

CONTRATO 292 CORPOCALDAS – GEOSUB S.A.S

**IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LA AMENAZA,
VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y
LAS ÁREAS DE DESARROLLO RURAL RESTRINGIDO**

13. MUNICIPIO DE AGUADAS

Manizales, 2013-2014

CONTENIDO

13. MUNICIPIO AGUADAS	3
13.1. Remoción en Masa.....	3
13.1.1. Localización y Drenaje Superficial	3
13.1.2. Uso y Cobertura.....	3
13.1.3. Geología.....	4
13.1.4. Pendiente.....	4
13.1.5. Curvatura	5
13.1.6. Aspecto	5
13.1.7. Relieve Interno	5
13.1.8. Índice de Humedad	6
13.1.9. Puntos Críticos	6
13.1.10. Mapa de Susceptibilidad por Remoción en Masa.....	7
13.1.11. Mapa de Persistencia de los Procesos erosivos	10
13.1.12. Mapa Factor detonante por umbral lluvia.....	10
13.1.13. Mapa de Amenaza por remoción en masa.....	10
13.2. Amenaza por Inundación Cabecera Municipal de Aguadas	12
13.3. Vulnerabilidad para el Municipio de Aguadas	16
13.4. Riesgo	18
13.4.1. Riesgo por Remoción en Masa.....	18
13.4.2. Riesgo por Inundaciones	19
13.5. Centros Poblados de Desarrollo Restringido en el Municipio de Aguadas	21
13.5.1. Corregimiento de Arma	21

13. MUNICIPIO AGUADAS

En el municipio de Aguadas se tomaron imágenes LIDAR y ortofoto semicartográfica de la cabecera municipal, las cuales sirvieron de base para el análisis geomorfológico de los diferentes factores intrínsecos para la definición de la amenaza y riesgo por remoción en masa y como marco muy detallado para el análisis de la amenaza y riesgo por inundación que afecta a esta cabecera municipal en su sector sur-oriental. En este informe también se presenta la información relacionada con el corregimiento de Arma, único centro poblado de este municipio revisado en este proyecto.

13.1. Remoción en Masa

13.1.1. Localización y Drenaje Superficial

El municipio de Aguadas se localiza en la parte norte centro del departamento de Caldas, en el Anexo 1, Mapa 13.1, se muestra la ortofoto tomado para la cabecera municipal durante este proyecto.

En el Mapa 13.1 del Anexo 1 se muestran los drenajes superficiales sobre todo en las periferias del casco urbano, en la parte central norte de la cabecera municipal existía un alto topográfico que funcionaba como parteaguas, pero sin vestigio actual por la construcción de Aguadas. Sólo en la parte oriental dentro del perímetro urbano se observan una serie de drenajes parcialmente canalizados donde ahora se localizan rellenos, como en los sectores sur del Barrio Pore y del sector de Colegurre, este último recoge drenajes que nacen del sector del Alto de La Virgen, y existe un drenaje superficial en el sector suroriental por detrás del Colegio Marino Gómez.

13.1.2. Uso y Cobertura

En el Anexo 1, Mapa 13.2 se muestra el uso y cobertura para el casco urbano del municipio de Aguadas, el cual fue elaborado con base en los atributos de la imagen LIDAR, la ortofoto del casco urbano y corroboración directamente en campo. El perímetro urbano muestra una forma alargada en dirección NE-SW, ya que el crecimiento se dio principalmente sobre una cuchilla y un parteaguas antiguo. El centro urbano del municipio de Aguadas está dividido en dos sectores, el Nor-occidental y el Sur-Oriental y separados por un estrechamiento topográfico donde se localiza el Parque del Monumento al Cacique Pipintá, el primero es una zona consolidada (65% en urbano 1 y 15% en urbano 2 en el mapa), el sector sur la consolidación es menor teniendo un 30% en urbano 1 y un 40% en urbano 2. Las zonas sin consolidación, áreas construidas menores del 20% (urbano 3)

comprenden un área que ocupa 5% en el sector noroccidental y un 10% en el sector suroriental. Otros usos, principalmente agro-forestales se localizan en la periferia norte, nor-oriental, oriental y sur del casco urbano. La zona occidental del casco urbano presenta un contacto neto con la zona rural con uso del suelo de ganadería intensiva.

13.1.3. Geología

En el casco urbano de Aguadas se presenta sobre toda la extensión de su perímetro urbano un recubrimiento de varios paquetes de depósitos de flujos piroclásticos (Qto), constituidos principalmente por dos capas, un flujo superior de color amarillo de tamaño de grano limo a arena fina de espesor de hasta 3,5 m, y un depósito de flujo piroclástico inferior de color café de hasta 2 m de espesor con estructuras columnares por procesos de pedificación, solo en algunos sectores se reconoció un lente de color gris que nunca sobrepasa los 0,50 m de espesor el cual se intercala entre las dos capas anteriormente descritas. Estos depósitos suprayacen los niveles I y II de meteorización del basamento sedimentario de la Formación Abejorral (Kia) los cuales afloran en pequeños sectores de explanaciones en el centro (Barrio Marino Gómez) y norte (Barrio Chagualo) de la cabecera municipal. La Formación Abejorral está constituida en esta área principalmente por lodolitas silíceas y cuarzoarenitas. Varios rellenos antrópicos (Qan) se localizan en los drenajes, como el de Aguas Claras y en la zona deportiva al norte del Barrio Víctor Renán Barco, Estadio Olivares. Ver Anexo 1, Mapa 13.3.

13.1.4. Pendiente

En la realización del mapa de pendientes se usó como base el modelo digital de elevación de terreno obtenido a partir de la imagen LIDAR, se reclasificaron los rangos de pendientes en los siguientes rangos: 0°-19°, 19°-26°, 26°-35°, 35°-45° y 45°-83°.

En el Anexo 1, Mapa 13.4, se observan las pendientes bajas, entre 0° a 26° en el centro norte y sur del casco urbano, en toda la periferia del perímetro urbano se muestra el cambio drástico a pendientes más altas entre 35° y 83°. En la parte central norte del casco urbano se observan pendientes altas en dirección E-NE que definen el parteaguas antiguo donde se construyó Aguadas. En la parte occidental del sector norte del casco urbano se muestra el escalonamiento de los taludes por la combinación de pendientes altas y bajas, que muestra la adaptación de esta ladera para la construcción de las viviendas actuales.

13.1.5. Curvatura

En la realización del mapa de curvatura se usó como base el modelo digital de elevación de terreno obtenido a partir de la imagen LIDAR, ver Anexo 1, Mapa 13.5.

El mapa de curvatura muestra una distribución de valores que muestran las zonas planas delimitados por valores de curvatura intermedios principalmente cóncavos dentro del perímetro del casco urbano de Aguadas, la mayor concavidad combinada con valores medianos se presentan en las periferias del perímetro urbano, con excepción de la parte más meridional de la cabecera municipal. En este mapa se resaltan muy bien los drenajes antiguos en la parte sur de la cabecera municipal y el relleno antrópico del sector del Estadio Olivares y el de las canchas deportivas del Colegio Marino Gómez en el sureste del casco urbano. En el sector Norte, se delimitan el relleno del drenaje en la parte sur del Barrio Pore y la explanación para la construcción del Barrio Marino Gómez.

13.1.6. Aspecto

En este mapa realizado a partir del modelo digital de elevación de terreno obtenido a partir de la imagen LiDAR, se muestra el Aspecto, orientación de las pendientes en la cabecera municipal, ver Anexo 1, Mapa 13.6.

