a un tipo de relieve que se conforma por depósitos aluviales asociados al cauce mayor del río Cañasgordas, localizados en la zona de transición entre el piedemonte y el cauce o llanura de inundación del río, que forman los niveles más bajos de terrazas (T0 y T1). Aguas abajo de la población, sobre la margen derecha se puede encontrar un nivel adicional intermedio, igualmente inundable. En este capítulo se muestran las zonas inundables obtenidas de acuerdo con la zonificación geomorfológica referida.

5.4.2 Evaluación hidráulica

Los análisis ejecutados en el área de conocimiento de la hidráulica se orientaron a la caracterización hidráulica del río Cañasgordas que consiste en el cálculo de los valores de

niveles de agua y los valores de velocidad de flujo en el cauce y riberas, asociados a los caudales con períodos de retorno de: 2, 10, 50 y 100 años, con el fin de establecer los grados de amenaza a la inundación.

Con el fin de obtener información a cerca de los niveles del río Cañasgordas a lo largo de su curso en el área del municipio de su mismo nombre, se adelantaron cálculos hidráulicos que, a partir de la información del caudal de la avenida o creciente, de la geometría de la sección de flujo, de la pendiente y rugosidad del lecho, dan como resultado el nivel de la superficie del agua para la situación particular estudiada, en varias secciones o sitios considerados de interés. El resultado, aplicado a caudales de diferente frecuencia de ocurrencia, permite establecer el grado de amenaza que pudiera presentarse en los sitios antes indicados por efecto de desbordamiento o inundación.

La caracterización hidráulica se fundamenta en los siguientes aspectos:

5.4.2.1 Generalidades

Para la realización de los cálculos antes citados se recurrió al programa desarrollado por el Hydrological Engineering Center, HEC, denominado HEC-RAS 4.1 en su parte correspondiente a flujo permanente.

5.4.2.2 Descripción general del modelo Hec-Ras

El Modelo Matemático HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos denominado "Water Surface Profiles", calcula los perfiles superficiales del agua para las condiciones de un flujo permanente o no permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales. Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning; en el presente estudio se consideraron condiciones de flujo permanente y no uniforme.

La aplicación del programa implicó la ejecución de levantamientos topográficos de secciones transversales al flujo separadas cincuenta (50) metros una de otra, la determinación de la pendiente hidráulica y la rugosidad del lecho del río.

Debido a las dificultades presentadas para obtener muestras del material del lecho, para definir el diámetro representativo, se recurrió a emplear la metodología de H. Barnes, publicada por el Geological Survey de los Estados Unidos bajo el nombre de Roughness Characteristics of Natural Channels. De acuerdo con esta metodología, y teniendo en cuenta el tamaño predominante y disposición de los materiales que conforman el lecho del río en toda su longitud, se adoptó un valor para la rugosidad n de Manning igual a 0,06.

5.4.2.3 Resultados de la caracterización

Dada la longitud del tramo de río que se debía someter a análisis, se decidió dividirlo en tres sectores denominado abajo del puente de la calle 37, o parte baja, que se extiende desde aguas abajo de la desembocadura de la quebrada La Llorona hasta el puente de la variante al mar, localizado en la calle 37. El segundo sector o Intermedio está

comprendido entre el puente de la calle 37 y la abscisa K 2 + 200. El tercero o Superior se localiza entre la abscisa K2+200 y el K0+00 del abscisado del levantamiento topográfico.

Aunque en todos estos sectores el flujo es turbulento, debido a la gran cantidad de bloques de más de 0 50 m de diámetro existentes en el lecho, el primero de ellos o de aguas abajo se caracteriza por presentar islotes conformados por sedimentos de diversos tamaños, entre gravas finas a bloques de mas de 1,0 m de diámetro y el ataque del flujo a las dos margenes como consecuencia, en algunos trechos, del estrangulamiento o al cambio abrupto de dirección del flujo producido por los islotes antes citados o los que, con motivos no conocidos han conformado actividades humanas.

Es igualmente común encontrar deslizamientos de las bancas u orillas del lecho, algunos de magnitud apreciable, que no son atribuibles a la dinámica del río. Es mas probable que ellos se deban a la disposición inadecuada de las aguas lluvias colectadas en las cunetas de las vías que se localizan en la parte superior de las margenes.

Se presentan en los siguientes párrafos los resultados de los análisis realizados en cada uno de los sectores antes citados.

5.4.3 Río Cañasgordas

- **Sector de Aguas Debajo de la Calle 37**

En este tramo el río tiene una pendiente promedio de 4%. Es posiblemente en el que el cauce presenta un mayor estado de deterioro por la acción humana, en busca, quizá de mecanismos de defensa para sitios muy puntuales. Se encuentran islas conformadas por la comunidad algunas de las cuales estrangulan el flujo con lo cual se incrementa su velocidad.

De los análisis realizados se concluye que no se presentan desbordamientos ni inundaciones que pudieran significar amenaza muy alta. El máximo nivel de las aguas para crecientes de dos años de recurrencia esta por lo menos tres metros por debajo de asentamientos humanos o construcciones habitadas. La velocidad del flujo en casi todas las secciones supera los dos metros por segundo. Se aprecian varios sitios en los cuales existe ataque del río a la ribera, en los cuales se han realizado algunas labores tendientes a minimizar el problema. Estas, en varios casos, lo han maximizado y trasladado a sitios adyacentes, dada la poca o ninguna técnica con la cual se han construido.

Del estudio de los resultados obtenidos en cuanto al nivel de las aguas correspondiente a crecientes de diez años de recurrencia, para el cual se definió la amenaza como de grado alto, se aprecia un área de extensión reducida en la cual se encuentran edificaciones sobre la margen izquierda, inmediatamente aguas abajo del puente que da acceso al conglomerado habitacional de la margen derecha, que puede ser inundada. Así mismo, el tramo de la carrera 27 comprendido entre las abscisas K3+900 y K4+000 y la parte norte de las construcciones ubicadas inmediatamente aguas abajo del puente de la calle 37, por la margen izquierda del río.

En conclusión, no existen áreas de extensión significativa que estén bajo amenaza muy alta o alta en este tramo.

Aguas abajo del K3+900 hasta el K4+000 por la margen izquierda, tanto la carretera de acceso hacia la margen derecha, carrera 27 A, como las instalaciones localizadas sobre aquella margen, están por debajo o muy cerca de la cota de inundación para la recurrencia de cincuenta años. Igual situación presentan las edificaciones localizadas sobre esta margen izquierda entre las abscisas K3+650 y K3+750. Es decir, sobre estas áreas y edificaciones existe una amenaza media por efectos de inundación o desbordamiento del río.

En las Tablas 5-2 a 5-5 y Figuras 5-3 a 5-8 se presentan las características y secciones de flujo para este sector.

Tabla 5-2 Características del Flujo - Creciente de Cien Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION No.	Q TOTAL (m ³ /s)	COTA DE FONDO	COTA DE AGUA	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE SECCION (m ²)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
			(msnm)	(msnm)				
ABAJO PTE CALLE 37	25	447	1235.00	1238.58	6.81	69.85	29.02	1.24
ABAJO PTE CALLE 37	24	447	1233.21	1237.10	6.27	74.00	25.49	1.09
ABAJO PTE CALLE 37	23	447	1231.52	1235.17	6.67	69.93	25.93	1.17
ABAJO PTE CALLE 37	22	447	1229.00	1232.61	7.86	69.01	35.44	1.42
ABAJO PTE CALLE 37	21	447	1227.00	1229.95	7.27	63.16	25.34	1.39
ABAJO PTE CALLE 37	20	447	1224.21	1227.26	7.17	62.72	26.23	1.44
ABAJO PTE CALLE 37	19	447	1222.00	1225.93	6.01	79.21	30.79	1.04
ABAJO PTE CALLE 37	18	447	1220.00	1224.09	3.03	150.05	47.65	0.52
ABAJO PTE CALLE 37	17	447	1218.00	1222.27	5.65	81.93	27.91	0.94
ABAJO PTE CALLE 37	16	447	1216.00	1220.16	6.85	69.57	22.98	1.12
ABAJO PTE CALLE 37	15	447	1213.57	1216.77	8.29	56.35	22.57	1.56
ABAJO PTE CALLE 37	14	447	1212.36	1215.11	6.30	73.20	35.67	1.29
ABAJO PTE CALLE 37	13	447	1209.60	1213.71	3.76	121.15	34.00	0.62
ABAJO PTE CALLE 37	12	447	1208.00	1212.38	5.21	93.60	41.45	0.88
ABAJO PTE CALLE 37	11	447	1206.00	1210.12	6.46	69.24	23.75	1.20
ABAJO PTE CALLE 37	10	447	1203.47	1205.85	7.93	56.93	32.18	1.86
ABAJO PTE CALLE 37	9	447	1201.72	1206.16	4.57	108.86	36.11	0.73
ABAJO PTE CALLE 37	8	447	1199.00	1204.44	5.85	78.43	24.89	0.94
ABAJO PTE CALLE 37	7	447	1197.64	1202.84	6.30	78.50	34.55	1.05
ABAJO PTE CALLE 37	6	447	1196.00	1199.96	6.89	64.86	33.07	1.57
ABAJO PTE CALLE 37	5	447	1195.56	1199.46	4.59	102.21	51.88	0.99
ABAJO PTE CALLE 37	4	447	1193.00	1195.86	6.68	66.92	40.41	1.66
ABAJO PTE CALLE 37	3	447	1190.85	1194.06	1.35	306.95	95.96	0.26
ABAJO PTE CALLE 37	2	447	1188.37	1193.52	3.01	148.47	61.54	0.61
ABAJO PTE CALLE 37	1	447	1186.52	1191.66	5.29	84.50	29.75	1.00

Tabla 5-3 Características del Flujo - Creciente de Cincuenta Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q TOTAL (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE SECCION (m ²)	ANCHO DE	NUMERO DE FROUDE
	No		FONDO (msnm)	AGUA (msnm)			SECCION (m)	
ABAJO PTE CALLE 37	25	375	1235.00	1238.29	6.38	61.75	27.22	1.22
ABAJO PTE CALLE 37	24	375	1233.21	1236.75	5.91	65.26	24.49	1.08
ABAJO PTE CALLE 37	23	375	1231.52	1234.86	6.24	61.94	24.48	1.15
ABAJO PTE CALLE 37	22	375	1229.00	1232.40	7.30	61.82	34.08	1.36
ABAJO PTE CALLE 37	21	375	1227.00	1229.63	6.94	55.11	24.43	1.41
ABAJO PTE CALLE 37	20	375	1224.21	1227.05	6.57	57.24	25.39	1.38
ABAJO PTE CALLE 37	19	375	1222.00	1225.62	5.62	70.06	28.95	1.02
ABAJO PTE CALLE 37	18	375	1220.00	1221.84	7.20	52.09	39.62	2.00
ABAJO PTE CALLE 37	17	375	1218.00	1221.82	5.45	70.10	25.43	0.97
ABAJO PTE CALLE 37	16	375	1216.00	1219.79	6.45	61.20	21.99	1.11
ABAJO PTE CALLE 37	15	375	1213.57	1216.47	7.83	49.62	21.84	1.55
ABAJO PTE CALLE 37	14	375	1212.36	1214.96	5.67	67.78	34.57	1.20
ABAJO PTE CALLE 37	13	375	1209.60	1213.39	3.45	110.37	33.57	0.59
ABAJO PTE CALLE 37	12	375	1208.00	1211.91	5.17	76.00	33.28	0.94
ABAJO PTE CALLE 37	11	375	1206.00	1209.79	6.09	61.58	22.42	1.17
ABAJO PTE CALLE 37	10	375	1203.47	1205.65	7.50	50.34	31.45	1.85
ABAJO PTE CALLE 37	9	375	1201.72	1205.73	4.40	93.72	34.47	0.74
ABAJO PTE CALLE 37	8	375	1199.00	1203.87	5.79	64.81	18.78	0.99
ABAJO PTE CALLE 37	7	375	1197.64	1202.82	5.31	78.00	34.38	0.89
ABAJO PTE CALLE 37	6	375	1196.00	1199.60	7.00	53.57	29.64	1.66
ABAJO PTE CALLE 37	5	375	1195.56	1199.20	4.39	89.15	48.83	0.99
ABAJO PTE CALLE 37	4	375	1193.00	1195.65	6.39	58.72	38.34	1.65
ABAJO PTE CALLE 37	3	375	1190.85	1193.67	1.25	270.23	94.83	0.26
ABAJO PTE CALLE 37	2	375	1188.37	1193.11	3.02	124.08	56.57	0.65
ABAJO PTE CALLE 37	1	375	1186.52	1191.22	5.21	72.00	26.17	1.00

Tabla 5-4 Características del Flujo - Creciente de Diez Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q TOTAL	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD	AREA DE	ANCHO DE	NUMERO DE
	No	(m ³ /s)	FONDO (msnm)	AGUA (msnm)	DE FLUJO (m/s)	SECCION (m ²)	SECCION (m)	FROUDE
ABAJO PTE CALLE 37	25	240	1235.00	1237.66	5.38	45.63	24.23	1.17
ABAJO PTE CALLE 37	24	240	1233.21	1236.01	5.04	48.06	22.30	1.06
ABAJO PTE CALLE 37	23	240	1231.52	1234.17	5.25	46.11	21.55	1.11
ABAJO PTE CALLE 37	22	240	1229.00	1231.93	6.06	46.48	30.63	1.24
ABAJO PTE CALLE 37	21	240	1227.00	1228.95	6.18	39.10	22.76	1.48
ABAJO PTE CALLE 37	20	240	1224.21	1226.58	5.29	45.46	24.28	1.23
ABAJO PTE CALLE 37	19	240	1222.00	1224.84	4.94	49.30	24.19	1.04
ABAJO PTE CALLE 37	18	240	1220.00	1221.56	5.87	40.88	38.07	1.81
ABAJO PTE CALLE 37	17	240	1218.00	1220.94	4.83	49.66	21.07	1.00
ABAJO PTE CALLE 37	16	240	1216.00	1218.99	5.49	44.75	19.46	1.08
ABAJO PTE CALLE 37	15	240	1213.57	1215.84	6.72	36.34	20.28	1.53
ABAJO PTE CALLE 37	14	240	1212.36	1214.60	4.34	55.94	32.16	1.00
ABAJO PTE CALLE 37	13	240	1209.60	1212.55	2.93	82.70	32.72	0.58
ABAJO PTE CALLE 37	12	240	1208.00	1211.03	4.71	50.94	23.20	1.01
ABAJO PTE CALLE 37	11	240	1206.00	1209.02	5.27	45.56	19.68	1.11
ABAJO PTE CALLE 37	10	240	1203.47	1205.22	6.46	37.20	30.06	1.84
ABAJO PTE CALLE 37	9	240	1201.72	1204.54	4.53	55.96	28.87	0.94
ABAJO PTE CALLE 37	8	240	1199.00	1203.27	4.44	54.06	17.31	0.80
ABAJO PTE CALLE 37	7	240	1197.64	1201.92	4.83	50.95	25.30	0.93
ABAJO PTE CALLE 37	6	240	1196.00	1199.09	6.03	39.78	24.12	1.50
ABAJO PTE CALLE 37	5	240	1195.56	1198.64	3.92	63.41	42.46	0.99
ABAJO PTE CALLE 37	4	240	1193.00	1195.19	5.70	42.11	34.11	1.64
ABAJO PTE CALLE 37	3	240	1190.85	1192.76	1.05	184.26	92.21	0.28
ABAJO PTE CALLE 37	2	240	1188.37	1192.03	3.26	73.55	36.95	0.74
ABAJO PTE CALLE 37	1	240	1186.52	1190.22	4.88	49.21	20.36	1.00

Tabla 5-5 Características del Flujo - Creciente de Dos Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q TOTAL	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD	AREA DE	ANCHO DE	NUMERO DE
	No	(m ³ /s)	FONDO (msnm)	AGUA (msnm)	DE FLUJO (m/s)	SECCION (m ²)	SECCION (m)	FROUDE
ABAJO PTE CALLE 37	25	109	1235.00	1236.85	3.97	27.47	20.08	1.08
ABAJO PTE CALLE 37	24	109	1233.21	1235.09	3.81	28.61	19.83	1.01
ABAJO PTE CALLE 37	23	109	1231.52	1233.23	3.98	27.36	18.48	1.04
ABAJO PTE CALLE 37	22	109	1229.00	1231.17	4.46	26.46	22.15	1.10
ABAJO PTE CALLE 37	21	109	1227.00	1228.18	4.90	22.26	20.98	1.52
ABAJO PTE CALLE 37	20	109	1224.21	1225.89	3.71	29.37	22.78	1.04
ABAJO PTE CALLE 37	19	109	1222.00	1223.78	4.09	26.63	19.00	1.10
ABAJO PTE CALLE 37	18	109	1220.00	1221.24	3.76	29.01	36.16	1.34
ABAJO PTE CALLE 37	17	109	1218.00	1219.80	3.93	27.73	17.64	1.00
ABAJO PTE CALLE 37	16	109	1216.00	1217.95	4.16	26.19	16.25	1.05
ABAJO PTE CALLE 37	15	109	1213.57	1215.11	4.92	22.15	18.37	1.42
ABAJO PTE CALLE 37	14	109	1212.36	1213.81	3.38	32.26	28.09	1.01
ABAJO PTE CALLE 37	13	109	1209.60	1211.42	2.36	46.26	31.72	0.62
ABAJO PTE CALLE 37	12	109	1208.00	1209.91	3.90	27.97	18.30	1.01
ABAJO PTE CALLE 37	11	109	1206.00	1207.88	4.30	25.33	15.92	1.09
ABAJO PTE CALLE 37	10	109	1203.47	1204.74	4.68	23.27	26.52	1.60
ABAJO PTE CALLE 37	9	109	1201.72	1203.56	3.66	30.10	23.41	0.99
ABAJO PTE CALLE 37	8	109	1199.00	1201.91	3.34	32.65	14.07	0.70
ABAJO PTE CALLE 37	7	109	1197.64	1200.26	4.45	24.48	12.13	1.00
ABAJO PTE CALLE 37	6	109	1196.00	1199.04	2.82	38.72	23.59	0.70
ABAJO PTE CALLE 37	5	109	1195.56	1197.69	3.53	31.44	25.84	0.99
ABAJO PTE CALLE 37	4	109	1193.00	1194.63	4.49	24.25	29.70	1.59
ABAJO PTE CALLE 37	3	109	1190.85	1191.44	0.51	82.58	49.36	0.25
ABAJO PTE CALLE 37	2	109	1188.37	1190.70	3.19	34.21	22.87	0.83
ABAJO PTE CALLE 37	1	109	1186.52	1188.99	4.07	26.79	16.11	1.01

**SECCIONES DE FLUJO PARA CAUDAL DE CIENTO AÑOS DE RECURRENCIA
RIO CANASGORDAS**

Figura 5-3 Secciones Transversal Río Cañasgordas K4+200
M. IZQUIERDA M DERECHA

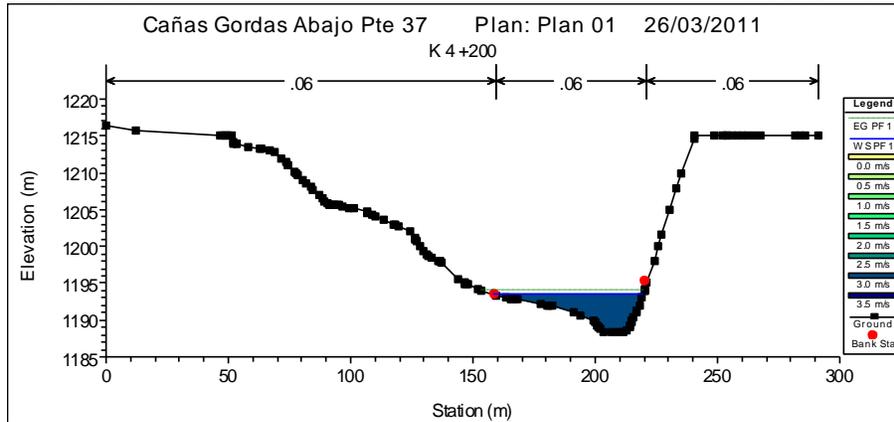


Figura 5-4 Secciones Transversal Río Cañasgordas K4+000
M. IZQUIERDA M DERECHA

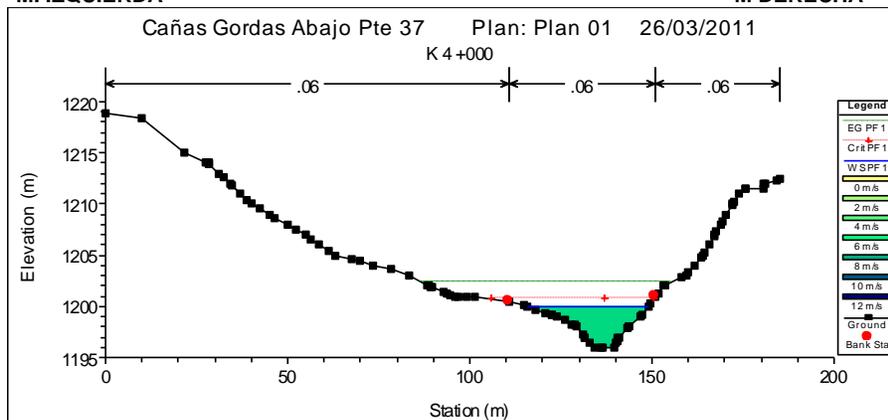


Figura 5-5 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+800
M. IZQUIERDA M DERECHA

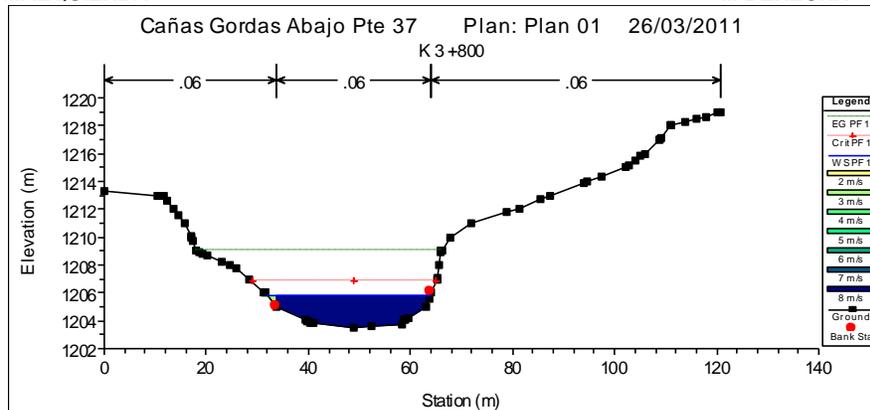


Figura 5-6 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+600

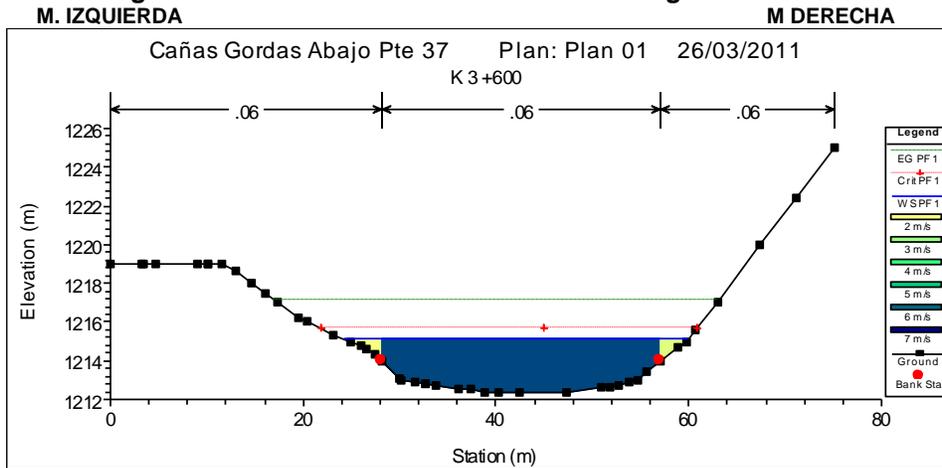


Figura 5-7 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+400

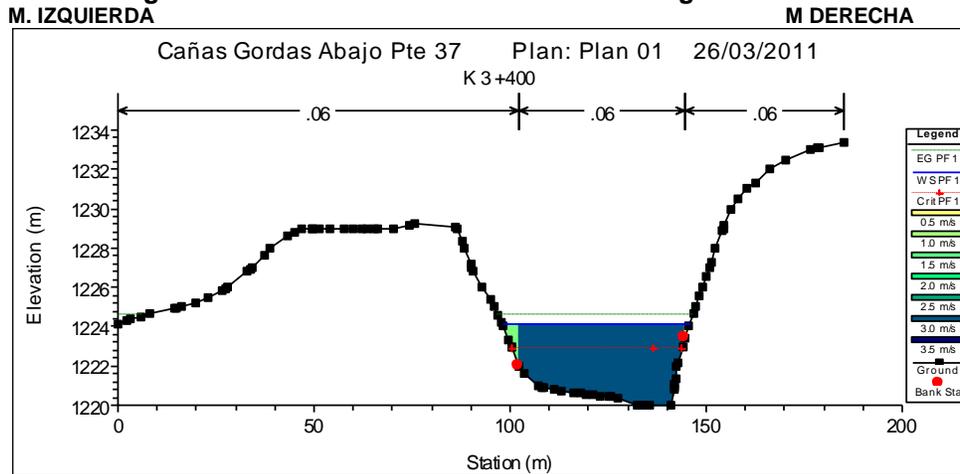
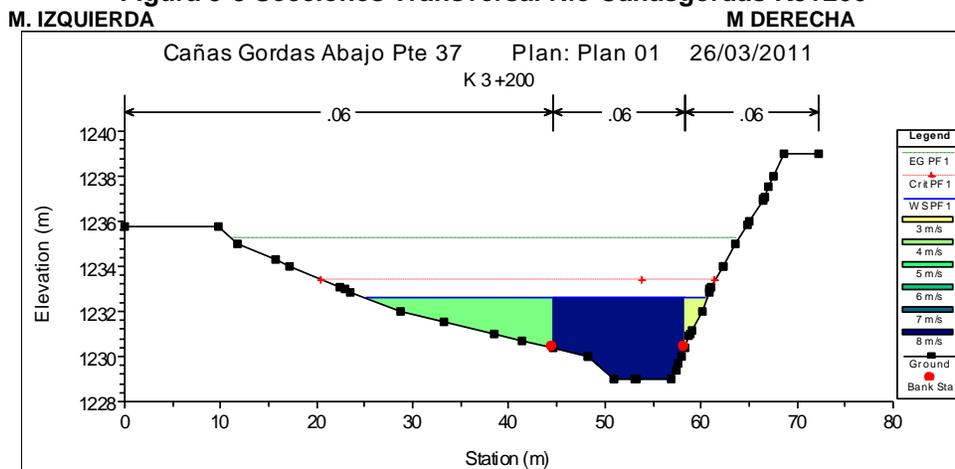


Figura 5-8 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+200



- **Sector Intermedio**

Se localiza entre el puente de la Variante al Mar, Calle 37, y la abscisa K2+200. Sobre su margen izquierda se asienta la mayor parte de la población del Municipio.

En la abscisa K2+750 a K2+750 se presentan dos zonas sujetas a quedar bajo las aguas de la creciente de dos años de recurrencia. La primera sobre la margen derecha se localiza aguas arriba de la Calle 34 A. En la parte media de esta área se ubica un puente peatonal cuyo estribo derecho fue arrasado por el flujo. El estado actual del puente reviste un peligro muy alto para quienes lo utilizan, pues en la actualidad se sostiene mediante un apoyo de estabilidad precaria que puede ser arrastrado por el flujo. Aguas abajo del puente, sobre la margen derecha, en una longitud de 50 m, existe un área inundable por esta creciente. Allí existe un muro en gaviones construido como defensa de la orilla. La segunda zona se localiza sobre la margen izquierda, frente a la anterior, donde se ubican varias edificaciones. Esta está sujeta a inundación por desbordamiento del río en el sector.

Hacia aguas arriba no se detectaron áreas que estén amenazadas por crecientes de frecuencia de dos años. En el K2+180 existe un puente cuya cimentación de la orilla derecha fue socavada. Los pilotes están expuestos al flujo en longitud superior a 1,0 m.

En este sector, en particular sobre la margen derecha, se localizan deslizamientos de cierta magnitud. Todos ellos coinciden con la localización de alcantarillas de la carretera, lo cual conduce a plantear la hipótesis de que no es la dinámica del río la causante de ellos. Posiblemente se debe a las aguas del drenaje de la carretera liberadas sobre el talud sin ningún tipo de disipación de energía.

Por la margen izquierda, desde la abscisa K2+650 hasta la K3+050 las edificaciones y terrenos existentes padecen un grado alto de amenaza, ya que los mismos quedarían bajo las aguas en caso de ocurrir la creciente de diez años de frecuencia.

En el resto del tramo no se evidencian, de acuerdo con los resultados, sitios en los cuales se tiene un grado medio de amenaza, es decir, que se localicen por debajo de la cota de agua de la creciente de cincuenta años de recurrencia, y por encima de la cota correspondiente a la de diez años.

En las Tablas 5-6 a 5-9 y las Figuras 5-9 a 5-13 se muestran las características y secciones de flujo para el caudal de recurrencia 2, 10, 50 y 100 años.

Tabla 5-6 Características del Flujo - Creciente de Cien Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD	AREA	ANCHO	NUMERO
	No		FONDO	AGUA	DE FLUJO	DE FLUJO	DE SECCION	DE FROUDE
			msnm	msnm	m/s	m ²	m	
INTERMEDIO	18	447	1267.60	1271.30	7.01	63.85	21.86	1.29
INTERMEDIO	17	447	1265.63	1267.10	6.90	64.78	71.94	2.32
INTERMEDIO	16	447	1264.00	1266.61	3.59	124.83	79.26	0.90
INTERMEDIO	15	447	1262.00	1264.97	4.58	104.90	55.46	0.98
INTERMEDIO	14	447	1260.16	1263.05	5.00	89.37	46.71	1.15
INTERMEDIO	13	447	1257.58	1260.85	2.23	232.31	126.89	0.46
INTERMEDIO	12	447	1256.00	1259.53	4.69	112.56	59.00	0.83
INTERMEDIO	11	447	1254.00	1256.76	6.46	69.15	37.30	1.52
INTERMEDIO	10	447	1252.70	1256.48	4.55	117.05	49.29	0.77
INTERMEDIO	9	447	1251.00	1255.22	5.09	96.01	40.04	0.89
INTERMEDIO	8	447	1249.00	1252.38	7.30	73.76	54.19	1.41
INTERMEDIO	7	447	1246.55	1251.15	5.36	92.93	55.29	1.00
INTERMEDIO	6	447	1245.00	1248.89	6.54	73.59	26.63	1.10
INTERMEDIO	5	447	1243.00	1246.69	7.32	79.06	76.08	1.31
INTERMEDIO	4	447	1239.91	1243.83	1.45	377.11	152.89	0.25
INTERMEDIO	3	447	1238.59	1242.47	5.00	102.29	48.07	0.87
INTERMEDIO	2	447	1236.85	1239.97	6.73	70.96	33.56	1.30
INTERMEDIO	1	447	1235.00	1238.97	5.90	81.79	32.30	1.02

Tabla 5-7 Características del Flujo - Creciente de Cincuenta Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD	AREA	ANCHO	NUMERO
	No		FONDO	AGUA	DE FLUJO	DE FLUJO	DE SECCION	DE FROUDE
			msnm	msnm	m/s	m ²	m	
INTERMEDIO	18	375	1267.6	1271.00	6.54	57.37	21.29	1.27
INTERMEDIO	17	375	1265.63	1267.04	6.24	60.07	71.28	2.17
INTERMEDIO	16	375	1264.00	1266.41	3.47	108.41	78.50	0.93
INTERMEDIO	15	375	1262.00	1264.76	4.29	93.56	54.41	0.96
INTERMEDIO	14	375	1260.16	1262.81	4.78	78.50	44.73	1.15
INTERMEDIO	13	375	1257.58	1260.57	2.22	196.70	123.22	0.49
INTERMEDIO	12	375	1256.00	1259.26	4.47	97.16	55.92	0.82
INTERMEDIO	11	375	1254.00	1256.51	6.24	60.13	36.75	1.56
INTERMEDIO	10	375	1252.70	1256.18	4.35	102.28	47.56	0.77
INTERMEDIO	9	375	1251.00	1254.85	4.93	81.67	37.68	0.92
INTERMEDIO	8	375	1249.00	1252.23	6.75	65.39	50.67	1.35
INTERMEDIO	7	375	1246.55	1250.88	5.11	78.94	46.71	1.00
INTERMEDIO	6	375	1245.00	1248.43	6.43	61.72	24.84	1.15
INTERMEDIO	5	375	1243.00	1246.55	6.66	68.63	62.68	1.22
INTERMEDIO	4	375	1239.91	1243.46	1.47	320.01	152.60	0.27
INTERMEDIO	3	375	1238.59	1242.12	4.83	86.42	43.13	0.89
INTERMEDIO	2	375	1236.85	1239.68	6.40	61.72	31.35	1.30
INTERMEDIO	1	375	1235.00	1238.81	5.22	76.87	30.50	0.92

Tabla 5-8 Características del Flujo - Creciente de Diez Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD DE FLUJO m/s	AREA	ANCHO	NUMERO DE FROUDE
	No		FONDO	AGUA		DE FLUJO	DE SECCION	
			msnm	msnm		m ²	m	
INTERMEDIO	18	240	1267.6	1270.28	5.66	42.43	20.03	0.8
INTERMEDIO	17	240	1265.63	1266.89	4.85	49.48	69.09	1.83
INTERMEDIO	16	240	1264.00	1266.03	3.02	79.50	77.16	0.95
INTERMEDIO	15	240	1262.00	1264.28	3.75	68.07	51.97	0.96
INTERMEDIO	14	240	1260.16	1262.33	4.17	57.58	41.31	1.13
INTERMEDIO	13	240	1257.58	1260.00	2.21	128.81	115.36	0.57
INTERMEDIO	12	240	1256.00	1258.46	4.28	58.37	38.00	0.92
INTERMEDIO	11	240	1254.00	1256.17	5.06	47.47	35.96	1.40
INTERMEDIO	10	240	1252.70	1255.47	3.97	70.22	42.55	0.80
INTERMEDIO	9	240	1251.00	1254.08	4.45	55.27	30.42	0.96
INTERMEDIO	8	240	1249.00	1251.73	5.64	45.90	32.59	1.25
INTERMEDIO	7	240	1246.55	1250.29	4.34	56.27	33.34	0.97
INTERMEDIO	6	240	1245.00	1247.53	5.93	41.11	20.57	1.26
INTERMEDIO	5	240	1243.00	1246.13	5.10	51.80	35.06	1.01
INTERMEDIO	4	240	1239.91	1241.19	8.19	33.63	49.35	2.78
INTERMEDIO	3	240	1238.59	1241.32	4.43	56.59	32.26	0.95
INTERMEDIO	2	240	1236.85	1239.13	5.40	45.58	27.33	1.25
INTERMEDIO	1	240	1235.00	1237.94	4.70	52.62	25.56	0.97

