

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## CONTROL DE CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD	Unidades
Original	CAM	1

## CAMBIOS REALIZADOS

Versión	Cambios realizados respecto a la versión anterior	Fecha
V1	Ajuste a observaciones	28/08/19

## APROBACIÓN CAMBIOS

Versión	Realizó	Revisó	Aprobó	Observaciones	Fecha
V0	JLN	MAV	FSS	Versión Inicial	09/11/18
V1	JLN	MAV	FSS	Versión Inicial	28/08/19

Realizó: JENNY LORENA NIÑO (JLN)  
 Revisó: MILTON ANDRÉS VIEDA (MAV)  
 Aprobó: FLAVIO SOLER SIERRA (FSS)

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	33
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	34
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	34
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	34
<b>3. LOCALIZACIÓN.....</b>	35
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN .....	36
<b>4. ACTIVIDADES REALIZADAS .....</b>	37
4.1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	37
4.1.1 Estudios Previos.....	37
4.1.2 Noticias Destacadas Respecto a la Zona de Estudio.....	39
4.2. VISITA TÉCNICA .....	40
<b>5. TOPOGRAFÍA.....</b>	41
5.1. REGISTRO FOTOGRÁFICO LOCALIZACIÓN DE LOS GCP .....	41
5.2. ORTOFOTO .....	42
5.3. OPERACIONES DE CAMPO .....	44
5.4. PROCESAMIENTO Y RESULTADOS.....	45
5.5. INFORME Y POST-PROCESO.....	45
5.6. PROCESAMIENTO DE ORTOFOTO Y DEM.....	46
<b>6. GEOLOGÍA .....</b>	49
6.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	49
6.2. GEOLOGÍA REGIONAL .....	50
6.2.1 Estratigrafía regional del municipio de Guadalupe .....	51
6.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	55
6.4. GEOLOGÍA LOCAL.....	58
6.4.1 Caracterización de las Unidades Geológicas de Ingeniería .....	58
6.4.2 Unidades Geológicas de Ingeniería (UGI).....	61
6.4.3 Condiciones Estructurales Locales .....	71

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

<b>7. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>73</b>
7.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	73
7.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL .....	74
7.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	75
7.4. MORFODINÁMICA.....	86
7.5. EROSIÓN .....	86
7.5.1 Erosión, tipo socavación lateral.....	86
7.5.2 Erosión, tipo laminar, en surcos y en cárcavas. ....	88
7.6. MOVIMIENTOS EN MASA .....	89
7.6.1 Deslizamientos .....	89
7.6.2 Reptación .....	90
7.6.3 Eventos .....	91
7.7. ANÁLISIS MULTITEMPORAL .....	92
7.8. DINÁMICA FLUVIAL.....	99
7.9. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS .....	109
7.9.1 Hidrogeología regional .....	110
7.9.2 Modelo hidrogeológico conceptual .....	112
7.9.3 Clasificación de las Unidades Hidrogeológicas .....	112
<b>8. CONDICIONES SISMOLÓGICAS.....</b>	<b>114</b>
<b>9. COBERTURA Y USO DEL SUELO.....</b>	<b>115</b>
9.1. METODOLOGÍA .....	115
9.2. RECOPILACIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	117
9.3. CARACTERIZACIÓN DE COBERTURAS.....	120
9.3.1 Análisis de Información .....	120
9.3.2 Caracterización de la cobertura vegetal .....	121
9.3.3 Descripción general de coberturas.....	122
9.3.4 Análisis de coberturas .....	139
<b>10. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA.....</b>	<b>143</b>

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

10.1. CLIMATOLOGÍA .....	144
10.1.1 Precipitaciones.....	145
10.1.2 Temperatura .....	146
10.1.3 Evaporación.....	148
10.1.4 Humedad relativa.....	149
10.1.5 Brillo solar .....	151
10.1.6 Punto de Rocío .....	152
10.2. TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS .....	153
10.3. ESTACIONES CERCANAS AL MUNICIPIO DE GUADALUPE .....	154
10.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA.....	155
10.4.1 Análisis de Precipitación Máxima y Curvas PDF e IDF.....	155
10.4.2 Curvas PDF e IDF de las estaciones representativas.....	161
<b>11. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....</b>	<b>176</b>
11.1. RESULTADOS DE EXPLORACIÓN INDIRECTA.....	178
11.2. RESULTADOS DE EXPLORACIÓN DIRECTA .....	182
11.2.1 Ensayos de laboratorio .....	183
11.2.2 Suelo Transportado fluvial, Aluvial Reciente, (Stfar).....	184
11.2.3 Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subreciente, (Stfasr) .....	189
11.2.4 Suelo Transportado fluvial, Aluvial activo, (Stfaa).....	193
11.2.5 Suelo Residual Formación Guapotón, (Sr-NP2ng) .....	197
11.2.6 Roca Meteorizada Formación Guapotón, (NP2ng-r).....	202
11.3. PERFIL GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO GUADALUPE .....	207
<b>12. AMENAZA .....</b>	<b>209</b>
12.1. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	209
12.1.1 Metodología .....	212
12.1.2 Marco teórico .....	212
12.1.3 Análisis de Equilibrio Límite .....	213
12.1.4 Método Probabilístico De Análisis De Estabilidad De Taludes-Simulación de Montecarlo.....	215

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

12.1.5	Definición de las distribuciones de probabilidad de las variables Independientes .....	217
12.1.6	Análisis de la Amenaza por Movimientos en Masa .....	219
12.1.7	Categorización de la Amenaza .....	225
12.1.8	Resultados de los Análisis de Estabilidad.....	226
12.1.9	Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa .....	236
12.2.	AMENAZA POR INUNDACIÓN .....	243
12.2.1	Metodología .....	243
12.2.2	Marco teórico .....	243
12.2.3	Área de estudio.....	245
12.2.4	Modelo de elevación (DEM).....	247
12.2.5	Estudio hidráulico tránsito de crecientes.....	247
12.2.6	Definición de geometría .....	248
12.2.7	Calibración del Modelo.....	253
12.2.8	Modelación de Caudales para los periodos de retorno de estudio.	254
12.2.9	Estructuras hidráulicas.....	254
12.2.10	Análisis de Creciente para un período de retorno de 100 años ....	255
12.2.11	Definición 2D Flow Área.....	263
12.2.12	Modelación HEC – RAS 2D .....	264
12.2.13	Categorización de la Amenaza por Inundación.....	267
12.2.14	Evaluación de la amenaza .....	267
12.3.	AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL .....	270
12.3.1	Metodología .....	270
12.3.2	Marco teórico .....	272
12.3.3	Esquematización del modelo .....	275
12.3.4	Ánalisis de resultados .....	278
13.	<b>VULNERABILIDAD .....</b>	283

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

<b>13.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL</b>	284
13.1.1 Metodología AHP .....	284
13.1.2 Obtención de los pesos ponderados.....	285
13.1.3 Fuzzificación de la matriz de comparaciones.....	287
13.1.4 Combinación lineal ponderada (WLC) .....	291
13.1.5 Ponderación promedio ordenada (OWA) .....	291
<b>13.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA</b> .....	292
13.2.1 Vulnerabilidad Física por Movimientos en Masa.....	293
13.2.2 Vulnerabilidad Física por Inundaciones .....	302
13.2.3 Vulnerabilidad física por Avenidas Torrenciales .....	310
13.2.4 Análisis de resultados vulnerabilidad física por movimientos en masa	330
13.2.5 Análisis de resultados vulnerabilidad física por inundaciones.....	333
13.2.6 Análisis de resultados vulnerabilidad física por avenida torrencial	336
<b>13.3. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL</b> .....	339
13.3.1 Análisis de resultados vulnerabilidad social .....	355
<b>13.4. VULNERABILIDAD TOTAL</b> .....	357
13.4.1 Categorización de la vulnerabilidad Total .....	358
13.4.2 Análisis de resultados vulnerabilidad total por movimientos en masa	358
13.4.3 Análisis de resultados vulnerabilidad total por inundaciones .....	361
13.4.4 Análisis de resultados vulnerabilidad total por avenida torrencial .	363
<b>14. RIESGO</b> .....	365
<b>14.1. GENERALIDADES</b> .....	365
14.1.1 Costo directo de los elementos en riesgo .....	365
<b>14.2. MÉTODO DE ANÁLISIS</b> .....	368
<b>14.3. CÁLCULO DEL RIESGO GLOBAL POR ZONA</b> .....	372
<b>14.4. CRITERIOS APLICADOS</b> .....	372

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

14.5.	RESULTADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	374
14.6.	RESULTADOS POR INUNDACIÓN .....	378
14.7.	RESULTADOS POR AVENIDA TORRENCIAL .....	382
14.8.	MITIGABILIDAD DEL RIESGO ALTO.....	386
14.8.1	Mitigabilidad por Movimientos en masa .....	386
14.8.2	Mitigabilidad por Inundación .....	386
14.8.3	Mitigabilidad por Avenida Torrencial .....	386
<b>15.</b>	<b>RONDA HÍDRICA Y ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>390</b>
15.1.	RONDA HÍDRICA .....	390
15.1.1	Elementos constituyentes de la ronda hídrica.....	391
15.1.2	Estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas. ....	393
15.2.	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL .....	394
15.2.1	Metodología de Zonificación .....	394
<b>16.</b>	<b>MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....</b>	<b>405</b>
16.1.	MOVIMIENTOS EN MASA .....	405
16.1.1	Medidas Estructurales.....	406
16.1.2	Medidas No Estructurales .....	410
16.2.	INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL .....	413
16.2.1	Zona A .....	413
16.2.2	Zona B .....	417
16.2.3	Zona C .....	420
16.2.4	Zona PTAR .....	423
<b>17.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>427</b>
17.1.	AMENAZA.....	427
17.2.	VULNERABILIDAD .....	430
17.3.	RIESGO .....	431
<b>18.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>436</b>

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## ANEXOS GENERALES

**Anexo 1. TOPOGRAFÍA**

**Anexo 2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

**Anexo 3. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA**

**Anexo 4. AMENAZA**

**Anexo 5. VULNERABILIDAD Y RIESGO**

**Anexo 6. MAPAS**

**Anexo 7. PLANOS DE OBRAS**

**Anexo 8. PRESUPUESTOS**

**Anexo 9. GEODATABASE**

## LISTA DE PLANOS GENERALES

PL-01 PLANTA TOPOGRÁFICA	GE426-GDP-PSIG-TPG-001-00
PL-02 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL	GE426-GDP-PSIG-MD-001-00
PL-03 IMAGEN SATELITAL	GE426-GDP-PSIG-ILS-001-00
PL-04 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	GE426-GDP-PSIG-ES-001-00
PL-05 COBERTURA Y USO DE SUELO	GE426-GDP-PSIG-CS-001-00
PL-06 GEOLOGÍA	GE426-GDP-PSIG-GE-001-00
PL-07 GEOMORFOLOGÍA	GE426-GDP-PSIG-GM-001-00
PL-08 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA	GE426-GDP-PSIG-ARM-001-00
PL-08 AMENAZA POR INUNDACIÓN	GE426-GDP-PSIG-AZI-001-00
PL-08 AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL	GE426-GDP-PSIG-AAT-001-00
PL-09 VULNERABILIDAD SOCIAL	GE426-GDP-PSIG-VSC-001-00
PL-09 VULNERABILIDAD FÍSICA AV. TORRENCIAL	GE426-GDP-PSIG-VFA-001-00
PL-09 VULNERABILIDAD FÍSICA INUNDACIÓN	GE426-GDP-PSIG-VFI-001-00
PL-09 VULNERABILIDAD FÍSICA MOV. EN MASA	GE426-GDP-PSIG-VFM-001-00
PL-09 VULNERABILIDAD TOTAL AV. TORRENCIAL	GE426-GDP-PSIG-VTA-001-00
PL-09 VULNERABILIDAD TOTAL INUNDACIÓN	GE426-GDP-PSIG-VTI-001-00
PL-09 VULNERABILIDAD TOTAL MOVIMIENTOS	GE426-GDP-PSIG-VTM-001-00

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

PL-10 RIESGO POR AV. TORRENCIAL	GE426-GDP-PSIG-RAT-001-00
PL-10 RIESGO POR MOV. EN MASA	GE426-GDP-PSIG-RMM-001-00
PL-10 RIESGO POR INUNDACIÓN	GE426-GDP-PSIG-RPI-001-00
PL-11 RONDA HÍDRICA	GE426-GDP-PSIG-RON-001-00
PL-11 RONDA HÍDRICA	GE426-GDP-PSIG-RON-002-00
PL-11 RONDA HÍDRICA	GE426-GDP-PSIG-RON-003-00
PL-11 RONDA HÍDRICA	GE426-GDP-PSIG-RON-004-00
PL -12 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	GE426-GDP-PSIG-ZAM-001-00
PL-13 OBRAS	GE426-GDP-PSIG-DOB-001-00
	GE426-GDP-PSIG-DOB-002-00
	GE426-GDP-PCAD-DOB-003-00
	GE426-GDP-PCAD-DOB-004-00
PL-13 OBRAS	GE426-GDP-PCAD-DOB-005-01
	GE426-GDP-PCAD-DOB-005-02
	GE426-GDP-PCAD-DOB-006_00

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de puntos de amarre. ....	41
Tabla 2. Perfil de meteorización típica de rocas metamórficas e ígneas intrusivas. ....	59
Tabla 3. Descripción de las unidades Geológicas para Ingeniería en la zona de estudio. ....	62
Tabla 4. Mediciones de familias de diaclasas en la zona de estudio. ....	71
Tabla 5. Relación de aerofotografías empleadas en el estudio de Geología y Geomorfología. ....	74
Tabla 6. Inclinación de laderas. ....	75
Tabla 7. Longitud de las laderas. ....	76
Tabla 8. Descripción de las unidades geomorfológicas del área de estudio.....	84
Tabla 9. Relación de aerofotografías utilizadas para el estudio de Geología y Geomorfología del casco urbano del Municipio de Guadalupe, Huila.....	93
Tabla 10. Relación de aerofotografías utilizadas para el estudio de Dinámica Fluvial del casco urbano del Municipio de Guadalupe, Huila.....	99

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Tabla 11. Clasificación de unidades hidroestratigráficas en el casco urbano del municipio de Guadalupe, departamento del Huila. ....	113
Tabla 12. Coeficientes de diseño sísmico.....	114
Tabla 13. Valores de $K_{st}/a_{max}$ mínimos para análisis Seudoestático de taludes.	114
Tabla 14. Sistema de coordenadas utilizadas en el mapa de cobertura Municipio de Guadalupe. ....	118
Tabla 15. Leyenda del mapa de cobertura a escala 1:2.000 para el Municipio de Guadalupe. ....	120
Tabla 16. Leyenda de Actualización del mapa de cobertura a escala 1:2.000 del área del municipio de Guadalupe del Departamento del Huila. ....	121
Tabla 17. Porcentajes de las áreas correspondientes a las coberturas identificadas.....	139
Tabla 18. Información cartográfica en el Municipio de Guadalupe. ....	143
Tabla 19. Parámetros morfométricos obtenidos en las cuencas de los puntos críticos del Municipio de Guadalupe. ....	143
Tabla 20. Estaciones representativas por municipio (casco urbano). ....	145
Tabla 21. Valores de Precipitación Mensual.....	146
Tabla 22. Valores Medios de Temperatura Mensual. ....	147
Tabla 23. Valores Totales de Evaporación Mensual.....	148
Tabla 24. Valores Medios mensuales de Humedad Relativa.....	150
Tabla 25. Valores Medios mensuales de Brillo Solar.....	151
Tabla 26. Estimación de los tiempos de concentración de las cuencas de los puntos críticos.....	154
Tabla 27. Información hidrometeorológica lógica en el Municipio de Guadalupe.....	154
Tabla 28. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación San Adolfo. ....	156
Tabla 29. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Acevedo. ....	156
Tabla 30. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Libano. ....	157

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 31. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Palestina.	157
.....	.....
Tabla 32. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Tabor.	157
Tabla 33. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Villalobos Tv.	157
.....	.....
Tabla 34. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Viso...	158
.....	.....
Tabla 35. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Altamira.	158
.....	.....
Tabla 36. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Guadalupe.	158
.....	.....
Tabla 37. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación San Antonio del Pescado.	158
.....	.....
Tabla 38. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación San Adolfo.	159
.....	.....
Tabla 39. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Acevedo.	159
.....	.....
Tabla 40. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Libano.	159
.....	.....
Tabla 41. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Palestina.	159
.....	.....
Tabla 42. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Tabor..	159
.....	.....
Tabla 43. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Villalobos tv.	159
.....	.....
Tabla 44. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Viso. ....	160
.....	.....
Tabla 45. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Altamira. .	160
.....	.....
Tabla 46. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Guadalupe.	160
.....	.....
Tabla 47. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación San Antonio del pescado.....	160
.....	.....
Tabla 48. Relaciones de lluvias cortas respecto a su duración. .....	161
.....	.....
Tabla 49. Relaciones entre duración de lluvias cortas.....	161
.....	.....
Tabla 50. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación San Adolfo. ....	162
.....	.....
Tabla 51. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación San Adolfo.....	162
.....	.....

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 52. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Acevedo.....	162
Tabla 53. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Acevedo.....	163
Tabla 54. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Libano.....	163
Tabla 55. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Libano.....	164
Tabla 56. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Palestina.....	164
Tabla 57. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Palestina.....	164
Tabla 58. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Tabor.....	165
Tabla 59. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Tabor.....	165
Tabla 60. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Villalobos tv.....	166
Tabla 61. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Villalobos tv.....	166
Tabla 62. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Viso.....	166
Tabla 63. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Viso.....	167
Tabla 64. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Altamira.....	167
Tabla 65. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Altamira.....	168
Tabla 66. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Guadalupe.....	168
Tabla 67. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Guadalupe.....	168

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 68. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) Estación San Antonio del Pescado.....	169
Tabla 69. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación San Antonio del Pescado.....	169
Tabla 70. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Resina.....	170
Tabla 71. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Resina.....	170
Tabla 72. Modelo lluvia – escorrentía utilizada y valores de N empleados.....	173
Tabla 73. Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 1. Municipio Guadalupe.....	174
Tabla 74. Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 2. Municipio Guadalupe.....	175
Tabla 75. Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 3. Municipio Guadalupe.....	175
Tabla 76. Coordenadas Exploración Geofísica Líneas Sísmica .....	178
Tabla 77. Clasificación Ripabilidad Vp L1.....	179
Tabla 78. Resumen Perfil simple Vp L1.....	179
Tabla 79. Resumen Tomografía Vs L1.....	180
Tabla 80. Clasificación Ripabilidad Vp L2.....	180
Tabla 81. Resumen Tomografía Sísmica Vp L2.....	181
Tabla 82. Resumen Tomografía Vs L2.....	181
Tabla 83. Coordenadas Exploración directa- Perforaciones .....	182
Tabla 84. Normas INVIA para ensayos de laboratorio.....	183
Tabla 85. Parámetros de resistencia para Stfar.....	187
Tabla 86. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia de Stfar.....	188
Tabla 87. Correlación mediante el SPT y Corte Directo para la estimación de los parámetros de resistencia de Stfar.....	188
Tabla 88. Parámetros de resistencia para Stfasr.....	191

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Tabla 89. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia del Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subreciente .....	192
Tabla 90. Correlación SPT y Corte Directo para la estimación de los parámetros de resistencia de Stfar .....	193
Tabla 91. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia del Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subreciente .....	196
Tabla 92. Parámetros de resistencia para el Suelo Residual Horizonte IC –Suelo residual. ....	201
Tabla 93. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia del Horizonte IC –Suelo residual. ....	202
Tabla 94. Estimación de los parámetros de resistencia Horizonte IIB- Roca Intermedia.....	204
Tabla 95. Correlación mediante el SPT y Corte Directo para la estimación de los parámetros de resistencia de Roca meteorizada Neis de Guapoton – Horizonte II-A. ....	205
Tabla 96. Parámetros del Macizo rocoso Hoek y Brown .....	206
Tabla 97. Perfil Geotécnico del área de estudio .....	208
Tabla 98. Tipos de movimientos en masa. ....	209
Tabla 99. Influencia de los diferentes factores.....	210
Tabla 100. Parámetro de la distribución exponencial y valor de la aceleración horizontal para un periodo de retorno (Tr) de 475 años para la zona de estudio.215	
Tabla 101. Escenarios de variación del nivel freático. ....	218
Tabla 102. Perfil Geotécnico del área de estudio. ....	218
Tabla 103. Pesos unitarios y parámetros de resistencia asignados a las unidades de suelo. ....	219
Tabla 104. Probabilidad de los escenarios de análisis. ....	224
Tabla 105. Categorización propuesta para la amenaza por movimientos en masa por la consultoría. ....	225
Tabla 106. Probabilidad de falla para las abscisas del perfil representativo P12.235	
Tabla 107. Probabilidad de falla total para las abscisas del perfil representativo P12. ....	236
Tabla 108. Porcentajes áreas por amenaza de inundación. ....	238

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 109. Estimación del Coeficiente de rugosidad de Manning para los afluentes analizados.....	253
Tabla 110. Caudales de las Crecientes Pico esperadas en el río Suaza y sus afluentes .....	254
Tabla 111. Categorización de Amenaza por Inundación. ....	267
Tabla 112. Porcentajes áreas por amenaza de inundación. ....	268
Tabla 113. Porcentajes áreas por amenaza de avenida torrencial. ....	281
Tabla 114. Escala numérica para comparación entre pares .....	286
Tabla 115. Índices de aleatoriedad (IA) de las matrices de comparaciones por pares, según su orden (Ormazábal, 2002). ....	287
Tabla 116. Valores del número difuso triangular para las diferentes categorías borrosas.....	288
Tabla 117. Criterios de resistencia de la estructura.....	294
Tabla 118. Tipología de las viviendas.....	294
Tabla 119. Clasificación de los daños según el DRM. ....	294
Tabla 120. Clasificación de la tipología de vías. ....	295
Tabla 121. Clasificación de los daños de la infraestructura vial.....	296
Tabla 122. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio. ....	297
Tabla 123. Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio.....	297
Tabla 124. Matriz de daño utilizada en el estudio.....	298
Tabla 125. Matriz de daño para infraestructura vial para los tipos de vías presentes en el municipio .....	298
Tabla 126. Categoría de Daños según materiales y estructura. ....	305
Tabla 127. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de las viviendas...308	308
Tabla 128. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de la infraestructura vial. ....	310
Tabla 129. Categoría de Daños según materiales y estructura para avenidas torrenciales. ....	311
Tabla 130. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de 1 Piso.....	311

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 131. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Poca Altura. ....	311
Tabla 132. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Altura Intermedia.....	312
Tabla 133. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Gran Altura.....	312
Tabla 134. Clasificación Difusa del índice de daño potencial por avenidas torrenciales de las viviendas.....	313
Tabla 135. Pesos ponderados - Parámetro: Edad de la Construcción. ....	314
Tabla 136. Pesos - Parámetro: Número de pisos. ....	315
Tabla 137. Pesos - Parámetro: Forma de construcción.....	316
Tabla 138. Pesos – Tipo de entrepiso. ....	317
Tabla 139. Pesos - Parámetro: Tipo de Cubierta.....	318
Tabla 140. Pesos - Parámetro: Sistema Estructural. ....	319
Tabla 141. Pesos - Parámetro: Estado del inmueble.....	320
Tabla 142. Pesos ponderados - Parámetro: Daños en toda la construcción. ....	321
Tabla 143. Pesos – Parámetro Localización de los Agrietamientos en la Estructura de la edificación. ....	322
Tabla 144. Pesos – Parámetro Localización de las Humedades en la Estructura de la edificación. ....	322
Tabla 145. Pesos - Parámetro: Severidad de Daños.....	323
Tabla 146. Pesos - Parámetro: Tipología de la vivienda.....	324
Tabla 147. Pesos de los parámetros evaluados para calcular el índice de daño actual. ....	327
Tabla 148. Categorización del índice de vulnerabilidad física. ....	328
Tabla 149. Números difusos utilizados para valorar el ID (potencial y actual) con una confianza del 100%.....	329
Tabla 150. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad cultural. ....	340
Tabla 151. Valoración de los parámetros Comunidades étnicas y Lugar de Procedencia.....	341

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 152. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad socioeconómica. ....	342
Tabla 153. Valoración del parámetro edad vulnerable.....	343
Tabla 154. Valoración del parámetro educación.....	344
Tabla 155. Valoración del parámetro Limitación Física. ....	346
Tabla 156. Valoración del parámetro Uso Actual.....	347
Tabla 157. Valoración de Servicios Públicos. ....	348
Tabla 158. Matriz de Comparación para la evaluación de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica. ....	350
Tabla 159. Pesos ponderados de las variables obtenidos por el método AHP para la Vulnerabilidad Socioeconómica. ....	350
Tabla 160. Matriz de Comparación Borrosa para el cálculo de pesos difusos de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica. ....	352
Tabla 161. Vector de pesos difusos para las variables evaluadas en la Vulnerabilidad Socioeconómica. ....	353
Tabla 162. Intervalos izquierdo y derecho (Pa-left y Pa-right respectivamente) del vector de pesos para la Vulnerabilidad Socioeconómica. ....	353
Tabla 163. Pesos Normalizados de las Variables para la evaluación de la Vulnerabilidad Socioeconómica. ....	354
Tabla 164. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad social. ....	354
Tabla 165. Categorización de la vulnerabilidad Total. ....	358
Tabla 166. Costo estimado para las vías (Valor en m/l) .....	368
Tabla 167. Categorización del riesgo.....	373
Tabla 168. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por movimientos en masa del municipio de Guadalupe. ....	375
Tabla 169. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por inundación del municipio de Guadalupe. ....	379
Tabla 170. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por avenida torrencial del municipio de Guadalupe. ....	382
Tabla 171. Relación de áreas de exclusión zona de estudio .....	395
Tabla 172. Área de protección para cauces secundarios. ....	397

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 173. Cuñas probables de falla para un talud vertical a diferentes alturas..	400
Tabla 174. Áreas de zonificación ambiental para la zona de estudio. ....	402
Tabla 175. Resumen de área de la zonificación ambiental.....	403
Tabla 176. Presupuesto estimado para la reubicación de las viviendas.....	407
Tabla 177. Presupuesto estimado para la cuneta.....	410
Tabla 178. Presupuesto estimado del muro en gavión de la zona A-Alternativa 1.	415
.....	415
Tabla 179. Presupuesto estimado del jarillón de la zona A-Alternativa 2. ....	416
Tabla 180. Presupuesto estimado del jarillón de la zona B Alternativa 1.....	418
Tabla 181. Presupuesto estimado para GeoBaggs de la zona B Alternativa 2....	420
Tabla 182. Presupuesto estimado para Alternativa 1 Ampliación del Canal.....	422
Tabla 183. Presupuesto estimado Alternativa 2 Jarillón. ....	423
Tabla 184. Jarillón PTAR. ....	424
Tabla 185. Valor de la vulnerabilidad total por movimientos en masa para el municipio de Guadalupe. ....	430
Tabla 186. Valor de la vulnerabilidad total por inundación para el municipio de Guadalupe. ....	431
Tabla 187. Valor de la vulnerabilidad total por avenida torrencial para el municipio de Guadalupe. ....	431
Tabla 188. Valor del riesgo por movimientos en masa para el municipio de Guadalupe. ....	431
Tabla 189. Categoría de riesgo por movimientos en masa de las construcciones y sus pérdidas esperadas.....	432
Tabla 190. Categoría de riesgo por movimientos en masa y sus pérdidas esperadas.....	432
Tabla 191. Valor del riesgo por Inundación para el municipio de Guadalupe. ....	433
Tabla 192. Categoría de riesgo por Inundación de las construcciones y sus pérdidas esperadas. ....	433
Tabla 193. Categoría de riesgo por Inundación de las vías y sus pérdidas esperadas.....	433

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Tabla 194. Valor del riesgo por avenida torrencial para el municipio de Guadalupe.	434
.....	
Tabla 195. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las construcciones y sus pérdidas esperadas.	434
.....	
Tabla 196. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las vías y sus pérdidas esperadas.	435
.....	

## LISTA DE ILUSTRAZIONES

Ilustración 1. Localización general municipio de estudio.	35
.....	
Ilustración 2. Visita técnica municipio de Guadalupe.	40
.....	
Ilustración 3. Ortomosaico georeferenciando área de estudio.	43
.....	
Ilustración 4. Procedimiento en campo toma de GCP.	44
.....	
Ilustración 5. Líneas de vuelo Guadalupe.	47
.....	
Ilustración 6. Perfil de las líneas de vuelo vs terreno natural.	47
.....	
Ilustración 7. Resolución de la imagen.	48
.....	
Ilustración 8. Figura tomada y modificado de la plancha 389 Timaná.	51
.....	
Ilustración 9. Mapa Estructural del Departamento del Huila. Tomado y modificado de la memoria del mapa de Geología de Huila, escala 1:300.000.	56
.....	
Ilustración 10. Factor G.S.I para Macizos Rocosos.	60
.....	
Ilustración 11. Coordenadas: E= 1146867, N= 716060, Aluvial activo asociado al río Suaza.	63
.....	
Ilustración 12. Coordenadas: E= 1146667, N= 715960 Depósito de lente de arenas con intercalaciones de láminas de material más fino y láminas de material conglomerático.	64
.....	
Ilustración 13. Coordenadas: E= 1147417, N= 715714 Depósito aluvial activo, asociado al cauce de la quebrada la Viciosa.	64
.....	
Ilustración 14. Coordenadas: E= 1146649, N= 715399 Depósito de limos y arenas asociado a escorrentía del costado sur del casco urbano; esta escorrentía, a partir de este punto es canalizada.	65
.....	
Ilustración 15. Coordenadas: E= 1145899, N= 715554.	66
.....	

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Ilustración 16. Coordenadas: E= 1146838, N= 715071, Ladera en suelos residuales con proceso tipo reptación.....	66
Ilustración 17. Coordenadas: E= 1146175, N= 715578. Depósitos de escombros, cerca de la margen derecha del río Suaza. ....	68
Ilustración 18. Coordenadas: E= 1146838, N= 715071. Montículos de material proveniente de antiguos cortes. ....	68
Ilustración 19. Coordenadas: E= 1147413, N= 715615. Suelo residual del Neis de Guapotón. ....	69
Ilustración 20. Coordenadas: E= 1147466, N= 715559. Roca meteorizada y fracturada del neis de Guapotón. ....	70
Ilustración 21. Coordenadas: E= 1146831, N= 715168. Afloramiento de anfibolita. ....	71
Ilustración 22. Mapa geológico del municipio de Guadalupe. ....	72
Ilustración 23. Perfil de elevación en cercanías del casco urbano del municipio de Guadalupe. ....	74
Ilustración 24. Coordenadas: E= 1146995, N= 715358. Vista desde la repetidora de celular al oriente.....	77
Ilustración 25. Coordenadas: E= 1146995, N= 715358. Vista desde la repetidora de celular al noroccidente. ....	78
Ilustración 26. Coordenadas: E= 1146867, N= 716060. Aluvial activo asociado al río Suaza. ....	80
Ilustración 27. Coordenadas: E= 1146536, N= 715696. Parte final de canalización de escorrentía que discurre por el costado occidental del barrio San Carlos. ....	80
Ilustración 28. Coordenadas: Coordenadas: E= 1146401, N= 715332. Se observa entubado de escorrentía del costado occidental de la terminal eléctrica. ....	81
Ilustración 29. Coordenadas: E= 1146667, N= 715960. Socavación lateral sobre la unidad de Fatr.....	82
Ilustración 30. Imagen Google Earth del año 2011. Se indica en polígono amarillo, costado nororiental del casco urbano, cauces abandonados en la unidad Ftar. ...	82
Ilustración 31. Coordenadas: E= 1146838, N= 715071. Ladera en suelos residuales con proceso tipo reptación.....	83
Ilustración 32. Mapa geomorfología local del municipio de Guadalupe. ....	85

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Ilustración 33. Imagen Google Earth, donde se compara la margen en el año 2011 con la margen 2018 (trazo rojo tomado con GPS) y en donde se observa un retroceso de la misma.....	87
Ilustración 34. Coordenadas: E= 1146995, N= 715358. Proceso estabilizado en ladera en suelos residuales. ....	90
Ilustración 35. Coordenadas: E= 1147848, N= 716106. Muro en gaviones sobre la margen derecha de la quebrada la Viciosa, implantados al parecer para minimizar efectos de socavación lateral y de inundaciones. ....	91
Ilustración 36. Coordenadas: E= 1146846, N= 715133. Brote de agua en corte realizado para construcción de viviendas. ....	92
Ilustración 37. Fotografía aérea 158, vuelo B-36. ....	94
Ilustración 38. Fotografía aérea 3992, vuelo M-1379.....	95
Ilustración 39. Fotografía aérea 203, vuelo C1917. ....	96
Ilustración 40. Fotografía aérea 158, vuelo C-2732.....	97
Ilustración 41. Ortofoto año 2018.....	98
Ilustración 42. Fotografía aérea 158, Vuelo B36.....	101
Ilustración 43. Fotografía aérea 39852, Vuelo M1379. ....	102
Ilustración 44. Fotografía aérea 203, Vuelo C1917.....	103
Ilustración 45. Fotografía aerea 159, Vuelo C2732.....	104
Ilustración 46. Imagen BING AERIAL, año 2011. ....	105
Ilustración 47. Ortofoto año 2018.....	106
Ilustración 48. Superposición de cauces sobre Imagen BING AERIAL del año 2011.....	108
Ilustración 49. Superposición de cauces del río Suaza y de la quebrada La Viciosa, en cercanías del casco urbano del municipio de Guadalupe.....	109
Ilustración 50. Mapa de Unidades Hidroestratigráficas de Colombia, IDEAM. El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio. ....	111
Ilustración 51. Mapa hidrogeológico de Colombia (SGC, 1989). El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio.....	111
Ilustración 52. Metodología para la actualización del Mapa de Coberturas. ....	116

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Ilustración 53. Proceso empleado para la delimitación de cobertura vegetal y uso actual de suelo.....	117
Ilustración 54. Tejido urbano continuo Municipio de Guadalupe.....	122
Ilustración 55. Tejido urbano discontinuo Municipio de Guadalupe. ....	123
Ilustración 56. Zonas Industriales Municipio de Guadalupe.....	124
Ilustración 57. Red vial y terrenos asociados Municipio de Guadalupe. ....	124
Ilustración 58. Estructuras Hidráulica PTAP municipio de Guadalupe.....	125
Ilustración 59. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto Municipio de Guadalupe. ....	126
Ilustración 60. Otras zonas verdes urbanas Municipio de Guadalupe. ....	127
Ilustración 61. Parques cementerios Municipio de Guadalupe. ....	127
Ilustración 62. Parques urbanos Municipio de Guadalupe. ....	128
Ilustración 63. Instalaciones recreativas Municipio de Guadalupe.....	128
Ilustración 64. Plátano y banano Municipio de Guadalupe. ....	129
Ilustración 65. Otros cultivos permanentes arbustivos. Municipio de Guadalupe.	130
Ilustración 66. Cítricos Municipio de Guadalupe. ....	130
Ilustración 67. Cultivos confinados. Municipio de Guadalupe. ....	131
Ilustración 68. Pastos limpios. Municipio de Guadalupe. ....	132
Ilustración 69. Pastos arbolados. Municipio de Guadalupe. ....	132
Ilustración 70. Pastos enmalezados. Municipio de Guadalupe. ....	133
Ilustración 71. Mosaico de cultivos. Municipio de Guadalupe. ....	134
Ilustración 72. Mosaico de cultivo con espacios naturales Municipio de Guadalupe. ....	134
Ilustración 73. Bosque de galería y ripario Municipio de Guadalupe. ....	135
Ilustración 74. Herbazal abierto. Municipio de Guadalupe.....	136
Ilustración 75. Arbustal abierto. Municipio de Guadalupe. ....	136
Ilustración 76. Vegetación secundaria o en transición. Municipio de Guadalupe.	137
Ilustración 77. Tierras desnudas y degradadas. Municipio de Guadalupe. ....	138
Ilustración 78. Río. Municipio de Guadalupe. ....	139