En la parte central norte de la cabecera municipal, orientaciones al Este y Sureste (colores verde y amarillo) delimitan el parteaguas antiguo en este sector, las orientaciones de los taludes hacia el norte del parteaguas son hacia el norte y el noroeste delimitando las zonas planas construidas, hacia el sur del parteaguas la tendencia de la orientación de los taludes es mayoritariamente hacia el norte, que muestra el desarrollo constructivo del sector de la Calle Real. En la periferia occidental los taludes muestran orientaciones hacia el oeste, suroeste y sur. En la periferia oriental no hay una tendencia marcada del aspecto, ya que este es mezclado con taludes que delimitan cuchillas, y las orientaciones son en diferentes direcciones. En la periferia norte de la cabecera municipal la tendencia de los taludes es hacia el norte y el nor-este.

13.1.7. Relieve Interno

En el mapa de relieve interno, ver Anexo 1, Mapa 13.7, observamos que se delimita muy bien el perímetro de la cabecera municipal por los valores bajos de relieve interno, y donde se aumentan los valores dentro de la cabecera municipal se presentan concentraciones de líneas indicando parteaguas antiguos y cortes de

taludes para la adecuación de las viviendas. Los sectores con rellenos y con amplias explanaciones presentan los valores más bajos. A manera de comparación con el sector central de la cabecera, hacia el noroeste, en las faldas del Cerro Monserrate se muestran valores intermedios de relieve interno, que indican la poca consolidación, bajo porcentaje de construcciones en el sector que conlleva a la poca intervención antrópica sobre el terreno. Las periferias del perímetro urbano muestran combinaciones de valores altos con excepción de la periferia sur en la carretera que conduce hacia Pácora.

13.1.8. Índice de Humedad

En este mapa se muestra el resultado de la aplicación de la fórmula del índice de humedad:

$$W = \ln(A_s / \tan \beta)$$

Donde W corresponde a índice de humedad, mientras A_s es el área aferente, y β es la pendiente calculada (ver Anexo 1, Mapa 13.8.). Las zonas de saturación muy alta y muy alta se localizan preferencialmente en la parte sur y en menor proporción en la parte norte de la cabecera municipal, ver parque Simón Bolívar en el mapa 13.8 del Anexo 1, mostrando donde ha sido mayor la intervención antrópica y relacionadas con los rellenos y los cortes sobre taludes de los drenajes antiguos. Las zonas con saturación media y baja se localizan sobre todo en la parte central del sector norte de la cabecera municipal y en las periferias de la cabecera debido al relieve montañoso dominante.

13.1.9. Puntos Críticos

Los puntos críticos presentes dentro de la cabecera municipal del Municipio de Aguadas, ver Anexo 2_Aguadas hacen referencia principalmente a sitios críticos máximos y medios por remoción en masa, los cuales fueron identificados directamente, y por inundaciones determinados por la modelación hidrológica, ver Anexo 4_Aguadas, y con comprobación de los resultados de los modelos en campo.

Los puntos críticos por remoción en masa, ver Anexo 1, Mapa 13.9, se localizan en el sector nor-oriental en el sector de Colegurre y taludes de los barrios aledaños, en el sur-oeste en el límite urbano del Barrio San Vicente y en el sector central norte de la cabecera dentro de las manzanas occidentales, pequeñas áreas donde cortes con ángulo alto de los taludes tienen criticidad alta por remoción en masa.

Puntos con criticidad media por remoción e masa se localizan sobretodo en la periferia occidental, nor-oriental y sur-oriental de la cabecera municipal y muy pequeñas áreas dentro del casco urbano.

Los puntos críticos por inundaciones se identificaron en la parte sur de la cabecera municipal, donde un drenaje que corta el Barrio Víctor Renán Barco y que luego desemboca en un drenaje que fue rellenado parcialmente en la parte occidental de este barrio y que continúa hacia el noreste al oriente del Estadio Olivares presenta puntos críticos medios y altos por inundación, ver Anexo 4_Aguadas.

13.1.10. Mapa de Susceptibilidad por Remoción en Masa

Para elaborar el mapa de susceptibilidad por remoción en masa en la cabecera municipal del municipio de Aguadas se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros intrínsecos:

- Uso y Cobertura
- Geología
- Pendiente
- Curvatura
- Relieve Interno
- Índice de Humedad

Para establecer la valoración de estos parámetros se usó una matriz AHP como se muestra en la Figura 1.1.

Matriz							Vector Eigen Principal Normalizado	
	Uso y Cobertura	Geología	Pendiente	Curvatura	Relieve Relativo	Índice de Humedad		
	1	2	3	4	5	6		
Uso y Cobertura	1	0	1 4/9	1/3	2 1/2	2 1/6	2 1/2	19,87%
Geología	2	2/3	0	4/7	3 3/7	2 2/7	2	19,52%
Pendiente	3	2 8/9	1 3/4	0	4	3 3/7	1 3/5	32,71%
Curvatura	4	2/5	2/7	1/4	0	5/8	1 3/5	8,16%
Relieve Relativo	5	1/2	3/7	2/7	1 3/5	0	1 3/5	10,38%
Índice de Humedad	6	2/5	1/2	5/8	5/8	5/8	0	9,36%

Figura 1.1. Matriz AHP de pesos para los factores tenidos en cuenta para la evaluación de la susceptibilidad por remoción en masa.

Las zonas con susceptibilidad media se localizan sobre todo en pequeñas áreas de la parte sur de la cabecera municipal en los límites occidentales del perímetro urbano.

Tabla 1.1. Valoración de factores y clases para la elaboración del mapa de susceptibilidad, en color rojo el peso del mapa y en color negro el peso de cada clase.

Pendiente	9	Geología	6
1°-19°	1	Qan	7
19°-26°	3	Qto/Kia	5
26°-35°	5	Kia	3
35°-48°	7		
48°-83°	9	Curvatura radianes/100 m	2
		Cóncavo Valores Máximos	3
Uso Cobertura	7	Cóncavo Valores Intermedios	3
Urbano 1	3	Plano	5
Urbano 2	5	Convexo Valores Intermedios	7
Urbano 3	8	Convexo Valores Máximos	9
Vía Destapada	5		
Vía Pavimentada	3	Relieve Interno (m/12,5 m ²)	5
Bosque	1	Clase 1: 0- 1,3230	3
Pastos	5	Clase 2: 1,3230- 2,9890	3
Rastrojo	3	Clase 3: 2,9890 – 5,4110	7
Cultivo Limpio	1	Clase 4: 5,4110 – 9, 2680	7
Cultivo semi-limpio	1	Clase 5: 9,2680- 23,1829	7
Suelo Desnudo	5		
Parque	1	Índice de Humedad	4
Botadero	3	Zona saturación muy baja	6
Escalas	3	Zona de saturación baja	4
Deportivo	1	Zona de saturación intermedia	3
Cementerio	5	Zona de saturación alta	2
Institucional	3	Zona de saturación muy alta	1
Lleno	5		
Box culvert	1		

13.1.11. Mapa de Persistencia de los Procesos erosivos

En el Anexo 1, Mapa 13.11 se muestra la localización de las principales áreas afectadas por procesos erosivos en la cabecera municipal del municipio de Aguadas, y que fueron clasificados de acuerdo con su persistencia, ver valoración en el apartado de introducción y metodología del informe de avance No. 3. En el Mapa se muestran que los principales eventos de deslizamientos que aún son observables en las imágenes LIDAR, y se localizan principalmente en la periferia por fuera del perímetro urbano, los más abundantes fueron clasificados como E4, evento activo con moderado avance, y en menor proporción procesos E5, evento activo con fuerte avance. Dentro de la cabecera municipal se localizan eventos principalmente del tipo E1, eventos antiguos en el sector nororiental de la cabecera municipal; y eventos E5 y E4 en la parte sur de la cabecera municipal en la parte alta del Barrio Víctor Renán Barco. Sólo en el sector de Colegurre se localiza un evento tipo E2, evento estabilizado.

