

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
NO. 000301 DE 2016

ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA,
VULNERABILIDAD Y RIESGO POR
INUNDACIÓN DEL RÍO DE ORO
(TRAMO NUEVO GIRÓN - CAFÉ MADRID)
Y DEL RÍO FRIO (TRAMO PTAR - GIRÓN)

DOCUMENTO RESUMEN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Universidad
Industrial de
Santander



ESCUELA DE
INGENIERIA
Civil

Geomática

GEOMÁTICA
Gestión y optimización
de sistemas

PRESENTADO A:


ÁREA METROPOLITANA
DE BUCARAMANGA
BUCARAMANGA - FLORIDARANCA - GIRÓN - FIEDEQUETA

BUCARAMANGA, 2018

Créditos

Universidad Industrial de Santander
Escuela de Ingeniería Civil
Geomática, gestión y optimización de sistemas

Dirección general:

Wilfredo Del Toro Rodríguez

Magister en Ingeniería Civil – Área geotecnia
Especialista en Preservación de Recursos Hídricos y de Suelos
Director Escuela de Ingeniería Civil
Universidad Industrial de Santander

Equipo Técnico del Estudio:

Amenaza

**Luis Fernando Hoyos Carrillo – Coordinación
Técnica**
Ingeniero civil

Iván Darío Rueda Toscano
Ingeniero Civil
Especialista en Sistemas Hídricos
CIIO Ingeniería SAS

Sandra Villamizar Leal
Ingeniera Civil
CIIO Ingeniería SAS

Darío Villamizar Torres
Ingeniero Forestal
Magíster en Geografía Física
Especialista en Políticas Ambientales en la Conducción de
Proyectos

Silvia Ruggeri
Bióloga
Especialista en Monitoreo Biológico

Adrián Emilio Rizo Ibañez
Ingeniero civil
CIIO Ingeniería SAS

Eymard Hernando Blanco Figueredo
Ingeniero Civil
CIIO Ingeniería SAS

Créditos

Vulnerabilidad y Riesgo

Gustavo Chio Cho – Coordinación Técnica

Ingeniero civil

Especialista en docencia universitaria

Doctor en Ingeniería de caminos, Canales y Puertos

Johanna Lucia Pimiento Ardila

Ingeniera civil

Carlos Eduardo Sanabria Calderón

Trabajador social

Yubely Andrea García Forero

Ingeniera civil

Emperatriz Román Rey

Trabajadora social

Cartografía básica

Sandy Jair Yanes Sánchez – Coordinación técnica

Ingeniero civil

Especialista en Sistemas de información Geográfica

Yurley Rojas Gélvez

Ingeniera civil

Jesús Orlando Escalante Torrado

Ingeniero civil

Helmer Cordero

Ingeniero civil

Entidades financiadoras del estudio:

Área Metropolitana de Bucaramanga

Subdirección de Planeación e Infraestructura

Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Civil

Geomática, gestión y optimización de sistemas

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	7
1.1.	ALCANCE Y COMPONENTES DEL ESTUDIO	9
1.1.1.	Análisis detallado de amenaza.....	9
1.1.2.	Evaluación de vulnerabilidad	9
1.1.3.	Evaluación del riesgo	10
1.1.4.	Planeamiento y predimensionamiento de medidas de mitigación.....	10
1.2.	ÁREA DE ESTUDIO	11
1.3.	RECOPIACIÓN Y PRODUCCIÓN DE INSUMOS CARTOGRÁFICOS.....	16
2.	DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN	21
2.1.	HIDROLOGÍA.....	21
2.2.	HIDRÁULICA.....	47
2.3.	AMENAZA.....	55
3.	DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	62
3.1.	FRAGILIDAD	62
3.2.	VULNERABILIDAD	68
4.	DETERMINACIÓN DEL RIESGO	73
4.1.	EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS MATERIALES	74
4.2.	RIESGO ESPECÍFICO	78
4.3.	EVALUACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO	78
5.	PLANEAMIENTO Y PREDIMENSIONAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	85
5.1.	MITIGACIÓN DE LA AMENAZA	88
5.2.	MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	109
	BIBLIOGRAFÍA	127



Convenio Interadministrativo No. 000301 de 2016
Actualización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación del
Río de Oro (tramo Nuevo Girón - Café Madrid) y del Río Frio (tramo PTAR - Girón)



GLOSARIO	134
-----------------------	------------

Capítulo

1

INTRODUCCIÓN

- 1.1. Alcances y componentes del estudio
- 1.2. Área de estudio
- 1.3. Recopilación y producción de insumos

1. INTRODUCCIÓN

Es ampliamente conocido que los márgenes del Río de Oro, y especialmente en el área urbana del municipio de Girón, presentan una amenaza por inundación recurrente que ha ocasionado múltiples afectaciones a las viviendas y bienes públicos trayendo consigo impactos importantes sociales y económicos.

Entre los eventos más recientes e importantes, se destaca la inundación de los días 9 a 12 de febrero de 2005, que causó el anegamiento de amplios sectores urbanos y rurales de los municipios de Bucaramanga y Girón, daños catastróficos en algunos sectores del Parque Industrial, el colapso de estructuras y grandes pérdidas humanas y materiales en los asentamientos de La Playa y El Túnel, donde los niveles de agua ascendieron debido al represamiento generado por el estrechamiento del río.

No obstante lo anterior, la inundación ocurrida en febrero de 2005 no es el evento de mayor magnitud que haya ocurrido en el Río de Oro. De acuerdo a la información recopilada en el Diagnóstico de las amenazas de inundación y erosión en el Río de Oro realizado por la CDMB y Geotecnología Ltda en el año 2005, se reportan al menos 18 eventos lluviosos de importancia antes del febrero de 2005, entre los cuales se destaca la inundación del 19 de octubre de 1931, que constituye el máximo evento histórico reportado.

Entre los años 2008 y 2010, con el ánimo de profundizar el conocimiento de este fenómeno amenazante e identificar las medidas más adecuadas para su control y manejo, la Corporación de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB ha venido elaborando varios estudios para diferentes tramos de interés de los Ríos de Oro y Frío.

Infortunadamente, la construcción desarticulada de estructuras de contención y protección del cauce por parte de entidades públicas y particulares dirigidas a resolver la problemática de sectores puntuales ha generado un cambio en las condiciones físicas y topográficas del cauce y de su planicie de inundación. Por otra parte, los modelos hidrológicos desarrollados en el año 2008 y 2010, no incluyeron los periodos atípicos presentados en la ola invernal 2010 -2011.

Bajo estas premisas, el 14 de octubre de 2016, se suscribe el Convenio Interadministrativo No.301 de 2016 cuyo objeto es “Aunar esfuerzos entre el Área Metropolitana de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander para la Actualización de los estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por inundación del Río de Oro (sector Nuevo Girón - Café Madrid, 20 km aprox.) y del Río Frio (sector PTAR - Girón, 6km aprox.)”, que constituyen los sectores de mayor presión urbanística sobre estos cuerpos de agua.

Los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación de los ríos De Oro y Frío aquí presentados, se caracterizan por la gran extensión de área analizada y por su enfoque multidisciplinario, donde el análisis de los diferentes aspectos naturales y antrópicos que componen el territorio contribuye de manera sustancial al entendimiento de las dinámicas de inundación de los sectores en estudio y a la formulación de soluciones para mitigar sus efectos sobre los bienes materiales y las personas.

1.1. ALCANCE Y COMPONENTES DEL ESTUDIO

El alcance de los estudios técnicos detallados de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por inundación, se definió con base en los contenidos mínimos establecidos por la normatividad vigente [1] para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial e incluye el desarrollo de cuatro componentes principales: análisis detallado de amenaza, evaluación de vulnerabilidad, evaluación del riesgo, planeamiento y predimensionamiento de medidas de mitigación.

1.1.1. Análisis detallado de amenaza

El análisis detallado de la amenaza por inundación incluyó el montaje del modelo hidrológico de la subcuenca hidrográfica del Río de Oro, basado la precipitación obtenida del procesamiento estadístico de los datos hidrológicos y meteorológicos suministrados por fuentes de información oficiales (IDEAM y CDMB), información cartográfica de tipo, uso y cobertura del suelo especialmente elaborada para el estudio y parámetros morfométricos estimados a partir del Modelo Digital de Elevaciones obtenido del sensor PALSAR del satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite-1), con resolución de 12.5 m/pixel.

El modelo hidrológico fue construido con el apoyo del software HEC-GeoHMS [2] y permitió simular el comportamiento de la cuenca frente a la ocurrencia de precipitaciones y así estimar los caudales que ingresan a los tramos de interés de las corrientes estudiadas.

Con base en la información topográfica extraída del Modelo Digital del Terreno especialmente elaborado para el área de interés (resolución de 0.25m/pixel) y los datos de caudales estimados, se generó un modelo hidráulico en el software HEC-RAS [3], que permitió obtener datos de la velocidad del agua, de las cotas y de las profundidades de inundación para diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años).

La categorización y delimitación de los niveles de amenaza baja, media y alta se realizó teniendo en cuenta los valores de profundidad y velocidad del agua en cada punto y por cada escenario considerado.

1.1.2. Evaluación de vulnerabilidad

Con el fin de estimar la fragilidad física de los elementos expuestos, entendida como la susceptibilidad a sufrir daños como consecuencia de la ocurrencia de un evento de inundación, se realizó la caracterización de las viviendas 14.034 ubicadas en proximidad de las corrientes de agua, mediante el reconocimiento de sus características generales mediante tecnología MMS (Lady Bug 3), y el levantamiento detallado de una muestra representativa de 275 edificaciones.

La evaluación de la fragilidad de las viviendas, junto con los datos de profundidad y velocidad de la corriente, permitió determinar la vulnerabilidad de edificaciones, expresada en niveles de daño físico.

1.1.3. Evaluación del riesgo

La evaluación de riesgo es el resultado de relacionar la zonificación detallada de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad. Con base en ello, se categoriza el riesgo en alto, medio y bajo, en función del nivel de afectación esperada.

A partir de la evaluación de la vulnerabilidad, se realizó la estimación de las pérdidas económicas esperadas por la afectación de las viviendas para cada escenario de amenaza considerado. Esta información se cruzó con la estimación de las posibles afectaciones a las personas y de su grado de severidad, con el fin de obtener la categorización del riesgo por inundación para las viviendas expuestas a la ocurrencia del fenómeno.

1.1.4. Planeamiento y predimensionamiento de medidas de mitigación

Se identificaron las medidas estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo por fenómenos de inundación para los sitios críticos resultantes del análisis y se realizó el predimensionamiento de las estructuras de contención o protección de cauce recomendadas, así como la estimación de costos de estas intervenciones.

En la Tabla 1 se describen los alcances de los componentes contemplados en los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación de los sectores en estudio.

Tabla 1. Alcances y componentes de los estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por inundación de los ríos De Oro y Frío.

COMPONENTES	SUBCOMPONENTE	ALCANCES
ANÁLISIS DETALLADO DE AMENAZA	CARTOGRAFÍA DIGITAL Y MODELADO 3D	Ortomosaicos fotografía aérea digital UAV de las zonas inundables
		Modelo Digital de Elevaciones de zonas inundables
		Modelo Digital del Terreno de zonas inundables
		Estructuración de cartografía básica digital de la cuenca hidrográfica de interés
		Estructuración de cartografía básica digital de las zonas inundables (Escala 1:2.000)
	USO, COBERTURA Y TIPO DE SUELO	Identificación de uso y cobertura del suelo de las cuencas de imágenes satelitales de archivo (Escala 1:10.000)
		Caracterización geomorfológica de las cuencas (Escala 1:25.000)

	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA	Estudio hidrológico y climatológico: delimitación y caracterización de microcuencas, balance hídrico general, estimación estadística de crecientes para diferentes periodos de retorno
		Estudio hidráulico: modelación de la red de drenaje superficial para diferentes escenarios probabilísticos (Escala 1:2.000)
	AMENAZA	Determinación y zonificación de la amenaza por inundación (Escala 1:2.000)
EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD	FRAGILIDAD	Caracterización de las edificaciones de los sectores con amenaza alta, validación mediante muestreo estadístico
	VULNERABILIDAD	Determinación y zonificación de vulnerabilidad relativa de edificaciones
EVALUACIÓN DEL RIESGO	RIESGO	Determinación y zonificación de riesgo indicativo
PLANEAMIENTO Y PREDIMENSIONAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN	PLANEAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN	Identificación de medidas no estructurales para la reducción del riesgo: lineamientos generales
		Definición de medidas estructurales de mitigación específicas
	PREDIMENSIONAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN	Predimensionamiento de obras de mitigación
		Elaboración de los presupuestos estimados

Fuente: Equipo Técnico – UIS.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

Las corrientes de agua objeto del presente estudio se encuentran localizadas al norte del Departamento de Santander, en las vertientes occidentales de la Cordillera Oriental Colombiana, y tienen sus nacimientos en los terrenos altamente montañosos del Macizo de Santander, cuerpo montañoso ubicado al oriente del Área Metropolitana de Bucaramanga cuyo punto culminante es el Páramo de Berlín, por encima de los 3400 metros de altitud.

Pertencen a la cuenca superior del Río Lebrija y a la subcuenca del Río de Oro, que incluye territorios pertenecientes a los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta y Tona, y está conformada por las microcuencas Oro Alto, Oro medio, Río Frío, río Lato y Oro bajo, con un área total de 570 Km².

El Río de Oro se origina en las estribaciones del costado sur del alto del Pichacho a 3.400 msnm. Después de recorrer aproximadamente 20 Km hacia el suroeste en condiciones de muy alta pendiente y régimen torrencial, pasa al sur del casco urbano de Piedecuesta y del valle de Guatiguará, donde recibe las aguas del río Lato y de otras corrientes menores. De allí fluye por las veredas Palogordo, Llano Grande y Chocoita hasta llegar a la ciudadela Nuevo Girón y al sector Vahondo, donde sigue encañonado hasta

llegar al sur del casco urbano de Girón. Una vez recibidas las aguas del río Frío, continúa sinuosamente su recorrido en un largo trayecto hasta el Café Madrid, donde confluye con el río Suratá y prosigue con el nombre de río Lebrija, hasta su confluencia en el río Magdalena.

El río Frío nace en el Macizo de Santander a la altura del kilómetro 38 de la vía a Pamplona y desciende del nororiente hacia el suroccidente, encajonado entre muy altas laderas, pasando por el costado norte del área urbana de Floridablanca y continuando su recorrido de oriente a occidente entre relieves bajos en dirección del casco urbano de Girón, donde entrega sus aguas al río de Oro.

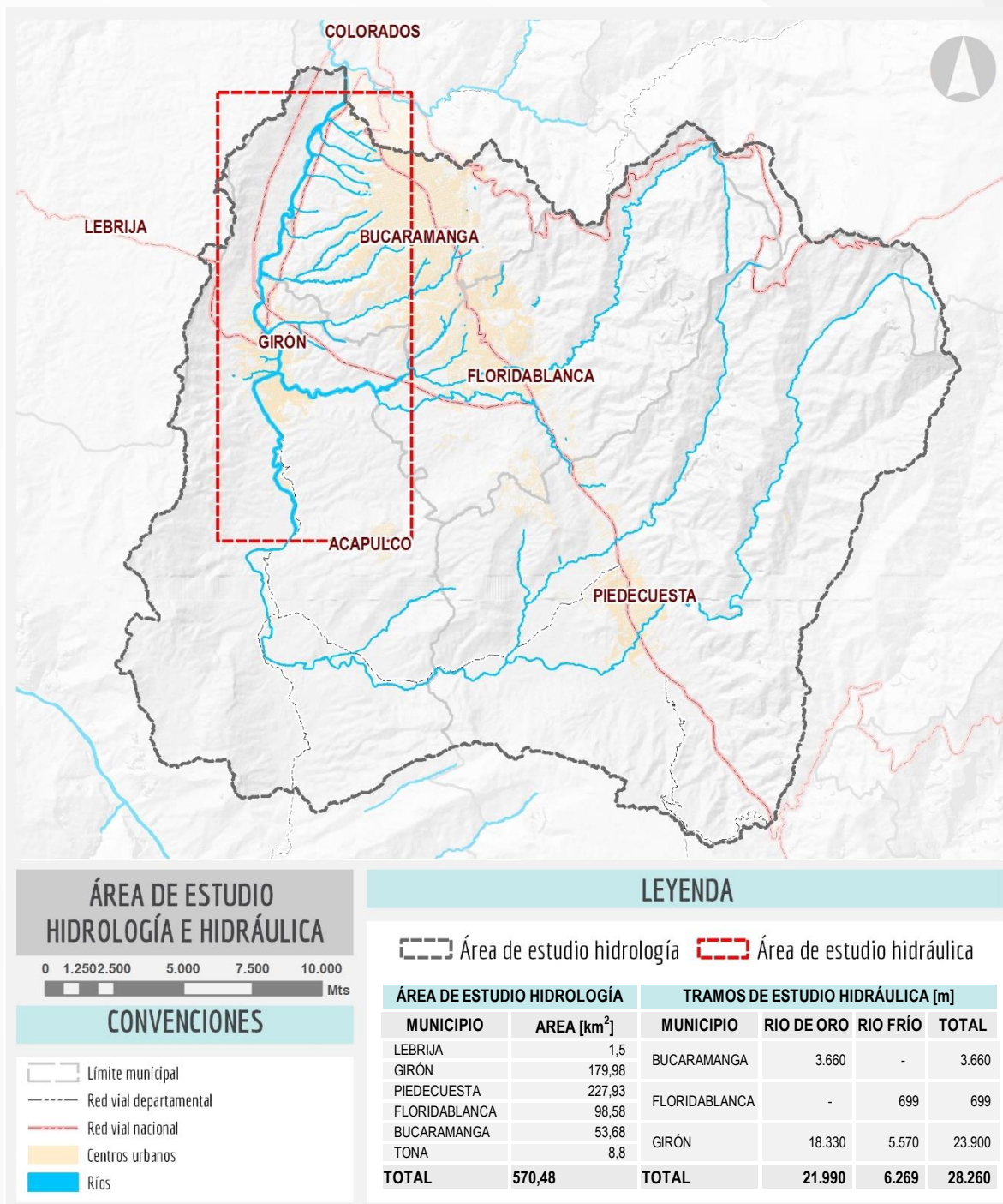
Para la realización de los estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por inundación se han definido varias áreas de interés cuyas características difieren por extensión y nivel de detalle adoptado, de acuerdo con los requerimientos de los análisis específicos desarrollados en cada una de ellas. Su ubicación, características y extensión se detallan a continuación.

Tabla 2. Áreas de interés adoptadas para los análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Componente	Área de estudio	Extensión
Hidrología	Subcuenca del Río de Oro Incluye el Área Metropolitana de Bucaramanga y las zonas rurales aledañas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta, Girón, Lebrija y Tona.	570 Km ²
Hidráulica	Tramos de los Ríos de Oro y Frío que se extienden desde la Ciudadela Nuevo Girón hasta el barrio Café Madrid, y desde el casco urbano de Girón hasta la PTAR del Río Frío Incluye terrenos pertenecientes a los municipios de Bucaramanga, Girón y Floridablanca	28 Km
Fragilidad	Área de inundación por un periodo de retorno de 500 años delimitada en estudios anteriores. Incluye 14.034 viviendas.	601 Ha
Vulnerabilidad y Riesgo	Área de amenaza por inundación definida con base en los resultados del análisis hidráulico. Incluye 5.671 viviendas.	433 Ha

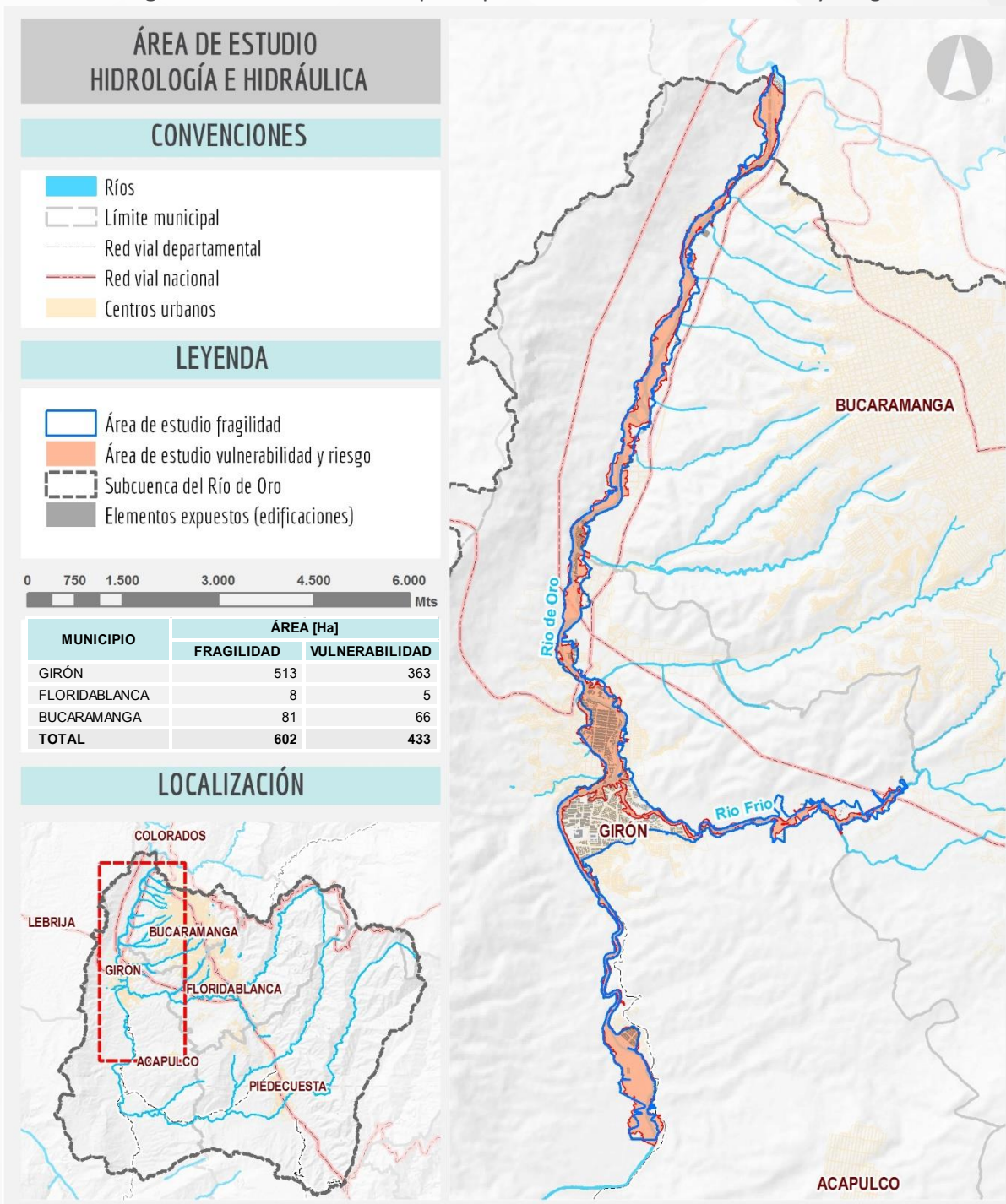
Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 1. Área de estudio adoptada para el análisis hidrológico e hidráulico.



Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 2. Área de estudio adoptada para el análisis de vulnerabilidad y riesgo.



Fuente: Equipo Técnico –UIS.

1.3. RECOPIACIÓN Y PRODUCCIÓN DE INSUMOS CARTOGRÁFICOS

La actualización de los estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo implicó la recopilación, el levantamiento, el procesamiento y la estructuración de un gran volumen de información cartográfica a diferentes escalas y niveles de detalle:

- Recopilación y estructuración de la información cartográfica secundaria disponible y de los estudios realizados anteriormente en la subcuenca del Río de Oro.
- Levantamiento de fotogrametría aérea mediante vehículo no tripulado UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) y obtención de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de las planicies de inundación de los tramos objeto de estudio.
- Restitución cartográfica a escala 1:2.000 de las planicies de inundación a partir de fotogrametría aérea (UAV).
- Actualización de la información batimétrica y topográfica de los tramos de los cauces de interés, mediante levantamiento con tecnología TLS (*Terrestrial Laser Scanner*) equipo GPS de precisión submétrica, fotogrametría aérea – UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), e información LiDAR.
- Consolidación de un Modelo Digital del Terreno (MDT) para las planicies de inundación de los tramos de cauces en estudio a partir de información LiDAR, TLS y UAV.

Tabla 3. Levantamiento de información cartográfica del estudio.

Tecnología	Esfuerzo de trabajo	Productos obtenidos
Fotogrametría aérea (UAV) Drone de ala fija (eBee – Sensefly)	18 Vuelos realizados 2.000 Hectáreas levantadas	Ortomosaicos de 5-6 cm/pixel Nube de puntos 3d Modelo Digital de Elevaciones
Escáner Láser Terrestre	1296 Posiciones de Escaneo 271 Hectáreas levantadas	Nube de puntos 3d 4-6 millones de puntos por escena
GPS de precisión submétrica (RTK)	316 puntos de control levantados	Georreferenciación de productos cartográficos
DJI Phantom 4	34 Vuelos realizados 30 Km recorridos	Videos en alta resolución del cauce y de la planicie de inundación

Movil Mapping System (MMS) Lady Bug3	3.500 viviendas caracterizadas (levantamiento general)	Apoyo a la caracterización del levantamiento general de viviendas
Escáner Láser Terrestre- Fotogrametría aérea-LiDAR	1200 Has de curvas de nivel depuradas	Modelo Digital del Terreno Resolución 0.25 m/pixel

Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Tabla 4. Principales insumos y fuentes cartográficas utilizadas en el estudio.

Insumo	Fuente
Amenazas de inundación y erosión en el Río de Oro	C.D.M.B.- Geotecnología Ltda, 2005. [4]
Estudio de amenaza por inundación en la cuenca media del Río de Oro	C.D.M.B.- CICICO LTDA, 2008. [5]
Estudio de actualización de amenaza por inundación del Río de Oro sector Vahondo hasta la confluencia con el Río Suratá	C.D.M.B.- CICICO LTDA, 2010 [6]
Estudio de zonificación de amenaza por inundación en la cuenca baja y media del Río Frío (Municipio de Floridablanca y Girón)	C.D.M.B. – Consorcio estudios Río Frío, 2010 [7]
Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de San Juan Girón	Municipio de San Juan Girón, 2010 [8]
Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Bucaramanga	Municipio de Bucaramanga, 2014 [9]
Imagen satelital submétrica proporcionada por el Área Metropolitana de Bucaramanga Resolución espacial de 50 cm/píxel	Área Metropolitana de Bucaramanga
Aerofotografías años 1946, 1947, 1950, 1983, 1984,1985, 1989, 1992, 2003, 2006.	IGAC
RapidEye Ortho Product 3A años 2015 y 2016 Resolución espacial: 5m/píxel	Geospatial S.A.
Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano	IDEAM y Universidad Nacional de Colombia, 2013 [10]
Cartografía básica a escala 1:25.000	IGAC, 2001
Modelo digital de elevación del departamento de Santander y mapas de sombras, resolución espacial de 30 metros	National Aeronautics and Space Administration (NASA) Shuttle Radar Topography Mission, 2000 U.S. Geological Survey, GTOPO30
Modelo Digital de Elevaciones para la subcuenca del Río de Oro Resolución espacial: 12.5 m/píxel	Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Sensor PALSAR del satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite-1) [11]

Fuente: Equipo Técnico – UIS.



Convenio Interadministrativo No. 000301 de 2016
Actualización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación del
Río de Oro (tramo Nuevo Girón - Café Madrid) y del Río Frio (tramo PTAR - Girón)



Capítulo

2

DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN

2.1 Hidrología

2.2 Hidráulica

2.3 Amenaza

2. DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN

La determinación de los niveles de amenaza por inundación se basó en el análisis de la frecuencia y severidad de este fenómeno natural, realizado a partir de la información hidrometeorológica disponible para la subcuenca del Río de Oro y de la caracterización hidráulica de las corrientes en estudio.

La información hidrológica y pluvial recopilada fue analizada estadísticamente con el fin de verificar la confiabilidad de los datos y determinar la viabilidad de su uso para determinar las tormentas de diseño a partir del análisis de intensidad, duración y frecuencia.

Con base en las tormentas de diseño se realizó la estimación de la esorrentía mediante la aplicación del método del número de curva, que tiene en cuenta las características texturales, la topografía, el uso y la cobertura vegetal del suelo.

Se calcularon los caudales para los escenarios de uso actual y futuro del suelo mediante el software HEC-HMS Hydrologic Modeling System, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, que utiliza como insumos básicos la caracterización morfométrica de las cuencas y las precipitaciones de entrada.

A partir de los caudales estimados en el análisis hidrológico se generó un modelo hidráulico en el cual se tuvieron en cuenta las condiciones para cada creciente, utilizando como insumos la topografía, la batimetría y las condiciones de rugosidad de los tramos de las corrientes de interés.

Los niveles de inundación, las profundidades y las velocidades de flujo obtenidos del modelamiento hidráulico para diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años) se utilizaron para determinar la severidad de la inundación y categorizar los niveles de amenaza.