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ilustración 79. Porcentaje de ocupación por cobertura para el Municipio de Guadalupe. ....	140
Ilustración 80. Mapa de coberturas del municipio de Guadalupe. ....	142
Ilustración 81. Cuencas de los puntos críticos identificados en el Municipio de Guadalupe. ....	144
Ilustración 82. Distribución espacial de la Precipitación Anual Total (isoyetas de precipitación).....	145
Ilustración 83. Distribución media mensual de precipitación (mm). ....	146
Ilustración 84. Distribución espacial de la Temperatura media mensual (Isoterma). ....	147
Ilustración 85. Distribución Temperatura media mensual. ....	147
Ilustración 86. Distribución espacial de la Evaporación Anual Total en mm. ....	148
Ilustración 87. Distribución evaporación media mensual. ....	149
Ilustración 88. Distribución espacial de la Humedad Relativa (%) Anual. ....	149
Ilustración 89. Distribución Humedad relativa. ....	150
Ilustración 90. Distribución espacial de la Brillo solar Anual. ....	151
Ilustración 91. Distribución Brillo solar media mensual. ....	152
Ilustración 92. Distribución espacial del Punto de Rocío medio Anual (°C). ....	152
Ilustración 93. Localización de las estaciones representativas respecto a las cuencas bajo estudio en el municipio de Guadalupe- Polígonos de Thiessen....	156
Ilustración 94. Factor de corrección obtenido para las cuencas de los puntos crítico 1 y 3. ....	174
Ilustración 95. Factor de corrección obtenido para cuenca punto crítico 2. ....	174
Ilustración 96. Localización Exploración Geotécnica. ....	178
Ilustración 97. Modelo Simplificado LRS-01. ....	179
Ilustración 98. Tomografía sísmica LRS-01. ....	179
Ilustración 99. Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-01. ....	180
Ilustración 100. Modelo Simplificado LRS-02.....	180
Ilustración 101. Tomografía sísmica LRS-02. ....	181
Ilustración 102. Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-02. ....	181

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Ilustración 103. Localización Exploración Geotécnica-Exploración Directa.....	182
Ilustración 104. Vista de la unidad geológica Stfar, del río Suaza. Municipio de Guadalupe .....	184
Ilustración 105. Perfil de campo, reporte de N45 con N60.....	185
Ilustración 106. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP así como la Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad.....	186
Ilustración 107. Vista de la unidad geológica Stfasr, del río Suaza. Municipio de Guadalupe. ....	189
Ilustración 108. Perfil de campo, reporte de N45 con N60.....	190
Ilustración 109. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP así como la Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad.....	191
Ilustración 110. Vista de la unidad geológica Stfaa, del río Suaza.....	193
Ilustración 111. Vista de la unidad geológica Stfaa, del río Suaza.....	194
Ilustración 112. Perfil de campo, reporte de N45 con N60.....	195
Ilustración 113. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP así como la Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad.....	195
Ilustración 114. Vista en planta de la distribución del Suelo residual del Neis de Guapotón y la ubicación de las perforaciones que permiten caracterizar el nivel de suelo. ....	197
Ilustración 115. Perfil de meteorización típicos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas, según Deer y Patton, 1971. ....	198
Ilustración 116. Perfil de campo, reporte de N45 con N60. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP en profundidad .....	199
Ilustración 117. Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad.....	200
Ilustración 118. Vista del Neis de Guapotón en el cual se identifica el grado de fracturamiento de las rocas metamórficas. ....	203
Ilustración 119. Perfil de meteorización típicos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas, según Deer y Patton, 1971. ....	204
Ilustración 120. Clasificación geomecánica RMR del Neis de Guapotón,.....	206
Ilustración 121. Análisis de estabilidad para el perfil representativo. ....	207
Ilustración 122. Distribución de probabilidad del Factor de Seguridad. ....	214

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ilustración 123. Mapa de Aspectos del municipio de Guadalupe.....	220
Ilustración 124. Mapa de pendientes del municipio de Guadalupe.....	221
Ilustración 125. Mapa de Ladera municipio de Guadalupe.....	222
Ilustración 126. Perfiles típicos para los análisis de estabilidad, municipio de Guadalupe .....	223
Ilustración 127. Modelo geológico – geotécnico para el perfil representativo P10. ....	227
Ilustración 128. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 1.....	228
Ilustración 129. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 2.....	229
Ilustración 130. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 3.....	230
Ilustración 131. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 4.....	231
Ilustración 132. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 5.....	232
Ilustración 133. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 1.....	233
Ilustración 134. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 2.....	233
Ilustración 135. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 3.....	234
Ilustración 136. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 4.....	234
Ilustración 137. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 5.....	235
Ilustración 138. Mapa de amenaza por movimientos en masa del casco urbano de Guadalupe. ....	237
Ilustración 139. Movimiento en masa en zona de ladera alta fuera del área de estudio. ....	239
Ilustración 140. Movimiento en masa en zona de ladera alta cerca a la Iglesia. .	239

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Valle del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Ilustración 141. Movimiento en masa (Reptación) en zona de ladera alta.....	240
Ilustración 142. Avance de los Movimiento en masa en zona de ladera alta SW, el actual actualmente afecta la línea de construcción adyacente al talud.....	241
Ilustración 143. Mapa de amenaza por movimientos en masa y área de restricción por eventos de socavación lateral provocada por la dinámica fluvial del Río Suaza. ....	242
Ilustración 144. Mapa hidrográfico del casco urbano de Guadalupe. ....	246
Ilustración 145. Modelo de elevación digital del terreno – MDT del municipio de Guadalupe. ....	247
Ilustración 146. Secciones de análisis del río Suaza para evaluación de la amenaza. ....	249
Ilustración 147. Secciones de análisis de la Quebrada la Viciosa para evaluación de la amenaza .....	249
Ilustración 148. Secciones Hidrotopográficas Zanjón La Jícua En La Modelación Hidráulica. ....	250
Ilustración 149. Modelo hidráulico HEC-RAS del río Suaza con sus diferentes drenajes, canales y Quebradas, entre el municipio de Guadalupe y el casco urbano.....	251
Ilustración 150. Modelo 3D Vista Isométrica HEC-RAS del río Suaza con sus diferentes drenajes, canales y Quebradas, entre el municipio de Guadalupe y el casco urbano. ....	252
Ilustración 151. Modelo HEC-RAS del río Suaza, Qda La Viciosa y el Canala_1. ....	253
Ilustración 152. Puente ubicado sobre la Qda La Viciosa.....	254
Ilustración 153. Puente 1 (Izquierda) y Puente 2 (Derecha) ubicado sobre el canal_1. ....	255
Ilustración 154. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años en el río Suaza.....	256
Ilustración 155. Perfiles de velocidades dentro y fuera del canal del río Suaza. .	258
Ilustración 156. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la quebrada La Viciosa.....	259
Ilustración 157. Perfiles de velocidades dentro y fuera del canal de la Qda. La Viciosa. ....	261

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Ilustración 158. Fotografía aérea 158, vuelo B26. En trazos rojos se indica el cauce y tributarios del Zanjón de La Jícua.....	262
Ilustración 159. Fotografía aérea 203, vuelo C1917. En trazos rojos se indica el cauce y tributarios del Zanjón de La Jícua.....	263
Ilustración 160. 2D Flow Área del municipio de Guadalupe en HEC - RAS.....	264
Ilustración 161. Espacialización modelo Hec Ras para un periodo de retorno de 100 años.....	265
Ilustración 162. Espacialización modelo FLO 2D para un periodo de retorno de 100 años.....	266
Ilustración 163. Mapa de Amenaza por inundación del casco urbano del Municipio de Guadalupe. ....	269
Ilustración 164. Esquema metodológico evaluación de amenaza por avenidas torrenciales. ....	271
Ilustración 165. Geometría base en formato Shapefile, municipio de Guadalupe. ....	275
Ilustración 166. Hidrograma ingresado para el río Suaza. ....	276
Ilustración 167. Asignación de condiciones de contorno Municipio de Guadalupe. ....	276
Ilustración 168. Superficie de estudio, municipio de Guadalupe.....	277
Ilustración 169. Coeficiente de rugosidad, municipio de Guadalupe.....	278
Ilustración 170. Puntos críticos por avenida torrencial.....	279
Ilustración 171. Zona crítica 1 por avenida torrencial.....	280
Ilustración 172. Zona crítica 2 por avenida torrencial.....	281
Ilustración 173. Amenaza por avenida torrencial sobre el casco urbano del municipio de Guadalupe. ....	282
Ilustración 174. Diagrama de flujo del proceso propuesto para la evaluación de los pesos ponderados normalizados utilizando metodología AHP-difuzza.....	285
Ilustración 175. Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación directa) (Izq.). Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación inversa) (Der). ....	288
Ilustración 176. Diagrama de flujo para la calificación de la susceptibilidad utilizado los métodos WLC y OWA (adaptado de Malczewski, 2006). ....	290

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ilustración 177. Esquema de deslizamiento.....	296
Ilustración 178. Estimación de la distancia de viaje a partir del ángulo de fricción aparente y el volumen deslizado.....	299
Ilustración 179. Modelación cinemática de movimiento para la determinación de la distancia de viaje .....	300
Ilustración 180. Intensidad de deslizamiento de acuerdo a la velocidad esperada y volumen estimado.....	300
Ilustración 181. Ejemplo de escala de velocidad para describir el potencial de daño de un deslizamiento .....	301
Ilustración 182. Niveles de agua y presiones que actúan sobre una casa para diferentes escenarios.....	304
Ilustración 183. Índice de Daño de las Viviendas de 1 Piso.....	307
Ilustración 184. Índice de Daño de las Viviendas de Poca Altura. ....	307
Ilustración 185. Índice de Daño de las Viviendas de Altura Intermedia. ....	308
Ilustración 186. Índice de Daño de las Viviendas de Gran Altura. ....	308
Ilustración 187. Índice de Daño de la Categoría de infraestructura vial .....	309
Ilustración 188. Distribución de las edificaciones encuestadas según su fecha de construcción.....	315
Ilustración 189. Distribución de las edificaciones encuestadas según su número de pisos. ....	316
Ilustración 190. Distribución de las edificaciones encuestadas según su forma de construcción.....	317
Ilustración 191. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de entrepiso. ....	318
Ilustración 192. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de cubierta. ....	319
Ilustración 193. Distribución de las edificaciones encuestadas según su sistema estructural. ....	320
Ilustración 194. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño. ....	321
Ilustración 195. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño. ....	322

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ilustración 196. Distribución de las edificaciones encuestadas según la localización de sus daños.....	323
Ilustración 197. Distribución de las edificaciones encuestadas según la severidad de daños.....	324
Ilustración 198. Vivienda Tipología B1 (Vivienda en materia reciclaje).....	325
Ilustración 199. Vivienda Tipología B2 (Vivienda en mampostería sin estructura). .....	325
Ilustración 200. Vivienda Tipología B3 (Edificaciones hasta de dos (02) niveles de buena calidad de construcción (con estructura)).....	326
Ilustración 201. Vivienda Tipología B4 (Edificaciones de más dos (02) niveles de buena calidad de construcción (con estructura)).....	326
Ilustración 202. Tipología de Viviendas. ....	327
Ilustración 203. Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos. .....	329
Ilustración 204. Vulnerabilidad Física predios Guadalupe- movimientos en masa. .....	330
Ilustración 205. Vulnerabilidad Física vías Guadalupe- Movimientos en masa. ..	331
Ilustración 206. Mapa de vulnerabilidad física por movimientos en masa en el municipio de Guadalupe. ....	332
Ilustración 207. Vulnerabilidad Física predios municipio de Guadalupe- Inundación. .....	333
Ilustración 208. Vulnerabilidad Física vías municipio de Guadalupe- Inundación. .....	334
Ilustración 209. Mapa de vulnerabilidad física por inundación municipio de Guadalupe. ....	335
Ilustración 210. Vulnerabilidad Física predios Guadalupe- Avenida Torrencial. ..	336
Ilustración 211. Vulnerabilidad Física vías Guadalupe- Avenida Torrencial. ....	337
Ilustración 212. Mapa de vulnerabilidad física por avenida torrencial en el municipio de Guadalupe. ....	338
Ilustración 213. Distribución de la población por Lugar de Procedencia y por Pertenencia a una Minoría Étnica.....	341

 <b>CAM</b> <small>¡Cuida tu naturaleza!</small>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ilustración 214. Distribución de las edificaciones encuestadas según la cantidad de menores de edad que viven en el inmueble .....	343
Ilustración 215. Nivel educativo. ....	345
Ilustración 216. Limitación física. ....	346
Ilustración 217. Uso Actual de los Predios.....	347
Ilustración 218. Servicios Públicos.....	348
Ilustración 219. Distribución Servicio de Alcantarillado y Acueducto .....	349
Ilustración 220. Vulnerabilidad Social predios Guadalupe. ....	355
Ilustración 221. Mapa de vulnerabilidad social en el municipio de Guadalupe. ...	356
Ilustración 222. Relación entre el índice de vulnerabilidad total con los índices de vulnerabilidad física y social.....	357
Ilustración 223. Vulnerabilidad Total predios Guadalupe- Movimiento en Masa..	359
Ilustración 224. Mapa de vulnerabilidad total por movimientos en masa en el municipio de Guadalupe. ....	360
Ilustración 225. Vulnerabilidad Total predios municipio de Guadalupe- inundación. ....	361
Ilustración 226. Mapa de vulnerabilidad total por inundación municipio de Guadalupe. ....	362
Ilustración 227. Vulnerabilidad Total predios Guadalupe- Avenida Torrencia....	363
Ilustración 228. Mapa de vulnerabilidad total por avenida torrencia en el municipio de Guadalupe. ....	364
Ilustración 229. Conjuntos difusos trapezoidales. ....	370
Ilustración 230. Categorización del nivel de riesgo el cual depende del índice de vulnerabilidad total en el eje x y la probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años en el eje y.....	373
Ilustración 231. Categorización del nivel de riesgo por movimientos en masa de los elementos expuestos para el escenario actual. ....	374
Ilustración 232. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Movimientos en Masa. ....	376
Ilustración 233. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Movimientos en Masa. ....	376

 <b>CAM</b> <small>¡Cuida tu naturaleza!</small>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ilustración 234. Mapa de riesgo por movimientos en masa municipio de Guadalupe. ....	377
Ilustración 235. Categorización del nivel de riesgo por inundación de los elementos expuestos para el escenario actual.....	378
Ilustración 236. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Inundación. ....	379
Ilustración 237. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Inundación. ....	380
Ilustración 238. Mapa de riesgo por inundación municipio de Guadalupe. ....	381
Ilustración 239. Categorización del nivel de riesgo por avenida torrencial de los elementos expuestos para el escenario actual. ....	382
Ilustración 240. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Avenida Torrencial. ....	383
Ilustración 241. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Avenida Torrencial. ....	384
Ilustración 242. Mapa de riesgo por avenida torrencial municipio de Guadalupe. ....	385
Ilustración 243. Mapa de mitigabilidad por Movimientos en masa. ....	387
Ilustración 244. Mapa de mitigabilidad por Inundación. ....	388
Ilustración 245. Mapa de mitigabilidad por Avenida Torrencial. ....	389
Ilustración 246. Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual a 30 metros y el resto es hasta el límite de la envolvente de los tres componentes. ....	391
Ilustración 247. Delimitación de la ronda hídrica para los drenajes presentes en el municipio de Guadalupe .....	392
Ilustración 248. Relación Entre Sensibilidad y Aptitud Frente a proyectos .....	395
Ilustración 249. Mapa de zonificación Ambiental, Municipio de Guadalupe.....	404
Ilustración 250. Vista de la zona más crítica por movimientos en masa. ....	406
Ilustración 251. Viviendas que debe ser reubicada en el Pto. Crítico 1. ....	407

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ilustración 252. Vista de la zona crítica por movimientos en masa sobre la vía que conduce a San Antonio de Pescado.....	408
Ilustración 253. Vista de la zona crítica por movimientos en masa sobre la vía que conduce a San Antonio de Pescado.....	408
Ilustración 254. Esquema canales trapezoidales.....	409
Ilustración 255. Vista en planta de la zona restringida para urbanización. Área en color amarillo.....	411
Ilustración 256. Localización en planta de medidas de mitigación por movimientos en masa.....	412
Ilustración 257. Identificación de áreas de intervención.....	413
Ilustración 258. Muro en gaviones sobre la margen derecha de la quebrada la Viciosa. ....	414
Ilustración 259. Localización Alternativa 1. Estructura Flexible.....	415
Ilustración 260. Localización Alternativa 2. Estructura Flexible.....	416
Ilustración 261. Localización de jarillón sobre zona B.....	417
Ilustración 262. Localización de jarillón sobre zona B.....	418
Ilustración 263. Vista frontal de la implantación de las Geobags.....	419
Ilustración 264. Localización de estructura de protección.....	419
Ilustración 265. Inundaciones instituto María Auxiliadora. ....	421
Ilustración 266. Box Culvert. ....	421
Ilustración 267. Localización de canal. ....	422
Ilustración 268. Detalle de jarillón perimetral sobre PTAR.....	423
Ilustración 269 Localización de planta de tratamiento de aguas residual. ....	424
Ilustración 270. Localización general de medidas de mitigación por Inundación. 426	
Ilustración 271. Mapa de amenaza por movimientos en masa y área de restricción por eventos de socavación lateral provocada por la dinámica fluvial del Río Suaza. ....	428

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Guadalupe, al igual que la mayor parte del país está localizado sobre un área de amenaza sísmica alta, la región suroccidental del departamento del Huila, una de las causas de amenaza la constituyen por tanto, los movimientos sísmicos que se ven acentuados por las numerosas fallas geológicas existentes. A su vez la amenaza natural de mayor impacto para la cabecera municipal, por su periodicidad de presentación, son las frecuentes Inundaciones las cuales afectan al municipio.

Por la necesidad evidenciada de la posible afectación por la ocurrencia de eventos naturales se elaboraron los “ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.” el cual es objeto del presente estudio.

Dentro del presente documento se realizó el estudio de temas relacionados con; topografía, estudios de suelos, geología, geotecnia, estudios hidrológicos e hidráulicos, socavación y análisis de estabilidad; los cuales fueron insumo para la realización de la zonificación de la amenaza por inundación, avenidas torrencial (escala 1:2.00) para posteriormente poder obtener el análisis de vulnerabilidad (física, social y total) de las construcciones existentes en el área de estudio. Una vez obtenidos los resultados del análisis de amenaza y vulnerabilidad se procedió a desarrollar la evaluación y zonificación de riesgo; determinando de este modo las áreas donde se presenta el riesgo mitigable o no mitigable y zona sin riesgo, para poder realizar el diseño y presupuesto de las alternativas de obras estructurales y no estructurales. Adicionalmente se presentan los términos de referencia y las especificaciones de construcción correspondiente a la zona de estudio.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar los “Estudios detallados de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales en el área urbana del municipio de Guadalupe en el departamento del Huila, teniendo en cuenta los lineamientos del decreto 1077 de 2015”.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el municipio de Guadalupe se plantearon los siguientes objetivos específicos:

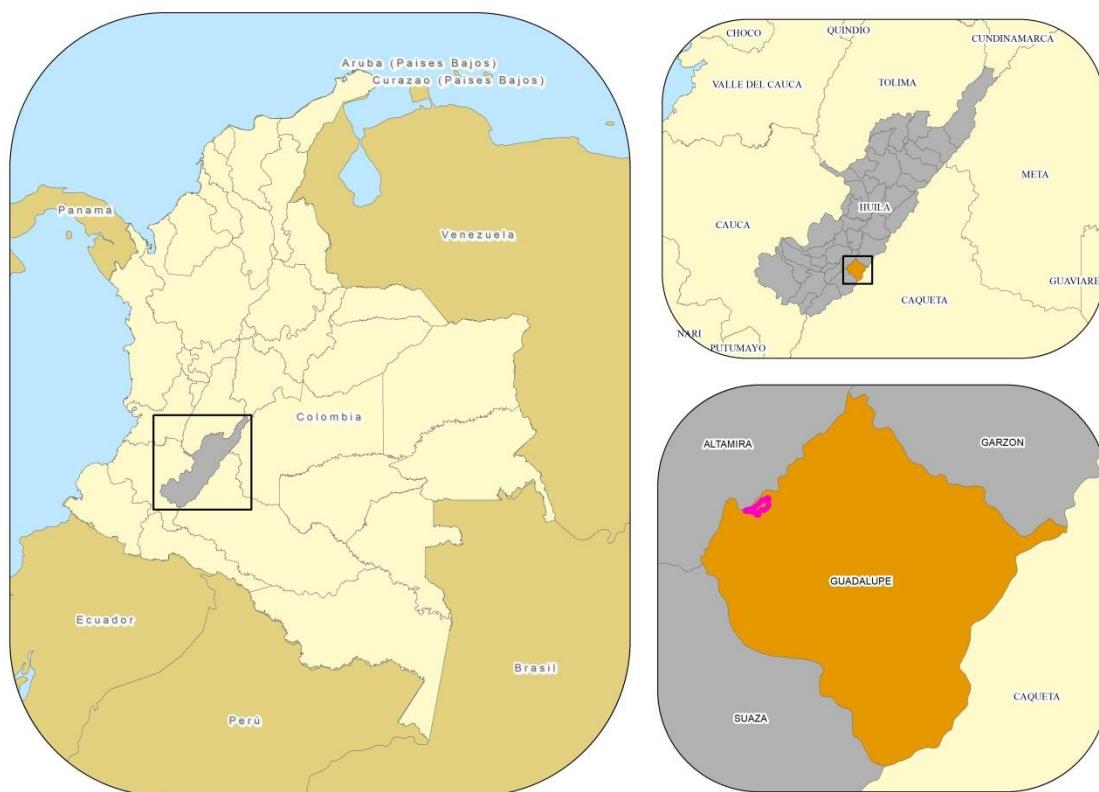
- Establecer el área de influencia del proyecto de acuerdo con la naturaleza del estudio.
- Recopilar y analizar la información existente teniendo en cuenta antecedentes de ocurrencia de eventos naturales, estudios realizados e información secundaria existente.
- Realizar el levantamiento topográfico e hidrométrico en el casco urbano del municipio.
- Realizar el estudio de suelos, análisis geológico- geomorfológicos correspondiente al área de estudio.
- Realizar estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo de la zona de estudio.
- Identificar las amenazas por eventos naturales de deslizamiento de ladera, inestabilidad de cauce, inundación y/o avenidas torrenciales para el casco urbano a escala 1: 2000.
- Realizar estudio hidrológico, hidráulico y de socavación en la zona de estudio.
- Evaluar el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo frente a los movimientos en masa e inundaciones, avenidas torrenciales a escala (1: 2000)
- Elaboración de los términos de referencia correspondientes al estudio.
- Realizar las especificaciones de construcción correspondientes al estudio.
- Plantear alternativas de obras estructurales y no estructurales en la zona de estudio.
- Plantear y diseñar obras de mitigación en la zona de estudio.
- Elaborar el presupuesto de las obras a realizar en la zona de estudio.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

### 3. LOCALIZACIÓN

El municipio de Guadalupe se encuentra situado al suroriente del departamento del Huila, en un pequeño valle en la margen izquierda del río Suaza, sobre los flancos de la cordillera Oriental, con una extensión de 258.64 Km<sup>2</sup> que corresponden al 1.95% del territorio huilense.

Guadalupe cuenta con dos importantes ejes viales donde confluye la red interna interveredal. Uno de estos es la vía a Florencia que hasta el momento es la única de acceso terrestre al departamento del Caquetá. El municipio forma parte de la cuenca baja del río Suaza que en su recorrido por el territorio municipal, es abastecida por importantes caudales de las microcuencas La Viciosa, La Pintada, La Pescada etc. La zona urbana del municipio de Guadalupe la conforma 9 barrios: Aránzazu, El Bosque, El Jardín, El Progreso, Industrial, Las Brisas, Niño Jesús, San Vicente, Santa Lucia. La localización general del municipio se puede ver en la ver ilustración 1.



**Ilustración 1. Localización general municipio de estudio.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN

En el municipio de Guadalupe se han presentado varias amenazas que afectan el municipio. La amenaza natural de mayor impacto para la cabecera municipal de Guadalupe, por su periodicidad, son las inundaciones de la quebrada La Viciosa y del río Suaza. El río Suaza inunda sectores del costado más occidental del casco urbano (barrio El Progreso y áreas aledañas al cementerio), localizados a menos de 1.5 m de altura del nivel medio de las aguas. La quebrada La Viciosa afecta área localizadas a menos de 2 m de altura del nivel de aguas medias. Estas zonas son catalogadas como de amenaza hidrológica alta. Superficies localizadas aproximadamente a 2 m de altura de la quebrada la Viciosa y menos de 4 m de altura del nivel medio de las aguas del río Suaza, que pueden ser afectadas por las máximas avenidas extraordinarias de estas corrientes, son de amenaza hidrológica media.

La segunda amenaza y que se considera la más importante es la amenaza sísmica, que de acuerdo con el Código Colombiano de Construcciones Sismo resistentes y el análisis de magnitudes sísmicas es catalogada como alta, con magnitud máxima esperada del orden de 7,5 Ms; sismos como el del 16 de Noviembre de 1827 y el 20 de Enero de 1934, se sintieron en la región con magnitud de 7,0 Ms, el primero de ellos, de acuerdo, de acuerdo con datos históricos, causó el represamiento del río durante 55 días sumergido a Guadalupe.

Por lo anterior, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena -CAM- destino recursos para la ejecución de estudios que permitan obtener el conocimiento para posteriormente establecer medidas que permitan la mitigación del riesgo en zonas críticas de este municipio, y de esta manera reducir el nivel de vulnerabilidad de la población, enmarcado dentro de lo estipulado en el Decreto 1077 de 2015 como un aporte del conocimiento del riesgo que la CAM suministra a el municipio para posteriormente establecer las medidas que permitan la reducción del riesgo en zonas críticas, con el objetivo de intervenir oportunamente las situaciones de riesgo y de esta manera reducir el nivel de vulnerabilidad de la población.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 4. ACTIVIDADES REALIZADAS

### 4.1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se tuvo en cuenta información secundaria relacionada con estudios sobre amenaza, vulnerabilidad y riesgo, extraída del EOT del municipio, Noticias relevantes respecto al municipio, relacionadas con la gestión de riesgo, identificando las amenazas presentes en la zona de estudio tales como amenaza sísmica , amenazas de tipo geológico, geomorfológico, Amenazas de Origen Hidrometeorológico y a su vez problemáticas por inundaciones, movimientos en masa, erosión fluvial, entre otras que afectan a los habitantes del municipio. A continuación se presenta la información extraída de los estudios realizados en la zona de estudio.

#### 4.1.1 *Estudios Previos*

- Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Guadalupe – Huila. (Alcaldía De Guadalupe, 1999)

En el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Guadalupe se identificaron amenazas naturales tales como:

**Amenazas Sísmicas:** Guadalupe al igual que todo el departamento del Huila se encuentra en zona de alto riesgo sísmico. En el municipio se encuentran ramificaciones de las fallas Suaza y de la quebrada La Jícua.

**Falla de Suaza:** Es una falla inversa, con dirección general N 45º E, que afecta sedimentos del Cuaternario, en el municipio de Guadalupe, esta estructura se evidencia por la presencia de facetas triangulares, localizadas en la base de los cerros contra la zona aluvial de la margen izquierda del río Suaza y basculamiento de los sedimentos aluviales. También la parte de montaña fue levantada con respecto al valle del río, situación que se cree es la responsable de la migración del cauce del río hacia la margen derecha o sitio donde se localiza el municipio.

**Falla de la quebrada la Jícua:** Es una falla inversa con el bloque, este levantado y dirección aproximada de N 45º E, que transcurre paralela a la quebrada la Jícua. Su rasgo morfológico más característico es la formación de facetas triangulares observadas en la base del cerro contra el área urbana e intenso fracturamiento de rocas de la Formación Gigante, en especial a lo largo de la quebrada con

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

generación de deslizamientos y flujos de escombros. No hay evidencia de actividad.

**Amenazas Hídricas:** Este tipo de amenaza se presenta en las partes bajas del municipio, en las veredas Los Cauchos, El Guamal, Sartenejal, Cachimal del municipio. Afecta cultivos transitorios ubicados sobre las márgenes de la quebrada La Viciosa y el río Suaza.

La presión socioeconómica a través del tiempo, ha inducido a algunas personas a la ocupación de zonas sobre las márgenes de las corrientes mencionadas. Un problema adicional que puede resultar contraproducente, lo presenta la reducción de la sección útil de canales naturales, como es el caso de la construcción del puente sobre la quebrada La Viciosa carretera a los Cauchos.

La acción antrópica sobre las cuencas, con la deforestación e implementación de cultivos limpios, que favorecen la concentración rápida del agua, han incrementado la frecuencia de presentación de crecientes esta a su vez convirtiéndose en una amenaza que puede llegar a afectar el casco urbano.

La quebrada La Viciosa, que nace en la parte alta de la Cordillera Oriental, es una típica corriente de montaña con alto gradiente hidráulico, alto flujo torrencial y difícil control.

**Amenazas por Movimientos en Masa:** Este tipo de amenaza se presenta en zonas de fuerte pendiente y de suelos inestables, se localiza principalmente sobre áreas que han sido perturbadas por la apertura de vías sin ningún tipo de planificación; aquí, el corte brusco de drenajes naturales ocasiona grandes deslizamientos en épocas de invierno.

### Zonas de Riesgos identificadas en el municipio

De acuerdo a la recopilación y análisis de la información se identificaron las zonas de riesgo presentes en el municipio de Guadalupe como se muestra a continuación:

**Zonas de Medio Riesgo:** Estas zonas se generalizan en todo el municipio, pero principalmente en las veredas El Carmen, Brisas, Potrerillos, Ranchería, El Mesón, El Recreo, y La Bernarda y se presentan debido a las fuertes pendientes que conforman la topografía del territorio. Aquí se presentan deslizamientos esporádicos debido al mal manejo de los suelos y a las lluvias excesivas. La adaptación de tierras de rastrojo para cultivos de café, lulo y algunos transitorios como fríjol o maíz, acelera la erosión e inestabiliza el suelo; el cual al saturarse de

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

agua se desliza con facilidad ladera abajo debido a la falta de raíces que hacen las veces de anclajes de los suelos de laderas.

**Zonas de Bajo Riesgo :** Se presenta en zonas despobladas del municipio, como en las veredas Alto y Bajo Resinas, sobre la parte de la cordillera; la cual ofrece gran estabilidad debido a que se encuentra en una zona de bosque con poca influencia antrópica.

#### **4.1.2 Noticias Destacadas Respecto a la Zona de Estudio**

- Un deslizamiento de tierra deja sin agua a Guadalupe – Huila (RCN radio, 15 de Octubre del 2014).<sup>1</sup>

“Un deslizamiento de tierra tiene represada la quebrada La Alpajuache que desemboca en la quebrada la Viciosa que surte de agua al acueducto principal a nivel local. Esta dificultad tiene en serios problemas a los habitantes de esta comunidad que ha tenido que surtirse del preciado líquido a través de carro tanques mientras se supera la emergencia. Las intensas lluvias que se registran en la zona han ocasionado serios problemas entre las comunidades que se ven afectadas por la naturaleza.”

- Emergencia por deslizamiento que afectó una vivienda en Guadalupe. (La voz de la región, 26 de Enero del 2017).<sup>2</sup>

“Un llamado ciudadano alertó a las unidades de bomberos del municipio de Guadalupe, quienes la tarde de ayer miércoles acudieron para atender una emergencia a causa de un deslizamiento.

- En la vereda Cachimal una de las más afectadas por las recientes lluvias, un deslizamiento afectó considerablemente la estructura de una humilde vivienda.

El hogar confirmado por cuatro personas, quedó en los registros oficiales locales, con reporte al comité departamental de gestión del riesgo de desastres, como damnificados por la temporada de lluvias que en dicha localidad, también afectó principalmente la estructura carreteables y el acueducto municipal, problemas que han estado siendo resueltos en los últimos días por la alcaldía.”

- Tremblor en el municipio de Guadalupe (Diario del Huila 02 de marzo del 2017).<sup>3</sup>

<sup>1</sup> RCN Radio (15 de octubre del 2014) Un deslizamiento de tierra deja sin agua a Guadalupe (Huila). Recuperado de: <https://www.rcnradio.com/colombia/un-deslizamiento-de-tierra-deja-sin-agua-guadalupe-huila-168779>

<sup>2</sup> La voz de la región ( 26 de enero del 2017) Emergencia por deslizamiento que afectó una vivienda en Guadalupe Recuperado de : <http://lavozdelaregion.co/atienden-emergencia-deslizamiento-afecto-una-vivienda-guadalupe/>

<sup>3</sup> Diario del Huila (02 de marzo del 2017) Tembló en el municipio de Guadalupe. Recuperado de : <https://www.diariodelhuila.com/regional/trembló-en-el-municipio-de-guadalupe-cdgint20170302231049173>

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

“En la tarde del jueves, se presentó un movimiento telúrico de 2.4 grados en la escala de Richter.

El Servicio Geológico colombiano informó que este tuvo epicentro a un kilómetro de la zona urbana del municipio de Guadalupe. Este es el segundo sismo que se presenta hoy, al mediodía un movimiento de 3.3 grados se registró en Colombia, Huila.

#### 4.2. VISITA TÉCNICA

Dentro de las actividades desarrolladas del contrato se realizó la visita técnica el día 10 del mes de julio de 2018 (ver Ilustración 2), para reconocer el área en cuanto a temas de seguridad, acceso, estado y conectividad. Con el fin de verificar la viabilidad, de realizar las diferentes actividades necesarias para la ejecución del estudio, como: exploración del subsuelo, topografía, ensayos, entre otros.



Ilustración 2. Visita técnica municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> ¡Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 5. TOPOGRAFÍA

Se desarrolló las actividades correspondientes al levantamiento topográfico detallado de los puntos críticos del municipio de Guadalupe. Para la ejecución de esta actividad se amarró la topografía a los puntos de control GCP el cual se encuentran en coordenadas cartesianas locales, con un sistema de referencia MAGNA-SIRGAS, con proyección Magna Colombia Oeste. A continuación se presentan los puntos de amarre para el municipio en estudio. En el Anexo 1. Topografía – Informe se presenta el informe de posicionamiento GNSS correspondiente a los puntos GPS y a los puntos de amarre del levantamiento topográfico.

### 5.1. REGISTRO FOTOGRÁFICO LOCALIZACIÓN DE LOS GCP

Se realizó la ubicación de los puntos de referencias GCP para el Municipio de Guadalupe los levantamientos de las secciones topográficas e imágenes aéreas fueron amarrados al sistema de coordenadas; el objetivo de pintar estos puntos de referencias GCP, fue el de poder amarrar las imágenes aéreas que se tomaron empleando tecnología de Aeronaves No tripuladas UAV y la generación de ortofotomosaicos geo-referenciados. La red Geodésica se encuentra materializada en 15 mojones ubicados dentro del área de influencia. A continuación se presentan los puntos de amarre para el municipio en estudio en la Tabla 1.

Tabla 1. Cuadro de puntos de amarre.