Tabla 5-9 Características del Flujo - Creciente de Dos Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD DE FLUJO m/s	AREA	ANCHO	NUMERO DE FROUDE
	No		FONDO	AGUA		DE FLUJO	DE SECCION	
			msnm	msnm		m ²	m	
INTERMEDIO	18	109	1267.60	1269.38	4.34	25.12	18.20	1.18
INTERMEDIO	17	109	1265.63	1266.97	1.99	54.86	70.33	0.72
INTERMEDIO	16	109	1264.00	1265.44	2.68	40.72	54.42	0.99
INTERMEDIO	15	109	1262.00	1263.69	2.97	38.36	43.50	0.91
INTERMEDIO	14	109	1260.16	1261.65	3.45	31.59	35.09	1.16
INTERMEDIO	13	109	1257.58	1259.02	3.59	36.41	76.59	1.21
INTERMEDIO	12	109	1256.00	1257.44	3.60	30.26	23.26	1.01
INTERMEDIO	11	109	1254.00	1255.88	2.90	37.54	33.64	0.88
INTERMEDIO	10	109	1252.70	1254.57	3.29	35.54	32.68	0.83
INTERMEDIO	9	109	1251.00	1253.02	3.80	28.66	19.62	1.00
INTERMEDIO	8	109	1249.00	1251.04	4.06	27.31	23.15	1.11
INTERMEDIO	7	109	1246.55	1249.11	4.02	27.12	18.23	1.05
INTERMEDIO	6	109	1245.00	1246.62	4.52	24.12	17.38	1.22
INTERMEDIO	5	109	1243.00	1245.14	3.94	27.99	19.09	0.99
INTERMEDIO	4	109	1239.91	1240.89	6.23	20.33	39.41	2.35
INTERMEDIO	3	109	1238.59	1240.36	3.60	30.33	23.36	1.00
INTERMEDIO	2	109	1236.85	1238.46	3.83	28.61	23.37	1.09
INTERMEDIO	1	109	1235.00	1236.93	3.75	29.10	20.53	1.00

**SECCIONES DE FLUJO PARA CAUDAL DE CIENTO AÑOS DE RECURRENCIA
RIO CANASGORDAS**

Figura 5-9 Secciones Transversal Río Cañasgordas K3+000
M. IZQUIERDA M DERECHA

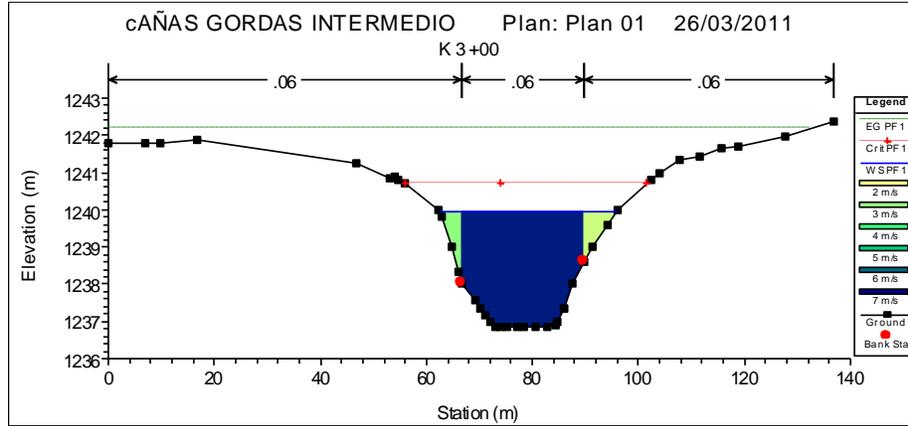


Figura 5-10 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+800
M. IZQUIERDA M DERECHA

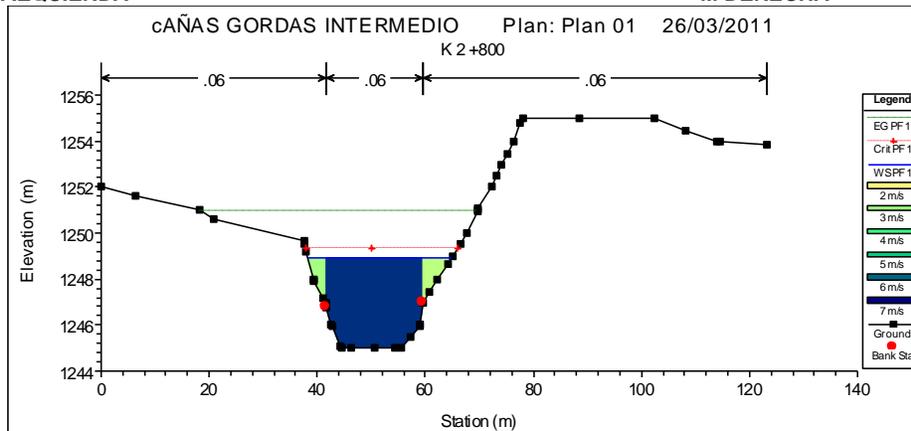


Figura 5-11 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+600
M. IZQUIERDA M DERECHA

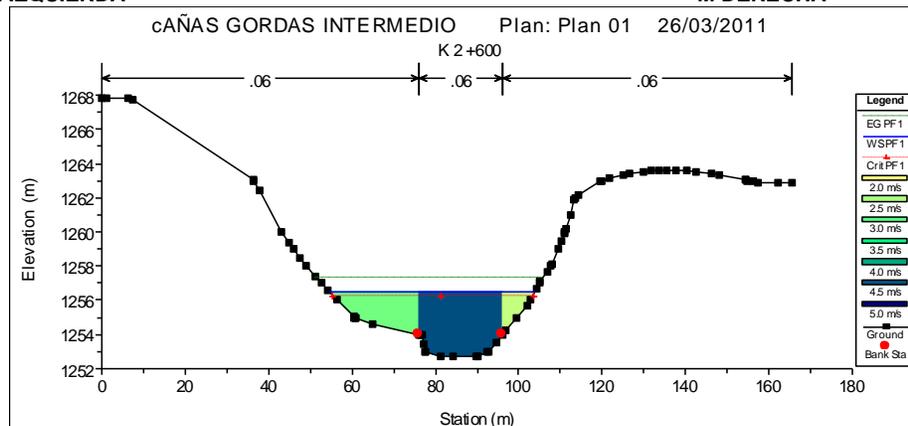


Figura 5-12 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+400

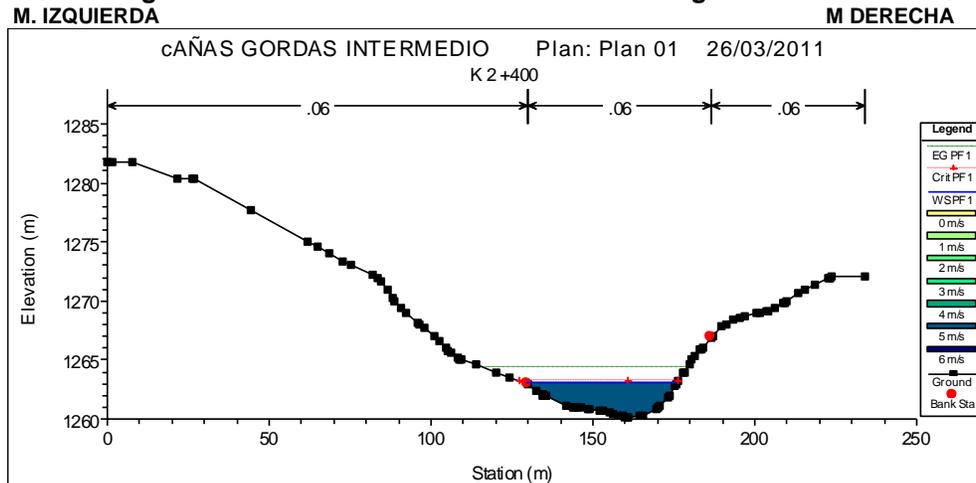
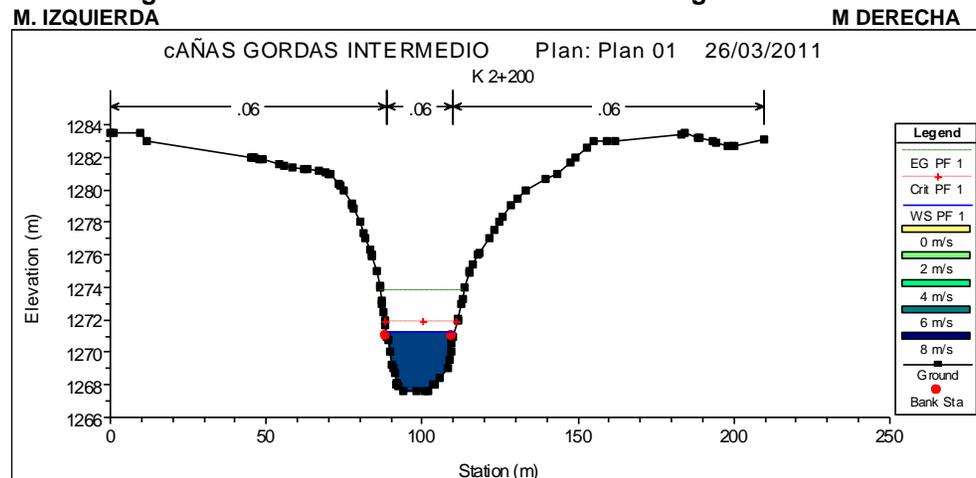


Figura 5-13 Secciones Transversal Río Cañasgordas K2+200



- **Tramo Superior**

El Tramo Superior esta comprendido entre las abscisas K 2 + 200, cerca del puente de la calle 30 y el K 0 +00, en el extremo superior del área de interés.

La pendiente de este tramo es de 0,039 m/m caracterizado por la turbulencia causada por la gran cantidad de bloques de mas de 1,0 m de diámetro, alta velocidad de flujo y, por tanto, en casi todo el tramo, flujo supercrítico.

En la parte baja de este tramo se observa la acumulación de materiales transportados por la corriente durante avenidas y depositados en el cauce formando islotes

Es importante anotar que existen procesos de socavación local en cercanías de los estribos del puente de la calle 30. Especialmente notorio y que merece estudio detallado es el que tiene lugar en el estribo de la margen derecha, donde los pilotes de cimentación

están expuestos en una longitud de cerca de 1,50 m y la aleta que confina el talud se encuentra por encima del terreno actual en su parte inferior. Adicionalmente, la socavación en el estribo de la margen izquierda es un proceso en marcha, evidenciado en el arrastre de material fino y hundimientos en el terraplén de acceso al puente.

Desde la abscisa 600, frente al colegio de María Auxiliadora, hasta la calle 23 A, por la margen izquierda, existe amenaza muy alta por inundación como consecuencia de desbordamiento del río. Una situación similar se presenta en la margen derecha, aguas abajo del puente vehicular de la abscisa K0 + 130, hasta 200 m aguas abajo de este

Por otra parte, existe un grado de amenaza alto por inundación entre las abscisas K 1 + 800 a K 2 +00, esto es, desde la calle 25 hasta la calle 26 y desde la abscisa K 0 +900 hasta la K1 + 050, la cual afecta todas las instalaciones del matadero municipal.

Existe amenaza baja para las edificaciones localizadas aguas arriba del puente vehicular del K 0 +120.

En las Tablas 5-10 a 5-13 y Figuras 5-14 a 5-24 siguientes, se muestran las características y secciones de flujo, en ellas se aprecian las cotas de agua para caudales de las frecuencias que se seleccionaron para definir los diferentes grados de amenaza, así como la velocidad y su distribución en las secciones a lo largo del río.

Tabla 5-10 Características del Flujo - Creciente de Cien Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD DE FLUJO m/s	AREA DE	ANCHO DE	NUMERO DE FROUDE
	No		FONDO msnm	AGUA msnm		FLUJO m ²	SECCION m	
Tramo Superior	85	447	1369.72	1373.05	7.18	65.12	27.42	1.35
Tramo Superior	84	447	1366.70	1371.54	6.25	72.31	23.73	1.07
Tramo Superior	83	447	1364.05	1368.27	7.87	57.68	18.80	1.36
Tramo Superior	82	447	1361.81	1365.90	8.17	72.86	53.27	1.39
Tramo Superior	81	447	1360.24	1363.59	6.56	69.79	39.67	1.45
Tramo Superior	80	447	1358.00	1362.60	3.87	115.55	37.73	0.69
Tramo Superior	79	447	1354.80	1360.37	6.18	72.37	18.88	1.01
Tramo Superior	78	447	1352.60	1356.67	7.96	56.16	22.15	1.60
Tramo Superior	77	447	1350.58	1355.56	5.69	78.63	25.72	1.04
Tramo Superior	76	447	1348.74	1352.81	6.64	67.30	29.99	1.42
Tramo Superior	75	447	1346.65	1350.62	6.40	76.92	37.83	1.18
Tramo Superior	74	447	1344.49	1347.39	8.15	78.62	79.83	1.63
Tramo Superior	73	447	1341.65	1346.92	4.32	116.20	45.60	0.71
Tramo Superior	72	447	1340.40	1345.73	4.88	95.25	44.94	0.94
Tramo Superior	71	447	1338.57	1342.06	7.35	64.92	47.83	1.66
Tramo Superior	70	447	1336.60	1338.88	5.77	77.42	52.57	1.52
Tramo Superior	69	447	1331.36	1338.10	2.29	269.77	86.03	0.30
Tramo Superior	68	447	1331.40	1336.14	5.83	76.68	22.45	1.01
Tramo Superior	67	447	1329.70	1334.84	0.74	502.03	124.87	0.13
Tramo Superior	66	447	1328.12	1333.12	5.50	82.50	29.10	0.96
Tramo Superior	65	447	1324.30	1327.70	9.03	49.49	26.79	2.12
Tramo Superior	64	447	1322.62	1326.99	4.76	94.00	35.45	0.93
Tramo Superior	63	447	1320.65	1325.80	5.24	96.72	39.04	0.87
Tramo Superior	62	447	1318.10	1322.56	7.41	60.61	23.37	1.43
Tramo Superior	61	447	1315.64	1319.70	7.40	61.39	24.75	1.39
Tramo Superior	60	447	1312.72	1315.65	7.61	58.72	35.80	1.90
Tramo Superior	59	447	1309.67	1314.17	6.03	81.69	32.11	1.01
Tramo Superior	58	447	1307.31	1311.16	7.35	60.78	24.31	1.48
Tramo Superior	57	447	1305.41	1309.48	2.02	268.80	128.72	0.37
Tramo Superior	56	447	1302.21	1307.18	6.13	72.91	19.33	1.01
Tramo Superior	55	447	1299.62	1303.16	8.14	54.89	25.71	1.78
Tramo Superior	54	447	1296.63	1301.11	6.12	73.01	29.20	1.24
Tramo Superior	53	447	1293.59	1297.65	7.44	60.06	19.61	1.36
Tramo Superior	52	447	1291.72	1295.67	6.43	69.62	26.23	1.23
Tramo Superior	51	447	1288.70	1292.95	6.99	63.93	20.87	1.28
Tramo Superior	50	447	1286.63	1292.05	5.91	75.68	21.35	1.00
Tramo Superior	49	447	1285.21	1290.07	6.62	68.14	18.26	1.05
Tramo Superior	48	447	1283.00	1285.12	9.31	52.02	34.75	2.15
Tramo Superior	47	447	1279.68	1282.76	6.30	71.61	34.09	1.34
Tramo Superior	46	447	1278.18	1282.35	4.74	111.06	52.76	0.80
Tramo Superior	45	447	1276.08	1279.52	6.89	65.41	25.78	1.33
Tramo Superior	44	447	1273.00	1276.43	7.46	61.21	26.93	1.46
Tramo Superior	43	447	1272.53	1275.91	4.75	102.17	51.62	0.93
Tramo Superior	42	447	1270.00	1273.12	6.52	68.57	26.79	1.30
Tramo Superior	41	447	1267.60	1271.91	5.78	77.38	23.04	1.01

Tabla 5-11 Características del Flujo - Creciente de Cincuenta Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD DE FLUJO m/s	AREA DE	ANCHO DE	NUMERO DE FROUDE
	No		FONDO	AGUA		FLUJO	SECCION	
			msnm	msnm		m ²	m	
Tramo Superior	85	375	1369.72	1372.77	6.71	57.79	26.00	1.33
Tramo Superior	84	375	1366.70	1371.17	5.89	63.87	21.95	1.07
Tramo Superior	83	375	1364.05	1367.87	7.50	50.38	17.89	1.37
Tramo Superior	82	375	1361.81	1365.78	7.34	66.59	50.32	1.27
Tramo Superior	81	375	1360.24	1363.32	6.34	59.75	36.70	1.50
Tramo Superior	80	375	1358.00	1362.05	3.92	95.56	34.88	0.76
Tramo Superior	79	375	1354.80	1359.86	5.95	63.01	17.59	1.00
Tramo Superior	78	375	1352.60	1356.36	7.56	49.59	20.54	1.55
Tramo Superior	77	375	1350.58	1355.18	5.42	69.18	24.14	1.02
Tramo Superior	76	375	1348.74	1352.54	6.30	59.55	28.82	1.40
Tramo Superior	75	375	1346.65	1350.37	6.01	67.55	35.74	1.16
Tramo Superior	74	375	1344.49	1347.25	7.62	68.19	70.63	1.57
Tramo Superior	73	375	1341.65	1346.65	4.01	103.79	43.50	0.68
Tramo Superior	72	375	1340.40	1345.40	4.70	81.10	41.70	0.96
Tramo Superior	71	375	1338.57	1341.87	6.89	56.60	38.84	1.64
Tramo Superior	70	375	1336.60	1338.73	5.35	70.08	51.46	1.46
Tramo Superior	69	375	1331.36	1337.53	2.33	222.47	79.69	0.32
Tramo Superior	68	375	1331.40	1335.69	5.61	66.80	21.06	1.01
Tramo Superior	67	375	1329.70	1334.31	0.68	437.06	124.47	0.14
Tramo Superior	66	375	1328.12	1332.65	5.39	69.68	25.00	1.00
Tramo Superior	65	375	1324.30	1327.49	8.53	43.95	26.00	2.10
Tramo Superior	64	375	1322.62	1326.71	4.46	84.13	33.58	0.90
Tramo Superior	63	375	1320.65	1325.45	5.01	83.60	37.35	0.87
Tramo Superior	62	375	1318.10	1322.16	7.27	51.62	21.17	1.47
Tramo Superior	61	375	1315.64	1319.44	6.84	55.25	23.28	1.35
Tramo Superior	60	375	1312.72	1315.48	7.12	52.67	34.84	1.85
Tramo Superior	59	375	1309.67	1313.82	5.72	70.95	29.59	1.01
Tramo Superior	58	375	1307.31	1310.84	7.04	53.27	23.23	1.48
Tramo Superior	57	375	1305.41	1308.95	2.34	199.91	128.50	0.47
Tramo Superior	56	375	1302.21	1306.73	5.83	64.34	18.61	1.00
Tramo Superior	55	375	1299.62	1302.92	7.68	48.81	24.63	1.74
Tramo Superior	54	375	1296.63	1300.81	5.81	64.54	27.56	1.21
Tramo Superior	53	375	1293.59	1297.20	7.28	51.54	18.73	1.40
Tramo Superior	52	375	1291.72	1295.43	5.91	63.46	23.69	1.15
Tramo Superior	51	375	1288.70	1292.51	6.82	55.00	19.95	1.31
Tramo Superior	50	375	1286.63	1291.56	5.71	65.62	20.09	1.01
Tramo Superior	49	375	1285.21	1289.59	6.33	59.50	17.47	1.07
Tramo Superior	48	375	1283.00	1284.98	8.58	47.01	34.00	2.06
Tramo Superior	47	375	1279.68	1282.56	5.83	64.73	33.37	1.30
Tramo Superior	46	375	1278.18	1282.05	4.55	95.66	51.67	0.81
Tramo Superior	45	375	1276.08	1279.11	6.81	55.15	24.20	1.42
Tramo Superior	44	375	1273.00	1276.21	6.87	55.28	25.47	1.40
Tramo Superior	43	375	1272.53	1275.66	4.48	89.65	49.00	0.92
Tramo Superior	42	375	1270.00	1272.74	6.40	58.62	25.95	1.36
Tramo Superior	41	375	1267.60	1271.49	5.52	67.95	22.22	1.01

Tabla 5-12 Características del Flujo - Creciente de Diez Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD	AREA DE	ANCHO DE	NUMERO DE FROUDE
	No		FONDO	AGUA	DE FLUJO	FLUJO	SECCION	
			mnm	mnm	m/s	m ²	m	
Tramo Superior	85	240	1369.72	1372.18	5.65	43.08	23.35	1.27
Tramo Superior	84	240	1366.70	1370.28	5.25	45.73	19.14	1.08
Tramo Superior	83	240	1364.05	1367.04	6.60	36.34	15.97	1.40
Tramo Superior	82	240	1361.81	1365.39	5.72	49.77	35.32	1.05
Tramo Superior	81	240	1360.24	1362.79	5.75	41.75	32.40	1.61
Tramo Superior	80	240	1358.00	1360.79	4.38	54.83	29.88	1.03
Tramo Superior	79	240	1354.80	1358.53	5.66	42.37	14.14	1.04
Tramo Superior	78	240	1352.60	1355.72	6.41	37.44	17.84	1.41
Tramo Superior	77	240	1350.58	1354.30	4.87	49.33	20.76	1.01
Tramo Superior	76	240	1348.74	1352.02	5.33	45.02	26.90	1.32
Tramo Superior	75	240	1346.65	1349.74	5.20	47.34	28.41	1.15
Tramo Superior	74	240	1344.49	1346.91	6.35	47.79	50.51	1.41
Tramo Superior	73	240	1341.65	1345.90	3.45	73.47	37.13	0.66
Tramo Superior	72	240	1340.40	1344.46	4.57	52.51	24.88	1.00
Tramo Superior	71	240	1338.57	1341.48	5.73	42.11	35.02	1.53
Tramo Superior	70	240	1336.60	1338.40	4.51	53.25	48.23	1.37
Tramo Superior	69	240	1331.36	1336.27	2.46	130.55	65.55	0.38
Tramo Superior	68	240	1331.40	1334.71	5.04	47.59	18.38	1.00
Tramo Superior	67	240	1329.70	1333.12	0.66	292.78	108.25	0.15
Tramo Superior	66	240	1328.12	1331.69	4.95	48.46	19.57	1.00
Tramo Superior	65	240	1324.30	1327.02	7.49	32.06	24.26	2.08
Tramo Superior	64	240	1322.62	1326.08	3.73	64.33	29.26	0.80
Tramo Superior	63	240	1320.65	1324.59	4.64	53.99	28.97	0.93
Tramo Superior	62	240	1318.10	1321.37	6.62	36.26	17.65	1.47
Tramo Superior	61	240	1315.64	1318.83	5.71	42.00	20.04	1.26
Tramo Superior	60	240	1312.72	1315.10	6.03	39.77	32.38	1.74
Tramo Superior	59	240	1309.67	1313.03	5.03	49.44	24.32	1.02
Tramo Superior	58	240	1307.31	1310.21	6.15	39.03	21.35	1.45
Tramo Superior	57	240	1305.41	1307.23	5.23	49.40	49.33	1.47
Tramo Superior	56	240	1302.21	1305.71	5.21	46.11	16.91	1.01
Tramo Superior	55	240	1299.62	1302.37	6.62	36.27	21.51	1.63
Tramo Superior	54	240	1296.63	1300.12	5.12	46.87	23.92	1.17
Tramo Superior	53	240	1293.59	1296.29	6.79	35.34	16.76	1.49
Tramo Superior	52	240	1291.72	1294.68	5.04	47.61	19.54	1.03
Tramo Superior	51	240	1288.70	1291.59	6.40	37.52	17.61	1.40
Tramo Superior	50	240	1286.63	1290.57	5.13	46.82	17.77	1.01
Tramo Superior	49	240	1285.21	1288.60	5.58	42.98	16.14	1.09
Tramo Superior	48	240	1283.00	1284.63	7.03	35.86	30.67	1.89
Tramo Superior	47	240	1279.68	1282.11	4.78	50.17	31.80	1.21
Tramo Superior	46	240	1278.18	1281.13	4.46	56.17	32.94	0.94
Tramo Superior	45	240	1276.08	1278.51	5.82	41.21	22.21	1.36
Tramo Superior	44	240	1273.00	1275.59	5.88	40.86	21.65	1.36
Tramo Superior	43	240	1272.53	1275.06	3.99	61.93	42.54	0.95
Tramo Superior	42	240	1270.00	1272.05	5.81	41.34	24.44	1.43
Tramo Superior	41	240	1267.60	1270.61	4.88	49.20	20.60	1.01

Tabla 5-13 Características del Flujo - Creciente de Dos Años de Recurrencia Río Cañasgordas

TRAMO	SECCION	Q Total (m ³ /s)	COTA DE	COTA DE	VELOCIDAD DE FLUJO m/s	AREA DE	ANCHO DE	NUMERO DE FROUDE
	No		FONDO	AGUA		FLUJO	SECCION	
			mnm	mnm		m ²	m	
Tramo Superior	85	109	1369.72	1371.41	4.17	26.14	20.76	1.18
Tramo Superior	84	109	1366.70	1369.02	4.50	24.23	14.68	1.12
Tramo Superior	83	109	1364.05	1366.01	5.24	20.80	14.09	1.38
Tramo Superior	82	109	1361.81	1364.37	4.23	26.44	16.78	0.95
Tramo Superior	81	109	1360.24	1362.36	3.91	27.85	31.48	1.33
Tramo Superior	80	109	1358.00	1359.93	3.56	30.58	26.69	1.06
Tramo Superior	79	109	1354.80	1356.91	5.13	21.25	12.08	1.23
Tramo Superior	78	109	1352.60	1355.02	4.24	25.71	15.68	1.06
Tramo Superior	77	109	1350.58	1352.91	4.49	24.26	15.48	1.15
Tramo Superior	76	109	1348.74	1351.32	3.86	28.26	18.74	1.00
Tramo Superior	75	109	1346.65	1348.53	4.95	22.03	16.17	1.35
Tramo Superior	74	109	1344.49	1346.44	4.25	28.30	32.26	1.07
Tramo Superior	73	109	1341.65	1344.66	2.87	38.03	21.32	0.68
Tramo Superior	72	109	1340.40	1343.00	4.32	25.22	13.39	1.01
Tramo Superior	71	109	1338.57	1340.78	4.43	24.63	20.47	1.29
Tramo Superior	70	109	1336.60	1337.92	3.49	31.27	42.82	1.30
Tramo Superior	69	109	1331.36	1334.70	2.19	55.94	32.39	0.42
Tramo Superior	68	109	1331.40	1333.49	4.08	26.70	15.93	1.01
Tramo Superior	67	109	1329.70	1331.47	0.58	139.12	76.39	0.17
Tramo Superior	66	109	1328.12	1330.39	4.16	26.23	15.14	1.01
Tramo Superior	65	109	1324.30	1326.31	6.14	17.77	15.76	1.84
Tramo Superior	64	109	1322.62	1324.95	3.06	35.57	21.33	0.76
Tramo Superior	63	109	1320.65	1323.32	4.05	26.88	16.23	1.01
Tramo Superior	62	109	1318.10	1320.37	5.30	20.58	13.80	1.38
Tramo Superior	61	109	1315.64	1317.86	4.45	24.52	16.45	1.16
Tramo Superior	60	109	1312.72	1314.58	4.52	24.13	27.72	1.55
Tramo Superior	59	109	1309.67	1311.91	4.16	26.23	17.19	1.07
Tramo Superior	58	109	1307.31	1309.42	4.62	23.57	17.49	1.27
Tramo Superior	57	109	1305.41	1306.74	3.92	28.40	36.10	1.30
Tramo Superior	56	109	1302.21	1304.36	4.36	24.98	14.41	1.06
Tramo Superior	55	109	1299.62	1301.65	4.90	22.25	17.15	1.37
Tramo Superior	54	109	1296.63	1299.13	4.26	25.60	18.74	1.16
Tramo Superior	53	109	1293.59	1295.26	5.64	19.33	14.26	1.55
Tramo Superior	52	109	1291.72	1293.54	4.01	27.17	16.84	1.01
Tramo Superior	51	109	1288.70	1290.52	5.27	20.69	14.14	1.39
Tramo Superior	50	109	1286.63	1289.29	4.20	25.95	14.70	1.01
Tramo Superior	49	109	1285.21	1287.45	4.34	25.13	14.81	1.06
Tramo Superior	48	109	1283.00	1284.14	5.04	21.97	25.78	1.67
Tramo Superior	47	109	1279.68	1281.70	2.91	37.48	28.51	0.81
Tramo Superior	46	109	1278.18	1280.05	3.75	29.10	20.59	1.01
Tramo Superior	45	109	1276.08	1277.77	4.28	25.44	20.12	1.22
Tramo Superior	44	109	1273.00	1275.47	2.85	38.22	20.92	0.67
Tramo Superior	43	109	1272.53	1274.22	3.37	32.38	28.57	1.01
Tramo Superior	42	109	1270.00	1271.34	4.45	24.48	22.98	1.38
Tramo Superior	41	109	1267.60	1269.54	3.89	28.04	18.53	1.01

**SECCIONES DE FLUJO PARA CAUDAL DE CIENTO AÑOS DE RECURRENCIA
RÍO CAÑASGORDAS**

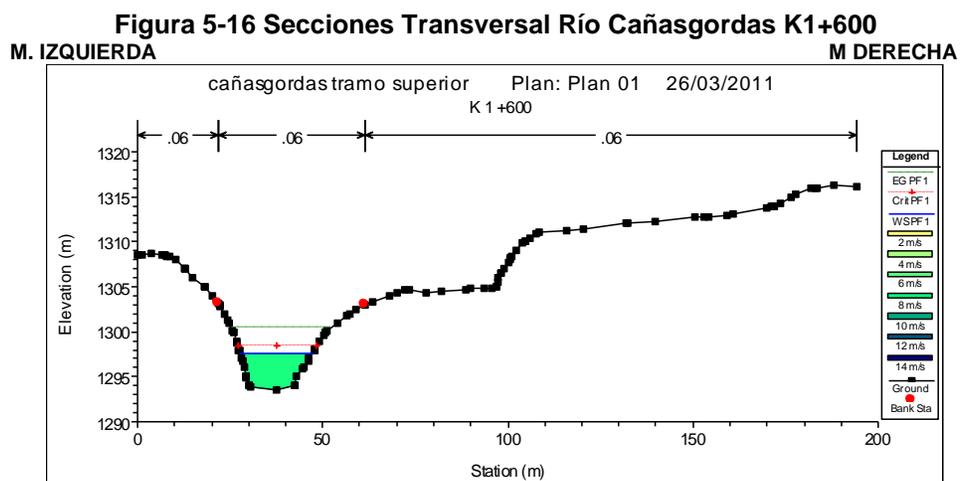
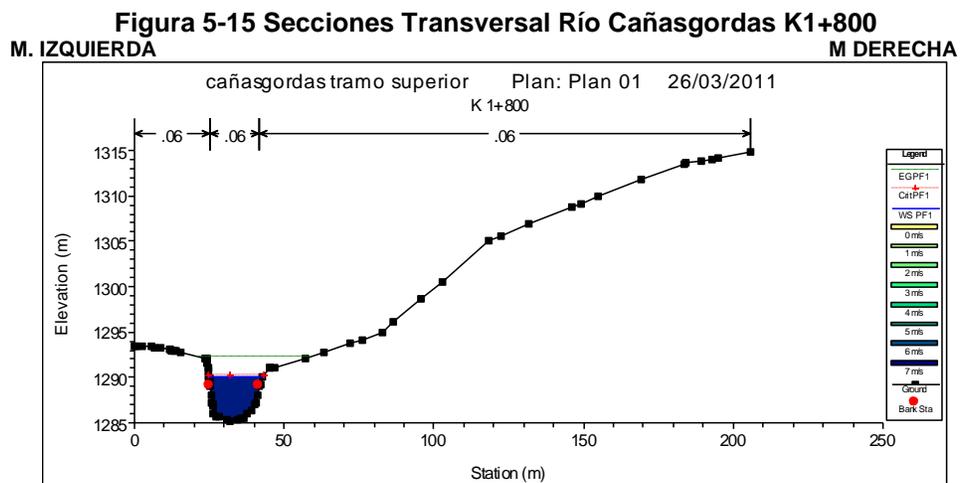
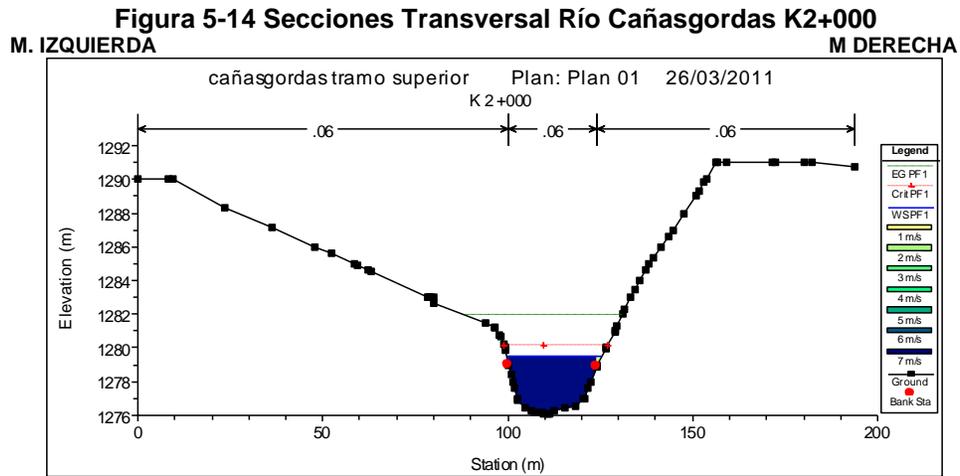