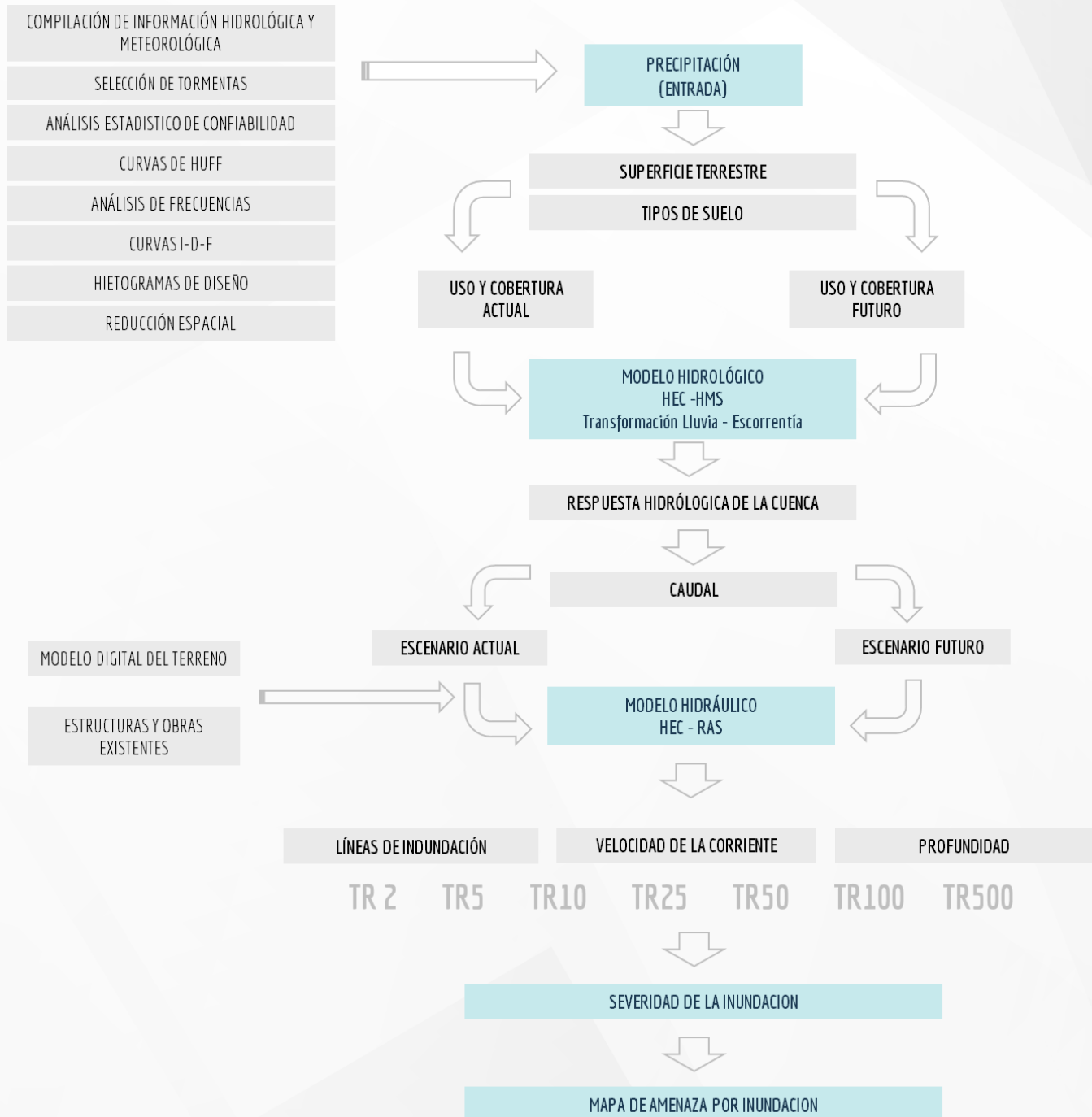
2.1. HIDROLOGÍA

La subcuenca del río de Oro hace parte de la cuenca superior del río Lebrija y está conformada por las microcuencas Oro Alto, Oro medio, Río Frío, río Lato y Oro bajo. Tiene un área 570 Km² hectáreas. La subcuenca del Río Frío tiene un área de 118 Km² con altitudes que van desde 3.000 msnm hasta 700 msnm en su confluencia con el río de Oro.

El análisis hidrológico del relieve, relacionado con la delimitación de áreas de drenaje, y los demás parámetros morfométricos fueron estimados a partir de Modelo de Elevaciones Digitales de distribución gratuita de la Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), con resolución de 12.5 metros por 12.5 metros de pixel, de la misión ALOS [11].

El análisis morfométrico de la cuenca permite estimar su comportamiento en respuesta a la ocurrencia de precipitaciones con base en parámetros generales (forma, área, perímetro, longitud del cauce principal), de forma, características del relieve y de la red hidrográfica.

Figura 3. Metodología general adoptada para la determinación de la amenaza por inundación.



Fuente: Equipo Técnico –UIS.



Convenio Interadministrativo No. 000301 de 2016
Actualización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación del
Río de Oro (tramo Nuevo Girón - Café Madrid) y del Río Frio (tramo PTAR - Girón)

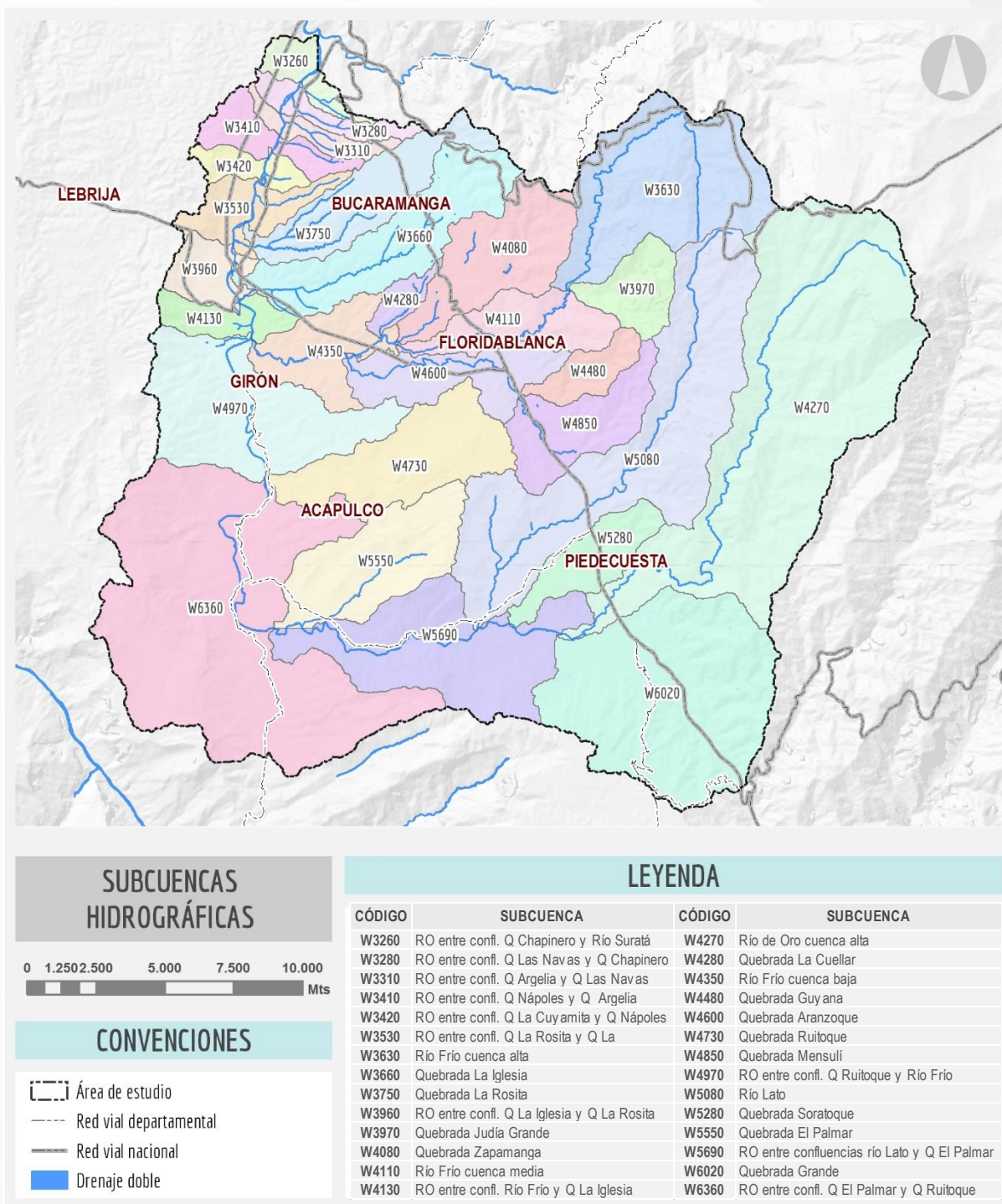


Tabla 5. Parámetros morfométricos de la cuenca.

Parámetros Generales	
Forma	Área
Perímetro	Longitud cauce
Parámetros de forma	
Coeficiente de Gravelius [Cs]	Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra teórica circular de la misma superficie.
Rectángulo equivalente [i] [L]	Índice obtenido al calcular las dimensiones de un rectángulo que posee la misma área, igual coeficiente de compacidad y repartición hipsométrica de la cuenca en estudio. Dicho rectángulo, bajo idénticas condiciones climatológicas de cobertura vegetal, y uso del suelo entre curvas de nivel, presenta el mismo escurrimiento de la cuenca en consideración.
Parámetros de relieve	
Altura media [h]	Cociente entre el área de la cuenca y el volumen de la misma.
Curva hipsométrica	Permite caracterizar el relieve en cuanto representa gráficamente cotas del terreno en función de las superficies correspondientes. Una pendiente fuerte en el origen hacia cotas inferiores indica llanuras o penillanuras. Si la pendiente es muy fuerte hay peligro de inundación. Una pendiente muy débil en esa parte revela un valle encajonado. Una pendiente fuerte hacia la parte media indica una meseta.
Coeficiente de masividad [tg α]	Permite diferenciar cuencas de igual elevación media y relieve distinto, sin embargo no es suficiente para caracterizar la proclividad a la erosión de una cuenca.
Coeficiente orográfico [Co]	Permite identificar el grado de accidentalidad del relieve de la cuenca. Combina los dos parámetros del relieve actuantes en los procesos erosivos: la altura media sobre la energía potencial del agua y la inclinación característica de las laderas de la cuenca, sobre la energía cinética del flujo de la escorrentía superficial. Expresa el potencial de degradación de la cuenca que aumenta con la altura media del relieve y disminuye con la proyección del área de la cuenca. Toma valores bastante grandes para microcuencas pequeñas y montañosas, y disminuye en cuencas extensas y de baja pendiente.
Parámetros de la red hidrográfica	
Alejamiento medio [am]	Permite estimar la ruta del tiempo de concentración y se obtiene de la razón entre la longitud de la corriente de agua más larga de la red y el área de la cuenca.
Pendiente media del cauce [SC]	La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua tiene una relación directa con la pendiente de los canales.
Tiempo de concentración [Tc]	Variable extensivamente utilizada en el diseño hidrológico para determinar la capacidad hidráulica máxima de estructuras. Es propia para cada sitio y depende de las características geomorfológicas de la cuenca y de la lluvia. Algunos autores definen el tiempo de concentración como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario, es decir el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el sitio de desagüe.

Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Figura 4. Mapa de subcuencas hidrográficas.



Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Tabla 6. Caracterización morfométrica de la cuenca.

PARÁMETROS GENERALES						PARÁMETROS DE FORMA			PARÁMETROS DE RELIEVE			PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED HIDROGRÁFICA		
						Coefficiente de Gravelius	Rectángulo Equivalente		Altura Media	Coefficiente de Masividad	Coefficiente Orográfico	Alejamientos medio	Tiempo de concentración	Pendiente media cauce
Código	Subcuenca	Forma	Área [Km ²]	Perímetro	Longitud Cauce	Cs	I [Km]	L [Km]	h [m]	tan α	Co	a	Tc [hora]	j
W3260	RO entre confl. Q Chapinero y Río Suratá	Oblonga	4,59	17,38	5,63	1,562	0,92	5,13	118,11	25,09	2.963,70	1,06	0,78	0,17
W3280	RO entre confl. Q Las Navas y Q Chapinero	Irregular	4,74	21,15	7,24	2,013	0,76	8,25	218,39	34,76	7.591,57	1,18	1,00	0,14
W3310	RO entre confl. Q Argelia y Q Las Navas	Irregular	3,86	19,60	5,56	2,623	0,42	8,30	158,94	45,93	7.300,40	1,58	1,02	0,12
W3410	RO entre confl. Q Nápoles y Q Argelia	Oblonga	6,86	22,95	4,15	1,716	0,96	6,93	208,50	31,50	6.567,81	1,13	0,95	0,17
W3420	RO entre confl. Q La Cuyamita y Q Nápoles	Ovalada	4,17	16,05	4,80	1,495	0,88	4,34	145,13	37,95	5.507,62	1,04	0,67	0,25
W3530	RO entre confl. Q La Rosita y Q La Cuyamita	Oblonga	8,51	27,00	6,24	1,662	1,06	7,04	119,66	16,07	1.922,72	1,23	1,13	0,12
W3630	Río Frio cuenca alta	Ovalada	32,57	36,58	16,73	1,360	2,99	10,80	895,22	27,75	24.844,84	2,86	3,79	0,11
W3660	Quebrada La Iglesia	Irregular	22,09	42,85	14,69	1,914	1,55	14,80	306,53	13,40	4.106,95	2,72	3,58	0,06
W3750	Quebrada La Rosita	Oblonga	15,80	35,80	13,56	1,675	1,44	9,79	198,48	14,07	2.792,32	2,40	2,96	0,04
W3960	RO entre confl. Q La Iglesia y Q La Rosita	Redonda	6,03	17,93	4,22	1,147	2,08	3,22	152,03	22,66	3.445,30	1,07	0,86	0,24
W3970	Quebrada Judía Grande	Ovalada	7,88	16,70	5,95	1,265	1,71	4,68	699,14	87,33	61.056,09	1,74	1,28	0,28
W4080	Quebrada Zapamanga	Ovalada	18,68	30,28	10,81	1,449	2,07	9,25	373,48	19,50	7.282,13	2,23	2,61	0,10
W4110	Río Frio cuenca media	Oblonga	11,56	26,60	10,49	1,681	1,29	8,85	328,28	28,75	9.436,97	2,59	2,35	0,11
W4130	RO entre confl. Río Frio y Q La Iglesia	Oblonga	5,91	18,43	4,26	1,676	0,88	6,02	156,79	29,44	4.616,02	0,56	0,42	0,50
W4270	Río de Oro cuenca alta	Oblonga	81,23	73,43	28,85	1,725	3,34	24,54	1.397,89	17,06	23.853,07	3,17	5,99	0,10
W4280	Quebrada La Cuellar	Oblonga	2,81	12,80	4,36	1,644	0,69	4,45	79,12	25,76	2.038,20	1,94	1,38	0,04
W4350	Río Frio cuenca baja	Oblonga	11,81	28,68	7,31	1,744	1,22	9,20	83,08	7,43	617,20	2,06	2,55	0,03
W4480	Quebrada Guyana	Ovalada	5,50	16,38	6,49	1,484	1,12	5,38	277,69	46,17	12.822,25	2,59	1,73	0,16
W4600	Quebrada Aranzoque	Irregular	13,46	31,85	11,00	1,819	1,22	10,27	150,62	12,03	1.811,73	2,39	2,51	0,07
W4730	Quebrada Ruitoque	Oblonga	20,80	35,93	12,58	1,594	1,86	11,05	216,12	9,02	1.675,29	1,56	2,19	0,07
W4850	Quebrada Mensulí	Oblonga	13,57	26,58	9,94	1,556	1,63	9,04	330,02	22,36	7.379,40	2,63	2,68	0,10
W4970	RO entre confl. Q Ruitoque y Río Frio	Oblonga	29,24	41,25	12,59	1,548	2,34	12,77	185,69	7,23	1.561,84	1,28	2,10	0,09
W5080	Río Lato	Irregular	52,57	64,70	23,09	1,881	2,37	21,74	798,31	15,49	12.368,30	2,95	4,69	0,10
W5280	Quebrada Soratoque	Ovalada	9,39	23,38	8,89	1,439	1,64	7,15	196,32	16,77	3.292,70	2,47	2,35	0,10
W5550	Quebrada El Palmar	Ovalada	19,79	29,13	10,88	1,312	2,42	7,68	192,37	10,37	1.994,18	2,23	3,07	0,04
W5690	RO entre confluencias río Lato y Q El Palmar	Oblonga	30,96	46,55	14,70	1,517	2,25	11,56	173,27	6,67	1.155,27	2,21	3,30	0,05
W6020	Quebrada Grande	Ovalada	48,10	40,53	11,68	1,285	4,03	11,78	424,90	8,96	3.806,19	1,53	2,73	0,11
W6360	RO entre confl. Q El Palmar y Q Ruitoque	Oblonga	77,99	72,20	20,70	1,582	3,77	21,86	316,94	3,85	1.220,46	1,13	2,94	0,07

* Se asume el método de cálculo de Témez (1991).

Fuente: Equipo Técnico Consultor.



Convenio Interadministrativo No. 000301 de 2016
Actualización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación del
Río de Oro (tramo Nuevo Girón - Café Madrid) y del Río Frio (tramo PTAR - Girón)



Compilación de información hidrológica y meteorológica

Para la evaluación del comportamiento espacial y temporal de la precipitación del área de interés se compiló la información pluviométrica y pluviográfica derivada de las redes de monitoreo hidrometeorológicas de diferentes instituciones estatales, como el Área Metropolitana de Bucaramanga, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Selección de tormentas, tratamiento estadístico de la información y obtención de hietogramas de diseño

La información de pluviosidad diaria recopilada permitió identificar los eventos más extremos registrados por las estaciones en 24 h y obtener los respectivos pluviogramas en donde se selecciona la tormenta más intensa del registro continuo.

Con el fin de determinar la viabilidad del uso de información extrema para el análisis de frecuencias y posteriormente conocer las tormentas de diseño, se verificó la solidez estadística a la información hidrológica y pluvial mediante pruebas de tendencia, homogeneidad, aleatoriedad e independencia.

Con base en las tormentas seleccionadas y la validación estadística de los datos se construyeron curvas de Huff, que se permiten utilizar la información de precipitación en intervalos de corta duración para representar patrones o distribuciones temporales de lluvia para probabilidades de ocurrencia específicas. Son comúnmente utilizadas para obtener el patrón de distribución temporal de la tormenta de lluvias a usar como tormentas de diseño.

A partir de la información de las tormentas registradas por las estaciones pluviográficas se desarrollaron curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) sintéticas, que representan la relación puntual entre los valores promedio representativos de intensidad, tiempos de duración de tormentas y la frecuencia de ocurrencia de los mismos.

Mediante los patrones de lluvias de las curvas de Huff se construyeron los hietogramas de diseño que representan la distribución temporal de la lluvia para cada subcuenca.

Las tormentas o lluvias de diseño constituyen el parámetro de entrada al sistema hidrológico, con las cuales, para un método lluvia-escorrentía específico, se realiza la transformación pertinente y posteriormente se logra conocer la descarga para un punto de cierre de interés en un periodo de retorno o escenario determinado.

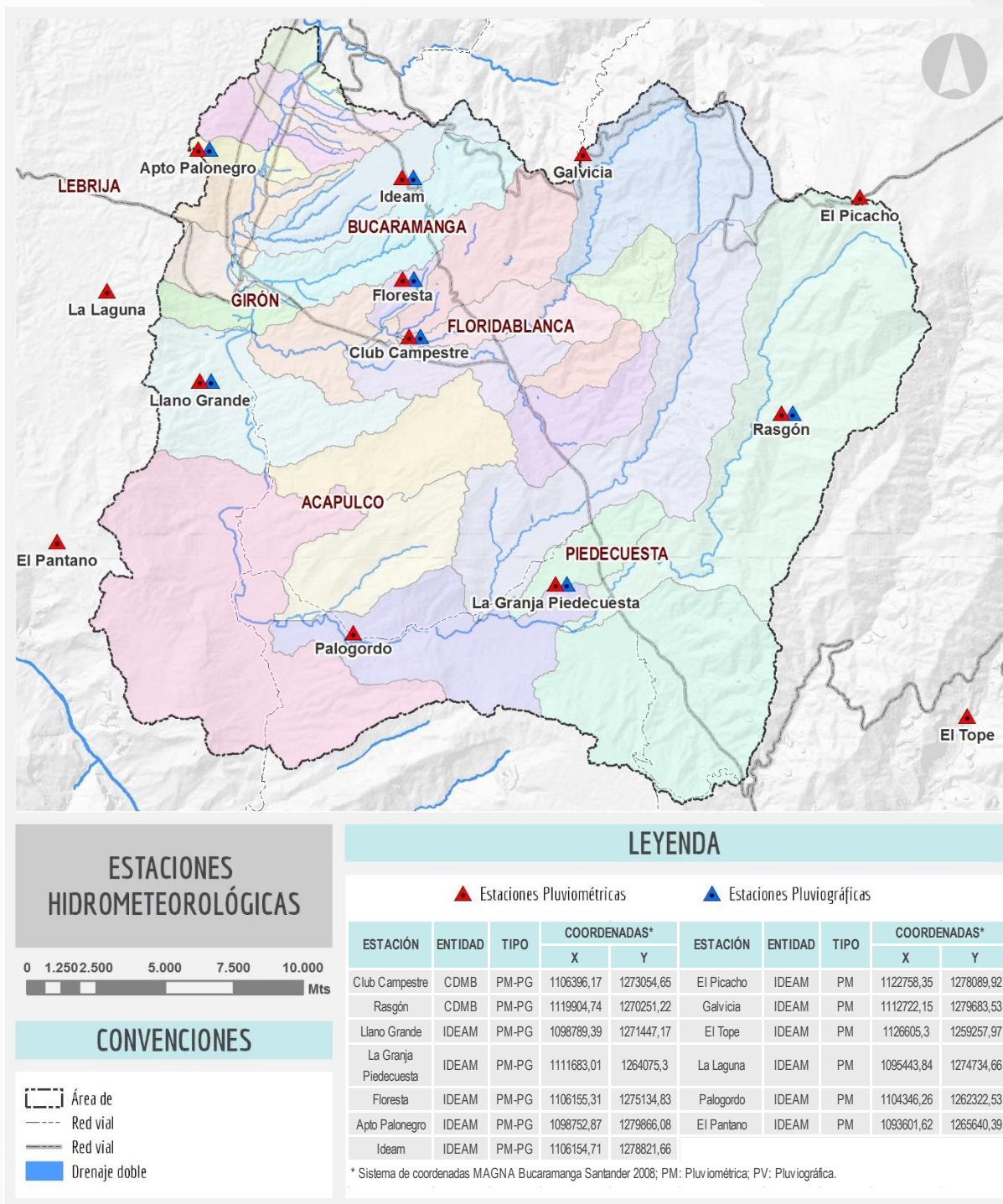
Modelo hidrológico

La aplicación de modelos hidrológicos permite realizar la estimación de la escorrentía a partir de la precipitación. Para el presente estudio se utilizó el modelo de Lluvia Escorrentía desarrollado por el

Servicio de Conservación de los Suelos (Soil Conservation Service - SCS) de Estados Unidos, también llamado “Número de Curva”, que permite estimar el volumen de escorrentía resultante de una precipitación, el tiempo de distribución del escurrimiento y el caudal de punta [12].

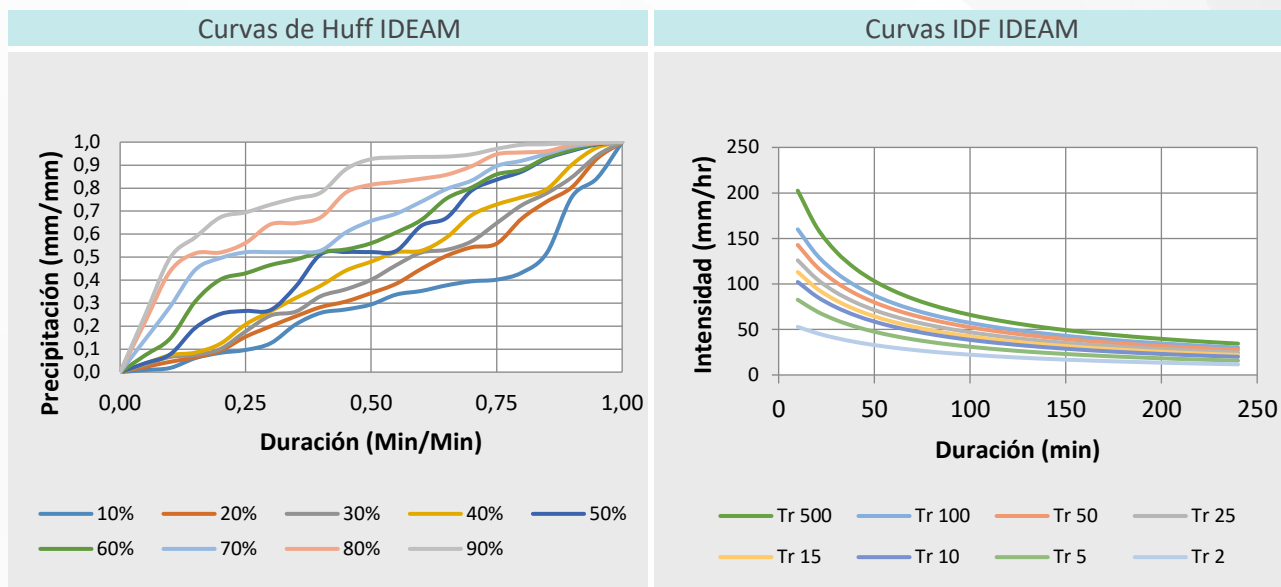
Esta metodología se fundamenta en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada, a partir del uso y la cobertura vegetal del suelo, sus características texturales y topográficas. A cada complejo suelo-vegetación se le asigna un valor llamado número de curva, o número hidrológico, que representa una condición hidrológica específica de infiltración y escurrimiento.

Figura 5. Estaciones hidrometeorológicas empleadas para la compilación de información.



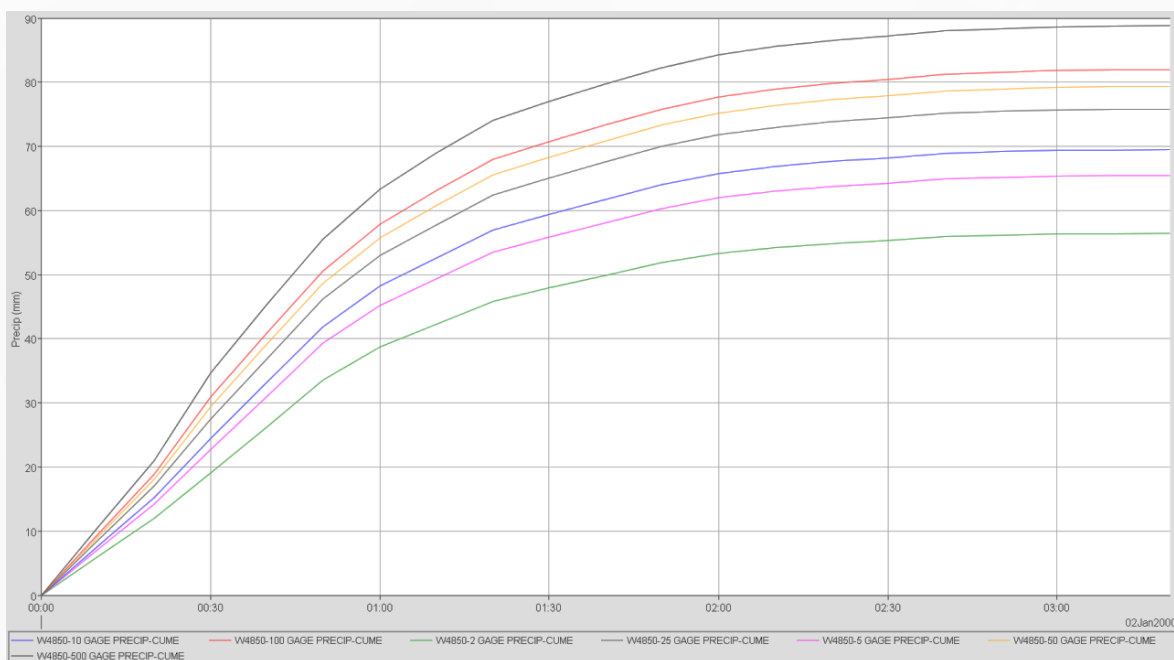
Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 6. Curvas de Huff e IDF obtenidas para la estación pluviográfica del IDEAM.



Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Figura 7. Hietograma de diseño de la subcuenca de la Quebrada Mensulí.



Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Uso y cobertura del suelo

Se elaboraron mapas de uso y cobertura del suelo de la subcuenca del Río de Oro a escala 1:10.000 para el escenario actual y futuro, a partir de la interpretación visual de imágenes satelitales de los años 2015 y 2016, adoptando las categorías empleadas por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos.

Para el planteamiento del escenario futuro se modificaron las categorías de uso y cobertura del suelo definidas para la condición actual con el fin de adaptarlas a los usos del suelo establecidos en los Planes de Ordenamiento Territorial vigentes de los municipios incluidos en el área de estudio (Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta) y que se encuentran plasmados en las Directrices de Ordenamiento Territorial Metropolitano, tales como suelos de protección, suelos urbanos, suelos suburbanos y de expansión urbana.