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	ALTURA ELIPSOIDAL (h)
CALI	865391.661	727091.911	1024.796	1027.496
GPS01	716284.579	813216.876	902.702	903.002
GPS02	716231.794	813892.163	902.120	902.42
GPS03	715977.936	812871.061	905.223	905.523
GPS04	715698.709	813773.592	905.946	906.246
GPS05	715486.536	813099.210	909.930	910.23
GPS06	715728.737	812629.184	905.551	905.851
GPS07	715157.232	813112.192	956.316	956.616
GPS08	715119.287	812830.905	931.286	931.6858
GCP09	715521.784	812835.079	911.909	912.209
GPS10	715487.657	812456.549	911.039	911.4394
GPS11	715482.46	812134.88	920.373	920.7727
GPS12	715940.862	813250.921	905.029	905.329
GPS13	715896.043	813655.902	905.412	905.7119
GPS14	716095.749	813576.524	903.359	903.6585
GPS15	715733.667	813071.547	907.096	907.3958

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 41 de 437

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

## 5.2. ORTOFOTO

La toma de imágenes aérea se realizó empleando la tecnología de Aeronaves No tripuladas UAV y la generación de ortofotomosaicos geo-referenciados. A continuación se presenta la ortofoto correspondiente para el Municipio de Guadalupe. Además generaron además los Modelos Digitales de Superficie (DSM), Modelos Digitales de Terreno (DTM) con una precisión relativa de 15 cm. Se generó el ortomosaico georeferenciando a partir de dichos modelos para obtener una mayor precisión del modelo terrestre del área de estudio.

Para analizar las precisiones calculadas en cada punto de la ortofoto y del modelo digital del terreno, se tomaron las posiciones precisas de quince GPS. Estos puntos servirán para comparar la posición XYZ calculada con su posición real milimétrica medida en terreno.

Para el cálculo de las precisiones topográficas se utilizó la norma NTC 5205 “Precisión de datos espaciales”, en la cual se define una metodología estadística para estimar la precisión de las posiciones de puntos sobre mapas y datos digitales geoespaciales con respecto a puntos terrestres de referencia, con mayor precisión.

La precisión se presenta en distancias terrestres al 95% del nivel de confianza, esta precisión garantiza que el 95% de las posiciones en el grupo de datos tendrá un error con respecto a la posición verdadera en el terreno que es igual o menor que el valor de precisión obtenido. En el Anexo 6. MAPAS se adjunta la imagen satelital GE426-GDP-PSIG-MD-002-00 y en Ilustración 3 se observa la ortofoto.

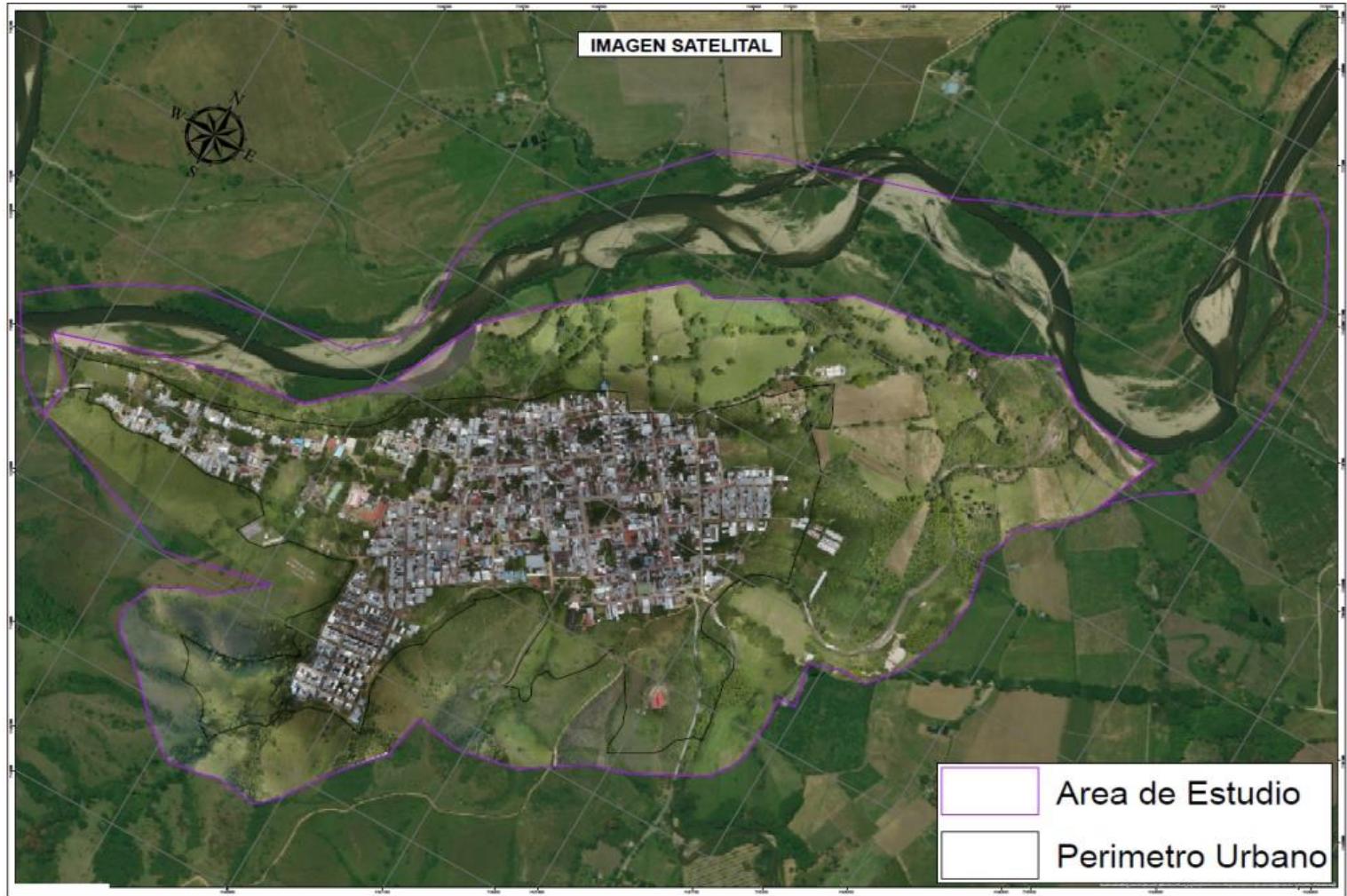


Ilustración 3. Ortomosaico georeferenciando área de estudio.  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 5.3. OPERACIONES DE CAMPO

Para la realización de la topografía, se realizaron las siguientes actividades a ejecutar para la ejecución de la etapa de georreferenciación:

➤ Selección del lugar: se realizó una inspección de la zona a fin de seleccionar áreas libres de obstrucciones directas a nivel de recepción de señal y visual para ubicar los mojones y posteriormente iniciar la toma de datos GPS. Se evitó en su totalidad ubicar los puntos GPS en zonas que generen interferencias en la recepción de la señal, tales como cables de alta tensión, transformadores, superficies reflectoras, espejos de agua, estructuras metálicas, antenas de telecomunicación, entre otros. Se evitaron obstrucciones menores a 15°, que los dos equipos capturaran información al mismo tiempo con el fin de obtener tiempos comunes de captura de satélites y un intervalo de grabación cada 1 segundo para obtener mayor número de épocas grabadas

➤ Puesta en estación del sistema: Para la puesta en estación del sistema GPS, primero se instaló el trípode sobre el punto seleccionado y materializado previamente, luego se procedió a montar la base nivelante, posteriormente la antena receptora se instaló sobre la base y se realizaron las conexiones de antena y de energía del equipo, por último se tomó la altura instrumental inclinada. Como se puede ver en la Ilustración 4.



Ilustración 4. Procedimiento en campo toma de GCP.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

➤ Captura de datos: El posicionamiento Geodésico fue de tipo estático. Esta labor se realizó mediante la utilización del sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) con receptores satelitales de doble frecuencia (L1/ L2). Con este tipo de

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Huila</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

equipos se alcanza la mayor precisión hasta cada uno de los vértices proyectados. De esta manera se garantiza la homogeneidad con las coordenadas y el cumplimiento con los lineamientos técnicos y normatividad.

➤ Para la determinación de los tiempos de posicionamiento, debido a la distancia que existe entre el lugar de toma de datos y las estaciones permanentes del IGAC se realiza una formula aproximada de 5 minutos inicialmente más 2 minutos adicionales por cada km de distancia entre el punto y su punto de estación permanente. Dentro de los puntos de referencia en el área se establece una base y los demás puntos con distancias menores a 2 km se corregirán con respecto a la base definida, estos puntos se ubicarán con una duración máxima de 20 minutos de toma de datos. Durante todo este proceso el punto base deberá estar recogiendo datos para poder hacer parte del post proceso.

#### 5.4. PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Para la determinación de las coordenadas de la red geodésica, se procesó la información de los receptores GPS instalados en campo, usando como base fija el vértice CALI. Vértice perteneciente al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); esto para el punto base de nuestro caso. Posterior a este paso, ya procesado, se coloca como referencia nuestra base y se procede a pos procesar los demás puntos ubicados en el área. A continuación, se presenta una breve descripción acerca de los distintos archivos crudos que se generan durante el post-proceso de los puntos GPS geo-posicionados en campo para la totalidad del área de levantamiento.

Archivos Crudos O Nativos: Corresponde a los archivos nativos o crudos provenientes del receptor GPS, los cuales se organizaron de manera independiente en cada carpeta. Los mismos presentan extensión G###, \*.DAT Y \*.T0 en carpetas individuales por punto.

#### 5.5. INFORME Y POST-PROCESO

Para el post proceso de la información GPS obtenida en campo se utilizó el software GNSS SOLUTIONS, el aplicativo Infinity de Leica. En la descarga de datos de los receptores GPS se obtuvo los siguientes archivos nativos y Rinex:

1. Datos utilizados para la red de GPS realizada el día de la toma.
2. CRUDO LEICA BASE GPS 002-3.
3. CRUDOS LEICA BASE GPS 002-2.
4. Selección de un sistema de coordenadas planas locales (SCP), Bogotá D.C

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

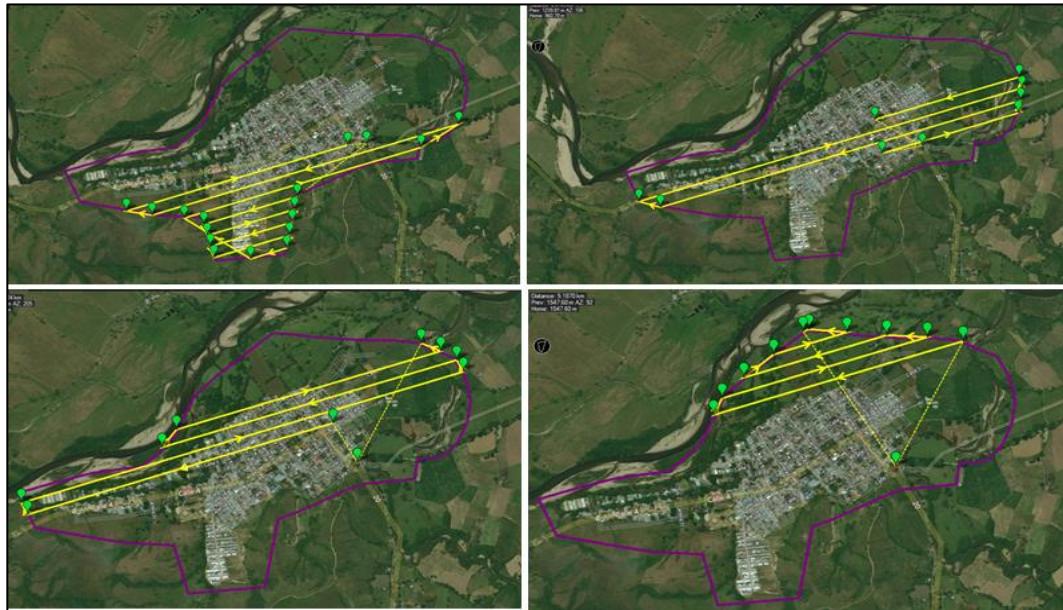
5. Carga de datos crudos de cada sesión realizada (Red Geodésica).
6. Definición de los puntos de control y rover, definición de los parámetros de cada una de las antenas.
7. Revisión de información registrada, alturas de las antenas, intervalo de registro.
8. Edición y generación de ventanas de exclusión para las señales intermitentes y con escasa recepción.
9. Procesamiento de los vectores calculados en la red.
10. Ajuste y determinación de cierres de la red.
11. Generación de reportes del software GNSS SOLUTIONS y su respectivo análisis.
12. Conversión de coordenadas Geodésicas WGS84 (época 2016,5) a planas locales Bogotá D.C época 1995.4, realizada en el software Concoord.
13. Una vez terminado el proceso anteriormente descrito, se obtienen las coordenadas de los puntos objeto de nuestro estudio.

## 5.6. PROCESAMIENTO DE ORTOFOTO Y DEM

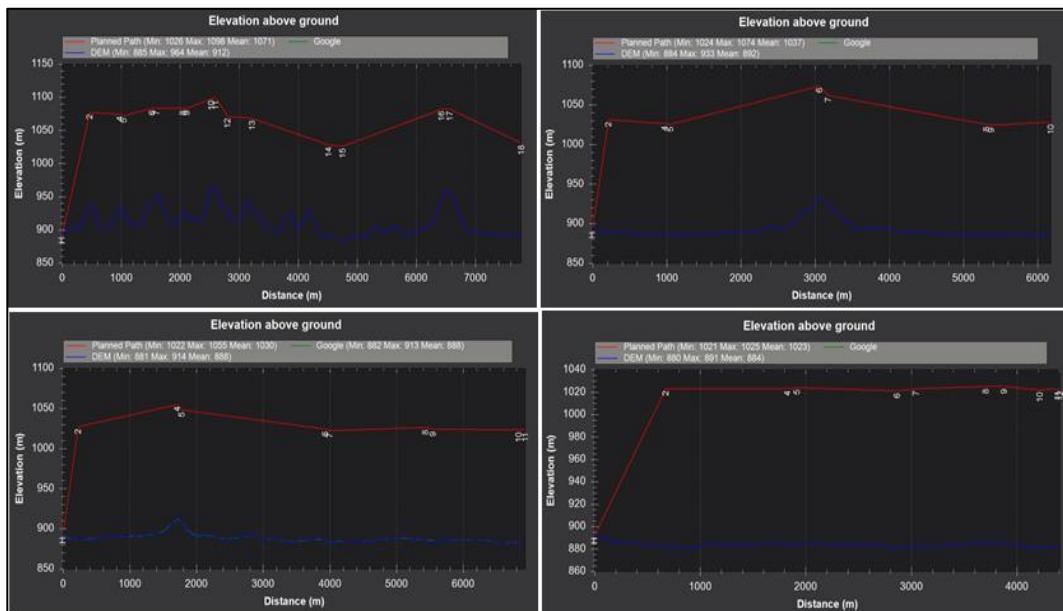
De acuerdo con el nivel de resolución requerido, se realizó la programación y ajuste de un patrón de vuelo teniendo en cuenta alturas deseadas, tendencias predominantes del viento y finalmente la programación de la cámara para la toma de imágenes. En las áreas de operación escogidas, se ensambló la aeronave, se cargó el patrón de vuelo al sistema automático del avión, se realizaron las pruebas de controles de vuelo, configuración del vuelo, potencia del motor, estabilidad del centro de gravedad y de enganche del control remoto con la aeronave. Una vez se cumplió con el patrón de vuelo se aterrizó la aeronave en el campo escogido, revisando el estado de la misma y descargando los datos recogidos.

Una vez definido el polígono regular para la ejecución del vuelo, se hizo uso del Software Misión Planner especializado para generar la respectiva misión para toma de imágenes. El Software misión Planner permite ajustar el traslapo deseado, tanto longitudinal como transversalmente. Para el área de estudio, se estimó un traslapo lateral entre líneas de vuelo del 80% y traslapo frontal entre fotos 75%. A continuación, se muestra un ejemplo de las líneas de vuelo y datos de vuelo en la Ilustración 5 y en la Ilustración 6.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 5. Líneas de vuelo Guadalupe.**  
**Fuente:** Grupo ANKA.



**Ilustración 6. Perfil de las líneas de vuelo vs terreno natural.**  
**Fuente:** Grupo ANKA.

Los sitios de lanzamiento y aterrizaje se escogieron en campo en lugares estratégicos para el lanzamiento y el aterrizaje, según los polígonos volados. Se hicieron los vuelos entre las 9 de la mañana y las 3 de la tarde, de modo que se redujeron las sombras en la medida de lo posible. Una vez finalizado cada vuelo, se descargaron las fotografías y el archivo de control de vuelo, con el fin de

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

realizar la georreferenciación de las fotografías y el control de calidad de las mismas.

#### • Etapas del procesamiento

**Alineamiento de fotos de acuerdo con las líneas de Vuelo:** En esta etapa se depuraron aquellas imágenes que debido a su desviación con respecto a la línea de vuelo no se pudieron alinear.

**Verificación de calidad de las imágenes:** En esta etapa se determinó el número de pixeles por foto y se depuraron aquellas imágenes que no tuvieron una calidad suficiente.

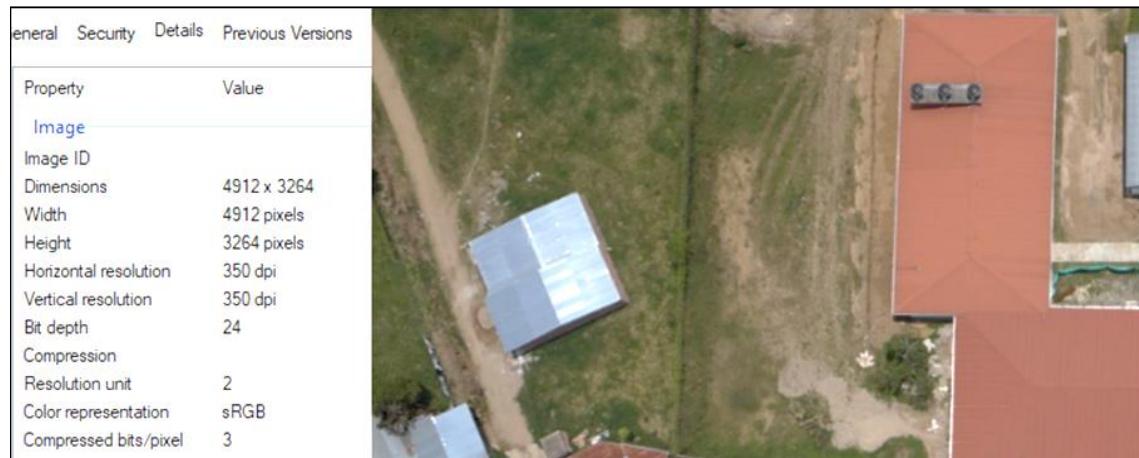


Ilustración 7. Resolución de la imagen.  
Fuente: Geocing S.A.S.

**Generación de triangulación:** Una vez las imágenes estuvieron alineadas se realizó la generación de una grilla por medio de triangulación, estableciendo el número de vértices acorde al tamaño del área del proyecto.

**Generación de la nube de puntos:** Se generó una nube de puntos preliminar, con base en la generación de pares estereoscópicos por medio de software especializado. En este punto, el Software calculó diferencia de alturas con base en la vista estereoscópica y la respectiva altura de vuelo.

**Generación de la textura:** Con base en la nube de puntos se generó una textura la cual corresponde a la base para la generación de la Ortofoto, el DSM y el DTM.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 6. GEOLOGÍA

A continuación se describen las características geológicas del municipio de Guadalupe, que permitan determinar un diagnóstico Geológico - Geotécnico de los diferentes aspectos de estabilidad presentes y/o potenciales, y sus diferentes aplicaciones ingenieriles.

La caracterización geológica del sitio se desarrolla bajo cuatro aspectos fundamentales: A nivel regional, obtener su ubicación dentro del contexto geológico general identificando las unidades estratigráficas regionales, al igual que los elementos estructurales.

A nivel local y/o de detalle, identificar, clasificar y cartografiar los diferentes tipos de materiales rocosos (suelos y rocas), y, si es de existir, la medición de los diferentes elementos estructurales del macizo rocoso (discontinuidades, etc.).

Los mapas temáticos del estudio (geológico y geomorfológico), así como los perfiles geológicos, se presentan en escala local (Esc. 2.000).

### 6.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La realización del presente informe se desarrolló con base en el análisis de la información secundaria aportada en:

- Mapas Geológicos de: Departamento del Huila, Esc. 1: 300.000 (SGC, 2001), Plancha 389, Timaná (SGC, 2003), con sus respectivas memorias.
- Información secundaria, tomada de la evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico, geomorfológico e hidrometeorológico, y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del Departamento del Huila (Convenio CAM y UN, 1999), así como aerofotografías de diferentes años del IGAC y ortofotos (Anka, 2017).
- Información de reconocimientos de morfología en Google Earth.
- Información de reconocimientos de campo, elementos procesados y analizados para la obtención de los resultados temáticos correspondientes.

Para la ejecución del estudio, se realizaron las siguientes actividades:

Recopilación y análisis de la información de referencia existente y temática básica, tales como: planos, fotografías aéreas, geología, así como estudios

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

geotécnicos disponibles en algunas entidades, Servicio Geológico Colombiano (SGC), CAM, UN, ICAG, entre otros.

Reconocimiento del área de estudio por parte del especialista en geología, y levantamiento cartográfico local y detallado de todos los elementos geológicos, geomorfológicos y morfodinámicos, presentes en el área y la caracterización de los mismos.

Análisis de la información tanto la secundaria como la recolectada en campo, las cuales conforman los elementos temáticos básicos de la Geología y Geomorfología aplicadas a la Ingeniería, para el planteamiento de diferentes alternativas concernientes al cumplimiento de los objetivos propuestos en el estudio.

## 6.2. GEOLOGÍA REGIONAL

Se realizó una descripción regional de la geología y geomorfología dentro y en cercanías, del casco urbano del municipio de Guadalupe, departamento del Huila, realizando la descripción de las principales unidades geológicas y del comportamiento tectono-estructural. Para dicha descripción se recurrió a la información encontrada en la geología de la Plancha 389 Timaná del SGC 2003, memoria explicativa del Mapa Geológico del Huila escala 1:300000 del 2001, y se tuvo en cuenta los estudios realizados por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y la Universidad Nacional (UN), efectuados en el año de 1999, “Evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico, geomorfológico e hidrometeorológico, y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del Departamento del Huila”; así como los realizados por el INGEOMINAS (actualmente, SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, SGC).

El municipio de Guadalupe se encuentra ubicado en la parte sur oriental del departamento del Huila, en la región que corresponde al flanco occidental de la Cordillera Oriental en el Valle Superior del Magdalena; en esta región la geomorfología se encuentra directamente relacionada con procesos denudativos y agradiacionales.

El casco urbano del municipio de Guadalupe, se encuentra ubicado sobre la margen derecha del río Suaza, sobre depósitos de terraza; además se encuentra cerca la traza de la Falla de Suaza, la cual pone en contacto rocas Jurásicas con rocas del Proterozoico, y la traza del Sistema de Fallas de Acevedo, la cual pone en contacto rocas Jurásicas con depósitos Cuaternarios.

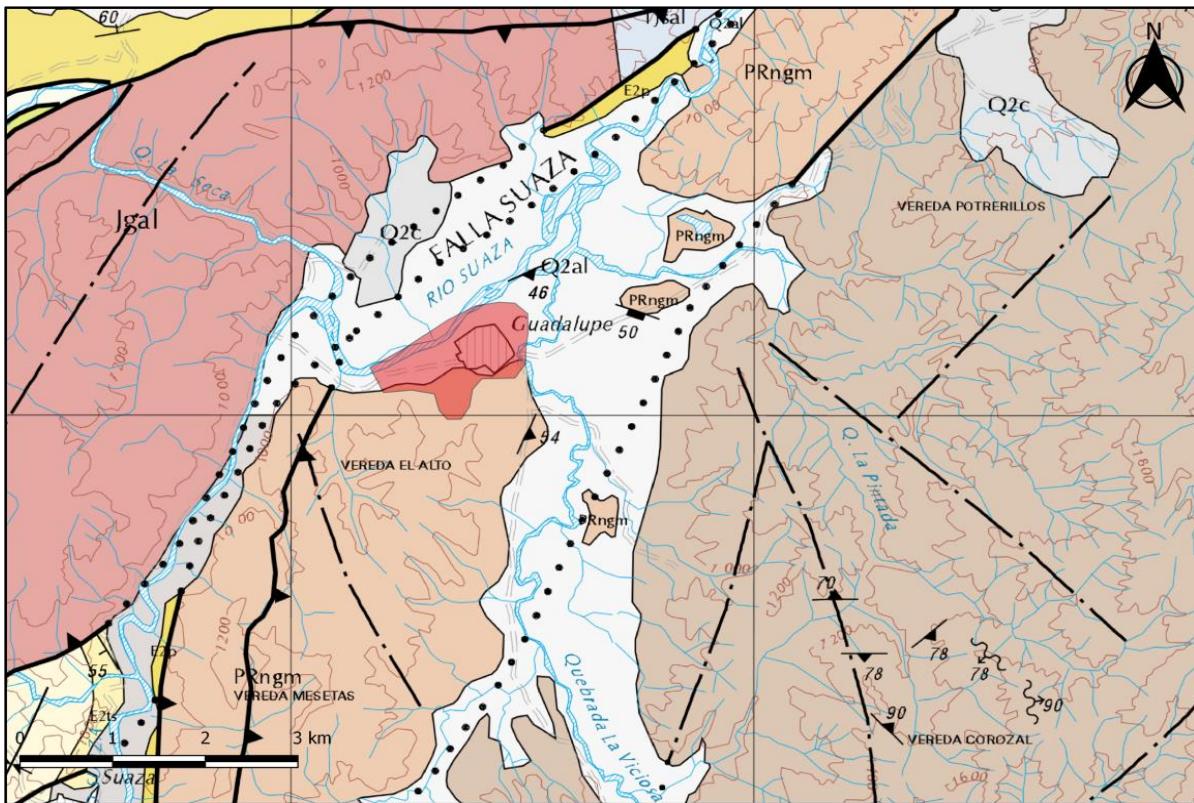


Ilustración 8. Figura tomada y modificada de la plancha 389 Timaná.

Fuente: Ingeominas & Geoestudios.

Como se puede observar en la Ilustración 8, el casco Urbano del Municipio de Guadalupe, reposa sobre depósitos aluviales asociadas al río Suaza, y rocas pertenecientes al Neis de Guapotón.

Se indica que los códigos de las unidades geológicas locales, en el presente estudio, han sido modificados de acuerdo con las normas del Código Estratigráfico Internacional y con la nomenclatura estratigráfica empleada por el Servicio Geológico Colombiano, SGC, antiguo INGEOMINAS (Hernández, 2001, Hernández *et al.* 2002, Rodríguez y Londoño, 2002, Arias y Morales, 2002).

### 6.2.1 *Estratigrafía regional del municipio de Guadalupe*

Las unidades estratigráficas que se describen a continuación con base en la memoria explicativa de la plancha 389, [SGC 2001], y se encuentran organizadas por edad de más antigua a más reciente abarcando un rango temporal desde la parte alta del Jurásico hasta el Eoceno.

- ***Neis de Guapotón (Prngm)***

El Neis de Guapotón-Mancagua, denominado así para conservar la descripción de Kroonenberg (1982a) consta de tres cuerpos metamórficos con estructura

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

néisica, que poseen formas elongadas en dirección Noreste – Suroeste, dos de los cuales afloran en el flanco occidental del Macizo de Garzón y otro al oriente del mismo.

El Neis de Guapotón está constituido por una roca característica de color rojo y rosado moteada de negro. A escala mesoscópica, la roca es fanerítica de grano medio a grueso, similar a un granito y microscópicamente presenta una mineralogía constituida por feldespato alcalino, cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol como minerales principales con orientación que demuestran el metamorfismo generado y estructuras propias del mismo. Todo esto también debido al protolito ígneo felsico que presentan estas rocas, posiblemente granítico.

En cercanías al municipio de Guadalupe se describió un afloramiento en el cual se encontraron neises cuarzo feldespáticos de grano grueso a medio, que en ocasiones a nivel mesoscópico parecen granitos debido a la homogeneidad de la roca.

El neis de Guapotón – Mancagua, presenta la edad más antigua y que corresponde a la isócrona Rb/Sr de 1,6 Ga obtenida por Priem *et al.* (1989). Restrepo-Pace *et al.* (1997) reportan una edad modelo Nd de 1,55 Ga, la comparación de estos dos resultados confirmaría la hipótesis de que estas rocas se formaron durante el Evento de Parguaza. La mayoría de los resultados radiométricos realizados poseen un rango que varía entre los 0,9 y los 1,2 Ga (Álvarez & Cordani, 1980; Álvarez, 1981; Priem *et al.*, 1989; Restrepo *et al.*, 1997); que permite inferir que las rocas fueron sometidas a metamorfismo durante un evento tectónico asociado al evento Grenville (Kroonenberg, 1982 a y b). Estos análisis indican que las rocas fueron afectadas por eventos posteriores a principios del Devónico, en el Pérmico-Triásico y durante el Jurásico (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

- **Granito Altamira (Jgal)**

El Granito de Altamira, como muchos de los cuerpos ubicados en esta zona del Valle Superior del Magdalena, presenta una dirección NE, tiene una elongación de aproximadamente 37 Km y una amplitud de 5 Km como máximo. Es denominado así por INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000). Se trata de un intrusivo de composición granitoide con variaciones a monzogranitos y cuarzomonzonitas y ocasionalmente diorítico, presenta colores rojos y rosados claros, inequigranulares de grano medio y fino, y con contenido de mineral accesorio de esfena característico para este cuerpo que puede llegar hasta el 3%.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Localmente existen diques andesíticos hasta diques riódacíticos a aplíticos; xenolitos dacíticos y autolitos granodioríticos a tonalíticos.

El contacto entre el Granito Altamira con las formaciones Hondita - Loma Gorda, Seca, Bache, Doima, Potrerillo y Gigante, está fallado al occidente del río Suaza; y el contacto existente con la Formación Saldaña es intrusivo.

No se tienen dataciones radiométricas del Granito Altamira, pero tentativamente se ubica en el Jurásico, parte de los cinturones jurásicos de la Cordillera Oriental que instruyen las rocas paleozoicas y precámbricas en los que se han realizado dataciones isotópicas.

- ***Formación Palermo (E2p)***

La Formación Palermo corresponde a una sucesión de conglomerados de matriz de arena y presencia de cemento silíceo-ferruginoso, con intercalaciones de lentes de arena de grano grueso; la composición de los conglomerados es principalmente fragmentos de cuarzo y chert, de color negro y gris. Se encuentran esporádicamente fragmentos de rocas ígneas.

La unidad fue diferenciada en la mitad occidental de la Plancha 389 Timaná, en la depresión de Timaná al sur de la población del mismo nombre y en el valle del río Suaza en los flancos de esta depresión (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). Los conglomerados presentan guijarros que gradan normalmente hacia el tope; están compuestos de chert de color negro, gris y pardo, y cuarzo, con esporádicos fragmentos de origen ígneo (intrusivo - extrusivo); la matriz, en general, es tamaño arena gruesa, cuarzosa; el cemento es silíceo - ferruginoso. Están dispuestos en capas muy gruesas, en cuña y lenticular, y con estratificación cruzada de bajo ángulo a gran escala; los contactos son erosivos y la separación entre capas está marcada por niveles muy delgados de lodolitas rojizas.

El límite superior de la unidad, con la Formación Baché es concordante y con la Formación Seca, disconforme. En el sector sur de la depresión del río Suaza se observó sobre la unidad los Basaltos de Acevedo, en relación de discordancia angular (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

- ***Formación Gigante (N1gg)***

Para el trabajo del SGC en 2002, se adoptó el nombre de Formación Gigante con tres nomenclaturas propuesta por van der Wiel (1991) y se acoge la división realizada en los miembros Neiva, Los Altares y Garzón pero no se hace ninguna separación o subdivisión en la cartografía. Guerrero (1993) propone formalmente el nombre de Grupo Huila para esta secuencia y subdivide la unidad en las formaciones Neiva y Gigante.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

La Formación Gigante está constituida hacia la base por una sucesión espesa de conglomerados con intercalaciones de areniscas, arcillolitas y limolitas. Los conglomerados se presentan en capas muy gruesas, con clastos de entre 2 y 40cm de diámetro, compuesto principalmente por chert negro y pardo, cuarzo y fragmentos volcánicos de la Formación Saldaña y rocas del Complejo Garzón. Las areniscas son lodosas y conglomeráticas, con mala selección; las arcillolitas tiene tonalidades rojizas generalmente en capas más delgadas que los conglomerados y las areniscas.

En la parte media se presenta una secuencia volcanoclastica constituida por capas medias a muy gruesas de tobas de cristales, tobas pumíticas, tobas, areniscas tobáceas, conglomerados pumíticos, arcillolitas y areniscas líticas ricas en material volcánico.

La parte superior presenta una sucesión espesa de capas muy gruesas de conglomerados con intercalaciones y lentes de areniscas de grano fino a grueso en ocasiones ligeramente conglomeráticas. Los conglomerados presentan mala selección, matriz soportados en material que presenta tanto tamaño arena como lodo; los clastos son de granodioritas, granitos, granulitas, migmatitas, ignimbritas, pórfidos andesíticos y dacíticos, tobas, chert y cuarzo.

En el sector del valle del río Suaza, INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000) describen la unidad constituida por conglomerados clastosoportados de cantos y bloques finos (5 – 40 cm), los clastos son de rocas ígneas (monzonitas, sienitas), volcánicas de la Formación Saldaña y, en menor proporción, metamórficas del Complejo Garzón; en general, presentan mala selección, los bloques son de baja esfericidad y los guijarros de alta; la matriz es arenolodosa, guijosa y conglomerática, localmente llega hasta el 20%; se encuentran esporádicos lentes de litoarenitas lodosas de finas a conglomeráticas, con cuarzo, chert y fragmentos de rocas ígneas, macizas y algunos lentes de conglomerados de guijarros y lodolitas arenosas.

Se presenta en contacto fallado con las rocas del Macizo de Garzón; localmente está cubierta discordantemente por el Lahar de Altamira y reposa discordantemente sobre el Grupo Honda. La edad de la Formación Gigante a partir de huellas de fisión, en una muestra de ignimbrita colectada al sur del Municipio de Suaza, dio  $6,6 \pm 1,4$  Ma, que corresponde al Mioceno tardío (van der Wiel, 1991).

- **Abanicos Antiguos y Recientes (Q1ab, Q2ab)**

Los abanicos aluviales son depósitos sedimentarios que están constituidos por conglomerados de origen torrencial. Se pueden dividir en dos categorías:

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

abanicos antiguos (Q1ab) y recientes (Q2ab). Los abanicos antiguos comúnmente se muestran cortados por ríos y quebradas, y sus canales rellenados por otras unidades aluviales, retrabajadas o por depósitos aluviales recientes. En general, estos depósitos son conglomerados de bloques y cantes, matriz y clastosoportados; la matriz es arenoguijosa. Los clastos son de mucha diversidad lítica dependiendo del área de aporte. Además, se observan algunos niveles de arenas guijosas deleznables con erosión en surcos (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

Aquellos depósitos ubicados en la desembocadura de corrientes y en los que es posible definir un arreglo radial de pequeños canales, se han denominado depósitos de abanico recientes (Q2ab) (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

- **Depósitos aluviales y terrazas bajas – (Q2al)**

Los depósitos aluviales corresponden a los formados por la actividad reciente de los agentes erosivos como los ríos junto con la gravedad, que transportan los respectivos materiales previamente rodados para ser depositados en llanuras, islas o sitios dispuestos para ello según el tipo de drenaje, caudal y otros aspectos físicos del drenaje. Los depósitos coluviales (Q2c) son los materiales rodados y redepositados en la base de los taludes, se caracterizan por una textura con pobre calibrado y por no tener estructuras sedimentarias; en general, están compuestos por gravas polimicticas de bloques angulares clasto o matriz soportadas según el tipo de aporte presentado y tipo de material de la fuente.

En los principales ríos que drenan la región se han identificado depósitos aluviales recientes (Q2al) que incluyen los depósitos de canal y llanuras de inundación. En los canales se presentan comúnmente gravas de cantes y bloques redondeados, principalmente de rocas volcánicas, ígneas y metamórficas (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

### 6.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El bloque tectónico del Valle Superior del Magdalena corresponde a una zona deprimida con relación a los bloques que lo delimitan (serranía de Las Minas y Cordillera Oriental), tiene un tren estructural con tendencia NE y en él afloran rocas mesozoicas y cenozoicas, principalmente.