Figura 5-17 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+400

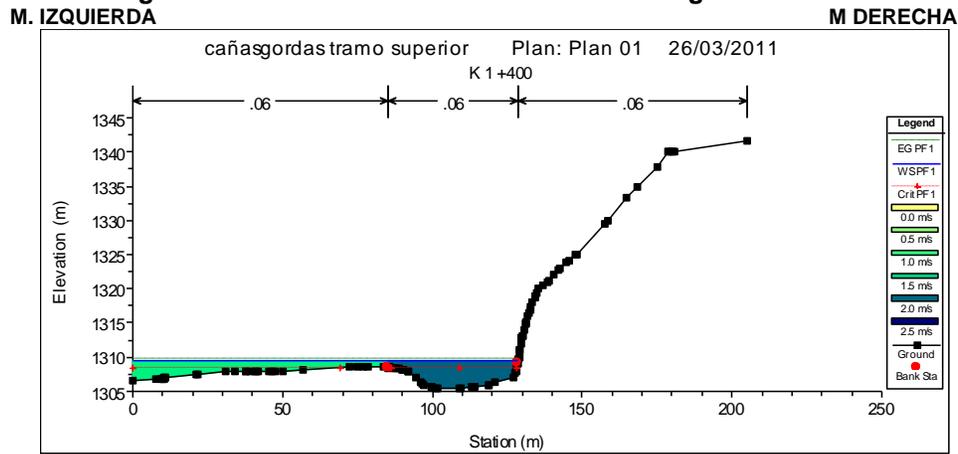


Figura 5-18 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+200

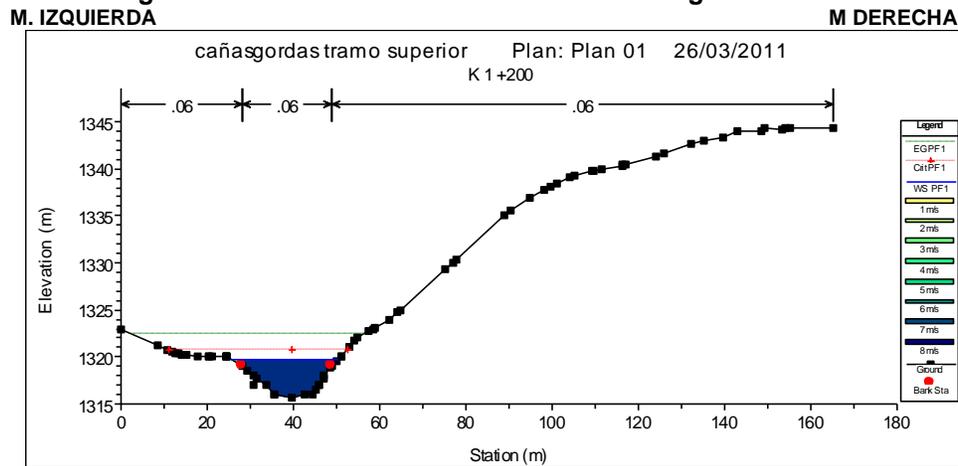
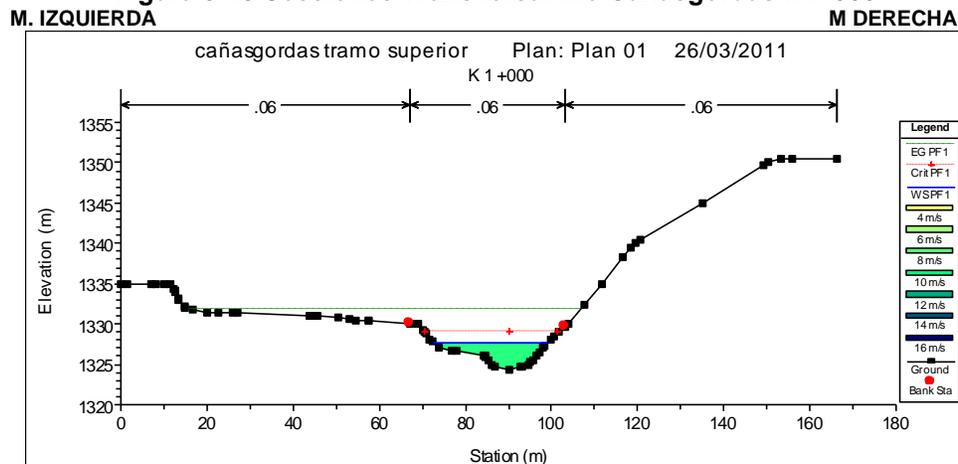


Figura 5-19 Secciones Transversal Río Cañasgordas K1+000



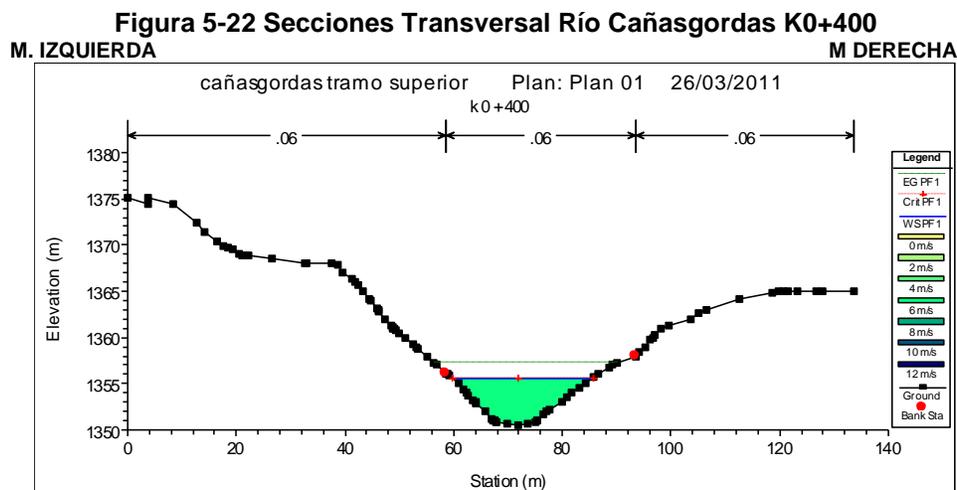
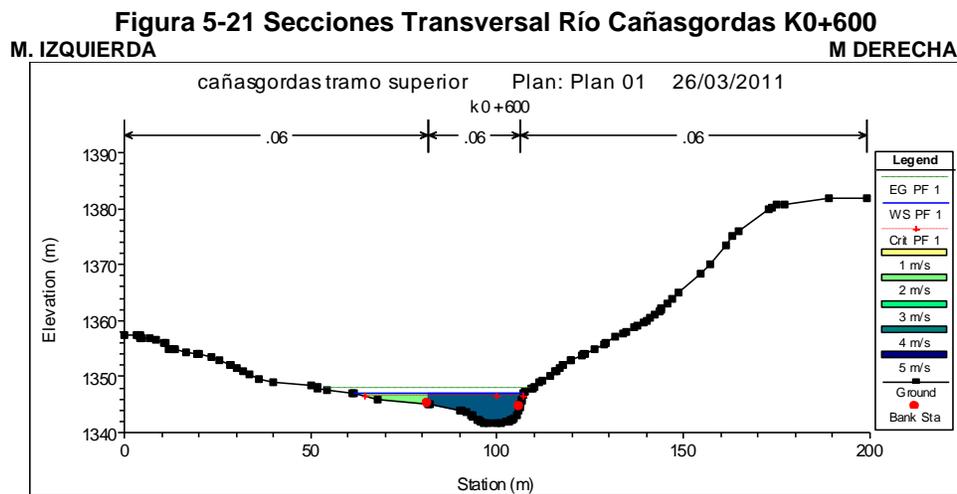
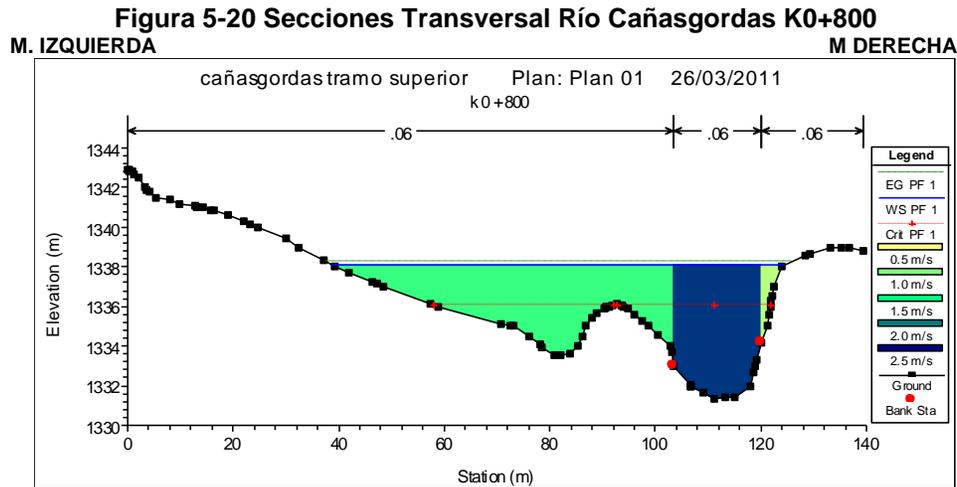


Figura 5-23 Secciones Transversal Río Cañasgordas K0+200

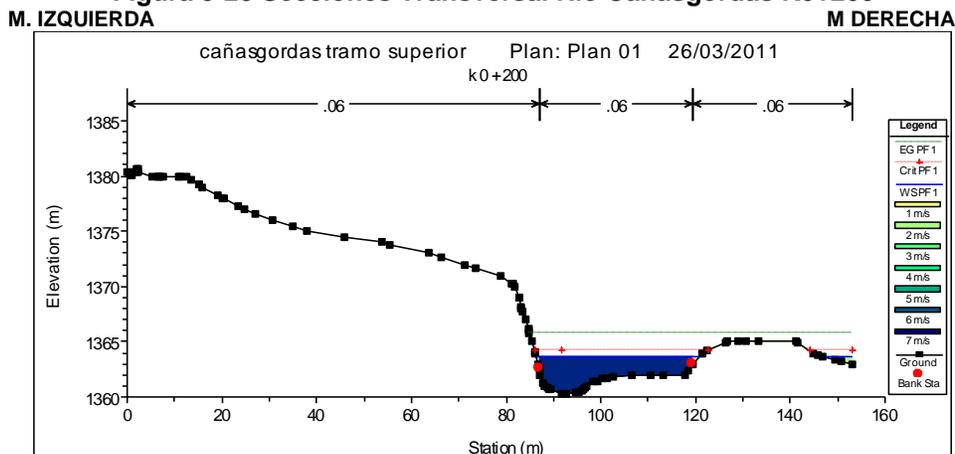
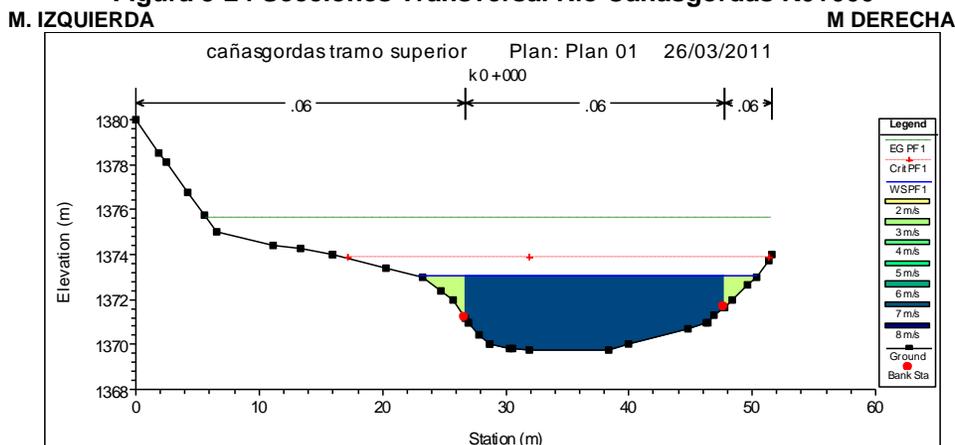


Figura 5-24 Secciones Transversal Río Cañasgordas K0+000



El río Cañasgordas tiene una longitud de 4,450 metros presenta las siguientes características dinámicas:

Para el caudal máximo esperado de 100 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 0.74 y 9.31 m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.13 y 2.32, correspondiendo a un régimen de flujo supercrítico o rápido; la profundidad media mayor es de 6.74 m, en tanto que la menor es de 1.47 m. En las Figuras 5-25 a 5-27 se presenta la variación de las velocidades en el canal y en las márgenes del río Cañasgordas, para la creciente de 100 años.

Figura 5-25 Velocidades media del flujo en el canal y en las márgenes aguas abajo del Rio Cañasgordas generados por el Hec Ras para la Creciente Maxima de 100 años de retorno

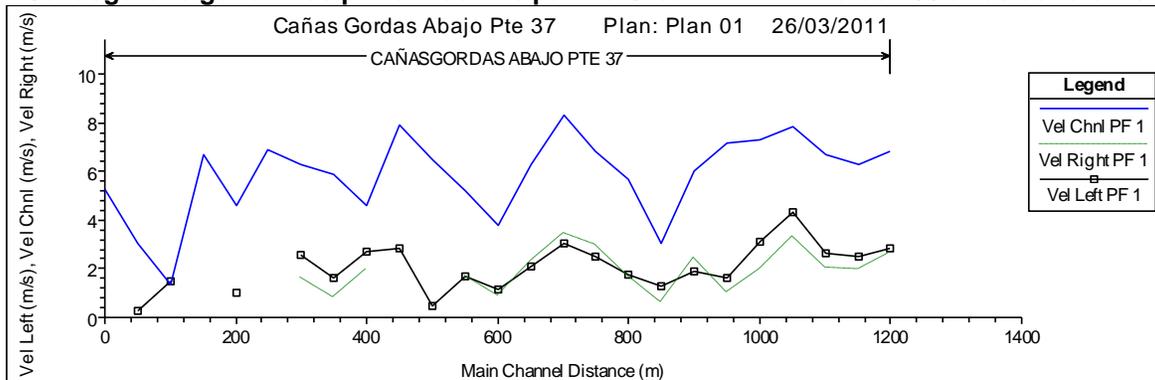


Figura 5-26 Vel. media del flujo en el canal y en las márgenes en el tramo intermedio del Rio Cañasgordas generados por el Hec Ras para la Creciente Maxima de 100 años de retorno

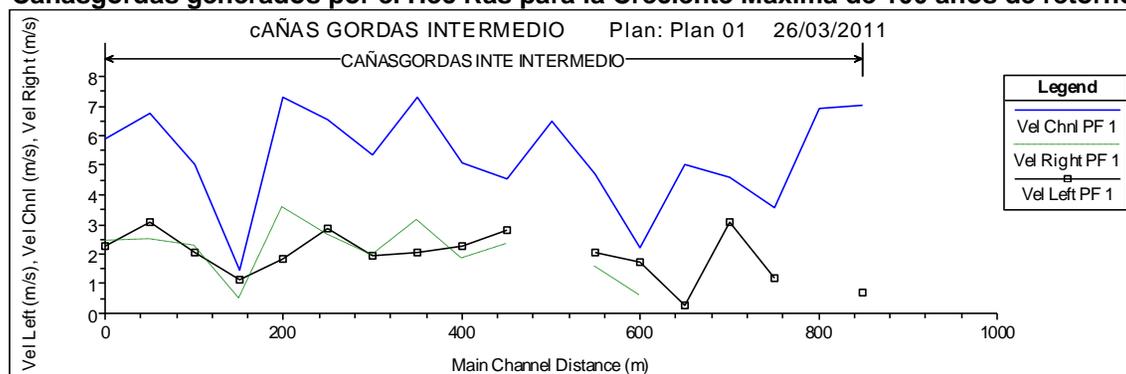
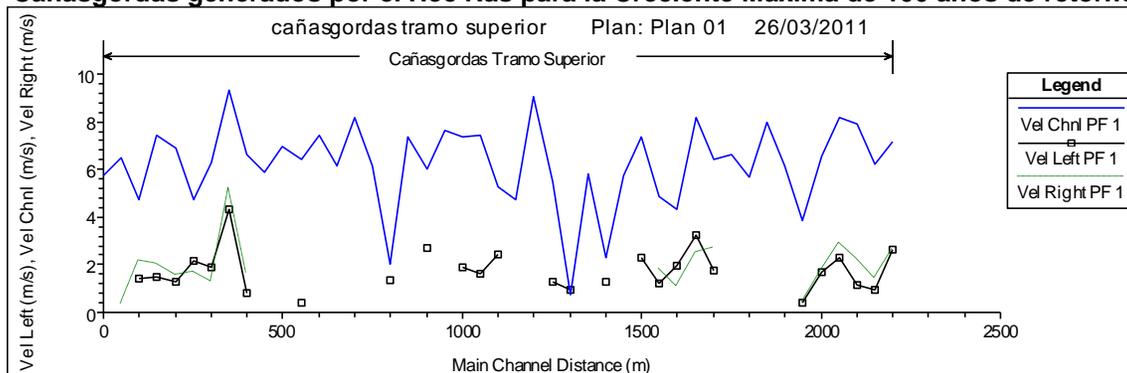


Figura 5-27 Velocidades media del flujo en el canal y en las márgenes aguas abajo del Rio Cañasgordas generados por el Hec Ras para la Creciente Maxima de 100 años de retorno



Para la creciete media anual, es decir, la correspondiente a 2.33 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 0.51 y 6.23 m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.17 y 2.35, correspondiendo a un régimen de flujo entre supercrítico o rápido, siendo sus mayores valores en la parte alta del río; la profundidad media mayor es de 3.34 m, en tanto que la menor es de 0.59 m.

En la Figura 5-28 y 5-33 se resumen los resultados de la modelación con el programa Hec Ras en el río Cañasgordas en el sector de Cañasgordas para un periodo de retorno de 100 años.

Figura 5-28. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras Aguas Abajo del Río Cañasgordas

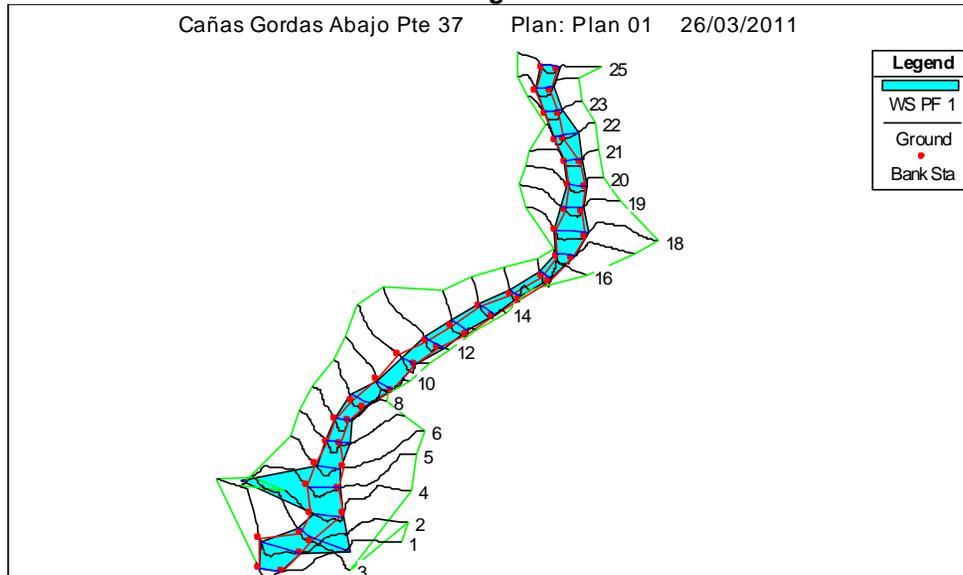


Figura 5-29. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras en el tramo intermedio del Río Cañasgordas

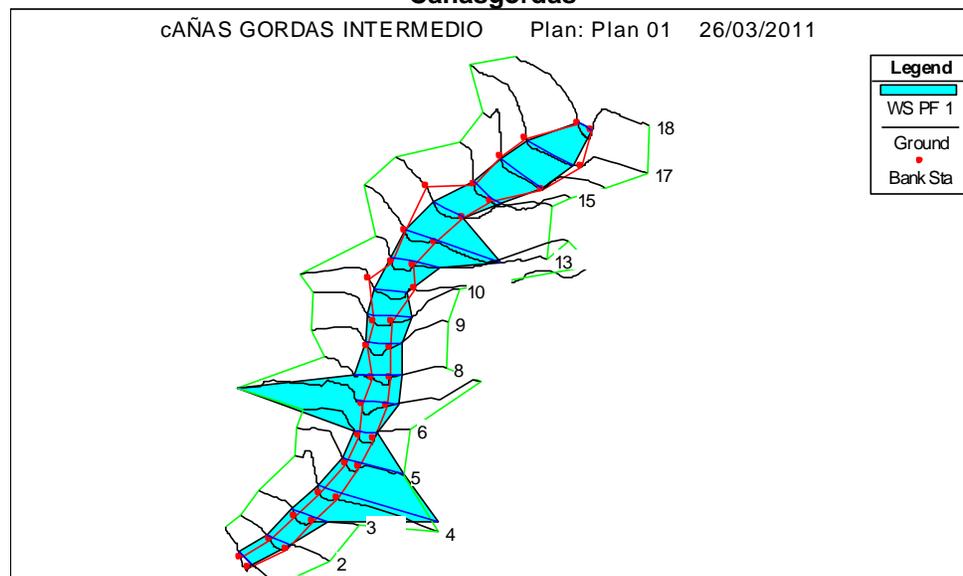


Figura 5-30. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras Aguas Arriba del Río Cañasgordas

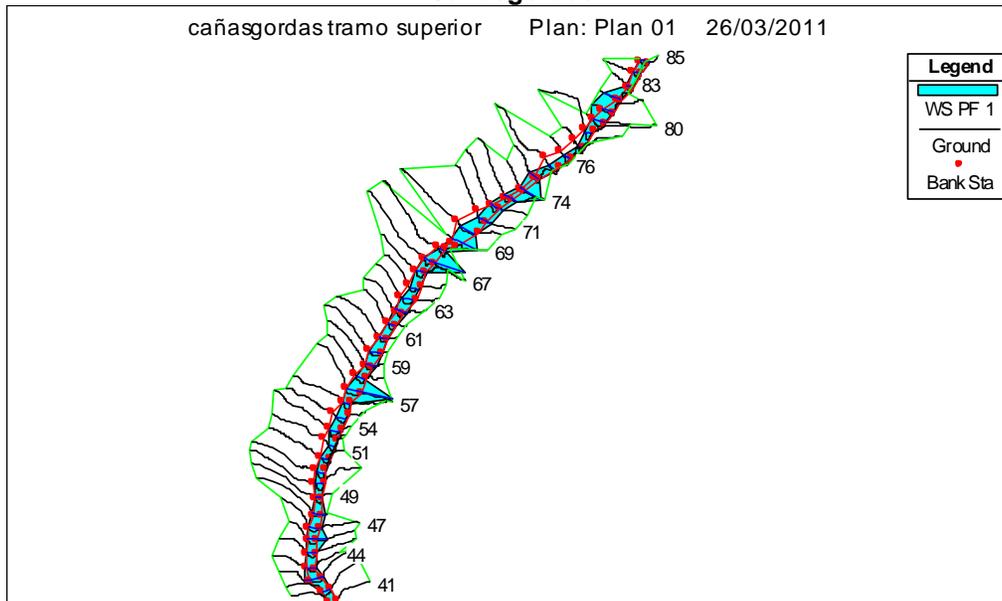


Figura 5-31. Perfil longitudinal aguas abajo del Río Cañasgordas obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno

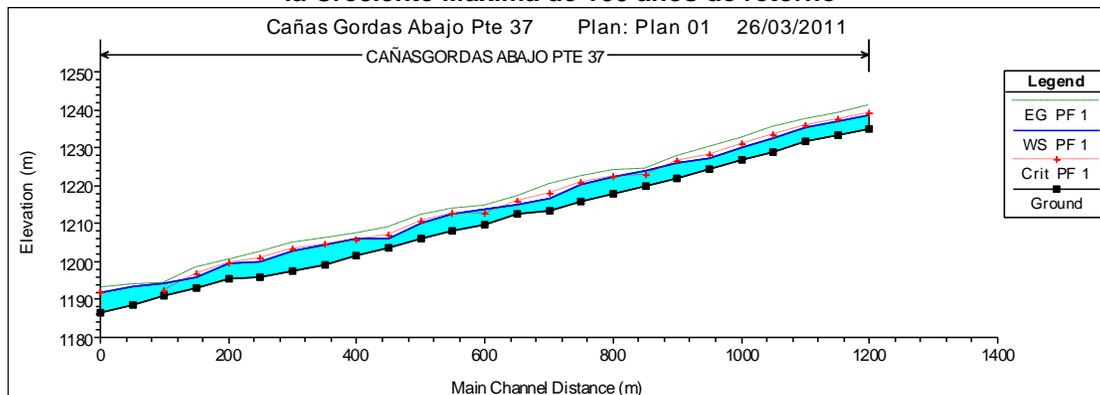


Figura 5-32. Perfil longitudinal en el tramo intermedio del Río Cañasgordas obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno

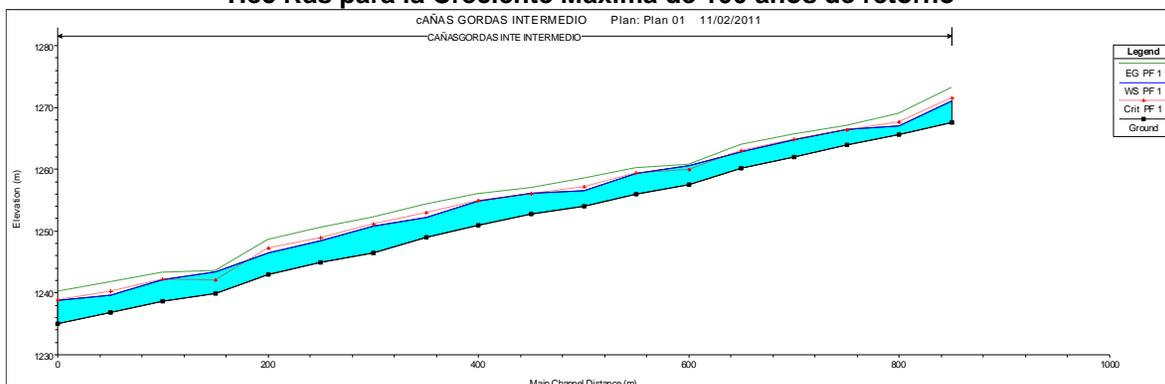
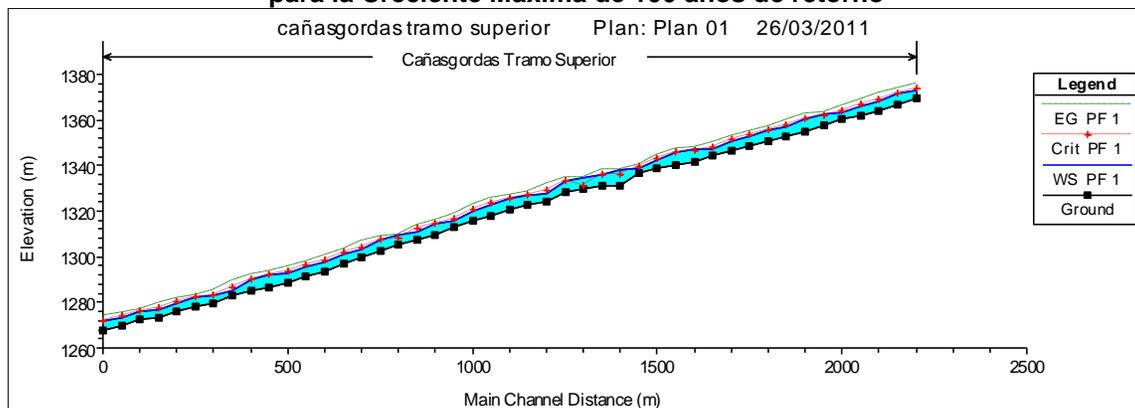


Figura 5-33. Perfil longitudinal Aguas Arriba del Río Cañasgordas obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno



5.4.3.1 Gálibos

El gálibo, es decir, la distancia vertical entre la lámina de agua y el borde inferior de la viga del puente o pontón, para las estructuras que cruzan el río Cañasgordas, durante la ocurrencia de las crecientes extremas simuladas de 100 y 2.33 años, se presentan las siguientes características:

El puente Apucarpo localizado entre las secciones K1+450 y K1+500 posee un galibo actual de 3.50 m y la lamina de agua obtenida para un periodo de retorno de 100 años genera una altura de agua por encima de la placa de 0.50 metros, lo cual genera peligro para la estructura y el transito en caso de presentarse un evento de esta magnitud; esta misma condición se presenta en la abcisa K1+800, donde se localiza el puente Los Ospinas, en el cual se obtienen laminas de agua total de 5.0 metros aproximadamente, la cual genera inundaciones en el puente.

5.4.4 Categorización de la Amenaza

Como se explico anteriormente se considera inundación a partir del desborde del nivel de agua que es conducida por el cauce hacia las zonas adyacentes (llanuras de inundación). Para delinear espacialmente la llanura de inundación del Río Cañasgordas se usó el software HEC-RAS que permitió establecer para cada sección de análisis las cotas que alcanza el nivel de agua para los diferentes periodos de retorno calculados en el numeral anterior.

Los datos de nivel de agua, fueron localizados en el plano topográfico para generar las curvas de nivel de inundación para cada periodo de retorno. En el caso del río Cañasgordas se trazaron las curvas de inundación para un Tr de 100 años, que registraron desborde del cauce en algunos sectores de la población de Cañasgordas.

Para la zonificación espacial de la amenaza por inundación, se optó por tomar 3 categorías de amenaza: alta, media y baja, que se determinaron a partir de las variables:

probabilidad de falla, distancia de afectación de inundación y nivel de peligrosidad del flujo, a continuación se explican cada una de ellas:

Probabilidad de falla: La falla por inundación del cauce, se define como la probabilidad del evento en el cual el cauce alcanza su banca llena, y a partir de este nivel el río se desborda y causa inundación, es importante recordar que la probabilidad de ocurrencia es función del periodo de retorno. Para el río Cañasgordas, la creciente que genera inundación es la correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, que corresponde a una probabilidad de ocurrencia de 0.01, que se consideran relativamente baja, es decir que los eventos de inundación no son tan frecuentes en la población de Cañasgordas.

Para efectos de la categorización de la amenaza, la zona inundable con TR de 100 años se define como baja, finalmente se considera como amenaza alta los periodos de retorno menores a 100 años.

Distancia de afectación inundación: La amenaza de inundación normalmente va reduciéndose a medida que aumenta la altitud de la superficie terrestre en relación con el nivel de agua de la orilla del río. Generalmente la altitud de la superficie terrestre aumenta a medida que nos alejamos de la orilla del río y esto suele significar que la amenaza por inundación tiende a disminuir.

La distancia inundación se estimó a partir de la topografía de cada sección transversal según el reporte del modelo hidráulico, por lo tanto se definió cartográficamente la distancia de afectación de la inundación sobre la zona urbana de Cañasgordas, como se puede observar en el mapa de amenaza.

Nivel de peligrosidad del flujo de agua: La amenaza queda determinada de manera completa con la estimación de la capacidad de daño de esta sobre el entorno donde se manifiesta. Se define severidad de la inundación o inundación peligrosa a aquellos eventos en donde existe una posibilidad de que se produzca pérdidas de vidas humanas o graves daños personales y daños a las edificaciones.

Mediante experimentos realizados por Bewick (1988) y Jaeggi (1990), sobre la resistencia y estabilidad de seres humanos ante el flujo de agua, se ha propuesto considerar inundaciones peligrosas, a los eventos de crecientes máximas con condiciones hidráulicas de: altura de flujo (y) mayor a un metro, velocidad (v) mayor a 1m/s y el producto de ambas (vy) mayor de 0.5 m/s, según se muestra en la Figura 5-34.

Figura 5-34 Criterio de Inundación Peligrosa



La severidad de la inundación se categorizó en tres grados o intensidades a saber: baja, media y alta, de acuerdo con los valores de altura de flujo y velocidad para los diferentes periodos de retorno en cada sección transversal, el cálculo de los anteriores resultados se resumen en las siguientes matrices:

Tabla 5-14. Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo

Categoría	Símbolo	Altura de flujo y (m)	Velocidad de flujo y (m)
Baja	B	$y < 1$	$v < 1$
Alta	A	$y > 2$	$v > 1$

Tabla 5-15. Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad (v) y altura de flujo (y)

Categoría	Símbolo	Altura de flujo y x velocidad de flujo v (m ² /s)
Baja	B	$yxv < 0.5$
Alta	A	$yxv > 0.5$

Clasificación de la Amenaza: Ahora, para determinar la calificación de la amenaza por inundación teniendo en cuenta los criterios mencionados se recurre a la siguiente matriz:

Tabla 5-16. Matriz de calificación de la amenaza por inundación

Probabilidad de falla	Nivel de peligrosidad del flujo de agua		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

Los resultados de las anteriores variables permitieron establecer las siguientes categorías de amenaza por inundación para la zona urbana de Cañasgordas, que se muestran en el mapa de amenaza por Inundación.

Amenaza alta por inundación: Aquella zona de la llanura de inundación que se considera como área de desagüe de las crecientes con periodo de retorno $Tr \leq 100$ años. Dentro de esta zona se afectada la cancha localizada en la Calle 28 con Carrera 26, Adicionalmente se ven afectadas las viviendas cercanas a la zona de intersección de la Quebrada Apucarpo con el Río Cañasgordas.

Amenaza baja por inundación: Esta zona esta conformada principalmente por las viviendas que se encuentran localizadas en zonas de ronda hidráulica del rio Cañasgordas de las Quebradas y cauces transversales que transitan por el area urbana del municipio.

Zonas sin Amenaza por inundación: La amenaza nula por inundación lo conforman aquellas manzanas que no se encuentran invadiendo la ronda hidráulica de los cauces que transitan por el municipio de Cañasgordas.

5.4.5 Precisión de la modelación de la amenaza

Como ya se menciona anteriormente la precisión de los resultados obtenidos se definió en función de la comparación cartográfica de los diferentes temáticos relacionados, así se comparó el mapa geomorfológico que establece el cauce activo con los niveles de inundación del modelo hidráulico.

Contrastando las dos cartografías se puede observar una buena correspondencia entre las terrazas inundables y los límites de inundación para Tr de 100 años, que permite inferir que los resultados obtenidos son coherentes con la realidad.

En conclusión se puede afirmar que los resultados presentados son coherentes ajustados a la realidad del proceso físico, es decir reflejan la condición de inundación de la zona urbana del Municipio de Cañasgordas.

5.4.6 Resultados

Los eventos de inundación de la zona urbana de Cañasgordas se presentan para periodos de retorno menores de 100 años, que se consideran probabilidades de ocurrencia bajas.

El nivel de peligrosidad en los sectores donde se presenta los eventos de inundación es alto porque las alturas de nivel de agua son mayores de 0.5 m y las velocidades son superiores a 1m/s, además el producto de la velocidad con la altura de agua es mayor de 0.5, es decir que cuando ocurre un evento de inundación los daños a las viviendas y a la comunidad es considerable.

Las áreas de amenaza alta por inundación son aquellas que se encuentran en cercanías del cauce del rio y se pueden llegar a ver afectadas en una creciente con periodo de retorno de 100 años, dentro del municipio algunas manzanas presentan esta condición pero no se ven afectadas en las zonas urbanizadas de las mismas, casi siempre son los patios (parte trasera de la edificación), estas son C59, C49, C83, C54a, C76, C46, C78, C61, C42, C36b, C35, C22, C16, C47, C12, C11, C08, C07, C05, C04, C03, C01a y C01b.

como la mayor parte de estas áreas son zonas no urbanizadas, se recomienda la restricción del uso del suelo y la recuperación ambiental.

Las áreas de amenaza baja por inundación son aquellas que se encuentran entre la línea de inundación para el periodo de retorno de 100 años y la ronda hidráulica definida para cada uno de los cauces continuos e intermitentes que transitan por el municipio; en esta zona identificamos las manzanas C59, C60, C54b, C75, C76, C83, C41, C46, C43, C78, C61, C42, C36b, C62, C36b, C35, C22, C21, C17, C16, C47, C18, C12, C84, C81, C05, C06, C84, C04, C03, C01b, C01a.

La característica principal geomorfológica del río Cañasgordas es torrencial, con secciones transversales en “V” y suelos resistentes a la erosión en sus riberas con la presencia de controles estructurales en algunos sectores, condiciones que minimizan los eventos de inundaciones, sin embargo existen sectores donde se evidencia inundaciones para periodos de retorno mayores a 100 años, especialmente en los depósitos de las curvas internas del río Cañasgordas.

5.5 AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

La amenaza por fenómenos de remoción en masa se enfoca de dos maneras:

- A la identificación de sectores inestables de las márgenes del río Sucio y Quebradas Apucarpo, La Llorona, Careperro y otras a la altura del casco urbano del municipio, que por sus características generen riesgo para la comunidad.
- A la identificación de zonas inestables en las laderas aledañas al sector urbano y que por sus características y alcances generen una condición de riesgo para la comunidad.