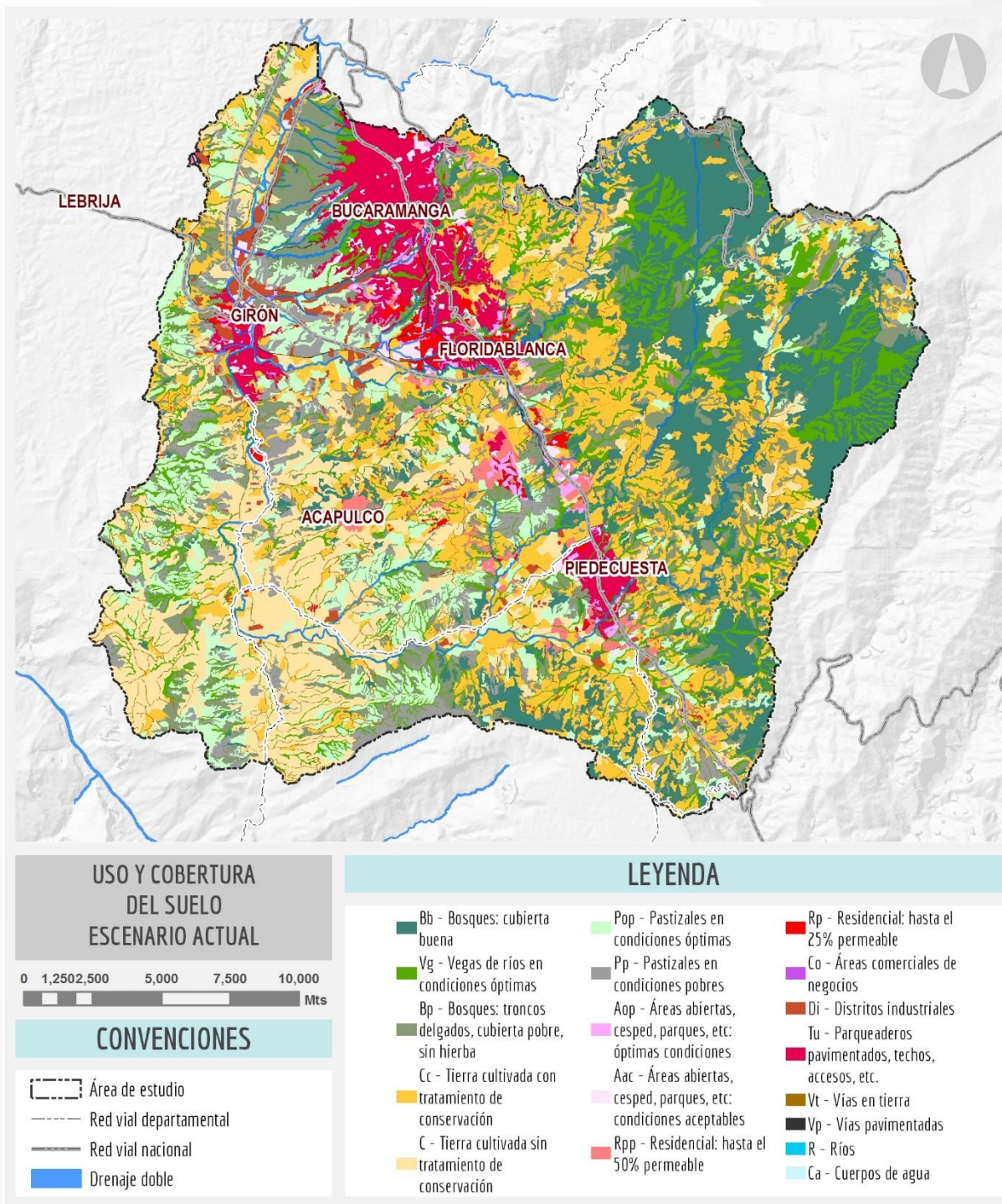
Tabla 7. Cuadro comparativo de áreas por categorías de uso y cobertura de suelo para el escenario actual y futuro.

CATEGORÍA DE USO Y COBERTURA DEL SUELO		ACTUAL		FUTURO		VARIACIÓN
Soil Conservation Service (adaptación)		km ²	%	km ²	%	%
Tu	Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.	31,62	5,54	33,48	5,87	0,33
Di	Distritos industriales	9,42	1,62	9,55	1,67	0,06
Co	Áreas comerciales de negocios	0,06	0,01	0,06	0,01	0,00
Rp	Residencial: hasta el 25% permeable	5,30	0,91	8,36	1,47	0,55
Rpp	Residencial: hasta el 50% permeable	7,92	1,36	24,24	4,25	2,89
Vp	Vías pavimentadas	3,71	0,64	7,32	1,28	0,65
Vt	Vías en tierra	8,48	1,46	5,06	0,89	-0,57
Aac	Áreas abiertas, césped, parques, etc.: condiciones aceptables	7,05	1,21	32,72	5,73	4,52
Aop	Áreas abiertas, césped, parques, etc.: óptimas condiciones	5,41	0,93	7,78	1,36	0,43

Pp	Pastizales en condiciones pobres	22,14	3,80	5,50	0,96	-2,84
Pop	Pastizales en condiciones óptimas	57,60	9,89	26,15	4,58	-5,31
C	Tierra cultivada sin tratamiento de conservación	82,79	14,22	43,40	7,61	-6,61
Cc	Tierra cultivada con tratamiento de conservación	107,12	18,40	84,66	14,84	-3,56
Bb	Bosques: cubierta buena	91,14	15,65	110,05	19,29	3,64
Bp	Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierba	69,24	11,89	111,36	19,52	7,63
Vg	Vegas de ríos en condiciones óptimas	60,35	10,37	59,65	10,46	0,09
Ca	Cuerpos de agua	0,11	0,02	0,11	0,02	0,00
R	Ríos	1,01	0,17	1,04	0,18	0,01
TOTAL		570,48	98,10	570,48	100,00	-

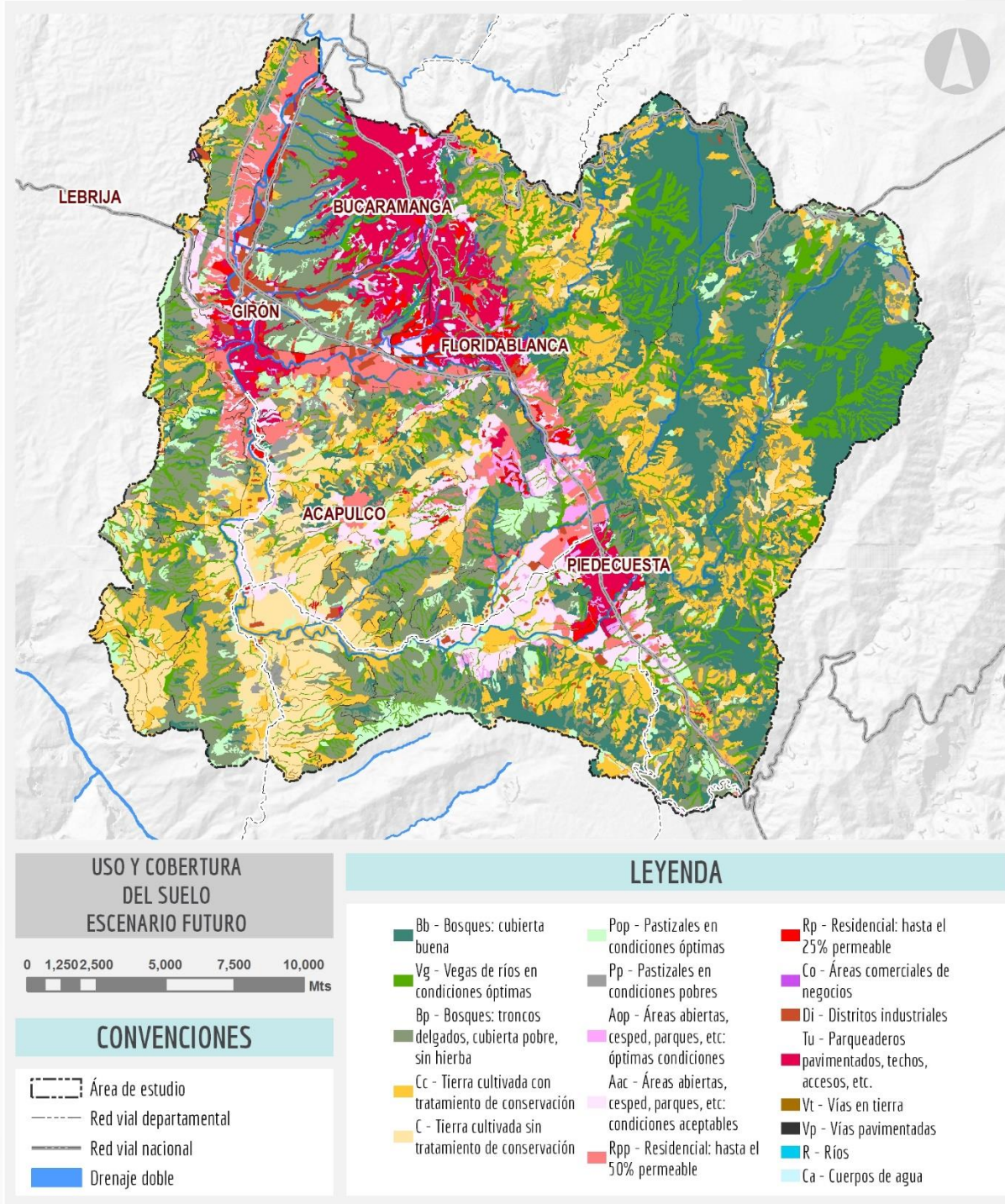
Fuente: Equipo Técnico - UIS.

Figura 8. Mapa del escenario actual de uso y cobertura del suelo.



Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 9. Mapa del escenario futuro de uso y cobertura del suelo.



Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Tipo de suelos

Con el fin de definir el potencial de escurrimiento de la subcuenca del Río de Oro, se consolidó el mapa de tipos de suelos a escala 1:25.000 con énfasis en sus aspectos texturales, utilizando la información extrapolada de estudios elaborados en diferentes años por la CDMB-UIS [13], el INDERENA [14], el IGAC [15], Irousta y Fortoul [16]. Tomando como base la localización geológica, geomorfológica y descripción granulométrica de los perfiles de suelos de las diferentes unidades definidas en estos estudios se reestructuró la información referente a la textura superficial de los suelos para adecuarla a la categorización planteada en la metodología propuesta por el Servicio de Conservación de los Suelos de Estados Unidos (17).

Tabla 8. Clasificación hidrológica de los suelos según clase textural.

GRUPOS HIDROLÓGICOS DEL SUELO	
GRUPO A Bajo potencial de escorrentía	Suelos que tienen alta tasa de infiltración incluso cuando estén muy húmedos. Consisten en arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
GRUPO B Potencial moderadamente bajo de escorrentía	Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas
GRUPO C Potencial moderadamente alto de escorrentía	Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o álcalis o suelos con niveles freáticos moderados. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados, con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100 cm).
GRUPO D Alto potencial de escorrentía	Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o álcalis y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta.

Fuente: Chow et al., 1988 [12].



Vista del Valle de Guatiguará desde la Mesa de Ruitoque.

Tabla 9. Porcentaje de cubrimiento por clase textural y grupo hidrológico del suelo de la subcuenca del Río de Oro.

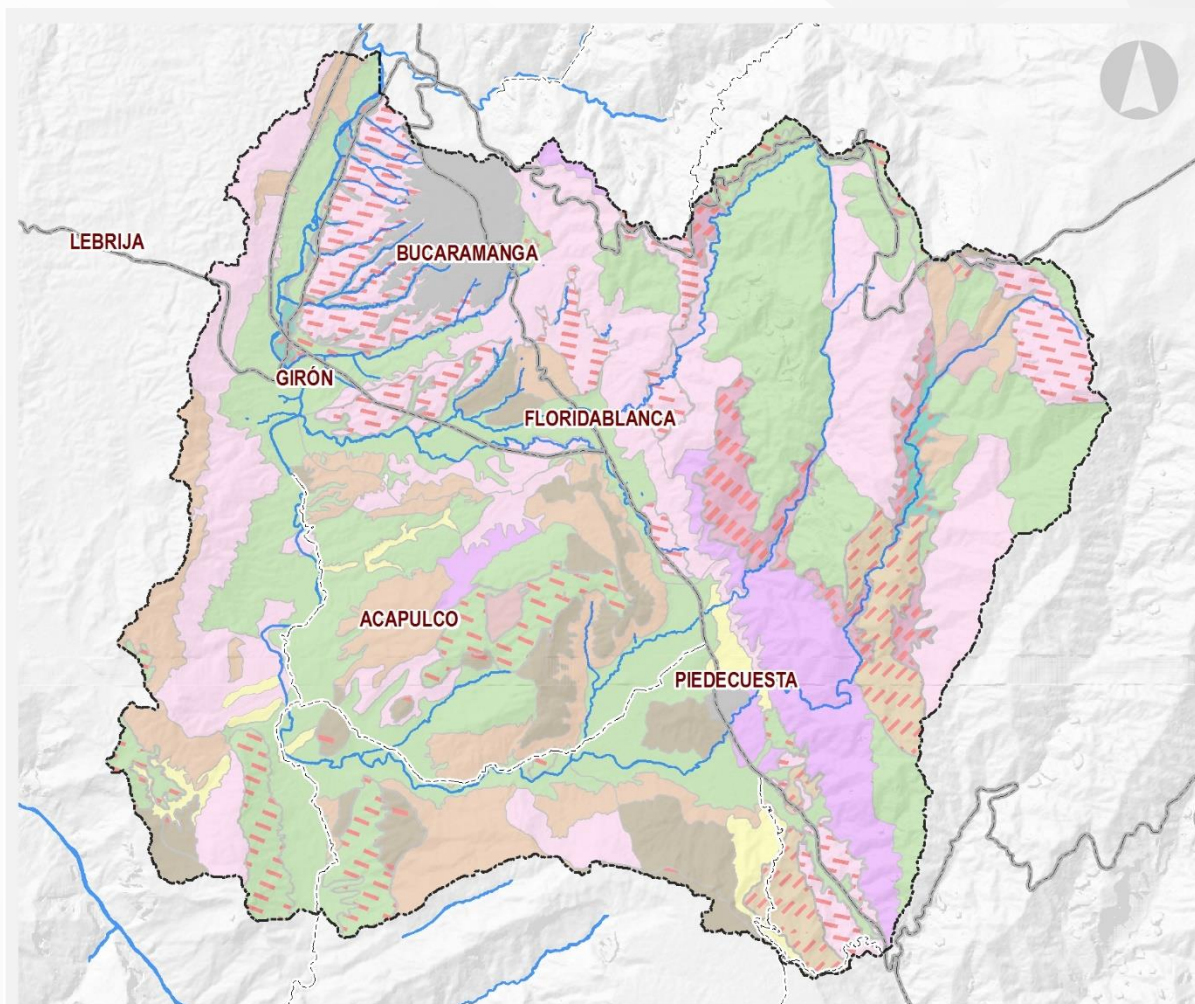
GRUPO HIDROLÓGICO	CLASE TEXTURAL DE SUELOS		Área [km ²]	Área [%]
	Código	Descripción		
A Bajo potencial de escorrentía	FA	Franco Arenoso	179,14	31,40
	FAGr	Franco Arenoso Gravilloso	35,23	6,18
	A	Arenoso	4,96	0,87
	AFGr	Arenoso Franco Gravilloso	4,52	0,79
	Subtotal		223,85	39,24
B Potencial moderadamente bajo de escorrentía	F	Franco	62,95	11,04
	FGr	Franco Gravilloso	18,00	3,16
	FL	Franco Limoso	6,30	1,10
	Subtotal		87,25	15,30
C Potencial moderadamente alto de escorrentía	FArA	Franco Arcillo Arenoso	112,99	19,81
	FArAGr	Franco Arcillo Arenoso Gravilloso	48,64	8,53
	FArGr	Franco Arcilloso Gravilloso	8,06	1,41
	Subtotal		169,69	29,75
D Alto potencial de escorrentía	ArA	Arcillo Arenoso	31,34	5,49
	FAr	Franco Arcilloso	24,38	4,27
	ZU	Zona urbana	15,22	2,67
	ArGr	Arcilloso Gravilloso	15,33	2,69
	Ar	Arcilloso	3,38	0,59
	Subtotal		89,65	15,72
TOTAL		570,44	100,00	

Fuente: Equipo Técnico – UIS.



Río de Oro entre Chimitá y el Parque industrial.

Figura 10. Mapa de tipos de suelos según clase textural.



TIPO DE SUELO



CONVENCIONES

- Área de estudio
- Drenaje doble
- Red vial departamental
- Red vial nacional

LEYENDA

- | | |
|---------------------------------|---|
| A - Arenoso | FAr - Franco Arcilloso |
| AFGr - Arenoso Franco Graveloso | FArA - Franco Arcillo Arenoso |
| Ar - Arcilloso | FArAGr - Franco Arcillo Arenoso Graveloso |
| ArA - Arcillo Arenoso | FArGr - Franco Arcilloso Graveloso |
| ArGr - Arcilloso Graveloso | FGr - Franco Graveloso |
| F - Franco | FL - Franco Limoso |
| FA - Franco Arenoso | ZU - Zona Urbana |
| FAGr - Franco Arenoso Graveloso | |

Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Obtención de caudales

De acuerdo a las categorías de uso y cobertura de la tierra delimitadas y al grupo hidrológico definido a partir de las características texturales del suelo, se calcularon los números de curva CN y los valores de los tiempos de retardo correspondientes a una condición antecedente de humedad número tres (CAH III) para cada subcuenca, siendo esta la condición más representativa para el área de interés, para el escenario actual y futuro.

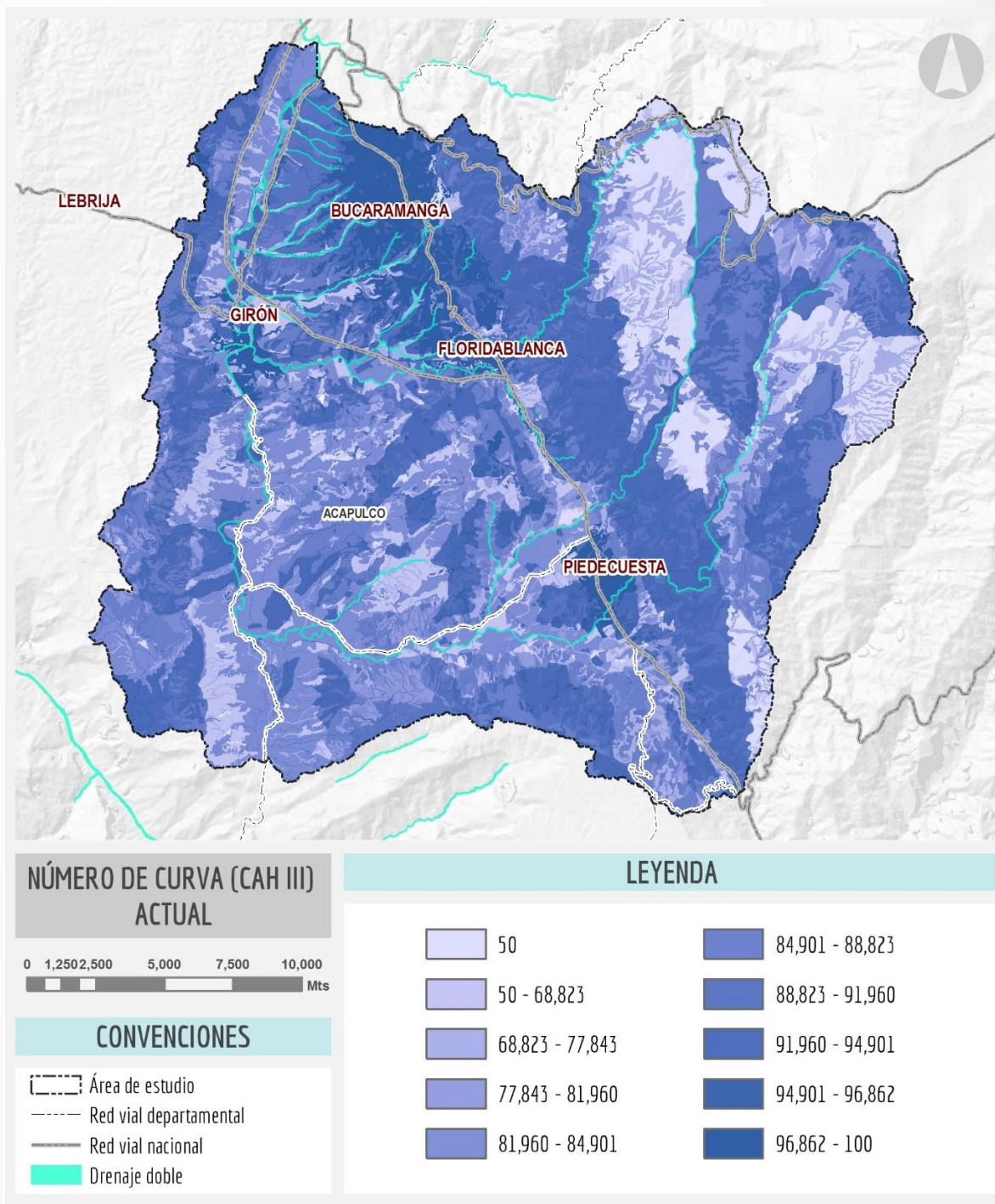
Tabla 10. Valores de número de curva y tiempo de retardo obtenidos para las subcuencas estudiadas.

SUBCUENCA		CN AC (III)		TIEMPO DE RETARDO AC (III)	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
W3260	Río de Oro entre confluencias Q Chapinero y Río Suratá	87.46	86.15	0.48	0.36
W3280	Río de Oro entre confluencias Q Las Navas y Q Chapinero	89.90	89.98	0.60	0.38
W3310	Río de Oro entre confluencias Q Argelia y Q Las Navas	89.75	89.80	0.47	0.30
W3410	Río de Oro entre confluencias Q Nápoles y Q Argelia	88.50	88.34	0.36	0.25
W3420	Río de Oro entre confluencias Q La Cuyamita y Q Nápoles	84.50	86.43	0.46	0.31
W3530	Río de Oro entre confluencias Q La Rosita y Q La Cuyamita	86.60	86.75	0.55	0.38
W3630	Río Frio cuenca alta	68.52	70.55	1.52	1.24
W3660	Quebrada La Iglesia	89.20	90.60	1.04	0.61
W3750	Quebrada La Rosita	92.97	93.57	0.88	0.46
W3960	Río de Oro entre confluencias Q La Iglesia y Q La Rosita	84.16	86.13	0.43	0.29
W3970	Quebrada Judía Grande	68.01	69.51	0.61	0.51
W4080	Quebrada Zapamanga	90.09	90.09	0.68	0.43
W4110	Río Frio cuenca media	89.35	89.73	0.68	0.43
W4130	Río de Oro entre confluencias Río Frio y Q La Iglesia	83.29	85.61	0.46	0.31
W4270	Río de Oro cuenca alta	81.49	82.46	1.73	1.28
W4280	Quebrada La Cuellar	90.97	92.32	0.42	0.23
W4350	Río Frio cuenca baja	86.83	89.00	0.75	0.46
W4480	Quebrada Guayana	84.81	86.06	0.45	0.31
W4600	Quebrada Aranzoque	85.78	85.57	1.08	0.79
W4730	Quebrada Ruitoque	84.58	84.33	1.18	0.88

W4850	Quebrada Mensulí	87.09	86.42	0.68	0.49
W4970	Río de Oro entre confluencias Q Ruitoque y Río Frio	83.30	84.64	1.14	0.80
W5080	Río Lato	80.45	80.98	1.52	1.17
W5280	Quebrada Soratoque	88.75	88.82	0.77	0.51
W5550	Quebrada El Palmar	80.64	81.29	1.13	0.86
W5690	Río de Oro entre confluencias río Lato y Q El Palmar	83.06	83.46	1.32	0.97
W6020	Quebrada Grande	84.26	84.46	0.82	0.60
W6360	Río de Oro entre confluencias Q El Palmar y Q Ruitoque	83.42	83.82	1.71	1.26

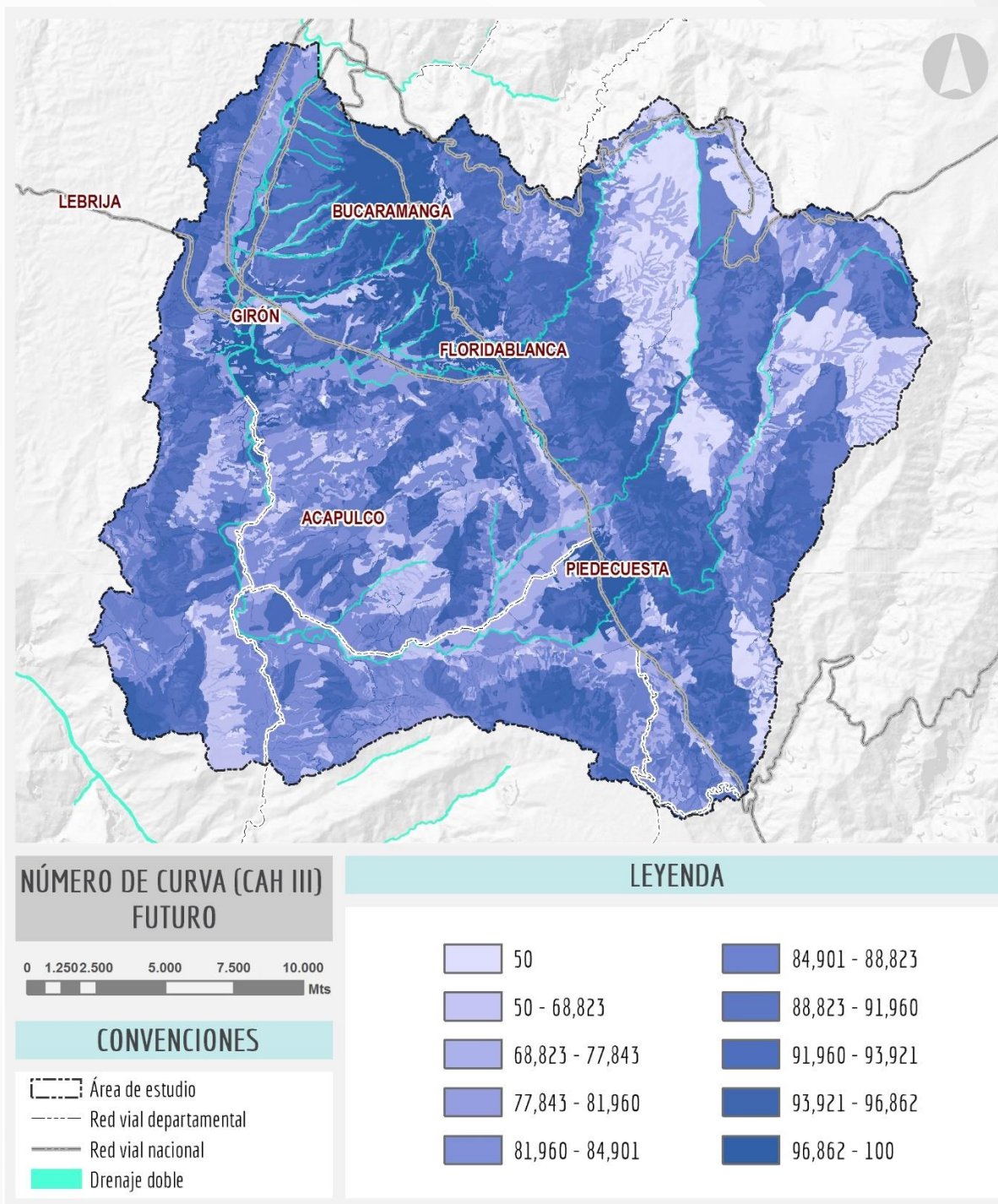
Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 11. Número de curva del escenario actual para la condición antecedente de humedad CAH III.



Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Figura 12. Número de curva del escenario futuro para la condición antecedente de humedad CAH III.



Fuente: Equipo Técnico Consultor.

La simulación del hidrograma de escorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un periodo de lluvia se realizó a través del software HEC-HMS Hydrologic Modeling System, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, que utiliza como insumos principales el área de drenaje, el tiempo de retardo o desfase, el valor de número de curva y la lluvia de diseño.

Como resultados de la modelación, se obtuvieron los siguientes caudales de diseño:

Tabla 11. Caudales de diseño obtenidos de la modelación hidrológica.

Escenario	Punto de salida	Caudales máximos m ² /s						
		Tr 500	Tr 100	Tr 50	Tr 25	Tr 10	Tr 5	Tr 2
Actual	Río de Oro Café Madrid	1271	1099	1030.2	942.4	797.9	689.8	521.2
	Río Frío confluencia con Río de Oro	437.50	357.10	318.10	289.7 0	217.9 0	173.2 0	108.4 0
Futuro	Río de Oro Café Madrid	1300.2 0	1125.4 0	1054.5 0	965.20	817.10	706.10	533.70
	Río Frío confluencia con Río de Oro	447.20	364.50	324.80	297.10	222.70	176.40	110.50

Fuente: Equipo Técnico Consultor.



Parte terminal de las escarpas occidentales de Bucaramanga.

2.2. HIDRÁULICA

El flujo superficial o movimiento del agua en canales naturales es uno de los procesos morfogenéticos que, junto con los procesos morfodinámicos de carácter hídrico, ayudan a moldear constantemente la superficie terrestre, dando lugar a la formación de valles y montañas que componen o constituyen nuestro paisaje nacional. Sin embargo, factores antrópicos como extracción de materiales finos y granulares de lecho de la corriente, estructuras de protección contra inundaciones y urbanizaciones, entre otros, alteran constantemente estas dinámicas naturales convirtiéndolas en una potencial amenaza para los asentamientos humanos ubicados en proximidad del cauce.

La aplicación de modelos hidráulicos basados en aproximaciones teóricas de solución numérica permite conocer el comportamiento hidrodinámico de las corrientes y determinar las zonas potencialmente inundables, para así formular alternativas para la reducción de la amenaza y del riesgo al cual se encuentra expuesta la comunidad.