El bloque corresponde en forma general a un sinclinal limitado en ambos costados por fallas de cabalgamiento que levantaron y montaron rocas más antiguas sobre unidades sedimentarias más jóvenes, y el sinclinal está conformado en el núcleo por las unidades más recientes y en los bordes por las más antiguas.

Hacia el sur, la culminación del sinclinal se confunde con el levantamiento de bloques que hacen parte de las cordilleras Central y Oriental, se presenta el cierre del sinclinal y algunas depresiones y valles tectónicos como el valle de Pitalito y la depresión de Suaza - Acevedo que son las partes finales del Valle Superior del Magdalena y el inicio del Macizo Colombiano. En la Ilustración 9, se observan las principales trazas de fallas en el departamento del Huila, así como los principales pliegues en el mismo. Además se indica la localización del casco urbano del municipio de Guadalupe.

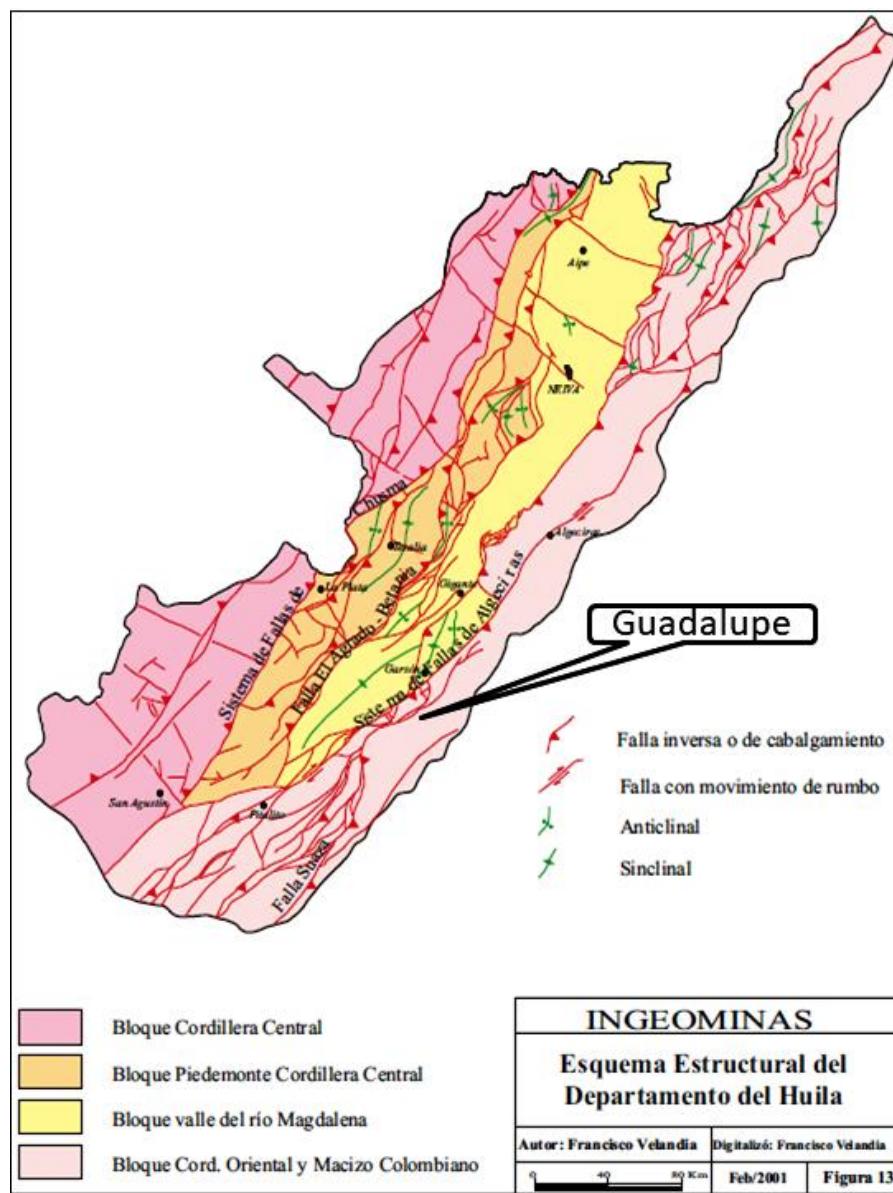


Ilustración 9. Mapa Estructural del Departamento del Huila. Tomado y modificado de la memoria del mapa de Geología de Huila, escala 1:300.000.  
Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### ➤ **Falla de Suaza**

El nombre de Falla Suaza fue tomado del Municipio de Suaza en el Departamento del Huila. Topográficamente la falla se expresa con el control estructural del río Suaza en una extensión aproximada de 20 km, con un patrón rectilíneo a ligeramente curvado al norte de la Plancha 389 Timaná; forma abanicos aluviales a partir de su trazo, que indican actividad reciente; además, es el límite oriental del valle de Suaza – Acevedo, que representa un valle tectónico. Esta falla, según INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000), es de tipo inverso y ángulo bajo (cabalgamiento), su vergencia es hacia el occidente, tiene una dirección sinuosa al noreste, en la Plancha 366 Garzón se midió una inclinación del plano de falla de 70° a 75° al sureste; al norte se une con la Falla Acevedo y se desprende de la Falla Algeciras. Para Velandia (2001) se trata de una falla de retrocabalgamiento, que parece encontrarse de frente con el cabalgamiento de un lente del Sistema de Algeciras que corresponde con la Falla Acevedo y ser sepultada más al norte por el trazo principal del sistema. En superficie hace cabalgar el bloque oriental conformado por rocas precámbricas cristalinas del Macizo de Garzón sobre el bloque occidental conformado por rocas del Mesozoico y Cenozoico como las formaciones Saldaña, Hondita – Loma Gorda, La Tabla, Palermo y Potrerillo. Esta falla genera el emplazamiento más occidental del Macizo de Garzón y sirve como despegue para un número de cabalgamientos escalonados que levantan las rocas cristalinas. Butler (1983) estima que la Falla Suaza cabalga sobre secuencias molásicas neógenas y desplaza todas las rocas más antiguas que el Cuaternario.

### ➤ **Sistema de Fallas Acevedo**

El nombre de Sistema de fallas Acevedo fue tomado del Municipio de Acevedo en el Departamento del Huila, lo conforman una falla cuyo trazo principal bordea el costado occidental del valle del río Suaza y varios lineamientos paralelos al trazo principal dispuestos en forma de echelón con despliegue divergente, posiblemente en el estilo estructural denominado “transferencia de desplazamiento” (Mojica & Franco, 1990); al norte se une con las fallas Suaza y Algeciras.

Para INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000) es un sistema de fallas de cabalgamiento que tiene transporte hacia el SE, rumbo N50°E e inclinación del plano de falla al occidente; en superficie pone en contacto por más de 25 km rocas de la Formación Saldaña y el Granito Altamira con las formaciones Baché, Tesalia, Potrerillo, Doima y Gigante. A esta falla se encuentran asociadas otras fallas menores, con el mismo despegue y afectan las rocas jurásicas - triásicas de la Formación Saldaña, y es responsable del levantamiento del bloque occidental

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

limitado al occidente por la Falla Pitalito - Altamira y que corresponde a un bloque levantado con relación al Sinclinal Tarqui y al valle de Suaza - Acevedo.

➤ ***Sinclinal Suaza***

El Sinclinal Suaza está localizado en el lado occidental del valle del río Suaza, cerca de la población del mismo nombre (Plancha 389 Timaná). La dirección del eje es N20E. El flanco oeste está limitado y parcialmente sepultado por la Falla Suaza y el Sistema de Fallas Acevedo. En el núcleo aparece la Formación Gigante; en el flanco oriental aparecen las formaciones Palermo, Baché, Tesalia, Potrerillo y Doima. El flanco oriental del sinclinal se encuentra cubierto por abanicos recientes y antiguos.

#### **6.4. GEOLOGÍA LOCAL**

Con base en la fotointerpretación y análisis de imágenes satelitales, se generó un plano fotogeológico preliminar, el cual se ajustó con base en la información existente, las observaciones de campo, las descripciones de los núcleos obtenidos en la campaña de exploración del subsuelo (2 sondeos mecánicos que alcanzaron hasta los 16 metros de profundidad y 5 sondeos manuales), la interpretación de dos (2) líneas de refracción sísmica (LRS), y demás estudios realizados en terreno; se analiza, se interpreta y anuda esta información para caracterizar las unidades geológicas para ingeniería, UGI, unidades geomorfológicas, procesos morfodinámicos, y unidades hidrogeológicas de la zona donde se ubica el casco urbano del municipio de Guadalupe, departamento del Huila.

Geológicamente, el casco urbano del municipio de Guadalupe, departamento del Huila, se ubica sobre depósitos aluviales asociados a la dinámica fluvial del río Suaza, que generan una llanura de inundación amplia, limitada lateralmente por montañas conformadas por rocas correspondientes a las Migmatitas de Florencia, Neis de Guapotón y el Granito de Altamira el mapa de unidades geológicas GE426-GDP-PSIG-GE-006-00.

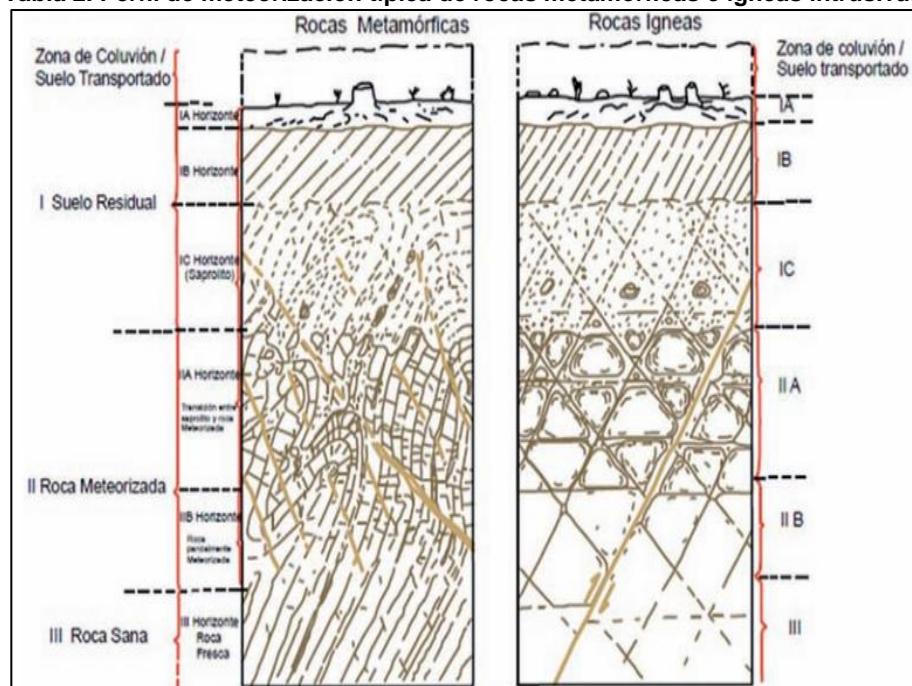
##### **6.4.1 Caracterización de las Unidades Geológicas de Ingeniería**

Para la caracterización de las unidades de roca y de suelo, adicional a la descripción litológica de los materiales aflorantes y del subsuelo, se usaron parámetros como: grado de meteorización e índice geológico de resistencia (GSI) que enseguida se describen.

### •Grado de meteorización

El grado de meteorización es uno de los aspectos importantes en la caracterización de las unidades geológicas de ingeniería, se define como la descomposición física y química *In situ* de los materiales cercanos a la superficie de la tierra. Influye en la formación de los suelos residuales, estabilidad de las laderas y en la acción de la erosión, al igual que sobre las propiedades mecánicas de las rocas. Como se observa en la Tabla 2, para definir el grado de meteorización de las rocas se utilizó el perfil generalizado de Deer and Patton 1971.

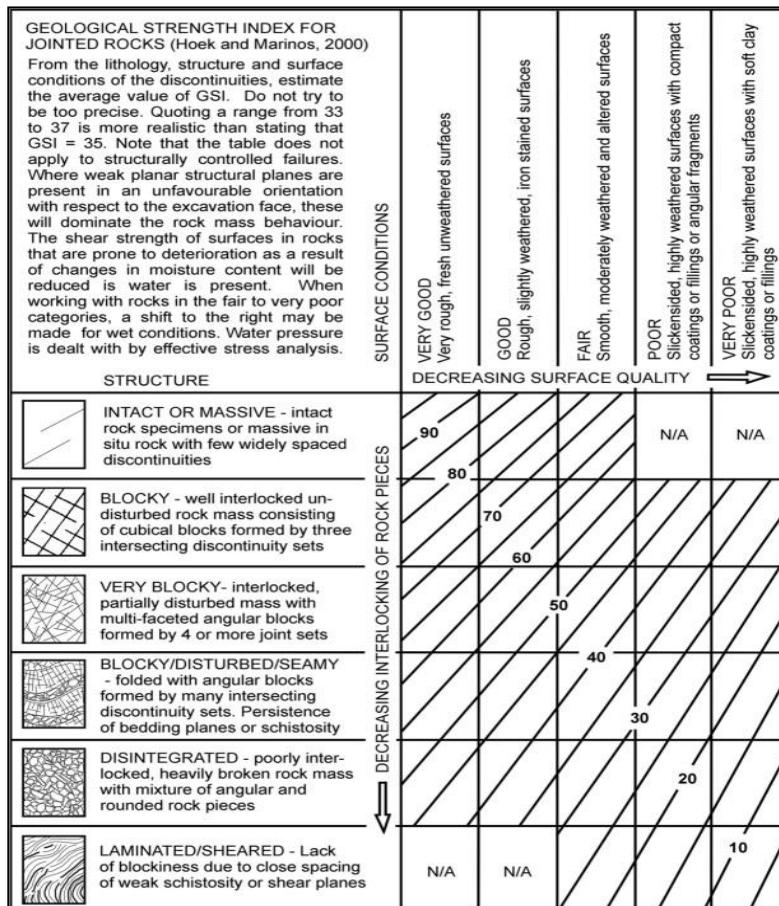
**Tabla 2. Perfil de meteorización típica de rocas metamórficas e ígneas intrusivas.**



Fuente: Deer y Patton, 1971.

### •Índice Geológico de Resistencia (G.S.I.)

Corresponde a un parámetro de evaluación de la resistencia de la masa rocosa, que evalúa la calidad del macizo rocoso en función del grado y características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de los bloques y alteración de las discontinuidades. La determinación del G.S.I. permite calificar el macizo rocoso entre 0 y 100, dependiendo de la variación del entrabamiento y la calidad de la roca en la superficie (Ilustración 10).



**Ilustración 10. Factor G.S.I para Macizos Rocosos.**  
Fuente: Hoek et al., 1998.

En la Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa (Servicio Geológico colombiano, SGC. 2013), se propone clasificar los materiales de acuerdo a su origen, donde se modificó a partir de las unidades geológicas superficiales propuestas por Hermelín (1985) y Salazar (1995). Esta propuesta se emplea en el presente informe para nombrar las unidades de geología para ingeniería (UGI).

De acuerdo a lo anteriormente descrito y teniendo en cuenta la escala de trabajo, la UGI mínima será de 64 m<sup>2</sup> (Salitchev. 1979), para cartografiar en planta, adicionalmente en escala vertical se trabajarán con materiales de espesores mínimo de 2 metros, a excepción de espesores menores que el autor de este informe considere relevantes de ser cartografiados, con base en los objetivos de este estudio.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S.	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Las coordenadas referenciadas a continuación, fueron tomadas con geoposicionador Garmin 60Sc, referidas al sistema magna sirgas (WGS84), origen occidente.

#### **6.4.2 Unidades Geológicas de Ingeniería (UGI)**

Las UGI referidas, corresponden a zonas delimitadas, teniendo en cuenta que representen alto grado de homogeneidad con respecto a las propiedades geotécnicas básicas, cumpliendo con las características de área y espesores mínimos cartografiados, de acuerdo con la escala de trabajo 1:2000 y con base en la definición de unidades litoestratigráficas. Se clasifican como rocas o suelos a partir de cuatro grandes grupos:

- Rocas.
- Suelos residuales y saprolitos.
- Suelos transportados en cualquier ambiente (depósitos aluviales, de ladera o coluviales, costeros, volcánicos, eólicos y glaciares).
- Suelos antrópicos.

Como base para la generación de las UGI, se propone clasificar los materiales de acuerdo con su origen, de acuerdo a la modificación realizada a partir de las unidades geológicas superficiales propuestas por Hermelín (1985) y Salazar (1995).

##### **➤ Origen y litología**

Se hará una identificación preliminar de la unidad con base en su origen, que se complementará posteriormente de acuerdo con sus características litoestratigráficas, esto es, la caracterización litológica (composición y estructura) de las sucesiones estratigráficas.

Esta clasificación preliminar permite diferenciar entre rocas y suelos, y estos últimos diferenciados entre transportados, residuales o antrópicos. Además, es importante plasmar en la leyenda de cada UGI, el material que la subyace y suprayace, y sus características geotécnicas básicas.

##### **➤ Nomenclatura**

Una vez establecidas las posibles UGI, identificadas preliminarmente por el origen y la litología, se define la nomenclatura asociada, la cual se ajusta de acuerdo con la caracterización de los materiales en la actividad de comprobación de campo.

El sistema de nomenclatura propuesto es el siguiente:

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

La primera letra, en mayúscula, indica si es roca (R) o suelo (S). Si es roca (R), la segunda letra, en minúscula, indica su calidad, según sus características de resistencia cualitativa, grado de meteorización y el diaclasamiento, entre otras, la cual se ajustará según la caracterización realizada cuantitativamente, que se denomina muy dura (md), dura (d), intermedia (i), blanda (b) y muy blanda (mb). Si es suelo (S), la segunda letra indicará el origen: transportado (t), residual (r) o antrópico (a). La tercera letra indica el tamaño del grano predominante o la textura del material. Se pueden agregar al nombre otras letras que indiquen las características geotécnicas del material. En la Tabla 3 se describen la Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) descritas en la zona de estudio; su extensión se observa en el Plano de Unidades Geológicas para Ingeniería, UGI el cual se encuentra en el Anexo 6. MAPAS- GE426-GDP-PSIG-GE-001-00.

**Tabla 3. Descripción de las unidades Geológicas para Ingeniería en la zona de estudio.**

Periodo	Unidad UGI	Símbolo UGI	Descripción
Cuaternario	Suelo Antrópico, depósitos de escombros	Sade	Mezclas heterogéneas de escombros de construcción, plásticos, restos de maderas, suelos, y otros. Dispuestos de manera aleatoria, sin una disposición técnica.
	Suelo Antrópico, rellenos indiferenciados	Sarin	Materiales seleccionados, emplazados y compactados, para la construcción de obras civiles como parques, plazas y/o viviendas.
	Suelo Antrópico, rellenos ingenieriles	Sari	Materiales seleccionados y compactados, donde se desarrolló la construcción de obras civiles como vías y andenes, del casco urbano y zonas aledañas. Este tipo de depósitos presentan espesores variables entre 0.50 y 2 m.
	Suelo Transportado de Inestabilidad Reciente	Stir-1	Esta unidad corresponde al suelo residual originado a partir del Neis de Guapotón, y sobre la cual sucede reptación, donde la deformación plástica que les sucede, induce a cambios en el comportamiento geomecánico de los suelos. Son materiales de textura arcillosa, por lo general cubiertos de pastos y/o rastrojos bajos, y suceden en zona de ladera.
	Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Activo	Stfaa	Depósito cuaternario, conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, de la quebrada la Viciosa, y de una serie de escorrentías localizadas al sur del casco urbano.
	Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Reciente	Stfar	Depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial: del río Suaza y de la quebrada la Viciosa, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza baja.
	Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Subreciente	Stfasr	Depósito cuaternario subreciente, conformado por material transportado y depositado por la dinámica fluvial del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza alta.
	Suelo Residual del Neis de Guapotón	Sr-NP2ng	Corresponde a suelos de textura arcillosa, originados a partir de la degradación de rocas del Neis de Guapotón, de espesor variable.
Proterozoico	Neis de Guapotón, roca meteorizada	NP2ng-r	Roca roja y rosado moteada de negro, fanerítica de grano medio a grueso, que se confunde con un granito y mineralología constituida por feldespato alcalino, cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol como minerales principales, con orientación que demuestran el metamorfismo generado y estructuras propias del mismo.

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

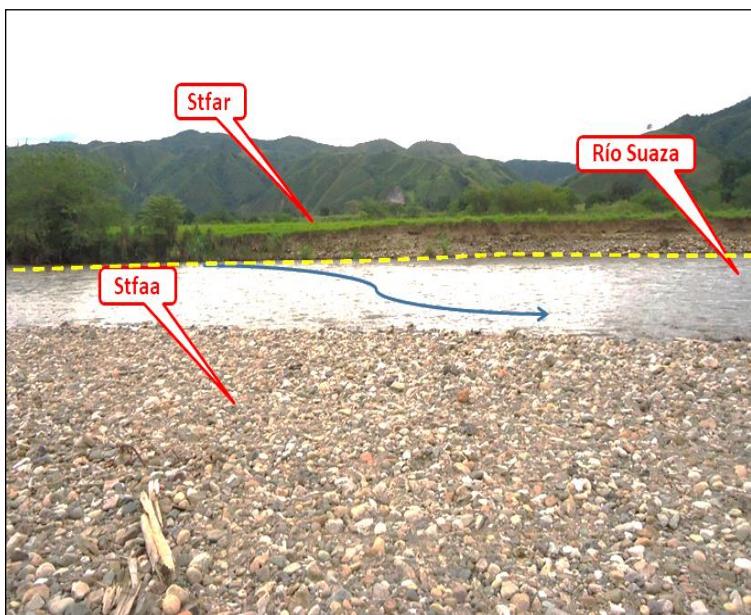
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

### Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Activo Stfaa.

Depósito cuaternario, conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, de la quebrada la Viciosa, y de una serie de escorrentías localizadas al sur del casco urbano.

El material asociado a la dinámica fluvial del río Suaza corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes en proporciones irregulares, de gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica; Las gravas, son de composición heterogénea, donde encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; las gravas y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta (Ilustración 11 e Ilustración 12). El material asociado a la quebrada la Viciosa, está compuesto por la intercalación e interdigitación de lentes de arenas, limos y gravas, con algunos lentes de materia orgánica, donde los niveles de gravas son menores con respecto a los niveles asociados al río Suaza (Ilustración 13). El material asociado a las escorrentías del costado sur del casco urbano, corresponde a la intercalación de lentes de limos y arenas, con lentes de materia orgánica (Ilustración 14).

Este material es clasificado como material no consolidado, de buena porosidad, con niveles freáticos altos, que permanecen por lo general cubiertos por la lámina de agua. Son materiales que permite el libre flujo de agua a su través.



**Ilustración 11. Coordenadas: E= 1146867, N= 716060, Aluvial activo asociado al río Suaza.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 12. Coordenadas: E= 1146667, N= 715960 Depósito de lente de arenas con intercalaciones de láminas de material más fino y láminas de material conglomerático.**

Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 13. Coordenadas: E= 1147417, N= 715714 Depósito aluvial activo, asociado al cauce de la quebrada la Viciosa.**

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 14. Coordenadas: E= 1146649, N= 715399 Depósito de limos y arenas asociado a escorrentía del costado sur del casco urbano; esta escorrentía, a partir de este punto es canalizada.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

### **Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Reciente, Stfar.**

Depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial: del río Suaza y de la quebrada la Viciosa, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza baja. Corresponde a material no consolidado, conformado por la intercalación e interdigitación de lentes irregulares de limos, arenas y gravas, en proporciones diversas.

Las gravas, son de composición heterogénea, donde encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; las gravas y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta.

### **Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Subreciente, Stfasr.**

Depósito cuaternario subreciente, conformado por material transportado y depositado por la dinámica fluvial del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza alta. Este material corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes de gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica, en proporciones heterogéneas. Las gravas, son de composición diversa, donde encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; las gravas y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta (Ilustración 15).

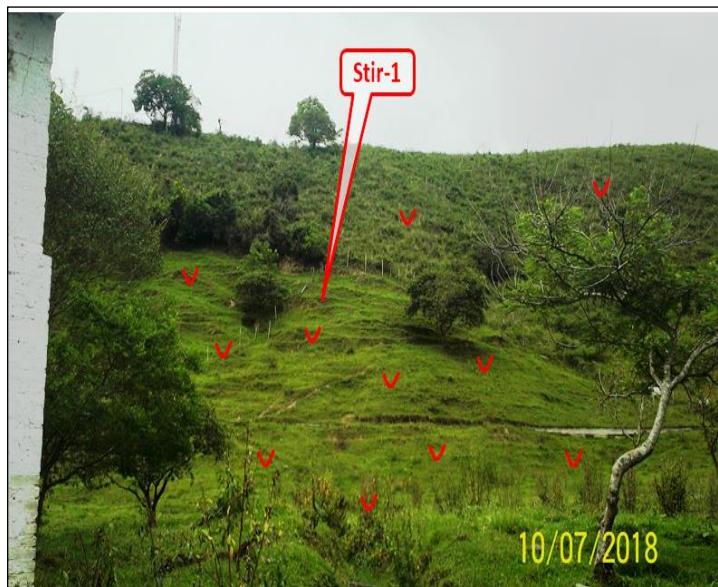
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 15. Coordenadas: E= 1145899, N= 715554.  
Fuente: Geocing S.A.S.**

### **Suelo Transportado de Inestabilidad Reciente, Stir-1.**

Esta unidad corresponde al suelo residual originado a partir del Neis de Guapotón, y sobre la cual sucede reptación. Son materiales de textura arcillosa, por lo general cubiertos de pastos, Este material suprayace suelos residuales del Neis de Guapotón. (Ilustración 16).



**Ilustración 16. Coordenadas: E= 1146838, N= 715071, Ladera en suelos residuales con proceso tipo reptación.  
Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

### **Suelo Antrópico, rellenos ingenieriles, Sari.**

Hace referencia a los materiales seleccionados y compactados, donde se desarrolló la construcción de obras civiles como vías y andenes, del casco urbano y zonas aledañas. Este tipo de depósitos presentan espesores variables entre 0.50 y 2 m, siendo mayores, posiblemente en los sectores de rellenos en las canalizaciones realizadas en las escorrentías, que discurren en gran parte del casco urbano.

Su composición, está conformada generalmente por mezclas proporcionadas de materiales granulares y cohesivos con coloraciones café, habano y rojizas, compactados. Presentan una matriz de textura arcillo limosa a limo arenosa, con presencia de gravas y bloques (de cualquier procedencia o composición) embebidos en esta. En algunas ocasiones pueden presentar materia orgánica.

Los depósitos utilizados para la construcción de vías, contienen principalmente gravas, bloques y arena bien seleccionados, separados y compactados. Las subrasantes tienden a ser mejoradas con mezclas de arenas y finos y, generalmente todos estos depósitos presentan coloraciones de gris claro a habano claro.

### **Suelo Antrópico, rellenos indiferenciados, Sarin.**

Hace referencia a los materiales seleccionados, emplazados y compactados, para la construcción de obras civiles como parques, plazas y/o viviendas, generalmente presentan una matriz arcillo limosa, con lentes de arenas, gravas, y en ocasiones materia orgánica, embebidas en esta. Con coloraciones habano claro a oscuro. Suprayacen discordantemente, principalmente depósitos de terraza subreciente, y en menor cantidad depósitos de terraza reciente, y en menor proporción suelos residuales del Neis de Guapotón.

### **Suelo Antrópico, depósitos de escombros, Sade.**

Corresponde a mezclas heterogéneas de escombros de construcción, plásticos, restos de maderas, suelos, y otros. Dispuestos de manera aleatoria, sin una disposición técnica (Ilustración 17). Son materiales no consolidados, muy permeables, de corta extensión y dispuestos para nivelar zonas deprimidas.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 17.** Coordenadas: E= 1146175, N= 715578. Depósitos de escombros, cerca de la margen derecha del río Suaza.  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

En la parte alta del barrio San Carlos, en el extremo sur del casco urbano del municipio de Guadalupe, se observa una acumulación de limos, y algo de arenas, provenientes de antiguos cortes realizados en el sector (Ilustración 18). Este depósito con espesor variable, de hasta un metro de espesor, con superficie de forma irregular.



**Ilustración 18.** Coordenadas: E= 1146838, N= 715071. Montículos de material proveniente de antiguos cortes.

**Fuente:** Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 68 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### Suelo Residual del Neis de Guapotón, Sr-NP2ng.

Corresponde a suelos de textura arcillosa, originados a partir de la degradación de rocas del Neis de Guapotón (Ilustración 19).

Su espesor es variable: en el sondeo mecánico 01, se reportan 7.5 metros de este material, que suprayacen la roca en estado meteorizado, con una sumatoria de las 2 últimas secciones del SPT, variable, hasta de 20 golpes. La LRS 01, reporta 8 metros de este material, con Vs variable cercana a los 350 m/s. la LRS 02 reporta 4 metros de este material, con Vs cercana a los 425 m/s.



Ilustración 19. Coordenadas: E= 1147413, N= 715615. Suelo residual del Neis de Guapotón.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

#### •Unidad de Roca

### Neis de Guapotón, roca meteorizada, NP2ng-r.

En la carretera que comunica el casco urbano de Guadalupe con Florencia (Caquetá), se observan algunos afloramientos donde se describe un neis, constituido por una roca característica de color rojo y rosado moteada de negro, presenta una mineralogía constituida por feldespato alcalino, cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol como minerales principales, con orientación que demuestran el metamorfismo generado y estructuras propias del mismo. Todo esto también debido al protolito ígneo félscico que presentan estas rocas, posiblemente granítico (Ilustración 20). Esta roca se observa meteorizada y fracturada. Estas ventanas de roca no son cartografiadas a la escala de presentación de este estudio, pero en los perfiles geológicos se aprecia.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

El espesor de este material es variable, iniciando en 8 metros en el sondeo mecánico 01, con valores de sumatoria de las 2 últimas secciones del SPT, a partir de los 56 golpes hasta el rechazo. La LRS1 reporta este material a partir de los 8 metros, con Vs de 450 m/s hasta los 30 metros de profundidad de reporte; la LRS2 reporta este material a partir de los 4 metros con Vs entre 500 y 600 m/s hasta los 30 metros de profundidad de reporte.



**Ilustración 20. Coordenadas: E= 1147466, N= 715559. Roca meteorizada y fracturada del neis de Guapotón.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

En corte en el barrio San Carlos, se observa un afloramiento de una anfibolita, donde se observa una roca compuesta por cristales de anfíboles, de color negro brillante, y que está limitada en la parte superior y lateral por roca suelos residuales de roca metamórfica (Ilustración 21).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 21. Coordenadas: E= 1146831, N= 715168. Afloramiento de anfibolita.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

#### **6.4.3 Condiciones Estructurales Locales**

Donde aflora roca meteorizada del Neis de Guapotón, se observa un material fracturado, producto de la cercanía con las trazas de: la Falla de Suaza y del Sistema de Fallas de Acevedo. En la Tabla 4, se reportan las mediciones de familias de diaclasas en dos afloramientos.

**Tabla 4. Mediciones de familias de diaclasas en la zona de estudio.**

Estación	Coordenadas			D1	D2	D3
	E	N	Altura			
93	1147417	715714	917 m	258/30	5/65	160/40
97	1147505	715460	912 m	325/80	85/70	185/65

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

En el Anexo 6. MAPAS se encuentra el mapa GE426-GDP-PSIG-GE-001-00, con la delimitación de las unidades geológicas superficiales identificadas para el municipio de Guadalupe.

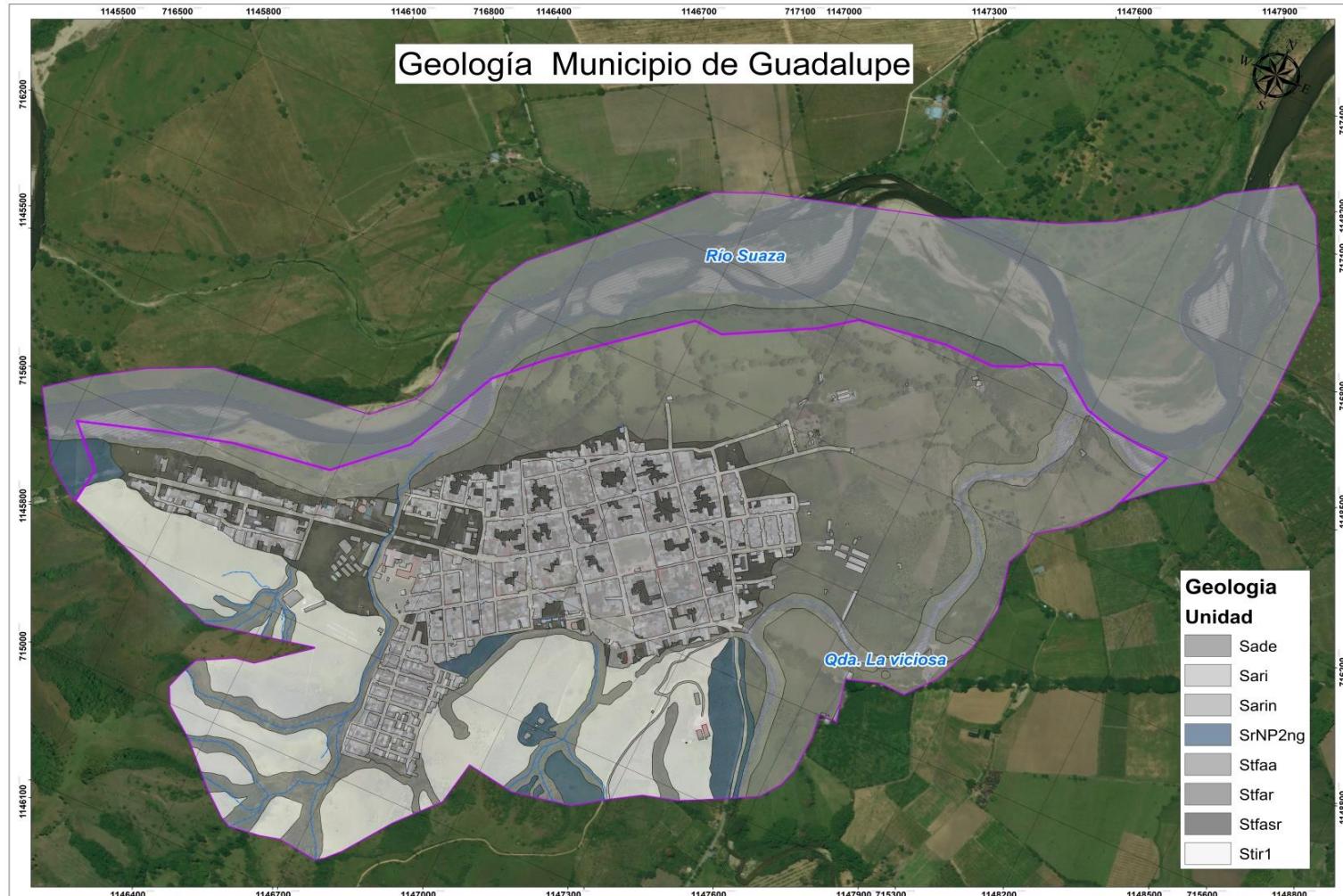


Ilustración 22. Mapa geológico del municipio de Guadalupe.  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Huila</small>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 7. GEOMORFOLOGÍA

### 7.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La realización del presente informe se desarrolló con base en el análisis de la información secundaria aportada:

- Mapas Geológicos de: Departamento del Huila, Esc. 1: 350.000 (SGC, 2001), Plancha 389, Timaná (SGC, 2003), con sus respectivas memorias.
- Información secundaria, tomada de la evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico, geomorfológico e hidrometeorológico, y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del Departamento del Huila (Convenio CAM y UN, 1999), así como aerofotografías de diferentes años del IGAC y ortofotos (Anka, 2017).
- Información de reconocimientos de morfología en Google Earth.
- Información de reconocimientos de campo, elementos procesados y analizados para la obtención de los resultados temáticos correspondientes.