13.1.12. Mapa Factor detonante por umbral lluvia

En el Anexo 1, Mapa 13.12 se muestra el mapa de factor detonante por umbral lluvia, el cual se construyó reclasificando los factores y asignándolos nuevos pesos de acuerdo con la susceptibilidad de cada factor con respecto a los umbrales de lluvias, estos factores y pesos se muestran en la tabla 1.2. El mapa muestra mayor incidencia por el disparador de umbral de lluvias en el sector oriental de la cabecera urbana tanto en su sector norte como en el sur, al igual que en la periferia norte del perímetro urbano; pero la incidencia media y alta en el sector sur es mayor que en el sector norte. En los sectores con mayor consolidación, urbano 1y 2, ver Anexo 1, Mapa 13.2 la incidencia del factor lluvia como detonante es baja.

13.1.13. Mapa de Amenaza por remoción en masa

En el Anexo 1, Mapa 13.13 se muestra el mapa de amenaza por remoción en masa para la cabecera municipal de Aguadas, el cual se obtuvo cruzando los mapas de susceptibilidad (Anexo 1, Mapa 13.10) y el mapa de persistencia de los procesos erosivos (Anexo 1, Mapa 13.11) y el mapa de factor detonante por umbral de lluvias (Anexo 1, Mapa 13.12), el cruce de mapas fue teniendo en cuenta la valoración de pesos propuesta en la Tabla 1.3. En el mapa se observan las zonas con amenazas altas en el noroeste, norte y oriente principalmente en los límites del perímetro urbano con la zona rural, las zonas consolidadas de la cabecera en la parte norte de la cabecera presentan amenaza baja y en menor proporción media, y con una amenaza alta definida para los sectores aledaños a

Colegurre, y hay que tener en cuenta que los taludes del sector de la Calle Real presentan amenaza alta por remoción en masa; y en la parte sur de la cabecera la amenaza baja se presenta en mayor proporción que la amenaza media, solo el sector más meridional presenta amenaza alta que es donde se presenta la mayor susceptibilidad a eventos de remoción en masa, como los que afectaron el corredor vial de la salida a Pácora hace más de catorce años.

Tabla 1.2. Pesos de los factores para los mapas de factores del mapa factor detonante por umbral de lluvias para el casco urbano de Aguadas

		Peso			Peso
Uso Cobertura					5
Impermeables	Urbano 1	1	Permeables	Bosque	6
	Urbano 2			Pasto	
	Urbano 3			Cultivo semi-limpio y limpio	
	Parque			Rastrojo	
	Deportivo			Vía Destapada	
	Escaleras			Botadero	
	Cementerio			Río	
	Box Culvert			Suelo desnudo	
	Pendientes en grados			5	
0 - 10		9	Geología		8
10 a 25		4	Qan		7
> 25		1	Qto/Kia		3
			Kia		5
			LLUVIAS tr-15		6
			142 mm		7

Tabla 1.3. Pesos de los Mapas que definen el mapa de Amenazas por remoción en masa en la cabecera urbana del municipio de Aguadas

Mapa	Peso
Persistencia	7
Susceptibilidad	4
Factor Lluvias	2

13.2. Amenaza por Inundación Cabecera Municipal de Aguadas

El casco urbano del municipio de Aguadas Caldas, posee dos corrientes principales, una de ellas cruza la cabecera en sentido sur norte, presenta un tramo con una canalización en box culvert de 326 m y una sección promedio de 1.20 m x 1.20 m en concreto. Esta canalización corresponde al tramo del cauce de la quebrada La Tenería que cruza cerca del Estadio de fútbol Olivares, la localización de esta conducción se realizó utilizando la cartografía del proyecto, levantamientos no detallados en campo del grupo de trabajo y cartografía de otros estudios. Para determinar la zonificación de la amenaza por inundación fue necesario aplicar estudios hidrológicos e hidráulicos, sobre las corrientes que cruzan el municipio.

El estudio hidrológico se realizó aplicando técnicas multi-modelo que van desde metodologías empíricas para cuencas de áreas menores a 2 Km², pasando por hidrogramas unitarios sintéticos y modelación hidrológica distribuida semi-distribuida y agregada para cuencas de áreas superiores.

Los estudios hidrológicos requirieron de la caracterización fisiográfica y morfométrica de las cuencas, la estimación de las lluvias de diseño para los diferentes periodos de retorno y el cálculo final de los caudales asociados.

El caso particular del municipio de Aguadas, se dividieron las corrientes en dos sub-cuencas debido a que las dos corrientes que presentan una jerarquía importante están localizadas en zonas diferentes dentro de la cabecera urbana: Aguas Claras y La Tenería (ver Figura 1.3) y se estimaron los caudales aplicando metodologías empíricas dado el tamaño de las Sub-cuencas estudiadas. En archivo digital adjunto (ver Anexo 4_Aguadas) se encuentran las memorias de cálculo con todos los métodos aplicados. La tabla 1.4 muestra los resultados obtenidos para las sub-cuencas de la cabecera municipal de Aguadas.

Tabla 1.4. Caudales estimados para las Sub-cuencas de la cabecera municipal de Aguadas.

Nombre	Área (Km2)	PPT 15 (mm)	PPT 100 (mm)	Coef. Escorrentía Tr 15	Coef. Escorrentía Tr 100	Q (m ³ /s) Tr=15 años	Q (m ³ /s) Tr=100 años
Sub-cuenca 1-Aguas Claras	0.9434	78.152308	102.061	0.490	0.530	7.24	10.60
Sub-cuenca 2- La Tenería	0.9071	74.9988096	97.534	0.490	0.530	6.40	9.37

Las imágenes LIDAR y los resultados del estudio hidrológico son el insumo fundamental de los estudios hidráulicos, los cuales se desarrollan modelando las corrientes presentes en la cabecera municipal de Aguadas en el software HEC RAS, el cual requiere que se definan secciones transversales del cauce, el eje del río y las bancas, ver Figura 1.4.

En vista de la necesidad de generar una modelación completa de la corriente, se generaron dos escenarios:

El primero corresponde a un modelo que simula la conducción tapada donde el flujo pasa por la parte superior del boxculvert, ya que en este escenario generalmente se sobrepasa el flujo debido al material transportado por las corrientes o simplemente por colapso de la estructura por falta de mantenimiento de las mismas que es el caso más frecuente.