Para la determinación de los niveles de inundación del área de estudio se utilizó el software de modelamiento hidráulico HEC-RAS desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE), que utiliza como principales parámetros de ingreso los caudales de

diseño obtenidos en la definición de tramos homogéneos del análisis hidrológico y la información batimétrica obtenida del Modelo Digital del Terreno especialmente consolidado para el estudio.

En el modelamiento se contempló el efecto de puentes, alcantarillas y otras estructuras existentes en la llanura de inundación. Se consideraron las pérdidas de carga por fricción (ecuación de Manning) y por contracción-expansión (coeficiente de pérdidas multiplicado por la variación de la carga de energía cinética).

Para las condiciones de movimiento rápidamente variado (flujos mixtos, hidráulica de puentes y evaluación de perfiles en confluencias) se utilizó la ecuación de variación de cantidad movimiento.

Como resultados de las simulaciones realizadas, se obtuvieron los perfiles de lámina de agua, las secciones transversales, la distribución de velocidades, y las profundidades de los ríos De Oro y Frío para los diferentes periodos de retorno.

De acuerdo a los resultados del modelo, los sectores más críticos son los cercanos a los puentes existentes y las confluencias con ríos y quebradas, principalmente por el represamiento que se genera aguas arriba y el consecuente aumento de la velocidad aguas debajo de donde se localizan dichas estructuras.

En terminos generales, las obras de canalización existentes, principalmente muros en gaviones revestidos en concreto, funcionan medianamente bien. Sin embargo algunos tramos no cumplen con la altura requerida y otros alteraron de manera permanente del cauce principal del río durante su construcción, obligandolo a expandirse hacia el costado opuesto. Adicionalmente, la falta de continuidad en las obras deja brechas por donde se facilita la salida de flujo del cauce y la generación de zonas de inundación.

Tabla 12. Tramos de análisis de caudales en los ríos De Oro y Frío.

CAUCE	TRAMO #	DESDE	HASTA	ELEMENTO HID	ABSCISA
RIO DE ORO	1	Inicio	Nuevo Girón	J814	21.420
	2	Nuevo Girón	Confluencia RF	J683	19.830
	4	Confl. RF-RO	Q. Las Macanas	J708	13.770
	5	Q. Las Macanas	Q. La Iglesia	J680	11.880
	6	Q. La Iglesia	Q. La Honda	J752	10.320
	7	Q. La Honda	Q. Chimitá	J705	9.900
	8	Q. Chimitá	Q. La Cuyamita	J737	9.390
	9	Q. La Cuyamita	Q. Napoles	J700	7.980
	10	Q. Napoles	Q. La Argelia	J716	7.020
	11	Q. La Argelia	Q. Las Navas	J719	5.790
	12	Q. Las Navas	Q. Chapinero	J731	4.860
	13	Q. Chapinero	Q. La Picha	J744	3.956
	14	Q. La Picha	Confl. Río Suratá	Salida	1.560
	RIO FRIO	3	PTAR Río Frío	Confl. RO	J794

Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Tabla 13. Principales parámetros de ingreso del modelo hidráulico.

Parámetro	Insumo/Condición adoptada
Definición de ejes y bordes del cauce principal	Modelo Digital del Terreno 0,25mx0,25m de resolución
Definición de secciones transversales	Modelo Digital del Terreno 0,25mx0,25m de resolución
Espaciamiento entre secciones	10 m
Intervalo de tiempo de computo	3 minutos
Coefficiente de Manning*	Visitas de campo, fotografías aéreas, sobre vuelos DJI Phantom4
Caudales pico	Modelo hidrológico
CONDICIONES DE CONTORNO	
Flujo Permanente Gradualmente Variado	Profundidad Normal: valor medio de la pendiente del Río del sector analizado
Flujo No Permanente Gradualmente Variado	Profundidad Normal: valor medio de la pendiente del Río del sector analizado

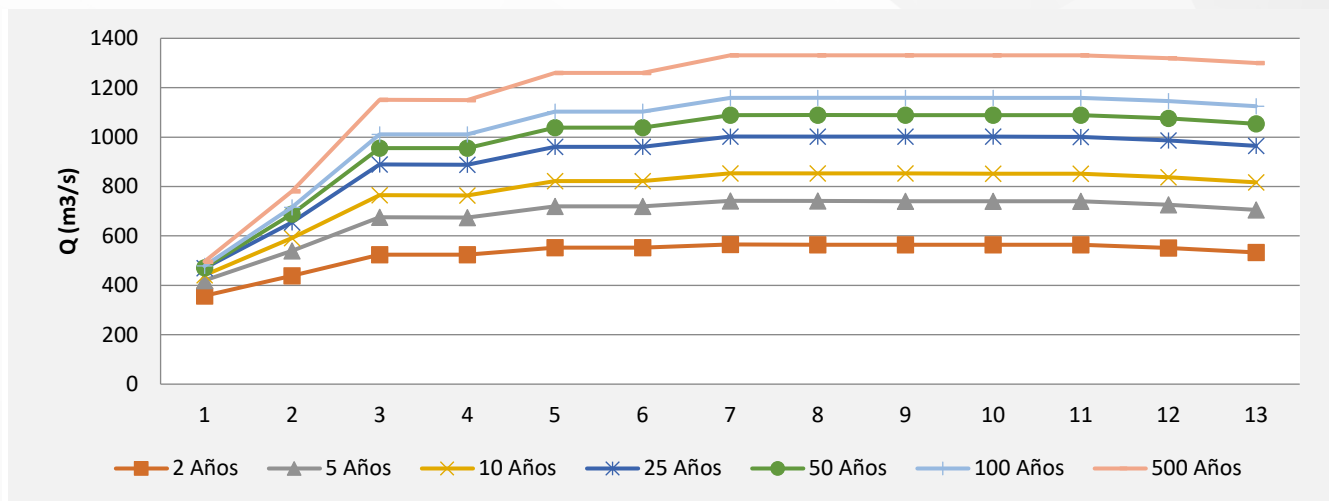
* Calculado mediante el método de Cowan.

Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Tabla 14. Caudales de entrada del modelo hidráulico.

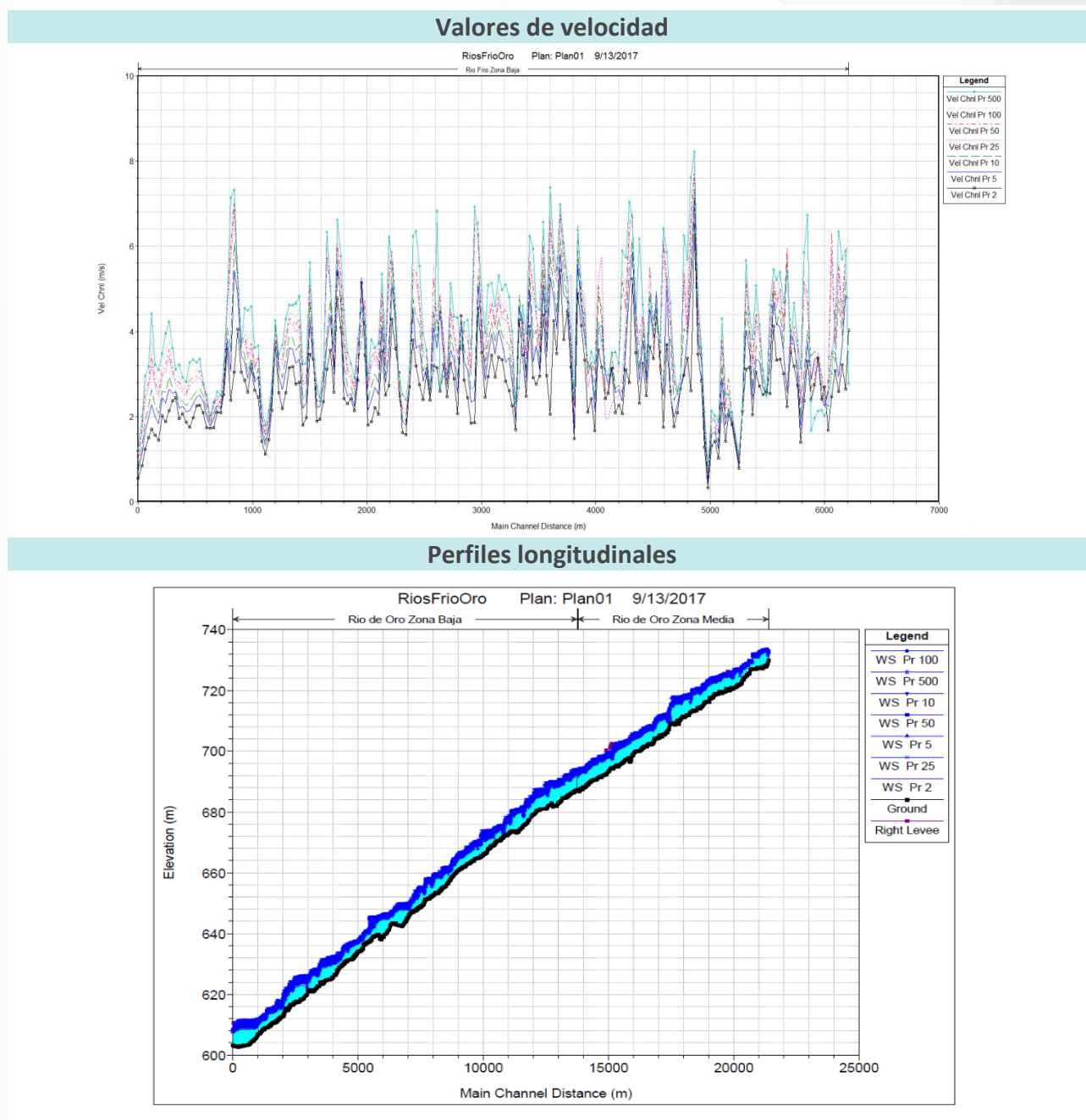
CAUCE	TRAMOS					Caudal Pico (m ³ /s)						
	TRA MO #	DESDE	HASTA	ELEMEN TO HID	ABSCISA	2 Años	5 Años	10 Años	25 Años	50 Años	100 Años	500 Años
RIO DE ORO	1	Inicio	Nuevo Girón	J814	21426,34	357,6	419,6	440,8	469,2	471	478,2	495,9
	2	Nuevo Girón	Confluencia RF	J683	19834,87	438,4	539,6	591,8	654,4	688,3	716	780,7
	4	Confl. RF-RO	Q. Las Macanas	J708	13774,21	524,5	675,3	765,3	889,3	955,9	1011,7	1151
	5	Q. Las Macanas	Q. La Iglesia	J680	11883,99	523,6	674,2	764,3	888,4	955	1010,9	1150,4
	6	Q. La Iglesia	Q. La Honda	J752	10324,57	552,3	719,8	822,7	960,7	1038, 7	1102,6	1259,6
	7	Q. La Honda	Q. Chimitá	J705	9904,461	552	719,5	822,4	960,7	1038, 9	1102,9	1260,2
	8	Q. Chimitá	Q. La Cuyamita	J737	9394,205	565,6	742,2	853,5	1002, 5	1089, 5	1159,2	1330,7
	9	Q. La Cuyamita	Q. Napoles	J700	7984,336	564,9	741,4	853,1	1002, 2	1089, 6	1159,3	1331,2
	10	Q. Napoles	Q. La Argelia	J716	7023,882	564,5	741,1	852,8	1001, 9	1089, 5	1159,3	1331,2
	11	Q. La Argelia	Q. Las Navas	J719	5791,841	564,4	741	852,5	1001, 7	1089, 2	1158,9	1331,1
	12	Q. Las Navas	Q. Chapinero	J731	4861,515	564	740,4	852,1	1001, 4	1088, 9	1158,7	1331,1
	13	Q. Chapinero	Q. La Picha	J744	3958,454	551,2	726	837,6	986,6	1075, 4	1145,6	1319,5
	14	Q. La Picha	Confl. Río Suratá	Salida	1561,574	533,7	706,1	817,1	965,2	1054, 5	1125,4	1300,2
	RIO FRIO	3	PTAR Río Frío	Confl. Q. Suratoque	J728	6237,184	57,2	91,6	115,4	159,4	166,8	187,3
3,1		Confl. Q. Suratoque	Confl. RO	J794	4978,663	110,5	176,4	222,7	297,1	324,8	364,5	447,2

CAUDAL PICO EN LOS DIFERENTES TRAMOS DEL RÍO DE ORO



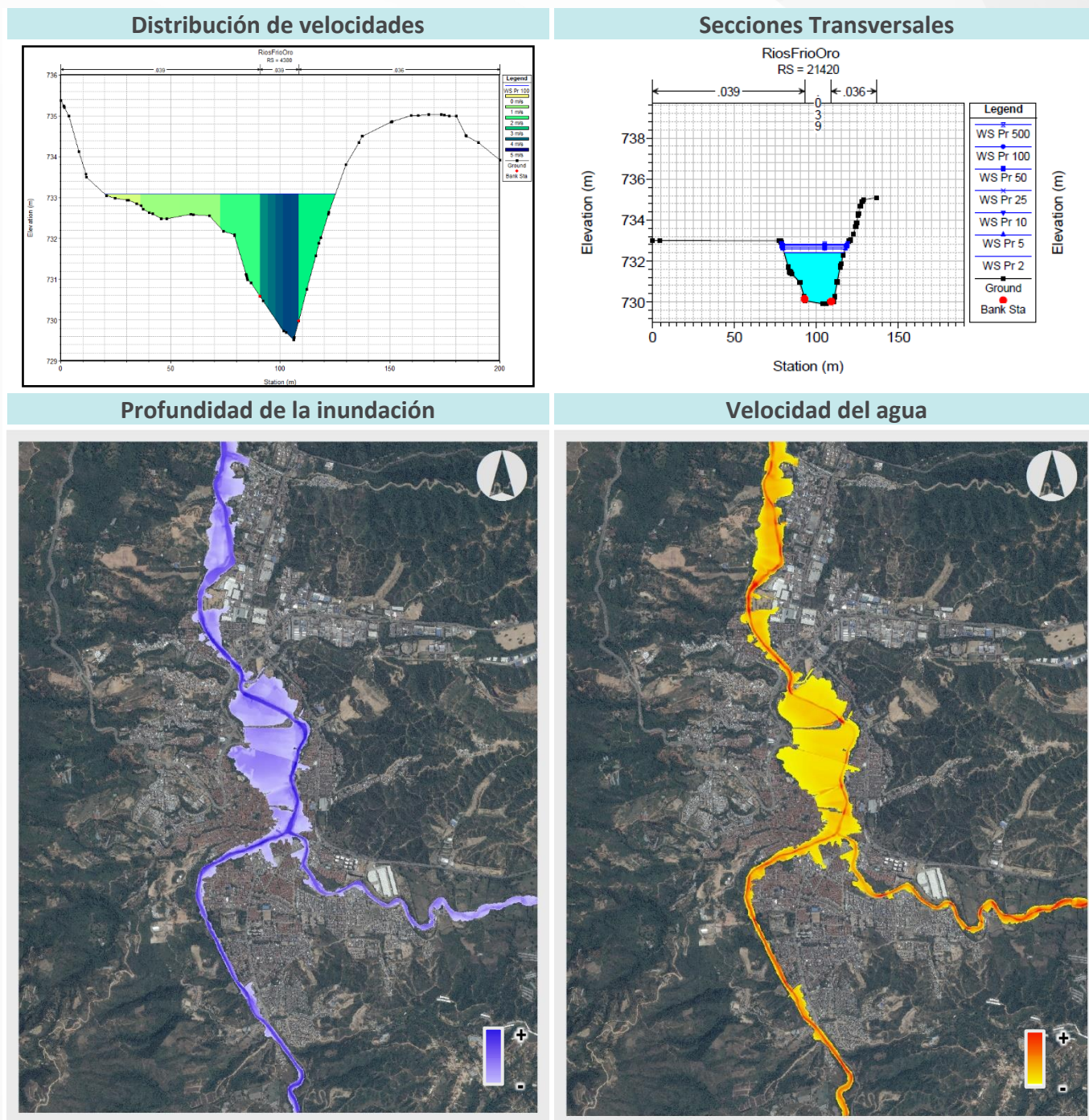
Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Figura 13. Resultados del modelo hidráulico.



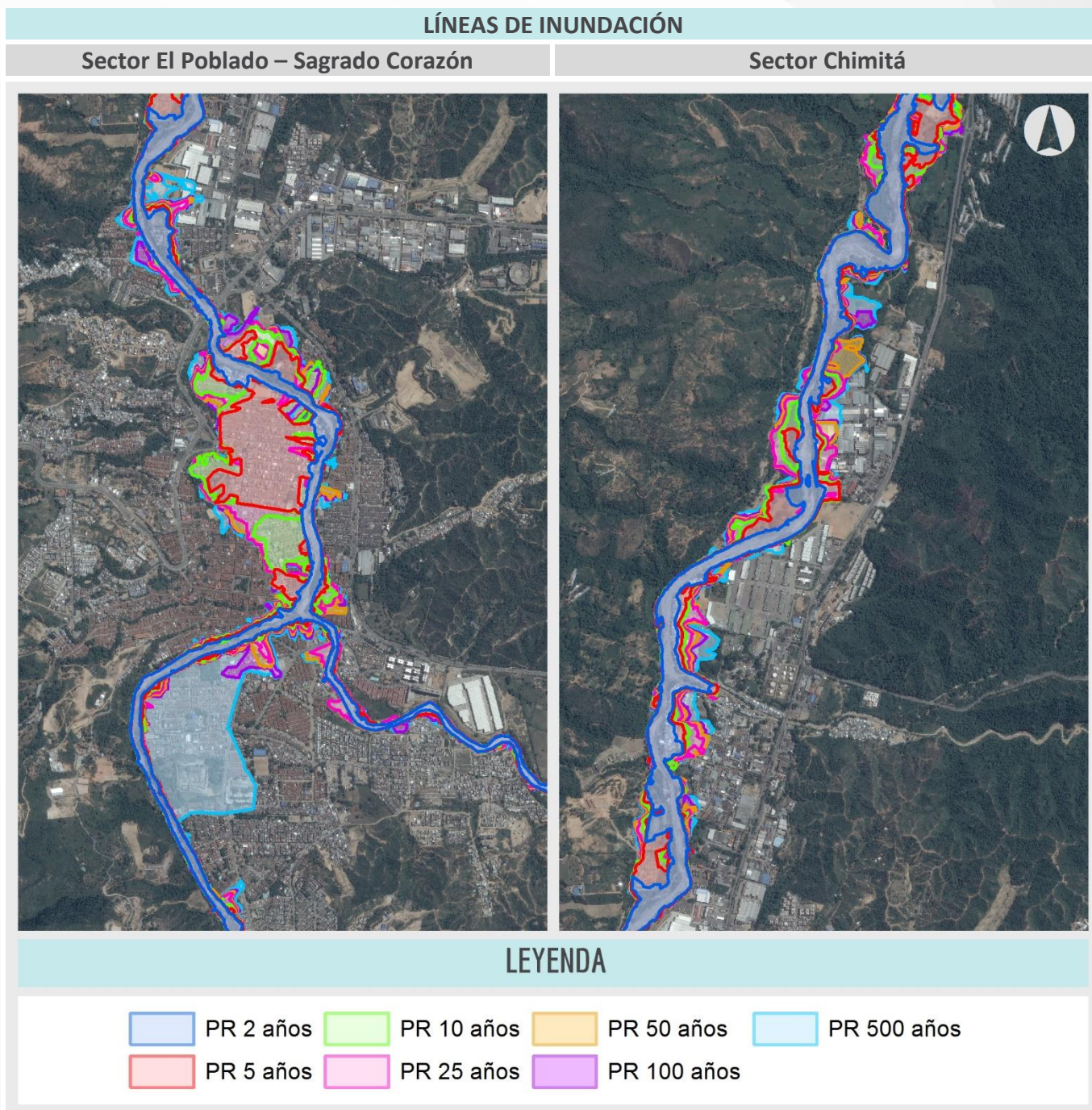
Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Figura 15. Resultados del modelo hidráulico: profundidades y velocidades de flujo.



Fuente: Equipo Técnico Consultor.

Figura 16. Resultados del modelo hidráulico: líneas de inundación.



Fuente: Equipo Técnico Consultor.

2.3. AMENAZA

La determinación de los niveles de amenaza se basa en la metodología adoptada en el proyecto europeo SUFRI (Sustainable Strategies of Urban Flood Risk), que considera como parámetro principal la pérdida potencial de vidas humanas y la relaciona con cinco niveles de severidad de la inundación, definidos de acuerdo a la velocidad y la altura de la lámina del agua.

Con base en estos parámetros se elaboraron los mapas de severidad para cada periodo de retorno considerado en el análisis (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años). La amenaza final se obtuvo de la fusión de los mapas de severidad obtenidos, para lo cual se tomó el valor más crítico de los periodos de retorno considerados.

Tabla 15. Parámetros para la determinación de los niveles de amenaza y severidad de la inundación.

Nivel de amenaza por inundación	Nivel de severidad de la inundación (S)		Altura del agua y (m)	Velocidad v (m/s)	Parámetro o vuelco $v*y$ (m ² /s)	Parámetro deslizamiento o v^2*y (m ³ *s ²)
AMENAZA BAJA	S0	No se esperan víctimas	<0,45	<1,50	<0,50	<1,23
AMENAZA MEDIA	S1	Severidad leve Peatones pueden sufrir pérdida de estabilidad y dificultades para caminar	<0,80	<1,60	<1,00	<1,23
	S2	Severidad media Significativas pérdidas de estabilidad. Vehículos pierden adherencia	<1,00	<1,88	<1,00	<1,23
AMENAZA ALTA	S3	Severidad elevada	>1.00	>1,88	>1,00	>1,23
	S4	Alto riesgo para personas situadas en el exterior. Arrastre.	>1.00	>1,88	>3,00	>1,23

Fuente: Escuder-Bueno et al., 2012 [18].

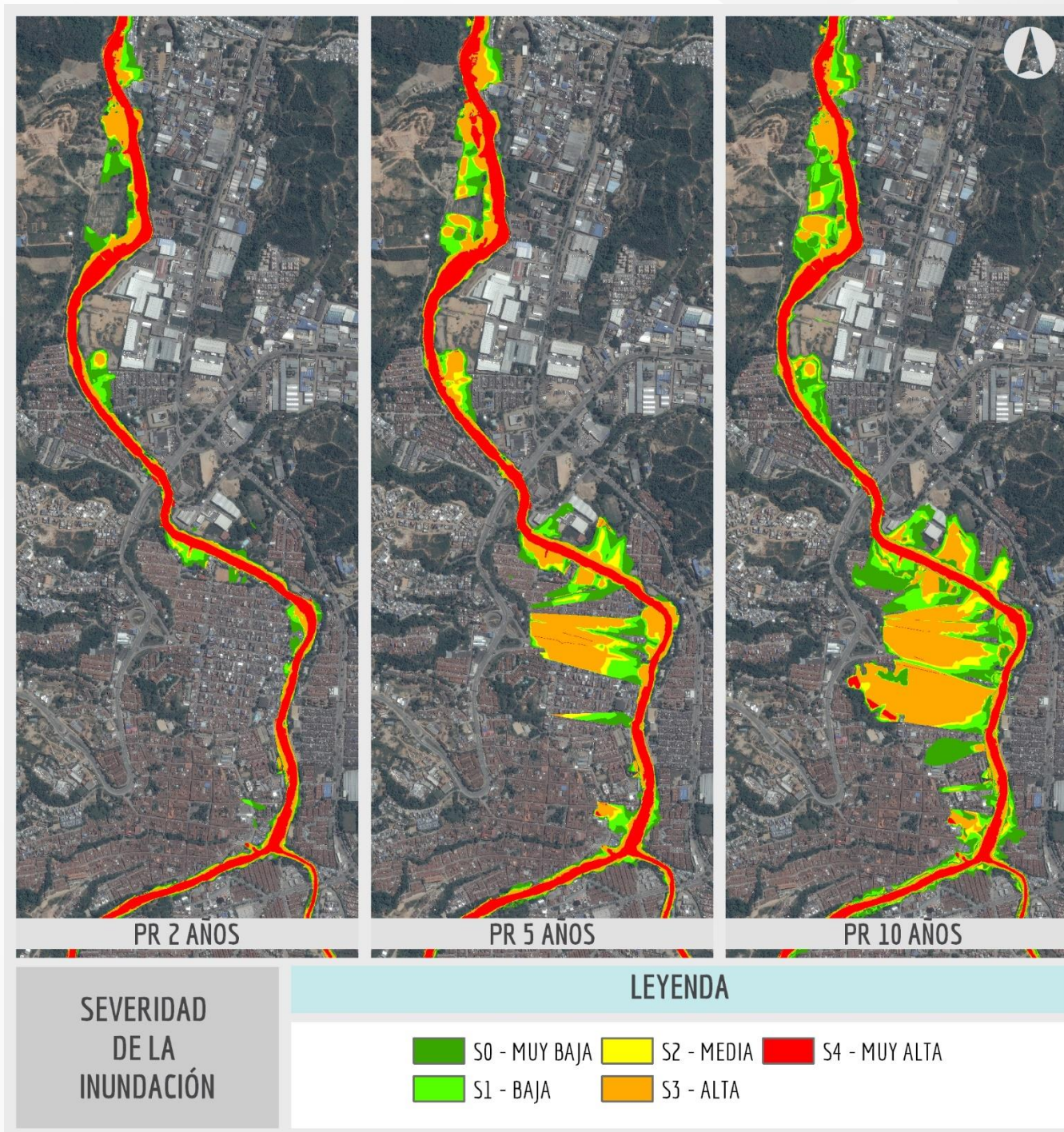
Tabla 16. Áreas de amenaza por inundación por municipio.

CATEGORÍA DE AMENAZA	ÁREA POR MUNICIPIO [Ha]			TOTAL CATEGORIA
	BUCARAMANGA	FLORIDABLANCA	GIRÓN	

ALTA	48,40	2,98	259,63	311,02
MEDIA	7,53	0,86	56,47	64,86
BAJA	9,78	1,19	46,55	57,52
TOTAL MUNICIPIO	65,72	5,03	362,66	433,40

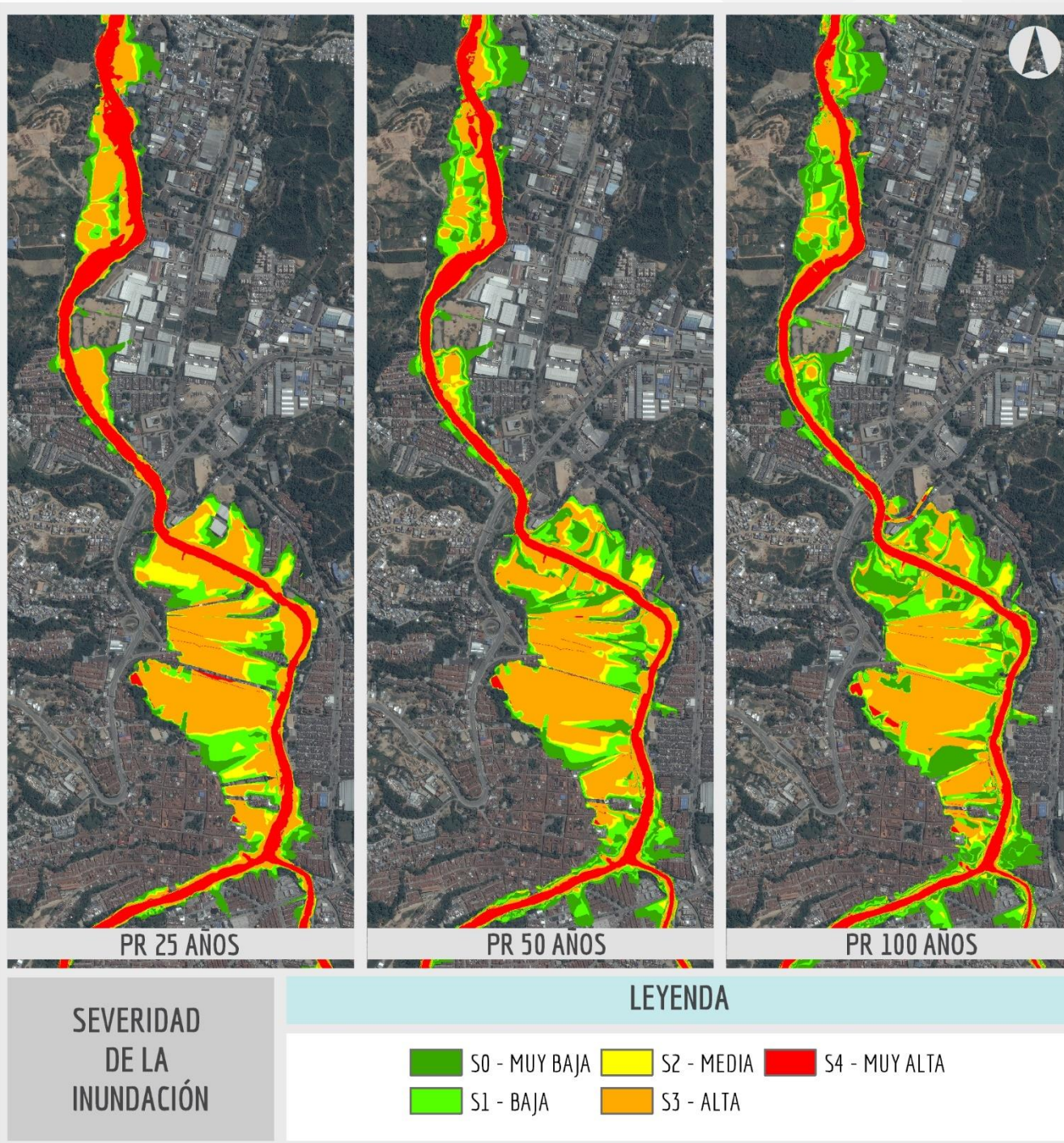
Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 17. Mapas de severidad de la inundación.