Para la ejecución del estudio, se realizaron las siguientes actividades:

Recopilación y análisis de la información de referencia existente y temática básica, tales como: planos, fotografías aéreas, geología, así como estudios geotécnicos disponibles en algunas entidades, Servicio Geológico Colombiano (SGC), CAM, UN, ICAG, entre otros.

Reconocimiento del área de estudio por parte del especialista en geología, y levantamiento cartográfico local y detallado de todos los elementos geológicos, geomorfológicos y morfodinámicos, presentes en el área y la caracterización de los mismos.

Análisis de la información tanto secundaria como la recolectada en campo, las cuales conforman los elementos temáticos básicos de la Geología y Geomorfología aplicadas a la Ingeniería, para el planteamiento de diferentes alternativas concernientes al cumplimiento de los objetivos propuestos en el estudio. Elaboración de los planos temáticos correspondientes (geomorfológicos, regionales y locales y perfiles estratigráficos requeridos), para el planteamiento de las diferentes medidas de tipo ingenieril, y la elaboración de la memoria temática respectiva.

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Tabla 5. Relación de aerofotografías empleadas en el estudio de Geología y Geomorfología.

MUNICIPIO	VUELO	SOBRE	FOTOS	FECHA	ESCALA
GUADALUPE	B-36	S-10156	157-158-159	31/08/47	1:30.000
GUADALUPE	M-1379	S-1498	39851-52-53	19/11/66	1:57.000
GUADALUPE	C-1917	S-30104	178-179-180	12/07/79	1:27.000
GUADALUPE	C-2732	S-39599	157-160	07/06/2004	1:9.050

Fuente: Geocing S.A.S.

## 7.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Para la identificación y clasificación morfológica se utiliza la metodología del sistema ITC de Holanda (Verstappen y Van Zuidam, 1992), implementada en la metodología para la temática de la geomorfología aplicada a la ingeniería (Carvajal, Henry *et al.* 2005).

La génesis de las formas del terreno en el área de estudio, corresponde principalmente a ambientes morfogenéticos de tipo volcánico, mixto estructural – denudacional y agradacional, resultado de los complejos procesos tectónicos relacionados al levantamiento de la cordillera central y el origen del Valle Superior del río Magdalena. Con la ayuda del software “Google Earth Pro” se describirán a continuación ciertos aspectos referentes al cambio morfológico y características propias del área de estudio, en este caso, cercanías del casco urbano del municipio de Guadalupe.

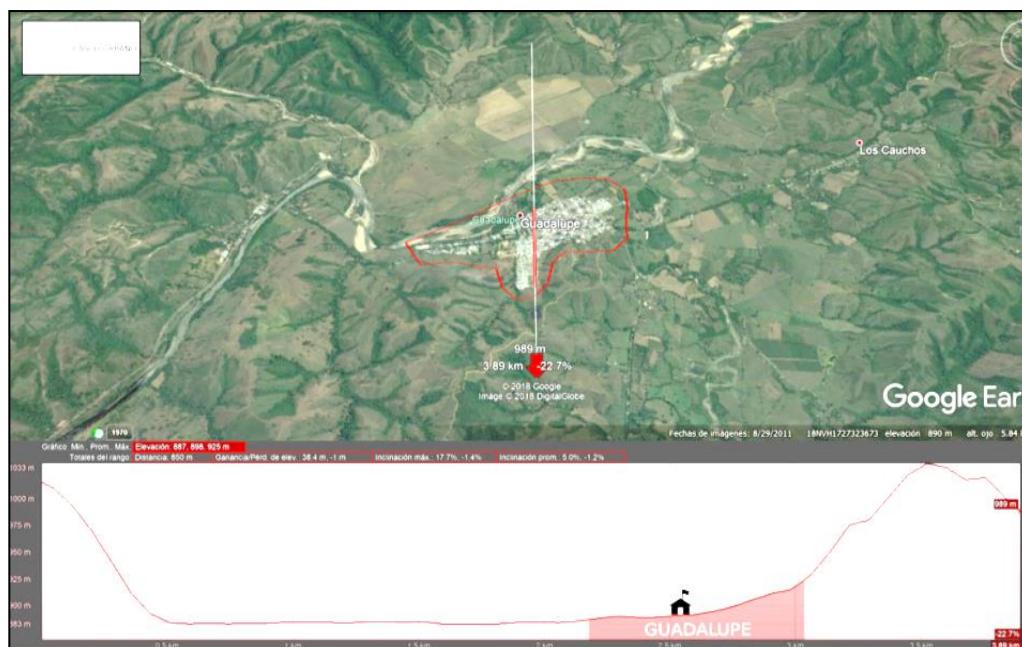


Ilustración 23. Perfil de elevación en cercanías del casco urbano del municipio de Guadalupe.  
Fuente: Google Earth.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 74 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

En la Ilustración 23 se puede observar cómo el municipio se encuentra ubicado en un valle amplio asociado al río Suaza, en la zona de contacto entre los depósitos aluviales y el Neis de Guapotón (Prngm).

Hacia el occidente de la margen izquierda del río Suaza (parte izquierda del perfil), las laderas alcanzan una inclinación máxima de 37 %, lo que según Carvajal (2012) corresponde a una pendiente abrupta (15 – 30 ° de inclinación). En contraste, el costado oriental del valle de dicho río, alcanza una inclinación máxima de 30% que según Carvajal corresponde a una pendiente inclinada (10-15° de inclinación). Utilizando la metodología de Van Zuidam (1986), quien clasifica las laderas a partir de su longitud, caracteriza la ladera del costado occidental del río, como una ladera “larga” (500 – 1000m), mientras que la ladera que limita al costado oriental es clasificada como una ladera muy larga (1000 - 2500m).

El municipio de Guadalupe se encuentra ubicado en la parte baja de una serie de montañas (Neis de Guapotón), que en general presentan una morfología suavizada producto de la acción de sistemas hídricos (drenajes de tipo subdendrítico), que moldean la superficie, dejando terrenos más suavizados y suelos residuales. Además no se observan zonas de contrapendiente que dejen expuesta una zona de escarpe; zonas de alta densidad de vegetación tampoco son comunes y se observa intervención antrópica para la generación de caminos y rutas veredales. En cercanías al municipio se observan terrenos empleados para agricultura y probablemente ganadería.

### 7.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Entre los aspectos importantes de utilidad de la temática geomorfológica aplicada en la ingeniería se tiene, la caracterización de las formas de los terrenos por su génesis y parámetros morfométricos; entre los cuales se consideran por su importancia ingenieril, la forma y la inclinación de la pendiente de dichos terrenos. La Inclinación de la ladera, parámetro fundamental en los análisis de estabilidad de los terrenos, corresponde al ángulo de inclinación que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal imaginario. Los índices de inclinación de la pendiente de las laderas, se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Inclinación de laderas.

Inclinación	Tipo	Susceptibilidad a FRM
<5°	Plana a suavemente	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a FRM
6° - 10°	Inclinada	Blanda y baja FRM
11° - 15°	Muy inclinada	Moderadamente blanda y moderada susceptibilidad a FRM
16° - 20°	Abrupta	Moderadamente resistente y moderada susceptibilidad a

 <b>CAM</b> CORTA TU NATURALEZA	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Inclinación	Tipo	Susceptibilidad a FRM
		FRM
21° - 30°	Muy abrupta	Resistente y alta susceptibilidad a FRM
31° - 45°	Escarpada	Muy resistente y alta susceptibilidad a FRM.
>45°	Muy escarpada	Extremadamente resistente y alta susceptibilidad a FRM

Fuente: Vargas, 2001.

La longitud de la ladera es un posible indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas, y se puede establecer una relación entre la longitud de la ladera y la homogeneidad del material (a mayor longitud mayor homogeneidad). Igualmente, la longitud de la ladera puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de procesos morfodinámicos. Las anteriores relaciones no siempre son válidas y se deben analizar en conjunto con otros atributos que califican la ladera. En la Tabla 7, se indica la categorización de las longitudes de ladera según Van Zuidam (1986).

Tabla 7. Longitud de las laderas.

Longitud (metros)	Tipo
< 50m	Muy corta.
50 – 250 m	Corta.
250 – 500 m	Moderadamente larga.
500 – 1000 m	Larga.
1000 – 2500 m	Muy larga.
> 2500 m	Extremadamente larga.

Fuente: Van Zuidam, 1986.

#### • Unidades de Ambiente Antropogénico

##### Rellenos de Escombros y/o Escombreras, Are.

Correlaciona con algunos sectores, que han sido conformados con depósitos antrópicos varios, incrementando su altura con materiales variados, como escombros de construcción, materiales de descapote, plásticos, muebles, electrodomésticos y otros (Ilustración 24). Los bordes de esta unidad, por ser no consolidados, y estar descubiertos, son altamente susceptibles a desarrollar erosión laminar y en surcos, y generar pequeños flujos y/o deslizamientos.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

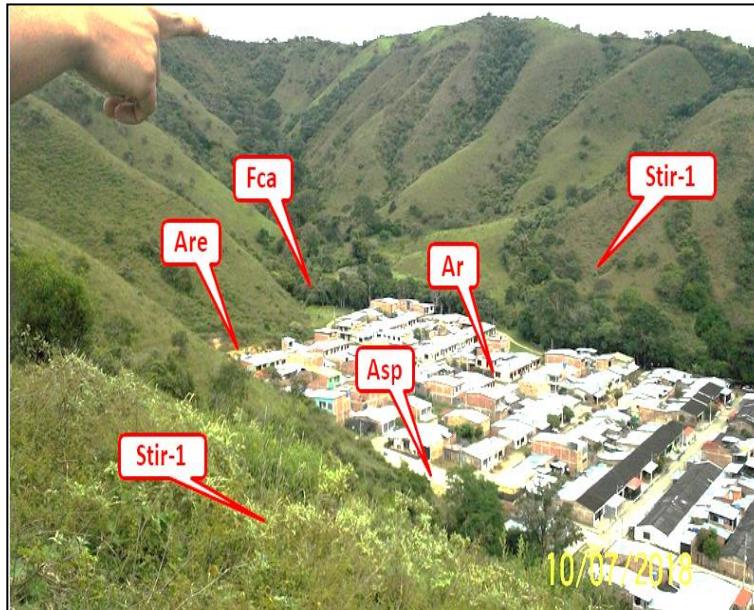


Ilustración 24. Coordenadas: E= 1146995, N= 715358. Vista desde la repetidora de celular al oriente.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

### Superficie de Explanación, Asp.

Correlaciona con los sectores, donde se ha adecuado el terreno para la construcción de obras civiles como vías, andenes y otros constituidos con rellenos antrópicos técnicos. Corresponde a planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales no consolidados, con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terrazos que disminuyen la pendiente del terreno, y/o rellenos para conformar el terreno (Ilustración 24).

En cuanto a las vías, gran parte de esta unidad se encuentra cubierto en pavimento rígido y otra en flexible, con otras donde no se ha aplicado cubierta de pavimento. La mayor parte, se encuentra en buen estado, destacando sectores deteriorados por el uso y mal mantenimiento.

Al encontrarse la mayor parte del casco urbano, en un terreno con relieve entre plano y casi plano, es susceptible a presentar inundaciones ante una falla en el sistema de alcantarillado. El resto de la unidad, en terreno con relieve desde ligeramente ondulado hasta fuertemente dissectado, presenta buen drenaje de escorrentía, pero susceptible a la generación de focos de erosión por falta de cubierta protectora.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

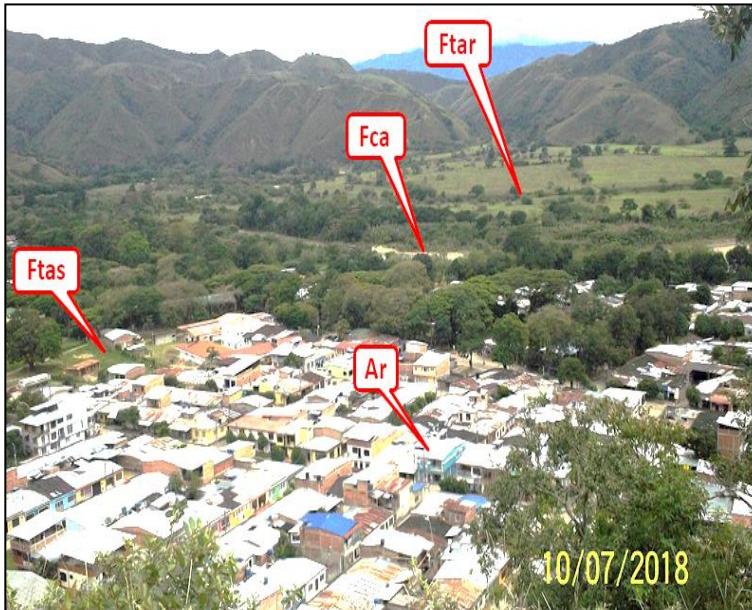


Ilustración 25. Coordenadas: E= 1146995, N= 715358. Vista desde la repetidora de celular al noroccidente.

Fuente: Geocing S.A.S.

### Planos y Campos de Llenos Antrópicos, Ar.

Corresponde a los sectores donde se ha adecuado el terreno para la construcción de diferentes tipos de unidades de viviendas de diferentes niveles y zonas comerciales. Planos artificiales con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos, y/o para mejorar los materiales de soporte de estructuras (terraplenes, y rellenos de mejoramientos de base para edificaciones). Técnicamente son gravas, bloques y arena bien a moderadamente compactados, sin embargo, también se encuentran en escombros y desechos de construcción.

- **Unidades de Ambiente Denudacional**

#### Loma Residual, Dlr.

Unidad con paisaje de montaña, tipo de relieve de loma. Prominencia topográfica con altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, de morfología alomada y elongada, con laderas cortas a muy cortas (<250 m. Van Zuidam. 1986), de forma convexa, e inclinación de ladera entre inclinadas a muy abruptas (6° a 20°, Vargas, 2001). Correlaciona con sectores donde afloran suelos residuales del Neis de Guapotón, con espesores mayores a los 4 metros.

Esta unidad presenta un desarrollo de patrón de escorrentía dendrítico, con disecciones moderadas a profundas en la ladera, y desarrollo de bosques de galería en la mayoría que han sido medio preservados. Esta unidad es susceptible a desarrollar focos de erosión en los sectores desprovistos de capa

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

vegetal protectora, así como susceptible a desarrollar reptación, flujos, y deslizamientos traslacionales por cambio en el uso del suelo, cortes en el mismo y mal manejo de las aguas de escorrentía y residuales.

- **Unidades de Ambiente Fluvial**

#### **Cauce Aluvial, Fca.**

Canales de forma irregular, presentan un paisaje de valle, tipo de relieve de valle estrecho, excavados por corrientes perennes y estacionales, dentro del macizo rocoso y/o sedimentos aluviales y que dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Cuando las corrientes fluyen en macizos rocosos se da un proceso básico de erosión, entallando dicho macizo y moviéndose lateralmente dentro de rocas menos resistentes. En este tipo de cauces, el mayor socavamiento se da en las partes superiores de su curso, donde es mayor el gradiente y la carga de sedimentos es más gruesa. En presencia de rocas más resistentes, el curso se torna muy irregular, con la presencia de saltos, producto de cambio de resistencia de la roca, fallamiento o deslizamientos que conforman apilamientos.

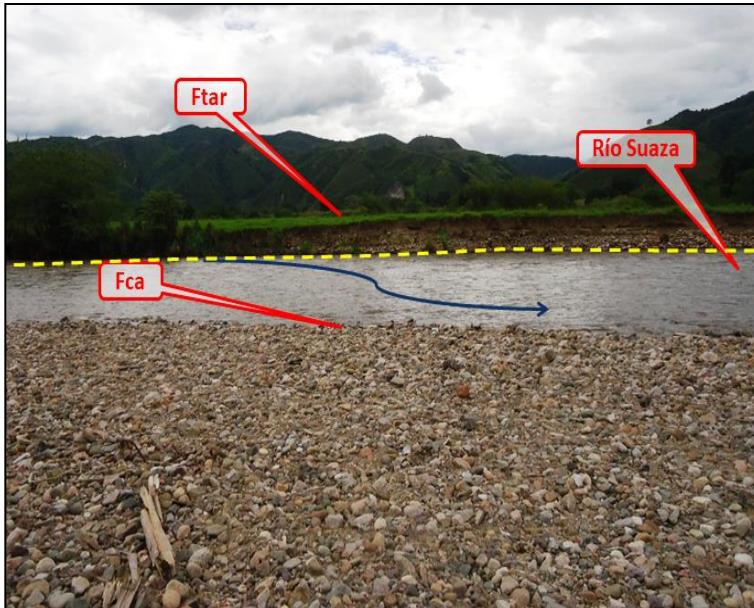
Geoforma generada en la zona de estudio, por la dinámica de los cursos de: el río Suaza, la quebrada La Viciosa y las escorrentías localizadas al sur de la zona de estudio. Está conformada por material aluvial transportado en estos cauces y se caracteriza por presentar una pendiente moderada a baja, para el caso del río Suaza y de la quebrada la Viciosa, y una pendiente mayor en las escorrentías del sur del casco urbano. El cauce del río suaza y de la quebrada la Viciosa, presentan en la zona de estudio un patrón sinuoso. Las escorrentías en ladera de suelos residuales, presentan un patrón dendrítico.

El cauce del río Suaza y de la quebrada la Viciosa, siempre permanecen con lámina de agua, mientras que las escorrentías solo transportan agua en temporada de lluvias. La escorrentía del costado sur del casco urbano, que discurre por el costado occidental del barrio San Carlos ha sido canalizada a partir de la calle 3, por el costado oriental del Colegio María Auxiliadora, hasta la margen derecha del río Suaza (Ilustración 26)La escorrentía que discurre por el costado occidental de la iglesia, al igual que la escorrentía que discurre por el costado occidental de la terminal eléctrica, son “entubadas” al sistema de alcantarillado (Ilustración 28).

Susceptible a generar socavación lateral en sus bordes contra la unidad que las limita, y de fondo. En temporada de lluvias, o con aguaceros de larga duración y/o alta intensidad, tienden a incrementar su nivel de agua.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Reporte de habitantes del casco urbano, refiere que encausado en la quebrada la Viciosa, en el año 1993 se presentó una avalancha que se originó en la parte alta de la quebrada La Perica, tributario en la parte alta de la quebrada la Viciosa. Esta avalancha generó bastantes afectaciones en el valle asociado a la quebrada la Viciosa.



**Ilustración 26. Coordenadas: E= 1146867, N= 716060. Aluvial activo asociado al río Suaza.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S**



**Ilustración 27. Coordenadas: E= 1146536, N= 715696. Parte final de canalización de escorrentía que discurre por el costado occidental del barrio San Carlos.**

**Fuente: Geocinc S.A.S**

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 80 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 28. Coordenadas: Coordenadas: E= 1146401, N= 715332. Se observa entubado de escorrentía del costado occidental de la terminal eléctrica.**

Fuente: Geocing S.A.S.

### Terraza de Acumulación Reciente, Ftar.

Plano elongado con paisaje de valle, tipo de relieve de terraza, y relieve plano a suavemente onulado, y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma paralela al cauce del río Suaza y de la quebrada la Viciosa, los cuales son limitados por escarpes de diferente altura. Su origen está relacionado con erosión y acumulación aluvial dentro de las antiguas llanuras de inundación, por donde fluyen estas corrientes (Ilustración 28).

La formación de estas terrazas incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas hacen parte de cauces sinuosos, que suceden en fosas intramontanas.

Esta unidad es susceptible a ser inundada en la temporada de lluvias con aguaceros de alta intensidad y/o larga duración. También en el contacto de esta unidad con la unidad de Fca, es susceptible al desarrollo de socavación lateral como actualmente se observa en la margen derecha del río Suaza (Ilustración 29). Es importante recalcar que esta terraza es una zona de divagación de las corrientes de agua que la forman, lo cual indica una susceptibilidad de los cauces del río Suaza y de la quebrada la Viciosa de migrar dentro de esta unidad. En las imágenes satelitales se observa dentro de esta unidad, cauces abandonados, por donde en algún periodo transcurría por allí la corriente de agua.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 29. Coordenadas: E= 1146667, N= 715960. Socavación lateral sobre la unidad de Fatr.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.



**Ilustración 30. Imagen Google Earth del año 2011. Se indica en polígono amarillo, costado nororiental del casco urbano, cauces abandonados en la unidad Ftar.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

### Terraza de Acumulación Subreciente, Ftas.

Unidad con paisaje de valle, tipo de relieve de terraza, y relieve plano a ondulado ( $0^{\circ}$  a  $5^{\circ}$ ), localmente basculada, aunque localmente puede ser mayor, y modelada sobre sedimentos aluviales. Franja remanente de terrazas de edad subreciente,

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

asociada a actividad del río suaza, limitadas por escarpes de longitud corta hacia la margen con este río (Ilustración 30). Sobre esta unidad se edificó el casco urbano de Guadalupe.

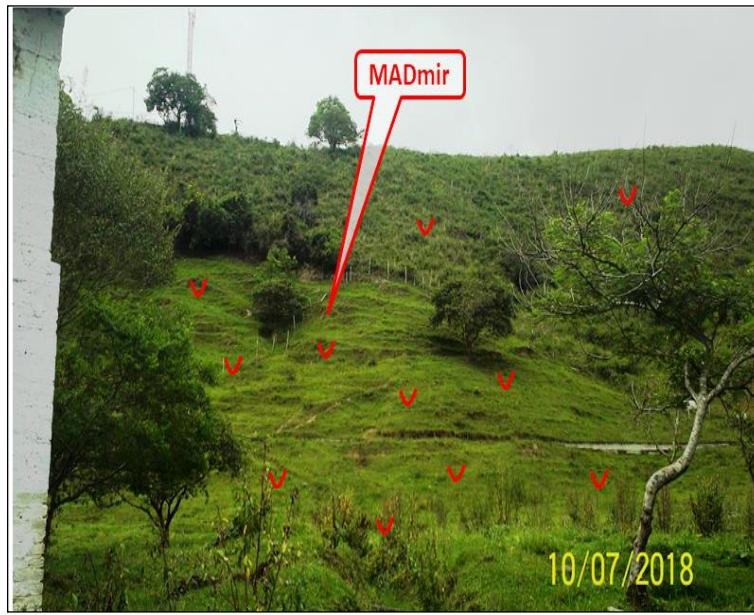
Su origen está relacionado cuando el río amplía el valle al ganar importancia la erosión en sus márgenes. La superficie de la anterior llanura aluvial, queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que constituye la terraza. Puede estar cubierta por niveles arcillosos que pertenecen a la unidad de suelos recientes de origen fluvial. Esta unidad es susceptible a presentar socavación lateral, en el límite con la unidad Fca.

#### •Unidades de Ambiente Mixto Denudacional - Agradacional

##### **Ladera en Movimiento o Con Proceso de Inestabilidad Reciente, MDAmir.**

Hace referencia a las geoformas originadas por movimientos en masa recientes tipo reptación, en sectores con inclinación de ladera entre muy inclinada y muy escarpadas (11° a 45°. Vargas 2001) y donde afloran suelos residuales del Neis de Guapotón, sectores caracterizados por encontrarse cubiertos por pastos y rastrojos, sin árboles grandes que ayuden a fijar el suelo (I

Ilustración 31). La reptación, corresponden a una deformación dúctil en suelos arcillosos, donde no existe plano de falla y que sucede en los estratos más superiores del terreno.



**Ilustración 31. Coordenadas: E= 1146838, N= 715071. Ladera en suelos residuales con proceso tipo reptación.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

A continuación, en Tabla 8 se presentan de forma resumida las características principales de las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio y posteriormente el mapa de geomorfología local (ver Ilustración 32). En el Anexo 6. MAPAS se encuentra el mapa GE426-GDP-PSIG-GM-001-00 donde se identifican las unidades geomorfológicas.

Tabla 8. Descripción de las unidades geomorfológicas del área de estudio.

Ambiente Morfogenético	Unidad	Símbolo	Características	Procesos
Fluvial	Cauce Aluvial	Fca	Canales de forma irregular, presentan un paisaje de valle, estrecho, excavados por corrientes perennes y estacionales, dentro del macizo rocoso y/o sedimentos.	Susceptible a generar socavación lateral y de fondo. Reporte de habitantes del casco urbano, refiere que quebrada la Viciosa, en el año 1993 se presentó una avalancha.
	Terraza de Acumulación Reciente	Ftar	Piano elongada con paisaje de valle de terraza, y relieve plano a suavemente ondulado, y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma paralela al cauce del río Suaza y de la quebrada la Viciosa.	Esta unidad es susceptible a ser inundada en la temporada de lluvias, susceptible a socavación lateral.
	Terraza de Acumulación Subreciente	Ftas	Unidad con paisaje de valle, tipo de relieve de terraza. Remanente de terrazas de edad subreciente río suaza, limitadas por escarpes de longitud corta hacia la margen.	Esta unidad es susceptible a presentar socavación lateral, en el límite con la unidad Fca.
Mixto Denudacional - Agradacional	Ladera en movimiento o con proceso de inestabilidad reciente	MDAmir	Geoformas originadas reptación, en laderas muy inclinada y muy escarpadas y donde afloran suelos residuales del Neis de Guapotón.	Reptación.
Denudacional	Loma Residual	Dlr	Unidad con paisaje de montaña, tipo de relieve de loma, con laderas cortas a muy cortas, convexa, e inclinación de ladera entre inclinadas a muy abruptas.	Susceptible a desarrollar erosión en los sectores desprovistos de capa vegetal protectora, así como reptación, flujos.
Antropogénico	Rellenos de Escombros y/o Escombreras,	Are	Depósitos antrópicos varios, escombros de construcción, materiales de descapote, plásticos, muebles, electrodomésticos y otros.	Los bordes de esta unidad, son altamente susceptibles a desarrollar erosión laminar y en surcos.
	Superficie de Explanación	Asp	Rellenos antrópicos técnicos, terreno para la construcción.	Susceptible a presentar inundaciones.
	Planos y Campos de Llenos Antrópicos	Ar	Construcción de diferentes tipos de unidades de viviendas de diferentes niveles y zonas comerciales	Susceptible a presentar hundimientos en zonas de ladera.

Fuente: Geocinc S.A.S.

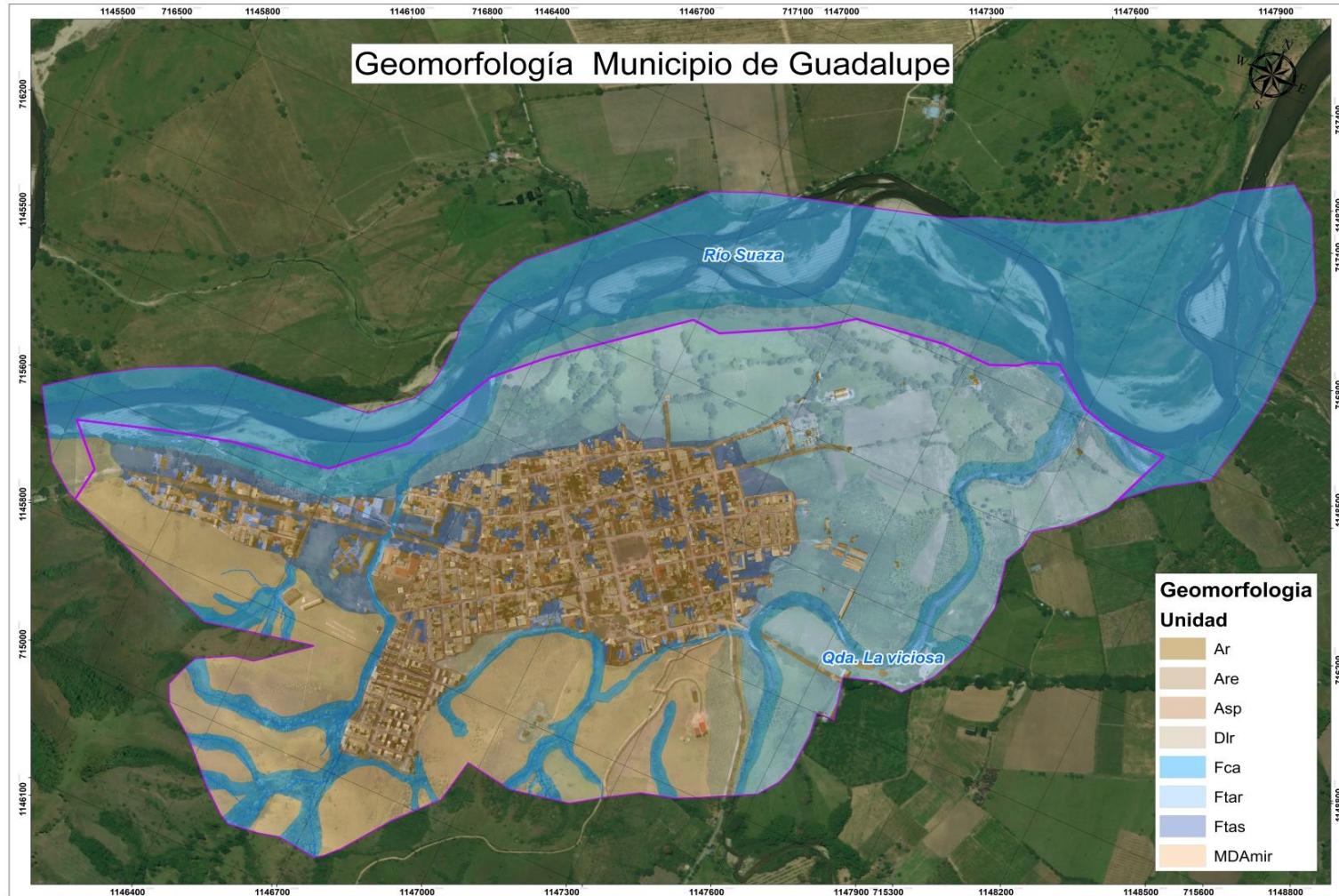


Ilustración 32. Mapa geomorfología local del municipio de Guadalupe.  
Fuente: Geocing SAS.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 7.4. MORFODINÁMICA

A continuación, se describen los principales tipos de movimientos en masa, observados y/o con alta posibilidad de ocurrencia en el casco urbano del municipio de Guadalupe, departamento del Huila.

La mayoría de estos fueron inventariados, ya que no fueron observados en la fase de fotointerpretación e interpretación de imágenes satelitales, debido a la escala de estas; el inventario y la delimitación de estos, fue posible en la fase de campo (a cada proceso, se le levantó en campo una ficha de procesos, cuya plantilla es tomada de la Guía Metodológica Para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad, y Riesgos por movimientos en masa. SGC, 2014).

Es de recordar que la erosión, si no son mitigados a tiempo, pueden favorecer la ocurrencia de Movimientos en Masa, la probabilidad de ocurrencia de estos movimientos constituyen amenazas que al materializarse pueden generar riesgo para la infraestructura y/o población del casco urbano del municipio de Guadalupe y su zona de expansión.

## 7.5. EROSIÓN

En la región estudiada se presentan dos tipos de erosión, una que es producto de la acción natural combinada de diferentes agentes atmosféricos y geológicos sobre el paisaje que provoca el desgaste natural de la superficie del suelo, la modelación del relieve, la meteorización de las rocas y la formación de suelos; y la erosión provocada por la intervención antrópica sobre la naturaleza, por medio de la tala de bosques, las quemas, la construcción de vías de comunicación y la utilización de sistemas de explotación agropecuarios inadecuados entre otros, que ha resultado en la ruptura del equilibrio entre el suelo, la vegetación, el agua y el viento (Bahamon y Gaitán, 1981).

### 7.5.1 *Erosión, tipo socavación lateral.*

Este tipo de erosión se produce cuando en épocas de lluvias, el aumento de los caudales de corrientes de agua como ríos y quebradas Aumenta el poder erosivo de las corrientes, dando lugar al socavamiento lateral o a la profundización de los mismos (socavación de fondo); Este tipo de erosión, excava la parte inferior de los escarpes o taludes de las márgenes de los cauces, específicamente hacia el costado convexo en los cambios de dirección del cauce

Las corrientes de alta montaña, de cauces siempre más rectos e incisados, rara vez presentan socavamiento lateral; en cambio la ganancia en la capacidad de carga y poder erosivo de la corriente se invierte en la profundización de su canal,

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

que puede llegar a desestabilizar las márgenes de las corrientes por falta de soporte, provocando movimientos en masa hacia las mismas.

La deforestación de las márgenes de los ríos y quebradas, así como el establecimiento de cultivos limpios en los taludes que dan hacia las corrientes favorece ampliamente la ocurrencia de la erosión fluvial (Bahamon y Gaitán, 1981).

En la zona de estudio, se observa socavación lateral sobre la margen derecha del río Suaza (Ilustración 29).

En la Ilustración 33, se compara con ayuda del software Google Earth, la margen derecha del río Suaza en imagen del año 2011, con la posición de la margen en julio de 2018 (trazo rojo tomado con gps), donde se observa un retroceso de hasta 63 metros (línea amarilla).

Es de notar que aguas arriba de este sector, sobre la margen derecha, se observa una línea de gaviones, con una longitud aproximada de 660 metros. Posiblemente instalados para proteger esta margen. En blanco, con una longitud aproximada de 250 metros, una línea de gaviones en buen estado y limpios. En amarillo, 410 metros aproximados de gaviones “enmontados”, con mal mantenimiento y desconociendo el estado de los mismos por la vegetación que los enmascara.



**Ilustración 33. Imagen Google Earth, donde se compara la margen en el año 2011 con la margen 2018 (trazo rojo tomado con GPS) y en donde se observa un retroceso de la misma.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

### **7.5.2 Erosión, tipo laminar, en surcos y en cárcavas.**

El proceso tipo erosión laminar se da en zonas donde se presenta alta precipitación y poseen altas pendientes poca cobertura vegetal, alta erodabilidad, es decir, el sustrato está compuesto por rocas o depósitos recientes deleznables o muy fracturados, lo que permite el fácil arrastre de las partículas de suelo por el agua, y no tienen canal de drenaje definido.

El agua lluvia, durante los fuertes aguaceros, ataca el suelo en su parte superficial, donde sus partículas son desprendidas por el impacto de las gotas y al saturarse el suelo, son arrastradas por el agua en forma homogénea durante la fase de escurrimiento como un flujo delgado y relativamente uniforme (Van Zuidam *et al.* 1985).

Algunos autores se refieren a este tipo de erosión como “erosión hídrica pluvial” y “escurrimiento superficial difuso”, haciendo la separación entre el momento en que las partículas de suelo son dispuestas para el transporte como un flujo laminar y el movimiento mismo de las partículas.

La costumbre que tienen muchos campesinos de efectuar quemas y cultivos limpios, conjuntamente con las prácticas de desyerbe con azadón favorecen este tipo de erosión (Bahamon y Gaitán, 1981).

La erosión tipo surcos y cárcavas, es un tipo de erosión concentrada. Este tipo de erosión se presenta cuando el agua de escorrentía se concentra donde antes existía una zona con erosión laminar, formando pequeños canales, que se denominan surcos, de poca profundidad y donde se produce arrastre de partículas de suelo, que pueden ser observadas dentro de los canales cuando éstos están secos. Cuando se da una mayor concentración del flujo de escorrentía, las irregularidades del terreno propician la unión de varios surcos, hasta convertirse en canales mucho más largos, amplios y profundos, conocidos con el nombre de cárcavas.

La formación de surcos y cárcavas se presenta generalmente en suelos poco permeables, en los que la escorrentía excede ampliamente a la infiltración durante las lluvias, y depende también de la pendiente del terreno, la cobertura vegetal y el régimen de lluvias.