La evaluación de esta amenaza se sustenta en el inventario de procesos actuales, evidencias de procesos antiguos que han afectado las márgenes del río y las laderas y los análisis de estabilidad. En el capítulo de información Base, en los aspectos geomorfológicos se presenta la dinámica actual del cauce y en este capítulo se realiza un inventario detallado de puntos inestables y sectores con obras de contención.

5.5.1 Condiciones Actuales

En la actualidad, el municipio de Cañasgordas esta siendo afectados por dos procesos de remoción en masa de diverso tipo: inestabilidad de márgenes del Río Sucio y sus quebradas afluentes y deslizamientos o flujos superficiales que proviene de las laderas contiguas al municipio. Cada tipo de proceso genera condiciones de estabilidad diferentes las cuales se describen con detalle en el inventario de procesos.

La inestabilidad de márgenes está asociada a la pérdida de vegetación en los taludes naturales, a la disposición inadecuada de aguas lluvias proveniente de la captación de aguas a nivel de la vía o a la disposición de aguas lluvias y residuales de viviendas directamente sobre la ladera. Estas acciones sobre el talud generan erosión diferencial y facilitan la acción directa de la corriente del Río o quebrada, ahondando el proceso. Los

casos más comunes se presentan en inmediaciones a la vía variante al mar, donde la falta de descoles adecuados han generado grandes áreas afectadas por inestabilidad, hasta el punto de comprometer la estabilidad de la banca.

Los deslizamientos y flujos superficiales se presentan en las laderas circundantes al sector urbano, con variación de la velocidad de los mismos. Las laderas más afectadas son las contiguas a la vía al mar y las laderas centro occidentales, las cuales muestran signos de deslizamientos antiguos y recientes sobre materiales arcillosos.

El centro fundacional no se ve afectado por fenómenos de remoción en masa ya que las terrazas sobre las que fueron asentadas no presentan signos de inestabilidad, especialmente en las zonas planas.

5.5.2 Inventario de procesos

Durante las visitas de campo efectuadas a la zona de estudio se llevó a cabo la identificación de fenómenos de remoción en masa relacionados con diversos procesos por incidencia de la corriente del Río Cañasgordas o por inestabilidad de las laderas. En esta sección se presenta una descripción detallada de las observaciones hechas en los puntos mas relevantes.

5.5.2.1 Procesos en zonas de ladera

Colegio Eduardo Herrera

En este sector se observan flujos y deslizamientos potenciales o en estado incipiente, que se originan por la escorrentía superficial en materiales limosos. Este proceso junto a la inestabilidad de la margen del río contigua, están afectando la estructura.



Fotografía 5-1 Flujos superficiales Colegio Eduardo Herrera.

Sector Los Balsos.

Se han producido flujos superficiales por deforestación, mal manejo de cultivos y cortes de emplazamiento de vivienda. Las aguas de escorrentía no han sido recogidas adecuadamente, lo cual satura los materiales superficiales y activa los flujos. Los

materiales involucrados corresponden a arcillas limosas con gravas, pertenecientes a la terraza 4.



Fotografía 5-2 Flujos en el sector Los balsos

Variante al mar

En este sector aledaño a la variante se observan flujos superficiales en materiales limosos (suelos residuales) que se generan por deforestación, uso inadecuado del suelo (cultivos y ganadería) y escorrentía en pendiente alta o moderada. La fotografía 3 muestra estos procesos.



Fotografía 5-3 Flujos superficiales en variante al mar

Estos procesos son comunes en el sector sur y centro oriental, los cuales tienen como factor detonante la lluvia y como factor intrínseco la pendiente. Además, el corte vial modificó las pendientes, favoreciendo la aparición del flujo o deslizamiento.

Laderas cercanas a quebrada Apucarco.

Se observan cicatrices antiguas y recientes de deslizamiento rotaciones que involucran espesores cercanos a los dos metros. Estos procesos se generan por el proceso de

urbanismo, el cual contemplo la deforestación y la implantación de cultivos. Este deslizamiento se encuentra en estado activo.



Fotografía 5-4 Deslizamiento cercano a quebrada Apucarpo

Ladera occidental, parte alta del barrio Santa Ana.

Este sector se ve afectado por flujos y reptación, acelerados por la saturación de los estratos superficiales. Estos procesos son similares a los observados en la misma ladera buzando hacia el oriente y que pueden afectar algunas viviendas.



Fotografía 5-5 Flujos parte alta barrio Santa Ana.

Ladera occidental aledaña a la bodega

En esta zona se observa un movimiento en la ladera tipo flujo. La vegetación se encuentra inclinada y la saturación del material es evidente al visualizar salida de agua directamente del talud. Este movimiento tiene similares características al observado en el barrio Santa Ana.



Fotografía 5-6 Flujos en ladera occidental.

5.5.2.2 Río cañasgordas

Aguas abajo cerca de confluencia con la quebrada La Llorona.

Esta zona se ha visto afectada por la intervención antrópica en la elaboración de islas o acumulación de materiales, lo cual ha generado variación en el cauce y por ende socavación lateral de las márgenes. Los cambios morfométricos son evidentes y la pérdida del material – fragmentos de roca en matriz limosa – ha generado deslizamientos y erosión diferencial.



Fotografía 5-7 Inestabilidad de las márgenes arriba de la confluencia con quebrada Llorona

Son varios los puntos con estos procesos, sin embargo el sitio en estado activo es el ubicado en la escuela.

Aguas abajo, confluencia con quebrada la llorona en inmediaciones a la variante.

Se observa el comienzo de deslizamientos ocasionados por la socavación lateral, la pérdida de vegetación y erosión en surcos.



Fotografía 5-8 Comienzos de inestabilidad de márgenes.

Arriba del puente de cruce de la variante.

En este sector se observan procesos de inestabilidad de márgenes en los meandros asociados a socavación lateral, con desprendimiento de material en forma continua por la acción directa del río. La fotografía 9 muestra estos procesos.



Fotografía 5-9 Inestabilidad de márgenes por socavación lateral

Estos procesos se generan inicialmente por la ausencia de descoles adecuados que conduzcan las aguas lluvias desde la vía hasta el río y por el contrario se vierten directamente sobre el talud. Las aguas vertidas generan erosión y facilitan la acción erosiva del corriente, generando un proceso cíclico de deslave y pérdida de material.

Bomba de servicio.

Se observa un deslizamiento en el talud cercano a la bomba de servicio, el cual inicialmente presentaba características de flujo y donde ahora se observa una inestabilidad de la margen. La acción del río ha acelerado el proceso y más aún, la deforestación reciente que ha tenido el talud (Fotografía 10).

En la fotografía superior se observa el deslizamiento general. Las viviendas de la parte superior se han visto afectadas como se presentan en las fotografías inferiores y la vegetación está perdiendo soporte (Fotografía 11).



Fotografía 5-10 Deslizamiento en bomba de servicio.



Fotografía 5-11 Afectación de las edificaciones por deslizamiento en bomba de servicio.

Margen derecha, donde anteriormente existían un puente en concreto.

En este sector se observa inestabilidad de las márgenes por socavación lateral y vertical, hasta el punto de comprometer la estabilidad del puente apoyado en estas. El puente que ya perdió soporte en la margen derecha, fue levantado nuevamente con una sistema poco técnico, con materiales inadecuados y sin garantizar la estabilidad del mismo.



Fotografía 5-12 Inestabilidad de la margen del puente levantado en condiciones inadecuadas.

Puente cercano a la plaza de mercado

En este sector se observa socavación lateral de la margen derecha, comprometiendo la aleta derecha y la cimentación del mismo. La acción de la corriente ha generado pérdida de material detrás de la aleta, dejándola al descubierto y formando un proceso cíclico con un gran avance.



Fotografía 5-13 Socavacion lateral en el puente cercano a la plaza de mercado.

Variante a mar

En inmediaciones a la variante al mar, hacia el sur y centro de la población, se observa inestabilidad de márgenes por disposición de aguas directamente en el talud, las cuales son recogidas a la altura de la vía pero sin descoles adecuado para la entrega de las misma al río. Este proceso ha sido hondado por la socavación lateral de Río Cañasgordas.

Este proceso tiene dimensiones cercanas a los 80 metros de longitud y 15 metros de altura, comprometiendo al funcionalidad de un sector de la vía y estableciendo una condición de inestabilidad en todo el talud. Además, los materiales desprendidos

umentan la carga de sedimentos del río, buscando a su vez el ensachamiento del cauce y por ende cambiando la dinámica del río en este sector y aguas abajo.



Fotografía 5-14 Inestabilidad de márgenes - inmediaciones a la variante.

Matadero municipal

En este sector se observa la inestabilidad de la margen derecha causada por la mala dsiposición de aguas y agravada por la acción del río que genera socavación lateral y un movimiento tipo deslizamiento rotacional. La vegetación del deslizamiento se ha mantenido, lo cual indica que la masa movilizada pueden estabilizarse rápidamente por medio de un nuevo crecimiento de los arbustos nativos.



Fotografía 5-15 Deslizamiento en fente del matadero municipal.

5.5.2.3 Quebradas anexas

Quebrada La Llorona, socavación lateral por desviación antrópica del río que causa variación en el cauce natural. Los habitantes del sector han modificado el cauce natural con el fin de recoger materiales tipo arena transportados por la corriente.



Fotografía 5-16 Socavación lateral en quebrada llorona.

5.5.3 Zonificación geotécnica

Una vez establecidos los criterios geomorfológicos y antrópicos que condicionan la evolución de las laderas en el área de estudio, se establece una zonificación geológico-geotécnica que determinan zonas con comportamientos geotécnicos similares, con tipologías y dinámicas de movimientos característicos en cada zona.

Para la zonificación se tiene en cuenta la distribución urbanística del área en estudio, los aspectos relevantes geológicos y geomorfológicos de las quebradas y ríos existentes y de los depósitos, los parámetros físicos y mecánicos de los materiales propios de la zona y finalmente los aspectos antrópicos. Las zonas se establecen con criterios dinámicos, sobre las cuales se asocia una condición predominante de estabilidad en términos del factor de seguridad o probabilidad de falla.

Por lo tanto las zonas geotécnicas establecidas son las mismas que se definieron en la caracterización geotécnica y que se resumen a continuación:

ZONAS DE LADERA

Zona A	Zona de ladera, sector Noroccidental
Zona B	Zona de ladera, sector Suroccidental

Zona C	Zona de ladera, sector Suroriental
Zona D	Zona de ladera, sector Centro oriental
Zona E	Zona de ladera, sector Nororiental
Zona F	Zona de ladera, sector Centro occidental

ZONAS DE TERRAZA

Zona T0	Terraza aluvial reciente, menor a 1.0 metros de espesor
Zona T1	Terraza aluvial reciente, menor a 3.0 metros de espesor
Zona T2	Terraza aluvial antigua, de 3.0 a 8.0 metros de espesor
Zona T3	Terraza aluvial antigua, de 8.0 a 20.0 metros de espesor
Zona T4	Terraza aluvial antigua, mayor a 20.0 metros de espesor

Para cada una de las zonas y para efectos de los análisis de estabilidad se establecieron los modelos geotécnicos con base en simplificaciones generales de geometrías de los taludes, el modelo geológico y de acuerdo con las perforaciones realizadas en los programas de exploración del subsuelo. Adicionalmente, para cada una de las secciones se chequeó la estabilidad general de la ladera.

5.5.4 Análisis de estabilidad

5.5.4.1 Generalidades

Con el fin de evaluar la estabilidad de las laderas aledañas al casco urbano, se definieron las condiciones generales de estabilidad de las zonas geotécnicas, realizando análisis de estabilidad en condiciones actuales y condiciones críticas definidas así:

- **Condición actual:** se establece como la condición de servicio: sin nivel de agua asociado.
- **Condición crítica:** Considerando el efecto de un nivel de saturación de materiales finos, con $H_u=0.2$ (Nivel de presión de poros) y una inclusión de onda sísmica.

Cabe recordar que durante la ejecución del programa de exploración no se registraron niveles de agua a lo largo del área en estudio. En los análisis de estabilidad se utilizó el método de equilibrio límite- método de Bishop Simplificado. Los lineamientos de las secciones de análisis se muestran en el plano Exploración geotécnica y en el **Anexo de Evaluación de Amenaza (F)** se presentan los modelos geotécnicos.

Con el fin de establecer la superficie crítica de las secciones de análisis, se hizo un análisis probabilístico en el que se consideraron los parámetros geomecánicos a partir de la variabilidad de los resultados obtenidos de ensayos de laboratorio e inferidos de ensayos de campo. Mediante análisis estadísticos se obtuvieron el promedio y la desviación estándar de los valores de resistencia al corte y del peso unitario de los materiales involucrados.

5.5.4.2 Morfología y modelo geológico – geotécnico de las laderas

Teniendo en cuenta la extensión del municipio y la variación de las pendientes en las laderas, se establecieron geometrías tipo de las laderas las cuales constan de una altura constante y la variación de la distancia horizontal, de tal forma que se establezca variabilidad en las pendientes del terreno. Se construyeron modelos tipo para 15, 30, 45 y 60 grados de inclinación del talud.

Además y para tener en cuenta la variabilidad de los materiales encontrados, se estableció un modelo geológico geotécnico para cada zona geotécnica de ladera (sectores A-B-C-D-E-F) y para las terrazas mayores a 3.0 metros (T4, T3 y T2), de tal forma que al combinarlos con las geometrías de 4 ángulos se pueda abarcar la totalidad del área de trabajo.

Es necesario anotar que por la forma de las terrazas (T4, T3 y T2) estas se modelaron con geofomas de 15 y 30 grados, mientras que las laderas se modelaron con 30, 45 y 60 grados.

Los modelos incluyeron la zona de pendiente (media ladera) y una zona plana en la corona y en el pie de la ladera, de tal forma que se consideren posibles superficies de falla que involucren falla de fondo o Grietas de tracción en la zona superior.

En la figura 5-35 se presenta un ejemplo de los modelos elaborados. En las fichas de amenaza ubicadas en el anexo F se presentan las formas de cada una de las combinaciones mencionadas.

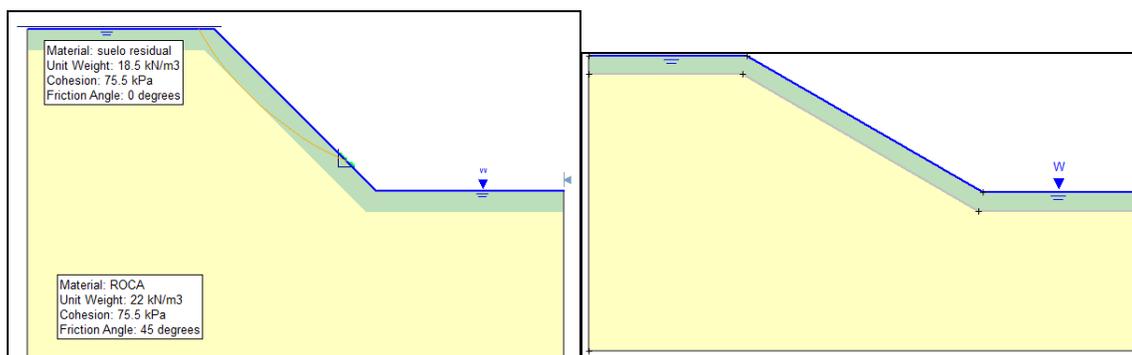


Figura 5-35 Esquema general de los modelos geométricos: 45 y 30 grados.

5.5.4.3 Parámetros de entrada de los materiales

Con el fin de determinar los parámetros de los materiales superficiales, es decir los suelos residuales o los primeros metros de la terraza, se realizó un análisis de sensibilidad de los parámetros de resistencia de los suelos cohesión y ángulo de fricción, para cada uno de las pendientes consideradas en las laderas.

El análisis de sensibilidad consiste en la variación del ángulo de fricción y la cohesión, encontrando la dupla estricta que genere una superficie de falla con factor de seguridad

igual a 1 o en equilibrio límite. Esto se realiza para las cuatro condiciones o escenarios de estabilidad:

- SASA Sin agua sin sismo
- CASS Con agua sin sismo
- SACS Sin agua con sismo
- CACS Con agua con sismo

Las variaciones de parámetros con las geometrías de talud descritas en el numeral 5.5.4.2 se modelaron en el programa SLIDE 5.0, usando las siguientes consideraciones:

- Análisis de equilibrio límite - método de Bishop Simplificado - con superficie de falla circular.
- Las variables que requiere el programa corresponde al ángulo de fricción interna, la cohesión y el peso unitario (el cual es constante para el análisis de estabilidad).
- Utiliza el método determinístico.

Los resultados de la modelación para el sector E se muestran como ejemplo en la tabla 5-17 y la figura 5-36. En el anexo F se presentan los resultados para el total de los sectores.

Tabla 5-17 Tabla ejemplo de análisis de sensibilidad parámetros de suelos.

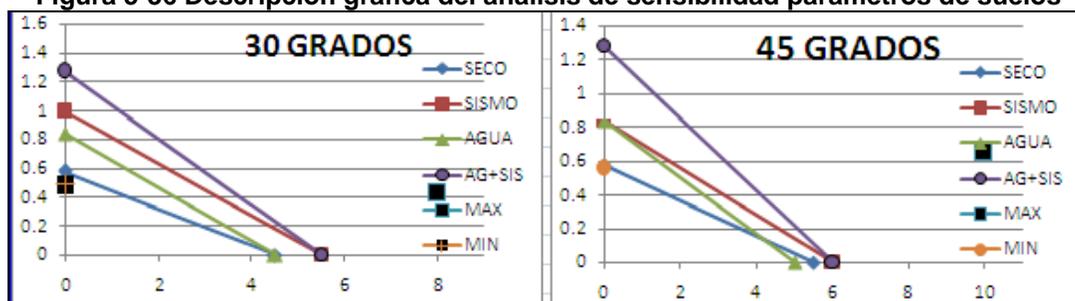
SECTOR A = SECTO																
VARIABLES	30 GRADOS								45 GRADOS							
	SECO		SISMO		AGUA		AGUA+SISMO		SECO		SISMO		AGUA		AGUA+SISMO	
C (T/M2)	0	4.5	0	5.5	0	4.5	0	5.5	0	6.5	0	7.5	0	6.5	0	7.5
Φ (°)	30	0	45	0	40	0	52	0	45	0	55	0	60	0	72	0
TAN Φ	0.58	0	1	0	0.839	0	1.279942	0	1	0	1.43	0	1.73	0	3.07768	0
FS	1	1.08	1.01	1.01	1.041	1.077	1.059	1.01	1	1.06	1.01	1.04	1	1.06	1.076	1.04

	C	φ	TANφ
MAX	8	23.3	0.4307
MIN	0	26.1	0.4899

R F

60 GRADOS								75 GRADOS							
SECO		SISMO		AGUA		AGUA+SISMO		SECO		SISMO		AGUA		AGUA+SISMO	
0	7.5	0	8.5	0	7.5	3	8.5	0	9	0	10	18	9	25	10
60	0	70	0	85	0	85	0	75	0	85	0	85	0	85	0
1.73	0	2.75	0	11.4	0	11.43	0	3.73	0	11.4	0	11.4	0	11.43	0
1	1.02	1	1.04	1	1.02	1.002	1.04	1	1.06	1	1.07	1	1.06	0.996	1.07

Figura 5-36 Descripción grafica del análisis de sensibilidad parámetros de suelos



Una vez se obtienen los parámetros teóricos, estos se comparan con los parámetros obtenidos por el ensayo de SPT y por los parámetros obtenidos de ensayos de laboratorio, de tal manera que se pueda analizar globalmente cual es la tendencia general de la cohesión y el ángulo de fricción de cada uno de los suelos. Además, para aquellas condiciones que simulen algunos de los procesos inventariados en campo, se pueden establecer cuales son los parámetros del momento de la falla o en su condición actual.

Como resultado y en términos generales, los parámetros geomecánicos finales presentan las siguientes características:

- Los valores de ángulos de fricción obtenidos del ensayo de SPT simulan adecuadamente el comportamiento de los materiales, con excepción de la arcilla café que presenta comportamiento no drenado ($c=0$).
- Para la arcilla limosa con comportamiento no drenado, se asumen como representativos los resultados de la compresión inconfiada ejecutada en laboratorio sobre una muestra inalterada de la perforación.
- Los valores de cohesión son tomados de análisis teóricos pero validados y calibrados con los inventarios de procesos.

A continuación se resumen los datos geomecánicos y estadísticos considerados en los análisis de estabilidad:

Tabla 5-18 Caracterización geomecánica para los análisis de estabilidad

SECTOR	Material representativo	c' (ton/m ²)	ϕ' (°)
A	Arcilla café	7.55	0.0
B	Limo arcilloso	5.5	26.5
C	Limo arenoso	5	33.0
D	Limo arcilloso	5.5	26.5
E	Arena limosa	3.5	32.0
F	Arcilla café	7.55	0.0
T4	Limo arcilloso	3.0	26.5
T3	Limo arenoso	0.1	36.2
T2	Limo arenoso	0.1	36.2

5.5.4.4 Obtención de los factores de seguridad.

Una vez establecidos los parámetros geomecánicos, se realiza la obtención de los factores de seguridad para cada una de las geometrías definidas y de los modelos geológicos (1 modelo por sector).

Los resultados del análisis de estabilidad se resume en una gráfica (ver figura 5-37) que muestra la disposición de los materiales en el perfil junto con el nivel del agua (si lo hay), la superficie de falla cuyo factor de seguridad es el menor y que muestra el mecanismo de falla, la escala de colores del factor de seguridad y un gráfico con las superficies de falla más críticas. Así mismo, se presenta un resumen de los factores de seguridad, tanto determinísticos como probabilístico.

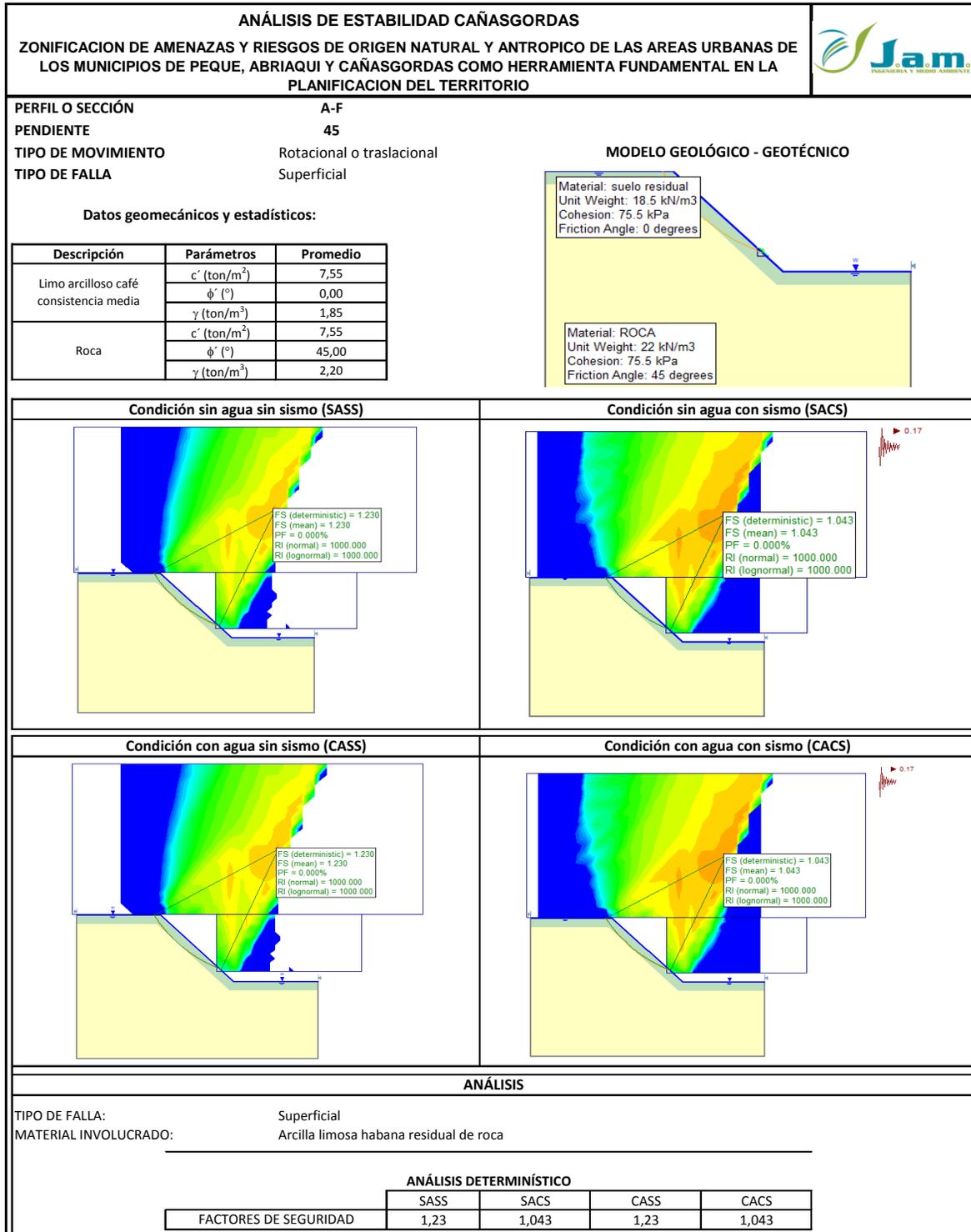
En los análisis de estabilidad se empleó el programa Slide 5.0, que tiene las siguientes características:

- Análisis de equilibrio límite con superficie de falla circular.
- Las variables que requiere el programa corresponde al ángulo de fricción interna, la cohesión y el peso unitario.
- Utiliza el método probabilístico de Monte Carlo.
- La probabilidad de falla la define como la proporción entre el número de superficies con $F.S. \leq 1.0$ y el número total de superficies de falla generadas.
- El F.S. probabilístico se considera como el valor promedio de los factores de seguridad obtenidos de todas las superficies generadas.
- Se consideró la variación del agua y su influencia en la estabilidad de la ladera, por medio de un análisis de sensibilidad del factor RU.

Para efectos de análisis se estableció en el programa 100 combinaciones aleatorias con los parámetros de la tabla anterior.

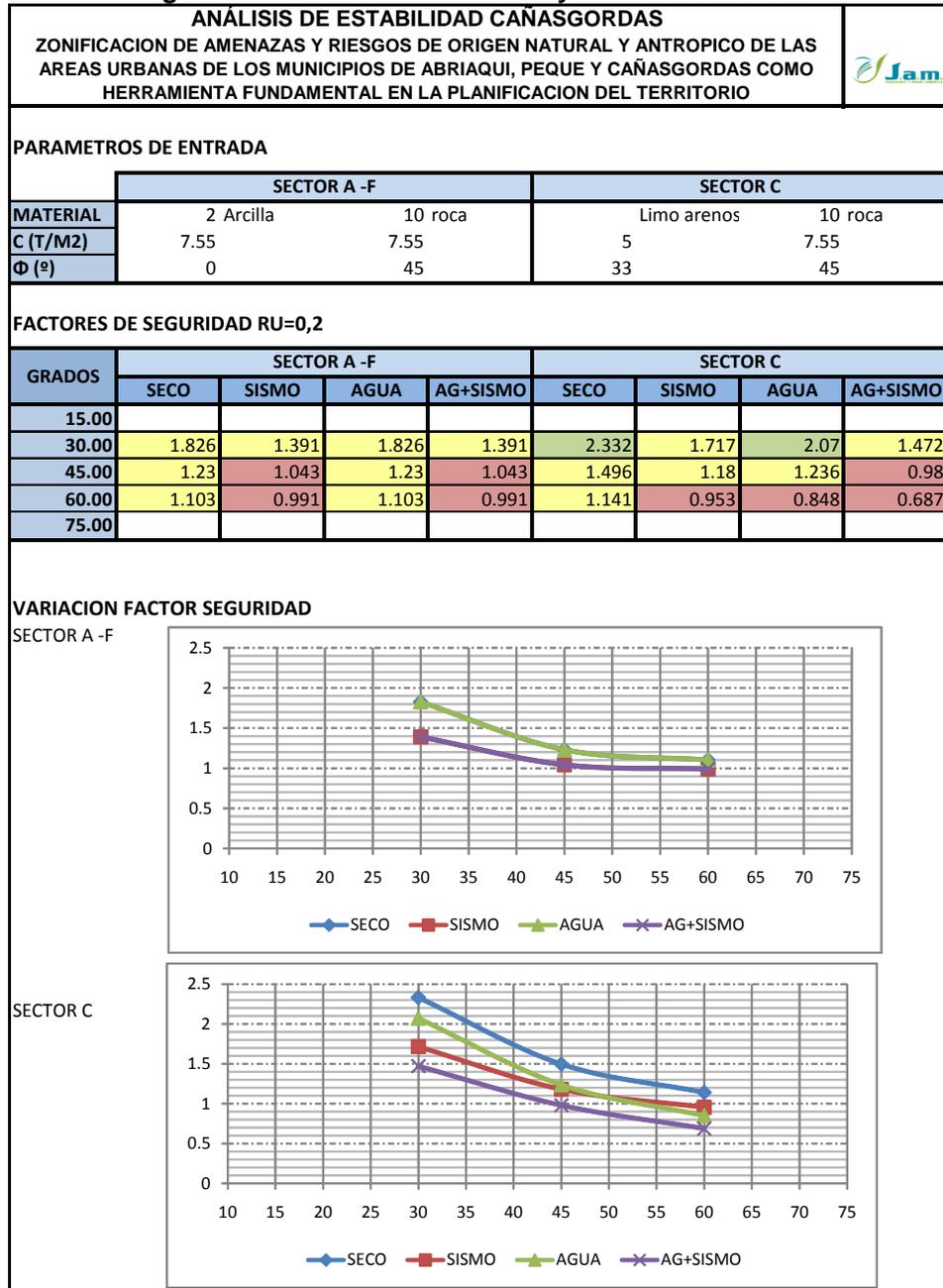
Los resultados de estabilidad para cada sector, pendiente de ladera y condición de modelamiento se presentan en una carta individual. En el anexo F se presentan las cartas individuales y el ejemplo se presenta en la figura 5-37.

Figura 5-37 Ejemplo de análisis de estabilidad de laderas – Sección A, 45 Grados de pendiente del terreno.



Los resultados de cada análisis se incluyen en una carta de estabilidad general por sectores, de la cual se presenta como ejemplo la obtenida para los sectores A-F y C. Esta carta permite conocer, para cada escenario probable, la variabilidad de los factores de seguridad de las laderas. En el **Anexo de Evaluación de Amenaza (F)** se presentan los formatos con los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad de las secciones mencionadas, los cuales contemplan las condiciones actuales y críticas. En la Figura 5-38 se presenta un ejemplo del formato usado para la presentación del análisis de estabilidad.

Figura 5-38 Cartas de estabilidad y amenaza asociada.



A partir de las cartas de estabilidad se realizó la zonificación de amenaza. Sin embargo y debido a los mecanismos de falla identificados, se hace necesario identificar las distancias de viaje de la masa desplazada.

Para la estimación de esta distancia existen varios modelos mencionados por González (2005) los cuales han sido analizados y resumidos recientemente por Hungr, Corominas y Eberhardt (2005). Por su simplicidad, el autor recomienda el Método de Finlay et al (1999) el cual se basa en las siguientes correlaciones empíricas obtenidas de deslizamientos en Hong Kong. Para el caso del municipio de Cañasgordas, la pendiente y forma de las laderas se asemejan a zonas de cortes, donde la distancia de viaje es:

$$\text{Zonas de Cortes} \quad \log(L) = 0.109 + 1.010 \log(H) - 0.506 \log(\tan \delta)$$

En donde:

L = distancia de viaje (m), desde la cresta del deslizamiento hasta el extremo de la masa movida

H = caída vertical (m), también desde la cresta del movimiento

δ = ángulo del talud

Estas ecuaciones son aplicables solamente a desplazamientos en superficies aproximadamente horizontales y fueron hechas para deslizamientos con volúmenes inferiores a 1,000 m³. El método también trae la variación de los coeficientes para el 95% de confianza y con él se obtiene que las mayores distancias se alcancen con los rellenos, seguidos de muros de contención, cortes y caída de bloques.

Realizados los cálculos para laderas con pendientes de 15, 30 y 45 grados, la distancia de viaje se presenta en la tabla 5-19.

Tabla 5-19 Distancias de viaje para diferentes ángulos de ladera

Ángulo (°)	Distancia de Viaje (m)
15	51.0
30	35.0
45	26.5

Esta longitud de viaje implica que la zona de depositación, al pie de la ladera, tiene la misma amenaza del talud inestable. Las edificaciones y elementos que se encuentren en esta trayectoria de viaje se consideran totalmente expuestos a las solicitaciones que la masa movilizada les genere.

5.5.5 Estabilidad en márgenes

Para el caso de los sectores aledaños al Río Cañasgordas afectados por inestabilidad de márgenes, se definieron dos condiciones diferentes de estabilidad:

- Lugares donde los procesos de socavación lateral, pérdida de material y/o avance de la incisión del río es notoria y clara, zonas denominadas como activas.
- Lugares donde los procesos de remoción están comenzando, la pérdida de material se reduce a la ausencia de vegetación y no hay un avance significativo del río, son zonas denominadas como potenciales.

Estas condiciones de estabilidad están directamente relacionadas con el nivel de amenaza de la margen, la cual se presenta en el numeral 5.5.6.

5.5.6 Zonificación de la Amenaza

En cuanto a la amenaza por procesos de remoción en masa, con los resultados de estabilidad se desarrolló un proceso cartográfico que permitió llegar a delimitar espacialmente los diferentes grados de amenaza (alta, media y baja) dentro de la zona de estudio, integrando la información básica hasta aquí obtenida. Este proceso consiste en la asociación de grados de amenaza según el factor de seguridad, de tal manera que a lo largo de un talud se puedan conocer los factores de seguridad y por ende, los grados de amenaza.

Para la categorización de la amenaza se estableció como criterio prevaleciente evaluar la condición crítica, la cual considera un tiempo mayor de exposición, especialmente para el evento detonante sismo. En la tabla 5-20 se presenta la categorización de la amenaza establecida en el estudio:

Tabla 5-20 Categorización de la amenaza por PRM

Factor de seguridad	Nivel de amenaza
$0.00 \leq FS \leq 1.10$	Alta A
$1.10 \leq FS \leq 1.90$	Media M
$FS \geq 1.90$	Baja B

La zonificación incluye la revisión detallada de los cambios de pendiente, de tal, forma que se pueda asignar al detalle el nivel de amenaza. Así mismo se encuentran manzanas con dos o tres categorías de amenaza, factor que influye directamente en la evaluación de la vulnerabilidad (Capítulo 6) .

Para el caso de la inestabilidad de márgenes, el criterio de zonificación esta en función de la condición de estabilidad:

- Para zonas con procesos activos, la amenaza es alta.
- Para zonas con procesos potenciales, la amenaza es media.

La Zonificación de Amenaza por PRM para el casco urbano de Cañasgordas se presenta de manera cartográfica en el plano de amenaza por FRM.