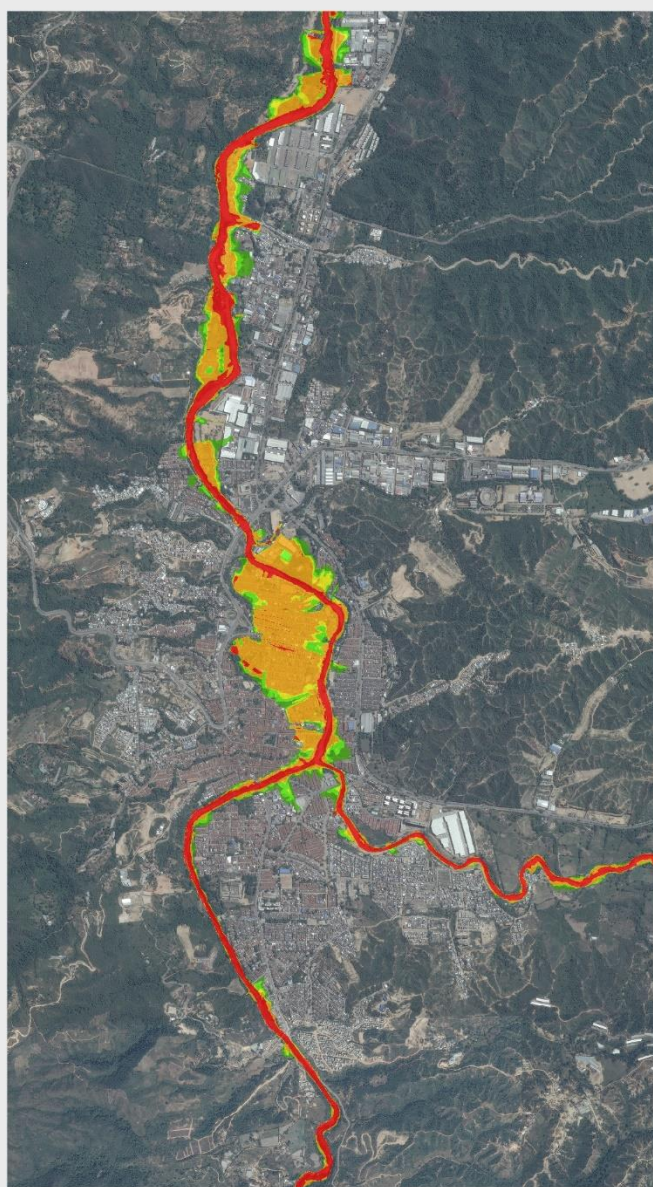
Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 18. Mapas de severidad de la inundación (continuación).

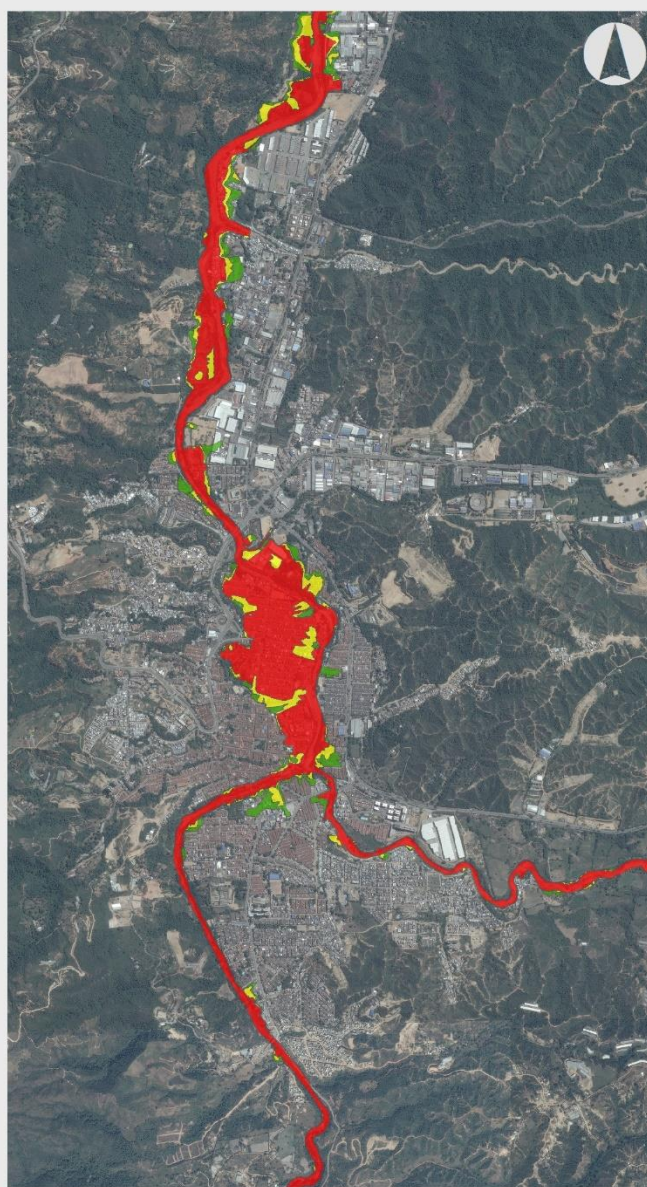


Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 19. Obtención de niveles de amenaza por inundación a partir del mapa de severidad.



LEYENDA SEVERIDAD

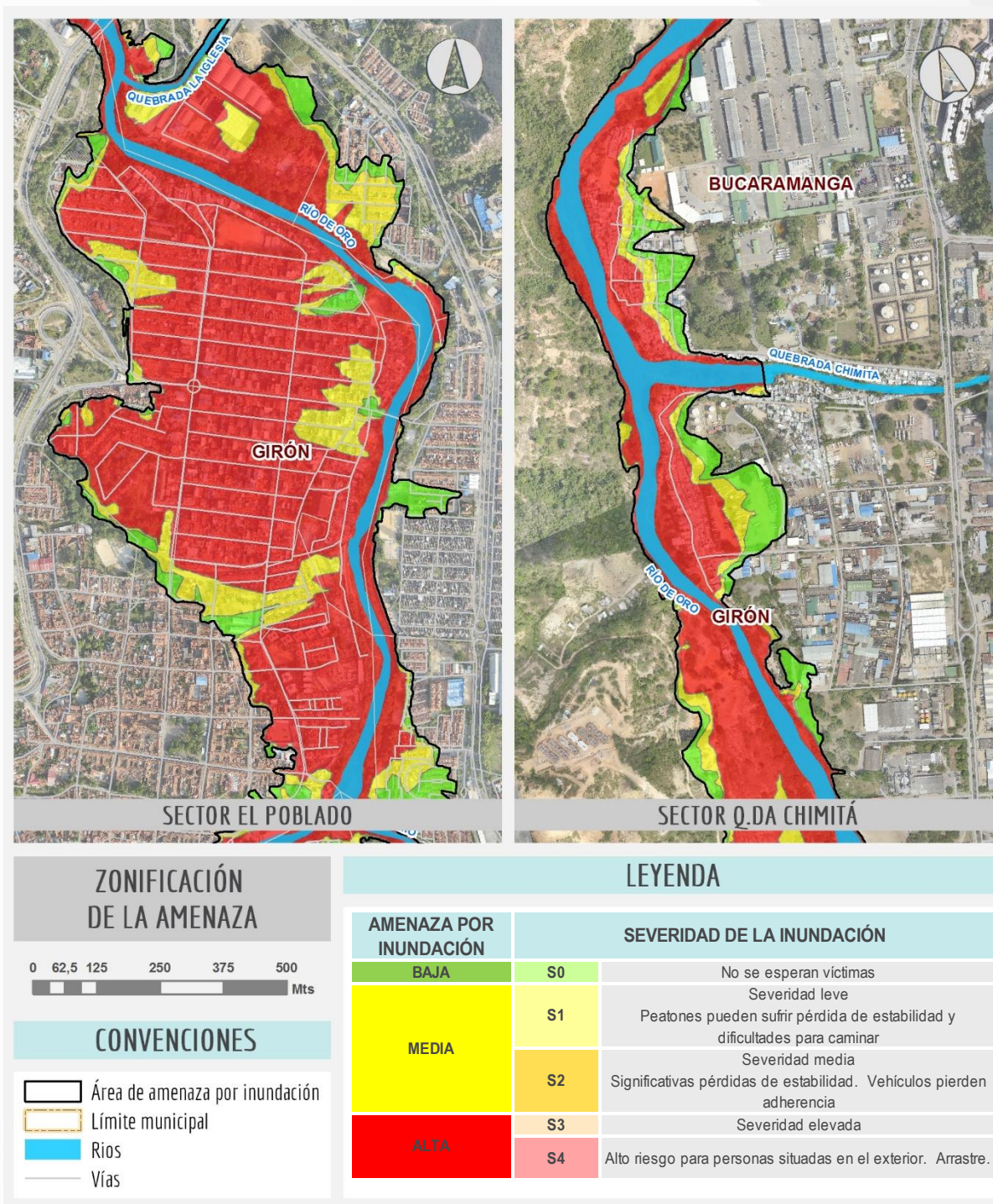


LEYENDA AMENAZA



Fuente: Equipo Técnico – UIS.

Figura 20. Mapa de amenaza por inundación.



Fuente: Equipo Técnico –UIS.

Capítulo

3

DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

3.1 Fragilidad

3.2 Vulnerabilidad

3. DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

3.1. FRAGILIDAD

La vulnerabilidad está definida en primera instancia por la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una determinada comunidad de ser afectada, sufrir daños o efectos adversos frente a un fenómeno peligroso.

La evaluación de la fragilidad de las edificaciones es determinada por el Índice de Vulnerabilidad Física, obtenido a partir de la identificación y caracterización de las variables más relevantes para determinar el daño que puede sufrir una edificación bajo la acción de los efectos producidos por un posible fenómeno por inundación, denominadas parámetros influyentes.

Los parámetros influyentes son evaluados para cada edificación mediante la asignación de variables lingüísticas asociadas a un valor numérico o calificación (K_i), con una escala numérica comprendida entre 0 y 1.

El índice de fragilidad física de las edificaciones o elementos expuestos se obtiene a partir de la calificación (K_i) de las variables seleccionadas y los valores de importancia o pesos (W_i) dados a los parámetros.

$$I.V._j = \frac{\sum_{i=1}^n W_i K_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$



Asentamiento José Antonio Galán el río de Oro. Margen derecha sector aguas abajo confluencia con Q.da Chimitá.

Tabla 17. Calificación y ponderación de parámetros influyentes para la determinación del Índice de Vulnerabilidad Física.

PARÁMETROS INFLUYENTES						
ESTRUCTURAL DIRECTO		ESTRUCTURAL INDIRECTO		UBICACIÓN	ENTORNO	
IMPORTANCIA						
4	6	3	5	1	2	
Wi (peso)						
0,1	0,05	0,1	0,05	0,6	0,1	
TIPO DE ESTRUCTURA	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN	ALTURA EDIFICACIÓN Número de pisos	LOCALIZACIÓN RESPECTO AL CAUCE	SOCAVACIÓN	
PARÁMETROS		CATEGORIA			Ki	Wi
1	Localización de la edificación respecto al cauce del río	A	0	La edificación está ubicada a una distancia del río mayor a 100mts	Bajo	Muy 0,60
		B	0,2	La edificación está ubicada a una distancia del río entre 50 mts a 100mts	Medio Bajo	
		B	0,4	La edificación está ubicada a una distancia del río entre 20 mts a 50mts	Medio Alto	
		C	1	La edificación está ubicada a una distancia del río menor a 20mts	Alto	

2	Sistema Estructural	A	0	Edificaciones cuyo sistemas estructural es mampostería confinada, sistema pórtico, o sistema dual o combinado	Bajo	Medianamente	0,10
		B	0,5	Edificaciones con sistemas estructurales en mampostería, tapia sin reforzamiento o confinamiento	Medio		
		C	1	Edificaciones sin sistema estructural, muros en madera o materiales no convencionales.	Alto		
3	Año de construcción de la edificación	A	0	Edificación construida bajo la Norma NSR-10 a partir del 2010	Bajo	Poco	0,05
		B	0,1	Edificación construida bajo la Norma NSR-98 entre 1998-2010	Medio Bajo		
		C	0,3	Edificación construida bajo la Norma NSR-84 entre 1984-1998	Medio Alto		
		D	0,5	Edificación construida con normatividad de los años 1970-1984	Alto Bajo		
		E	1	Edificación construida antes de 1970 o sin normatividad	Alto Medio		
4	Estructuras de protección (Conducción del cauce - Obras de Mitigación)	A	0	Estructura de protección de longitud superior a 100mts	Bajo	Medianamente	0,10
		B	0,25	Estructura de protección de longitud superior a 20 mts e inferior a 100mts	Medio Bajo		
		C	0,5	Estructura de protección de longitud inferior a 20mts	Medio Alto		
		D	1	Ninguna estructura de protección	Alto		
5	Socavación	A	0	No	Bajo	Media	0,10
		B	1	Si	Alto		
6	Altura Edificación (altura de piso)	A	0	Número de pisos superior a 5 pisos	Bajo	Poco	0,05
		B	0,1	Número de pisos entre 4 a 5 pisos	Medio - Bajo		
		C	0,5	Número de pisos entre 2 a 3 pisos	Medio Alto		
		D	1	Número de pisos igual o inferior a 1 piso	Alto		

Fuente: Equipo Técnico-UIS.

Tabla 18. Índice de vulnerabilidad física.

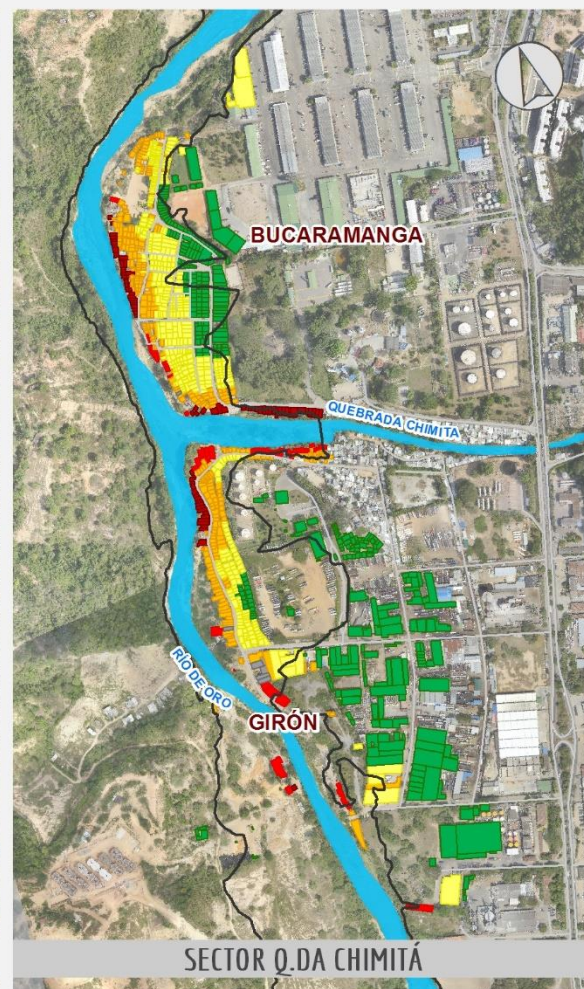
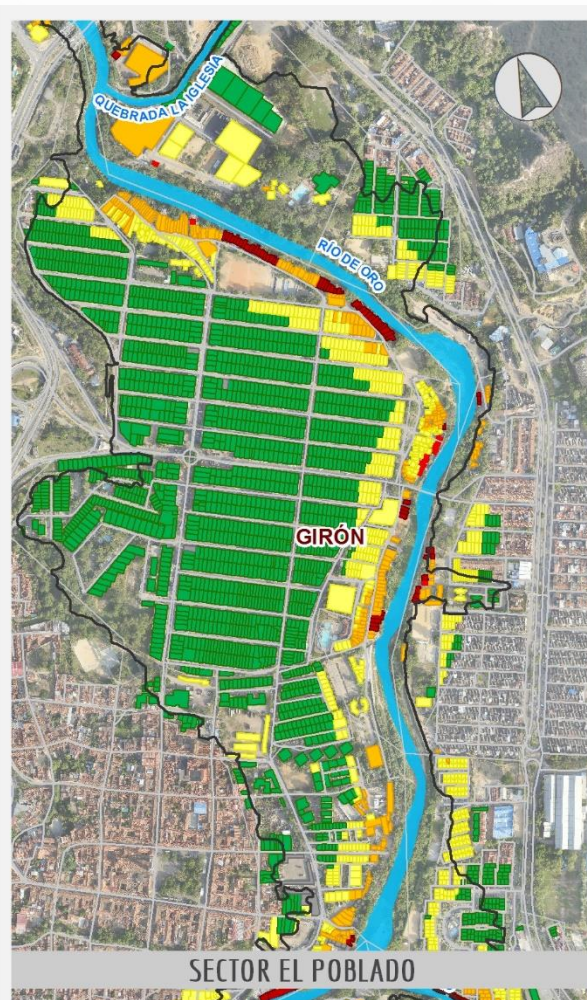
CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA						
CATEGORIA	INDICE DE FRAGILIDAD	DESCRIPCIÓN				
BAJA	0.0-0.2	Edificaciones construidas con tipologías estructurales con parámetros técnicos adecuados o aceptables y con una exposición baja frente a un posible fenómeno de inundación				
MEDIA	0.2-0.6	Edificaciones construidas con tipologías estructurales con parámetros técnicos regulares y con una exposición media frente a un posible fenómeno de inundación				
ALTA	0.6-1	Edificaciones construidas con tipologías estructurales con deficientes parámetros técnicos, como sistemas de mampostería con deficiencia en su confinamiento, edificaciones ligeras o improvisadas altamente expuestas a ser afectadas.				
RESULTADOS DE FRAGILIDAD FÍSICA DE EDIFICACIONES						
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD				FRAGILIDAD FÍSICA		
CATEGORIA	IVF	SUBCATEGORÍA	IVF	CATEGORÍA	No VIVIENDAS	% VIVIENDAS
BAJA	0 -0.2	Nada	0	NULA	4	0,03%
		Poco	0- 0.2	BAJA	9300	66,27%
MEDIA	0.2 -0.6	Medianamente baja	0.2-0.4	MEDIA BAJA	3170	22,59%
		Medianamente Alta	0.4-0.6	MEDIA ALTA	1083	7,72%
ALTA	0.6 - 1	Muy	0.6-0.8	ALTA	173	1,23%
		Absolutamente	0.8-1	MUY ALTA	248	1,77%
Lotes (No aplica)					56	0,40%
Total Predios					14034	100,00%

Fuente: Equipo Técnico – UIS.



Asentamiento Convivir el río de Oro. Margen derecha sector aguas arriba confluencia con Q.da Chimitá.

Figura 21. Mapa de fragilidad física.



FRAGILIDAD FÍSICA

0 62,5 125 250 375 500 Mts

CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Ríos
- Vías

LEYENDA

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD		FRAGILIDAD FÍSICA	
CATEGORÍA	IVF	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
BAJA	0	NULA	Edificaciones construidas con tipologías estructurales con parámetros técnicos adecuados o aceptables y con una exposición baja frente a un posible fenómeno de inundación.
	0-0.2	BAJA	
MEDIA	0.2-0.4	MEDIA BAJA	Edificaciones construidas con tipologías estructurales con parámetros técnicos regulares y con una exposición media frente a un posible fenómeno de inundación.
	0.4-0.6	MEDIA ALTA	
ALTA	0.6-0.8	ALTA	Edificaciones construidas con tipologías estructurales con deficientes parámetros técnicos, como sistemas de mampostería con deficiencia en su confinamiento, edificaciones ligeras o improvisadas altamente expuestas a ser afectadas.
	0.8-1	MUY ALTA	

Fuente: Equipo Técnico – UIS.

3.2. VULNERABILIDAD

La determinación de la vulnerabilidad se centra en la evaluación de las características claves de las edificaciones, descritas por el índice de vulnerabilidad física o fragilidad, en función de la profundidad de inundación y de la velocidad de flujo obtenidas para cada periodo de retorno analizado en el análisis de amenaza.

Estas variables permiten estimar el nivel de daño que sufren las edificaciones en la eventualidad de un fenómeno de inundación, a través de la definición del Índice de Daño, calculado de acuerdo a la metodología Hazus desarrollada por la FEMA (Federal Emergency Management Agency) [19].

Tabla 19. Tablas Metodología Hazus – Relación del daño de la edificación con la velocidad del flujo.

Table 5.6 Velocity-Depth Damage Relationship for Masonry and Concrete Buildings

Material	# Stories (hgt)	Velocity Threshold in feet/sec VT(hgt)	Collapse Potential		
			V < 2 fps	V < VT(hgt)	V ≥ VT(hgt)
Masonry & Concrete	1 story	6.31	no collapse	no collapse	collapse if $D > 525.09V^{-2.0406}$
Masonry & Concrete	2 story	7.47	no collapse	no collapse	collapse if $D > 1210.6V^{-1.9511}$
Masonry & Concrete	3 story	9.02	no collapse	no collapse	collapse if $D > -4.8864V+69.086$
Masonry & Concrete	4+ stories		no collapse	no collapse	no collapse

Table 5.5 Velocity-Depth Damage Relationship for Wood Buildings

Material	# Stories (hgt)	Depth Threshold in feet DT(hgt)	Velocity Threshold in feet/sec VT(hgt)	Collapse Potential			
				V < 2 fps any Depth	V < VT(hgt) D < DT(hgt)	V < VT(hgt) D ≥ DT(hgt)	V ≥ VT(hgt) any Depth
Wood	1 story	10	5.34	no collapse	no collapse	collapse	collapse if $D > 268.38V^{-1.9642}$
Wood	2 story	15	4.34	no collapse	no collapse	collapse	collapse if $D > 268.38V^{-1.9642}$
Wood	3 story	20	3.75	no collapse	no collapse	collapse	collapse if $D > 268.38V^{-1.9642}$
Wood	4+ stories			no collapse	no collapse	no collapse	no collapse

Fuente : Multi-hazard Loss Estimation Methodology Flood Model
Hazus®-MH.

La categorización de la vulnerabilidad se realiza de acuerdo a variables lingüísticas definidas con base en los valores obtenidos para el Índice de Daño.

Tabla 20. Índice de daño y criterios de categorización de la vulnerabilidad.

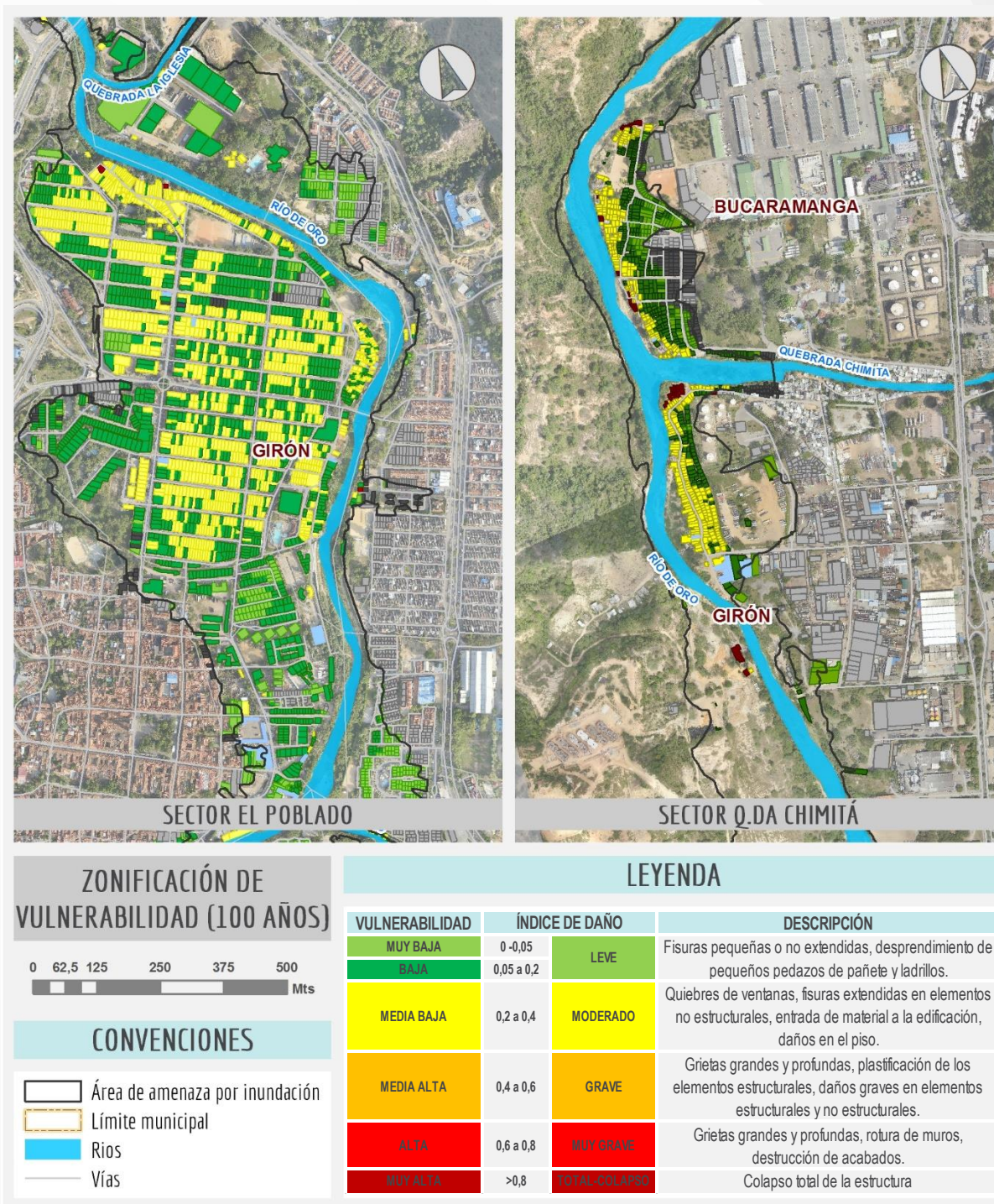
VULNERABILIDAD	ÍNDICE DE DAÑO		DESCRIPCIÓN
MUY BAJA	0 -0,05	LEVE	Fisuras pequeñas o no extendidas, desprendimiento de pequeños pedazos de pañete y ladrillos.
BAJA	0,05 a 0,2		
MEDIA BAJA	0,2 a 0,4	MODERADO	Quiebres de ventanas, fisuras extendidas en elementos no estructurales, entrada de material a la edificación, daños en el piso.
MEDIA ALTA	0,4 a 0,6	GRAVE	Grietas grandes y profundas, plastificación de los elementos estructurales, daños graves en elementos estructurales y no estructurales.
ALTA	0,6 a 0,8	MUY GRAVE	Grietas grandes y profundas, rotura de muros, destrucción de acabados.
MUY ALTA	>0,8	TOTAL-COLAPSO	Colapso total de la estructura

Fuente: Equipo Técnico –UIS.



Asentamiento humano Puente Nariño, ubicado al oeste de la urbanización Bavaria 2.

Figura 22. Mapa de vulnerabilidad.



Fuente: Equipo Técnico –UIS.

Capítulo

4

4. DETERMINACIÓN DEL RIESGO

4.1 Evaluación de pérdidas materiales

4.2 Riesgo específico

4.3 Evaluación y categorización del

4. DETERMINACIÓN DEL RIESGO

El riesgo corresponde a los daños y pérdidas potenciales que puedan presentarse debido a la ocurrencia de eventos de inundación, por lo tanto está determinado principalmente por la vulnerabilidad de los elementos expuestos, la probabilidad de la ocurrencia del fenómeno natural, las pérdidas económicas esperadas y la probabilidad de afectación a personas.

La determinación del riesgo por inundación se ha realizado de acuerdo a las siguientes etapas principales:

1. Evaluación de pérdidas: estimación del valor monetario de las edificaciones afectadas por la ocurrencia del fenómeno de inundación, incluidos los elementos estructurales y no estructurales, así como sus contenidos.
2. Cálculo del riesgo específico: estimación de las pérdidas monetarias anuales esperadas con base en la vulnerabilidad y el valor de los elementos expuestos, teniendo en cuenta la probabilidad de la ocurrencia del fenómeno de inundación.
3. Categorización del riesgo: definición y aplicación de criterios de evaluación del riesgo físico y de afectación a personas con el fin de obtener la categorización del riesgo total en riesgo bajo, medio y alto.

Figura 23. Esquema metodológico adoptado para la determinación del riesgo.



Fuente: Equipo Técnico –UIS.

4.1. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS MATERIALES

Las pérdidas ocasionadas por el daño físico directo de las edificaciones como consecuencia de un evento de inundación, corresponden al valor monetario de los componentes estructurales y no estructurales de la construcción, así como de los bienes o contenidos afectados.

Los componentes estructurales en una edificación incluyen los elementos verticales (muros y columnas) que soportan la losa y provee resistencia, y los elementos horizontales como las vigas y otros elementos de transmisión de carga.

Los elementos no estructurales incluyen los muros de fachadas exteriores, muros divisorios, ventanas. El daño en los componentes no estructurales ocurre en todos los niveles de la amenaza y depende de la magnitud del evento, por lo que en eventos pequeños puede haber poco a casi ningún daño de estos elementos.

El contenido de la edificación comprende a todos los otros componentes que no se incluyen en los elementos estructurales y no estructurales de la estructura, tales como los muebles, los archivadores, los computadores.

La cuantificación de las pérdidas materiales por daños en componentes estructurales y no estructurales de la edificación se realizó con base en la tipología estructural, el nivel socioeconómico y el área construida. El valor comercial por m² se obtuvo de la información suministrada por los líderes comunales y se validó con información de agencias inmobiliarias.