En el casco urbano del municipio de Guadalupe, departamento de Huila, se observan focos puntuales de erosión laminar y en surcos, en los lugares desprovistos de vegetación protectora, como sucede localmente en suelos residuales del Neis de Guapotón, especialmente en los sectores de corte de las vías emplazadas en esta unidad, y sobre la unidad de depósito de escombros.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 7.6. MOVIMIENTOS EN MASA

Este término se utiliza de manera general para designar una variedad de movimientos donde las masas de suelo y/o roca son movidas, como una sola unidad o en pocas unidades discretas, por acción de la fuerza de gravedad, en forma rápida o lenta, de un lugar a otro.

Los principales factores que contribuyen el desencadenamiento de movimientos en masa son el relieve, la geología, condiciones meteorológicas e, indudablemente, la acción antrópica. Por lo general el detonante es el agua lluvia.

El relieve influye en la medida en que las rocas y suelos poseen propiedades mecánicas que determinan la altura y pendiente máxima a la que el material es estable, por debajo de las cuales no se presenta inestabilidad.

La geología, incluyendo no sólo el tipo de litología, sino también la presencia estructuras tales como fallas, la actividad sísmica y la actividad volcánica, puede condicionar o no la ocurrencia de movimientos en masa.

Condiciones meteorológicas, puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar grandes cantidades de agua lluvia, la cual, además de aumentar la presión de poros y fisuras en el suelo y el peso del mismo, favorece la erosión al formar corrientes superficiales.

Cuando la actividad humana se realiza sin ninguna planificación, especialmente en obras viales, explotación de minas, desarrollos urbanísticos, rellenos mal efectuados, cortes en el perfil natural de las laderas, deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas entre otros, promueve la inestabilidad en los suelos que en cierta medida son vulnerables a esta clase de eventos.

### 7.6.1 Deslizamientos

Es un movimiento ladero abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en translacionales y rotacionales. Los deslizamientos transnacionales a su vez pueden ser planares o en cuna. Sin embargo, las superficies de rotura de los movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de *deslizamientos compuestos* (Hutchinson, 1988) (Tomado de Movimientos en Masa en la Región Andina. Gemma, 2007).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Dependiendo del tipo de superficie sobre la cual tiene lugar el movimiento, se tiene:

- Deslizamientos planares. Se dan a lo largo de superficies más o menos planas presentes en las rocas. Dichas superficies pueden ser planos de estratificación, diaclasas, planos de falla o planos de esquistosidad entre otros. Normalmente se producen cuando los planos estructurales se inclinan en la misma dirección de la pendiente con un ángulo peligroso.
- Deslizamientos rotacionales. Se dan a lo largo de superficies curvas con forma de cuchara con su concavidad hacia arriba. Este tipo de deslizamiento se presenta principalmente en materiales arcillosos o no consolidados. El material se puede desplazar como un todo sobre la superficie curva o como una serie de unidades a lo largo de sucesivos deslizamientos.

En la prolongación de la carrera 4, en el cerro, se observa un escarpe originado por un proceso tipo deslizamiento, con estado de actividad (situación temporal del movimiento) inactivo, pero latente (existe inactividad, pero existe la amenaza que lo puede regenerar).



**Ilustración 34. Coordenadas: E= 1146995, N= 715358. Proceso estabilizado en ladera en suelos residuales.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

### 7.6.2 Reptación

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. Dentro de este movimiento se incluye el movimiento lento del material ladera abajo. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales. Este proceso se presenta en gran parte de las laderas del costado sur del casco urbano donde afloran suelos residuales del Neis de Guapotón. Laderas caracterizadas porque afloran materiales de textura arcillosa principalmente, inclinaciones entre muy inclinadas y escarpadas (6° a 45°). Vargas. 2001), y estar cubiertas en pastos y rastrojos bajos, donde la deforestación fueron radicales, no existiendo árboles de tamaño grande (Ilustración 34).

### 7.6.3 Eventos

En la zona de estudio, existe una alta posibilidad de presentarse inundaciones en la unidad geomorfológica de Ftar, con mayor incidencia en el sector de la confluencia de la quebrada la Viciosa con el río Suaza. En cercanías de este sector se han implantado un muro en gaviones sobre la margen derecha de la quebrada la Viciosa para minimizar efectos de inundaciones y socavación lateral sobre esta margen ( Ilustración 35). Se recuerda que según comentarios de habitantes del casco urbano, en el año 1993, se encauso por el cauce de la quebrada la Viciosa, una avalancha, que se originó en un tributario, aguas arriba de la quebrada la Viciosa, en la quebrada La Perica. Esta avalancha afectó áreas considerables de la Ftar en cercanías del cauce de la quebrada La Viciosa.



**Ilustración 35. Coordenadas: E= 1147848, N= 716106. Muro en gaviones sobre la margen derecha de la quebrada la Viciosa, implantados al parecer para minimizar efectos de socavación lateral y de inundaciones.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

En el costado extremo suroriental del barrio San Carlos, se han realizado cortes en la ladera para la construcción de unidades de vivienda. Al momento de la comisión de campo, se observa un flujo de agua de escorrentía que se ha infiltrado en los suelos residuales del Neis de Guapotón, y que brota en los cortes realizados; agua que se ha canalizado. Se recalca en este informe, que los cortes realizados en la ladera, el material aflorante que corresponde a suelos residuales del Neis de Guapotón, la presencia de reptación locales en las laderas, la infiltración de aguas de escorrentía, la inclinación de la ladera que puede llegar a ser escarpada (hasta de 45°), son agentes contribuyentes para generar deslizamientos, y que la construcción de unidades de vivienda en los cortes realizados, representan una amenaza para las personas e infraestructura que allí existe (Ilustración 36).



**Ilustración 36. Coordenadas: E= 1146846, N= 715133. Brote de agua en corte realizado para construcción de viviendas.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

## 7.7. ANÁLISIS MULTITEMPORAL

En el desarrollo de este capítulo, se trabajó con base en las fotografías aéreas e imágenes, relacionadas en la Tabla 9. A los diferentes vuelos de aerofotografías, se les realizó un análisis detallado de fotointerpretación, siguiendo un orden cronológico de la fecha más antigua hasta la más reciente, con el fin de obtener información que ilustre sobre la evolución geológica, morfológica, morfodinámica y antrópica, de los terrenos del área en estudio y sus alrededores.

 <b>CAM</b> CORTESIA Y ALTO HUILA DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 9. Relación de aerofotografías utilizadas para el estudio de Geología y Geomorfología del casco urbano del Municipio de Guadalupe, Huila.**

FECHA	VUELO	SOBRE	FOTOS	ESCALA	PROCEDENCIA
1947	B-36	S-10156	157-158-159	1:30.000	IGAC
1966	M-1379	S-1498	39851-52-53	1:57.000	IGAC
1979	C-1917	S-30104	178-179-180	1:27.000	IGAC
2004	C-2732	S-39599	157-160	1:9.050	IGAC
2018					GEOCING SAS

Fuente: Geocing S.A.S.

Del análisis de las aerofotografías e imágenes correspondientes, se observa que la zona de estudio presenta las siguientes características:

Año 1947

Se observa que el casco urbano del municipio de Guadalupe se localiza sobre depósitos de terraza, en la margen derecha del río Suaza, aguas arriba de la desembocadura de la quebrada la Viciosa, quebrada que discurre en sentido aproximado sur – norte y confluye sobre la margen derecha del río Suaza (Ilustración 37). Esta terraza esta enmarcada por rocas cristalinas y metamórficas.

El río Suaza, presenta un cauce que discurre en zona montañosa, con tramos semi rectos, discurre en sentido aproximado occidente – oriente; justo en el sector del casco urbano presenta una gran llanura de inundación. La quebrada la Viciosa, presenta un cauce sinuoso, en un valle bastante amplio por el que divaga.

Frente al casco urbano de Guadalupe, y sobre la margen izquierda del río Suaza, se observa una gran llanura aluvial asociada a este río.

El ingreso al casco urbano es por la vía que del noroccidente llega al casco urbano; luego se observa una vía que apartir del casco urbano sigue hacia el sur, vía a Florencia, y otra que sale hacia el nororiente, vía a San Antonio del Pescado. Para la época, el casco urbano del municipio de Guadalupe, se enmarcaba entre la Cra 2 y la Carrera 7. Se observa en los depósitos aluviales recientes que hacen parte de la llanura aluvial, cauces abandonados. Se observan dos (2) escarpes ya estabilizados, hacia el costado suroriental del casco urbano.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
<b>GEOCING S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



Ilustración 37. Fotografía aérea 158, vuelo B-36.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

Año 1966

Son escasos los cambios observados con respecto a la ilustración anterior. Se observa un escarpe que en la ilustración anterior no es claro, y es a la salida del casco urbano, via Florencia, donde se observa un talud que se encuentra limpio de vegetación (Ilustración 38).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 38. Fotografía aérea 3992, vuelo M-1379.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

Año 1979

Para esta época se observa un crecimiento en manzanas de unidades de vivienda al costado oriental del casco urbano, que llegaría hasta la carrera 8va (Ilustración 39). No es claro si ya existe el colegio María Auxiliadora, en la sede que hoy se conoce.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

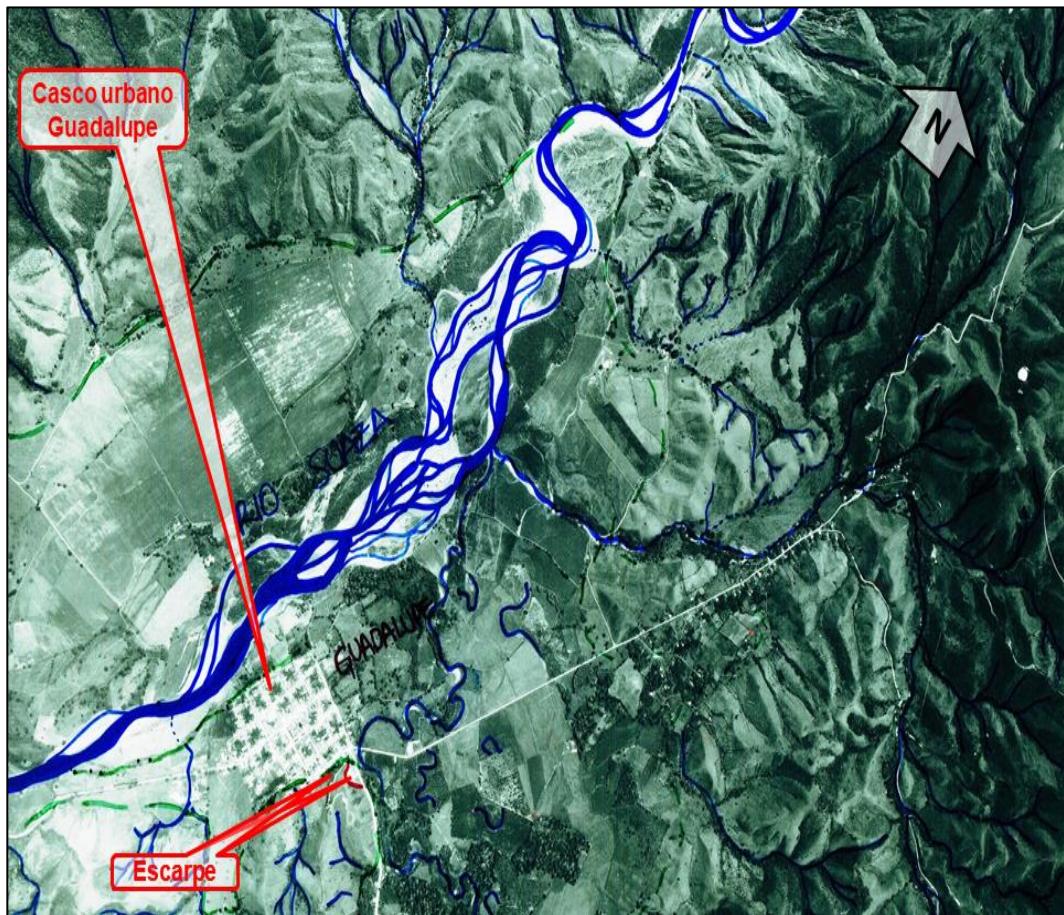
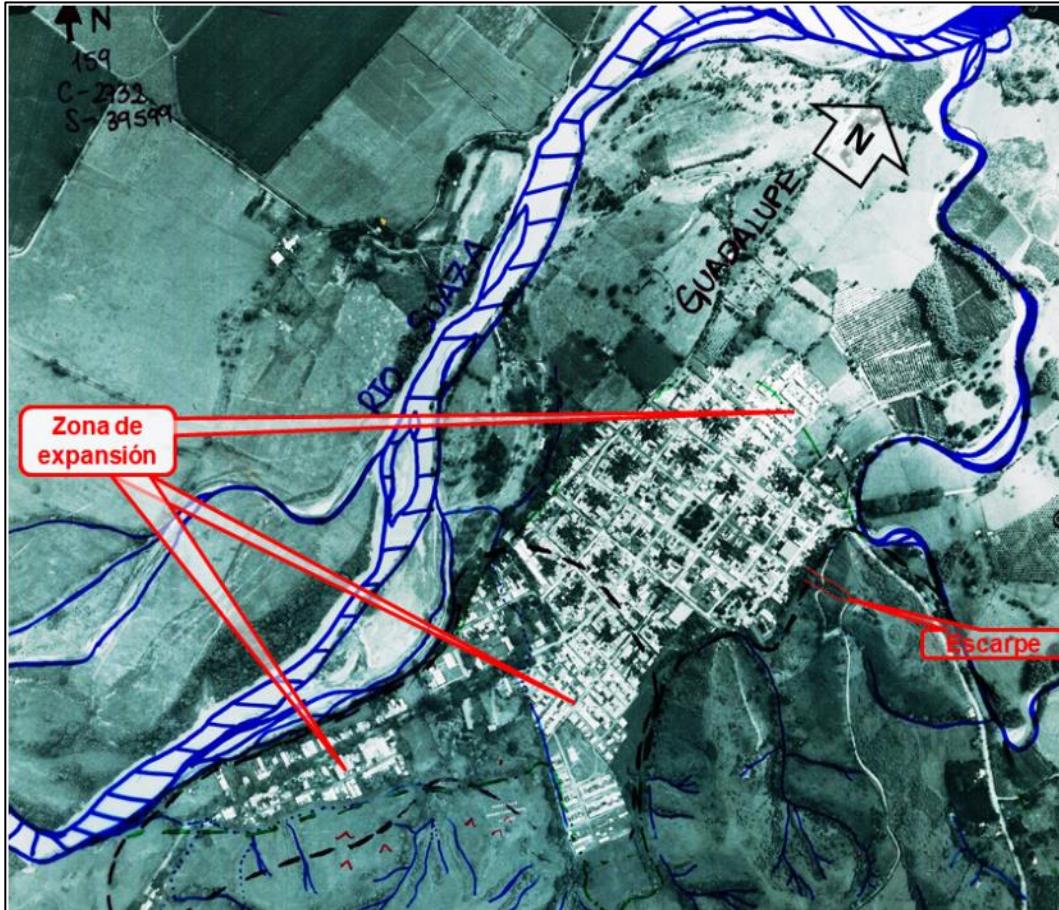


Ilustración 39. Fotografía aérea 203, vuelo C1917.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

Año 2004

Para esta época, el escarpe reportado en las ilustraciones anteriores, se encuentra totalmente vegetalizado (Ilustración 40). El crecimiento del casco urbano ha sido notorio con respecto a la última ilustración; se observa crecimiento hacia el costado suroccidental, suroriental y al norte. A la escala de la fotografía, se observan reptación en ladera del costado sur del casco urbano.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 40. Fotografía aérea 158, vuelo C-2732.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

Año 2018

Respecto a la ilustración anterior, se observa un crecimiento en unidades de vivienda hacia el costado suroriental del casco urbano, en el sector del barrio nuevo; se observa que en este sector, se realizaron unos cortes de la ladera para construir algunas viviendas (Ilustración 41). Tambien se observa que ya existe la central electrica.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

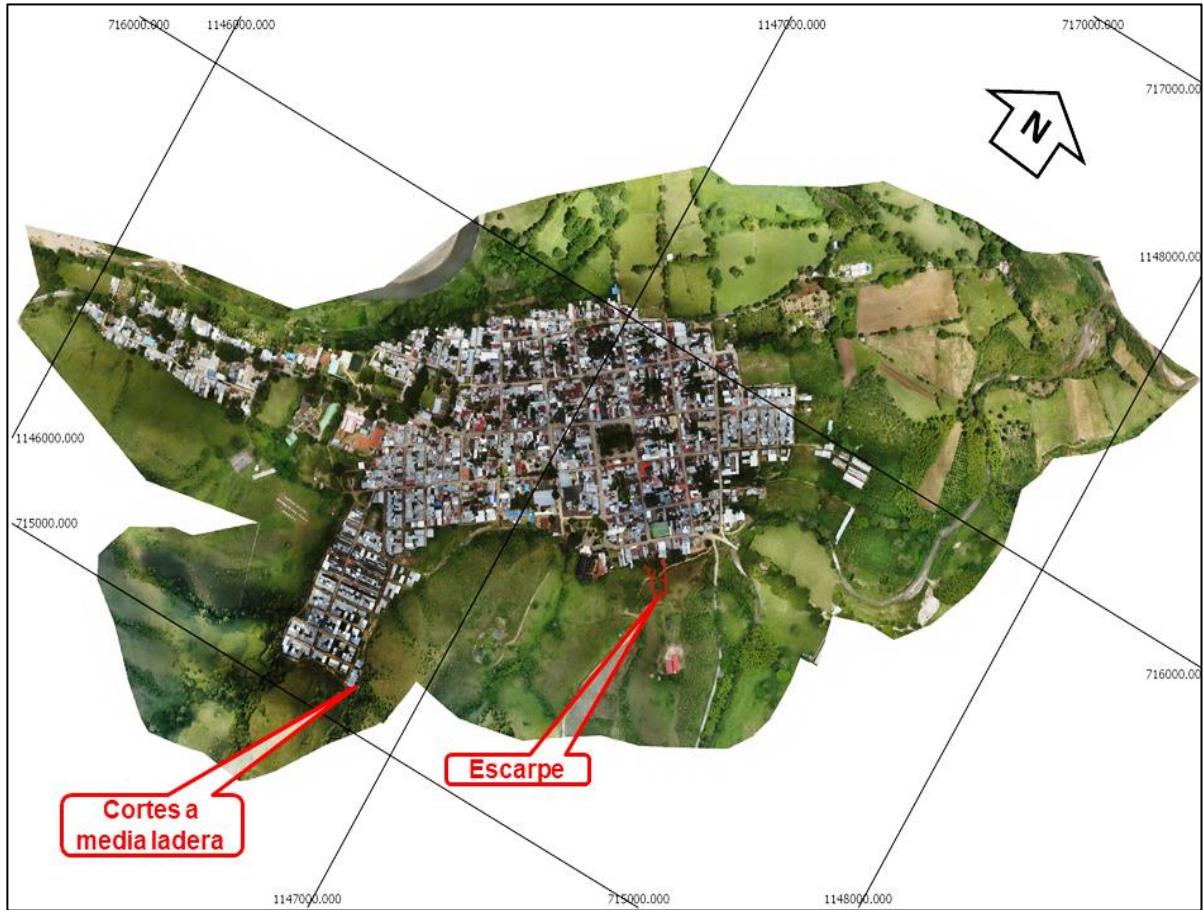


Ilustración 41. Ortofoto año 2018.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

### Resumen análisis multitemporal

Con base en los setenta y un (71) años evaluados, observamos un casco urbano fundado sobre la margen derecha del río Suaza, en zona de depositos aluviales subreciente, aguas arriba de la confluencia con la quebrada la Viciosa. La confluencia de la quebrada la Viciosa y el río Suaza, sucede en depósitos aluviales recientes; en estos depositos se observan cauces abandonados, lo cual nos indica que la confluencia de la quebrada La Viciosa con el río Suaza sucede en zona de llanura aluvial, donde estos cauces divagan.

El río Suaza, es un cauce de montaña, que en cercanías del casco urbano de Guadalupe, amplia su cauce y tiene una llanura aluvial bastante amplia. La quebrada la Viciosa, que discurre en sentido sur – norte, tiene asociado un valle intra montano bastante amplio, pero al final, cerca de la desembocadura con el río Suaza, tiene una llanura bastante amplia. En la Ilustración 41, se observa que el casco urbano estaba enmarcado entre la carrera 2 hasta la carrera 7, y que con el

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

paso del tiempo aumenta significativamente el numero de unidades de vivienda, con expansión principal al Sur.

## 7.8. DINÁMICA FLUVIAL

El objetivo de este capitulo, es determinar la divagación del cauce del río Suaza y de la quebrada la Viciosa, y la posible afectación generada por este cauce en el casco urbano.

Una vez identificadas las fotografías aereas e imágenes (Tabla 10), se procedio a georreferenciar estas fotografias e imágenes, con ayuda de SIG, para luego contornear con ayuda de SIG, el cauce del río Suaza y de la quebrada La Viciosa, en cercanias del casco urbano, esto para el material seleccionado para cada año.

**Tabla 10. Relación de aerofotografías utilizadas para el estudio de Dinámica Fluvial del casco urbano del Municipio de Guadalupe, Huila.**

FECHA	VUELO	SOBRE	FOTOS	ESCALA	PROCEDENCIA
1947	B-36	S-10156	158	1:30.000	IGAC
196	M-1379	S-1498	39852	1:57.000	IGAC
1979	C-1917	S-30104	203	1:27.000	IGAC
2004	C-2732	S-39599	159	1:9.050	IGAC
2011					GOOGLE EARTH
2018					GEOCING SAS

Fuente: Geocing S.A.S.

El proceso de georreferenciación de las fotografías aéreas, se puede dividir en dos etapas: 1. Establecimiento de puntos de georreferenciación y escaneo del material fotográfico. 2. Captura de la información mediante digitalización en software SIG.

**Establecimiento de puntos de georreferenciación y escaneo.** Una vez seleccionadas y adquiridas las fotografías aéreas de las zonas de estudio, se procedió a tomar puntos referentes, fácilmente identificables en un par de fotografías. Generalmente, se parte del material más reciente al más antiguo, teniendo como referencia vías, puentes, casas, entre otros. Posteriormente se escanean las fotografías, ya habiendo realizado el proceso de fotointerpretación.

Captura de información mediante digitalización en software SIG. Las imágenes, ya en formato digital, se montan en un sistema de coordenadas, bien sea a partir de información tomada en campo (coordenadas tomadas mediante GPS en la zona de estudio) o bien a partir de cartografía base. Una vez logrado esto, se procede a digitalizar la información fotointerpretada, para el caso las orillas, aluviones y cauces del río suaza y de la quebrada La Viciosa.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Cumplidas estas etapas, de procesamiento digital de imágenes y Sistemas de Información Geográfico, se obtiene información tipo vector, compatible con cualquier software tipo SHAPE o ACAD, útil para diferentes fines.

Debido a las condiciones de vuelo, la variabilidad en la escala de toma de las fotografías, el tipo de cámara fotográfica y otros factores relacionados con la Vectorización y/o digitalización de la información, se establece para este trabajo un margen de error máximo de 15 metros.

Año 1947

Se observa en esta imagen, que le cauce del río Suaza y de la quebrada La Viciosa, discurre en una amplia llanura aluvial. En la Ilustración 42, se observa que en la parte aguas arriba que cubre la imagen, El cauce del río Suaza presenta un patrón recto, con la presencia de un solo canal, controlado estructuralmente. Siguiendo aguas abajo, al girar el cauce en sentido noreste, se observa un canal con patrón trenzado, patrón controlado por la carga de sedimentos, donde observamos canales entrelazados, separados entre sí por barras de lecho.

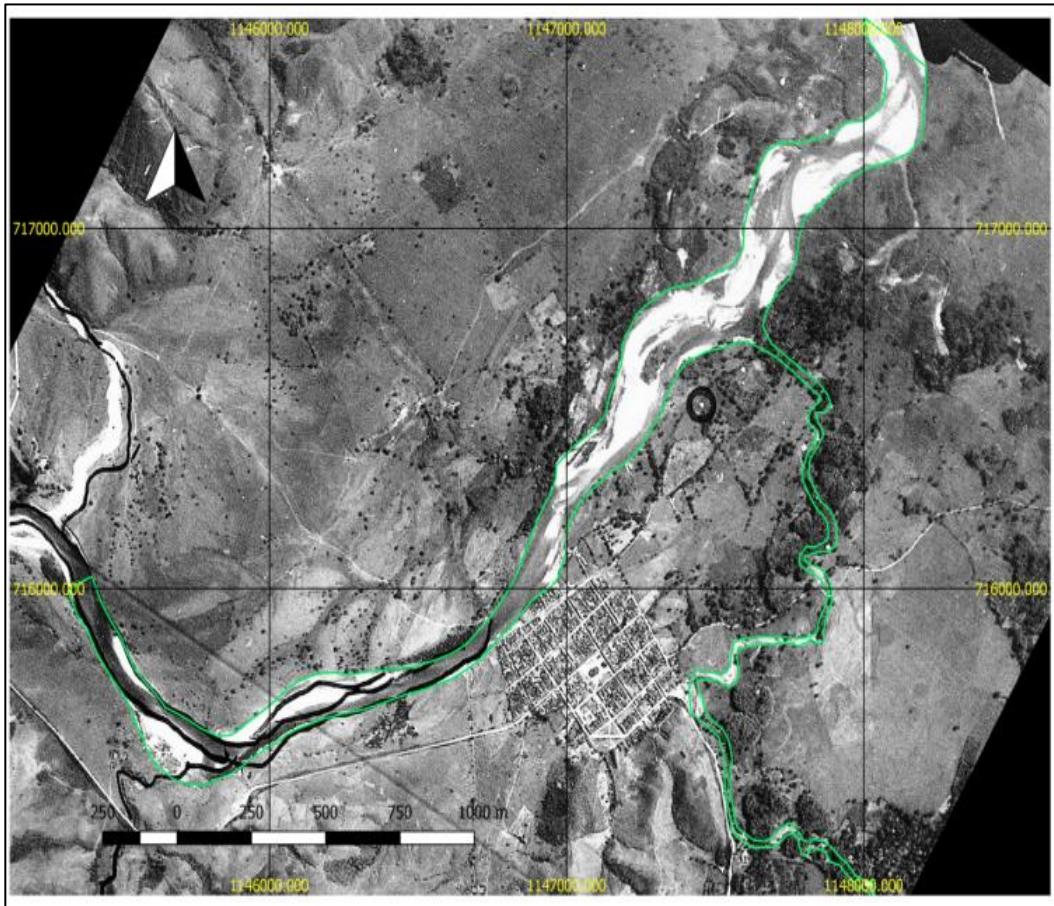
El cauce de la quebrada La Viciosa, presenta un patrón sinuoso. Se observa antiguos cauces de esta quebrada, ya abandonados.

El casco urbano de Guadalupe se construyó sobre la margen derecha del río Suaza, cerca de la confluencia de la quebrada La Viciosa.

La llanura asociada al río en su margen derecha, al parecer está dedicada a pastos para ganado.

El casco urbano se encuentra construido sobre una terraza alta, está por encima del nivel de la terraza baja donde transcurre el curso del río y de la quebrada.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

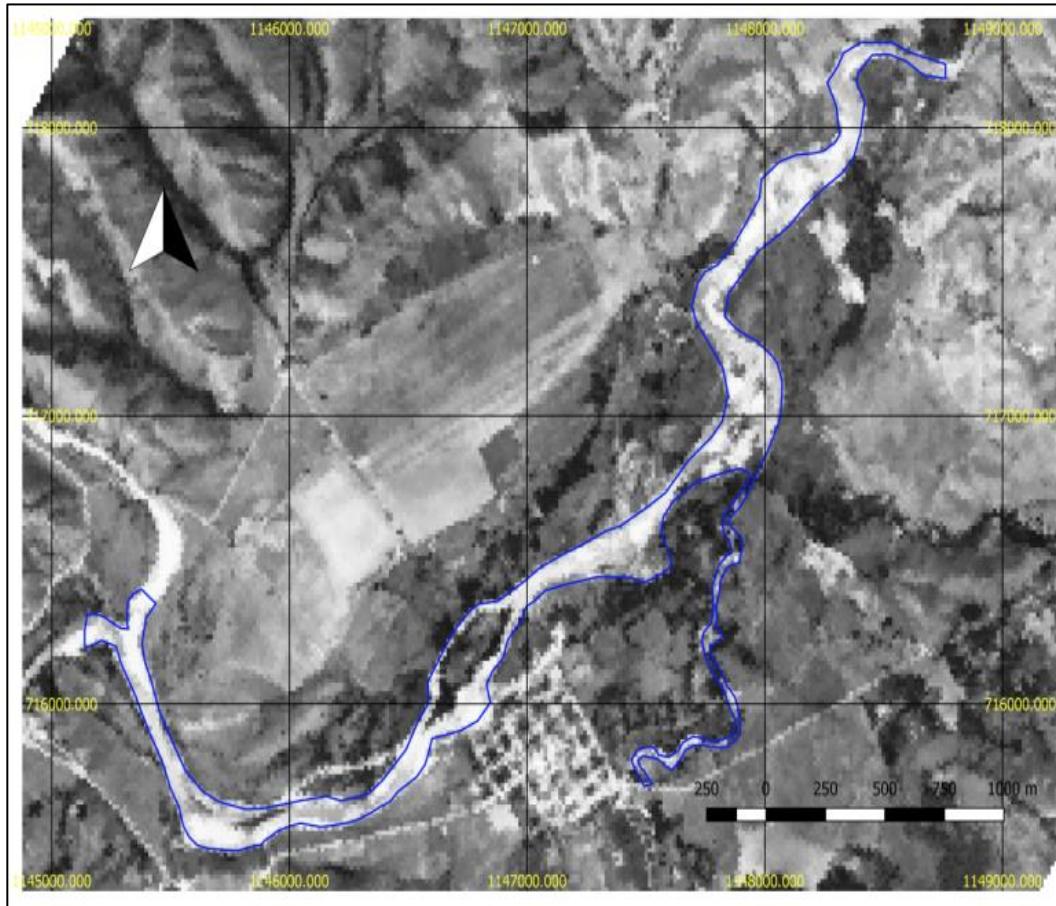


**Ilustración 42. Fotografía aérea 158, Vuelo B36.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

Año 1966

Para este año, se observa canales menos definidos, al parecer la imagen fue tomada en temporada seca. Aguas abajo del casco urbano se observa que el cauce del río Suaza se desplaza sobre su margen derecha, y luego de la confluencia con la quebrada La Viciosa, el cauce se recuesta sobre su margen derecha (Ilustración 43). El cauce de la quebrada La Viciosa se observa en otra posición, lo cual indica divagación del mismo en cercanía de la confluencia con el río Suaza.

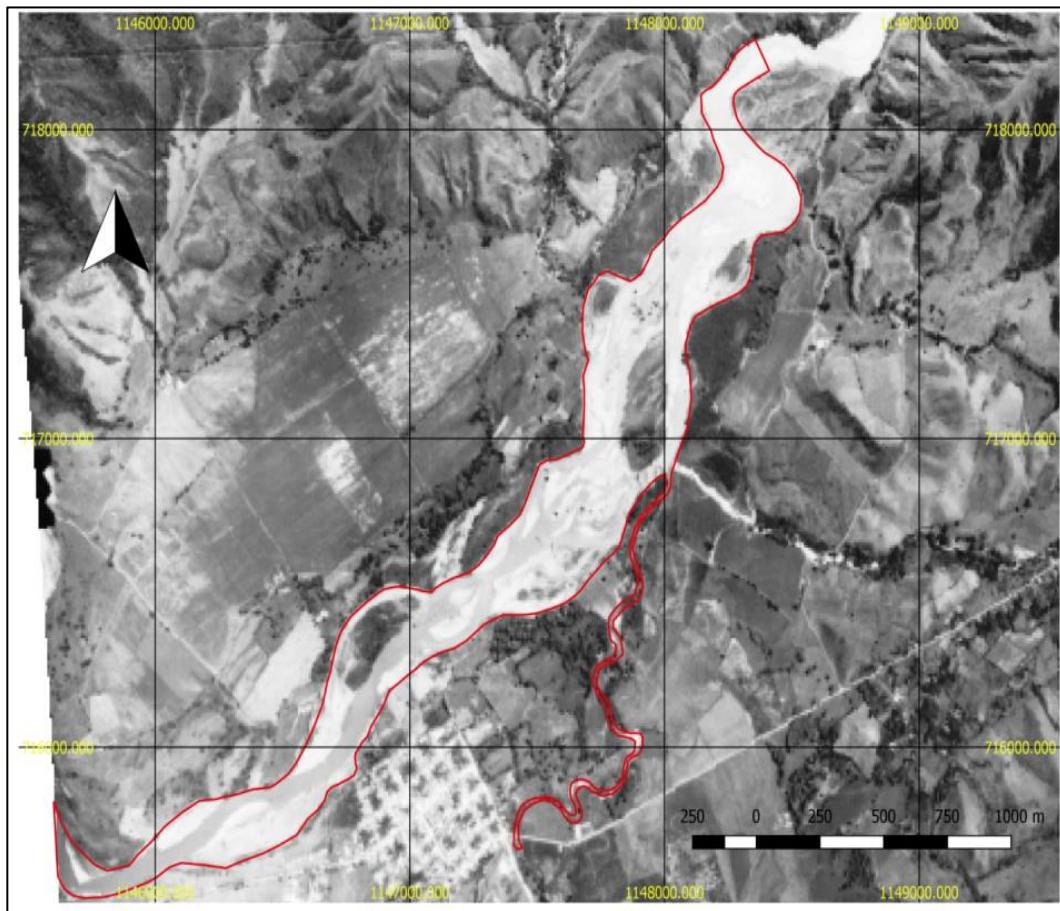
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 43. Fotografía aérea 39852, Vuelo M1379.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

Año 1979

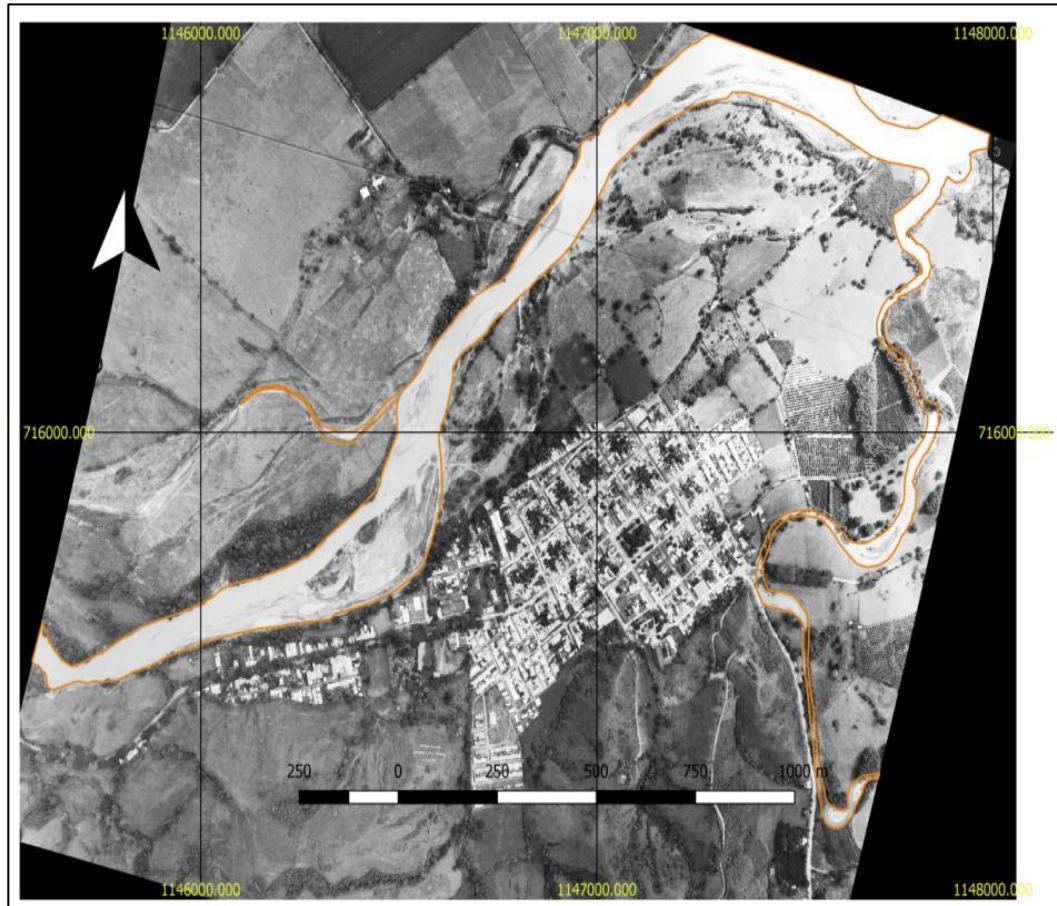
Para este año, se observa un incremento del ancho del cauce del río Suaza en todo el recorrido registrado en la imagen, con la presencia de numerosas barras de lecho. El cauce de la quebrada La Viciosa permanece casi que constante en forma (Ilustración 44).