5.5.7 Evaluación de la Amenaza

A partir de los análisis de estabilidad efectuados y las observaciones realizadas en campo (criterio de experto) se caracteriza la amenaza de fenómenos de remoción en masa de las laderas adenañas e inestabilidad de las márgenes del Río Cañasgordas y Quebradas Afluentes en la zona urbana del municipio, de la siguiente manera:

Zonas de amenaza alta por FRM: las laderas adenañas a la vía variante al mar de los sectores centro y suroriental y algunas laderas del sector nororiental, incluyendo la distancia de viaje de la posible masa desplazada. La zona adenaña a la quebrada la escalera por sus altas pendientes. El sur de la manzana 12, las manzanas 11, 42, 43 (estación de servicio), 46, 59, 61, 78 y 83 fueron catalogadas con amenaza alta por inestabilidad de márgenes, aunque no involucra la totalidad de los predios y las manzanas 15, 41, 62, 80 y 84 son catalogadas por encontrarse a media ladera o en el pie de un posible deslizamiento.

Zona de amenaza media: en esta zona se encuentran las laderas del sector centro oriental y sur oriental junto a la zona de acumulación de un posible deslizamiento (manzanas 1a, 2, 6, 9, 10, 14, 15, 19, 24, 25, 26, 31, 32 a y b, 38 a, 38b, 39, 40, 41, 45, 50, 51, 52, 53, 54 a y b, 55, 58, 60, 79 y 84) el sector la esperanza, la institución Nicolás Gaviria, y algunas manzanas en cercanías al río Sucio que podrían ser afectadas por una posible inestabilidad de márgenes (11, 12, 21, 42, 43 y 46).

Zona de Amenaza baja: son sectores que no están expuestos a fenómenos de remoción en masa o que la probabilidad de ocurrencia del fenómeno es muy baja. Las manzanas catalogadas en este grado están ubicadas en terrazas planas o de pendientes cercanas a los 15 grados, incluyendo el centro fundacional y las manzanas circundantes a este, algunas manzanas del sector sur, el sector la esperanza y la mayoría del área de Imantago.

Es importante notar que la vía variante al mar se encuentra en su mayoría en Amenaza Alta, lo cual implica una alta posibilidad de taponamiento o pérdida de banca. Sin embargo, es necesario aclarar que por su carácter nacional, su jurisdicción está asociada a INVIAS y sobre ella recae la responsabilidad de mitigar la amenaza y el riesgo.

CONTENIDO

6	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	6-1
6.1	INTRODUCCIÓN.....	6-1
6.2	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	6-1
6.3	CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	6-1
6.4	IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO	6-3
6.5	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	6-4
6.5.1	<i>Vulnerabilidad por torrencialidad.....</i>	<i>6-4</i>
6.5.2	<i>Vulnerabilidad por Inundación</i>	<i>6-5</i>
6.5.3	<i>Vulnerabilidad por Fenómenos de remoción en masa</i>	<i>6-5</i>
6.5.3.1	Edificaciones.....	6-5
6.5.3.2	Vías y obras de infraestructura	6-8
6.5.4	<i>Vulnerabilidad de la sociedad</i>	<i>6-8</i>
6.5.5	<i>Vulnerabilidad institucional</i>	<i>6-15</i>

LISTADO DE TABLAS

Tabla 6-1	Intensidad de daño en edificaciones (Índice de Daño). Tomada de JAM, 2005	6-6
Tabla 6-2	Matriz de intensidades de daños para viviendas. Leone, 1996.....	6-6
Tabla 6-3	Categorización niveles de vulnerabilidad.....	6-7
Tabla 6-4.	Factores de vulnerabilidad de la valoración de vulnerabilidad social.....	6-10
Tabla 6-5.	Fragilidad social y factor de resiliencia por manzana	6-10
Tabla 6-6.	Clasificación de la fragilidad social por vivienda.....	6-11
Tabla 6-7.	Fragilidad social y factor de resiliencia por familia	6-12
Tabla 6-8.	Clasificación de la fragilidad social por familia entrevistada.....	6-13
Tabla 6-9.	Vulnerabilidad social de las manzanas del área de estudio en el Municipio de Cañasgordas	6-14

LISTADO DE FIGURAS

Figura 6-1	Distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad social en el área de estudio	6-13
------------	--	------

6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

6.1 INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Vulnerabilidad se adelanta a partir de la identificación de los elementos urbanos localizados sobre las márgenes y valle de inundación del Río Cañasgordas, y las edificaciones o población cercana a las laderas. Es así como a partir del inventario de manzanas, la zonificación por los eventos de inundación y fenómenos de remoción en masa, se definen los elementos amenazados en cada zona y su nivel de exposición.

Así, en forma semi cuantitativa se establece el nivel de vulnerabilidad física, corporal y social de cada una de las manzanas que se encuentran dentro de las franjas de inundación, torrencialidad y fenómenos de remoción en masa, en función de los posibles daños que pueden llegar a sufrir los elementos expuestos situados en la zona de afectación previsible por los eventos amenazantes. El nivel de daño de los elementos expuestos se define en función de la tipología característica de cada una de las manzanas establecida en la caracterización del área en estudio y los modos de daño asociados a la sollicitación impuesta por la corriente de agua y por los procesos de inestabilidad.

6.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

La identificación de los elementos expuestos para los eventos de torrencialidad, inundación y fenómenos de remoción en masa, se adelantó en función de las zonas de influencia establecida en los respectivos mapas de Amenaza. Para efectos del estudio se estableció como unidad base de mapeo la manzana, teniendo en cuenta las características urbanísticas del área, que la información DANE y catastral se encuentra a nivel de manzana y que las actuaciones sobre el entorno urbano deben hacerse a nivel de manzana.

Para tal efecto el área de estudio se delimito urbanísticamente, con las manzanas que se identificaron que posiblemente podían ser afectadas por la ocurrencia de eventos de torrencialidad e inundación asociadas al Río Cañasgordas y las laderas aledañas al municipio, de acuerdo con los alcances del presente estudio.

En resumen para el análisis de vulnerabilidad se toman como elementos expuestos, las unidades habitacionales y las personas. Sobre las unidades habitacionales se define la vulnerabilidad física como posible daño de las mismas, sobre las personas su afectación corporal y sobre la comunidad su vulnerabilidad social.

6.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

La caracterización de los elementos expuestos permite hacer una evaluación sobre el estado de cada una de las unidades habitacionales construidas, con un carácter más cualitativo que cuantitativo, sobre aspectos como la tipología estructural y la condición de los habitantes, con el objetivo primordial de identificar de manera conceptual su resistencia y capacidad de respuesta ante eventos de inundación o de deslizamientos.

Sobre este aspecto, conviene agregar que en general, casi ninguna edificación y mucho menos las que ocupan la atención de este estudio son diseñadas, ni construidas específicamente para resistir empujes o fuerzas laterales generadas por la corriente de agua, ni soportar desplazamientos producto de la acción de un deslizamiento y que por lo tanto, la evaluación que sobre el particular puede hacerse con base en el inventario es muy limitada. Más aún si las edificaciones del área en su construcción responden a una necesidad primaria de vivienda y esta además responde a la capacidad de respuesta de su propietario, a las necesidades de espacio, reflejando el nivel socio económico y cultural del mismo.

Así, la caracterización de los elementos expuestos, se estableció con base en la visita de reconocimiento realizada a la zona de estudio y consistió en:

- Identificación general de las características de tipología de las viviendas.
- Muestreo de tipología de vivienda por manzana.
- Caracterización de la población a nivel de manzana.
- Definición de tipología de viviendas a nivel de Manzana.

Identificación general de tipología de viviendas: La tipología de las estructuras se asocia de acuerdo a su naturaleza y a la capacidad de resistencia ante la acción que produce fuerzas externas, como por ejemplo la capacidad de resistir el empuje hidrostático de la corriente de agua o la pérdida de soporte por la ocurrencia de un deslizamiento. Una estructura en concreto seguramente presenta una mayor capacidad de resistencia que una estructura hecha con madera.

Es por esto, que la capacidad de respuesta o la vulnerabilidad física se evalúa de acuerdo al tipo de estructura definida para cada una de las manzanas mediante las características establecidas en campo.

Vale la pena anotar que las viviendas se referenciaron espacialmente en el área de estudio, de tal forma que resulta sencillo asignarles el tipo de evento amenazante al que están expuestas, según su localización en el valle de inundación, en las márgenes del cauce principal o las laderas.

Muestreo de Viviendas: Con base en la anterior identificación de tipología de viviendas se adelantó el inventario de las mismas de manera sistemática en cada una de las manzanas identificadas como elementos vulnerables. El formato de inventario empleado se presenta en el Anexo E.

Para tal fin se utilizó como instrumento de recolección de información el formato ajustado de inventario de viviendas que permite establecer las condiciones generales de la vivienda y la identificación de daños asociados a inundaciones o Fenómenos de remoción en masa. En la siguiente página se muestra la localización de los predios inventariados.

El formulario de inventario consta de cuatro bloques o partes básicas de información, mediante los cuales se pretende cubrir los alcances y objetivos del estudio, como es la de evaluar la vulnerabilidad física y social del predio:

La parte I, denominada Datos Básicos, se pretende obtener información de la identificación catastral del predio, propietario, tiempo de permanencia, tipo de vivienda en cuanto a su número de plantas y área construida, ocupación y cobertura de servicios.

La parte II, Condición Estructural, permite obtener la información necesaria para establecer la ubicación espacial del predio respecto a la ladera, tipo de cimentación, sistema estructural y estado de la misma.

La parte III, Daños, permite identificar el estado físico de la vivienda frente a la ocurrencia o no de eventos tipo inundación o FRM, su grado de exposición, condición estructural, el tipo de daño, los elementos afectados y dictar recomendaciones en cuanto a medidas de mitigación de ser necesario.

La parte IV, denominada Aspecto Social, pretende identificar la participación de los habitantes en la gestión comunitaria, inferir el nivel de ingresos y la percepción del riesgo.

Para la ejecución del trabajo de inventario de viviendas, se contó con los planos prediales a nivel de manzana o predio obtenido de la cartografía DANE o catastro Municipal.

Caracterización de la población: Los resultados de esta caracterización se muestran en el numeral de vulnerabilidad social.

Tipología de viviendas: La tipología de viviendas se adelanta a nivel de manzana de acuerdo a lo expuesto anteriormente.

6.4 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO

Esta identificación busca para cada evento generador de daño, inundación y deslizamientos, establecer la forma como se representa la acción sobre los elementos vulnerables y la manera como se produce el daño.

Procesos de daño por inundación: Una inundación puede producir arrastre, empujes, flotación, socavación, traslación o volcamiento sobre una estructura, estas acciones están dadas en función de las características de la creciente, especialmente la altura de lámina de agua o cálao y velocidad de misma.

Teniendo en cuenta las características de las crecientes en términos de altura y velocidad de agua, para la zona en estudio se definieron tres tipos de solicitaciones para las estructuras (vulnerabilidad física):

- Fuerza de arrastre o golpeteo – FA
- Presión hidrostática – PH.
- Socavación - SV

Ahora para tener en cuenta la afectación sobre las personas, vulnerabilidad corporal, se tuvo en cuenta la fuerza de arrastre definida cualitativamente con la velocidad de flujo y la altura de agua.

Procesos de daño por deslizamiento: Para este evento y teniendo en cuenta la localización geográfica de las construcciones, media ladera o pie, y los mecanismos de falla de los taludes que conforman las márgenes, las acciones sobre las estructuras de las viviendas son:

- Desplazamiento vertical por pérdida de soporte en la base o cimientos.
- Desplazamiento lateral o empuje en las viviendas que se encuentran en la posible trayectoria de la masa deslizada.

Los desplazamientos verticales son experimentados por los elementos localizados sobre la corona de las áreas inestables y su posible área de retroceso; su valoración se hace a partir de la dinámica de los movimientos, que para este caso específico se considera que se desencadenarían de manera súbita y rápida. Los desplazamientos laterales y empujes son experimentados por todos los elementos localizados en la parte baja de la ladera y en cercanías a esta.

6.5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

6.5.1 Vulnerabilidad por torrencialidad

Para la evaluación de vulnerabilidad se tuvo en cuenta el criterio geomorfológico de los cauces y la posición de las viviendas respecto a los mismos. En estos términos se definieron áreas con vulnerabilidad por torrencialidad y áreas sin vulnerabilidad, así:

- **Área de Vulnerabilidad Alta por Torrencialidad:** Se consideran en vulnerabilidad alta por torrencialidad el área de las manzanas que se localizan en la zona de amenaza alta por eventos torrenciales correspondientes a las terrazas T0, T1 y partes bajas de la T2 del río Cañasgordas y las Quebradas que transitan por el municipio.
- **Área de Vulnerabilidad Baja por Torrencialidad:** Se consideran en vulnerabilidad baja por torrencialidad el área de las manzanas que se localizan en la zona de amenaza baja por eventos torrenciales correspondientes a los procesos de transporte y deposición de sedimentos generados por los flujos de agua transversales al río Cañasgordas.
- **Área Sin Vulnerabilidad:** Se consideran en vulnerabilidad baja por torrencialidad el área de las manzanas que se localizan fuera de la zona de amenaza alta por eventos torrenciales.

Teniendo en cuenta la anterior zonificación, varias de las manzanas del zona urbana del municipio se encuentran en alta vulnerabilidad por eventos torrenciales debido a su posición con respecto a los cauces sobre las terrazas T1 y T2 del rio Cañasgordas y Las quebradas Apucarpo y la Llorona, dentro de estas podemos identificar las siguientes manzanas que casi en su totalidad presentan áreas de riesgo alto por avenidas torrenciales y son C59, C49, C83, C46, C16, C47, C11, C08, C81, C05, C01b, C01a, la parte baja de la manzana C75 que corresponde a la zona próxima a la Quebrada La Llorona y se encuentran en riesgo alto parcialmente algunas zonas muy próximas al Rio Sucio (Cañasgordas) de las manzanas C42, C43, C36, C35, C21, C12, C04, C03, C01,

C84, C15, C61, C62, C78, C76, C54. Como la mayor parte de estas áreas son zonas no urbanizadas, se recomienda la restricción del uso del suelo y la recuperación ambiental. (Ver Mapa de Vulnerabilidad por Torrencialidad).

Las manzanas del municipio que poseen áreas expuestas a vulnerabilidad baja por torrencialidad debida a los eventos que puedan presentarse en los cauces intermitentes al río Cañasgordas son: C60, C83, C41, C38a, C58, C26, C19, C54a, C77, C76, C78, C10, C01a, C06. (Ver Mapa de Vulnerabilidad por Torrencialidad).

6.5.2 Vulnerabilidad por Inundación

Para la evaluación de vulnerabilidad se tuvo en cuenta el criterio geomorfológico de los cauces y la posición de las viviendas respecto a los mismos, teniendo en cuenta la amenaza generada por los fenómenos que se puedan presentar considerando una creciente para un periodo de retorno de 100 años, de este modo se definieron tres (3) áreas de vulnerabilidad, definidas así:

Área de vulnerabilidad alta por inundación: Las áreas de vulnerabilidad alta por inundación son aquellas que se encuentran en cercanías del cauce del río y se pueden llegar a ver afectadas en una creciente con periodo de retorno de 100 años, dentro del municipio algunas manzanas presentan esta condición pero no se ven afectadas en las zonas urbanizadas de las mismas, estas son C59, C49, C83, C54a, C76, C46, C78, C61, C42, C36b, C35, C22, C16, C47, C12, C11, C08, C07, C05, C04, C03, C01a y C01b.

Área de Vulnerabilidad baja por inundación: Las áreas de vulnerabilidad baja por inundación son aquellas que se encuentran entre la línea de inundación para el periodo de retorno de 100 años y la ronda hidráulica definida para cada uno de los cauces continuos e intermitentes que transitan por el municipio; en esta zona identificamos las manzanas C59, C60, C54b, C75, C76, C83, C41, C46, C43, C78, C61, C42, C36b, C62, C36b, C35, C22, C21, C17, C16, C47, C18, C12, C84, C81, C05, C06, C84, C04, C03, C01b, C01a.

Área Sin Vulnerabilidad por Inundación: Las áreas del municipio que no presentan vulnerabilidad por inundación son aquellas que se encuentra por fuera de la zona de ronda hidráulica definida para el río y las quebradas que transitan por el municipio de Cañasgordas. (Ver Mapa de Vulnerabilidad por Inundación).

6.5.3 Vulnerabilidad por Fenómenos de remoción en masa

6.5.3.1 Edificaciones

Tasa de daño

Tasa de daño estructural – Edificaciones.

Con el fin de caracterizar los daños físicos de los elementos expuestos en función de los FRM amenazantes y de establecer las tasas de daño ajustadas a su entorno, las tasas de daño estructural para las edificaciones que se toman como base son las propuestas la Tabla de Clasificación de daños MADVT 2005.

Tabla 6-1 Intensidad de daño en edificaciones (Índice de Daño). Tomada de JAM, 2005

INTENSIDAD DE DAÑO	MODOS DE DAÑO	INDICE DE DAÑO (%)
I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada	0,01 – 0,1
II	Fisuración de muros. Reparaciones no urgentes	0,2 – 0,3
III	Deformaciones importantes, fisuras en elementos estructurales	0,4 – 0,6
IV	Fracturación de la estructura, evacuación inmediata	0,7 – 0,8
V	Derrumbe parcial o total de la estructura	0,9 – 1,0

Nota. El porcentaje o índice de daño queda asociado a la tasa de daño.

Matrices de daño

Las matrices de daño se definen a los cuadros de correspondencia en términos de tasa de daño (índice de daño), entre los diferentes tipos de FRM representados por un tipo de solicitud dado con su respectivo nivel de intensidad y las diferentes categorías de elementos expuestos.

Matriz de daño estructural

Esta matriz es representativa de la interacción física de los FRM y los bienes que están expuestos. Los FRM están representados por las solicitudes y los valores de los criterios de intensidad, y los elementos expuestos quedan definidos según el área de afectación del FRM.

En el caso de las edificaciones, la matriz de daño permite adelantar la asignación de los índices o intensidades de daño correspondientes en función de la tipología de las viviendas y el tipo de solicitud. La tipología de las viviendas representa la capacidad de asimilación de la estructura a solicitudes impuestas por el fenómeno amenazante. La Tabla 6-2 presenta la matriz de daño según la solicitud y Tipología de las viviendas. La no asignación de daños o no solicitud, se le define a los predios o viviendas de la zona en estudio que no se encuentran expuestos a eventos generadores de daño.

Tabla 6-2 Matriz de intensidades de daños para viviendas. Leone, 1996

SOLICITACIÓN	TIPOLOGÍA					
	A	B	C	D	E	F
Desplazamiento Vertical	V	V	V	V	V	V
Empujes	II	III	III	IV	V	I
Impactos	III	IV	V	V	V	I
Hundimiento – Desplazamiento vertical	V	V	V	V	V	V
No Solicitud	0	0	0	0	0	0

Nota: Intensidad de daño asociado según la Tabla 1.

Valoración de la vulnerabilidad

La valoración de la vulnerabilidad para las manzanas se adelanto en función de los niveles de daño en términos de afectación definidos en los numerales anteriores y los niveles de amenaza a que está expuesta la misma establecidos de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del evento y de acuerdo a su localización en el área de afectación

Para las **edificaciones** la valoración de la vulnerabilidad se adelanta en función de la tasa de daño definida anteriormente, teniendo en cuenta que las solicitaciones pueden llegar a afectar parcialmente el predio, por tanto se involucra el concepto de área de afectación. En el anexo G – Vulnerabilidad, la tabla muestra la información tabulada para el cálculo de la vulnerabilidad, desde la condición estructural de la vivienda, la amenaza asociada y el tipo de solicitación al cual está sometido el elemento y la valoración de la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se expresa por lo menos de acuerdo con una escala cualitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja, de la cual se genera el mapa de zonificación por vulnerabilidad en la escala de trabajo adoptada. Como escala de valores de la vulnerabilidad se propone usar la siguiente, la cual permite una base de comparación entre una zona y otra del municipio:

Tabla 6-3 Categorización niveles de vulnerabilidad.

NIVELES	VULNERABILIDAD
B Bajo	$0.0 \leq B < 0.3$
M Medio	$0.3 \leq M < 0.6$
A Alto	$0.6 \leq A < 1.0$

Los resultados de la cualificación de la vulnerabilidad se presentan en el Anexo G, relacionando la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social definida para cada manzana. La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se muestra en el Plano Vulnerabilidad por FRM empleando el criterio semáforo, esto es:

Tono rojo	Nivel de vulnerabilidad alto
Tono amarillo	Nivel de vulnerabilidad medio
Tono verde	Nivel de vulnerabilidad bajo

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que la vulnerabilidad física por los eventos relacionados con eventos de remoción en masa se encuentra distribuida así:

Zonas de vulnerabilidad alta por FRM: manzanas que se encuentran expuestas a un evento y podrían sufrir un desplazamiento vertical, poniendo la vivienda en condición de inestabilidad. También están incluidas aquellas manzanas donde la estructura de las viviendas es regular o mala y no soportarían los empujes de una masa desplazada. En esta categoría están las manzanas ubicadas en el límite oriental de la cabecera urbana, manzanas cercanas al río sucio al norte y suroriente del municipio. C59, C54b, C54a, C83, C46, C78, C61, C55, C38b, C39, C58, C32a, C31, C26, C25, C79, C80, C84, C06, C02, C01a.

Zona de amenaza media: Aquellas manzanas que por su exposición a un fenómeno podrían soportar algún tipo de empujes de la masa desplazada, ya sea porque están ubicadas al final de la distancia de viaje del deslizamiento o porque el área involucrada es menos a la mitad del área construida. También aplica para las viviendas que podrían sufrir desplazamiento vertical pero la exposición de la misma involucra áreas menores al 40% del área construida. En esta categoría están las manzanas C53, C52, C51, C50, C60, C45, C43, C42, C44, C38a, C32b, C19, C14, C12, C15, C09, C81.

Zona de Amenaza baja: son elementos no expuestos y en la posibilidad de que fueran alcanzados por un fenómeno de remoción en masa, los daños serían mínimos sin comprometer la estabilidad de la estructura. Corresponden a esta categoría la mayoría del centro fundacional y donde se ubica la mayor parte de la población, algunas viviendas del sector El Edén y la planta, y la mayoría el sector de Imantago.

6.5.3.2 Vías y obras de infraestructura

Una vez establecidos los niveles de amenaza por fenómenos de remoción en masa, determinadas las distancias de viaje de la masa movilizada o los alcances de la pérdida de material en la inestabilidad de una margen, se verifica la exposición de vías y obras de infraestructura frente a estos eventos.

Las laderas de suelos residuales aledañas a la vía variante al mar, fueron sometidas a corte para la construcción de las calzadas y por ende se modificaron las pendientes naturales. Al aumentar la pendiente, la probabilidad de falla aumenta y el factor de seguridad disminuye, favoreciendo el movimiento del material ladera abajo. Este material desplazado rueda hasta encontrar una zona de acumulación, la cual indica la distancia de viaje del mismo. Como la vía está en esa trayectoria de viaje, se encuentra totalmente expuesta ya sea por taponamiento, desplazamiento o rotura de la calzada, siendo totalmente vulnerable a los fenómenos de remoción en masa.

Frente a la inestabilidad de márgenes, la pérdida de material por mala disposición de aguas o por socavación lateral ha causado, en algunos puntos, la pérdida de banca. Estos procesos en estado activo generan alta amenaza y por su exposición directa la vía estaría en alta vulnerabilidad.

6.5.4 Vulnerabilidad de la sociedad

Adicional a la vulnerabilidad física de las viviendas ante una amenaza se introduce el concepto de vulnerabilidad social. Ésta permite establecer, sobre el contexto socio – económico de la población ubicada en el área de afectación, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada¹. Ante la ocurrencia de un evento potencialmente dañino, aquellos hogares con menores recursos económicos presentan una mayor dificultad para su atención que los de altos ingresos, ya que suelen tener menor capacidad de recuperarse.

La vulnerabilidad de la población expuesta puede verse incrementada por la capacidad de respuesta de las instituciones y por tanto, estos dos elementos en conjunto, constituyen la **vulnerabilidad de la sociedad**, cuya evaluación resulta básica en la gestión del riesgo ya que permite la definición de medidas de mitigación tendientes a mejorar la capacidad de respuesta tanto de las familias como de las instituciones.

La **vulnerabilidad social**, se relaciona con la *fragilidad social* y la *falta de resiliencia*. Por un lado, la fragilidad social indica que la vulnerabilidad se explica por la misma pobreza en

¹ La vulnerabilidad es compleja, multicausal y está compuesta por varias dimensiones analíticas, pues confluyen aspectos de los individuos u hogares y características económicas, políticas, culturales y ambientales de la sociedad. BUSSO G. 2002. La vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: Un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Naciones Unidas. CEPAL. CELADE.

que viven las familias, relacionándose muy de cerca, en términos causales, con sus grados de exclusión social y el peso del riesgo cotidiano que deben vencer como parte de sus vidas diarias y, por otro lado, a que precisamente ésta fragilidad se vuelve un factor que expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos para una adecuada ubicación del asentamiento humano², falta de preparativos para atender emergencias y en esa medida su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto que producen los desastres y su rehabilitación o recuperación post-desastres.

La **vulnerabilidad institucional**, se refiere a la capacidad de las instituciones para incorporar la gestión del riesgo en sus planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, de tal forma que se definan las políticas, estrategias, programas y proyectos orientados a la mitigación y prevención de riesgo en su nivel territorial, así como que contemplen la gestión de riesgo como un componente de los procesos de gestión del desarrollo sectorial y territorial, del ambiente y de la sostenibilidad, en general³.

Se refiere también a su capacidad de respuesta ante la ocurrencia de desastres así como la capacidad de recuperarse una vez sucedidos, que se relaciona con la vulnerabilidad fiscal de la entidad territorial afectada.

Además de lo anterior, es preciso tener en cuenta la capacidad de gestión del riesgo que poseen las instituciones de acuerdo a los roles, funciones y responsabilidades que deben cumplir según la normatividad vigente, que se refleja en el conocimiento de los riesgos presentes en el municipio, la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en la planificación, el fortalecimiento del desarrollo institucional y la socialización de la prevención y la mitigación de desastres.

Por otro lado la capacidad de respuesta institucional, está dada tanto por la coordinación entre el ejecutivo y las instituciones operativas, como por la disponibilidad de personal y recursos físicos y financieros que permita una actuación eficaz y oportuna.

Todo acompañado por la generación de información confiable, clara, detallada, segura, específica, adaptada y apropiada por la sociedad vulnerable (población e instituciones).

Por ello, el conocimiento de la Vulnerabilidad de la Sociedad dentro de un estudio de riesgo ante cualquier amenaza constituye un insumo importante, toda vez que las acciones definidas como medidas de mitigación y reducción del riesgo requerirán, necesariamente, de instituciones que integren esfuerzos para su cabal desarrollo.

a. Valoración de la vulnerabilidad social.

La valoración de la vulnerabilidad social parte de la caracterización de la población y requiere de la definición de variables consideradas apropiadas en un área expuesta a un evento potencialmente dañino.

² La localización de vivienda e infraestructura en terrenos frágiles o inestables, “está ligada por una serie de presiones dinámicas, que canalizan las causas de fondo hacia condiciones inseguras y hacia colisiones específicas en el tiempo y espacio con una amenaza natural”. PIERS BLAIKIE, otros. 1996. Vulnerabilidad. La Red.

³ LAVELL, 2003

En este caso, teniendo en cuenta la homogeneidad de las condiciones sociales de la población asentada en el área de estudio, la estimación de la fragilidad social se elaboró a nivel de manzana evaluando aquellas variables que constituyen una discriminación positiva hacia aquellos hogares que se encuentran en condiciones de mayor fragilidad, utilizando para ello la información del Censo 2005, elaborado por el DANE.

Los factores que fueron tomados en cuenta para determinar la vulnerabilidad social de los hogares a nivel de manzana se presentan en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4. Factores de vulnerabilidad de la valoración de vulnerabilidad social.

Factor de vulnerabilidad	Criterio
El número de personas en la manzana.	A mayor número de personas, se aumenta en número de damnificados en caso de presentarse una inundación.
La proporción de niños menores 14 años y los adultos mayores con relación a la población adulta.	Indica la población que requiere de atención y sostenimiento por parte de los adultos.
La proporción de personas con alguna discapacidad en la manzana.	La presencia de un elevado número de personas con alguna discapacidad limita la capacidad de respuesta ante un evento de desastre.
El nivel de escolaridad de las personas que habitan en la manzana.	El nivel de escolaridad de las personas se relaciona con la capacidad de acceder a un trabajo. Se calificó como bajo si el 45% de los habitantes tenían una escolaridad hasta 4 primaria, medio si más del 30% de los habitantes de la manzana contaban con primaria completa hasta básica secundaria y alto si más del 20% de las personas de la manzana tenían una escolaridad mayor de básica secundaria.
La relación hombres/mujeres en edad adulta.	Considerando la influencia del conflicto armado en el municipio, una mayor presencia de mujeres en edad adulta indica la presencia de hogares con mujeres cabeza de hogar.
La presencia en la manzana de lugares especiales de alojamiento - LEA.	Que implican concentración de personas, como asilo de ancianos, conventos, seminarios, cárcel, etc.
La proporción vivienda "tipo cuarto" en la manzana.	Indica un mayor grado de hacinamiento de los habitantes de una manzana.

La valoración de la fragilidad social y del factor de resiliencia de los habitantes de una manzana se realizó aplicando la calificación que se presenta en la Tabla 6-5 a los factores definidos.

Tabla 6-5. Fragilidad social y factor de resiliencia por manzana

Factor de vulnerabilidad	Rangos /Valoración para ponderación		
Número de personas por manzana	≤ 15	16 -70	>70
	0	1	2
Proporción de niños y adultos mayores	< 0.5	0.5 – 0.7	> 0.7
	0	1	2
Proporción de personas con	< 0.06	0.07 – 0.17	> 0.17

discapacidad	0	1	2
--------------	---	---	---

Nivel de escolaridad	Alto	Medio	Bajo
	0	1	2

Relación hombres/mujeres	≥ 1	< 1
	0	1

Presencia de lugares especiales de alojamiento - LEA	NO	SI
	0	1

Proporción de viviendas "tipo cuarto"	≤ 2	3 – 4	> 4
	0	1	2

El peso de la valoración recaerá en las variables con puntaje máximo de 2, entre las cuales se encuentran: número de persona por manzana, proporción de niños y adultos mayores, nivel de escolaridad de las personas que habitan una manzana y proporción de viviendas "tipo cuarto". Los extremos están dados por una fragilidad social muy alta con un puntaje máximo de 12 puntos (sumando) frente a una fragilidad social baja con un valor mínimo de 0. Se establecieron rangos de calificación intermedios, a partir del análisis de distribución de frecuencias de la información procesada por manzana estudiada, para definir vulnerabilidad social muy alta, alta, media y baja, según se presenta en la Tabla 6 – 9.

Tabla 6-6. Clasificación de la fragilidad social por vivienda

FRAGILIDAD SOCIAL	CALIFICACIÓN
Baja	< 4
Media	4 – 5
Alta	6 – 7
Muy alta	> 7

Adicionalmente, con el fin de corroborar y complementar la información reportada por el DANE se elaboraron encuestas a algunas familias ubicadas en el área de estudio, escogidas al azar, con el fin de determinar su vulnerabilidad. Para ello se empleo el *FORMULARIO PARA LA EVOLUCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SOCIALES* y *FORMULARIO PARA EL LEVANTAMIENTO GENERAL DE LAS EDIFICACIONES*, que recoge no solo aspectos de las viviendas sino familiares.

Teniendo en cuenta que, según Núñez y Espinosa (2005)⁴, un hogar es más vulnerables cuando es pobre que uno rico (en relación con los ingresos), además, en relación con la proporción de niños menores de 12 años, son más vulnerables aquellos hogares donde más de uno de cada tres miembros es un niño. De otra parte, los hogares donde menos de una cuarta parte de los miembros trabaja son más vulnerables y la incidencia de vulnerabilidad es mayor en los hogares desplazados, en los que hay una persona discapacitada, en aquellos que no tienen activos productivos y en los hogares que no son

⁴ NÚÑEZ J., ESPINOSA S. 2005. Determinantes de la pobreza y la vulnerabilidad. Misión para el Diseño de una Estrategia para la Reducción de la Pobreza y la Desigualdad (MERPD)

propietarios de la vivienda, se establecieron las variables y los rangos de calificación de la vulnerabilidad para los hogares encuestados.

Además se tomó como factor que aumenta la vulnerabilidad el relacionado con la existencia de más de una familia por vivienda, por reflejar el hacinamiento y la dependencia económica.

La valoración de la fragilidad social y del factor de resiliencia de los habitantes de una vivienda se realizó aplicando los factores definidos y presentados en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7. Fragilidad social y factor de resiliencia por familia

Variables	Rangos /Valoración para ponderación			
	1 y 2	3	4 y 5	6
Estrato	3	2	1	0
No. Personas/ vivienda	Más de 8 3	7 a 8 2	4 a 6 1	De 1 a 3 0
Acceso	Sin acceso 2	Peatonal 1	Vial 0	
Ingresos (en SMMLV)	Menor a 1 3	Entre 1 y 2 2	Entre 2 y 4 1	Más de 4 0
Escolaridad Jefe de Familia	Ninguna 3	Primaria 2	Secundaria 1	Técnica o Universitaria 0
Propiedad sobre la vivienda	Arrendada 1	Propia 0		
Proporción personas que trabajan en la familia	Menor a ¼ 1	Igual o mayor a ¼ 0		
Número de núcleos familiares en la vivienda	Más de dos 2	Dos 1	Uno 0	
Género Jefe de Familia	Mujer 1	Hombre 0		
Ocupación Jefe de Familia	Desempleado 2	Pensionados; E. Domésticas, T. Independiente 1	Empleado 0	
Edad Jefe de Familia (años)	Menor de 25 1	Mayor de 25 0		

Proporción niños por adulto en la familia	$\geq \frac{1}{2}$	Menor a $\frac{1}{2}$
	1	0

Discapacitados en la vivienda	Si	No
	1	0

Los rangos de calificación que se establecieron de la información procesada por cada una de las familias encuestadas en la muestra se presentan en la Tabla 6-8.

Tabla 6-8. Clasificación de la fragilidad social por familia entrevistada

FRAGILIDAD SOCIAL	CALIFICACIÓN
Baja	< 6
Media	6 – 9
Alta	10 – 14
Muy alta	> 14

El resultado final de la calificación de la fragilidad social a nivel de manzana y de familia para el Municipio de Cañasgordas se aprecia en la Tabla 6-9. En aquellos casos en los que las dos calificaciones fueron opuestas se evaluaron las razones y se optó por la que mayor discriminación positiva representa a nivel de manzana. Sin embargo, en general las encuestas a nivel de familia confirmaron lo obtenido a nivel de manzana.

Para las 75 manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Alta” y “Media” como puede apreciarse en la Figura 6-1. Indicando que las medidas de mitigación deben contemplar acciones que minimicen esta vulnerabilidad, de tal forma que repercutan en una mejor calidad de vida de los habitantes de este sector.