Para la estimación de las pérdidas económicas por contenidos, además de los criterios anteriores, se tuvo en cuenta la información recopilada mediante la realización de encuestas a una muestra de viviendas representativa de cada sector.

Finalmente se calcularon las pérdidas materiales por daños en la edificación con base en el índice de daño y el valor comercial por m² de cada una de las edificaciones dentro del área de afectación para cada uno de los escenarios de amenaza planteados para el análisis.



Vista de los sectores Bella Isla, El Poblado y El Carmen, sobre la margen izquierda del Río de Oro, aguas arriba del puente Eliecer Fonseca.

Tabla 21. Pérdidas materiales anuales por escenario de amenaza (periodo de retorno) y por municipio.

MUNICIPIO	TOTALES	CONTENIDOS	EDIFICACIÓN	PERIODO DE RETORNO
-----------	---------	------------	-------------	--------------------

				(PR)
BUCARAMANG A	\$ 2.473.578.454	\$ 1.008.953.775	\$ 1.464.624.679	PR 2
FLORIDABLANC A	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 7.565.223.930	\$ 2.510.636.750	\$ 5.054.587.180	
TOTAL	\$ 10.038.802.384	\$ 3.519.590.525	\$ 6.519.211.859	
BUCARAMANG A	\$ 5.160.236.149	\$ 1.781.998.463	\$ 3.378.237.686	PR 5
FLORIDABLANC A	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 47.139.152.440	\$ 8.699.568.300	\$ 38.439.584.140	
TOTAL	\$ 52.299.388.589	\$ 10.481.566.763	\$ 41.817.821.826	
BUCARAMANG A	\$ 7.711.551.236	\$ 2.156.837.400	\$ 5.554.713.836	PR 10
FLORIDABLANC A	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 96.328.689.457	\$ 14.297.586.950	\$ 82.031.102.507	
TOTAL	\$ 104.040.240.693	\$ 16.454.424.350	\$ 87.585.816.343	
BUCARAMANG A	\$ 11.208.650.275	\$ 2.654.696.999	\$ 8.553.953.575	PR 25
FLORIDABLANC A	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 145.384.086.790	\$ 18.087.107.650	\$ 127.296.979.140	
TOTAL	\$ 156.592.736.766	\$ 20.741.804.350	\$ 135.850.932.416	
BUCARAMANG A	\$ 14.294.192.741	\$ 2.883.099.188	\$ 11.411.093.553	PR 50
FLORIDABLANC A	\$ 2.096.649	\$ 1.883.700	\$ 212.949	

GIRÓN	\$ 163.185.588.064	\$ 19.344.741.550	\$ 143.840.846.514	
TOTAL	\$ 177.481.877.454	\$ 22.229.724.438	\$ 155.252.153.016	
BUCARAMANG A	\$ 16.150.360.212	\$ 3.165.713.438	\$ 12.984.646.774	
FLORIDABLANC A	\$ 2.138.534	\$ 1.883.700	\$ 254.834	PR 100
GIRÓN	\$ 174.570.771.177	\$ 19.966.516.350	\$ 154.604.254.827	
TOTAL	\$ 190.723.269.922	\$ 23.134.113.488	\$ 167.589.156.435	
BUCARAMANG A	\$ 22.568.951.084	\$ 3.576.517.913	\$ 18.992.433.172	PR 500
FLORIDABLANC A	\$ 2.208.022	\$ 1.883.700	\$ 324.322	
GIRÓN	\$ 218.222.754.649	\$ 23.327.597.650	\$ 194.895.156.999	
TOTAL	\$ 240.793.913.756	\$ 26.905.999.263	\$ 213.887.914.494	

Fuente: Equipo Técnico –UIS.

4.2. RIESGO ESPECÍFICO

El riesgo específico es definido por el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento de magnitud definida en un área específica y en un tiempo dado.

Las pérdidas calculadas son pérdidas anuales esperadas, es así que el cálculo del riesgo considera la probabilidad de ocurrencia anual del evento y la valoración económica de los elementos expuestos o edificaciones.

Tabla 22. Cálculo del riesgo específico.

$R_s = P(H_i) * V * E$	
R_s	Riesgo específico
P(H_i)	Amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de inundación, con una magnitud o intensidad específica (H _i) en un tiempo dado y en un área específica.
V	Vulnerabilidad del elemento expuesto o la proporción de E probablemente afectada en forma negativa por el evento de magnitud (H _i) expresada en una escala entre 0 y 1.
E	Valor total o costo actual de los elementos físicos expuestos o amenazados para el caso de personas

Fuente: Equipo Técnico –UIS.

4.3. EVALUACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

Para la evaluación y categorización de las afectaciones esperadas a bienes y a personas en caso de ocurrencia de un fenómeno de inundación, se tomaron como referencia los criterios propuestos por la Australian Geomechanics Society [20], que estiman los costos aproximados de daño [%] y la probabilidad anual de afectación a personas.

El riesgo para bienes físicos y el riesgo para personas se categorizaron por separado y finalmente se unificaron en tres niveles de riesgo total bajo, medio y alto.

Tabla 23. Resultados de categorización del riesgo.

CATEGORIA	No EDIFICACIONES			
	BUCARAMANGA	GIRÓN	FLORIDABLANCA	TOTAL
RIESGO ALTO	477	3016	0	3493
RIESGO MEDIO	0	0	0	0

RIESGO BAJO	467	1681	1	2149
NO APLICA (LOTES)	3	31	0	34
FUERA DEL ÁREA DE AFECTACIÓN	435	7922	1	8358

Fuente: Equipo Técnico –UIS.

Tabla 24. Pérdidas materiales anuales esperadas por escenario de amenaza (periodo de retorno) y por municipio.

MUNICIPIO	TOTALES	CONTENIDOS	EDIFICACIÓN	PERIODO DE RETORNO (PR)
BUCARAMANGA	\$ 1.236.789.227	\$ 504.476.888	\$ 732.312.339	PR 2
FLORIDABLANCA	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 3.782.611.965	\$ 1.255.318.375	\$ 2.527.293.590	
TOTAL	\$ 5.019.401.192	\$ 1.759.795.263	\$ 3.259.605.930	
BUCARAMANGA	\$ 1.032.047.230	\$ 356.399.693	\$ 675.647.537	PR 5
FLORIDABLANCA	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 9.427.830.488	\$ 1.739.913.660	\$ 7.687.916.828	
TOTAL	\$ 10.459.877.718	\$ 2.096.313.353	\$ 8.363.564.365	
BUCARAMANGA	\$ 771.155.124	\$ 215.683.740	\$ 555.471.384	PR 10
FLORIDABLANCA	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 9.632.868.946	\$ 1.429.758.695	\$ 8.203.110.251	
TOTAL	\$ 10.404.024.069	\$ 1.645.442.435	\$ 8.758.581.634	
BUCARAMANGA	\$ 448.345.999	\$ 106.187.868	\$ 342.158.131	PR 25

FLORIDABLANCA	\$ -	\$ -	\$ -	
GIRÓN	\$ 5.815.363.472	\$ 723.484.306	\$ 5.091.879.166	
TOTAL	\$ 6.263.709.471	\$ 829.672.174	\$ 5.434.037.297	
BUCARAMANGA	\$ 285.883.855	\$ 57.661.984	\$ 228.221.871	
FLORIDABLANCA	\$ 41.933	\$ 37.674	\$ 4.259	
GIRÓN	\$ 3.263.711.761	\$ 386.894.831	\$ 2.876.816.930	
TOTAL	\$ 3.549.637.549	\$ 444.594.489	\$ 3.105.043.060	PR 50
BUCARAMANGA	\$ 161.503.602	\$ 31.657.134	\$ 129.846.468	
FLORIDABLANCA	\$ 21.385	\$ 18.837	\$ 2.548	
GIRÓN	\$ 1.745.707.712	\$ 199.665.164	\$ 1.546.042.548	
TOTAL	\$ 1.907.232.699	\$ 231.341.135	\$ 1.675.891.564	PR 100
BUCARAMANGA	\$ 45.137.902	\$ 7.153.036	\$ 37.984.866	
FLORIDABLANCA	\$ 4.416	\$ 3.767	\$ 649	
GIRÓN	\$ 436.445.509	\$ 46.655.195	\$ 389.790.314	
TOTAL	\$ 481.587.828	\$ 53.811.999	\$ 427.775.829	PR 500
PÉRDIDAS ESPERADAS ANUALES TOTALES POR MUNICIPIO				
BUCARAMANGA	\$3.980.862.938			TOTAL
FLORIDABLANCA	\$67.734			\$38.085.470.526
GIRÓN	\$34.104.539.853			

Fuente: Equipo Técnico – UIS.

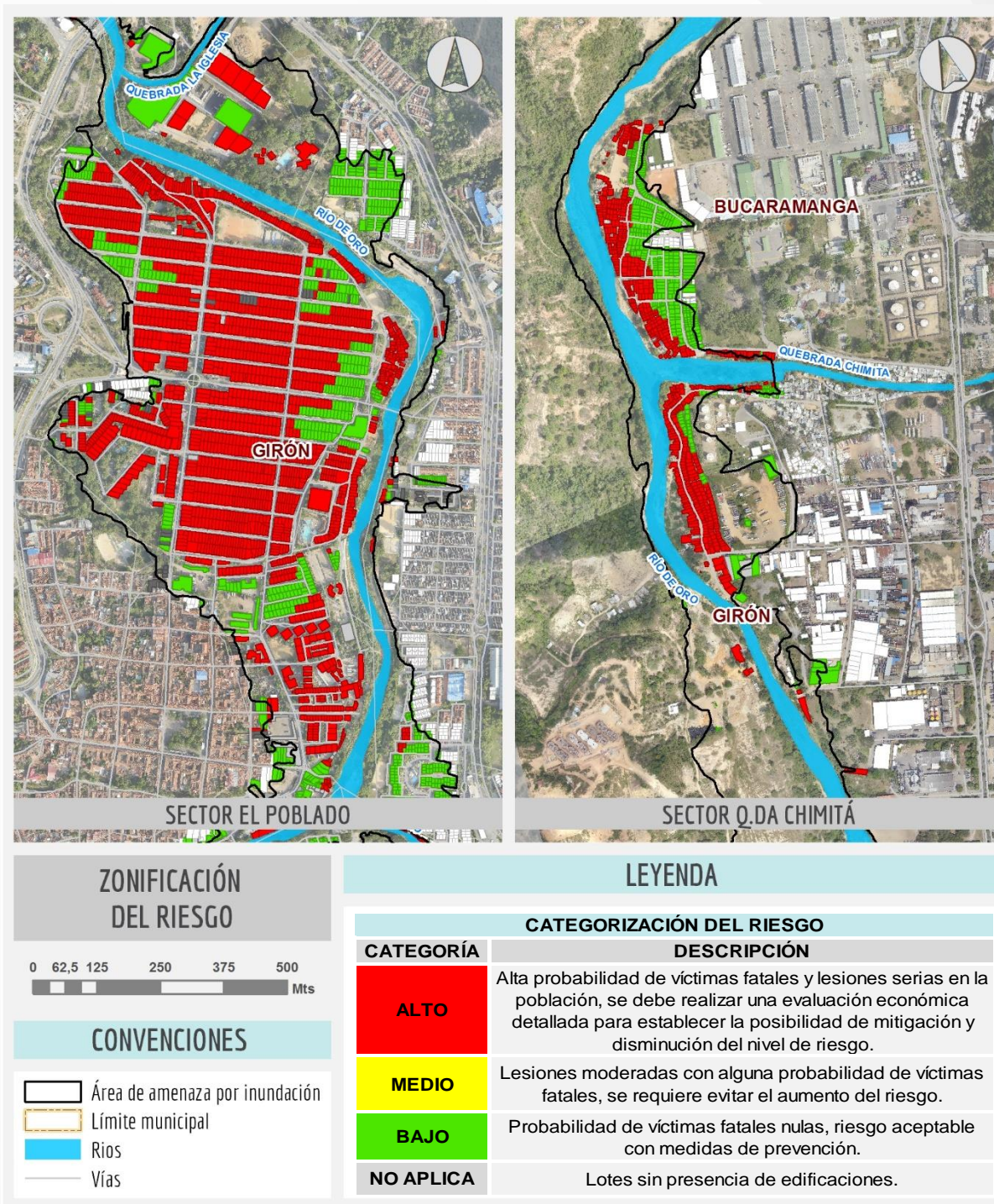
Tabla 25. Categorización del riesgo total.

CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO DE BIENES FÍSICOS			
COSTO APROXIMADO DE DAÑO	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	
200-60%	ALTO	Es necesaria la ejecución de investigaciones detalladas, planeación e implementación de medidas para reducir el riesgo. Las medidas de intervención estructural pueden ser dispendiosas y poco prácticas, su costo de implementación puede ser mayor al de la misma propiedad.	
60%-20%	MEDIO	Se pueden tolerar ciertas circunstancias (siguiendo la regulación del estado) pero se requiere investigación y planeación detallada para evitar el aumento del riesgo. Las medidas de mitigación son viables económicamente.	
20%-0%	BAJO	Se requiere control y mantenimiento normal del cauce.	
CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO DE PERSONAS			
PROBABILIDAD ANUAL DE AFECTACIÓN A PERSONAS	TIPO DE AFECTACIÓN		
	Muertes o lesiones serias	Lesiones moderadas y baja probabilidad de muerte	Lesiones leves o inexistentes
ALTA	ALTO	ALTO	BAJO
MEDIA	ALTO	MEDIO	BAJO
BAJA	MEDIO	BAJO	BAJO
CATEGORIZACION DEL RIESGO TOTAL			
RIESGO EN BIENES FISICOS	RIESGO EN PERSONAS		
	ALTO	MEDIO	BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
MEDIO	ALTO	MEDIO	MEDIO
BAJO	ALTO	BAJO	BAJO
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN		

ALTO	Alta probabilidad de víctimas fatales y lesiones serias en la población, se debe realizar una evaluación económica detallada para establecer la posibilidad de mitigación y disminución del nivel de riesgo.
MEDIO	Lesiones moderadas con alguna probabilidad de víctimas fatales, se requiere evitar el aumento del riesgo.
BAJO	Probabilidad de víctimas fatales nulas, riesgo aceptable con medidas de prevención.

Fuente: Equipo Técnico –UIS.

Figura 24. Mapa de Categorización del Riesgo Total.



Fuente: Equipo Técnico –UIS.

Capítulo

5

PLANEAMIENTO Y PREDIMENSIONAMIE NTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

5.1 Mitigación de la
amenaza

5.2 Mitigación de la

5. PLANEAMIENTO Y PREDIMENSIONAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación se establecen como lineamientos o acciones orientadas a contribuir a la reducción del riesgo en la sociedad, entendido este como un “proceso que busca modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes y evitar nuevo riesgo en el territorio a través de medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos”. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera” (Art. 4 Ley 1523 de 2012).

Las medidas propuestas para la reducción del riesgo por inundación se han organizado de acuerdo a una estructura jerárquica de tres (3) niveles que corresponden a Componentes, Subcomponentes y Medidas.

Componente 1. Mitigación de la amenaza

Reúne las medidas o intervenciones dirigidas a la reducción, corrección y/o prevención de la amenaza por fenómenos de inundación.

Son medidas que actúan sobre los factores ambientales de origen topográfico, geológico, geomorfológico, hidrogeológico, bióticos (vegetación), antrópicos (uso del suelo), climatológicos, etc., que estén causando o puedan causar la insurgencia de condiciones de amenaza, contrarrestando, mitigando, o corrigiendo su acción.

Componente 2. Mitigación de vulnerabilidad

Reúne las medidas o intervenciones dirigidas a la reducción, corrección y/o prevención de la vulnerabilidad por fenómenos inundación.

Dentro de cada componente identificado, las medidas o acciones de intervención se han agrupado en dos subcomponente principales (nivel jerárquico 2), según contribuyan a la gestión correctiva o prospectiva del riesgo.

Subcomponente 1. Intervención correctiva

Reúne las medidas tendientes a reducir o controlar las condiciones actuales de riesgo, es decir, medidas correctivas o compensatorias. Su identificación se basa en la consideración de las causas identificadas en la descripción del escenario de riesgo y el análisis prospectivo (a futuro).

Conforme al Art. 3 de la Ley 1523 de 2012, el objetivo de estas medidas es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Subcomponente 2. Intervención prospectiva

Reúne las medidas tendientes a evitar que a partir de la situación actual el escenario de riesgo aparezca y/o crezca tanto en extensión como en magnitud, es decir medidas preventivas del riesgo. La identificación de estas medidas se hace considerando las causas identificadas en la descripción del escenario del riesgo y el análisis prospectivos (a futuro).

Tabla 26. Medidas propuestas para la reducción del riesgo por inundación.

CÓDIGO	MEDIDA	TIPO
A	COMPONENTE AMENAZA	
AC	SUBCOMPONENTE INTERVENCIÓN CORRECTIVA	
AC-1	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN MARGINAL DEL CAUCE	COMBINADA
AC-2	OBRAS DE AMPLIACIÓN Y ADECUACIÓN DE PUENTES EXISTENTES	COMBINADA
AC-3	PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN POR INUNDACIÓN DE CAUCES SECUNDARIOS	COMBINADA
AC-4	PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES POR REFLUJO DE ALCANTARILLADOS	COMBINADA
AC-5	RENOVACIÓN URBANÍSTICA DE ZONAS AFECTADAS POR OBRAS DE MITIGACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN	COMBINADA
AP	SUBCOMPONENTE INTERVENCIÓN PROSPECTIVA	
AP-1	CREACIÓN DE LA OFICINA DEL RÍO	NO ESTRUCTURAL
AP-2	INCORPORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AVR POR INUNDACIÓN EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	NO ESTRUCTURAL
AP-3	CONTROL DE ESCORRENTÍA Y DE FENOMENOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RÍO DE ORO	COMBINADA
V	COMPONENTE VULNERABILIDAD	
VC	SUBCOMPONENTE INTERVENCIÓN CORRECTIVA	
VC-1	DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE VIVIENDAS EN RIESGO ALTO NO MITIGABLE	ESTRUCTURAL
VC-2	DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE VIVIENDAS EN RIESGO ALTO MITIGABLE	ESTRUCTURAL

VC-3	PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS EN ZONAS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN (RIESGO MEDIO Y BAJO TR 100)	COMBINADA
VC-4	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	COMBINADA
VC-5	CENSO DINÁMICO DE LA POBLACIÓN QUE OCUPA LAS ZONAS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	COMBINADA
VP	SUBCOMPONENTE INTERVENCIÓN PROSPECTIVA	
VP-1	IMPLEMENTACIÓN DE CAMPAÑAS DE CAPACITACIÓN, DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE NORMAS DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS SEGURAS ORIENTADAS A LA COMUNIDAD PRODUCTIVA NO PROFESIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN	NO ESTRUCTURAL
VP-2	IMPLEMENTACIÓN DE CAMPAÑAS DE SENSIBILIZACIÓN Y CONOCIMIENTO DEL RIESGO A LA COMUNIDAD EN GENERAL	NO ESTRUCTURAL
VP-3	FORTALECIMIENTOS DEL SISTEMA EDUCATIVO A NIVEL CURRICULAR Y GESTIÓN DEL RIESGO	NO ESTRUCTURAL
VP-4	ORGANIZACIÓN COMUNITARIA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	NO ESTRUCTURAL
VP-5	PARTICIPACIÓN COMUNITARIA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	NO ESTRUCTURAL
VP-6	SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	NO ESTRUCTURAL

Fuente: Equipo Técnico –UIS.

5.1. MITIGACIÓN DE LA AMENAZA

AC-1 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN MARGINAL DEL CAUCE

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN : < 6 años

TIPO DE MEDIDA: Estructural/No estructural

LOCALIZACIÓN

Márgenes del río Frío, desde la PTAR hasta el casco urbano de Girón, y del Río de Oro, desde el sector de Llano Grande hasta Café Madrid (26 Km aproximadamente).

JUSTIFICACIÓN

- Ofrecer protección a los elementos expuestos antes fenómenos de inundación.
- Estabilizar el cauce del río en términos de régimen de caudal y sinuosidad.
- Mejorar las condiciones hidráulicas del río.
- Optimizar la capacidad del cauce.
- Recuperar el espacio necesario para responder de manera adecuada a las grandes avenidas.

DESCRIPCIÓN

La presente medida incluye una propuesta general de marginalización, en donde se ha modelado el río conteniéndolo dentro de muros laterales a lo largo de todo su recorrido, situación en la que se han verificado las condiciones hidráulicas de funcionamiento para un río totalmente encauzado o marginalizado.

Se plantea la construcción de obras de contención marginal del cauce a lo largo de los tramos en estudio, conformadas por gaviones revestidos en concreto, en una longitud de 6 km aprox. para el río Frío y de 20,6 km aprox. para el Río de Oro.

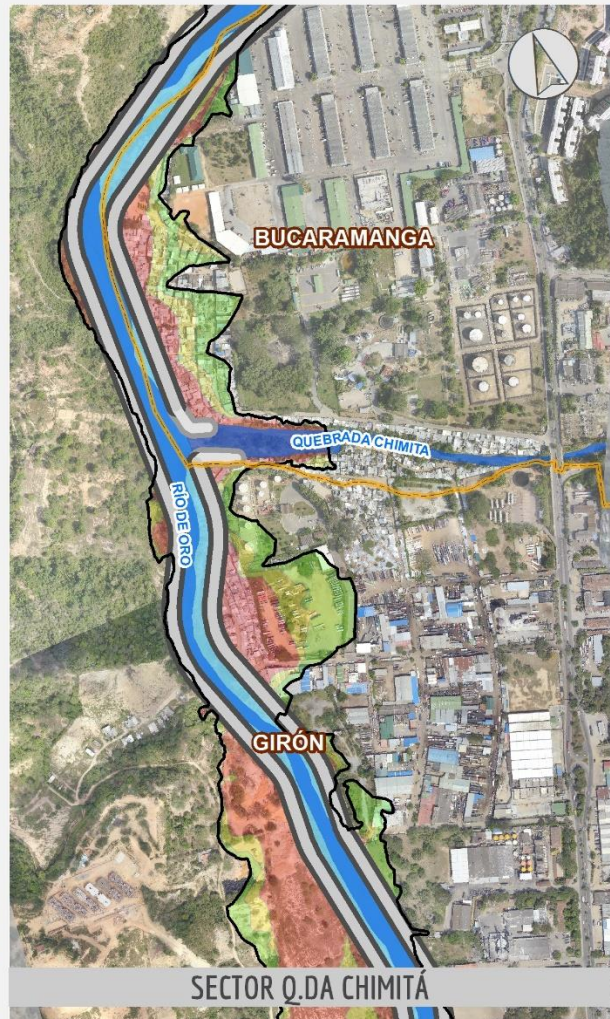
ANCHO DE CAUCE ESTABLE ADOPTADO

CAUCE	TRAMO			ABSCISAS [m]		CAUDAL DOMINANTE [m ³ /s]	ANCHO ADOPTADO
	No.	DESDE	HASTA	INICIO	FIN		
RÍO DE ORO	1	Inicio	Nuevo Girón	21426	19835	419,6	45,00
	2	Nuevo Girón	Confluencia Río Frío	19835	13744	539,6	52,00
	4	Confluencia Río Frío	Q.da Las Macanas	13744	11884	675,3	62,00
	5	Q.da Las Macanas	Q.da La Iglesia	11884	10325	674,2	62,00
	6	Q.da La Iglesia	Q.da La Honda	10325	9904	719,8	62,00
	7	Q.da La Honda	Q.da Chimitá	9904	9394	719,5	62,00
	8	Q.da Chimitá	Q.da La Cuyamita	9394	7984	742,2	62,00
	9	Q.da La Cuyamita	Q.da Napoles	7984	7024	741,4	62,00

AC-1 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN MARGINAL DEL CAUCE

10	Q.da Napoles	Q.da La Argelia	7024	5792	741,1	62,00
11	Q.da La Argelia	Q.da Las Navas	5792	4862	741	62,00
12	Q.da Las Navas	Q.da Chapinero	4862	3958	740,4	62,00
13	Q.da Chapinero	Q.da La Picha	3958	1562	726	62,00
14	Q.da La Picha	Confluencia Río Suratá	1562	26	706,1	62,00

AC-1 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN MARGINAL DEL CAUCE



AC-1
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN MARGINAL DEL CAUCE

0 62,5 125 250 375 500 Mts

CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Vías
- Ríos

LEYENDA

- MURO
- CONFLUENCIA DE CAUCES SECUNDARIOS
- CAUCE

AMENAZA

- AMENAZA ALTA
- AMENAZA MEDIA
- AMENAZA BAJA

AC-1 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN MARGINAL DEL CAUCE

RÍO FRÍO	3	PTAR Río Frío	Confluencia Q.da Suratoque	6237	4979	91,6	30,00
	3.1	Confluencia Q.da Suratoque	Confluencia Río de Oro	4979	29	176,4	40,00

ÁREAS AFECTADAS POR LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE CONTENCIÓN MARGINAL DEL CAUCE

ZONA DE MANEJO	ÁREA [HA]			TOTAL POR MANEJO
	BUCARAMANGA	FLORIDABLANCA	GIRÓN	
CAUCE	21,92	2,08	117,81	141,81
MURO	1,56	0,25	8,71	10,53
CONFLUENCIA DE CAUCES SECUNDARIOS	0,09	0,01	0,02	0,13
ENTRADA DE CORRIENTE EXISTENTE	0,05	0,01	0,02	0,09
TOTAL POR MUNICIPIO	23,63	2,35	126,57	152,55

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1: Elaboración de diseños de detalle de los muros

Actividad 2: Socialización institucional y comunitaria

Actividad 3: Construcción de los muros

AC-2 OBRAS DE AMPLIACIÓN Y ADECUACIÓN DE PUENTES

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN

: < 3 años

TIPO DE MEDIDA:

Estructural/No estructural

LOCALIZACIÓN

Márgenes del río Frío, desde la PTAR hasta el casco urbano de Girón, y del Río de Oro, desde el sector de Llano Grande hasta Café Madrid (26 Km aproximadamente).

JUSTIFICACIÓN

- Evitar la afectación del flujo al interior de la sección del cauce establecido.
- Garantizar que no existan estructuras que puedan afectar el flujo al interior de esta sección mínima adoptada.
- Garantizar que el nivel inferior de la superestructura quede por encima del nivel mínimo establecido por los manuales del INVIAS.
- Definir los criterios para la construcción de nuevas estructuras sobre el cauce.

DESCRIPCIÓN

Se requiere diseñar y construir la ampliación y/o adecuación de las estructuras existentes que no cumplen el ancho mínimo requerido de acuerdo a la modelación hidráulica realizada, generando afectación que consiste en una contracción del cauce con efectos de represamiento aguas arriba y aumento de velocidades aguas debajo de estas estructuras durante grandes inundaciones, por lo que lo recomendable es diseñar y construir su ampliación y/o adecuación.

Esta ampliación en planta debe garantizar que los estribos o apoyos laterales se proyecten por fuera del canal generado por la marginalización del cauce, de esta forma el río corre o fluye por el canal generado por los muros laterales, sin enterarse o verse afectado por la presencia de la estructura de los puentes.

CONDICIONES IDEALES PARA PUENTES

CAUCE	NOMBRE	TIPO	ABSCISA	CONDICIONES REQUERIDAS			
				Mínima Luz del Puente (m)	Cota Agua 100 Años (m.s.n.m.)	Borde Libre (m)	Nivel Inferior Superestructura (m.s.n.m.)
Río Frío	Río Frío	Vehicular	K1+660.00	40.00	735.40	2.50	737.90
	Caneyes	Vehicular	K5+670.00	40.00	694.49	2.50	696.99
	Paso alcantarillado	Paso Elevado	K5+868.00				
Río de Oro	Vahondo	Vehicular	K4+960.00	52.00	706.57	2.50	709.07
	Gallineral	Peatonal	K6+930.00	52.00	696.10	2.50	698.60
	Batea	Peatonal	K7+060.00	52.00	695.12	2.50	697.62

AC-2 OBRAS DE AMPLIACIÓN Y ADECUACIÓN DE PUENTES

Lenguerke	Vehicular	K7+250.00	52.00	694.49	2.50	696.99
Eliecer Fonseca	Vehicular	K8+280.00	62.00	689.76	2.50	692.26
Flandes	Vehicular	K9+420.00	62.00	683.58	2.50	686.08
Convivir	Peatonal	K11+995.00	62.00	667.30	2.50	669.80
Baldosines el Sol	Peatonal	K13+760.00	62.00	653.32	2.50	655.82
Aguas abajo Q. El Salado	Peatonal	K15+230.00	62.00	642.90	2.50	645.40
Entre Las Navas y La Picha	Peatonal	K18+180.00	62.00	624.55	2.50	627.05
Antonio Nariño	Vehicular	K18+640.00	62.00	619.76	2.50	622.26
Café Madrid	Vehicular	K20+600.00	62.00	608.36	2.50	610.86

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1: Evaluación estructural del estado de las estructuras existentes

Actividad 2: Elaboración de diseños de detalle de puentes proyectados

Actividad 3: Demolición y reconstrucción de estructuras existentes

Actividad 4: Planeamiento de estructuras proyectadas

AC-3 PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN POR INUNDACIÓN DE CAUCES SECUNDARIOS

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN : > 6 años

TIPO DE MEDIDA: Estructural/No estructural

LOCALIZACIÓN

Corrientes menores que desembocan a los tramos de interés de los ríos De Oro y Frío.

JUSTIFICACIÓN

- Evitar la ocurrencia de inundaciones causadas por el represamiento de las corrientes menores por la corriente principal.
- Evitar la afectación de las viviendas, personas y bienes ubicados en las orillas de las corrientes secundarias.