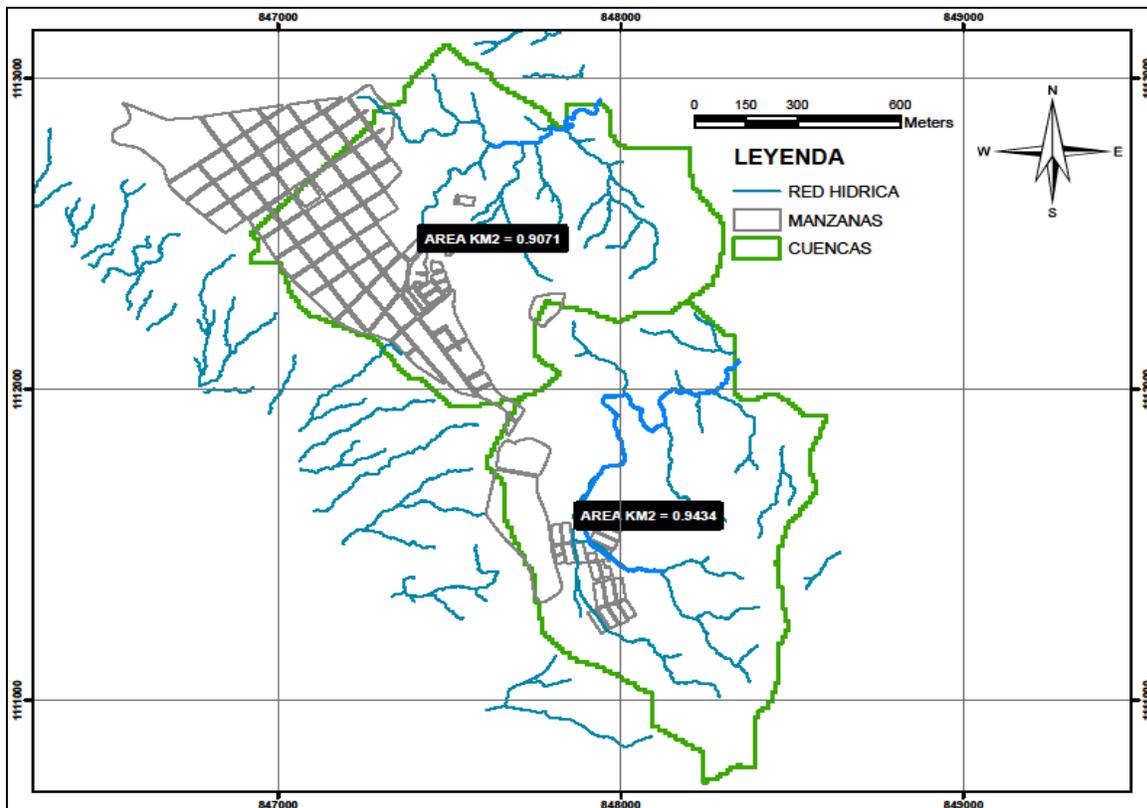


Figura 1.3. Sub-cuencas hidrográficas de la cabecera municipal de Aguadas, la del sector norte corresponde a Aguas Claras y la del sector sur a La Tenería.

En el otro escenario, se corta el terreno en secciones siguiendo la cartografía horizontal y vertical encontrada, para generar una modelación aproximada del posible funcionamiento y eficiencia de esta estructura, con una condición falsa de canal abierto y entendiendo que en caso de que el flujo sobrepase los niveles correspondientes a la sección de la estructura, esta estaría trabajando a presión y generaría una dinámica hidráulica diferente.

Debido a lo anterior, es preciso plantear soluciones de tipo hidráulico, ya sea por ineficiencia o presurizaciones que generan reflujos en las viviendas o en la red de alcantarillado por conexión directa de este tipo de elementos, es necesario realizar estudios y levantamientos detallados en estas zonas de afectación con el fin de generar soluciones adecuadas a los diferentes problemas detectados en los escenarios planteados, además de una inspección visual en las obras donde se pueda evaluar el estado de estas.

La combinación de los dos modelos permite zonificar la amenaza por inundación del municipio de Aguadas, combinando los mapas de velocidad y calado resultado de los modelos hidráulicos. La Figura 1.4 muestra las zonas donde se corrió el modelo hidráulico de la cabecera municipal de Aguadas.

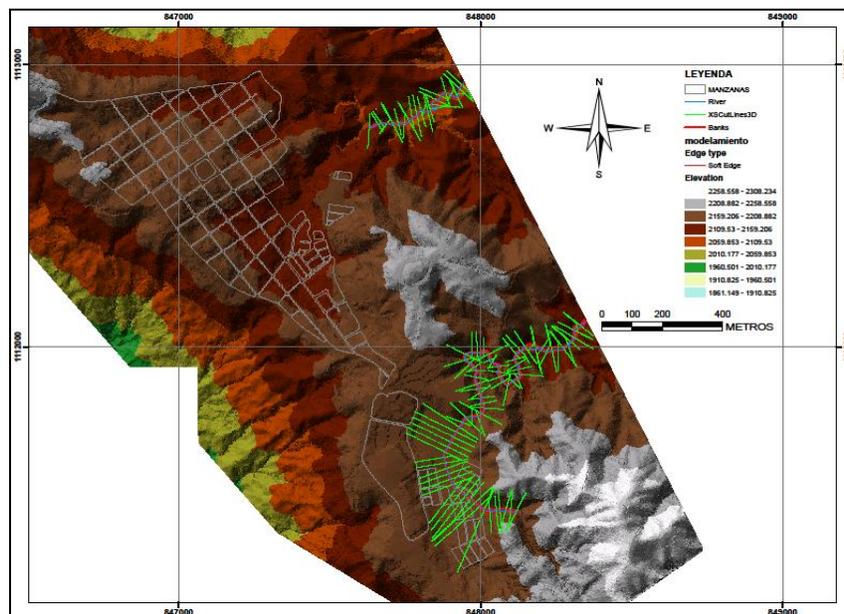


Figura 1.4.Modelo hidráulico de la cabecera municipal de Aguadas.

La zonificación de amenaza por inundación se realiza combinando y reclasificando los mapas de velocidad y calado, donde se muestra un predominio de amenaza alta a lo largo del cauce canalizado de la quebrada La Tenería en la parte sur de la cabecera municipal de Aguadas, y también hay amenaza alta por inundación en la quebrada Aguas Claras, al noreste por fuera del perímetro urbano, los resultados se muestran en la Figura 1.5 y en el Anexo 1, Mapa 13.14.

La situación de mayor amenaza se presenta al sur de la cabecera municipal en la sub-cuenca de la quebrada La Tenería, que cruza el barrio Víctor Renán Barco y luego sigue en un box culvert en el relleno del Estadio Olivares y continúa al sureste de la cabecera por fuera del perímetro urbano. Con la modelación se concluye que el box culvert no tiene la capacidad de drenar toda el agua en este sector, de ahí la amenaza por inundación alta en el sector noroccidental del barrio Víctor Renán Barco y en el suroriente del Estadio, pero ya se han tomado medidas en este sector, como elevar el nivel de entrada de las casas que se afectan por las inundaciones.