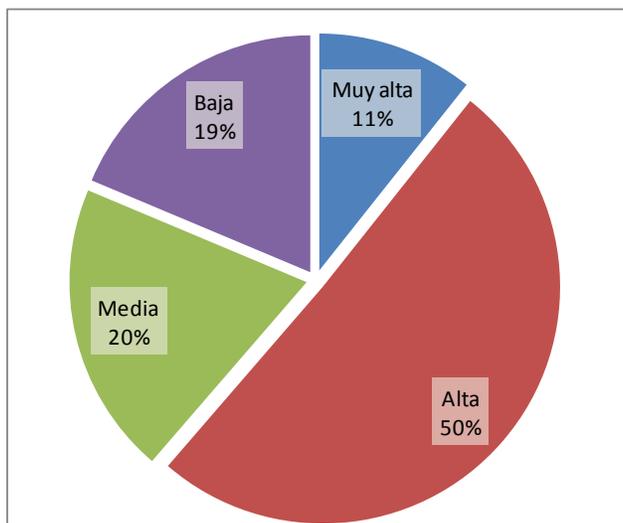


Figura 6-1 Distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad social en el área de estudio

Tabla 6-9. Vulnerabilidad social de las manzanas del área de estudio en el Municipio de Cañasgordas

Uso Unidad Censal	Código JAM	Calificación de la Vulnerabilidad social a nivel de manzana	Calificación de la vulnerabilidad social encuestas	OBSERVACIÓN
AREA # 051381990000000000010100		MEDIA		
AREA # 051381990000000000010101	C178		ALTA	sin viviendas
AREA # 051381990000000000010102	C136	ALTA	ALTA	
AREA # 051381990000000000010103	C136	ALTA		
AREA # 051381990000000000010104	C137	ALTA		hospital+CASAS
AREA # 051381990000000000010105	C137	ALTA		
AREA # 051381990000000000010106	C138		ALTA	casas nuevas
AREA # 051381990000000000010107	C140	ALTA		
AREA # 051381990000000000010108	C141			
AREA # 051381990000000000010109	C142	ALTA		
AREA # 051381990000000000010110	C143	MUY ALTA	ALTA	
AREA # 051381990000000000010113	C144	ALTA		
AREA # 051381990000000000010115	C155	ALTA	MEDIA - ALTA	
AREA # 051381990000000000010116	C145	ALTA		
AREA # 051381990000000000010117	C145	ALTA		
AREA # 051381990000000000010119	C161	BAJA		
AREA # 051381990000000000010119	C162			
AREA # 051381990000000000010121	C141	MEDIA		
AREA # 051381990000000000010124	C182	ALTA	MEDIA - ALTA - MUY ALTA	
AREA # 051381990000000000010200		BAJA		
AREA # 051381990000000000010202	C121	ALTA		
AREA # 051381990000000000010204	C121	MEDIA		
AREA # 051381990000000000010205	C122	MUY ALTA		
AREA # 051381990000000000010207	C120	MUY ALTA		
AREA # 051381990000000000010208	C123	BAJA		
AREA # 051381990000000000010209	C128	ALTA		
AREA # 051381990000000000010210	C130	ALTA		
AREA # 051381990000000000010211	C129		MEDIA	plaza de mercado
AREA # 051381990000000000010212	C135	ALTA		
AREA # 051381990000000000010213	C134	MEDIA		plaza central+OTROS
AREA # 051381990000000000010300		BAJA		
AREA # 051381990000000000010301	C110			escuela varones
AREA # 051381990000000000010302	C115	MEDIA		comité cafeteros
AREA # 051381990000000000010304	C116	ALTA		
AREA # 051381990000000000010304	C147			
AREA # 051381990000000000010306	C117	ALTA		
AREA # 051381990000000000010307	C118	ALTA		
AREA # 051381990000000000010308	C157			parque los libertadores
AREA # 051381990000000000010309	C112	MEDIA		
AREA # 051381990000000000010310	C108			piscina y otros
AREA # 051381990000000000010311	C107	ALTA	ALTA- MUY ALTA	
AREA # 051381990000000000010312	C180	MEDIA	ALTA	
AREA # 051381990000000000010313	C114	ALTA		
AREA # 051381990000000000010315	C111	ALTA		
AREA # 051381990000000000010316	C109	MUY ALTA		
AREA # 051381990000000000010400		BAJA		
AREA # 051381990000000000010401		MEDIA		NO HAY VIVIENDAS
AREA # 051381990000000000010402	C105	ALTA		matadero Y OTROS
AREA # 051381990000000000010403	C106	BAJA		
AREA # 051381990000000000010403	C181			
AREA # 051381990000000000010404	C102	ALTA		
AREA # 051381990000000000010406	C104	ALTA		
AREA # 051381990000000000010407	C103	ALTA		
AREA # 051381990000000000010408	C101	MUY ALTA		
AREA # 051381990000000000010410	C101	MEDIA		
AREA # 051381990000000000010412	C101	ALTA		
AREA # 051381990000000000010501	C133	ALTA		

AREA # 051381990000000000010502	C156	BAJA		parque municipal
AREA # 051381990000000000010503	C127	BAJA		
AREA # 051381990000000000010504	C124	MEDIA		
AREA # 051381990000000000010505	C119	BAJA		
AREA # 051381990000000000010506	C119	BAJA		
AREA # 051381990000000000010506	C125			
AREA # 051381990000000000010507	C126	BAJA		
AREA # 051381990000000000010508	C131	BAJA		
AREA # 051381990000000000010509	C132	ALTA		
AREA # 051381990000000000010510	C158	MEDIA	MEDIA	
AREA # 051381990000000000010511	C139	MEDIA	ALTA	
AREA # 051381990000000000010512	C132	MEDIA		
AREA # 051381990000000000020101	C153	ALTA		
AREA # 051381990000000000020102	C152	BAJA		
AREA # 051381990000000000020104	C175			liceo dptal nicolas gaviora
AREA # 051381990000000000020108	C154			lotes
AREA # 051381990000000000020109	C176	BAJA		lotes
AREA # 051381990000000000020109	C177			seminario, escuela
AREA # 051381990000000000020111	C160	MEDIA		
AREA # 051381990000000000020112	C183			lotes+casitas
AREA # 051381990000000000020113	C149	MUY ALTA		lotes
AREA # 051381990000000000020114	C151		BAJA - ALTA	
AREA # 051381990000000000020115	C150	ALTA		
sin dane	C146		MEDIA	
sin dane	C159		BAJA - MEDIA - ALTA.	casitas

6.5.5 Vulnerabilidad institucional

La vulnerabilidad institucional es un factor que afecta a una escala diferente ya que generalmente compromete la totalidad de la entidad territorial sobre la cual ésta ejerce su nivel jurisdiccional. Se constituye en una variable que influye sobre la vulnerabilidad global, pero que resulta difícil medirla en el nivel de áreas más detalladas. Sin embargo, es importante evaluar su impacto en los procesos de gestión del riesgo tanto en la prevención y mitigación como en la atención de emergencias, como se mencionó anteriormente.

Con el fin de evaluar la vulnerabilidad institucional relativas con los aspectos administrativos se realizaron entrevistas con las diferentes instituciones locales que se encuentran directamente relacionadas con la gestión del riesgo, con el fin de establecer el grado de preparación con que cuenta el municipio para hacer frente a una situación de desastre. Se revisó el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del Municipio con el fin de conocer el alcance de la incorporación del componente de amenazas y riesgos y llevaron a cabo entrevistas con el Secretario de Gobierno, el cuerpo de bomberos, ya que el municipio no cuenta con la presencia de la Cruz Roja, Defensa Civil.

Además de lo anterior se adelantó una evaluación del conocimiento de la gestión del riesgo y su aplicación por parte de los directivos en los equipamientos colectivos a saber: en once hogares comunitarios, tres centros educativos (dos colegios, una escuela), el hospital, la alcaldía y la estación de policía.

Se puede decir que en el PBOT fueron identificadas las amenazas naturales que pueden causar daños tanto en el área urbana como rural, además que han sido plasmadas las estrategias que permitirán implementar las medidas preventivas con respecto a las áreas

expuestas a cada uno de los eventos amenazantes identificados. Sin embargo, la inversión planteada refleja la baja asignación de recursos que éstas presentan y por tanto se evidencia la dificultad de adelantar en el corto plazo las estrategias establecidas.

Además, de la identificación de las amenazas en el PBOT, se cuenta con el estudio “Actualización de la información de diagnóstico esquema de ordenamiento territorial del municipio de Cañasgordas temas: geología, minería y gestión del riesgo” elaborado en el 2010 por el Geólogo Jorge Alberto Giraldo Botero para CORPOURABÁ. En el cual son identificadas las amenazas y se establecen unas medidas para la Gestión del Riesgo.

A partir de la entrevista realizada al Secretario de Gobierno conoció que existe un Comité Local de Prevención y Atención de Desastres - CLOPAD constituido en el municipio⁵, dirigido por la Secretaría de Gobierno, con ocasión de la ola invernal el CLOPAD se reunió el 10 de Octubre de 2010.

El presupuesto anual destinado por el municipio para adelantar las actividades de prevención y atención de desastres es de \$50 millones. Las acciones realizadas para la reducción y mitigación de los desastres se relacionan con la construcción de diques, muros, mantenimiento de las obras de arte, mantenimiento de las cuencas hidrográficas.

De otra parte, las emergencias que se presentan con más frecuencia son las crecidas de los ríos y quebradas, deslizamientos, la socavación, la obstrucción de los puentes y las vías, el levantamiento de los techos de las casas por los vendavales.

Como actividades de prevención se cuenta con un programa de alertas tempranas, anuncios por la emisora, el altavoz de la policía y la sirena de los bomberos y el registro de los eventos ocurridos está a cargo de los bomberos sin embargo éste no se llena.

No se cuenta con un inventario detallado de las áreas, el número de familias y habitantes que se encuentran en situación de riesgo.

Por su parte, el cuerpo de bomberos voluntarios cuenta con 4 bomberos, su presupuesto anual es de \$14 millones, solo participa del CLOPAD en caso de presentarse una emergencia, atiende con mayor frecuencia accidentes de tránsito, para la atención de una emergencia no cuentan con transporte, pero cuentan con camilla, botiquín y una motosierra, han recibido capacitaciones de la Dirección General del Riesgo, de CORPOURABÁ y de la Cruz Roja, y cuentan un mapa de riesgos del municipio.

El Hospital cuenta con un plan de emergencia, realiza un simulacro de evacuación cada seis meses, reciben capacitación de la ARP Colmena, cuentan con una ruta de evacuación debidamente demarcada, cuentan con una ambulancia y no realizan campañas de capacitación.

Los Hogares Comunitarios entrevistados ninguno cuenta con un plan de emergencias, dos han recibido alguna capacitación para la preparación ante una emergencia, no se han

⁵ Hacen parte de éste la Alcaldía (Secretaría de Gobierno), Planeación, Salud, Educación, Rector, Bomberos Voluntarios, representante de los comerciantes, comunidad, comando estación de policía.

realizado simulacros de evacuación, no tienen sistemas de alarma ni rutas de evacuación demarcada, ni cuenta con herramientas o equipos para la atención de una emergencia.

Por su parte, en las instituciones educativas no existe un plan de emergencias, no se han realizado simulacros de evacuación, no existe un plan de capacitación para la preparación ante una emergencia, no se cuenta con un sistema de alarma, no hay una demarcación de las rutas de evacuación, cuentan con equipos como camillas, extintores y linternas disponibles para ser empleados en caso de una emergencia.

La Estación de Policía, por su parte, cuenta con un plan de emergencias, realiza un simulacro de evacuación cada tres meses, cuenta con un sistema de alarmas, cuenta con una demarcación de rutas de evacuación y con extintores, camilla, botiquín y linternas, pero informa que no participa en el CLOPAD.

Esta evaluación refleja que no se ha realizado un esfuerzo institucional por adelantar campañas dirigidas a disminuir la vulnerabilidad social ante una amenaza y que no se han realizado las actividades que permitan implementar un programa permanente de prevención, preparación y mitigación de desastres, por esta razón resulta imprescindible avanzar en la capacitación de las personas que laboran en los equipamientos colectivos con el fin de mejorar la capacidad instalada y disminuir la vulnerabilidad de las personas que diariamente los ocupan.

CONTENIDO

7 VALORACIÓN DEL RIESGO.....	7-1
7.1 RIESGO POR TORRENCIALIDAD	7-1
7.2 RIESGO POR INUNDACIÓN.....	7-1
7.3 RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA E INESTABILIDAD DE MARGENES.....	7-2
7.3.1 <i>Valoración del riesgo</i>	7-2
7.3.2 <i>Evaluación del riesgo</i>	7-3
7.3.3 <i>Zonificación del riesgo</i>	7-4

LISTADO DE TABLAS

Tabla 7-1. Categorización niveles de riesgo	7-3
Tabla 7-2. Matriz de Riesgo corporal por Inundación.	7-4

7 VALORACIÓN DEL RIESGO

Una vez definida la amenaza por torrencialidad, inundación y por inestabilidad de las márgenes y haber establecidos los índices de vulnerabilidad física y corporal en términos de nivel de daño, el riesgo se define cualitativamente como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad. Se establecen los mapas de riesgo de manera separada tanto para los aspectos físicos como de afectación a la población – aspectos corporales.

7.1 RIESGO POR TORRENCIALIDAD

Teniendo en cuenta la evaluación de amenaza y vulnerabilidad por torrencialidad en el municipio de Cañasgordas se definieron dos zonas de riesgo identificadas así:

- **Área de Riesgo Alto por Avenidas Torrenciales:** Se consideran en riesgo alto por torrencialidad las áreas de las manzanas que se localizan en la zona de amenaza alta por eventos torrenciales correspondientes a las terrazas T0, T1 y partes bajas de la T2 del río Cañasgordas y las Quebradas que transitan por el municipio.
- **Área de Riesgo Baja por Avenidas Torrenciales:** Se consideran en riesgo bajo por torrencialidad las áreas de las manzanas que se localizan en la zona de amenaza baja por eventos torrenciales correspondientes a los procesos de transporte y deposición de sedimentos generados por los flujos de agua transversales al río Cañasgordas.
- **Área Sin Riesgo por Avenidas Torrenciales:** Se consideran sin riesgo por torrencialidad las áreas de las manzanas que se localizan fuera de la zona de amenaza alta por eventos torrenciales.

Teniendo en cuenta la anterior clasificación se considera que Las manzanas que presentan áreas en riesgo alto por avenidas torrenciales son C59, C75, C49, C83, C46, C43, C42, C36, C35, C21, C16, C47, C12, C08, C05, C81, C04, C03, C01, C84, C11, C15, C61, C62, C78, C76, C54, como la mayor parte de estas áreas son zonas no urbanizadas, se recomienda la restricción del uso del suelo y la recuperación ambiental. (Ver Mapa de Riesgo por Torrencialidad).

Las manzanas del municipio que poseen áreas expuestas a vulnerabilidad baja por torrencialidad debida a los eventos que puedan presentarse en los cauces intermitentes al río Cañasgordas son: C60, C83, C41, C38a, C58, C26, C19, C54a, C77, C76, C78, C10, C01a, C06. (Ver Mapa de Riesgo por Torrencialidad).

7.2 RIESGO POR INUNDACIÓN

Teniendo en cuenta las evaluaciones de amenaza y vulnerabilidad por inundación en el municipio de Cañasgordas se definieron dos zonas de riesgo identificadas así:

Área de riesgo alto por inundación: Las áreas de riesgo alto por inundación son aquellas que se encuentran en cercanías del cauce del río y se pueden llegar a ver afectadas en una creciente con periodo de retorno de 100 años, dentro del municipio algunas manzanas presentan esta condición pero no se ven afectadas en las zonas urbanizadas de las mismas, estas son C59, C49, C83, C54a, C76, C46, C78, C61, C42, C36b, C35, C22, C16, C47, C12, C11, C08, C07, C05, C04, C03, C01a y C01b. Como la mayor parte de estas áreas son zonas no urbanizadas, se recomienda la restricción del uso del suelo, la recuperación ambiental y el área construida que este expuesta de las viviendas que se encuentren en una condición de vulnerabilidad física y social baja, congelar el desarrollo urbanístico.

Área de riesgo bajo por inundación: Las áreas de riesgo bajo por inundación son aquellas que se encuentran entre la línea de inundación para el periodo de retorno de 100 años y la ronda hidráulica definida para cada uno de los cauces continuos e intermitentes que transitan por el municipio; en esta zona identificamos las manzanas C59, C60, C54b, C75, C76, C83, C41, C46, C43, C78, C61, C42, C36b, C62, C36b, C35, C22, C21, C17, C16, C47, C18, C12, C84, C81, C05, C06, C84, C04, C03, C01b, C01a. Se recomienda congelar el desarrollo urbanístico.

Área Sin riesgo por Inundación: Las áreas del municipio que no presentan riesgo por inundación son aquellas que se encuentra por fuera de la zona de ronda hidráulica definida para el río y las quebradas que transitan por el municipio de Cañasgordas. (Ver Mapa de Riesgo por Inundación).

7.3 RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA E INESTABILIDAD DE MARGENES

7.3.1 Valoración del riesgo

Con el fin de determinar los niveles de riesgo a las cuales se ven expuestas las manzanas del casco urbano en la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa, se uso el cálculo y calificación del riesgo usando la metodología para FRM a nivel de detalle.

El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales o económicas, representadas por las posibles pérdidas de vidas humanas, daño en personas, en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a los procesos de remoción en masa que se presenten en el sitio estudiado, en su forma más precisa y cuantificada. Su objetivo es optimizar económicamente el plan de medidas de mitigación al permitir enmarcar la decisión sobre éstas en un análisis beneficio/costo.

La evaluación de riesgo será presentada como una zonificación sobre una base cartografía escala en la misma escala que la utilizada para los mapas de amenaza y vulnerabilidad.

Para la estimación cuantitativa del riesgo de los elementos físicos, partiendo de la definición de riesgo como la magnitud probable esperada de un cierto nivel de daño, puede evaluarse para cada elemento expuesto como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad:

$$R = F(A \times V)$$

Donde:

A: Amenaza en términos de probabilidad de falla (Pf) y

V: Vulnerabilidad como la perdida potencial (Tasa de daño x Costo de daño).

Para la representación cartográfica del riesgo y caracterizar los elementos o áreas con niveles de riesgo alto, medio o bajo, se introduce el concepto de índice de riesgo, definido como el porcentaje de daño esperado,

$$IR = \text{Costo probable de daño} / \text{Costo del elemento}$$

El costo del elemento fue determinado por las características físicas de las viviendas.

Así la categorización de los niveles de riesgo se puede adelantar según la Tabla 7-1, la cual se estableció en otros estudios de riesgo por fenómenos de remoción en masa de características similares a escala 1:2.000, y que sirve como línea de referencia para la gestión de riesgos de los municipios del país.

Tabla 7-1. Categorización niveles de riesgo

NIVELES	INDICE DE RIESGO
B Bajo	$B < 0.10$
M Medio	$0.10 \leq M < 0.30$
A Alto	$A \geq 0,30$

Adaptada de UPES / INGEOCIM, 1998

La tabulación del grado de riesgo para cada manzana se presenta en el **anexo G**.

7.3.2 Evaluación del riesgo

Ahora, si conceptualmente definimos la Vulnerabilidad como

V = Exposición / (S) resistencia del elemento, entonces

$$R = A \times (E/ S)$$

Con estas definiciones simplificadas se deduce que el riesgo puede disminuirse:

- a) Reduciendo o evitando la exposición de los elementos al fenómeno
- b) Reduciendo o controlando la amenaza del fenómeno
- c) Incrementando la resistencia del elemento al fenómeno

Para el caso del municipio de Cañasgordas, como el evento detonador de la inestabilidad es el sismo y por tanto el control de la amenaza se hace difícil, se debe actuar directamente reduciendo o evitando la exposición de los elementos al fenómeno.

Además y para verificar los niveles de riesgo, se uso el criterio semáforo que cruza los niveles de amenaza y riesgo como se muestra en la matriz de riesgo.

Tabla 7-2. Matriz de Riesgo corporal por Inundación.

Amenaza	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

Para el caso de la inestabilidad de márgenes, el riesgo se minimiza en la medida en que se reduzca la amenaza, buscando la estabilidad de la margen o la disminución del avance de los procesos. Las medidas en estos sectores están enfocadas a la disminución del impacto de la corriente (protección) y mejorar las condiciones de estabilidad de las laderas.

7.3.3 Zonificación del riesgo

En términos de zonificación, la amenaza alta corresponde al color rojo, amenaza media al color amarillo y amenaza baja al color verde, con resultados como se muestran a continuación. Es necesario aclarar que el análisis se realizó a nivel de manzana y por tanto la categoría de amenaza se asignó a esta misma unidad de trabajo; para efectos de mitigación del riesgo se toman únicamente las zonas de la manzana que requieran tratamiento.

Tono Rojo - Niveles de riesgo alto (A): El nivel de afectación de la edificación es alto, debido a las solicitaciones que generaría el evento al cual se le asigna una alta probabilidad de ocurrencia. De acuerdo con los resultados de los análisis realizados las manzanas del casco urbano situadas en zona de riesgo alto son 62, 84, 80 por deslizamiento y las manzanas 11, 42, 43, 46, 59, 61, 78, 83 y la zona sur de la manzana 12 por inestabilidad de márgenes.

Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M): Nivel de afectación de la edificación es medio. Se encuentra en este grado algunas manzanas de los sectores María Auxiliadora, la virgencita, sector centro occidental, comité de cafeteros, la escuela Eduardo Herrera y los balsos por inestabilidad de la ladera contigua.

Tono verde - Niveles de riesgo bajo (B): Nivel de afectación de las viviendas es bajo. Corresponden a esta categoría la mayoría del centro fundacional y donde se ubica la mayor parte de la población, algunas viviendas del sector El Edén y la planta, y la mayoría el sector de Imantago.

CONTENIDO

8	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO.....	8-1
8.1	INTRODUCCIÓN.....	8-1
8.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES	8-1
8.3	PLAN GENERAL DE ACCIÓN	8-1
8.3.1	<i>Plan de mejoramiento integral.....</i>	<i>8-2</i>
8.3.2	<i>Medidas de Mitigación - No Estructurales.....</i>	<i>8-3</i>
8.3.3	<i>Medidas de Mitigación – Estructurales.....</i>	<i>8-5</i>
8.4	NIVEL DE RESPONSABILIDAD	8-7

LISTA DE TABLAS

Tabla 8-1.	Matriz de responsabilidades	8-8
------------	-----------------------------------	-----

8 PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

8.1 INTRODUCCIÓN

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por torrencialidad, inundación y fenómenos de remoción en masa en la zona urbana del municipio de Cañasgordas, se plantea una serie de actividades de prevención, mitigación y control.

Entre los parámetros más importantes que se tienen presentes en el planteamiento de las acciones y de las obras de mitigación estuvo la funcionalidad de las mismas frente al desarrollo social sostenible y la factibilidad de la medida mitigante.

Otros aspectos importantes a considerar desde el punto de vista ambiental y social, lo constituyen el planteamiento del mejoramiento de las condiciones del hábitat a partir de la reorganización del uso de la tierra y la restricción de uso por inundación y fenómenos de remoción en masa. Este cambio de uso busca mitigar los efectos negativos de la actividad antrópica y el inadecuado planeamiento y desarrollo urbano con el que se ha venido consolidando la parte urbana y que han sido claramente identificados con los resultados obtenidos en este estudio de vulnerabilidad y riesgo.

8.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES

La evaluación de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo actual en el área estudiada permite concluir que la problemática de riesgo ha sido generada por el avance y recorrido natural de los cauces en forma meándrica, trayecto que por su forma facilita la aparición de inestabilidad de márgenes y es acelerada por la intervención del hombre sobre el medio físico, consecuencia directa del avance urbanístico de la zona.

Las laderas aledañas también generan amenaza sobre el sector urbano, teniendo en cuenta que las pendientes altas de este sector y el mal uso del suelo de los mismos, generan grandes probabilidades de la aparición de flujos de tierras que por su masa desplazada afecten las viviendas.

En este municipio el desarrollo urbano se ha dado sobre las terrazas del río Cañasgordas, las cuales se consideran que la T0, T1 y partes bajas de la T2 se encuentran en amenaza alta por avenidas torrenciales y en general las T3 y T4 presentan cierto grado de estabilidad.

8.3 PLAN GENERAL DE ACCIÓN

El plan de acciones establece las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan en primera instancia, reducir al mínimo los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a que está expuesta la comunidad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y, en segunda instancia, busca corregir las

condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos de inundación e inestabilidad de márgenes.

Cada una de las medidas se debe convertir en planes y proyectos detallados, los cuales en su conjunto se consideran esenciales para un manejo integral y sistemático de la problemática de riesgo actual del sector estudiado.

En el plan general de acciones se establece como escenario básico la restricción de uso por inundación de las zonas situados en los sectores afectados en un evento con un periodo de retorno de 100 años y la restricción de uso y/o congelación del desarrollo urbano sobre la ronda hidráulica de los cauces, la reconfiguración de los sectores afectados por la inestabilidad de márgenes, zonas afectadas por fenómenos de remoción en masa y las afectadas por eventos torrenciales que deben ser tenidos en cuenta. Además del planteamiento del mejoramiento del entorno urbano y ambiental del área en estudio. Lo anterior aplica para las zonas no urbanizadas, los establos y demás elementos que se encuentren dentro de las zonas delimitadas. En forma complementaria y teniendo en cuenta que varias de las obras de mitigación existentes presentan socavación en la base, se plantea la protección de las mismas.

El escenario básico frente a fenómenos de remoción en masa considera la necesidad de eliminar la exposición de algunos predios que se encuentran en la línea de avance de una posible masa desplazada. Para estos predios se requiere su reubicación mientras que para los de menor alcance no se prevén medidas. Para disminuir el grado de amenaza de estos fenómenos, se plantea la restricción de usos del suelo y la revegetalización de las laderas, disminuyendo la exposición del suelo a los agentes ambientales.

En el caso de las amenazas por inundación se propone la reubicación de algunas viviendas que se encuentran localizadas en la zona de ronda hidráulica del Río la Cañasgordas, Quebrada Apucarpo, Quebrada la Llorona, Quebrada La Lorena y flujos de agua intermitentes, esto con el fin de recurrar las zonas verdes de los cauces.

En el escenario de los eventos de carácter torrencial se propone la reubicación de viviendas que se encuentran localizadas dentro del área de afectación ya sea en cercanías del río Cañasgordas, Quebradas Apucarpo, Lorena y llorona y demás cauces transversales al río.

Se plantean dos tipos de actividades: No Estructurales y Estructurales. Sin embargo estas actividades en su conjunto pueden ser integradas a través de la implementación de un programa de mejoramiento integral, que permita acceder a un ordenamiento racional del uso del suelo y corregir la ausencia o complementación adecuada de la infraestructura de servicios públicos básicos.

8.3.1 Plan de mejoramiento integral

Esta actividad está enfocada a dar un tratamiento urbanístico global a la zona, en aras de generar un cambio en la forma de vida de la comunidad, ya que su objetivo es mejorar la calidad de vida de la población y cuyo desarrollo ha generado procesos de degradación de las condiciones físicas y ambientales de la zona.

Este plan contempla la planificación y ejecución integral de todas las actividades de mitigación y prevención no estructurales y estructurales que a continuación se plantean, como alternativas de mitigación independientes y que a través de su formulación en conjunto, permitirá la integración de los esfuerzos y recursos de todas las entidades Municipales y Corpourabá, ya que implica atacar de lleno las deficiencias generadas en la infraestructura física y social por el desarrollo urbanístico, por medio de acciones masivas, integrales y plenamente coordinadas.

El plan de mejoramiento integral comprende la ejecución de obras de mitigación y control del riesgo, que corresponden a las medidas planteadas en el presente informe para el manejo de las amenazas por inundación, inestabilidad de márgenes y fenómenos de remoción en masa. Se consideran obras que se deben ejecutar a corto plazo. Adicionalmente se debe realizar la conformación de zonas de aislamiento y protección a las que puede darse un uso de tipo recreativo. Para el caso de los eventos de avenidas torrenciales se debe establecer un sistema de alarma y planes de contingencia para informar a la comunidad sobre las acciones que se debe tomar en caso de que ocurra uno de estos fenómenos.

Este programa puede ser incorporado en los programas y planes establecidos en la actualización del POT del municipio de Cañasgordas.

8.3.2 Medidas de Mitigación - No Estructurales

Dentro de este grupo se proponen las siguientes acciones:

Regulación del uso del suelo: Se refiere a la restricción normativa de uso del suelo que se debe aplicar en las terrazas bajas inundables, en los sectores afectados por fenómenos de remoción en masa activos y potenciales y en los sectores en donde se debe adelantar programas de reubicación de familias porque se localizan en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental. La restricción de uso del suelo aplica para la terraza baja del Río Cañasgordas, áreas de ronda hidráulica de las Quebradas y flujos intermitentes, las laderas del sector oriental y Nor oriental y la ladera superior a la Vía al Mar.

Las medidas no estructurales planteadas buscan que el uso del suelo para vivienda en las manzanas referidas sea limitado en beneficio de la estabilidad física y ambiental de las laderas y en general es necesario que se respeten las zonas de protección ambiental definidas dentro de las acciones de gestión del riesgo. El uso recomendado para estas áreas de protección ambiental es de zonas verdes y de recreación, y han sido restringidas no sólo por el grado de amenaza y riesgo establecido, sino por su importancia ambiental dentro del entorno urbano del asentamiento.

En la parte alta de las laderas se deberá restringir el uso del suelo para cultivos y pastoreo, la generación de procesos de remoción en masa, los cuales se han visto iniciados por la exposición de las laderas a los agentes ambientales, hecho que se ha generado por el retiro de la vegetación nativa y el estableciendo de zonas para usos agrícolas y ganaderos (Pastos naturales y/o cultivos).

Congelación Desarrollo Urbanístico (Restricción de construcción de vivienda nueva o ampliación de la existente): Esta restricción hace referencia a la prohibición de la construcción de vivienda nueva y ampliación de las existentes en zonas de Ronda Hidráulica y zonas identificadas de Vulnerabilidad baja expuestas a un evento amenazante (Inundación o inestabilidad de las márgenes), sin impedir los usos presentes en las edificaciones actuales, lo que permite el emplazamiento de estas viviendas y así evitar la reubicación de algunos predios. El ejemplo más claro de congelamiento de desarrollo urbanístico son los predios ubicados en el barrio Versailles, manzanas 01, 03, 04, matadero municipal.

A estas zonas se debe realizar un seguimiento periódico, especialmente cuando ocurran eventos que por su magnitud puedan causar daño. En dicha situación se establecerá por la oficina de planeación, una vez evaluadas las condiciones después del evento, la necesidad de proteger o reubicar las viviendas en estos sectores.

Reubicación de Viviendas: Las viviendas que se deben reubicar corresponden a los predios ubicados en las terrazas inundables. La reubicación de familias se hace para evitar afectaciones debidas a fenómenos de remoción en masa y para consolidar la zona de protección del río (ronda) y el manejo urbano de la zona. Las manzanas se han identificado con la codificación e información catastral del municipio de que se dispone.

Adecuación Paisajística del Área: Esta actividad debe involucrar las zonas de restricción por riesgo por inundación e inestabilidad de márgenes, y las áreas de protección del sistema ecológico del municipio, contemplando tanto el adecuado manejo de las aguas de escorrentía como a la recuperación de la cobertura vegetal y control de los procesos erosivos presentes en las márgenes del Río Cañasgordas, Quebrada Apucarpo, Quebrada Lorena y Quebrada Llorona.

Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental del Río Cañasgordas, Quebradas Apucarpo, Lorena, Llorona y Cauces Intermitentes Transversales al Río: Es indispensable que conjuntamente con la conformación de la zona de manejo y protección ambiental, se delimite geográficamente la ronda del Río Cañasgordas y las quebradas Apucarpo, Lorena, Llorona y Cauces intermitentes, en ambas márgenes en cumplimiento de las normas de protección y preservación de cauces establecidas en la normatividad y en el POT de Cañasgordas, de tal manera que se proteja y blinde su cauce, reactivando y protegiendo además la vegetación de ribera.

Para la condición actual, la zona de ronda incluiría todo el perímetro inundable al hacer el análisis con Periodo de retorno (Tr) 100 años más una franja de treinta metros en el caso del Río Cañasgordas y de 15 metros para las Quebradas y Cauces intermitentes; con esto algunas manzanas de la zona de estudio quedarían dentro de la zona de ronda así demarcada.

En el plano 24 se presentan las acciones de gestión del riesgo propuestas dentro de las que se incluye la definición de la ronda hidráulica para las corrientes consideradas en el estudio. El sector delimitado por la ronda corresponde a una zona de aislamiento y protección que debe restringirse para la construcción de viviendas. Considerando que los predios que actualmente se localizan en estas zonas de ronda están ocupados, que se requiere de su cambio de uso y que esto puede generar amplias repercusiones sociales,

se debe definir por parte de Corpourabá y las autoridades locales los niveles de riesgo admisible para saber cuáles de estos se deben reubicar.

Información pública: Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la comunidad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

Para esto el municipio debe realizar campañas educativas participativas que lleven a la comunidad a entender y apropiarse los conceptos de:

1. El nivel de riesgo a que están expuestos en los sectores de urbanismo consolidado.
2. Identificación de agentes contribuyentes a los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de márgenes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.
3. Beneficios de las obras recomendadas para la mitigación del riesgo y cómo debe ser la construcción y el mantenimiento de las mismas.
4. Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Se debe incluir el seguimiento y monitoreo a los cauces de las quebradas que presentan comportamiento torrencial respecto a la ocurrencia de obstrucciones o taponamientos que puedan desencadenar en la ocurrencia de avenidas torrenciales.
5. Implementación de sistemas de alarma y planes de contingencia para que la población conozca las acciones a seguir en caso de que se presenten eventos de inundaciones o avenidas torrenciales.

Estas campañas deben ser realizadas por cada una de las entidades responsables mediante charlas, talleres participativos, cartillas de fácil entendimiento y divulgación, entre otros que permitan la adecuada apropiación de los conceptos.

8.3.3 Medidas de Mitigación – Estructurales

Este tipo de medidas pretende mejorar las condiciones de seguridad en los sectores más vulnerables ante eventos de inundaciones, fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de márgenes. En general se trata de disminuir en forma directa el riesgo modificando las características de los eventos amenazantes o las características de los elementos expuestos; en este caso el mejoramiento de las condiciones de seguridad se busca lograr controlando las afectaciones a la zona urbana por el avance de la inestabilidad de márgenes y fenómenos de socavación por creciente de las Quebradas Apucarpo, Lorena, Llorona, Cauces Intermitentes y el Río Cañasgordas.

A continuación se comenta y describe el tipo de obras en cada tipo de acción, de acuerdo con lo presentado en los planos, adjuntando al final las fichas técnicas de obras de control y mitigación del riesgo de las principales obras típicas recomendadas.

Diseño y Construcción de Obras de Protección y Control: Estas obras están encaminadas a la protección de las márgenes contra la acción del agua y que ocasionan deslizamientos y afectaciones a las obras de protección existentes, así como al control de ascensos del nivel de agua durante las crecientes dentro de un concepto de tratamiento integral.

En forma general, se requiere de la construcción de cunetas en la vía de acceso al Barrio la Esperanza, Parte baja de Sector Los Balsos y la Carrera 30 arriba del Matadero Municipal, la cual permita recoger las aguas del talud superior y así evitar procesos de inestabilidad en la parte baja de la ladera. En el Barrio La Esperanza, Sector los Balsos, ladera sobre la Escuela Eduardo Herrera, Sector San Carlos y toda la Ladera Noroccidental se requiere la construcción de zanjas de coronación que recojan las aguas de la parte superior y evite la disposición de las mismas sobre el talud afectado actualmente por desprendimiento de material.

Para proteger y reconformar las zonas afectadas por inestabilidad de márgenes, se plantea la construcción de muros una línea de pilotes metálicos hincados con un muro en tierra armada, los cuales permitirán la reconformación del talud y de la vía. Esta acción será complementada con la revegetalización de la zona recuperada.