DESCRIPCIÓN

Con el fin de solucionar la problemática observada en las zonas de confluencia de corrientes menores al cauce principal, deben realizarse estudios de amenaza vulnerabilidad y riesgo por inundación

AC-3

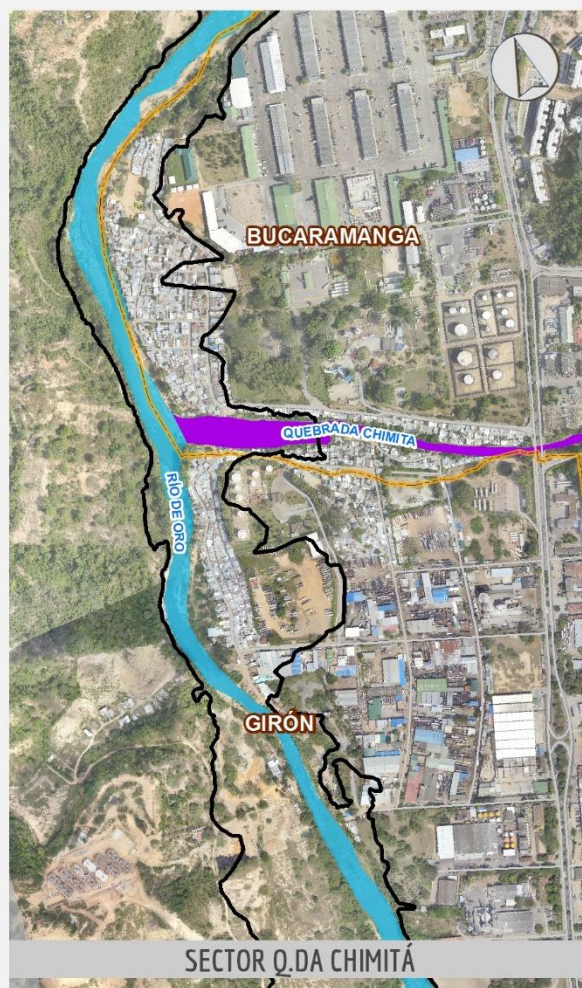
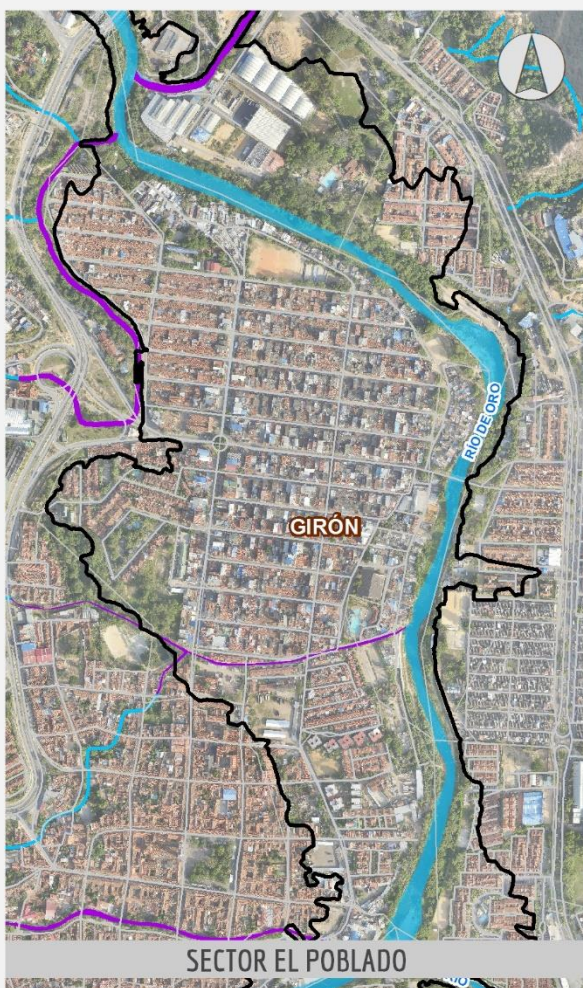
PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN POR INUNDACIÓN DE CAUCES SECUNDARIOS

analizando tanto su condición independiente, como su interacción con los ríos Frío y de Oro, que permitan establecer las medidas a implementar para la mitigación de la amenaza y del riesgo. Los estudios a desarrollarse deberán cumplir con las condiciones técnicas para la elaboración de estudios detallados descritas en el Capítulo II del Decreto 1807 de 2014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.

RÍO	CORRIENTE	Margen	Longitud	Área Aproximada Cuenca
			(Km)	(Km ²)
Río Frío	Quebrada Aranzoque	Izquierda	1.250	32.530
Río de Oro	Canal Sur Ciudadela Nuevo Girón	Derecha	0.350	2.191
	Canal Norte Ciudadela Nuevo Girón	Derecha	0.400	0.450
	Quebrada Las Nieves	Izquierda	1.500	5.322
	Quebrada Las Papas	Izquierda	0.400	0.742

AC-3

PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN POR INUNDACIÓN DE CAUCES SECUNDARIOS



AC-3
 PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN POR INUNDACIÓN DE CAUCES SECUNDARIOS

0 62,5 125 250 375 500 Mts

CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Vías
- Ríos

LEYENDA

AC-3 PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN POR INUNDACIÓN DE CAUCES SECUNDARIOS

RÍO	NOMBRE	MARGEN	RÍO	NOMBRE	MARGEN
FRÍO	Q.da Aranzoque	Izquierda	ORO	Q.da El Canelo	Izquierda
ORO	Canal Sur Ciudadela Nuevo Girón	Derecha	ORO	Q.da Cuyamita	Derecha
ORO	Canal Norte Ciudadela Nuevo Girón	Derecha	ORO	Q.da La Esperanza	Izquierda
ORO	Q.da Las Nieves	Izquierda	ORO	Q.da Los Monos	Izquierda
ORO	Q.da Las Papas	Izquierda	ORO	Q.da Nápoles	Derecha
ORO	Q.da del Padre Jesús	Izquierda	ORO	Q.da El Salado	Izquierda
ORO	Q.da Las Macanas	Izquierda	ORO	Q.da Argelia	Derecha
ORO	Q.da La Iglesia	Izquierda	ORO	Q.da Nápoles	Izquierda
ORO	Q.da Honda	Izquierda	ORO	Q.da Las Navas	Derecha
ORO	Q.da la Hedionda	Izquierda	ORO	Q.da Chapinero	Derecha
ORO	Q.da Carrizal	Derecha	ORO	Q.da La Picha	Derecha
ORO	Q.da Chimitá	Derecha			

AC-3

**PLANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN POR
INUNDACIÓN DE CAUCES SECUNDARIOS**

RÍO	CORRIENTE	Margen	Longitud	Área Aproximada Cuenca
			(Km)	(Km2)
Río de Oro	Quebrada del Padre Jesús	Izquierda	0.700	2.412
	Quebrada Las Macanas	Izquierda	0.300	1.899
	Quebrada La Iglesia	Izquierda	1.000	22.085
	Quebrada Honda	Izquierda	0.500	1.973
	Quebrada la Hedionda	Izquierda	0.300	1.219
	Quebrada Carrizal	Derecha	0.600	1.051
	Quebrada Chimitá	Derecha	1.400	15.785
	Quebrada El Canelo	Izquierda	0.250	0.925
	Quebrada Cuyamita	Derecha	1.280	2.739
	Quebrada La Esperanza	Izquierda	0.160	0.767
	Quebrada Los Monos	Izquierda	0.150	1.185
	Quebrada Nápoles	Derecha	0.533	0.832
	Quebrada El Salado	Izquierda	0.250	0.861
	Quebrada Argelia	Derecha	0.380	1.246
	Quebrada Quinquina	Izquierda	0.350	2.470
	Quebrada Las Navas	Derecha	0.470	2.750
Quebrada Chapinero	Derecha	0.770	2.551	
Quebrada La Picha	Derecha	0.500	2.350	

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1: Elaboración de los estudios de Amenaza

Actividad 2: Análisis de vulnerabilidad y riesgo

Actividad 2: Predimensionamiento y diseños de detalle de obras de mitigación del riesgo

AC-4 PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES POR REFLUJOS DE ALCANTARILLADOS

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN : > 6 años

TIPO DE MEDIDA: Estructural/No estructural

LOCALIZACIÓN

Sectores de la red de alcantarillado sanitario y pluvial que entregan a los ríos De Oro y Frío.

JUSTIFICACIÓN

- Evitar el taponamiento de las entregas o descargas de los alcantarillados de aguas lluvias.
- Evitar la ocurrencia de inundaciones al interior de las viviendas por reflujo de aguas residuales con alta concentración de contaminación.
- Garantizar el correcto funcionamiento de las obras de contención marginal del cauce proyectadas.

DESCRIPCIÓN

Prescindiendo de la construcción de las obras de contención marginal del cauce, se requiere realizar estudios hidráulicos detallados de los sectores incluidos en el área de interés con el fin de verificar el correcto funcionamiento de las redes de alcantarillado, así como la identificación de posibles estrategias de optimización teniendo en cuenta las obras de contención marginal del cauce proyectadas.

PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES	
SIN PROYECTO	CON PROYECTO
NUEVO GIRON	NUEVO GIRON
JOSE ANTONIO GALAN, ARENALES, CARLOS PIZARRO	EL POBLADO I
EL POBLADO I	EL POBLADO 3
EL POBLADO 3	EL POBLADO 4
EL POBLADO 4	JOSE ANTONIO GALAN, ARENALES, CARLOS PIZARRO
EL POBLADO 2	EL POBLADO 2
CONVIVIR	CONVIVIR
EL CARMEN, LA ISLA	EL PALENQUE I
EL CARMEN, BRISAS DEL RIO	CASTILLA REAL 1 Y 2
EL PALENQUE I	ALTOS DE S.A DEL CARRIZAL ,CARRIZAL CAMPESTRE
CASTILLA REAL 1 Y 2	EL CARMEN, LA ISLA
ALTOS DE S.A DEL CARRIZAL ,CARRIZAL CAMPESTRE	SAN JUAN, LA MURRALLA, EL CARRIZAL I, LA RIVERA
SAN JUAN, LA MURRALLA, EL CARRIZAL I, LA RIVERA	SANTA CRUZ
SANTA CRUZ	EL CARRIZAL II

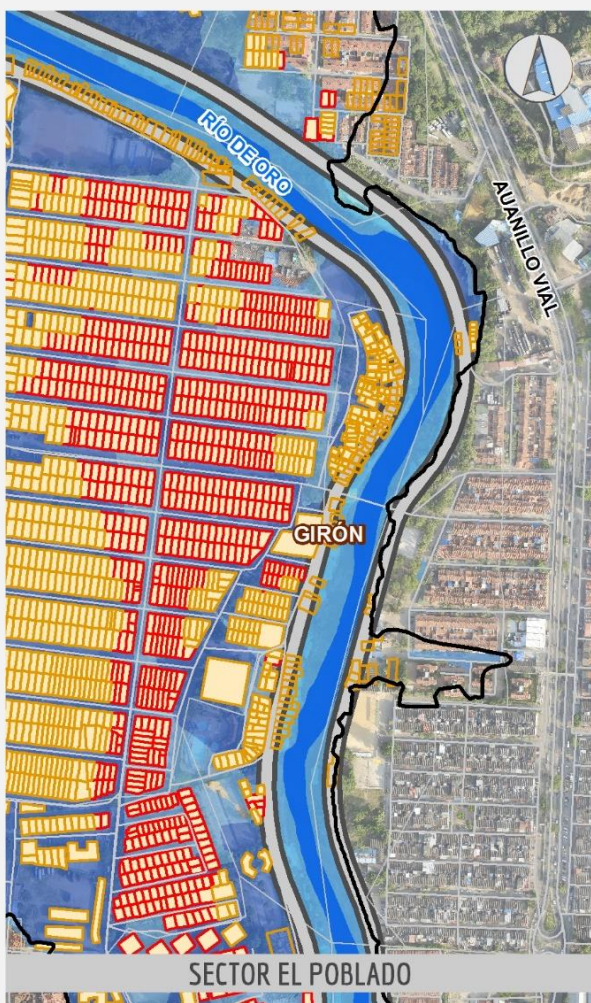
AC-4

**PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES POR REFLUJOS DE
ALCANTARILLADOS**

EL CARRIZAL II	ALICANTE, LA ARBOLEDA, LLANITO
ALICANTE, LA ARBOLEDA, LLANITO	ELCARMEN, BRISAS DEL RIO
LA RINCONADA, LA CASCADA, EL CENTRO1	VILLA CAMPESTRE I
INDUSTRIA CHIMITA	EL GALLINERAL
VILLA CAMPESTRE I	LA RINCONADA, LA CASCADA, EL CENTRO1

AC-4

PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES POR REFLUJOS DE ALCANTARILLADOS

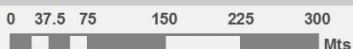


SECTOR EL POBLADO



SECTOR Q. DA CHIMITÁ

AC-4
 PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES POR REFLUJO DE ALCANTARILLADOS



CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Vías
- Ríos

LEYENDA

- REALIZACIÓN DE ESTUDIOS HIDRÁULICOS DETALLADOS ESCENARIO SIN PROYECTO
- REALIZACIÓN DE ESTUDIOS HIDRÁULICOS DETALLADOS ESCENARIO CON PROYECTO
- MURO
- CONFLUENCIA DE CAUCES SECUNDARIOS
- ANEGAMIENTO POR REFLUJO DE ALCANTARILLADO (CON PROYECTO)
 - No aplica
 - Hasta 1 m
 - De 1 a 3 m
 - Mayor a 3 m

AC-4

PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES POR REFLUJOS DE ALCANTARILLADOS

PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES

SIN PROYECTO	CON PROYECTO
QUINTAS DEL CAMPESTRE	QUINTAS DEL CAMPESTRE
SAN JORGE II, VILLA CAMPESTRE III, CASTILLA REAL 2	VAHONDO
VAHONDO	SENA
PUENTE NARIÑO	EL PORTAL 1 Y 2
CAFE MADRID	CAFE MADRID
SENA	PUENTE NARIÑO
EL PORTAL 1 Y 2	UNION I CAFE MADRID
EL RINCON	EL RINCON
UNION I CAFE MADRID	SAN JORGE II, VILLA CAMPESTRE III, CASTILLA REAL 2
LOS BAMBUES	LOS BAMBUES
VILLA CAMPESTRE II Y PORTAL CAMPESTRE II	CUADRANTE I
RIO DE ORO	TREFILCO
CASA LINDA, VILLA CAMPESTRE III	
VILLAS DE DON JUAN	

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1: Realización de estudios hidráulicos detallados

AC-5

RENOVACIÓN URBANÍSTICA DE ZONAS AFECTADAS POR OBRAS DE MITIGACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN : > 6 años

TIPO DE MEDIDA: Estructural/No estructural

LOCALIZACIÓN

Zonas de amenaza por inundación de los ríos De Oro y Frío y sectores aledaños.

JUSTIFICACIÓN

- Evitar el reasentamiento de la población en correspondencia de las zonas afectadas para la construcción de las obras de mitigación de la amenaza.
- Garantizar la correcta conformación de las zonas de protección contempladas por la normatividad vigente
- Garantizar la renovación urbana de los sectores afectados de acuerdo a criterios ambientales y paisajísticos.

DESCRIPCIÓN

La presente medida contempla la adecuación urbanística de las áreas afectadas por la construcción de las obras de contención marginal del cauce (muros en gaviones revestidos en concreto), con el fin de evitar el reasentamiento de la población en aquellas áreas que, de acuerdo a la normatividad vigente, corresponden a suelo de protección que tienen restringida la posibilidad de urbanizarse, como es el caso de las rondas hídricas de protección y de los parques lineales metropolitanos proyectados a lo largo de los ríos De Oro y Frío contemplados en el Acuerdo Metropolitano No. 013 de 2011.

ÁREAS POR ZONAS DE MANEJO

ZONA DE MANEJO	AREA [HA]			
	BUCARAMANGA	FLORIDABLANCA	GIRÓN	Total por manejo
CAUCE	21,92	2,08	117,81	141,81
MURO	1,56	0,25	8,71	10,53
PARQUE LINEAL (20m)	16,64	2,46	85,79	104,89
RONDA (30m)	24,93	3,66	130,30	158,88
CONFLUENCIA DE CAUCES SECUNDARIOS	0,09	0,01	0,02	0,13
ENTRADA DE CORRIENTE EXISTENTE	0,05	0,01	0,02	0,09
Total por municipio	65,20	8,47	342,65	416,32

AFECTACIÓN POR ADECUACIÓN DE TALUDES

SECTOR	No VIVIENDAS AFECTADAS	ÁREA TOTAL [m ²]	ÁREA AFECTADA [m ²]	% AFECTACIÓN
BUCARAMANGA	2	147,50	0,52	0,35
GIRÓN	15	2.819,33	28,56	1,01
TOTAL	17	2.966,83	29,08	0,98

AFECTACIÓN POR RONDAS HIDRICAS

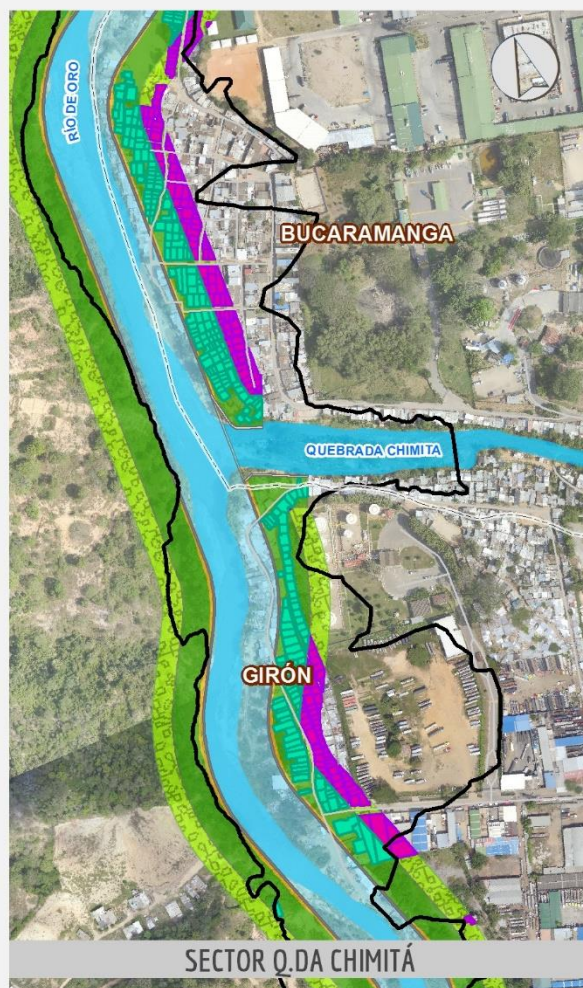
AC-5

RENOVACIÓN URBANÍSTICA DE ZONAS AFECTADAS POR OBRAS DE MITIGACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN

SECTOR	No VIVIENDAS AFECTADAS	ÁREA TOTAL [m2]	ÁREA AFECTADA [m2]	% AFECTACIÓN
BUCARAMANGA	395	34.221,78	21.586,15	63,08
FLORIDABLANCA	2	390,02	166,73	42,75
GIRÓN	1287	103.689,63	70.987,94	68,46
TOTAL	1684	138.301,43	92.740,81	67,06

AC-5

RENOVACIÓN URBANÍSTICA DE ZONAS AFECTADAS POR OBRAS DE MITIGACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN



AC-5
 RENOVACIÓN URBANÍSTICA DE ZONAS AFECTADAS POR OBRAS DE MITIGACIÓN



CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Vías
- Ríos

LEYENDA

- AC-5.2 AFECTACIÓN POR ADECUACIÓN DE TALUDES
- CONFORMACIÓN DE PARQUES LINEALES METROPOLITANOS (20m)
- CONFORMACIÓN DE RONDAS HÍDRICAS DE PROTECCIÓN (30m)
- AC-5.3.1 AFECTACIÓN POR CONFORMACIÓN DE RONDAS HÍDRICAS
- AC-5.3.2 AFECTACIÓN POR CONFORMACIÓN DE PARQUES LINEALES
- CONFLUENCIA DE CAUCES SECUNDARIOS
- ENTRADA DE CORRIENTE

AC-5

RENOVACIÓN URBANÍSTICA DE ZONAS AFECTADAS POR OBRAS DE MITIGACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN

AFECTACIÓN POR PARQUES LINEALES METROPOLITANOS				
SECTOR	No VIVIENDAS AFECTADAS	ÁREA TOTAL [m ²]	ÁREA AFECTADA [m ²]	% AFECTACIÓN
BUCARAMANGA	250	33.001,38	15.355,33	46,53
FLORIDABLANCA	1	378,49	151,24	39,96
GIRÓN	1740	145.261,05	82.955,80	57,11
TOTAL	1991	178.640,93	98.462,37	55,12

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1 Socialización Institucional y Comunitaria

Actividad 2 Desalojo y demolición de edificaciones ubicadas en las zonas de protección

Actividad 3 Adecuación de taludes

Actividad 4 Revegetalización de rondas hídricas de protección

AP-1	CREACIÓN DE LA OFICINA DEL RÍO	
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	3-6 años	
TIPO DE MEDIDA:	Estructural/No estructural	
LOCALIZACIÓN		
Municipios de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta		
JUSTIFICACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Descentralización de la información de las zonas de amenaza por inundación de los ríos De Oro y Frío. • Desarticulación de las acciones de reducción del riesgo por inundación • Dificultad de seguimiento, monitoreo y control de las intervenciones adelantadas en el área de amenaza por inundación o en su proximidad. 		
DESCRIPCIÓN		
<p>Se propone la conformación de un equipo de profesionales y de la infraestructura de apoyo necesaria para llevar a cabo la recopilación y estructuración de la información existente, así como el acompañamiento institucional a la integración de las acciones adelantadas para la reducción del riesgo de desastres por diferentes entidades públicas y privadas.</p> <p>Los principales objetivos de la Oficina del Río serán:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitar información a entidades municipales, instituciones u organismos respecto de las acciones, planes y proyectos de intervención sobre le margen del Río de Oro. 2. Integrar la información recopilada para conocer y proyectar el impacto hacia el desarrollo sostenible e integrado del Río de Oro. 3. Acompañar a las instituciones y actores intervinientes para la integración de los diferentes proyectos de intervención. 3. Socializar los EAVR y acompañar su vinculación a los POT de los municipios afectados. 4. Realizar el seguimiento a la implementación de las medidas de reducción del riesgo por inundación. 		
ACTIVIDADES A DESARROLLAR		
Actividad 1: Estudio técnico de viabilidad para la creación de la Oficina del Río		
Actividad 2: Conformación de la Oficina del Río		
Actividad 3: Seguimiento y monitoreo a la acciones en materia de gestión del riesgo		

AP-2

CREACIÓN DE LA OFICINA DEL RÍO INCORPORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AVR POR INUNDACIÓN EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :

<3 años

TIPO DE MEDIDA:

Estructural/No estructural

LOCALIZACIÓN

Áreas de amenaza por inundación de los Municipios de Bucaramanga, Girón y Floridablanca y zonas aledañas.

JUSTIFICACIÓN

- Garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de gestión del riesgo de desastres.
- Evitar la ocupación de terrenos no aptos para asentamientos humanos.
- Evitar la ocurrencia de desastres futuros.
- Garantizar la adopción de criterios de urbanización adecuados en las áreas de expansión urbana ubicadas en las márgenes de los Ríos De Oro y Frío.

DESCRIPCIÓN

Como resultados de la implementación de esta medida, se incluirán dentro del suelo de protección de los municipios de Bucaramanga y Girón, las siguientes áreas:

ZONA DE AMENAZA	AREA [HA]			
	BUCARAMANGA	FLORIDABLANCA	GIRÓN	Total por zona de amenaza
ALTA	48,41	2,98	259,63	311,02
MEDIA	9,78	1,19	46,55	57,52
BAJA	7,53	0,86	56,48	64,87
Total por municipio	65,72	5,03	362,66	433,41

ZONA DE MANEJO	AREA [HA]			
	BUCARAMANGA	FLORIDABLANCA	GIRÓN	Total por manejo
CAUCE	21,92	2,08	117,81	141,81
MURO	1,56	0,25	8,71	10,53
PARQUE LINEAL (20m)	16,64	2,46	85,79	104,89
RONDA (30m)	24,93	3,66	130,30	158,88
CONFLUENCIA DE CAUCES SECUNDARIOS	0,09	0,01	0,02	0,13
ENTRADA DE CORRIENTE EXISTENTE	0,05	0,01	0,02	0,09
Total por municipio	65,20	8,47	342,65	416,32

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

AP-2

**CREACIÓN DE LA OFICINA DEL RÍO INCORPORACIÓN DE LOS ESTUDIOS
DE AVR POR INUNDACIÓN EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

Actividad 1: Realización del procedimiento legal

AP-3	CONTROL DE ESCORRENTÍA Y DE FENOMENOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RÍO DE ORO	
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	3-6 Años	
TIPO DE MEDIDA:	Estructural/No estructural	
LOCALIZACIÓN		
Cuenca del Río de Oro (570 Km2) en los municipios de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta.		
JUSTIFICACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Mitigar los efectos de la urbanización de la cuenca sobre los caudales. • Disminuir el potencial de escorrentía de la cuenca y aumentar la infiltración de las precipitaciones. • Disminuir la frecuencia de fenómenos de inundación. • Disminuir la concentración de sedimentos y material de arrastre en las aguas de los ríos De Oro y Frío. • Evitar el aumento del poder destructivo de la inundación por la presencia de sedimentos en las aguas. 		
DESCRIPCIÓN		
<p>La presente medida está orientada a disminuir los fenómenos de escorrentía y erosión en la cuenca del Río de Oro, que traen como principales consecuencias el aumento de los caudales y de la carga de sedimentos de las corrientes, determinando una mayor incidencia y peligrosidad de los eventos de inundación.</p> <p>De igual manera, se pretende garantizar la conservación y recuperación de las áreas que actualmente constituyen suelos de protección de acuerdo a los Planes de Ordenamiento Territorial de los principales municipios incluidos en la cuenca del Río de Oro, y así evitar el empeoramiento de las condiciones actuales de amenaza.</p>		
ACTIVIDADES A DESARROLLAR		
Actividad 1: Estudio de producción, transporte y acumulación de sedimentos para la cuenca del Río de Oro		
Actividad 2: Promover el almacenamiento de aguas lluvias		
Actividad 3: Promover la conservación y creación de áreas verdes		
Actividad 4: Campañas de educación ambiental para el manejo de aguas y el control de la deforestación de la cuenca del Río De Oro.		

5.2. MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

VC-1 DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE VIVENDAS EN RIESGO ALTO NO MITIGABLE

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	Inmediato
TIPO DE MEDIDA:	Estructural

LOCALIZACIÓN

Sectores de amenaza alta y riesgo alto no mitigable por inundación: Café Madrid, Puente Nariño, Antonio Galán, Convivir, El Palenque, El Poblado, Castilla Real, Casa Linda, Vahondo, Las Marías, Ciudadela Nuevo Girón, entre otros.

JUSTIFICACIÓN

- Dar solución rápida al riesgo alto y evitar potenciales daños y pérdidas significativas para el grupo de personas afectadas.
- Desalojar y reubicar las viviendas que interfieren con el cauce y las obras de contención de la inundación proyectadas.

DESCRIPCIÓN

La presente medida contempla el desalojo, la demolición y la reubicación de las edificaciones que se encuentran ubicadas en el área del cauce y de los muros proyectados, identificando dos niveles de prioridad para su implementación:

Prioridad 1: Viviendas en riesgo alto no mitigable, que incluyen las viviendas que interfieren con las obras de contención marginal del cauce proyectadas y requeridas para la mitigación de los niveles de riesgo a los cuales se encuentran expuestas, así como las viviendas con alta probabilidad de colapso frente a la ocurrencia de un fenómeno de inundación. Estas viviendas deberán desalojarse y reubicarse con carácter de urgencia.

Prioridad 2: Viviendas en riesgo medio y bajo que interfieren con las obras de control de la inundación proyectadas.

ESTIMACIÓN DE VIVIENDAS A DESALOJAR Y REUBICAR

MUNICIPIO	No Viviendas	
	Prioridad 1*	Prioridad 2**
BUCARAMANGA	169	49
GIRÓN	320	69
TOTAL	489	113

* Viviendas en riesgo alto no mitigable

VC-1

DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE VIVENDAS EN RIESGO ALTO NO MITIGABLE

** Viviendas en riesgo bajo que interfieren con las obras de contención marginal del cauce proyectadas.

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1 Identificación de edificaciones a desalojar

Actividad 2 Reuniones de concertación con la comunidad directamente afectada

Actividad 3 Proceso de preparación y ejecución de la demolición de las edificaciones directamente afectada

Actividad 4 Solución de vivienda

VC-1

DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE VIVENDAS EN RIESGO ALTO NO MITIGABLE



VC-1
DESALOJO Y REUBICACIÓN DE EDIFICACIONES EN RIESGO ALTO NO MITIGABLE

0 37,5 75 150 225 300
 Mts

CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Vías
- Ríos

LEYENDA

1.1 VIVIENDAS EN RIESGO ALTO NO MITIGABLE	RIESGO ALTO
1.2 VIVIENDAS EN RIESGO QUE INTERFIEREN CON MURO PROYECTADO	RIESGO BAJO
CAUCE	NO APLICA (LOTES)
MURO	FUERA DEL ÁREA DE AFECTACIÓN

VC-2	DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE VIVIENDAS EN RIESGO ALTO MITIGABLE
-------------	--

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	Inmediato
----------------------------------	-----------

TIPO DE MEDIDA:	Estructural
------------------------	-------------

LOCALIZACIÓN

Zonas de riesgo alto por inundación de los municipios de Bucaramanga y Girón.