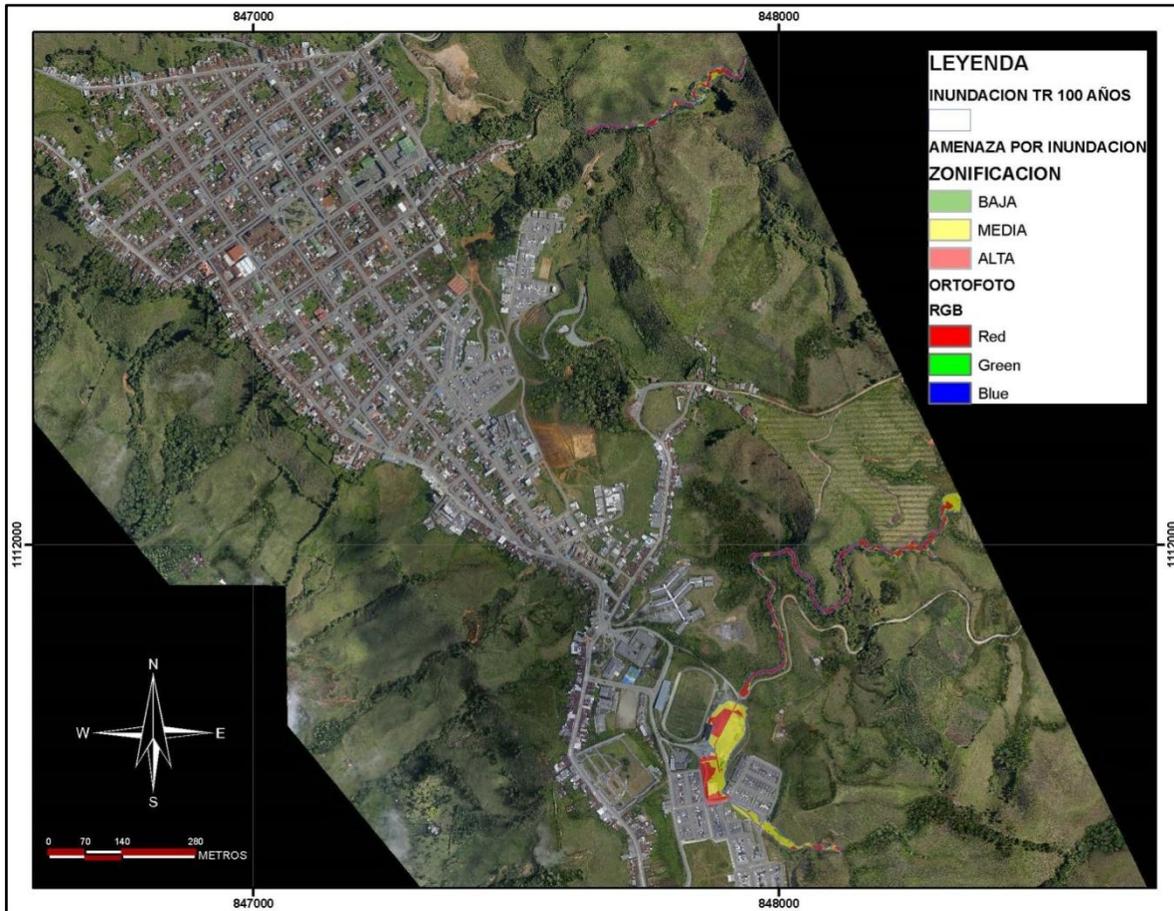


Figura 1.5.Ortofoto mostrando la zonificación de la amenaza por inundación en la cabecera municipal de Aguadas.

13.3. Vulnerabilidad para el Municipio de Aguadas

Para localizar los datos de las encuestas del Sisben de la cabecera municipal se elaboró un mapa de barrios de acuerdo con la nomenclatura manejada del Sisben, este mapa se muestra en el Anexo 1, Mapa 13.15, todos los datos de la encuesta se ubicaron en este mapa.

La evaluación de la vulnerabilidad del municipio de Aguadas se dividió en dos temas, la física y la Socio-económica, de acuerdo con la metodología se establecieron los factores a evaluar en cada tema y luego se reclasificaron sus pesos, y se procesaron los factores sociales y físicos en el software ILWIS, y como resultado se definieron los mapas de vulnerabilidad social y física, los cuales con

un peso de 0,4 y 0,6 respectivamente se sumaron para obtener un mapa final de vulnerabilidad del municipio.

En la Tabla 1.5 se muestran los valores promedio en porcentaje en cada una de las categorías de vulnerabilidad para los diferentes factores y sus clases tenidas en cuenta en la evaluación de este ítem.

En el **mapa de vulnerabilidad del** municipio de Aguadas, ver Anexo 1, Mapa 13.16 se observa que la vulnerabilidad baja se concentra en toda la periferia sur, oriental y norte, y pequeños sectores de la periferia occidental de la cabecera municipal, estas zonas de vulnerabilidad baja también se corresponden a las áreas donde no hay información del Sisben.

La vulnerabilidad media de acuerdo con los valores obtenidos se localiza en un sector noroccidental de la cabecera municipal, el centro del casco urbano y en pequeños sectores en el sur en el Barrio San Vicente, ver Anexo 1, Mapa 13.16, son sectores que se identifican con las siguientes variables extractadas del Sisben: la salud corresponde principalmente a afiliados al Sisben en un 70%, con ingresos bajos en un 89%, tenencia de casa tanto propia como en arriendo, con educación superior dominante sobre la primaria, pero un 18% sin educación, y los grupos etáreos corresponden principalmente al grupo de personas adultas entre 14 y 65 años, el índice de densidad de población es de un valor de 0,010 personas/m², la tipología de vivienda es mayoritariamente de bahareque y mampostería, y las alturas de las viviendas tienen entre 3 y 6 m.

Tabla 1.5. Porcentaje de los valores de los factores en las diferentes categorías de Vulnerabilidad en la cabecera municipal de Aguadas

Factores	Vulnerabilidad	
	Media	Alta
SALUD		
Pagada	36	17
Subsidiada	51	70
Ninguna	13	14
INGRESOS		
< 1 SMLV	89	97
1 - 2 SMLV	7	2
> 2 SMLV	4	1
TENENCIA		
Arriendo	33	40

Propia	57	43
Otra	10	17
EDUCACIÓN		
Ninguna	18	19
Primaria	31	25
Secundaria	5	6
Superior	47	50
GRUPOS ETÁREOS		
Niños	18	21
Adultos	70	68
Mayores	13	11
DENS. POBLAC.		
Personas /m ²	0,010	0,028
TIPOLOGÍA		
Mampostería	43	28
Bahareque	56	71
Mixto	1	2
ALTURAS		
VALOR en m	3-6m	0-3m

La vulnerabilidad alta se localiza principalmente en el sector suroriental y en pequeños sectores de la parte noroccidental y central de la cabecera municipal, ver Anexo 1, Mapa 13.16. Son sectores donde la salud es mayoritariamente subsidiada, con ingresos bajos en un 97%, tenencia de casa tanto propia como en arriendo, con educación superior mayor que la primaria, pero un 19% sin educación, y los grupos etáreos corresponden principalmente al grupo de personas adultas entre 14 y 65 años, el índice de densidad de población es de un valor de 0,028 personas/m², la tipología de vivienda es mayoritariamente de bahareque, y las alturas de las viviendas están entre 0 y 3 m.

13.4. Riesgo

13.4.1. Riesgo por Remoción en Masa

Para la evaluación del riesgo por remoción en masa, se evaluó la exposición de los elementos de la infraestructura de la cabecera municipal seleccionando las zonas urbanas categorizadas como Urbano 1, 2 y 3 en el mapa de uso del suelo

(ver Anexo 1, Mapa 13.2). Estas áreas se cruzaron con el mapa de amenazas por remoción en masa, Anexo 1, Mapa 13.13 y el mapa de vulnerabilidad, Anexo 1, Mapa 13.16 para obtener el mapa de Riesgo que se presenta en el Anexo 1, Mapa 13.17. Las zonas de riesgo alto se localizan en la periferia nororiental, norte, suroriental, sur y pequeñas áreas en la periferia oriental y en las áreas aledañas a los taludes donde se “recuestan” la mayoría de las casas en la Calle Real en el sector noroccidental de la cabecera municipal. Las áreas con riesgo muy alto se localizan en el sector de Colegurre en el noreste, parte alta de San Diego al este, y en el sector de la Plaza de Ferias al sur, en el sector norte del Barrio San Francisco.

La cuantificación de la exposición se hace mediante el conteo y medición de infraestructura afectada a partir de la ortofoto, ver Anexo 5_Aguadas, en riesgo alto alcanzan se ubican 208 viviendas y en riesgo muy alto, 63 viviendas. El número de viviendas en riesgo alto y muy alto por estar también localizadas en zonas de vulnerabilidad alta, hace a las comunidades menos resilientes al riesgo por remoción en masa. La mitigación de los riesgos se debe priorizar en las viviendas que están en zonas de riesgo muy alto, el número de alto de viviendas en alto riesgo está relacionado a que la mayoría están ubicadas en la zona de mayor consolidación de la cabecera municipal, urbano 1 en el mapa 13.2 del Anexo 1.