Para la protección de las zonas afectadas por procesos de socavación lateral se plantea la construcción de enrocados en la margen del Río con terminación en forma cilíndrica y confinamiento final con pilotes de madera. Estas protecciones evitarán la embestida directa del agua, disipando la energía ejercida por las altas velocidades del flujo.

En las laderas y en las márgenes de los cauces se proponen obras de recuperación de cobertura con el fin de mitigar el efecto del agua sobre los taludes, esta actividad se realizara por medio de procesos de arborización.

Para los sectores con inestabilidad de márgenes incipiente o en sus comienzos, se plantea la construcción de trinchos en madera que recuperen pequeñas zonas y a su vez permitan la reconformación del terreno y la revegetalización.

Para mitigar los daños que se puedan llegar a generar sobre la infraestructura por fenómenos de remoción en masa se propone la construcción de zonas de acumulación y barreras con cercas vivas, constituidos por especies arbustivas tipo Limón Ornamental distribuidas en tres bolillos y con especies tipo Cambulo las cuales cumplirán la función de absorción de agua proveniente de la infiltración en la ladera, para así disminuir su incidencia en problemas de inestabilidad.

Las obras indicadas anteriormente son complementarias a las acciones no estructurales comentadas en el numeral anterior. Los costos de obras de mitigación y control de amenazas por inundación e inestabilidad de márgenes se reportan en el Capítulo 9 de este informe.

Para la mitigación de los efectos de eventos de avenidas torrenciales se debe llevar a cabo la revegetalización de las laderas de las cuencas de las corrientes que presenten tendencia a la ocurrencia de estos eventos, y la implementación de obras transversales en las partes medias y altas de las cuencas. El dimensionamiento y espaciamiento de estas obras deben obedecer a diseños específicos no considerados en el alcance del presente estudio en vista de que se trata de zonas que se encuentran en la parte rural del municipio.

8.4 NIVEL DE RESPONSABILIDAD

Para adelantar la gestión del riesgo en la zona en estudio se identificaron los actores de riesgo que de acuerdo a sus roles y competencias y que son parte activa del desarrollo de la ciudad. Con base en el planteamiento de alternativas de mitigación y prevención del riesgo por inundación, torrencialidad e inestabilidad de márgenes se establece de manera inicial una propuesta de participación de cada uno de los actores identificados en la solución de la problemática local, planteada mediante una matriz de responsabilidades en la Tabla 8-1.

En la Tabla 8-1 se presenta la Matriz de Responsabilidades, en la cual se establece para cada tipo de actividades de mitigación y control estructural y no estructural, a cual entidad municipal o empresa operadora le corresponde la planificación y ejecución de la acción y su grado de responsabilidad.

Dentro de los responsables se incluye a la comunidad a través de las Juntas de Acción Comunal, como el actor que se beneficia directamente y quien debe además de ser el receptor y multiplicador hacia los grupos comunitarios de la normatividad, uso y preservación de las obras construidas.

Tabla 8-1. Matriz de responsabilidades

Plan general de acciones	Tipo de acción	RESPONSABLES								INVIAS
		Alcaldía municipal – Secretarías				Corpourabá	Dapard	Empresas de Acueducto y Alcantarillado	Juntas de Acción Comunal	
		Gobierno	Planeación	Desarrollo Comunitario	Obras Públicas					
OBRAS DE MITIGACIÓN – NO ESTRUCTURALES										
Plan de Mejoramiento integral (*)	P, E	1	1	1	1	1	1	1	2	
1- Regulación del Uso del Suelo	P, Rec, R	1	1	1		1	2	1	2	
2- Reubicación de Viviendas	P, E, Ad	1	1	1			1		2	
3- Adecuación Paisajística del Área.	P, D, C, R	1	1	1	1	2	3		2	
4- Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora	P, D, E		1	2		1	2	2	2	
5- Información Pública	TS, R			1		2	2		2	
6- Monitoreo y seguimiento de las cuencas de las quebradas torrenciales	P, E, R	1		1	1	1	1		2	1
7 – Planes de contingencia	O, E, R, TS	1	1	1		1	1		2	1
OBRAS DE MITIGACIÓN – ESTRUCTURALES										
1- Diseño y construcción de obras de mitigación y control										
Realce en Trinchos de Madera	D, C		1		1	1	1		3	
Enrocado para protección de Márgenes	D, C		1		1	1	1			
Pilotes metálicos hincados con tierra armada para recuperación de banca	D, C		1		1	1	1		3	
Recuperación de banca de la vía al Mar, en sectores donde se está presentando pérdida de banca por inestabilidad de márgenes.	D,C									1
Reforzamiento de puentes que hacen parte del trazado de la vía al Mar	D,C									1
Zonas de acumulación y Barreras con cercas vivas	D,C		1		1	1	1		3	
2- Tratamiento local de mitigación y control de procesos										
Obras de disposición de agua proveniente de la escorrentía de las laderas sobre la vía al Mar	D,C									1
Mantenimiento y limpieza de Box Coulvert de la vía al Mar	P									1
3- Obras de recuperación de cobertura										
Arborización en zonas de ladera	C		1		1	1	1			

TIPO DE ACCIÓN

P	Planeación	R	Recomendaciones y pautas
E	Ejecución	Ad	Adquisición de terrenos
D	Diseño	Rec	Restricción de uso
C	Construcción	TS	Talleres de socialización

NIVEL DE RESPONSABILIDAD

1	Responsabilidad principal
2	Responsabilidad en segunda instancia
3	Responsabilidad en tercera instancia - Mantenimiento

CONTENIDO

9 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO	9-1
9.1 INTRODUCCIÓN.....	9-1
9.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS	9-1
9.2.1 <i>Delimitación de Áreas de Conservación y Protección de Recursos Naturales, Paisajísticos y de Conjuntos Urbanos, Históricos y Culturales.....</i>	<i>9-1</i>
9.2.2 <i>Zonas de ronda y usos del suelo en cuencas</i>	<i>9-2</i>
9.2.3 <i>Áreas Expuestas a Amenazas y Riesgos.</i>	<i>9-3</i>
9.2.4 <i>Planes Parciales y Unidades de Actuación Urbanística.</i>	<i>9-4</i>
9.2.5 <i>Prevención y atención de desastres</i>	<i>9-8</i>
9.3 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT	9-8
9.3.1 <i>Generalidades</i>	<i>9-8</i>
9.3.2 <i>Inclusión de los resultados del estudio en el POT.....</i>	<i>9-10</i>
9.4 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO	9-13

9 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO

9.1 INTRODUCCIÓN

La inclusión de la gestión de riesgos en la planeación del desarrollo municipal es tal vez una de las más importantes tareas a las que se enfrentan los diferentes niveles territoriales e instituciones sectoriales, dentro del proceso de descentralización. La incorporación del riesgo en los procesos de planeación y ordenamiento territorial, permite establecer medidas no estructurales para la prevención y mitigación, orientadas a la reducción del riesgo existente y evitar la generación de nuevos riesgos a futuro.

Evitar la ocupación de terrenos no apropiados para la urbanización por presencia de amenazas naturales más que una restricción, es una oportunidad para el desarrollo local, ya que evita costosas inversiones que de una u otra manera los municipios deben sufragar en el momento de presentarse un desastre. Identificar y zonificar de forma anticipada las zonas donde se puede generar riesgo es fundamental para determinar correctamente las áreas de expansión del municipio a fin de evitar desastres futuros.

Es por todo lo anterior que se requiere incorporar los Planes Municipales para la Prevención de Desastres y Mitigación de Riesgos en los Planes de Desarrollo del Municipio, respondiendo a los lineamientos de los Planes de Ordenamiento Territorial. El municipio cuenta con un POT desarrollado para el año 2009 que está siendo revisado en diferentes aspectos y en el tema de riesgo será ajustado a partir de los resultados del presente estudio.

9.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS

En términos generales el plan general de acción recomendado en el estudio guarda coherencia con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cañasgordas, con algunas observaciones que complementan los planes parciales y estrategias establecidas. En esta sección se presenta el resumen de los planes del POT que se consideran aplicables dentro del contexto del presente estudio y que aplican para el manejo integral del mejoramiento de la zona urbana del municipio, y a ser tenidos en cuenta en la actualización el mismo.

9.2.1 Delimitación de Áreas de Conservación y Protección de Recursos Naturales, Paisajísticos y de Conjuntos Urbanos, Históricos y Culturales.

La delimitación de las áreas de conservación se enfoca de dos formas: la conservación de recursos representativos de la zona urbana y la recuperación de las edificaciones que representen patrimonio histórico. Las áreas de importancia para la gestión del riesgo las constituyen aquellas relacionadas con los recursos naturales.

La problemática ambiental en el municipio de Cañasgordas, está dada por una fuerte presión en el bosque nativo, con el objetivo de convertir este ecosistema a otros usos como pastizales o cultivos, esto agravado por la fuerte pendiente que presenta un alto

porcentaje en todo el territorio, lo que genera fenómenos como la excesiva lixiviación y lavado de nutrientes del suelo y el fenómeno del terráceo por el pisoteo del ganado

Proteger y conservar los recursos naturales representativos dentro de la zona urbana.

- Proteger las riberas del río Cañasgordas o río Sucio y quebrada Apucarco la cual tiene potencialidades como espacio público. De la misma manera las riberas de las quebradas que atraviesan la zona urbana con el fin de mitigar el riesgo.
- Proteger los taludes del cauce del río Sucio con vegetación apropiada con el fin de evitar deslizamientos que puedan afectar las viviendas de la zona urbana, principalmente en el sector de la virgencita, Cristo Rey, La Planta y El Edén.
- Protección de las fuentes de agua del río Sucio y las quebradas Apucarco, Tabaquero, Media Cuesta y Quinto Mandamiento, con el fin de evitar represamientos del cauce por desechos sólidos y prevenir fenómenos por inundación.

Promover procesos de sensibilidad ambiental.

- Fortalecer los grupos ecológicos existentes en el municipio.
- Implementar prácticas ambientales en las riberas de las principales fuentes hídricas y en zonas de alta pendiente.

9.2.2 Zonas de ronda y usos del suelo en cuencas

Se dará jerarquía al control y manejo sobre la apropiación a las coberturas identificadas como bosque o rastrojo alto, las cuales se han caracterizado como bienes proveedores del recurso hídrico con ecosistemas íntegros y con importantes recursos de flora y fauna donde se establecen clímax o nichos ecológicos.

Simultáneamente se dará otro uso más específico sobre las áreas inmediatas a las fuentes, esto de forma consecuente a las jerarquías o características de cada una de las mismas:

- Los usos y coberturas sobre fuentes menores. Las fuentes de orden primario o menores tendrán un tratamiento especialmente como productoras de agua por tal razón su vegetación será con especies arbóreas productoras sobre retiros de 10 metros a cada uno de los lados de las mismas, dichos retiros serán áreas de restricción para otro uso de explotación económica, cultivos limpios o pastos. En los nacimientos de las mismas estas tendrán unos retiros mayores determinados por el respectivo plan de manejo a estructurar.
- Los usos y coberturas sobre las fuentes de orden Secundario. Las fuentes de orden secundario o de caudal medio tendrán como retiro obligatorio para la implementación de cultivos u otros usos, franjas de 30 metros a cada lado de las mismas, dichas franjas serán protegidas con vegetación productora y protectora, esta vegetación se manejará de tal forma que se regulen las fuentes con sus

caudales. En los nacimientos de estas fuentes las áreas de retiro serán de 100 metros.

- Los usos y coberturas sobre fuentes mayores: Tendrán similar tratamiento a lo establecido para las fuentes de orden secundario con la particularidad que se dará sobre estas una mayor atención en la regulación de las aguas y en el manejo de las vertientes o los cauces, esto con el objeto de controlar procesos de deslizamientos o transporte de Depósitos aluviales.

El uso del suelo sobre los cauces y áreas ribereñas a las fuentes hídricas se implementará con la conservación e instauración de coberturas vegetales acordes a las condiciones y necesidades entorno a las mismas fuentes, se dará un adecuado uso y un manejo integrado de los recursos naturales que le permitan a la población de las vertientes o fuentes su permanencia y conservación.

La regularidad permanente del agua se logrará con factores que disminuyan las crecientes aluviales o avenidas de tal forma que el nivel base de las fuentes y sus cotas máximas sean permanentes. Los factores de regularidad se aplicarán especialmente para aquellas fuentes de fácil torrencialidad. La mejor calidad del agua se logrará por medio de una vegetación especial que disminuya la erosión y finalmente la cantidad pueda ser aumentada para el control de la evaporación esto con una vegetación herbácea, aumentando con esta misma cobertura el escurrimiento.

9.2.3 Áreas Expuestas a Amenazas y Riesgos.

El Plan de ordenamiento Territorial contempla acciones principalmente frente a los posibles eventos relacionadas con los ríos y quebradas, ya sea por inundación o inestabilidad de márgenes. Dentro de estas tenemos:

Ejercer Mecanismos de Control con Respecto a las Áreas de Retiro al Río Sucio

- Prohibir el asentamiento de nuevas viviendas en la ribera del río Sucio: Estas zonas de riesgo no recuperables susceptibles a inundaciones o a deslizamientos, no deben tener ningún tipo de uso diferente a conservación, por lo tanto no se autoriza la construcción de desarrollos urbanísticos, se considerarán como susceptibles de incorporarse a la red de espacios públicos o verdes del Municipio y deberán ser intervenidas con alguna acción preventiva.
- Reubicar viviendas localizadas en zonas de riesgo no recuperables: Principalmente en la zona entre La Bomba y el sector de Imántago, el cual se ha ido poblando paulatinamente sin tener ningún control o restricción por parte de la oficina de Planeación. Las que se encuentren urbanizadas serán objeto de programas de relocalización, así como de recuperación del área desalojada, mediante programas de reforestación, vigilancia o cerramiento de los terrenos con el fin de evitar que sean nuevamente ocupados.
- Mitigar la amenaza en las zonas de riesgo recuperables. Hay sectores de la zona urbana que se encuentran muy consolidados y que son difíciles de reubicar como es el caso de algunas viviendas del barrio el Porvenir que se encuentran en la

ribera del río y algunas viviendas del sector de la Virgencita donde hay posibilidades de deslizamientos, en los cuales se implementarán acciones de manejo y recuperación de las zonas de riesgo, incorporando el concepto de preservación.

Implementar Acciones Preventivas y Correctivas con Respecto a las Quebradas que Atraviesan la Zona Urbana.

- Adecuación de las canalizaciones por donde corren estas quebradas. Es prioritario el estudio detallado de cada uno de estos sistemas, ya que no se encuentran técnicamente canalizadas, lo que representa un peligro inminente para la población ya que atraviesan algunos sectores por debajo de las viviendas o por los solares, con el fin de aplicar los correctivos técnicos necesarios.
- Monitoreo de los cauces de las quebradas principalmente en épocas de invierno. Esta acción es fundamental como complemento a la anterior, y puede ser desarrollada por el Comité Local de Emergencias, con programas además de concientización de la comunidad frente al cuidado de las cuencas y el manejo de las basuras.

9.2.4 Planes Parciales y Unidades de Actuación Urbanística.

Se denomina Unidad de Actuación Urbanística “ al desarrollo de proyectos y programas derivados de las políticas y estrategias establecidas en el Plan de Ordenamiento Territorial, o en los planes parciales formulados de acuerdo con las directrices derivadas de tales políticas y estrategias “

A su vez estos Planes Parciales pretenden complementar y profundizar sobre los temas estratégicos dentro del Plan de Ordenamiento que ameritan un tratamiento cuidadoso y específico, para el caso específico de la zona urbana del Municipio de Cañasgordas serán necesarios.

A continuación se resumen los planes parciales y los planes específicos para los siguientes aspectos:

9.2.4.1 Desarrollo de áreas de expansión urbana y reglamentación del crecimiento urbano:

Es un punto en etapa de diagnóstico y estudio, por tanto las acciones están enfocadas al trabajo de las instituciones y planeación de las diferentes entidades involucradas.

- Se requiere del desarrollo físico del Sector de Imántago como área de futura expansión urbana desde todos los puntos de vista: vías, vivienda, servicios públicos, zonas de riesgo, aspectos ambientales, de espacio público y trazado urbano, con el fin de garantizar una consolidación coherente y articulada al centro urbano.
- Actualizar los Estatutos de Planeación con respecto a usos del suelo y las normas necesarias para controlar y reglamentar el crecimiento urbano.

9.2.4.2 Infraestructura para Vías y Transporte.

El sistema Vial tiene falencias por sus limitaciones de espacio y cobertura, carencia de diseños y estructuras deterioradas, dando un nivel de servicio y funcionalidad bajos, esto debido en gran parte a que la zona Urbana se extendió con respecto al Río Sucio, por lo cual se pretende fortalecer el sistema vial y de transporte urbano, mediante la optimización de la red existente, su adecuación y ampliación.

Para lograr este objetivo, será necesario implementar las siguientes estrategias con sus respectivos proyectos:

- Creación y Conformación de Senderos Peatonales como Espacios Públicos: Adecuación de las calles 31 entre carrera 30 y diagonal 32 (Sector 4 Central) y hacia el sector de Santa Ana (Subsector 4C) y calle 29 entre carreras 31 y 29.(Sector 4 Central)
- Mejoramiento Vías Urbanas: Pavimentación Vías Secundarias que conducen al sector de Versalles (Sector 3) a partir de la calle 24 y al sector de Imántago a partir de la Variante y hasta el Seminario San Pio X y el Barrio La Esperanza (Sector 1). Adecuación y pavimentación de la carrera 31 y calle 35 en el sector de San Martín. (Sector 2). Construcción de puente vehicular hacia el barrio La Esperanza sobre la quebrada La LLorona (Sector 1) y ampliación puente vehicular en el sector de la Planta sobre la quebrada Apucarco. (Sector 3)
- Fortalecimiento del Sistema de Transporte Intermunicipal: Construcción de la Terminal de Transporte (Sector 4 Central). Adecuación y señalización de zonas de parqueo. (Sector 4 Central). Conformación de una cooperativa de transportadores.
- Organización del sistema de Transporte interurbano y Fortalecimiento de los Ingresos de Capital del Municipio: Implementación del sistema de valorización para asumir los costos de pavimentación y mantenimiento de las vías urbanas.

9.2.4.3 Infraestructura de Servicios Públicos (Acueducto, Alcantarillado, Energía, Teléfonos y Aseo)

Las estrategias están enfocadas al cubrimiento total de la zona urbana con respecto a estos servicios públicos básicos, con el fin de superar las condiciones de NBI en los sectores menos consolidados de la zona urbana:

- Fortalecer la Administración Municipal en cuanto al Manejo de los Servicios Públicos: Conformación de la oficina de Servicios Públicos según la Ley 142 de 1994, donde el objetivo es la descentralización el manejo de los servicios públicos de la oficina de Planeación.
- Garantizar Agua Potable para toda la Población Urbana: Conexión al sistema de acueducto tradicional mediante la ampliación de redes. (Subsector 4C, Sector 2). Instalación de una Planta de Tratamiento tradicional (compacta) que atienda las necesidades del sector de la Zona de Imántago, que incluye 502 habitantes y una población escolar aproximada de 300 estudiantes.
- Mejoramiento de las Redes de Alcantarillado: Ampliación, determinar cuáles viviendas se pueden conectar técnicamente al alcantarillado tradicional o plantar un sistema de alcantarillado alternativo al tradicional que recoja los alcantarillados que están botando

directamente al río, este sistema puede ir paralelo a la ribera del río Cañasgordas. Hacer un inventario de las viviendas que técnicamente no se pueden conectar al alcantarillado tradicional y que están botando a “Cárcamos”. Recuperación de las redes de alcantarillado deterioradas.

- Implementar un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales: Construcción Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Este proyecto debe estar enmarcado dentro de un proyecto macro a nivel regional que contemple la recuperación ambiental del Río Sucio.
- Mejoramiento de las Condiciones Ambientales con Respecto a la Disposición Final de las Basuras: Construcción del Relleno Sanitario. Ampliación de la cobertura al 100% en recolección de residuos sólidos. Este aspecto se puede abordar de varias maneras complementarias.
- La Recolección de Basuras como una Alternativa de Empleo: Conformación de una cooperativa de madres cabeza de familia. Privilegios a las madres cabeza de familia que cumplen la función de barrido de calles, además permitir que se recicle mientras realizan su actividad.
- Garantizar la cobertura del 100% del servicio de energía eléctrica.

9.2.4.4 Equipamentos Colectivos.

En lo que se refiere a Equipamientos Colectivos, podríamos plantear que en cuanto a la capacidad de la infraestructura física para prestar los diferentes Servicios Sociales tiene un alto grado de consolidación y una amplia cobertura, la deficiencia radica básicamente en la falta de consolidación del sistema vial y de transporte con respecto a algunos sectores urbanos en consolidación (Sectores 1 y 3). Los equipamientos colectivos sobre los cuales se requiere actuación son salud y educación:

- Mejoramiento de la Prestación del Servicio en Salud: Ampliación de la Planta Física existente (Hospital San Carlos)
- Consolidación del Municipio como Centro de Educación Superior de la Subregión: Adecuación y Ampliación de CETECA (Centro de Estudios Cañasgordas), Ampliación de la Infraestructura Educativa en Primaria.
- Dotación de la Zona Urbana de Infraestructura Necesaria para las Actividades Ecoturísticas.

9.2.4.5 Espacio Público.

Las acciones en el aspecto de espacio público están enfocadas al mejoramiento de la infraestructura actual y a la inclusión de nuevos espacios considerados como zonas de protección y conservación:

- Consolidación del Espacio Público Central Ordenador: Construcción Parque Principal.
- Incrementar el índice de los Espacios Públicos, recreativos y deportivos en las zonas de mayor déficit: Construcción de Parques Infantiles. Considerar las áreas de riesgo no habitable o no urbanizable como susceptibles de incorporar a la red de espacios públicos o verdes del Municipio.
- Incorporar a los espacios públicos urbanos las zonas de protección y conservación: Construcción de un sedero ecológico paralelo a la quebrada Apucarco.

9.2.4.6 Vivienda de Interés Social.

Los planes de vivienda incluyen la implementación de programas de reubicación, los programas de mejoramiento y entorno, programa de vivienda nueva y fortalecimiento del FOVIS.

- Implementación de Programas de Reubicación.

La zona urbana del Municipio de Cañasgordas por su emplazamiento con respecto al Río Sucio tendría que reubicar mínimo a una tercera parte de su población, sin embargo hay zonas críticas detectadas que ameritan reubicación, mientras que en otras se puede mitigar el riesgo. Los principales sectores a reubicar son:

- 1) Las viviendas cercanas al Matadero Municipal, ubicadas hacia la margen del Río en el barrio el Edén, (Sector 3) las cuales ya tienen antecedentes de una borrasca de la quebrada Tabaquero en 1986.
- 2) Algunas viviendas en el sector de Cristo Rey a los 2 lados de la margen del Río (Sector 2).
- 3) Las viviendas ubicadas en la variante y sobre la margen del Río entre la Bomba y el desvío hacia Imántago, (Sector 1) así mismo las viviendas ubicadas sobre la vía al sector de Imántago hasta el puente sobre el Río Sucio.

Todas estas viviendas deben ser reubicadas hacia el sector de Imántago (Sector 1) donde se encuentra la zona de expansión urbana y en la cual ya se han construido 2 barrios por reubicación (Los Balsos y La Esperanza)

Programas de Mejoramiento y Entorno.

En la zona Urbana del Municipio es más crítico el aspecto cualitativo representado principalmente en el deterioro de techos, pisos en tierra, ausencia de servicios públicos y condiciones de hacinamiento, que el cuantitativo. El sector más crítico con respecto a la vivienda es el No 2 que comprende los barrios de Cordoncillal, Cristo Rey, Quinto Mandamiento, La Escalera, La Bomba, El Retén, El Chispero y San Martín, así mismo el sector de Santa Ana.

Programas de Vivienda Nueva.

A pesar de no ser uno de los aspectos prioritarios dentro de la problemática de la vivienda en la zona urbana, hay un déficit cuantitativo equivalente al 17 %.

Los programas de reubicación y mejoramiento de vivienda van encaminados a atender la población de Nivel 1 y 2 del SISBEN, quedando descuidado otro grupo de población de niveles económicos un poco más altos como educadores, empleados oficiales, etc., que son arrendatarios y no poseen su propia vivienda.

El principal sector donde se puede plantear proyectos de este tipo por sus características de consolidación es en el sector central sobre la Cra 30 (Vía principal), en viviendas que están en un estado de deterioro progresivo y que poseen grandes áreas y que a la vez están ubicadas en zonas estables.

Fortalecimiento del FOVIS.

A pesar de que actualmente el FOVIS es un ente autónomo y descentralizado dentro de la Administración Municipal, es necesario su fortalecimiento administrativo y económico, ya que debe haber una persona que lo administre y lo asuma como una empresa, que vele por que se hagan los traslados de ley correspondientes para poder montar y ejecutar proyectos de vivienda rentables, cuyas utilidades se reviertan en programas de vivienda para la población más marginada.

9.2.4.7 Áreas de Conservación de Conjuntos Urbanos, Históricas y Culturales.

Recuperación de Edificaciones que Representen Patrimonio Histórico.

Compra de edificaciones que representen patrimonio histórico para cambio de uso. Son ellas:

- 1) Edificio estilo Republicano ubicado en la esquina de la Cra 30 con calle 27.
- 2) Viviendas estilo Colonial que están ubicadas sobre la Cra 30 (Vía principal).

Declarar Patrimonio Arquitectónico, Cultural e Histórico algunas edificaciones que hacen parte de la memoria colectiva. Como son el Templo Parroquial y la Capilla de la Sagrada Familia.

9.2.5 Prevención y atención de desastres

En el Plan de Ordenamiento Territorial no se plantean acciones claras al respecto y se enfoca este aspecto desde el punto de vista institucional, buscando promover el Comité municipal de atención y Prevención de desastres, especialmente para tomar decisiones sobre las áreas expuestas a amenazas y riesgos.

Además y en forma implícita a otros aspectos se tiene:

- Monitoreo de los cauces de las quebradas principalmente en épocas de invierno. Esta acción es fundamental como complemento a la anterior, y puede ser desarrollada por el Comité Local de Emergencias, con programas además de concientización de la comunidad frente al cuidado de las cuencas y el manejo de las basuras.
- Reubicar viviendas localizadas en zonas de riesgo no recuperables.

9.3 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT

9.3.1 Generalidades

Con el fin de identificar el momento en el cual se encuentra el POT y el procedimiento que deberá adelantar para la adecuada incorporación de la prevención y reducción del riesgo, en primer lugar se debe identificar en el ciclo del POT, la etapa en la cual se encuentra el municipio.

En el POT del municipio se hace un diagnóstico sobre las fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas y tendencias de la organización territorial del municipio. Es en este momento del proceso de planificación para el ordenamiento territorial, en donde se hace necesario involucrar dentro de los determinantes ambientales, además de otras variables, la caracterización de las amenazas y vulnerabilidades, es decir los riesgos, presentes en el territorio. La determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de inundación, torrencialidad y fenómenos de remoción en masa en la zona urbana del municipio de Cañasgordas es lo que se ha llevado a cabo en desarrollo del presente estudio.

Teniendo en cuenta que la etapa de actualización se está llevando a cabo y se prevee la incorporación del riesgo, se podrá implementar las acciones en los procesos de formulación para la adopción o revisión del POT y en las etapas de implementación y evaluación.

Para incorporar la Prevención y Reducción de Riesgos en la formulación del POT se debe incorporar la zonificación de amenazas a partir de la elaboración de un mapa de aptitud para ocupación urbana, el cual resulta de la combinación de mapas primarios que incluyen los mapas de amenaza para diferentes eventos de acuerdo con las características del municipio. Además es importante integrar en este mapa las restricciones para el uso que permita una escogencia racional del mejor aprovechamiento posible de la tierra en función de su vocación natural y del equilibrio ambiental.

También se debe tener en cuenta que la Prevención y Reducción de Riesgos y la planificación territorial son procesos dinámicos que requieren continuas revisiones y actualizaciones, y además se debe considerar que la incorporación de políticas de prevención de desastres y mitigación de riesgos en el Ordenamiento Territorial de los municipios debe estar ligada al plan de prevención y atención de emergencias que se desarrolla para cada municipio.

El modelo territorial se debe sustentar en los sistemas estructurantes, que en la mayor parte de los casos se refieren a una estructura ecológica principal, a una estructura urbana y una estructura rural. La definición, delimitación y manejo de estos sistemas requiere el conocimiento de las amenazas y riesgos como elementos determinantes, dado que, por un lado dichos sistemas deben establecerse a partir de principios como la sostenibilidad y la seguridad y, por otro, se debe proteger la estructura ecológica principal, que tiene como base la estructura ecológica, geomorfológica y biológica original existente en el territorio.

La implementación comprende el desarrollo reglamentario de las normas definidas en el plan y el seguimiento o evaluación, que es un proceso ordenado por la ley 388 y está en relación directa con el montaje de expedientes municipales. Es además, condición imprescindible para iniciar el proceso de revisión del plan. La evaluación del Plan debe abordar solamente los aspectos que se consideren estratégicos en la perspectiva de desarrollo integral del municipio, y que sean fácilmente evaluables, porque cuentan con indicadores ya definidos o con la posibilidad de construirlos. Es fundamental tener en cuenta aspectos relacionados con déficits de suelo y de vivienda de interés social (VIS), cobertura de la prestación de servicios públicos, desarrollo del sistema vial y de transporte, equipamiento comunitario y estándares de espacio público.

En este marco general se planteará la inclusión de los resultados en el POT como se muestra a continuación.

9.3.2 Inclusión de los resultados del estudio en el POT.

La localización de los aspectos específicos exigidos por la reglamentación de la Ley 388 (Decreto 879 de 1998, Art. 14) se obtiene también utilizando la información de los mapas anteriores. A continuación se presentan de forma general los resultados a involucrar en cada uno de los aspectos solicitados:

- Áreas de conservación y protección de los recursos naturales: el estudio actual involucra acciones de restricción en uso y conservación, congelación de desarrollo urbano.
- Áreas expuestas a amenazas y riesgos: el estudio actual muestra la zonificación de riesgos por torrencialidad, inundación y fenómenos de remoción en masa.
- La estrategia de mediano plazo para programas de vivienda de interés social: El estudio actual presenta las zonas no aptas para asentamientos humanos en términos de riesgos y las viviendas que requieren reubicación y zonas que deben frenar y/o congelar el desarrollo urbano.
- Planes parciales y unidades de actualización urbanística: el estudio actual muestra las acciones a realizar por las instituciones y entidades y el direccionamiento de los proyectos.
- Infraestructura para vías y transporte: debe ser consecuente con los resultados de este estudio.
- Redes de servicios públicos: en concordancia a los planes de acción y gestión de riesgos.
- Equipamientos colectivos y espacios públicos libres para parques y zonas verdes y el señalamiento de las cesiones urbanísticas gratuitas correspondientes a dichas infraestructuras: zonas con restricción del suelo que pueden ser usadas como zonas verdes y de uso recreativo.
- Conjuntos urbanos, históricos y culturales

Como factor adicional para la actualización del POT, este estudio encontró como prioritaria la necesidad de establecer la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, incluyendo dentro de los planes parciales un programa de reforzamiento estructural de viviendas. En la posible ocurrencia de un sismo de gran magnitud, la posibilidad de daño por deslizamientos es menor al daño sufrido en las viviendas por el mismo sismo, de tal manera que el reforzamiento da mayor probabilidad de resiliencia frente a diferentes eventos.

El sistema estructurante del municipio es el Río Sucio, considerado como la estructura ecológica principal. Para establecer los principios de sostenibilidad y seguridad de este sistema se requiere de la incorporación de las zonas de ronda, las cuales se delimitan claramente en este estudio, y sobre estas involucrar aspectos como la restricción de uso del suelo, congelamiento del desarrollo urbano, revegetalización y/o recuperación de la cobertura.

A nivel de manzana, con los resultados encontrados en el estudio de amenazas y riesgos, se comparan los niveles de amenaza frente a las obras propuestas y las obras existentes, de tal forma que se identifique claramente cuales riesgos son mitigados y cuáles no. Se debe tener en cuenta que algunos lineamientos son excluyentes como es el caso de la Ronda Hidráulica, las viviendas actuales dentro de esta franja requieren ser reubicadas o congelar su desarrollo urbanístico, frenando cualquier tipo de construcción y/o ampliación así no estén sujetas a amenazas directas. La tabla 9-1 presenta este análisis por manzana.

Es necesario aclarar que para las manzanas identificadas como zonas de reubicación, son algunos predios específicos y no el total de la manzana, como es el caso de la manzana 12 donde se encuentra el Palacio Municipal, que solo se propone reubicar algunas de las viviendas del costado sur, también se debe considerar que las viviendas de condiciones de vulnerabilidad física y social baja, pueden ser acogidas dentro de las zonas de congelamiento de desarrollo urbanístico, eso sí, ejecutando un control periódico con mayor frecuencia en los casos donde se presente un evento amenazante que exponga el elemento. Los mapas resultados del estudio muestran estas viviendas. Además, estas zonas deben ser estudiadas con detenimiento por el municipio, en miras de generar el menor impacto social sobre la población afectada con esta política.

Tabla 9-1 Análisis de amenazas y reubicación algunas de viviendas por manzana.

MANZANA		Amenaza FRM	Vulnerabilidad FRM	Riesgo Actual FRM	Ronda	Riesgo por Inundación	Riesgo por Torrencialidad	Obra existente	Obra Propyectada	Reubicación	DETALLE
01	a	M	A	M	S	B	N	N	N	SI	versalles, cerca a vereda buenos aires_ via abriaqui
01	b	B	B	B	S	B	N	N	N	SI	
02		M	A	M	S	B	N	N	S	SI	escuela maria auxiliadora
03		B	B	B	S	B	N	N	N	SI	
04		B	B	B	S	A	A	N	N	SI	Sector versalles
05		B	B	B	S	B	A	N	N	SI	matadero
06		M	A	M	S	B	B	N	S	SI	
07		B	B	B	S	A	A	N	N	SI	Quebrada Apucarpo
08		B	B	B	S	A	N	N	N	SI	Quebrada Apucarpo
09		M	M	M	N	N	N	N	S	NO	Cancha Municipal
10		M	B	B	N	N	N	N	N	NO	Colegio Nicolas gaviria cerca a la entrada del municipio
11		A	A	A	S	B	A	N	N	SI	Cercano al puente los ospinas
12		A	M	A	S	B	A	S	N	SI	Palacio Municipal
14		M	M	M	N	N	N	N	N	NO	
15		A	M	M	S	B	N	N	N	SI	Comité de Cafeteros

Análisis de amenazas y reubicación de viviendas por manzana (continuación).