**Ilustración 44. Fotografía aérea 203, Vuelo C1917.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

Año 2004

Para este año, en la figura se observa que la llanura aluvial del río Suaza, en su margen izquierda, está dedicada a cultivos varios agrícolas, igual que sucede en la margen derecha (Ilustración 45). Se observa un cauce de menor ancho, comparándolo con la ilustración anterior, y recostado sobre su margen izquierda. Se observa un canal, que se habrá pasado en la llanura aluvial de la margen izquierda.



**Ilustración 45. Fotografía aerea 159, Vuelo C2732.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

Año 2011

Comparando con la ilustración anterior, el cauce del río suaza permanece casi que constante en posición y forma. Igual situación sucede para el cauce de la quebrada La Viciosa (Ilustración 46).

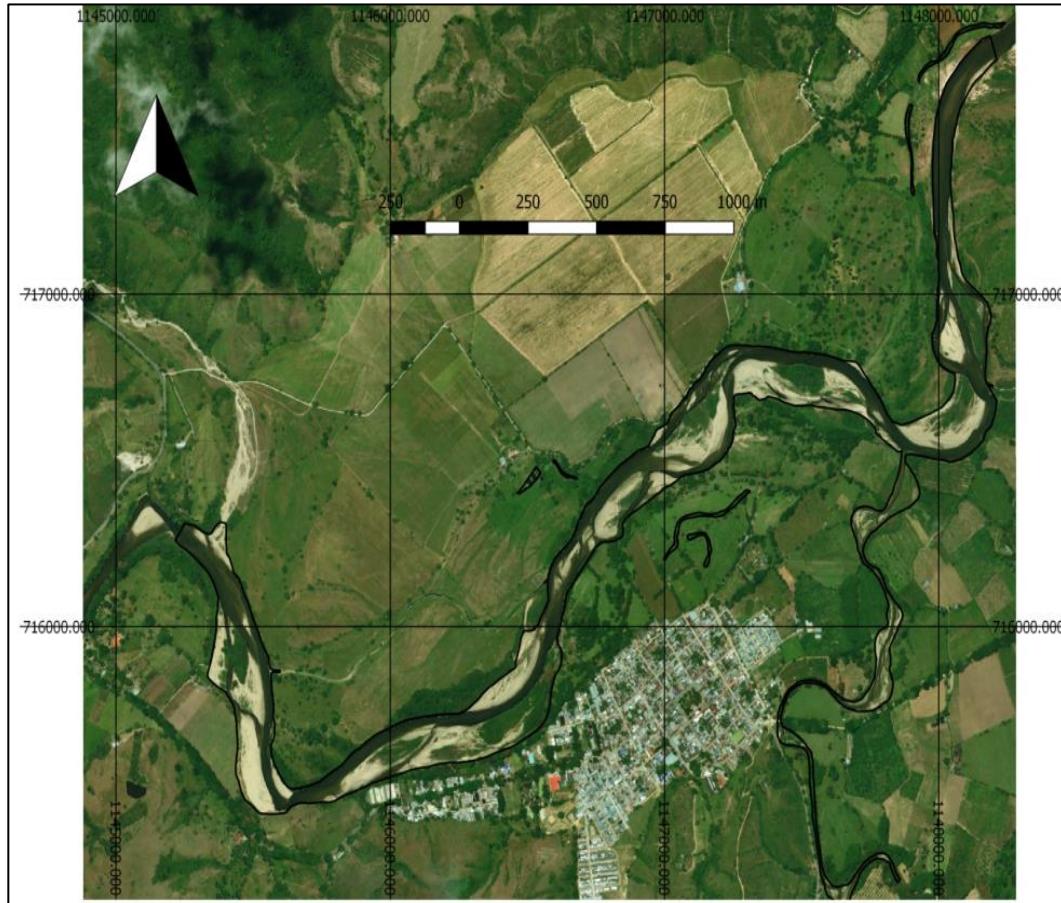


Ilustración 46. Imagen BING AERIAL, año 2011.  
Fuente: Geocing S.A.S.

Año 2018

Se observa, sobre la margen derecha del cauce del río suaza, a la altura del casco urbano, socavación lateral recostada sobre esta margen.

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 47. Ortofoto año 2018.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

### Resumen, Dinamica Fluvial río Suaza

Se inicia con un tramo trenzado del río Suaza, con la presencia de canales separados por barras de lecho.

Con base a la Ilustración 48 para el año 1966 el cauce del río cambia en forma y posición, aguas abajo del casco urbano se recuesta sobre su margen izquierda, y más aguas abajo se recuesta sobre su margen derecha, en cercanías de la confluencia con la quebrada La Viciosa, luego vuelve y se recuesta sobre su margen izquierda. Para este año, la confluencia de la quebrada La Viciosa con el río Suaza se corre aproximadamente 300 metros aguas abajo, respecto al anterior periodo evaluado.

Para el año 1979, observamos una posición aproximada, a la observada en la época anterior, con un mayor incremento de área, al parecer por ser tomada la ilustración en temporada de lluvias.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Para el año 2004, el cauce del río, a nivel de la ilustración referida, cambia de forma, recostándose inicialmente sobre su margen izquierda, y luego sobre la margen derecha a la altura de la confluencia con la quebrada La Viciosa.

Para el año 2004 no hay cambios significativos en cuanto a posición y forma de los cauces en estudio.

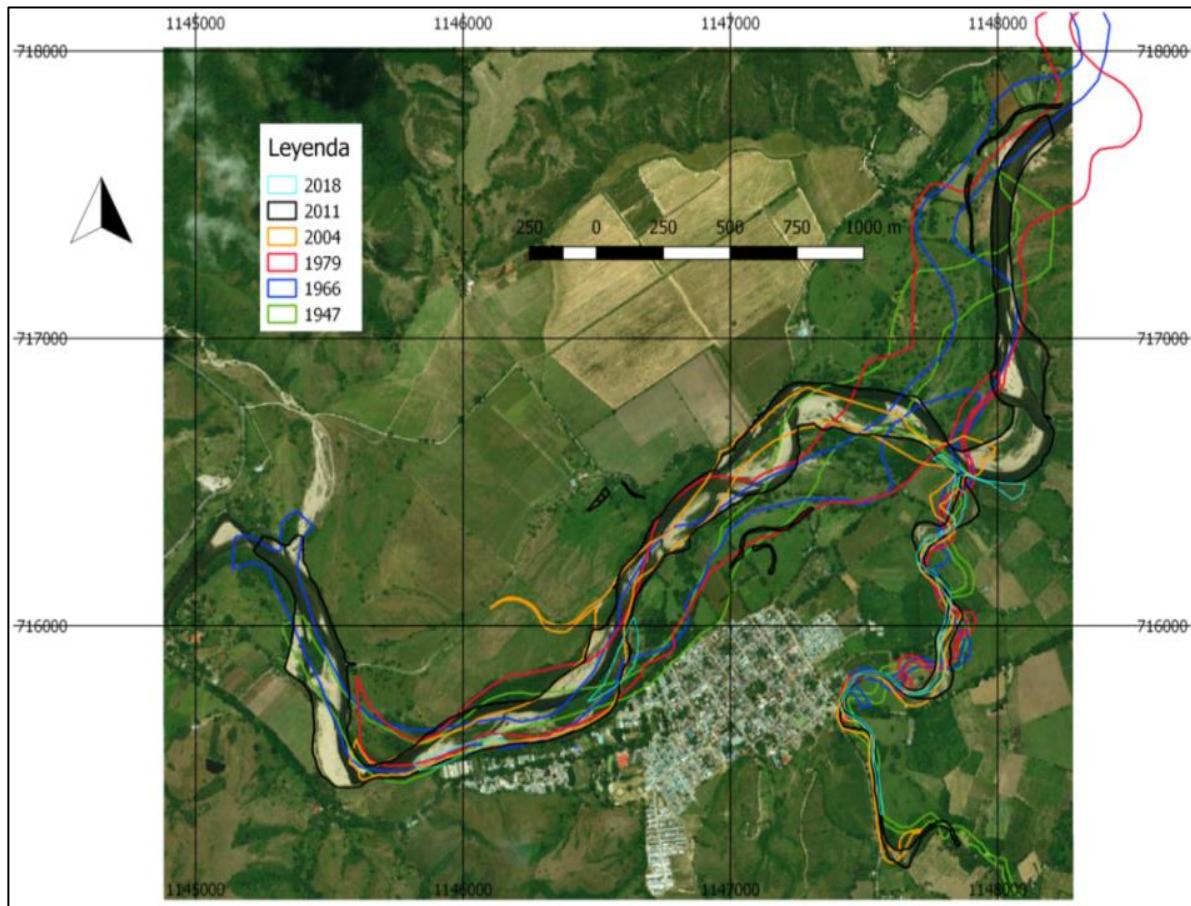
Para el año 2018, se observa un avance sobre la margen derecha a la altura del casco urbano.

Con base en la Ilustración 49, se observa una divagación del cauce del río Suaza, de aproximadamente 500 metros, aguas arriba de la confluencia con el cauce de la quebrada La Viciosa, y de 750 metros aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la misma quebrada.

Se observa que el casco urbano está construido sobre una terraza alta, que en el periodo evaluado no ha presentado afectaciones por socavación, pero hay que recalcar que en el año 1947, la margen derecha del río suaza estaba recostado sobre esta unidad donde existía la mayor parte del casco urbano. En las siguientes ilustraciones se observa que el cauce se aleja de este sector, pero aguas arriba se recuesta sobre la margen derecha, y aguas abajo divaga.

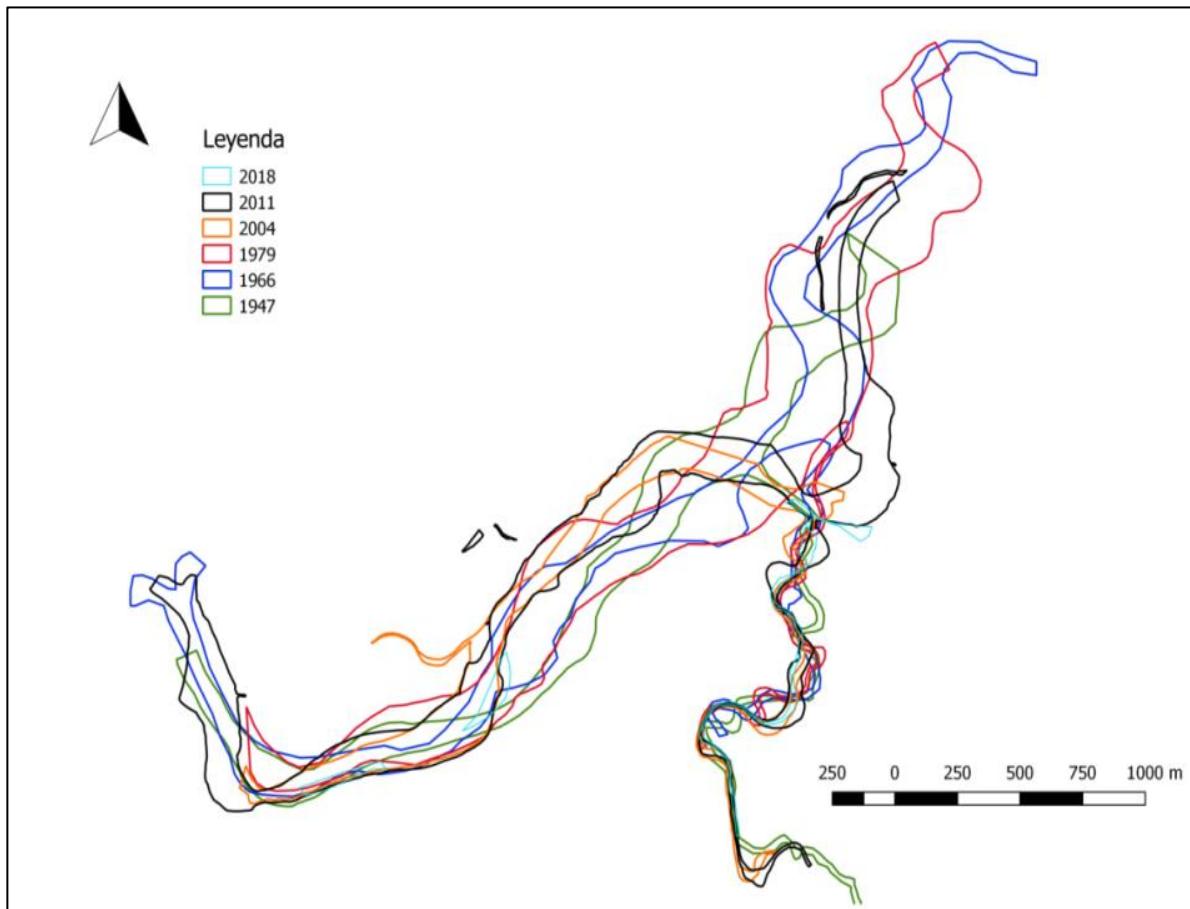
Para el caso del cauce de la quebrada La Viciosa, se observa que cerca del puente hoy existente sobre la misma y cerca del casco urbano, la quebrada ha divagado por espacio de 75 metros aproximadamente, y aguas abajo, cerca de la confluencia con el río, la quebrada ha divagado en espacio de 300 metros aproximadamente.

En conclusión, los cauce del río Suaza y de la quebrada La Viciosa, en cercanías del casco urbano, transcurren en llanura de inundación, donde divaga, y en donde hoy día, se evidencian cauces abandonados, y con el estudio de dinámica fluvial aquí presentado, tiene para el periodo evaluado, hasta 700 metros de divagación.



**Ilustración 48. Superposición de cauces sobre Imagen BING AERIAL del año 2011.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 49. Superposición de cauces del río Suaza y de la quebrada La Viciosa, en cercanías del casco urbano del municipio de Guadalupe.**

Fuente: Geocing S.A.S.

## 7.9. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

En 1998, la Organización de las Naciones Unidas declaró a las aguas subterráneas como un recurso "invisible", no sólo porque están ocultas -no se pueden ver directamente-, sino porque los problemas que se presentan por su escaso o excesivo uso, se deben en parte a que muchas veces no se conoce cómo están distribuidas, y además, a que se ignora la importancia de protegerlas en el marco de una gestión integral de los recursos hídricos.

Los recursos de aguas subterráneas no son ilimitados, y están sujetos a problemas de agotamiento y contaminación cada vez mayores. En este capítulo se realizará una breve síntesis teórica, que persigue como único fin clarificar algunos conceptos básicos necesarios para la correcta comprensión del trabajo.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 7.9.1 *Hidrogeología regional*

Con base en la Ilustración 50, tomada del Mapa de Unidades Hidroestratigráficas de Colombia, del Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM, 2010), la zona de estudio se localiza en la transición entre dos sectores, el primero (de color gris) corresponde a acuíferos con porosidad intergranular, altamente productivos y extensos en sedimentos recientes no consolidados; y el de color crema corresponde a acuíferos locales, con recursos limitados o sin recursos por porosidad primaria, en rocas ígneas y metamórficas y en depósitos impermeables.

Para el concepto de unidad hidroestratigráfica, se tomaron apartes de la Metodología para la definición de unidades hidroestratigráficas: caso del acuífero del Valle del río Yaqui, Sonora, México (Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen 63, número 1, 2011, p: 119-135).

El concepto de unidad hidroestratigráfica, fue originalmente definido por Maxey (1964) como un cuerpo de roca de extensión considerable que forma parte de un esquema geológico con un sistema hidrológico distintivo, y como unidad fundamental para describir sistemas hidrogeológicos en el campo basada en las propiedades de las rocas que afectan las condiciones del agua subterránea. Seaber (1986, 1988) definió la unidad hidroestratigráfica como un cuerpo de roca que se distingue por su porosidad y permeabilidad y consideró que esta definición está más de acuerdo con las reglas de nomenclatura estratigráfica (Salvador, 1994; NACSN, 2005) y con la idea de que las unidades litoestratigráficas, aloestratigráficas, pedoestratigráficas y litodémicas, son unificadas y delimitadas con base en sus características hidrológicas observables y que relacionan sus intersticios. Copeland *et al.* (2009) define una unidad hidroestratigráfica como un cuerpo de roca distinguido y caracterizado por su porosidad y permeabilidad, unificada y delimitada con base en sus características hidrológicas observables relacionadas con sus intersticios. Indican que los dos términos, tanto “unidad hidroestratigráfica”, como “unidad hidrogeológica” son aceptable, pero que se recomienda el uso del primero.

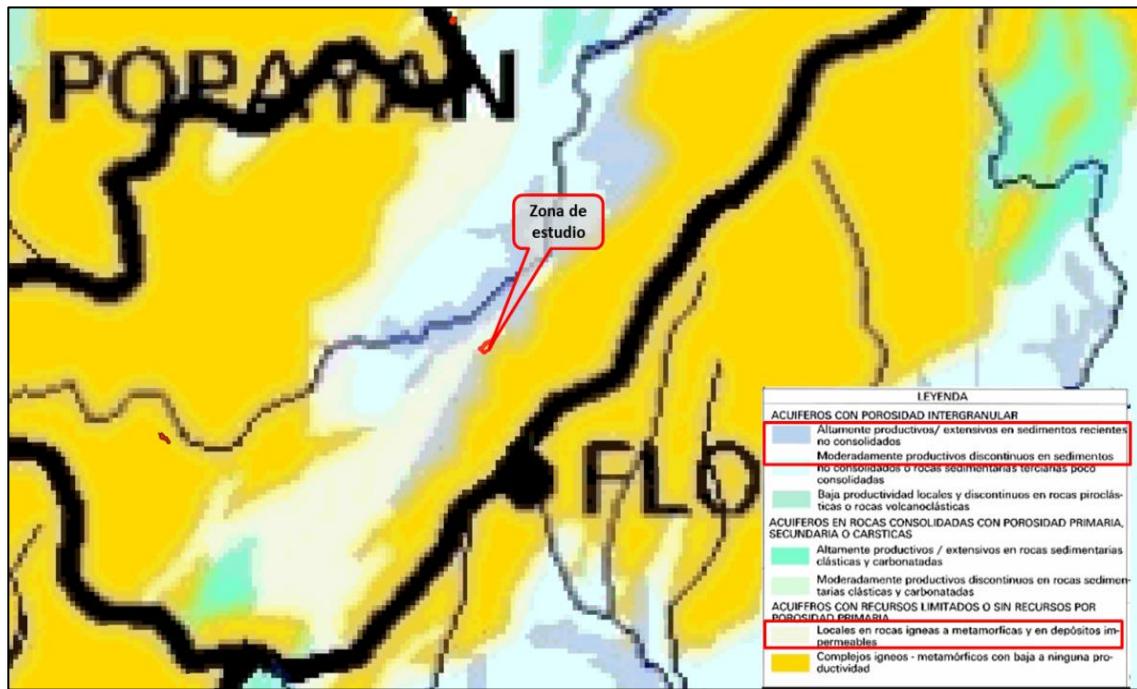


Ilustración 50. Mapa de Unidades Hidroestratigráficas de Colombia, IDEAM. El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Geocing S.A.S.

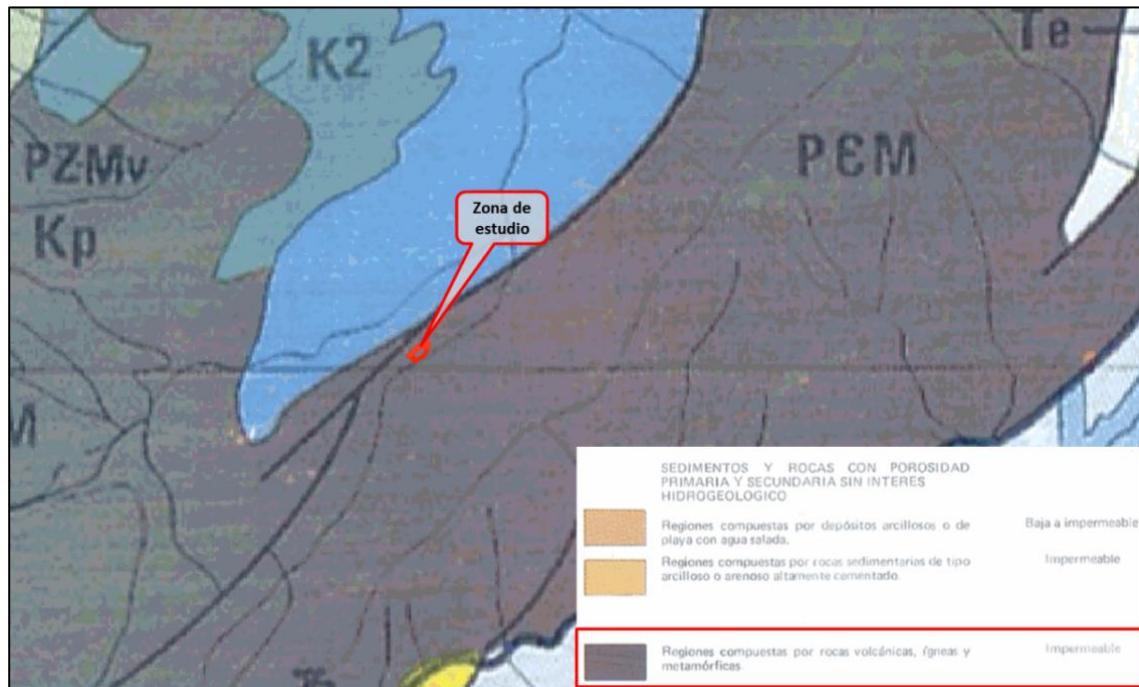


Ilustración 51. Mapa hidrogeológico de Colombia (SGC, 1989). El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Con base en el Mapa Hidrogeológico de Colombia (SGC, 1989) (ver Ilustración 51), la zona de estudio se localiza en un sector con rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico, en rocas ígneas y metamórficas.

### 7.9.2 *Modelo hidrogeológico conceptual*

Los acuíferos deben ser entendidos como formaciones geológicas subterráneas permeables, susceptibles de transmitir y almacenar el agua. Así, cabe indicar que existen en la naturaleza una amplia gama de formaciones con capacidad muy diversa para almacenar y trasmisores el agua; desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones suelen dividirse en:

- Acuíferos: capaces de almacenar y transmitir el agua (formaciones permeables compuestas por gravas, arenas, materiales calcáreos, areniscas, etc). Son formaciones con capacidad de drenaje alta en las que se pueden perforar pozos y sondeos.
- Acuitardos: capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (materiales como limo, arena limosa, arena, arcilla, etc) y su capacidad de drenaje es media a baja. No son de interés para la obtención de caudales pero juegan un papel importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.
- Acuicludos: pueden almacenar el agua en grandes cantidades pero no tiene posibilidad de transmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentran encerrada en los poros de las formaciones y no puede ser liberada (materiales como arcillas, arcillas plásticas, arcillas limosas, etc). Se asumen como materiales impermeables.
- Acuifugos: formaciones incapaces de almacenar y de transmitir el agua; están representados por rocas compactas como rocas ígneas y metamórficas masivas, se muestran como impermeables salvo que exista fracturas que pueden permitir flujos.

### 7.9.3 *Clasificación de las Unidades Hidrogeológicas*

A continuación se presenta la clasificación de las unidades hidroestratigráficas de interés en la zona de estudio, siguiendo la nomenclatura propuesta por el IDEAM (2010), la cual se basa en la extensión, porosidad de la unidad y características de permeabilidad asociadas a cada unidad.

- Tipo I: Corresponde a los acuíferos en los cuales la porosidad principal es intergranular (porosidad primaria).

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

- Tipo II: Corresponde a unidades hidroestratigráficas en rocas consolidadas con porosidad primaria y fisurados con porosidad secundaria o carstificados
- Tipo III: Corresponde a rocas granulares o fisuradas que forman acuíferos insignificantes por porosidad primaria con recursos limitados o sin recursos.

En la Tabla 11 se muestra la clasificación de las Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de estudio.

**Tabla 11. Clasificación de unidades hidroestratigráficas en el casco urbano del municipio de Guadalupe, departamento del Huila.**

Unidad hidroestratigráfica	Símbolo	Unidad Geológica asociada	Descripción	Comportamiento posible de la unidad hidroestratigráfica
Depósitos aluviales in consolidados y moderadamente consolidados	I1	Stfaa Stfar, Stfasr	Correlaciona con depósitos aluviales activos, recientes y subrecientes	Su recarga es directa. Son acuíferos libres, de extensión limitada y baja productividad.
Suelos antrópicos, rellenos de escombros	I2	Sade	Mezclas heterogéneas de escombros de construcción y otros	Constituyen Acuíferos locales, con recarga directa, de extensión limitada y productividad nula.
Suelos transportados de inestabilidad reciente	II1	Stir-1 Stir-2	Materiales originados por movimientos superficiales o por deslizamientos	Representan acuiclusos locales
Suelos antrópicos, ingenieriles e indiferenciados	II2	Sari - Sarin	Materiales seleccionados y compactados para el desarrollo de construcciones ingenieriles	Representan acuiclusos locales
Suelo residual del Neis de Guapotón	II3	Sr-NP <sub>2</sub> ng	Suelos arcillosos, originados a partir de la degradación de rocas del Neis de Guapotón	Representan acuiclusos
Roca meteorizada, Neis de Guapotón	III1	Rm-NP <sub>2</sub> ng	Rocas con textura fanerítica de grano medio a grueso que se confunde macroscópicamente con un granito	Rocas compactas que no permiten el almacenamiento ni la transmisión de agua. Conforman Acuifugos

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

## 8. CONDICIONES SISMOLÓGICAS

De acuerdo con la Norma Colombiana Sismoresistente de Construcción NSR- 10, título A, Capítulo A.2.1 GENERAL-A.2.1.1.-Movimientos sísmicos prescritos “ Para efectos del diseño sísmico de la estructura, ésta debe localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica, baja, intermedia o alta, los cuales se pueden expresar por medio del espectro elástico de diseño definido en A.2.6.”

Por lo anterior, el municipio de Guadalupe de acuerdo a la NSR-10, se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica Alta, con un coeficiente de Aceleración pico efectiva  $A_a$  de 0.30g. Los coeficientes de diseño sísmico para estructuras requeridas en esta zona se resumen en la Tabla 12.

**Tabla 12. Coeficientes de diseño sísmico.**

Zona	$A_a$ (g)	$A_v$ (g)	$A_e$	$A_d$
Alta	0.30	0.15	0.16	0.06

**Fuente: Geocing S.A.S.**

El valor para análisis pseudoestáticos, de acuerdo con la Norma Sismo Resistente de 2010 Titulo H. Capítulo H.5.2.5-Sismo de diseño, por el cual se tiene en cuenta la tabla H.5.2-1 Valores de  $K_{ST}/a_{max}$  mínimos para el análisis pseudoestático de Taludes, se debe tener en cuenta lo presentado en la Tabla 13.

**Tabla 13. Valores de  $K_{ST}/a_{max}$  mínimos para análisis Seudoestático de taludes.**

Material	$K_{ST}/a_{max}$ Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados ( $RQD < 50\%$ )	0.80	Ninguno
Macizos rocosos ( $RQD > 50\%$ )	1.00	Ninguno
Todos los materiales terreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales terreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

**Fuente: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente.**

Dadas las condiciones del área de estudio en términos de No contar con un estudio de Análisis de Amplificación Mínimo, además de los materiales presentes descritos como Suelos y macizos rocosos muy fracturados, de se adopta  $KST/A_{max}$  de 0.8 de la aceleración en terreno correspondiendo a un valor de **0.24g**.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería <small>S.A.S.</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 9. COBERTURA Y USO DEL SUELO

La cobertura vegetal es la expresión de las especies vegetales naturales o introducidas en determinada área y el uso que se le da, esta información es un insumo que se utiliza para diferentes análisis, en especial para los geotécnicos, la elaboración del mapa de amenaza por movimientos en masa, mapa de incendios forestales, entre otros.

### 9.1. METODOLOGÍA

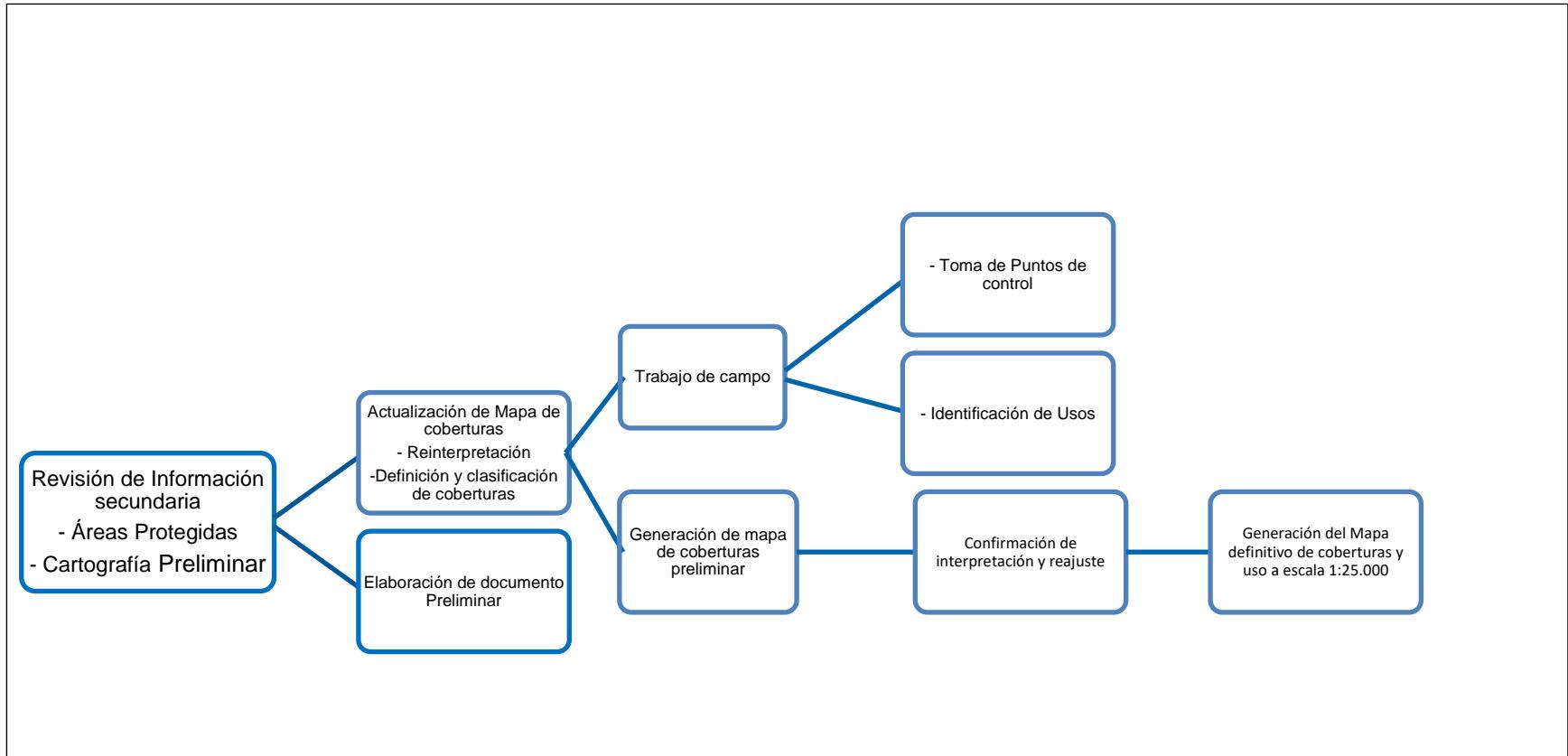
La metodología empleada para la determinación de la cobertura y uso de suelo actual se basa en la adaptación colombiana de los lineamientos expuestos por Corine Land Cover. Lineamientos fundamentados en el uso de técnicas de procesamiento de imágenes satelitales, fotografías aéreas y comprobación de información en campo. Indica el procedimiento empleado para llevar a cabo la cartografía temática de la cobertura vegetal.

➤Caracterización de la cobertura vegetal

Para la realización del mapa de cobertura se desarrolló la metodología presentada de manera gráfica en la Ilustración (Ilustración 52), la cual involucra la implementación de las siguientes cuatro (4) fases de trabajo:

- 1.Revisión de información secundaria.
- 2.Fase de oficina o fase ejecutoria.
- 3.Fase de campo.
- 4.Fase de reajuste y elaboración de informe final.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 52. Metodología para la actualización del Mapa de Coberturas.**

Fuente: Geocing S.A.S.

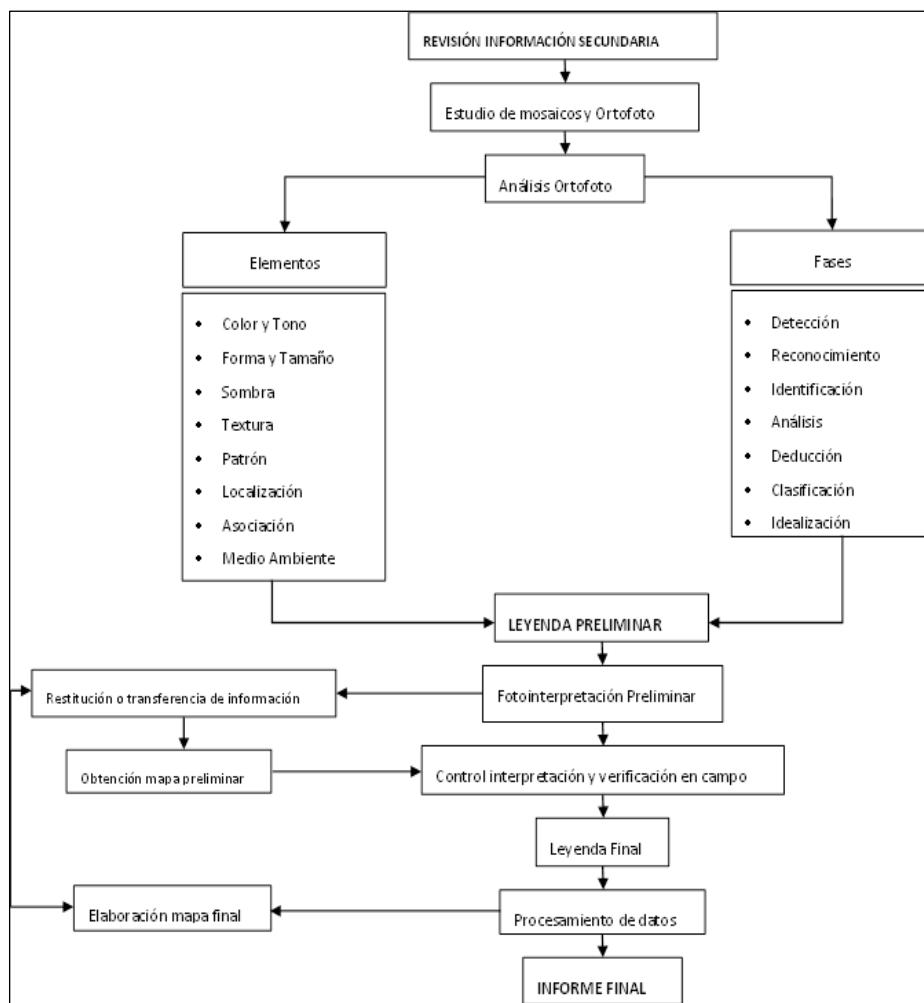
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

## 9.2. RECOPILACIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

### ➤ Revisión Información Secundaria

Se procedió a adquirir información escrita y visual que aportara datos generales iniciales sobre las características de cobertura y uso de suelo de la zona de estudio, dentro de esta información encontramos los POT y/o EOT del municipio del área de estudio, la topografía inicial y las diferentes ortofotos, y mapas temáticos e imágenes satelitales de la zona, entre otros.