Una vez determinada la posibilidad de disminuir bien sea la amenaza o la exposición en estos sectores por medio de obras de mitigación y/o prevención se procederá a re-categorizar dichas zonas como de riesgo Mitigables o No Mitigables de acuerdo a los lineamientos exigidos por Corpocaldas, ver Fichas de las medidas de mitigación recomendadas en el Anexo 6_Aguadas. En cuanto a la vulnerabilidad socioeconómica se debe tener muy en cuenta para contextualizar los impactos de las áreas en riesgo teniendo en cuenta la sensibilidad y las capacidades adaptativas con base en los factores definidos en el mapa de vulnerabilidad de la cabecera municipal y tomada de la información suministrada por el Sisben. Con respecto a esta información del Sisben se debería tener una forma de verificación de la estadística de los resultados de estas encuestas, porque el sesgo en algunas de las variables de las encuestas en Aguadas, como educación es bastante alto.

13.4.2. Riesgo por Inundaciones

El mapa de riesgo por inundaciones se hizo mediante el cruce del mapa de amenazas por inundaciones, Anexo 1, Mapa 13.14 con el mapa de vulnerabilidad Anexo 1, Mapa 13.16, y este cruce se superpuso sobre el mapa reclasificado del uso del suelo y la ortofoto, donde se establecen las zonas de riesgo en los diferentes drenajes, ver Anexo 1, Mapa 13.18. En la Tabla 1.6 se muestran los

cruces y las clases de riesgo resultante. Las zonas de Riesgo alto se localizan en las riberas del río Santo Domingo principalmente en el suroccidente y el nororiente de la cabecera municipal, en las zonas aledañas a las quebradas San Antonio, San Roque y El Palo en su cruce por la parte centro y sur de la cabecera municipal. Las zonas de riesgo muy alto se ubican en sectores muy localizados del río Santo Domingo, por ejemplo cerca del Barrio Milenio I, en la zona de talleres a la entrada nororiental de la cabecera municipal, y también en pequeños sectores de las quebradas San Antonio y San Roque.

Tabla 1.6. Riesgo resultante del Cruce de las clases de Amenaza por Inundaciones y la Vulnerabilidad.

		AMENAZA POR INUNDACIONES		
		Baja	Media	Alta
VULNERABILIDAD	Baja			
	Media			
	Alta			

RIESGO POR INUNDACIONES	
BAJO	
MEDIO	
ALTO	
MUY ALTO	

La cuantificación de la exposición se hace mediante el conteo y medición de infraestructura afectada a partir de la ortofoto, ver Anexo 5_Aguadas, en riesgo alto se ubican 48 viviendas y en riesgo muy alto, 47 viviendas. El riesgo por inundación es impulsado en la cabecera municipal por la ocupación de las zonas de llanura aluvial de los drenajes subsidiarios del río Santo Domingo, y las grandes pendientes de la ladera noroccidental de la cabecera municipal.

Para la información sobre la modelación ver Anexo 4_Aguadas. Una vez determinada la posibilidad de disminuir bien sea la amenaza o la exposición en estos sectores por medio de obras de mitigación y/o prevención se procederá a re-categorizar dichas zonas como de riesgo Mitigables o No Mitigables de acuerdo a los lineamientos exigidos por Corpocaldas. En cuanto a la vulnerabilidad socioeconómica se deben contextualizar los impactos de las áreas en riesgo por inundación tomando en cuenta la sensibilidad y las capacidades adaptativas de acuerdo con los factores definidos en el mapa de vulnerabilidad de la cabecera

municipal y que fueron definidos con base en la información de las encuestas del Sisben.

13.5. Centros Poblados de Desarrollo Restringido en el Municipio de Aguadas

El corregimiento de Arma es el único centro poblado estudiado en este proyecto en el municipio de Aguadas, solo contamos con imágenes Google Earth para la ubicación de los resultados del trabajo de campo.

13.5.1. Corregimiento de Arma

El corregimiento de Arma se localiza en el sector suroccidental del municipio de Aguadas sobre un antiguo valle rellenado de un espeso depósito coluvial, la disposición general del corregimiento se muestra en la Figura 1.6, donde el parque central del corregimiento (donde se localiza la torre de la iglesia) se constituye en un parte-aguas limitando las partes sur y norte del mismo que tienen pendientes contrastantes.

El basamento aflorante en el sector del corregimiento son las rocas sedimentarias de la Formación Amaga, especialmente lodolitas y areniscas que son suprayacidas por un espeso coluvión de bloques, ver Figura 1.7, este coluvión contiene mega-bloques de rocas metamórficas del Complejo Cajamarca y de areniscas y conglomerados de la Formación Amagá (ver Figura 1.8), estos bloques están embebidos en una matriz guijarrosa y arenosa con fragmentos principalmente de areniscas y de lodolitas de la Formación Amagá.



Figura 1.6. Corregimiento de Arma, Panorámica general. Fecha de la fotografía: Mayo 2 de 2013.

En la Figura 1.9 se observa la localización de las estaciones del trabajo de campo donde se definieron la estratigrafía del corregimiento y los puntos críticos relacionados a procesos erosivos que los estaban afectando.

PUNTOS CRITICOS

Deslizamientos

Sobre la vía de entrada al Corregimiento viniendo de La Pintada, en la estación AR-1, Figura 1,9, que aunque se localiza por fuera del perímetro del Corregimiento, es el principal punto crítico por deslizamiento, por afectar el talud superior de la carretera que comunica con La Pintada, ver Figura 1.10, es un deslizamiento complejo activo de 125 m. de largo y con altura variable entre 15 y 20 m, este deslizamiento está afectando el talud superior de la carretera donde aflora un coluvión antiguo compuesto por bloques de composición volcánica (dacitas y andesitas) en una matriz muy gruesa de fragmentos volcánicos, el área fuente de este coluvión es un cuerpo porfíritico que aflora por fuera del perímetro, al occidente y norte del corregimiento. Ver Anexo 6_Arma para las recomendaciones geotécnicas para la mitigación de la zona de riesgo por este proceso erosivo activo.



Figura 1.7. Perfil geológico representativo del corregimiento Arma, hacia la base capas de lodolitas de la Formación Amagá de varios colores suprayacidas por el coluvión de bloques de color amarillo, sector del Hospital al SW del corregimiento, dirección de la fotografía: N290°.



Figura 1.8. Mega-bloques del Coluvi6n, **Izquierda:** Cuarzita del basamento metam6rfico, Complejo Cajamarca en el Barrio V6ctor Ren6n Barco. **Derecha:** Arenisca cuarzosa de la Formaci6n Amag6 en el Barrio La Cuchilla.