MANZANA	Amenaza FRM	Vulnerabilidad FRM	Riesgo Actual FRM	Ronda	Riesgo por Inundación	Riesgo por Torrencialidad	Obra existente	Obra Proyectada	Reubicación	DETALLE
21	M	B	M	S	B	N	N	N	SI	
22	B	B	B	S	B	N	N	N	SI	
23	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	
24	M	B	B	N	N	N	N	N	NO	
25	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
26	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
27	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	Parroquia San Carlos
28	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	
29	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	Plaza de Mercado
30	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	
31	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
32 a	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
32 b	M	M	B	N	N	N	N	S	NO	I.E nicolas gaviria centro
33	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	Comando de Policia
34	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	
35	B	B	B	N	B	N	N	N	NO	
36 a	B	B	B	S	B	N	N	N	SI	
36 b	B	B	B	S	B	N	N	N	SI	
37	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	Hospital San Carlos
38 a	M	M	M	N	N	B	N	S	NO	
38 b	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
39	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
40	M	B	B	N	N	N	N	N	NO	
41	A	B	B	N	N	N	N	N	SI	Cementerio
42	A	M	A	S	B	N	N	N	SI	
43	A	M	A	S	B	A	N	S	SI	Estacion de servicio
44	M	M	M	N	N	N	N	S	NO	
45	M	M	B	N	N	N	N	S	NO	
46	A	A	A	S	B	A	N	N	SI	
47	B	B	B	S	B	A	N	N	SI	
49	M	B	B	S	A	A	N	N	NO	Manzana reubicada, via a los balsos y la esperanza
50	M	M	M	N	N	N	N	S	NO	Los Balsos
51	M	M	M	N	N	N	N	S	NO	Los Balsos
52	M	M	M	N	N	N	N	S	NO	Los Balsos
53	M	M	M	N	N	N	N	S	NO	Los Balsos
54 a	M	A	M	S	B	N	N	S	SI	Escuela eduardo herrera
54 b	M	A	M	S	B	N	N	S	SI	
55	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
56	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	Parque Principal
57	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	Parque los libertadores
58	M	B	M	N	N	B	N	S	NO	
59	A	A	A	S	B	A	N	N	SI	
60	M	M	B	S	B	B	N	N	SI	

Análisis de amenazas y reubicación de viviendas por manzana (continuación).

MANZANA	Amenaza FRM	Vulnerabilidad FRM	Riesgo Actual FRM	Ronda	Riesgo por Inundación	Riesgo por Torrencialidad	Obra existente	Obra Proyectada	Reubicación	DETALLE
61	A	A	A	S	B	A	N	N	SI	
62	A	A	A	S	N	N	N	N	SI	
63	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	La Esperanza
64	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	La Esperanza
66	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	La Esperanza
67	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	La Esperanza
75	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	Nicolas gaviria Imantago
76	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	
77	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	San pio x
78	A	A	A	S	B	N	N	S	SI	
79	M	A	M	N	N	N	N	S	NO	
80	A	A	B	S	B	N	N	S	NO	
81	B	B	B	S	B	A	N	N	SI	Quebrada Apucarpo
82	B	B	B	N	N	N	N	N	NO	
83	A	A	A	S	N	N	N	S	SI	
84	A	A	A	S	B	N	N	S	SI	

Como resultado y en términos de reubicación, se deben incluir más manzanas de las contempladas inicialmente en el POT, únicamente para los predios dentro de las zonas de afectación por evento. Para algunas manzanas que no entran en la reubicación pero que requieren de medidas de mitigación, se plantean acciones estructurales y no estructurales, las cuales deben ser analizadas por el municipio para su implementación.

9.4 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO

En este informe se presentan los siguientes mapas:

- Amenaza por inundación
- Amenaza por torrencialidad
- Amenaza por fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de márgenes
- Riesgo por inundación
- Riesgo físico por torrencialidad
- Riesgo por fenómenos de remoción en masa

Estos mapas producto de un análisis específico por evento deben reemplazar los existentes y ser incorporados en la revisión del POT del municipio. Adicionalmente resulta necesario que se incluyan los resultados donde se definieron las zonas de ronda del Río Sucio y de las quebradas afluentes que muestran un comportamiento torrencial y de inundación con el fin de que se establezcan las correspondientes zonas de retiro y protección y se restrinja al uso de dichas áreas para la construcción de viviendas (Mitigabilidad del riesgo).

CONTENIDO

10	DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL.....	10-1
10.1	INTRODUCCIÓN.....	10-1
10.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES	10-1
10.2.1	<i>Consideraciones técnicas.....</i>	<i>10-1</i>
10.2.2	<i>Consideraciones ambientales.....</i>	<i>10-2</i>
10.2.3	<i>Consideraciones Urbanísticas</i>	<i>10-2</i>
10.3	DISEÑO DE OBRAS.....	10-2
10.3.1	<i>Obras para el control de inestabilidad de márgenes</i>	<i>10-3</i>
10.3.2	<i>Medidas complementarias para garantizar la estabilidad de laderas</i>	<i>10-4</i>
10.3.3	<i>Medidas para el control de Fenómenos de Remoción en Masa.....</i>	<i>10-4</i>
10.3.4	<i>Medidas recomendadas para el control de avenidas torrenciales.....</i>	<i>10-5</i>
10.4	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	10-5

LISTA DE TABLAS

Tabla 10-1	Resumen Presupuesto Cañasgordas	10-6
------------	---------------------------------------	------

10 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL

10.1 INTRODUCCIÓN

A partir del planteamiento general de obras presentado en el capítulo 8, las cuales se enmarcan dentro del plan general de acciones propuesto y cuyo objetivo específico es minimizar los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a que está expuesta la comunidad que habita en cercanías a las laderas y los sectores afectados por socavación e inestabilidad de márgenes, se presenta en este capítulo las obras propuestas y su priorización. En el Anexo I que corresponde al diseño de obras, se presentan los planos de localización, planos de diseño y cálculos de cantidades de obra y presupuesto realizados.

Es de resaltar que las obras aquí expuestas buscan la recuperación morfológica y ambiental de la zona de ronda y preservación ambiental del río Cañasgordas y las Quebradas Apucarpo, la Llorona, la Lorena y los cauces transversales al río, a su paso por la zona urbana. Se debe tener en cuenta que además de las obras planteadas para la mitigación y control de los fenómenos de inundaciones, inestabilidad lateral y eventos torrenciales que afectan el sector objeto de estudio es necesario que se lleve a cabo la reubicación de viviendas indicadas y se haga efectiva la restricción al uso del suelo en los sectores donde la afectación es mayor.

10.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES

10.2.1 Consideraciones técnicas

En el municipio de Cañasgordas se observan puntos con inestabilidad de márgenes, especialmente en los meandros del río, los cuales han ocasionado pérdida de material y actualmente ponen en riesgo las edificaciones contiguas. Para mitigar los efectos de los ascensos de niveles de agua y procesos de socavación lateral e inestabilidad de márgenes del Río Cañasgordas se han construido en varios sectores obras como muros en gaviones y muros en concreto reforzado y aunque están funcionando adecuadamente no cubren en su totalidad las áreas afectadas por este fenómeno.

Otro factor que puede poner en riesgo las viviendas es los fenómenos de remoción en masa, los cuales son flujos de tierras y deslizamientos de material residual proveniente de la meteorización de las areniscas y limolitas del miembro Urrao. La pendiente de las laderas y la disposición del material residual sobre ellas, unido a posibles eventos de agua y sismo críticos crean escenarios de inestabilidad de las laderas aledañas al casco urbano. Debido a la magnitud de estos eventos que involucran grandes masas de material es inútil la implementación de medidas de mitigación y resulta favorable la reubicación de familias, minimizando el riesgo.

Los eventos relacionados con inundaciones afectan una baja porción de la población urbana localizada principalmente en las cercanías de la intersección de la Quebrada Apucarpo con el Río Cañasgordas, la cual deberá ser reubicada, adicionalmente se tendrá esta consideración para las viviendas que están en zona de rondas del Río

Cañasgordas, Las Quebradas Apucarpo, la Llorona, la Lorena y flujos de agua transversales al río.

En lo que se refiere a las avenidas torrenciales, dada la magnitud de los fenómenos ocurridos en el pasado y los altos niveles de daños que se pueden generar, no resulta para el caso del Río Cañasgordas muy útil la implementación de obras de mitigación; resulta más aplicable el establecimiento de zonas de aislamiento y protección en los que se establezcan restricciones al uso del suelo para vivienda, y que se lleve a cabo la recuperación de la cobertura vegetal en las laderas, tanto en las márgenes contiguas al sector urbano como en las partes altas de la cuenca, además de hacer un seguimiento permanente a la aparición de posibles obstrucciones a lo largo del cauce.

Para el caso de las Quebradas Apucarpo, La Lorena y la Llorona se recomienda un estudio de la cuenca para la implementación de obras transversales que controlen el transporte de material a lo largo de estas durante las avenidas torrenciales.

10.2.2 Consideraciones ambientales

El deterioro ambiental del Río Cañasgordas y las Quebradas Apucarpo, La Lorena y la Llorona en su paso por la zona urbana se observa en algunos sectores por el retiro de la vegetación de ronda que ocasiona inestabilidad de márgenes, además de la contaminación por vertimientos de aguas servidas en algunos puntos. También se observa que en las laderas aledañas al municipio se presenta falta de cobertura vegetal, lo cual las expone la generación de procesos erosivos y saturación de los materiales, con la posterior ocurrencia deslizamientos que pueden afectar las viviendas circundantes. Por lo tanto se recomienda delimitar adecuadamente la zona de ronda del río, las quebradas y cauces intermitentes que pasan por el casco urbano, y en dichas zonas restaurar la cobertura vegetal para favorecer su estabilidad, considerando además que los bosques se constituyen en una barrera natural para los procesos urbanísticos irregulares; esta recomendación también aplica para las laderas con posible inestabilidad.

10.2.3 Consideraciones Urbanísticas

La tipología estructural de las viviendas no obedece a ninguna de las normas y códigos establecidos y responde más bien a la necesidad de espacio y condición económica de quien la habita. Son unidades de vivienda conformadas de manera irregular, pero guardando una geometría de las manzanas, y su desarrollo se ha adelantado alrededor de accesos viales.

El desarrollo urbanístico se ha mantenido con las mismas características a través del tiempo, lo cual ha facilitado la organización y prestación de los servicios públicos. La red de movilidad tiene una adecuada disposición y no se presentan conflictos de movilidad.

10.3 DISEÑO DE OBRAS

En esta sección se presentan los resultados de los diseños detallados de las obras planteadas en el Capítulo 8 y que deben ser implementadas en las laderas circundantes al municipio y en el área correspondiente a las márgenes del Río Cañasgordas y Quebrada la Llorona a su paso por la zona urbana del municipio.

La intervención contempla la implementación de obras y medidas de mitigación y control que tienden a mejorar la condición de seguridad del área respecto al avance de la inestabilidad de las márgenes del río, ante la ocurrencia de procesos de erosión lateral y fenómenos de remoción en masa. Los planos de localización y diseño de obras se presentan en los planos 23, 24 y 25.

10.3.1 Obras para el control de inestabilidad de márgenes

10.3.1.1 Inestabilidad incipiente o en comienzos

- *Realce en trinchos de madera:* Construcción de trinchos en madera paralelos a la margen izquierda del Río Cañasgordas, en el sector B. Se ha previsto la construcción de algunos metros lineales de trinchos de madera de 1 m de ancho y 1 m de altura libre y un metro de empotramiento como mínimo. El propósito de esta obra es por una parte contener láminas de agua de baja altura en las terrazas y por otra servir para revegetalizar del río. La construcción de los trinchos se hará con postes de madera de 0.10 m de diámetro y tablones de madera burra, unidos con clavos y con tensores de alambre a 1/3 y 2/3 de la altura; el cajón conformado se reviste en su parte interna con geotextil no tejido, se rellena con tierra compactada en capas de 0.20 m de espesor y al final se revegetaliza con especies nativas de baja altura.

10.3.1.2 Obras de protección contra socavación lateral:

- *Enrocado de protección de márgenes del río Cañasgordas:* Para la protección de las márgenes del Río Cañasgordas se plantea la construcción de estas obras. Las márgenes del río en los meandros muestran socavación en la cimentación por lo que se propone la colocación de un enrocado de tamaño mayor a 6" y terminado en forma de cilindro, el cual se ve confinado lateralmente por una serie de pilotes empotrados. En las aletas de acceso al puente vehicular se han producido procesos de socavación lateral que han afectado al estribo del puente, por lo cual se requiere de la construcción del enrocado de protección. Este tipo de obra será implementado en los Sectores B, C, E y F.
- *Línea de pilotes metálicos con protección en enrocado:* Para la protección de las márgenes del río Cañasgordas cuando se tienen altas pendientes, se plantean el hincado de pilotes metálicos de diámetro de 16", una longitud de 7.0 metros y con un tensionamiento lateral por medio de torones de 1/2" anclados a un muerto de concreto de 3000 psi de 80 cm x 80 cm, como es el caso del sector D.

10.3.1.3 Obras de recuperación de la banca vial:

Línea de pilotes metálicos con muro en tierra armada: Para la recuperación de la banca de la vía que comunica al Barrio la esperanza, en el sector de inestabilidad, se propone una línea de pilotes metálicos hincados de diámetro de 16" de 5.0 m de altura y con un tensionamiento lateral por medio de torones de 1/2" anclados a un muerto de concreto de 3000 psi de 80 cm x 80 cm, con un relleno en enrocado en la parte posterior sobre el cual se construye un muro en tierra armada para recuperar la banca de la vía el cual está conformado por cuatro terrazas de 0.50 m de altura, en la cara del muro se propone la

revegetalización por medio de una fachada en manto tipo Ecomatrix ó similar; los pilotes son protegidos en la margen del río con un enrocado para evitar procesos de socavación. Este tipo de obra es planteado en el sector A.

10.3.2 Medidas complementarias para garantizar la estabilidad de laderas

- *Zanjas de coronación, cunetas y descoles:* Para garantizar la estabilidad de los taludes y en especial En el Barrio La Esperanza, Sector los Balsos, ladera sobre la Escuela Eduardo Herrera, Sector San Carlos y toda la Ladera Noroccidental es necesario disminuir a su mínima expresión la cantidad de agua de escorrentía y de infiltración en el talud, la cual genera procesos de remoción en masa. Esta disminución de agua se logra con la recolección y transporte de las aguas lluvias desde la parte superior del talud, usando zanjas de coronación en el talud superior de la vía, construyendo cunetas de recolección y traslados de las aguas a nivel de la vía; las aguas finalmente se trasladaran hasta las alcantarillas existentes.

Las dimensiones y ubicación de estas obras propuestas se presentan en las fichas de manejo y en los planos de diseño. En estas también se presentan los detalles de construcción básicos.

- *Revegetación con especies arbustivas nativas de tamaño mediano y zonas de protección:* los procesos de remoción en masa se han visto iniciados por la exposición de las laderas a los agentes ambientales, hecho que se ha generado por el retiro de la vegetación nativa y el estableciendo de zonas para usos agrícolas y ganaderos (Pastos naturales y/o cultivos). Estas zonas se convierten en puntos potenciales de inestabilidad y requieren de un tratamiento de revegetalización con especies arbustivas que permita la conformación inicial de la ladera. En forma adicional, algunos sectores donde se observa el uso indiscriminado del suelo y el comienzo de fenómenos de remoción en masa, se requiere de su delimitación restrictiva y su revegetalización prioritaria. (Ver Mapa de Acciones de gestión del riesgo)

En el plano de localización de obras en planta se presenta la distribución de las obras propuestas en este estudio y en los planos 23, 24 y 25 se presentan los respectivos detalles. Para cada sector se establecieron las cantidades de obra y los costos directos respectivos.

10.3.3 Medidas para el control de Fenómenos de Remoción en Masa

Teniendo en cuenta que parte de la infraestructura especial y parte de las viviendas se encuentra en zonas de amenaza alta por fenómenos de remoción en masa presentes en las laderas, se contempla la construcción de zonas de acumulación conformadas por barreras con cercas vivas, estas obras estarán conformadas por dos líneas de especies arbustivas tipo limón ornamental distribuidas en tres bolillos y separadas entre sí cada 1.0 metro, adicionalmente se considera la siembra de una línea de especies tipo Cambulo, las cuales cumplirán con la función de absorción de agua proveniente de la infiltración en la ladera, para así disminuir su incidencia en problemas de inestabilidad, estos estarán separados entre sí cada 5.0 m su implementación se realizará en las viviendas cercanas al Cementerio San Carlos Borromeo (Manzana C41), en la parte alta de la cancha y el

predio de la manzana C09, predios de la manzana C80 y para protección del Colegio María Auxiliadora, Iglesia Fátima y demás predios de la manzana C02.

10.3.4 Medidas recomendadas para el control de avenidas torrenciales

Teniendo en cuenta que las obras planteadas anteriormente se ubican dentro de la zona urbana, existen otras medidas recomendables para el tratamiento de los cauces y las cuencas de las quebradas torrenciales que pasan por el casco urbano del municipio.

Respecto al tratamiento de las laderas de las cuencas de estas quebradas se plantea su revegetalización, mientras que en los cauces se propone que se haga un seguimiento permanente para verificar la existencia de obstrucciones que puedan generar eventos como los ocurridos en el pasado y que han tenido graves efectos en la zona urbana. Otra medida para la protección de las partes altas de los cauces de estas quebradas corresponde a la construcción de obras transversales, las que deben obedecer a un diseño específico que se encuentra por fuera del alcance del presente estudio.

10.4 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En la Tabla 10-1 se presentan las cantidades de obra por ítem establecido y el presupuesto estimado para la construcción de las diferentes tipos de obras contempladas en los diseños; los precios unitarios establecidos para este fin, han sido generados de acuerdo con las condiciones que imponen las características del sector y de las mismas obras.

Las cantidades de obra se obtuvieron a partir de los planos de construcción, planta y detalles, empleando las unidades de medidas establecidas en las especificaciones adoptadas y ya referidas. El cálculo de cantidades de obra se adelantó en forma ordenada y sistemática como se muestra en las memorias correspondientes que se presentan en el Anexo I.

Tabla 10-1 Resumen Presupuesto Cañasgordas

ÍTEM	ACTIVIDAD	UN	CANT	Vr. UNITARIO	VR. TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,1	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOScosa (INCLUYE HERRAMIENTA MENOR, MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS)	M2	4,011.0	\$ 3,377	\$ 13,543,665
1,2	DESCAPOTE A MANO (INCLUYE MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS e=0,20 m)	M2	4,011.0	\$ 13,133	\$ 52,677,237
					\$ 66,220,902
2	OBRAS HIDRÁULICAS				
2,1	CONSTRUCCIÓN DE ZANJAS DE CORONACIÓN	ML	2,643.0	\$ 55,875	\$ 147,678,286
2,2	CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS VIALES	ML	451.0	\$ 121,463	\$ 54,779,813
2,3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUES DE 5000 LITROS	UN	6.0	\$ 2,446,749	\$ 14,680,494
2,4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA RURAL DE 4"	ML	1,048.0	\$ 16,831	\$ 17,638,574
2,5	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLAS VIALES	UN	7.0	\$ 12,986,183	\$ 90,903,283
SUB TOTAL					\$ 325,680,450
3	OBRAS DE PROTECCIÓN POR FRM				
3,1	REALCE EN TRINCHOS DE MADERA	ML	68.0	\$ 85,200	\$ 5,793,600
3,2	ENROCADO CON CANTOS RODADOS	M3	1,161.5	\$ 27,600	\$ 32,057,400
3,3	CILINDRO EN ENROCADO D=0.60m	M3	56.0	\$ 103,250	\$ 5,782,000
3,4	PILOTES HINCADOS EN MADERA INMUNIZADA L=3,0 m	UN	340.0	\$ 16,333	\$ 5,553,333
3,5	SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE TUBERÍA METÁLICA EN ACERO DE fy=322 Mpa PARA PILOTES DE Dn=16"	ML	543.0	\$ 465,499	\$ 252,765,778
3,6	IZADO E HINCADO DE PILOTES METÁLICOS	ML	543.0	\$ 61,200	\$ 33,231,600
3,7	SUMINISTRO Y TENSIONAMIENTO DE TORÓN DE 1/2" ENTRE LÍNEAS DE PILOTES	ML	85.0	\$ 11,511	\$ 978,469
3,8	MUERTO EN CONCRETO DE 3000 PSI DE 0.80 x 0.80	M3	46.1	\$ 526,010	\$ 24,238,541
3,9	MURO EN TIERRA ARMADA	M3	220.8	\$ 201,899	\$ 44,579,312
3,10	BARRERAS CON CERCAS VIVAS (LIMON ORNAMENTAL)	UN	1200.0	\$ 4,000	\$ 4,800,000
3,11	BARRERAS CON CERCAS VIVAS (CAMBULO)	UN	480.0	\$ 5,000	\$ 2,400,000
SUB TOTAL					\$ 412,193,833
4	OBRAS DE TRATAMIENTO DE COBERTURA				
4,1	REVEGETALIZACIÓN CON ESPECIES ARBUTIVAS NATIVAS DE MEDIANO TAMAÑO	HA	53	\$ 5,000,000	\$ 265,150,000
SUB TOTAL					\$ 265,150,000
5	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
5,1	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE BOX COULVERT	GL	1.0	\$ 320,050	\$ 320,050
SUB TOTAL					\$ 320,050
VALOR COSTO DIRECTO					\$1,069,565,236
A. ADMINISTRACIÓN				24.00%	\$ 256,695,657
I. IMPREVISTOS				3.00%	\$ 32,086,957
U. UTILIDAD				5.00%	\$ 53,478,262
IVA				16.00%	\$ 8,556,522
VALOR COSTO INDIRECTO					\$ 350,817,397
VALOR COSTO TOTAL					\$ 1,420,382,633

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El municipio de Cañasgordas se encuentra ubicado sobre las terrazas T3 y T4 de depósitos formados por el Río Cañasgordas en épocas de crecientes, el cual genera una geoforma plana ubicada entre laderas de alta pendiente. La conformación del municipio sumada a la condición fisiográfica de su zona urbana con viviendas colindantes a laderas de altas pendientes, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por avenidas torrenciales, fenómenos de remoción en masa, inestabilidad de las márgenes e inundaciones.
- El Río Cañasgordas presenta un patrón tipo meándrico y valle en V, con puntos de curvas pronunciados donde se presenta inestabilidad de márgenes, afectando depósitos aluviales no consolidados. Los fenómenos de socavación lateral además se ven favorecidos por la generación de un estrechamiento del cauce en el paso del Río Cañasgordas por la zona urbana, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente. Las amenazas por inundación estarían dadas por la ocurrencia de crecientes en el río Cañasgordas sobre todo con alturas de agua dadas para periodos de retorno iguales o superiores a los 100 años.
- Cuando una cuenca ha tenido avenidas torrenciales, se establece que las probabilidades de que ellas ocurran en el futuro son altas, y solamente depende de su intervalo de recurrencia en el tiempo. Los fenómenos que se presentaron hace centenares de miles o decenas de miles de años no tienen posibilidad de repetirse en los sitios donde ocurrieron porque su nivel se encuentra muy por encima de lo posible de alcanzar por una avenida torrencial que se presente en la actualidad, luego su amenaza no se debe considerar. Los fenómenos que se presentaron en los últimos miles de años, representan una *Amenaza baja*, mientras que en los sitios donde se presentaron hace de centenares de años se deben agrupar como de *Amenaza Intermedia* donde se presentaron hace decenas, deben corresponder a *Amenaza Alta*.
- De la génesis de los depósitos se puede concluir que las quebradas, flujos de agua transversales y el Río Cañasgordas son torrenciales y que sus avenidas se han producido por bloqueos de cauces debido principalmente a la disminución en la sección transversal y no por eventos individuales de lluvias fuertes, lo que los hace predecibles en la medida que sus cuencas tengan una vigilancia periódica adecuada, pues los movimientos en masa son fácilmente visibles y tardan horas o días en bajar como flujos.
- Dentro de la caracterización de las viviendas y la población se encontró que las edificaciones en su mayoría son de uso residencial, donde cada unidad es habitada por una familia, y el número de personas promedio es 5,0 por hogar (hacinamiento). Las características físicas predominantes de las construcciones son el sistema de muros cargueros en mampostería de bloque o adobe; pisos en concreto, gravilla o baldosa; estructura de techo en madera o metálica con cubierta en teja de asbesto cemento o teja de barro; y por lo general están en buen estado.

- El municipio tiene falencias importantes relacionadas a la movilidad porque no cuenta con la infraestructura necesaria o se encuentra en estado de deterioro (Puentes vehiculares), y su cobertura es limitada, como es el caso del barrio La Esperanza (Sector de Imantago).
- Los resultados de modelación hidráulica del Río Cañasgordas indican que se presentan desbordamientos en algunos sectores puntuales del área urbana pudiendo verse afectadas estas viviendas por ende se recomienda su reubicación.
- Respecto a la precisión de los resultados obtenidos en la modelación hidráulica, ésta se definió en función de la comparación cartográfica de los diferentes temáticos relacionados, así se comparó el mapa geomorfológico que establece el cauce activo con los niveles de inundación del modelo hidráulico. Contrastando las dos cartografías se puede observar una buena correspondencia entre las terrazas inundables y los límites de inundación para Tr de 100 años, que permite inferir que los resultados obtenidos son coherentes con la realidad.
- Los procesos de inestabilidad de márgenes identificados se caracterizan por ser de gran magnitud y su ocurrencia se debe a factores como la pérdida de cobertura vegetal que han sufrido las márgenes, la disposición inadecuada de las aguas recogidas en la vía, los suelos residuales y depósitos que componen los taludes y la erosión diferencial de los materiales. El detonante de los procesos de inestabilidad de las márgenes corresponde a la erosión lateral del cauce sobre las márgenes que actúa en la base de los taludes en las partes exteriores de las curvas del cauce y los fenómenos de socavación lateral además se ven favorecidos por la curvatura del Río en su paso por la zona urbana, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente.
- Los fenómenos de remoción en masa que se presentan en las laderas adyacentes a la vía afectan los suelos residuales e involucran grandes cantidades de masa desplazada y son detonados por factores como el agua y el sismo. Las laderas más afectadas son las ubicadas en los sectores noroccidental, centro y sur oriental. La ladera centro oriental presentaría fenómenos de remoción en masa en caso de ocurrencia de un sismo, y las terrazas sobre las que se encuentra asentado el municipio en su mayoría se consideran estables.
- Las áreas de riesgo alto por inundación son aquellas que hacen parte de las manzanas C59, C49, C83, C54a, C76, C46, C78, C61, C42, C36b, C35, C22, C16, C47, C12, C11, C08, C07, C05, C04, C03, C01a y C01b, como la mayor parte de estas áreas son zonas no urbanizadas, se recomienda la restricción del uso del suelo y la recuperación ambiental.
- Las manzanas que presentan áreas en riesgo alto por avenidas torrenciales son C59, C75, C49, C83, C46, C43, C42, C36, C35, C21, C16, C47, C12, C08, C05, C81, C04, C03, C01, C84, C11, C15, C61, C62, C78, C76, C54, como la mayor parte de estas áreas son zonas no urbanizadas, se recomienda la restricción del uso del suelo y la recuperación ambiental.

- Las manzanas en vulnerabilidad y riesgo por torrencialidad son las mismas identificadas en el mapa de amenaza, con similares grados (alta media y baja). Estos resultados se generan por el concepto de avenida torrencial, donde la magnitud e intensidad del evento generan daños totales sobre todos los elementos que se encuentren en la trayectoria del evento.
- Realizado el análisis de estabilidad de laderas, de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa se establece que las manzanas ubicadas en inmediaciones a las márgenes donde hay procesos activos se encuentran en alto Riesgo. Dada la baja probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en la ladera centro occidental, las manzanas al pie de esta ladera se catalogan con riesgo medio, así como el sector Los Balsos y suroccidental.
- Para las manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Alta” con un porcentaje cercano al 50%. Las medidas de mitigación y control buscan minimizar esta vulnerabilidad.
- El Municipio tiene un Plan de Emergencias, y un Comité Local de Prevención y Atención de Desastres, los cuales no cuentan con los recursos suficientes, ni los equipos necesarios para responder rápida y eficazmente el evento, lo que aumenta la vulnerabilidad y disminuye la capacidad de reacción ante el evento amenazante. Los Bomberos voluntarios son la primera autoridad en responder la emergencia y su jurisdicción va más allá de los límites de Cañasgordas. El primer paso para mejorar esta situación es conocer los eventos pasados, donde se realice un registro de eventos ocurridos, el cual aun no se ejecuta.
- Algunas acciones antrópicas como el mal uso del suelo, la disposición de aguas directamente sobre el talud y la urbanización, empeoran las condiciones de inestabilidad de los taludes, razón por la cual se recomienda la restricción de uso y ocupación como la medida a corto plazo más importante a realizar. Así mismo se debe restringir el crecimiento urbano hacia el occidente del centro fundacional y en las zonas de ronda.
- La medida más importante a corto y mediano plazo es la recuperación de la cobertura vegetal de medio o gran tamaño, impidiendo el retiro de la vegetación, la ocupación y crecimiento de pastos y cultivos. Esta medida se hace necesaria tanto en las márgenes del río y quebradas como en los taludes alrededor del casco urbano y permitirá una mayor protección frente a la erosión, la infiltración de aguas en la ladera, los posibles deslizamientos y en general, da un mayor equilibrio ambiental de la zona.
- Dentro de las medidas de mitigación no estructurales consideradas se encuentran la regulación del uso del suelo y la reubicación de las familias ubicadas en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental (ronda hidráulica). Otras medidas de este tipo corresponden a la adecuación paisajística del área, la realización de campañas de información pública y la creación de políticas de seguimiento y mitigación de las condiciones de riesgo.

- Dentro de las medidas de mitigación estructurales se encuentra el diseño y construcción de obras de protección y control contra los procesos de socavación lateral que ocasionan deslizamientos pérdida de material, buscando principalmente la reconfiguración de los márgenes usando pilotes y enrocados. También se requiere de un tratamiento de taludes con barreras vivas que permitan la revegetalización y favorezca la estabilidad de las laderas.
- Se recomienda implementar obras complementarias a las medidas de mitigación, las cuales incluyen la construcción de cunetas, zanjas de coronación, cajas, tanques y mangueras para recolección y conducción de aguas lluvias, entre otras, que permitan mejorar las condiciones de las laderas. Para el caso de los taludes viales, la institución a cargo de la misma debe revisar y corregir los puntos de entrega de aguas, así como reconfigurar la banca en los sectores críticos.
- Debido a la torrencialidad de las quebradas afluentes al río sucio, se requiere de un monitoreo permanente para verificar los niveles y condiciones de los mismos, con el fin de prevenir una posible avenida que afecte el sector urbano. Así mismo, los cauces intermitentes que han sido canalizados o que están sin canalizar requieren de una revisión de la captación y entrega de estas aguas, ya que generan problemas de humedad, impacto e inestabilidad de algunas viviendas.

12 BIBLIOGRAFÍA

ASIAN TECHNICAL COMMITTEE ON GEOTECHNOLOGY FOR NATURAL HAZARDS (1997). Manual for Zonation on areas susceptible to rain-induced Slope Failure. Touchin Insatsu Co. Ltd, Japan.

CARDENA CAMILO, Agosto de 2005. Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres. III Curso Latinoamericano de Movimientos en Masa.

CATASTRO CAÑASGORDAS, 2005. Plano catastral municipio de Cañasgordas.

CORPOURABA, 2009. Diagnostico Ambiental de la Quebrada la Apucarco del Municipio de Cañasgordas.

DECLARACIÓN DE MANIZALES. 2004. Conferencia Interamericana sobre reducción del riesgo de los desastres. Reflexiones y propuestas para mejorar la efectividad de la gestión. Noviembre 17, 18 y 19, Manizales, Colombia.

DANE, 1993. Mapa zona urbana municipio de Cañasgordas sectores, secciones, manzanas y vías.

DANE, 2005. Estadísticas urbanas municipio de Cañasgordas.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE HYOGO. Erosión control in Hyogo.

DIRECCIÓN DE DESARROLLO TERRITORIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía metodológica 1 Incorporación y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial. Bogotá, 2005.

D.N.P.A.P., 1988. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá.

GONZALEZ A., MILLAN J., SOLER F., VESGA L., 1998. Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en Santa Fe de Bogotá Artículo, X Jornadas geotécnicas.

GONZALEZ GARCIA ALVARO J., Agosto de 2005. Evaluación de Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa III Curso Latinoamericano de Movimientos en Masa. Bogotá, Colombia.

HAFFER, J. & BEATTIE, D. 1959. On the Geology of the Uraba (Northwest Colombia). Mobil GGR 483. Bogotá.

HAFFER, J. 1967. On the Geology of the Uraba and northern Chocó report. 357 (mecanografiado). p. 1-105. Ecopetrol. Bogotá.

IDEAM. Valores medios mensuales de humedad relativa, valores medios mensuales de temperatura, valores totales mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, valores de Brillo solar (horas), estación 1111502: CAÑASGORDAS. Bogotá. Colombia.

IGAC, 2004. Fotografías aéreas 99 - 104. Escala 1:11500. Vuelo C-2736.

IGAC, 1987. Fotografías aéreas 75, 76. Escala 1: 29570. Vuelo C – 2303.

IGAC, 1988. Plancha topográfica 129-II-B Escala 1:25000.

IGAC – INGEOMINAS. 2006. Estudio Integral del Andén Pacífico Colombiano, Tomo I Geología, 168 p.; Tomo II Geomorfología, 66 p. Bogotá.

INGEOMINAS, 1995. Base de datos de desastres naturales de Colombia, 1920 - 1990. Mem. IV. Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, Armenia.

INGEOMINAS, 1995.- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia.

INGEOMINAS, 1999. Geología del departamento de Antioquia. Plancha Escala 1:400000.

INGEOMINAS, 2001. Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa.

INSTITUTO DE ESTUDIOS REGIONALES. 1994. Plan de desarrollo de Urabá con énfasis en lo ambiental. Universidad de Antioquia. Medellín.

JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE E.U., 2006. Guía Metodológica para la Evaluación, Zonificación y Reducción de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa a Escala de Detalle.

LEONE F., 1996. Concept de Vulnerabilite Applique a L. Evaluation Des Risques Generes par les Phenomenes de Mouvements de Terrain. Université Joseph Fourier Grenoble; These de Doctorat, Grenoble.

MILLAN J., 1988. Lineamientos Metodológicos Para la Evaluación de la Amenaza por FRM.

MILLAN J. GONZALEZ A, 2000. Evaluación Sistemática de Procesos y Efectos de Fenómenos de Remoción en Masa en Santa Fe de Bogotá - Propuesta Metodológica, VIII Congreso Geotecnia.

MILLAN J., VESGA L., 1998. Inventario de Procesos de Remoción en Masa en los Estudios de Amenaza y Riesgo en Santa Fe de Bogotá. Artículo X Jornadas Geotécnicas.

POT CAÑASGORDAS, 2000. Plan de ordenamiento territorial municipio de Cañasgordas.

PLANEACIÓN CAÑASGORDAS. 2010. Plano catastral municipio de Cañasgordas.

RENDON R. ALBEIRO, 1994. - Identificación de zonas de riesgo por fenómenos naturales en la cabecera municipal de Cañasgordas. 1 Texto, 3 Planos. DAPARD, Medellín, Colombia.

SANCHEZ SILVA, MAURICIO, 2005. Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos, U. de los Andes.

TERLIEN M.T.J. 2005. Modelling Spatial and Temporal Variations in Rainfall - Triggered Landslides. The Integration of Hidrology Models Slope Stability Models and Geographic Information Systems for the Hazard Zonation of Rainfall - Triggered Landslides whit Examples from Manizales (Colombia) ITC, Publication NO. 32.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE MEDELLÍN, 2007. Análisis de la problemática de sedimentos del Rio La Herradura. Facultad de Minas, Medellín, Colombia.

VARNES, D.J. (1978). "Slopes Movement Types and Processes in: Landslides, Analysis and Control". TRB Special Report 176, Washington D.C., 1978.