JUSTIFICACIÓN

- Dar solución rápida al riesgo alto y evitar potenciales daños y pérdidas significativas para el grupo de personas afectadas.
- Proteger la seguridad y la salubridad de las personas en el caso de que no se implementen las medidas de reducción de la amenaza en el corto plazo.

DESCRIPCIÓN

La presente medida contempla el desalojo permanente, la demolición y la reubicación de las edificaciones en riesgo alto que se ubican en zonas de amenaza mitigable con la construcción de muros de protección, cuya reubicación se hace necesaria en el caso de que no se construyan las obras de contención marginal del cauce requeridas para reducir su condición de riesgo.

ESTIMACIÓN DE VIVIENDAS A DESALOJAR Y REUBICAR	
SECTOR	No Viviendas
BUCARAMANGA	308
GIRÓN	2697
TOTAL	3005

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1 Identificación de edificaciones a desalojar

Actividad 2 Reuniones de concertación con la comunidad directamente afectada

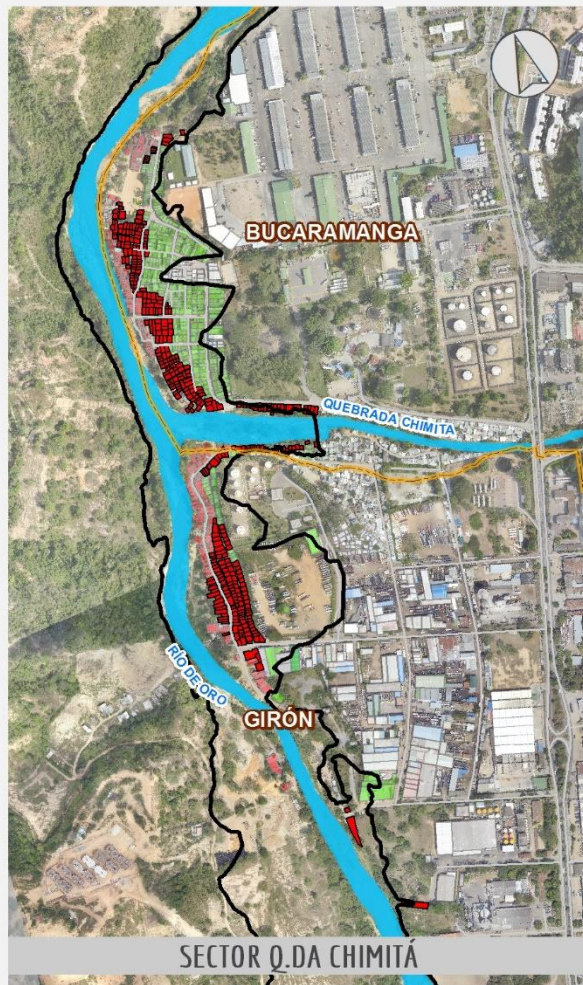
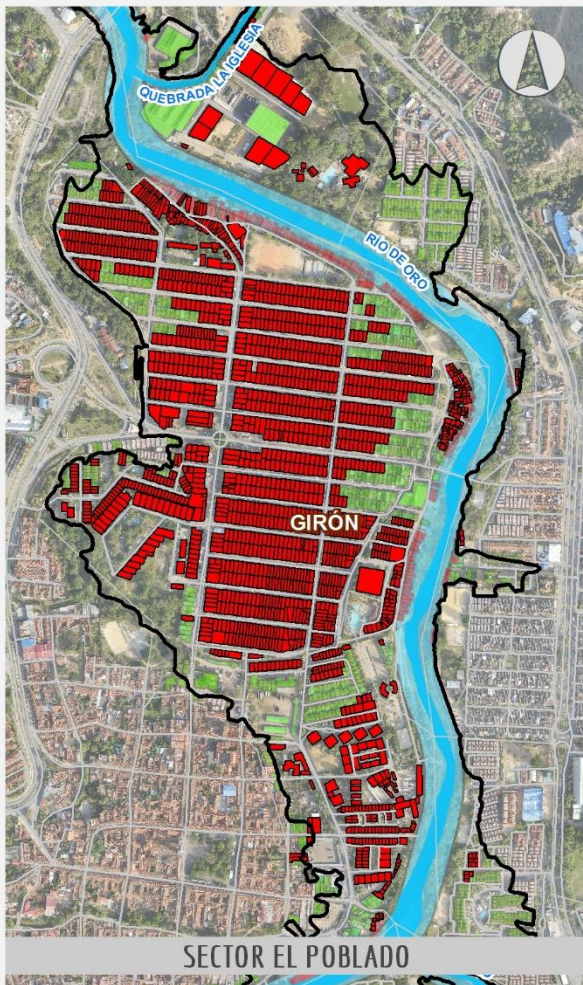
Actividad 3 Proceso de preparación y ejecución de la demolición de las edificaciones directamente afectadas

Actividad 4 Solución de vivienda



VC-2

**DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE VIVIENDAS EN
RIESGO ALTO MITIGABLE**



**VC-2
 DESALOJO PERMANENTE
 Y REUBICACIÓN DE EDIFICACIONES
 EN RIESGO ALTO MITIGABLE**

0 62,5 125 250 375 500
 Mts

CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Vías
- Ríos

LEYENDA

VC-2 DESALOJO PERMANENTE Y REUBICACIÓN DE EDIFICACIONES EN RIESGO ALTO MITIGABLE	RIESGO ALTO
CAUCE	MEDIO
CONFLUENCIA DE CAUCES SECUNDARIOS	BAJO
MURO	NO APLICA (LOTES)
ENTRADA DE CORRIENTE EXISTENTE	FUERA DEL ÁREA DE AFECTACIÓN

VC-3	PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE VIVIENDA EN LAS ZONAS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN
-------------	--

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	<3 años
----------------------------------	---------

TIPO DE MEDIDA:	Combinada
------------------------	-----------

LOCALIZACIÓN

Zonas urbanizadas localizadas en niveles inferiores a los de la inundación, áreas con edificaciones en condición de riesgo medio y bajo por inundación.

JUSTIFICACIÓN

- Limitar las afectaciones a viviendas y personas en caso de la ocurrencia de eventos de inundación.
- Capacitar a la población expuesta a la ocurrencia del fenómeno sobre buenas prácticas para evitar las afectaciones de bienes.
- Favorecer la recuperación frente a eventos de inundación.

DESCRIPCIÓN

Con la presente medida se pretende definir una serie de acciones dirigidas a evitar la afectación de aquellas viviendas con condición de riesgo medio y bajo o que se ubican en sectores por debajo del nivel de las aguas por un periodo de retorno de 100 años, por lo cual se consideran susceptibles frente a un posible anegamiento por reflujo de alcantarillados o por aguas lluvias.

ESTIMACIÓN DE VIVIENDAS BENEFICIADAS POR LA MEDIDA	
SECTOR	No VIVIENDAS
BUCARAMANGA	413
FLORIDABLANCA	1
GIRÓN	1204
TOTAL	1618

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1: Evaluación hidráulica del sector

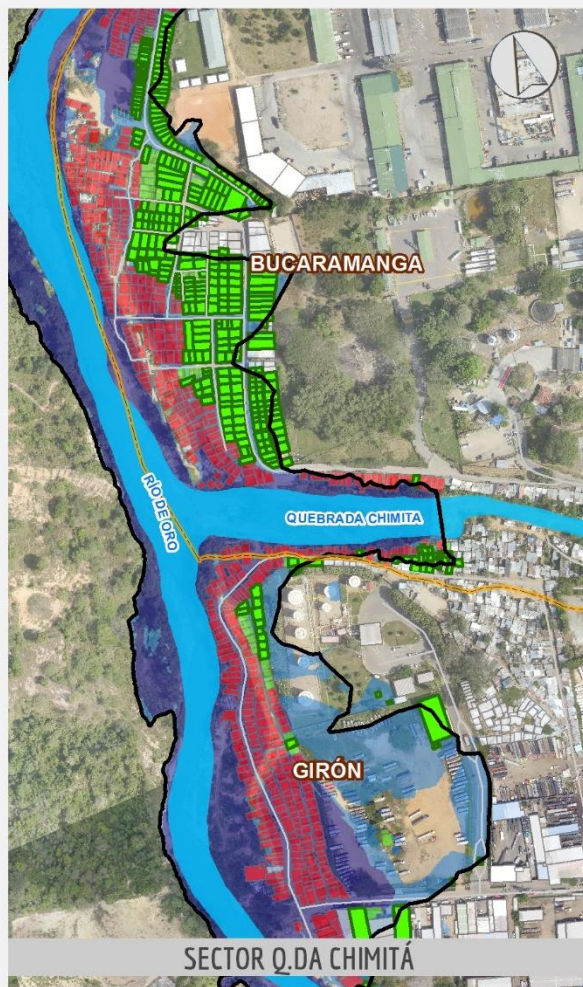
Actividad 2: Socialización y orientación de la comunidad

Actividad 3: Implementación de mejoras a la vivienda



VC-3

**PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE VIVIENDA EN LAS ZONAS DE
AMENAZA POR INUNDACIÓN**



VC-3 MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS EN ZONA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

0 37,5 75 150 225 300 Mts

CONVENCIONES

- Área de amenaza por inundación
- Límite municipal
- Ríos
- Vías

LEYENDA

VC-3 MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS EN ZONA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	NO APLICA
RIESGO ALTO	0 - 0,5
RIESGO BAJO	>0,5
NO APLICA (LOTES)	
FUERA DEL ÁREA DE AFECTACIÓN	

VC-4	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	<6 años	
TIPO DE MEDIDA:	Combinada	
LOCALIZACIÓN		
Municipios de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta.		
JUSTIFICACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar las herramientas y mecanismos necesarios para la respuesta adecuada y oportuna frente un eventual fenómeno de emergencia. • Facilitar la actualización de la información, como apoyo en la planeación, programación y control de la gestión del riesgo de los municipios. • Detectar con suficiente antelación la posible ocurrencia de un evento de inundación. • Formular las acciones a implementar en caso de emergencia. • Concientizar a las poblaciones en riesgo sobre las necesidades de iniciar actividades en el tema de reducción de desastres naturales. 		
DESCRIPCIÓN		
<p>La principal característica de un sistema de alerta temprana, es la capacidad de detectar con suficiente antelación la posible ocurrencia de un evento de inundación, y brindar a la comunidad y a los organismos de respuesta el tiempo necesario para implementar medidas para poner en seguridad las personas y los bienes susceptibles de ser afectados. Cualquier sistema de alerta temprana debe integrar al menos tres componentes fundamentales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoreo y control de la amenaza. 2. Alerta. 3. Plan de emergencia. <p>La eficacia de un SAT depende en gran medida de su correcta formulación, la cual debe tener en cuenta las características particulares de la cuenca, las condiciones económicas y sociales de la población afectada, los parámetros y las posiciones más adecuadas para la medición, la disponibilidad de recursos, entre otros.</p>		
ACTIVIDADES A DESARROLLAR		
Actividad 1: Diseño e implementación de un sistema de alerta temprana comunitario		
Actividad 2: Diseño de un sistema de alerta temprana con medición automática		



Convenio Interadministrativo No. 000301 de 2016
Actualización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación del
Río de Oro (tramo Nuevo Girón - Café Madrid) y del Río Frio (tramo PTAR - Girón)



VC-5	CENSO DINÁMICO DE LAS PERSONAS QUE OCUPAN LAS ZONAS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN
-------------	--

PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	3-6 años
----------------------------------	----------

TIPO DE MEDIDA:	No estructural
------------------------	----------------

LOCALIZACIÓN

Zonas de amenaza y de riesgo alto por inundación de los ríos Frío y de Oro.

JUSTIFICACIÓN

- Desconocimiento de las condiciones económicas y sociales específicas de los asentamientos y urbanizaciones ubicadas en zonas de amenaza por inundación.
- Seguimiento y control de asentamientos.
- Insumo de apoyo para la programación y planeación de procesos de reubicación de asentamientos.
- Desarrollo de estrategias de sensibilización y conocimiento del riesgo.
- Desarrollo de estrategias de reubicación.
- Desarrollo de estrategias de manejo de emergencias.

DESCRIPCIÓN

De acuerdo con lo establecido en la Ley 9 de 1989 y en la Ley 2 de 1991, la Alcaldía (en cabeza del alcalde) es la encargada de realizar y mantener actualizados los inventarios de asentamientos en alto riesgo por inundación, función que se adelanta con la asistencia y aprobación de las oficinas locales de planeación, o en su defecto por la correspondiente oficina de planeación departamental.

El inventario deberá contener la siguiente información mínima:

1. Información general del municipio.
2. Caracterización del asentamiento en alto riesgo.
3. Información sobre los predios del asentamiento en alto riesgo.
4. Información sobre las viviendas.
5. Información de seguimiento de medidas de reducción del riesgo.

ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividad 1: Identificación de población, viviendas, infraestructura, espacio público y equipamientos en condición de alto riesgo

Actividad 2: Recolección y caracterización de la información para el inventario

Actividad 3: Validación de la información del censo

VP-1	IMPLEMENTACIÓN DE CAMPAÑAS DE CAPACITACIÓN, DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE NORMAS DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN ZONAS NO INUNDABLES, ORIENTADAS A LA COMUNIDAD PRODUCTIVA NO PROFESIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	Inmediato
TIPO DE MEDIDA:	No estructural
LOCALIZACIÓN	
Áreas urbanizadas aledañas a las zonas de amenaza por inundación de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón.	
JUSTIFICACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar que el proceso de autoconstrucción de las viviendas se realice adecuadamente obedeciendo a la normatividad establecida en la NSR10. • Evitar que surjan nuevas condiciones de riesgo a través de medidas de prevención • Controlar y evitar el aumento de acciones inadecuadas dentro del desarrollo urbanístico municipal. • Evitar aumento del riesgo y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. 	
DESCRIPCIÓN	
La presente medida tiene como objetivo principal garantizar que los procesos de autoconstrucción de vivienda se lleven a cabo en el cumplimiento de las normas vigentes (NRS10).	
ACTIVIDADES A DESARROLLAR	
Actividad 1. Identificación de interesados y definición de estrategias	
Actividad 2. Realización de capacitaciones a la comunidad	

VP-2		IMPLEMENTACIÓN DE CAMPAÑAS DE SENSIBILIZACIÓN Y CONOCIMIENTO DEL RIESGO A LA COMUNIDAD EN GENERAL	
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :		Inmediato	
TIPO DE MEDIDA:		No estructural	
LOCALIZACIÓN			
Zonas de amenaza por inundación de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón.			
JUSTIFICACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de orientar a la comunidad en la gestión del riesgo con el fin de disminuir la ejecución de acciones inadecuadas dentro del desarrollo municipal. • Necesidad de incentivar la apropiación de la responsabilidad civil frente a los riesgos por inundación en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. • Evitar nuevas situaciones de riesgo a través de medidas de prevención y sensibilización sobre la evitación de acciones inadecuadas dentro del desarrollo municipal. • Evitar el aumento del riesgo y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. 			
DESCRIPCIÓN			
<p>Incluye la realización de programas de capacitación de la comunidad cuyo propósito principal es proporcionar herramientas conceptuales y metodológicas sobre gestión del riesgo de desastres por inundación, así como fomentar la apropiación de la responsabilidad civil frente a los riesgos derivados de la ocurrencia de inundaciones.</p> <p>Para lo anterior se plantean una serie de acciones orientadas a desarrollar procesos de formación y capacitación a nivel comunitario que permitan la identificación, formulación de estrategias y organización comunitaria para la prevención y reducción de riesgos frente a la ocurrencia de desastres por fenómenos de inundación.</p> <p>Las actividades propuestas deberán ser lideradas por los Comités Barriales de Gestión del Riesgo.</p>			
ACTIVIDADES A DESARROLLAR			
Actividad 1: Campañas de sensibilización y conocimiento del riesgo			
Actividad 2: Talleres comunitarios de identificación de amenazas y riesgos			











VP-3	FORTALECIMIENTOS DEL SISTEMA EDUCATIVO A NIVEL CURRICULAR Y GESTIÓN DEL RIESGO	
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	> 6 Años	
TIPO DE MEDIDA:	No estructural	
LOCALIZACIÓN		
Municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón.		
JUSTIFICACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de generar conciencia en la comunidad sobre la problemática del fenómeno de inundación y las medidas de prevención y manejo del riesgo asociado al mismo. • Necesidad de promover, en las futuras generaciones, comportamientos que reduzcan y no generen nuevas condiciones de amenaza y vulnerabilidad, facilitando además, mayor información y preparación ante posibles escenarios futuros asociados al riesgo de desastres. 		
DESCRIPCIÓN		
<p>Esta medida incluye la implementación de procesos de sensibilización y educación en el área del riesgo que orienten a la comunidad educativa, alumnos y su círculo familiar en materia de prevención y mitigación del riesgo facilitando mayor información, conocimiento y preparación en las medidas necesarias para prevenir y mitigar efectos asociados.</p> <p>Con estas acciones se espera reducir de la vulnerabilidad física y social a la que se encuentra expuesta la población, así como la generación de interés y sensibilización de la comunidad educativa.</p> <p>Todas las actividades propuestas deberán ser lideradas por los Comités Escolares de Gestión del Riesgo.</p>		
ACTIVIDADES A DESARROLLAR		
Actividad 1. Campañas de sensibilización y conocimiento del riesgo dirigidas a la comunidad educativa		
Actividad 2: Talleres comunitarios de identificación de amenazas y riesgos		

VP-4	ORGANIZACIÓN COMUNITARIA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	3-6 Años	
TIPO DE MEDIDA:	No estructural	
LOCALIZACIÓN		
Áreas de amenaza por inundación de los ríos De Oro y Frío de los municipios de Bucaramanga, Girón y Floridablanca.		
JUSTIFICACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de una organización comunitaria orientada a la gestión del riesgo de desastres por inundación. • Escasa participación de la población asentada en las zonas de amenaza en actividades comunitarias. • Desconocimiento de las condiciones de riesgo a las cuales se encuentra expuesta la comunidad. 		
DESCRIPCIÓN		
Con esta medida se presente incentivar procesos de organización comunitaria para la implementación de medidas orientadas a la prevención y reducción de condiciones de vulnerabilidad y riesgo presentes en el territorio. Así mismo se quiere fomentar la consolidación de espacios comunitarios a partir de la organización existente mediante Juntas de Acción Comunal, y en los espacios escolares, la formalización de comités barriales y escolares para la gestión del riesgo de desastres.		
ACTIVIDADES A DESARROLLAR		
Actividad 1. Conformación de Comités Barriales de gestión del riesgo por inundación		
Actividad 2. Conformación de comités escolares para la gestión del riesgo de desastres		

VP-5		PARTICIPACIÓN COMUNITARIA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :		3-6 Años
TIPO DE MEDIDA:		No estructural
LOCALIZACIÓN		
Áreas de amenaza por inundación de los ríos De Oro y Frío de los municipios de Bucaramanga, Girón y Floridablanca.		
JUSTIFICACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de una organización comunitaria orientada a la gestión del riesgo de desastres por inundación. • Escasa participación de la población asentada en las zonas de amenaza en actividades comunitarias. • Desconocimiento de las condiciones de riesgo a las cuales se encuentra expuesta la comunidad. 		
DESCRIPCIÓN		
<p>Con esta medida se pretende incentivar la participación de la comunidad en la conformación de los comités barriales y escolares para la gestión del riesgo de desastres. Así mismo se quiere fomentar la participación de la comunidad en las organizaciones existentes, como las Juntas de Acción Comunal y Local.</p> <p>Estas acciones deberán implementarse de manera persistente en las comunidades mayormente expuestas a condiciones de vulnerabilidad y riesgo ante desastres por fenómenos inundación, con el liderazgo de los Comités Barriales y Escolares de Gestión del Riesgo de Desastres.</p>		
ACTIVIDADES A DESARROLLAR		
Actividad 1. Promoción de la participación comunitaria		
Actividad 2. Promoción de la participación de la comunidad educativa		

VP-6			SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO
PLAZO PARA LA EJECUCIÓN :	LA	3-6 Años	
TIPO DE MEDIDA:	No estructural		
LOCALIZACIÓN			
Municipios de Bucaramanga, Girón y Floridablanca.			
JUSTIFICACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer estrategias para el seguimiento y monitoreo de condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo presente en el territorio • Mejorar la capacidad de conocimiento y transmisión de información de la comunidad frente a la ocurrencia de desastres o emergencias relacionadas con fenómenos de inundación. • Cumplir con la normatividad vigente en materia de sistemas de información municipales para la gestión del riesgo de desastres. 			
DESCRIPCIÓN			
La presente medida está orientada a lograr una mayor centralización de la información de estudios, diseños, proyectos y acciones que se desarrollen en el área de influencia de los ríos De Oro y Frío (tramos de interés), con el fin de mejorar su accesibilidad y difusión, como herramienta para el seguimiento y monitoreo de las zonas de amenaza por inundación, como insumo para la toma de decisiones y priorización de intervenciones para la reducción del riesgo, y como instrumento de conocimiento y sensibilización de la población frente a los riesgos a los cuales se encuentra expuesta.			
ACTIVIDADES A DESARROLLAR			
Actividad 1. Conformación de sistema comunitario de información para la gestión del riesgo por inundación			
Actividad 2. Diseño de un sistema de información institucional para la gestión del riesgo por inundación			

BIBLIOGRAFÍA

-  [1] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). Decreto No, 1807 de 2014 (Septiembre, 19). Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.
-  [2] HEC-GeoHMS. Us Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC).
-  [3] HEC-RAS. Us Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC).
-  [4] CDMB - Geotecnología Ltda, (2005). Analisis de las inundaciones y avalanchas ocurridas en el río de Oro desde el 8 al 13 de febrero de 2005 y el diagnóstico del comportamiento del río hacia el futuro.
-  [5] CDMB – CICICO Ltda. (2008). Estudio de amenaza por inundación en la cuenca media del río de Oro.
-  [6] CDMB – CICICO Ltda. (2010). Estudio de amenaza por inundación del río de Oro sector Vahondo hasta la confluencia con el río Suratá.
-  [7] CDMB - Consorcio estudios río frío. (2010). Estudio de zonificación de amenaza por inundación en la cuenca baja y media del río Frío (Municipio de Floridablanca y Girón), de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas por la CDMB.
-  [8] Memoria justificativa de revisión y ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio San Juan Girón. (2010). San Juan de Girón.
-  [9] Municipio de Bucaramanga. (2014). Acuerdo No. 011 de 2014 (mayo, 21). Por el cual se adopta del Plan de Ordenamiento Territorial de segunda generación del Municipio de Bucaramanga 2014-2027.
-  [10] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente de la Universidad Nacional

de Colombia 2013. Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano.

- [11] Jaxa. Japan Aerospace Exploration Agency. URL: <http://global.jaxa.jp/>
- [12] Chow, V.T., Maidment, D.R. & Mays, L.W. (1988). Applied Hydrology International ed., McGraw Hill Higher Education.

BIBLIOGRAFÍA

- [13] CDMB-UIS. (1983). Mapas básicos de suelos, Río de Oro parte Alta; Río de Oro parte baja; Río Frío.
- [14] Tricart, Jean y otros. (1969). Estudio geomorfológico preliminar para el manejo de la cuenca del río Lebrija. Inderena – Centro de Geografía Aplicada, Universidad de Estrasburgo. Francia.
- [15] Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, B., and Restrepo, H. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander: Boletín Geológico, 21(1-3): 1-132.
- [16] Irusta y Fortoul. (1961). Estudio de suelos de Santander. Zonas tabacaleras. Instituto Nacional de Fomento Tabacalero. Bogotá. 119p.
- [17] Rojas, Rafael N. (1976). Hidrología de tierras agrícolas. CIDIAT. Mérida (Venezuela). Paginación por capítulos.
- [18] Escuder Bueno et. Al. (2010). Strategies of Urban Flood Risk Management SUFRI. WP3. Universidad Politécnica de Valencia. Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente.
- [19] FEMA Hazus –MH Multi –Hazard Loss Estimation Methodology. Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency Mitigation Division. Disponible en: https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1820-25045-8292/hzmmh2_1_fl_tm.pdf

- [20] Australian Geomechanics Society. (2007). Commentary on guideline for landslides susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Aust Geomech, 42(1), 37-62.

GLOSARIO

Aluviales: Fragmentos de roca no consolidada depositados por corrientes fluviales en un tiempo geológico muy reciente.

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Anegamiento: Inundación de terrenos normalmente secos. Un anegamiento implica que el río o arroyo, una vez superada la capacidad de evacuación de su cauce natural, desborde e inunde las márgenes.

Batimetría: se refiere al levantamiento topográfico del relieve de superficies del terreno cubierto por el agua, sea este el fondo del mar o el fondo de los lechos de los ríos, ciénagas, humedales, lagos, embalses, etc.

Morfometría: Forma y configuración geométrica de una cuenca sobre el plano horizontal, esta forma gobierna la tasa a la cual se suministra el agua al cauce principal, desde su nacimiento hasta su desembocadura. Cada cuenca tiene una forma determinada que guarda relación con su comportamiento hidrológico.

Cartografía: es la ciencia que proporciona los criterios y los métodos para representar la superficie terrestre en un mapa.

Cauce permanente: Corresponde a la faja de terreno que ocupan los niveles máximos de un cuerpo de agua sin producir desbordamiento de sus márgenes.

Caudal: Volumen de agua que fluye por el cauce de un río en lugar y tiempo determinados.

Coluvión: Masa de suelo a dominancia arcillosa, con fragmentos rocosos en su interior, que se desprende por sobrepasar el límite líquido y se deposita terrenos abajo. Es una acumulación potencialmente inestable bajo condiciones de alta humedad

Cuenca (hidrográfica): Unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o fluye hacia el mismo drenaje o cuerpo de agua, o unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve.

Erosión: Conjunto de procesos exógenos, como la denudación y el transporte de materiales, que modifican las formas del relieve creadas por fenómenos endógenos (litología, tectónica y volcanismo).

Escorrentía: Cantidad de agua lluvia que excede la capacidad de infiltración del suelo. Si la lluvia caída supera esa capacidad, el exceso escurre hacia arroyos, quebradas, ríos, lagos y océanos.

GLOSARIO

Gavión: Envoltente o caja metálica, con forma de prisma de base rectangular o cilíndrica, fabricadas con un enrejado de malla de triple torsión de alambre de acero galvanizado, rellena de material granular (piedra o grava).

Granulometría: Expresión del tamaño de las partículas de rocas, suelos y sedimentos. Las fracciones granulométricas más conocidas son arcillas, limos, arenas, gravillas, gravas y cantos rodados.

Hidráulica: Es la ciencia que trata de las leyes del equilibrio y movimiento de los líquidos y la aplicación de dichas leyes a la solución de problemas prácticos. Estudia los flujos en conductos abiertos y cerrados en los cauces de los ríos, en canales, canaletas, tuberías, túneles, vertederos, etc. Se trata de una disciplina esencialmente semiempírica en razón de que utiliza deducciones analíticas de ciertas leyes físicas, complementadas con parámetros o coeficientes experimentales que representan comportamientos de los líquidos que no pueden ser descritos de manera estricta con métodos teóricos o conceptuales.

Hidrograma: Gráfica o una tabla que muestra la tasa de flujo como función del tiempo en un lugar dado de la corriente. De acuerdo a Chow (1959) es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la esorrentía de una cuenca de drenaje particular.

Hietogramas de diseño: Patrones de distribución temporal que se desarrollaron para cuatro grupos de probabilidad, desde los más severos (primer cuantil) hasta los menos severos (cuarto cuantil), es una representación de los valores promedios de lluvia con respecto al tiempo.

Infiltración: Es el proceso por el cual parte de la lluvia entra al suelo.

Inundación: Un flujo relativamente alto determinado por la altura del calibre o la cantidad de descarga. Un evento durante el cual una secuencia desborda sus bancos normales.

Microcuencas: profundas disecciones o excavaciones del relieve montañoso, por cuyo fondo descienden los diferentes ríos y quebradas (corrientes de aguas) que lo drenan,

modelando valles profundos de sección transversal triangular, de angosto fondo de valle en los que se ha modelado los cauces de ríos, quebradas y las correspondientes laderas o vertientes.

Morfometría: Estudio del conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje que permite conocer las características físicas de una cuenca y realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo.

GLOSARIO

Mitigación del riesgo: Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

Nivel freático: Superficie en la zona de saturación hídrica de un suelo en profundidad o de un acuífero libre sometido a la presión atmosférica.

Periodo de retorno: Intervalo de tiempo medio a largo plazo transcurrido entre un fenómeno hidrológico y otro de igual o mayor magnitud, por ejemplo, caudal o nivel máximo de crecida.

Pluviograma: grafica que representa en un sistema tiempo (horas o minutos) en abscisas e intensidades de precipitación (mm/h) en ordenadas, la cantidad de precipitación producida durante una tormenta dada

Precipitación: El suministro total medible de agua de todas las formas de humedad que cae, incluyendo rocío, lluvia, neblina, nieve, granizo y aguanieve; generalmente se expresa como una profundidad de agua líquida en una superficie horizontal en un día, mes o año, y se designa como precipitación diaria, mensual o anual

Prevención de riesgo: Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.

Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Reducción del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.

GLOSARIO

Subcuenca: Cuenca hidrográfica que hace parte de una cuenca hidrográfica más grande. Se puede evaluar por separado cuando sea necesario para mejorar la precisión computacional de los resultados en una cuenca entera o para obtener resultados solo para esa área.

Topografía: Estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, y de la construcción, del conocimiento y manejo de los instrumentos necesarios para ello.

Tormenta de diseño: Patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente conforma la entrada al sistema.

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.