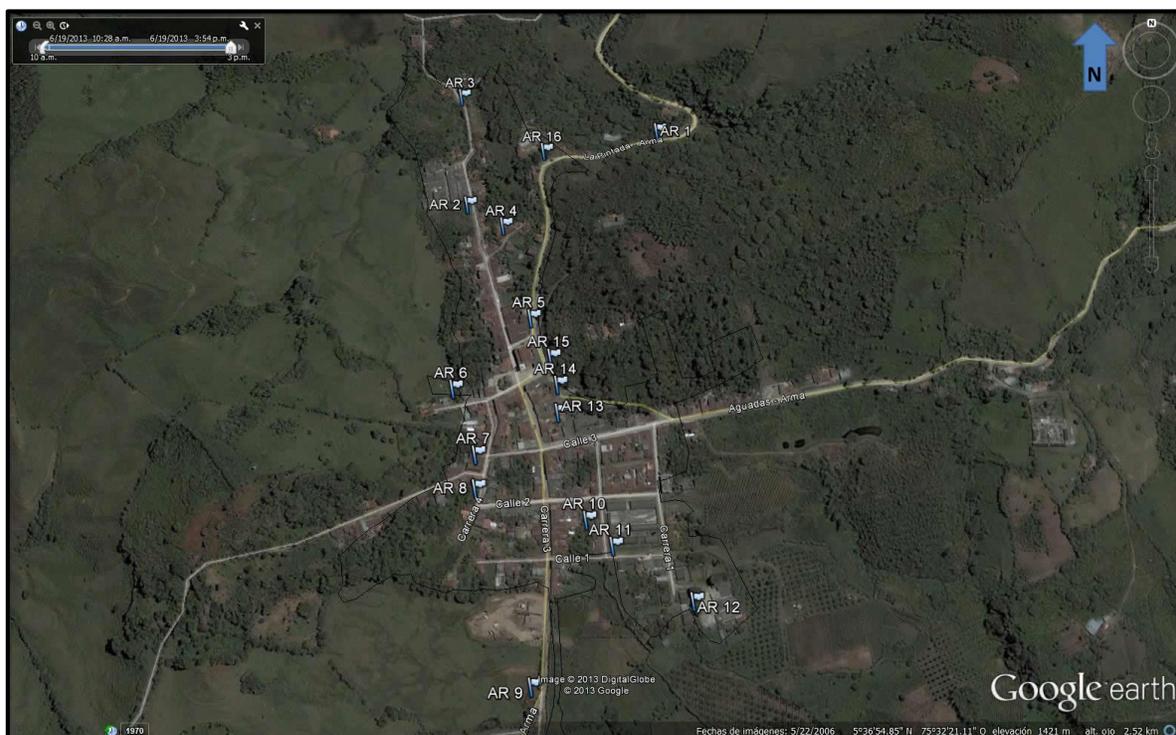


Figura 1.9. Mapa de localizaci6n de las estaciones de campo, base: Imagen Google Earth de Mayo de 2006.



Figura 1.10.Izquierda: Deslizamiento complejo a la entrada del corregimiento (estación AR-1 en la Figura 1.9), se nota el último evento que cubrió parcialmente el muro de gaviones (longitud: 86 m, altura: 3 m), dirección de la fotografía: N200°.

Derecha: afectación por el flujo de lodo en Marzo de 2013 de dos viviendas vecinas localizadas al frente del deslizamiento. Ver Anexo 6_Arma.

En el sector de la Variante cuando esta cruza por detrás de la Iglesia del corregimiento (sector Este) se presenta un deslizamiento que tiene una longitud de 14,62 m y una altura de 17,40 m, en su parte sur tiene un muro de gaviones con mampostería con una longitud de 18,30 m y una altura de 4,08 m y un pantalla que protege el talud superior de la variante, pero aún se observa actividad en la parte norte del deslizamiento, ver Figura 1.11. Ver Anexo 6_Arma para recomendaciones sobre la mitigación del riesgo en este sector de la variante.



Figura 1.11. Deslizamiento en el sector Oriental del corregimiento sobre la variante, estación AR-5 (localización en Figura 1.9). **Izquierda:** Muro de gaviones con lechada de concreto. **Derecha:** Corona y cuerpo del deslizamiento sobre la parte norte del muro de gaviones. Se observa a la izquierda una pantalla de protección del talud inferior de la carretera de entrada a una finca.

Otros sitios críticos por probabilidad alta de ocurrencia de deslizamientos se observaron en la vía de entrada de La Pintada al corregimiento, sector Nororiental en la parte baja de la carretera, por estar las viviendas sobre taludes sub-verticales y por uso del suelo en la ladera de cultivos limpios y de mal manejo de aguas lluvias y de las que no se recogen de la carretera, ver Anexo 6_Arma para recomendaciones de obras de mitigación para este sector. Y el talud superior de la carretera en el mismo sector que presenta las mismas condiciones geomorfológicas y de litología donde ocurre el deslizamiento mostrado en la Figura 1.11 En la salida Sur del corregimiento cerca al límite urbano, se presenta un deslizamiento que afectó la vía en su parte superior pero está mitigado con un muro en concreto que detuvo los bloques del coluvión con una longitud de 6,71 m y una altura de 4,98 m, estación AR-9 en la Figura 1.9.

Avenidas Torrenciales

En el sector occidental del corregimiento en el Barrio La Cuchilla en el cruce de la carrera 9 con la calle 3, se presen evidencias de avenidas torrenciales que se producen por aguaceros intensos que removilizan el material suelto de la calle que es destapada y que tiene una pendiente alta en sentido Este, y afecta las viviendas aledañas a medida que se produce la concentración de materiales en el sector, ver Figura 1.12.



Figura 1.12. Sector de la Carrera 9 con Calle 3 donde se producen las avenidas torrenciales, estación AR-7 (localización en Figura 1.9), **Izquierda:** Calle destapada con material suelto que es arrastrado en épocas de lluvias intensas. **Derecha:** altura máxima de inundación observada de 40 cm sobre las viviendas aledañas a la salida del torrente.

Reptación en el Corregimiento de Arma

Durante la visita de campo se observaron agrietamientos afectando la infraestructura física del corregimiento, construcciones y vías sobre todo en la parte Central y Sur del corregimiento, como se observa en la Figura 1.13, la orientación de la grietas en su mayoría de tensión tienen dirección E-W y en menor proporción NW-SE y N-S, por la afectación de la mayor parte del corregimiento como se observa en la Figura 1.14, es probable que se deba a una reptación del coluvión sobre las capas de la Formación Amaga. Esta situación de los agrietamientos se intensifica cuando suceden sismos en la zona, de acuerdo con múltiples recuentos de los eventos por parte de los habitantes del corregimiento.





Figura 1.13. Agrietamientos en el Corregimiento de Arma, **Arriba izquierda**, en muros y pisos (estación AR-8), **Arriba derecha**, en las paredes y techo (estación AR-10), **Centro izquierda**, en muros y techos (estación AR-11), **Centro derecha** en pisos y muros de la terraza de la casa (estación AR-14), **Abajo izquierda**, sobre la variante (estación AR-15) y **Abajo derecha** en muros, pisos y escaleras del Colegio(estación AR-12); localización de las estaciones en la Figura 1.9.

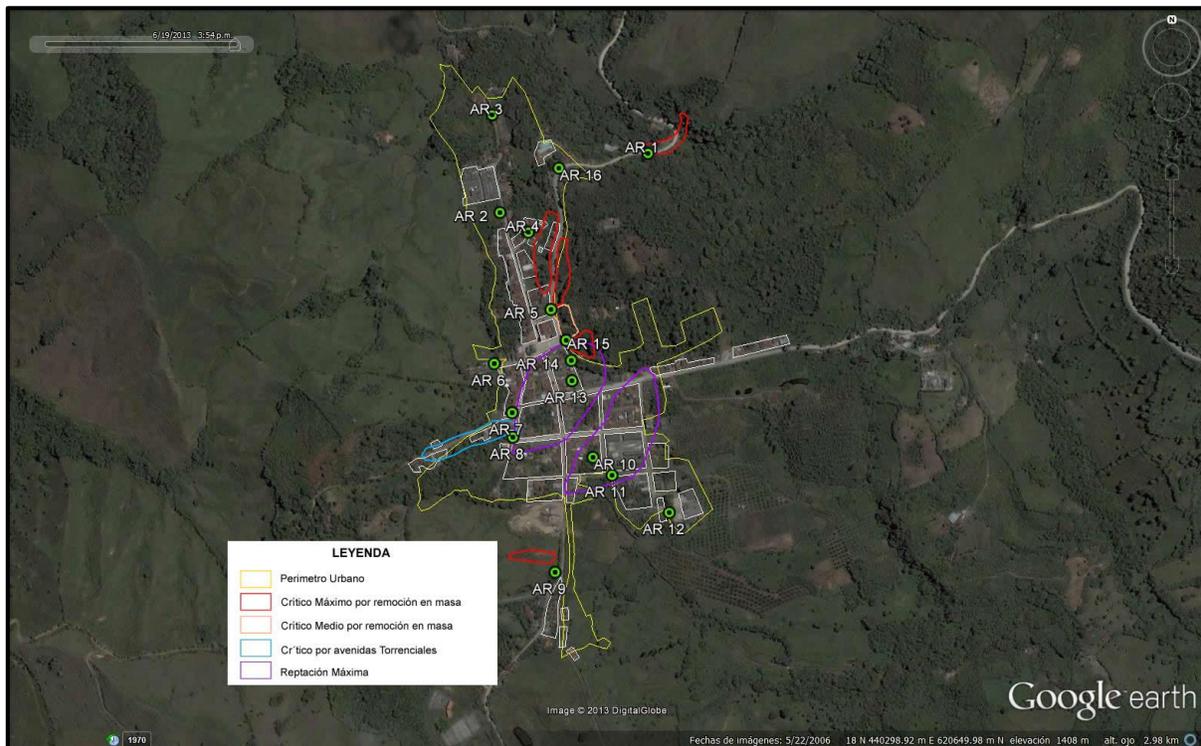


Figura 1.14. Localización de los puntos críticos asociados a deslizamientos, avenidas torrenciales y a reptación en el corregimiento de Arma.

OBSERVACIONES

Según datos del Sisben febrero de 2013, el corregimiento de Arma del municipio de Aguadas cuenta con 244 habitantes, en la Figura 1.15 se muestran los porcentajes de las diferentes clases de las variables socio-económicas y físicas extractadas de las encuestas del Sisben. Las viviendas son básicamente unifamiliares principalmente casas o apartamentos, de propiedad de los habitantes principalmente y en menor proporción en arriendo, las paredes de las viviendas son en su gran mayoría de guadua, caña u otros materiales y bahareque, y los pisos en tierra o arena, las viviendas tienen principalmente 2 cuartos y en el 100% de las viviendas habitan entre 1 y 5 personas, el 70% de los habitantes cuenta con seguro social por descuento o pago; el nivel educativo es principalmente primaria. Los ingresos son bajos en general dominando los menores de \$300.000.00, las edades varían pero predominan los grupos entre 6 y 18 años y entre 30 y 50 años. Cuenta el corregimiento con los servicios sociales básicos, Hospital en una nueva área, centros educativos, Policía y Junta de Acción Comunal y Ancianato.

Es necesario evaluar con varias técnicas geofísicas (registros eléctricos, sísmica de reflexión y/o magneto-telúrica, georadar, etc.), la zona de reptación máxima mapeada en campo, para probar donde se ubica la superficie de reptación y si está relacionada a aguas subterráneas o al alcantarillado, el espesor del coluvión y la comunicación entre los diferentes sistemas de grietas. También es necesario evaluar la relación entre los tipos de construcción que se definen en el corregimiento, ver Figura 1.15 tipos de pisos y paredes, y su afectación por esta reptación con miras a mitigar el impacto de este movimiento lento.

En el Anexo 6_Arma se hacen las recomendaciones de obras para los diferentes sectores afectados por eventos de remoción en masa y también se hacen recomendaciones generales para el manejo de la reptación que afecta la parte sur del corregimiento, el deslizamiento a la entrada norte del corregimiento, y se hacen anotaciones sobre la tipología de las construcciones y su afectación por el fenómeno de reptación que las ataca.

Pero también, es necesario adelantar acciones estructurales que mejoran las condiciones de los habitantes en este corregimiento como es la educación, ya que mejorando este aspecto junto con las otras condiciones sociales y económicas precarias mostradas en la Figura 1.11, como el tipo de paredes, hacinamiento e ingresos, la percepción del riesgo aumentaría en la población, y por lo tanto la resiliencia para eventos de remoción en masa. Todos los problemas relacionados a eventos de remoción en masa en este corregimiento también pueden conllevar problemas de comunicación en todo el occidente del municipio de Aguadas, ya



que el corregimiento de Arma se localiza directamente sobre la vía principal de comunicación de este sector con la cabecera municipal.

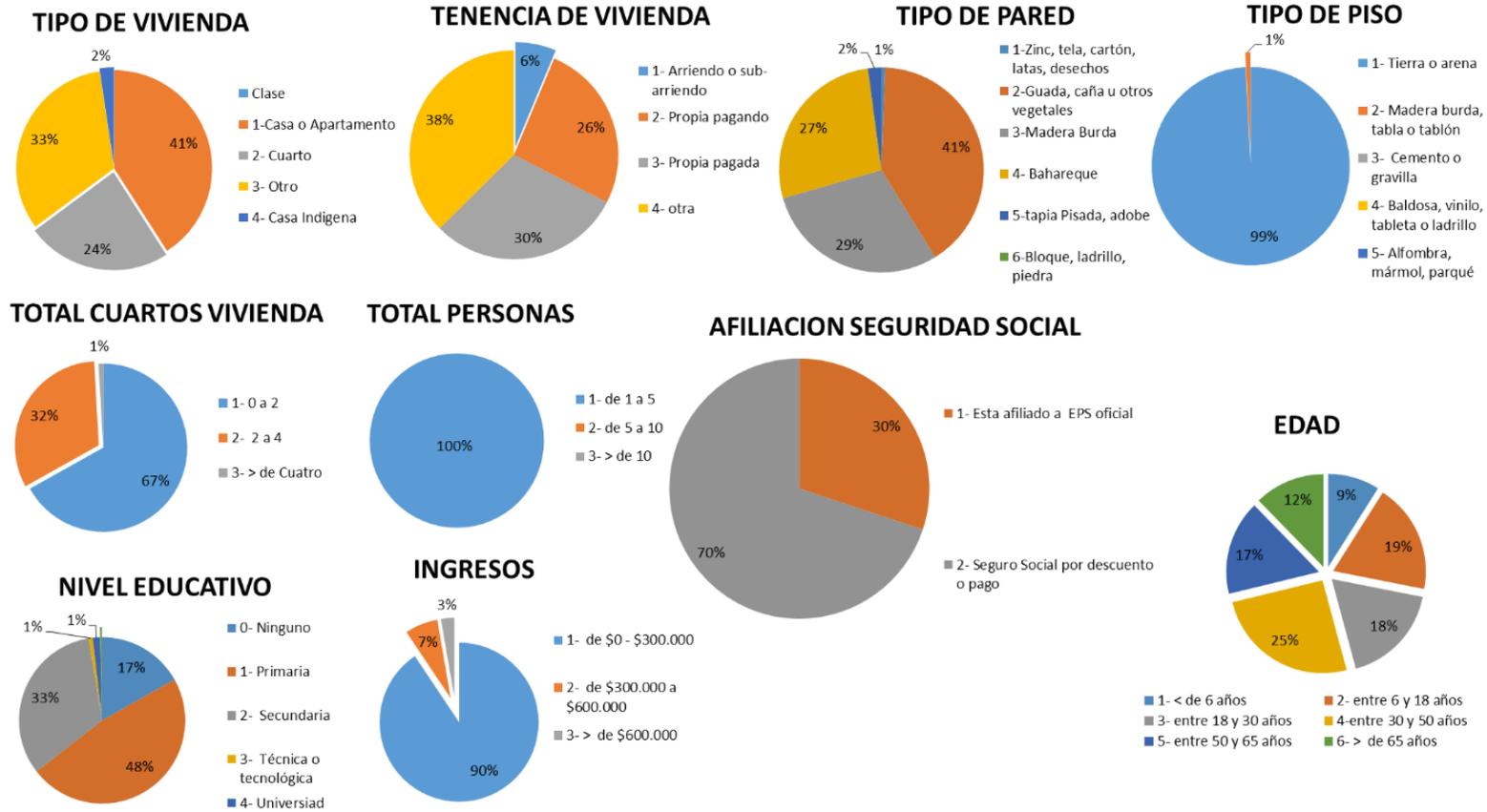


Figura 1.15. . Porcentajes de clases de las variables socio-económicas y físicas del Corregimiento de Arma.