A partir de la adquisición de dicha información secundaria, se inició la selección de los datos más actualizados y veraces que se encontraron disponibles, y se definió la necesidad de búsqueda de información adicional, obteniendo así un mayor detalle de las áreas de estudio.



**Ilustración 53. Proceso empleado para la delimitación de cobertura vegetal y uso actual de suelo.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

➤ Estudio general de mosaico y ortofoto

El material fotográfico que se utilizó para realizar el mapa de cobertura vegetal se relaciona a continuación:

- Tipo de Archivo: ECW.
- Coordenadas tipo: Magma\_Colombia\_Oeste
- Tamaño pixel (GDS) de 20cm.

➤ Análisis de Ortofotos

El análisis de las imágenes fotográficas, corresponde a la interpretación de ciertos rasgos de la superficie terrestre sobre las fotografías aéreas.

Es importante mencionar que el tipo de información que se obtiene depende de la escala resolución y de los foto elementos principalmente (tonos, texturas, patrón, forma y tamaño); además del procesamiento y de la interferencia con elementos atmosféricos (nubes, etc).

Para el análisis se manejó de la información geográfica el sistema de coordenadas a usar en el proyecto ha sido definido de acuerdo a los lineamientos del IGAC, los cuales establecen que debido a que la mayoría del área de estudio del proyecto se encuentra en la parte Oriental de la división cartográfica, el sistema de proyección corresponde a “MAGNA COLOMBIA OESTE”. Por lo tanto, bajo este parámetro de coordenadas se estructuró toda la información cartográfica del proyecto (Ver Tabla 14).

**Tabla 14. Sistema de coordenadas utilizadas en el mapa de cobertura Municipio de Guadalupe.**

Sistema de Coordenadas Proyectado	MAGNA COLOMBIA OESTE
Sistema de proyección:	Transversal de Mercator
Datum:	D_SIRGAS_2000
Longitud de origen:	-77.07750792
Latitud de origen:	4.59620042
Factor Escala:	1.0
Falso este:	1000000.0
Falso norte:	1000000.0
Unidad de trabajo:	Sistema métrico (metros)
Unidad Angular:	Grado

Fuente: Geocing S.A.S.

➤ Fotointerpretación

A partir de la obtención de la información digital ajustada se procedió a realizar una primera interpretación, mediante la superposición de los mapas de coberturas del municipio, sobre las ortofoto ajustadas, y comparadas simultáneamente con imágenes satelitales de la zona de estudio; inicialmente se tuvo en cuenta la

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

coloración y forma tamaño y contexto de las imágenes para diferenciar los diferentes tipos de coberturas. Una vez identificado los elementos característicos de las fotografías aéreas, se procedió a realizar el reconocimiento de los diferentes tipos de cobertura y uso de suelo. En el caso de bosques naturales, se tuvo en cuenta el diámetro de las copas, la densidad (texturas gruesas) y el tono que presenta dicha cobertura, por lo general oscuro. Los pastos, se reconocen en las fotografías aéreas por su textura fina y tonos claros y una distribución espacialmente uniforme.

➤ Sistema de clasificación y leyenda

Como ya se mencionó anteriormente para la elaboración del mapa de cobertura vegetal del área de estudio, se implementó la metodología de Corine Land Cover adaptada para Colombia, según dicha metodología existen cinco categorías generales cada una de las cuales posee diversas subcategorías para clasificar con diferente nivel de detalle los tipos de cobertura y uso actual de suelo.

➤ Unidades de cobertura

Luego del proceso de verificación de campo, la información recopilada y validada fue ajustada y digitalizada, para ser nuevamente interpretada, obteniendo así una Leyenda final de cobertura definitivo. Dichos resultados fueron adjuntados a la Geodatabase del proyecto.

➤ Fase de Oficina o Fase Ejecutoria

Durante esta fase se realizó la fotointerpretación de la ortofoto del municipio de Guadalupe.

➤ Fase de campo

Teniendo como base el mapa preliminar de cobertura del municipio de Guadalupe del Departamento del Huila; se realizó la verificación de las coberturas identificadas y/o donde se tiene alguna duda, para poder realizar su corroboración o cambio pertinente. Dicho ejercicio se desarrolló para la fase de campo; en la cual el profesional de la consultoría realizó la toma de puntos de control con ayuda de un GPS y fotografías de soporte con el fin de confirmar o ajustar la interpretación realizada; y de esta manera generar el Mapa de Coberturas definitivo para el área de interés.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

### 9.3. CARACTERIZACIÓN DE COBERTURAS

#### 9.3.1 Análisis de Información

Para la generación del mapa de cobertura se realizó la clasificación teniendo en cuenta 11 tipos de coberturas (Nivel\_4) y 23 tipos de coberturas (Nivel\_3), fueron identificadas con base en la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada. Una vez realizado lo anteriormente descrito, se obtuvo la Leyenda del mapa de cobertura a escala 1:2.000 del área para el municipio de Guadalupe como se muestra en la siguiente Tabla 15.

**Tabla 15. Leyenda del mapa de cobertura a escala 1:2.000 para el Municipio de Guadalupe.**

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo 1.1.2. Tejido urbano discontinuo	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas Industriales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y terrenos asociados
	1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	1.3.2. Zonas de disposición de residuos	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto
	1.4. Zonas verdes artificializados, no agrícolas	1.4.1. Zonas Verdes Urbanas	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas
			1.4.1.2 Parques Cementerio
			1.4.1.5. Parques urbanos
	2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	1.4.2. Instalaciones recreativas	
		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.3. Plátano y banano
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos
		2.2.3. Cultivos permanentes Arbóreos	2.2.3.3. Cítricos
		2.2.5. Cultivos confinados	
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI NATURALES	2.2. Pastos	2.3.1. Pastos limpios	
		2.3.2. Pastos arbolados	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.3.3. Pastos enmalezados	
		2.4.1. Mosaico de cultivos	
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	
5 SUPERFICIES DE AGUA	3.1 Bosques	3.1.4 Bosque de galería y ripario	
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1 Herbazal	3.2.1.2. Herbazal abierto
		3.2.2 Arbustal	3.2.2.2. Arbustal abierto
	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.2.3 Vegetación secundaria o en transición	
5.1 Aguas continentales	3.3.3 Tierras desnudas y degradadas		
	5.1.1. Ríos		
		5.1.3. Canales	

Fuente: Geocing S.A.S.

A continuación, se describen cada una de las coberturas encontradas en el área de estudio del Municipio de Guadalupe del Departamento del Huila. Teniendo

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 120 de 437

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

como base de interpretación del documento Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, 2010.

Una vez realizado lo anteriormente descrito se obtuvo la Leyenda de Actualización del mapa de cobertura a escala 1:2.000 (Tabla 16). La actualización de la cobertura dio como resultado 4 coberturas generales, 16 tipos de cobertura con nivel (3) y 10 tipos de coberturas con nivel (4) de detalle; esto para un total de 26 coberturas del suelo en el municipio de Guadalupe.

**Tabla 16. Leyenda de Actualización del mapa de cobertura a escala 1:2.000 del área del municipio de Guadalupe del Departamento del Huila.**

<b>COBERTURA MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>		
<b>COBERTURA</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1.1	Tejido urbano
	1.1.2	Tejido urbano discontinuo
	1.2.1.1	Zonas industriales
	1.2.2.1	Red vial y territorios asociados
	1.2.5	Obras hidráulicas
	1.3.2.1	Sitios de disposición de residuos
	1.4.1.1	Otras zonas verdes suburbanas
	1.4.1.2	Parque cementerio
	1.4.1.5	Parques urbanos
	1.4.2	Instalaciones recreativas
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.2.1.3	Plátano y banano
	2.2.2.1	Otros cultivos permanentes arbustivos
	2.2.3.3	Cítrico
	2.2.5	Cultivos confinados
	2.3.1	Pastos limpios
	2.3.2	Pastos arbolados
	2.3.3	Pastos enmalezados
	2.4.1	Mosaico de cultivos
	2.4.5	Mosaico de cultivos y espacios naturales
	3.1.4	Bosque de galería y ripario
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.2.1.2	Herbazal abierto
	3.2.2.2	Arbustal Abierto
	3.2.3	Vegetación Secundaria p en transición
5. SUPERFICIES DE AGUA	3.3.3	Tierras desnudas y degradadas
	5.1.1	Ríos
	5.1.3	Canales

Fuente: Geocinc S.A.S.

### 9.3.2 Caracterización de la cobertura vegetal

Para la realización del mapa de cobertura se desarrolló la metodología presentada de manera gráfica en la Ilustración 1, la cual involucra la implementación de las siguientes cuatro (4) fases de trabajo:

Revisión de información secundaria.

Fase de oficina o fase ejecutoria.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Fase de campo.

Fase de reajuste y elaboración final.

### 9.3.3 Descripción general de coberturas

**Territorios Artificializados (1):** Comprende las áreas de las poblaciones y sus áreas periféricas que estén siendo incorporados a las áreas urbanas mediante el proceso gradual de urbanización o de uso de suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. (IDEAM, 2010). En el municipio de Guadalupe que conforma el Departamento del Huila se pueden encontrar los tipos de territorios artificializados que se describen a continuación:

*Zonas Urbanizadas (1.1):* Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano.

*Tejido urbano continuo (1.1.1):* Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano (IDEAM, 2010). Un ejemplo de este tipo de cobertura en el área de estudio se representa en la Ilustración 54.



**Ilustración 54. Tejido urbano continuo Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

*Tejido urbano discontinuo (1.1.2):* Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y presentan discontinuidad, ya que el resto del área está cubierta por vegetación (IDEAM, 2010). Ver Ilustración 55.



Ilustración 55. Tejido urbano discontinuo Municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

*Zonas Industriales o comerciales y redes de comunicación. (1.2):* Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad (IDEAM, 2010).

*Zonas industriales o comerciales (1.2.1):* Son áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitrانados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales. Incluye Edificios de seguridad pública, Instalaciones hospitalarias, Parqueaderos, Bases militares, Escuelas, entre otros (IDEAM, 2010). (Ilustración 56).

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 56. Zonas Industriales Municipio de Guadalupe.**

Fuente: Geocing S.A.S.

*Red vial y terrenos asociados (1.2.2.1):* Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y puentes, así como las áreas asociadas como peajes, zonas verdes y zonas de estacionamiento; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. La superficie debe ser mayor a cinco hectáreas y el ancho de la ci debe ser superior a 50 metros (IDEAM, 2010). Ver Ilustración 57.)



**Ilustración 57. Red vial y terrenos asociados Municipio de Guadalupe.**

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 124 de 437

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

*Obras Hidráulicas (1.2.5):* Superficies que corresponden a construcciones consolidadas de carácter permanente, destinadas a instalaciones hidráulicas, y aquellas de pequeña magnitud, generalmente asociadas con infraestructura urbana, tales como acueductos, bocatomas, plantas de tratamiento y pequeñas presas. En la Ilustración 58 se presenta un ejemplo de este tipo de cobertura para el municipio de Guadalupe.



Ilustración 58. Estructuras Hidráulica PTAP municipio de Guadalupe.  
Fuente: Geocing S.A.S.

**Zonas de extracción mineras y escombreras. (1.3):** Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen (IDEAM, 2010).

*Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto. (1.3.2.1):* Son espacios que se han dispuesto para el almacenamiento de tubería de concreto para la construcción de alcantarillas como se identifica en la Ilustración 59.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 59. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

**Zonas verdes artificializados, no agrícolas (1.4):** Comprende las zonas verdes localizadas en las áreas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación, donde los diferentes usos del suelo no requieren de infraestructura construida apreciable. En general, estas zonas verdes son áreas resultantes de planificación urbana que quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad (IDEAM, 2010).

**Zonas verdes urbanas (1.4.1):** Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano, incluyendo parques urbanos y cementerios.

**Otras zonas verdes urbanas (1.4.1.1):** Es un área que se tiene designada para las corrales que se celebran en el pueblo. En la Ilustración 60 se presenta un ejemplo de este tipo de cobertura.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 60. Otras zonas verdes urbanas Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

*Parques cementerios (1.4.1.2):* Estos son zonas en las cuales se dispone para la realizar los sepelios ya sea en una bóveda o mausoleos donde se disponen los restos humanos, ver Ilustración 61 .



**Ilustración 61. Parques cementerios Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

*Parques urbanos (1.4.1.5):* Estos son espacios públicos, de acceso libre para los habitantes y visitantes del municipio, estos cuentan con sus propios senderos y zonas verdes. Ver Ilustración 62.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 62. Parques urbanos Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

*Instalaciones recreativas (1.4.2)* : Son los terrenos dedicados a las actividades de campo, deporte, parques de atracción golf, hipódromos y otras actividades de recreación y esparcimiento, incluyendo los parques habilitados para esparcimiento, no incluidos dentro del tejido urbano (IDEAM, 2010). Ver Ilustración 63.



**Ilustración 63. Instalaciones recreativas Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

**Territorios agrícolas (2):** Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas (IDEAM, 2010).

*Plátano y banano (2.2.1.3):* Cobertura dominante compuesta por cultivo de banano (*Musa sapientum L.*) y/o plátano (*Musa paradisiaca L.*) planta herbácea perenne gigante de la familia Musaceae, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, de forma cónica y con altura que varía entre 3,5 y 7,5 m de altura, que termina en una corona de hojas. Las hojas son muy grandes y dispuestas en forma de espiral. El plátano se puede cultivar en casi todos los pisos térmicos (desde el nivel del mar hasta los 2.000 msnm) (IDEAM, 2010). En la Ilustración 64 se presenta un ejemplo de este tipo de cobertura para el Municipio de Guadalupe.



**Ilustración 64. Plátano y banano Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

*Otros Cultivos Permanentes Arbustivos (2.2.2.1):* Cobertura permanente de cultivos arbustivos de especies que no se encuentran Especificadas en los numerales 2.2.2.2 al 2.2.2.5 con una superficie mayor a 25 ha y Que sean identificables. (IDEAM, 2010). Ilustración 65.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 65. Otros cultivos permanentes arbustivos. Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

**Cítricos (2.2.3.3):** Esta cobertura comprende cultivos conformados por especies frutales cítricas como naranja, limón, mandarina y lima, entre otras frutas. (IDEAM, 2010). En la Ilustración 66 se presenta un ejemplo de este tipo de cobertura para el Municipio de Guadalupe.



**Ilustración 66. Cítricos Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S.	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Cultivos Confinados (2.2.5):** Comprenden las tierras ocupadas por cultivos bajo infraestructuras de invernaderos, principalmente dedicadas al cultivo de flores, frutales y hortalizas. Incluye toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas en condiciones óptimas. (IDEAM, 2010). Ver Ilustración 67.



**Ilustración 67. Cultivos confinados. Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

**Pastos (2.3):** Comprende las tierras cubiertas con hierbas densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas al pastoreo permanente por un periodo de dos o más años (IDEAM, 2010). Dentro de esta cobertura se encuentra además la siguiente unidad para territorios artificializados.

**Pastos limpios (2.3.1):** Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas contempladas en la Leyenda CORINE Land Cover 2010 (IDEAM, 2010). En la Ilustración 68 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 68. Pastos limpios. Municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

*Pastos arbolados (2.3.2): Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe de ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos (IDEAM, 2010). Ver Ilustración 69.*



**Ilustración 69. Pastos arbolados. Municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

*Pastos enmalezados (2.3.3):* Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo (IDEAM, 2010). En la Ilustración 70 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.



Ilustración 70. Pastos enmalezados. Municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

**Áreas agrícolas heterogéneas (2.4):** Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra (IDEAM, 2010).

*Mosaico de cultivos (2.4.1):* Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (IDEAM, 2010). En la Ilustración 71 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 71. Mosaico de cultivos. Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

*Mosaico de cultivos con espacios naturales. (2.4.5):* Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural Ver Ilustración 72.



**Ilustración 72. Mosaico de cultivo con espacios naturales Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### Bosques y áreas seminaturales (3)

*Bosque de galería y ripario.* (3.1.4): Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario (IDEAM, 2010). En Ilustración 73 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.

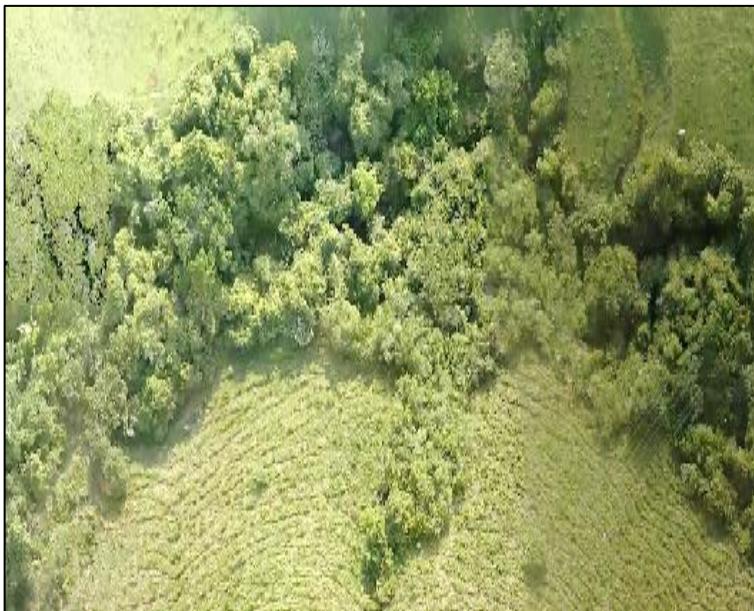


Ilustración 73. Bosque de galería y ripario Municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

*Herbazal abierto.* (3.2.1.2): Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura abierta (30% a 70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IGAC, 1999). En la Ilustración 74 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 74. Herbazal abierto. Municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

*Arbustal abierto.* (3.2.2.2): Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IDEAM, 2010). En la Ilustración 75 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.



**Ilustración 75. Arbustal abierto. Municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> <small>¡Cuida tu naturaleza!</small>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

*Vegetación secundaria o en transición (3.2.3):* Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre (IDEAM, 2010). En la Ilustración 76 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.



**Ilustración 76. Vegetación secundaria o en transición. Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

*Tierras desnudas y degradadas. (3.3.3):* Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de eventos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensa erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas (IDEAM, 2010). Ver Ilustración 77.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 77. Tierras desnudas y degradadas. Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

**Superficies de agua (5):** Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente. Dentro de esta cobertura se encuentra además la siguiente unidad para territorios artificializados.

*Aguas continentales (5.1):* Son cuerpos de agua permanente, intermitente y estacional que comprende lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

*Ríos. (5.1.1):* Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río (IDEAM, 2010). En la Ilustración 78 se puede observar un ejemplo de esta cobertura dentro del Municipio de Guadalupe.

*Canales. (5.13):* Cauce artificial abierto que contiene agua en movimiento de forma permanente, también se incluye ríos naturales cuyo cauce ha sido canalizado (IDEAM, 2010).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



Ilustración 78. Río. Municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

#### 9.3.4 Análisis de coberturas

En la Tabla 17, se puede observar que la categoría de territorios agrícolas es la que posee mayor extensiones en este municipio, estos debido a la cobertura de pastos, ya que en el municipio desarrolla la ganadería, ocupando esta un área 120 Ha (42.8%) El área de Bosques y áreas seminaturales corresponden a 59.9 Ha (21.4%), y es la categoría de segunda mayor extensión para el municipio de Guadalupe, siendo la cobertura de vegetación secundaria o en transición la más representativa para esta con un tamaño de 38.3 Ha (13.6%). En el municipio de Guadalupe es posible hallar 26 tipos de cobertura.

Tabla 17. Porcentajes de las áreas correspondientes a las coberturas identificadas.

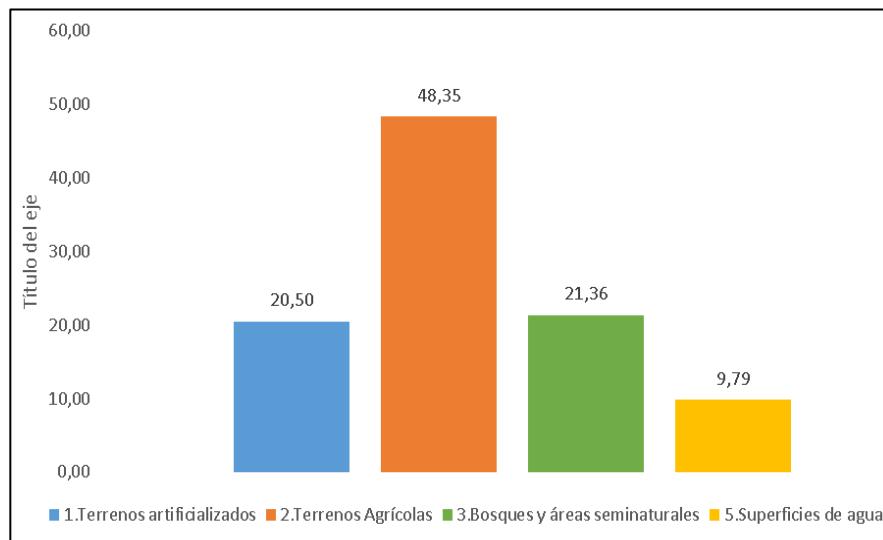
COBERTURA MUNICIPIO DE GUADALUPE				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA	%	
1.1.1	Tejido urbano	37.07	13.21	
1.1.2	Tejido urbano discontinuo	1.36	0.49	
1.2.1.1	Zonas industriales	5.10	1.82	
1.2.2.1	Red vial y territorios asociados	10.40	3.71	
1.2.5	Obras hidráulicas	0.16	0.06	
1.3.2.1	Sitios de disposición de residuos	0.29	0.11	
1.4.1.1	Otras zonas verdes suburbanas	0.54	0.19	
1.4.1.2	Parque cementerio	0.71	0.25	
1.4.1.5	Parques urbanos	0.82	0.29	
1.4.2	Instalaciones recreativas	1.05	0.38	
2.2.1.3	Plátano y banano	4.79	1.71	
2.2.2.1	Otros cultivos permanentes arbustivos	5.40	1.93	

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

COBERTURA MUNICIPIO DE GUADALUPE				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA	%	
2.2.3.3	Cítrico	1.40	0.50	
2.2.5	Cultivos confinados	0.05	0.02	
2.3.1	Pastos limpios	29.65	10.57	
2.3.2	Pastos arbolados	75	26.67	
2.3.3	Pastos enmalezados	15.53	5.54	
2.4.1	Mosaico de cultivos	3.51	1.25	
2.4.5	Mosaico de cultivos y espacios naturales	0.50	0.18	
3.1.4	Bosque de galería y ripario	12.50	4.45	
3.2.1.2	Herbazal abierto	3.29	1.17	
3.2.2.2	Arbustal Abierto	5.83	2.08	
3.2.3	Vegetación Secundaria p en transición	38.28	13.64	
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas	0	0.01	
5.1.1	Ríos	27.40	9.76	
5.1.3	Canales	0	0.03	

Fuente: Geocinc S.A.S.

Se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando los Niveles 3 y 4 de la Metodología CORINE LAND COVER, con los resultados obtenidos como se puede observar que en la cabecera municipal de Guadalupe la unidad de cobertura más representativa corresponde a terrenos agrícolas con un (48,35%), en la cual se identificaron principalmente pastos. Se observa que en segunda posición se encuentran bosques y áreas seminaturales con un 21.36%, siendo vegetación secundaria o transitoria la cobertura con mayor extensión dentro de esta con un área de 13.6 Ha (Ver Ilustración 79).



**Ilustración 79. Porcentaje de ocupación por cobertura para el Municipio de Guadalupe.**  
 Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

La cabecera del municipio de Guadalupe está constituida principalmente por pastos, con un porcentaje del 42.8% del área total su cabecera, el área de este está constituida por 3 coberturas que son pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados, cada uno de estos con un área significativa con respecto a el área de estudio total que es del 10.57%, 26.67% y 5.54% respectivamente; siendo pastos limpios y pastos arbolados usados principalmente para la producción ganadera.

En la cobertura de Zonas industriales podemos encontrar sitios como el Hospital, Colegios, Iglesia, estación de servicio eléctrico, antenas de telecomunicaciones y un centro de diagnóstico automotor. El área ocupada por terrenos agrícolas es la más extensa, estos debido a lo antes ya mencionado (Pastos); los cultivos de pasifloras están empezando a ser implementados en la zona, estos entran en otros cultivos permanentes arbustivos.

La cobertura de vegetación secundaria o en transición que se encuentra, están principalmente constituidas por zonas aledañas a los ríos y que se encuentran en recuperación, o también bosques de galerías o riparios que han sido deforestados y quedan pequeños trazos de estos. En el Anexo 6. MAPAS- GE426-GDP-PSIG-CS-001-00 se presentan el mapa de las coberturas del municipio de Guadalupe. En la Ilustración 80 se presenta la representación gráfica de la cobertura.

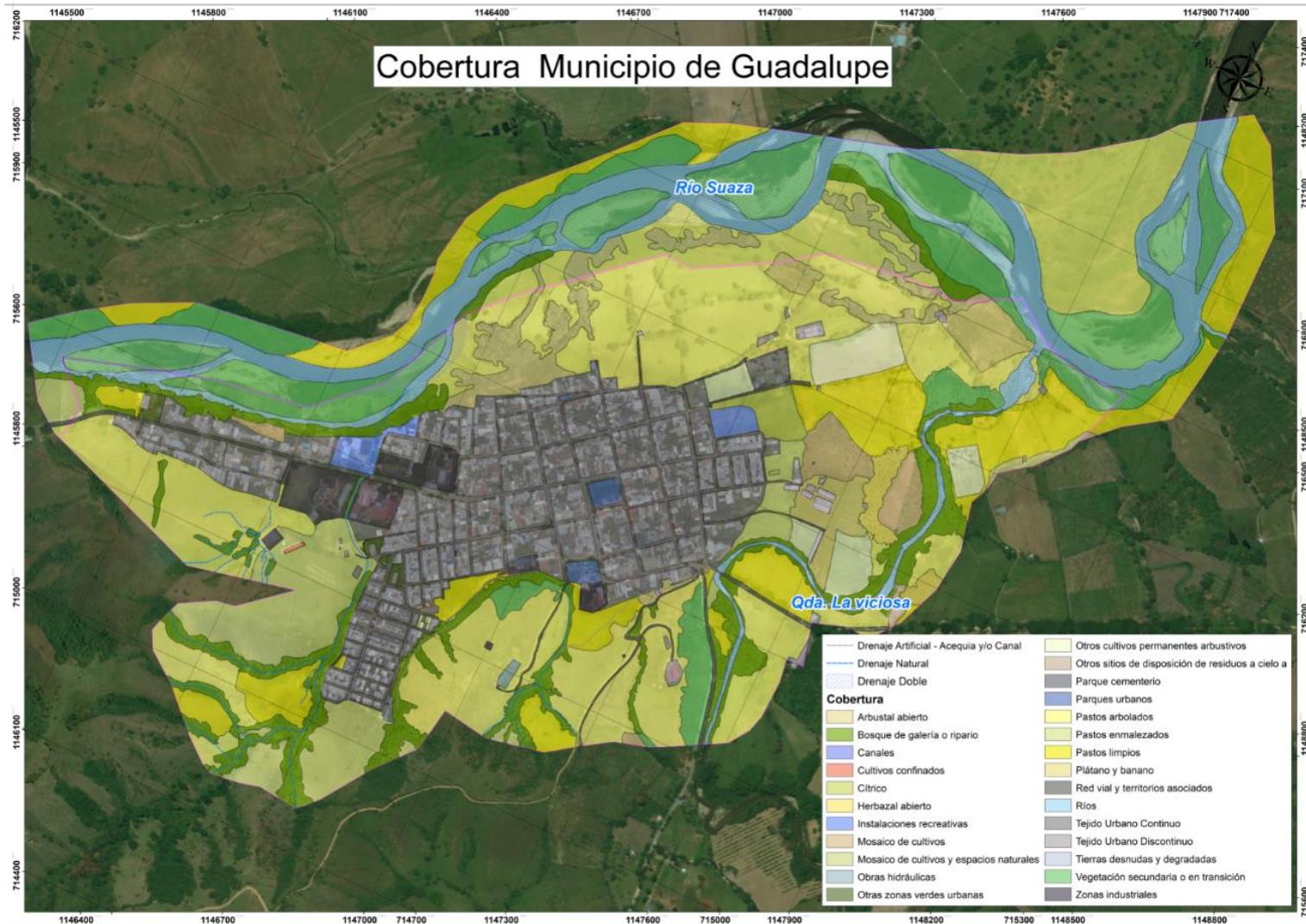


Ilustración 80. Mapa de coberturas del municipio de Guadalupe.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 142 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 10. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

En la Tabla 18 se presenta la información cartográfica que se obtuvo de los archivos del IGAC con el fin de cubrir las cuencas hidrográficas del río Suaza y la Qda La Viciosa en las cuales se identificaron puntos críticos.

**Tabla 18. Información cartográfica en el Municipio de Guadalupe.**

PLANCHA	ESCALA
PL_389_2009	1:100000
PL_388_2008	1:100000
PL_412_2008	1:100000
PL_413_2008	1:100000
389IB_AC_2015_V1	1:25000

**Fuente: Geocinc S.A.S**

De cada cuenca delimitada, se midieron los siguientes parámetros morfométricos, con el propósito de estimar el tiempo de concentración de la cuenca en cada uno de los puntos críticos:

- Área de la cuenca
- Longitud del drenaje principal
- Pendiente media

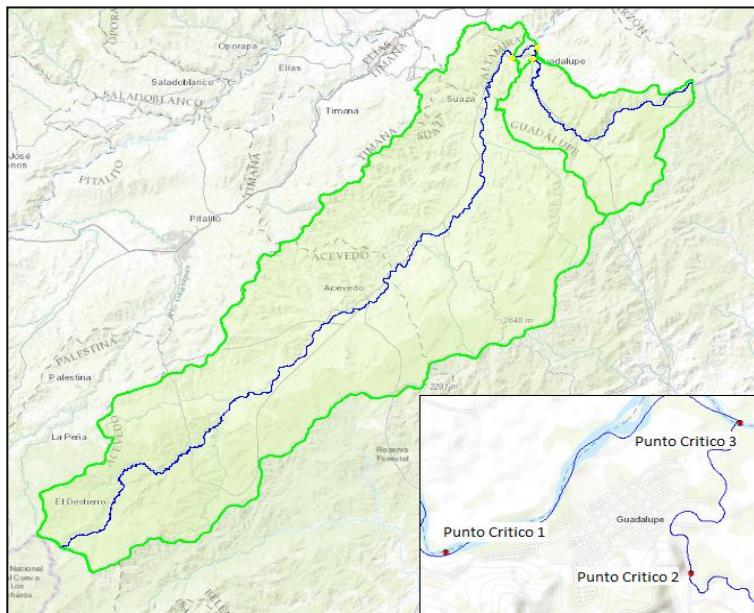
Para el Municipio de Guadalupe, la Ilustración 81 presenta las cuencas delimitadas en cada uno de los puntos críticos estudiados y en la Tabla 19, se reportan los valores de los parámetros medidos con el propósito de estimar el tiempo de concentración de la cuenca.

**Tabla 19. Parámetros morfométricos obtenidos en las cuencas de los puntos críticos del Municipio de Guadalupe.**

Punto Crítico	Corriente	Área (km <sup>2</sup> )	L (m)	S (m/m)
1	Rio Suaza	1018.7	89820.4	0.0184
2	Qda Viciosa	149.1	27406	0.0587
3	Rio Suaza	1172.7	92731.6	0.018

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 81. Cuencas de los puntos críticos identificados en el Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

### 10.1. CLIMATOLOGÍA

El análisis climatológico en una cuenca hidrográfica o a lo largo de una región en particular, como en este caso para el municipio de Guadalupe, permite realizar un primer acercamiento respecto a las características generales de la cuenca o la zona, ya que las condiciones meteorológicas son elementos que determinan tanto aspectos biofísicos como socioeconómicos y culturales. La dinámica climática se evalúa de una manera observacional por medio del análisis de las denominadas variables climatológicas, dependiendo de los sistemas de medición determinados para cada una de las variables, y de la escala temporal (horaria, diaria, mensual, etc.), estableciendo una serie de registro de datos que permiten estimar los valores medios y las condiciones extremas de las mismas. La precipitación, la evaporación, las temperaturas medias, máximas y mínimas, la humedad relativa y el brillo solar, son las variables de mayor representatividad, y su análisis y descripción permite generar una apropiada caracterización climática en una cuenca hidrográfica o en una región en particular.

Se buscó describir el comportamiento de las principales variables que describen el clima, tales como: precipitación total anual (mm); temperatura media anual ( $^{\circ}\text{C}$ ); evaporación total multianual (mm), humedad relativa media anual (%); brillo solar medio anual (horas) punto de rocío media ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Algunos valores medios de las variables se reportan con base en los registros de las estaciones más cercanas al casco urbano del municipio, aunque también se

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

muestra su variación espacial cuando el nivel de información lo permitió. La Tabla 20 relaciona las estaciones más cercanas al casco urbano del municipio de Guadalupe.

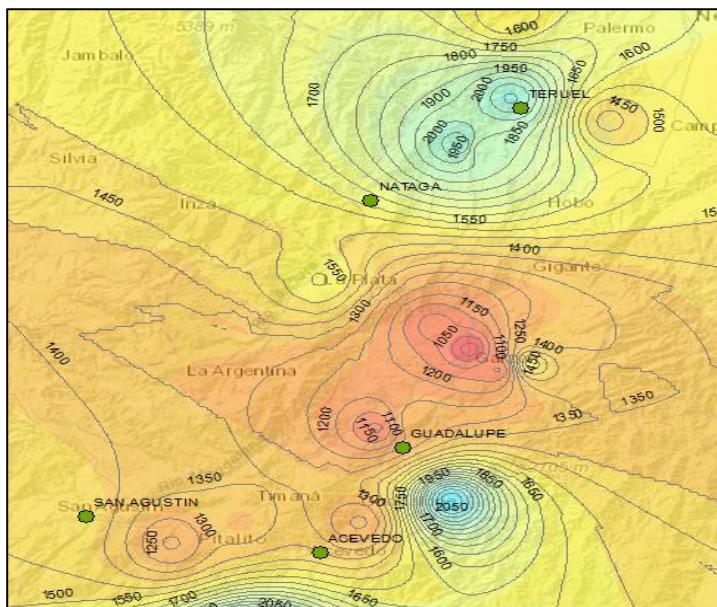
**Tabla 20. Estaciones representativas por municipio (casco urbano).**

Municipio	Elevación Municipio(msnm)	Distancia municipio a estación	Nombre estación	Elevación Estación (msnm)	Municipio estación	Coordenadas estación	
						Latitud (N)	Longitud (O)
Guadalupe	890	6.7 km	Altamira el Grifo	1368	Altamira	2°4'45"	75°44'10.4"

Fuente: Geocinc S.A.S.

### 10.1.1 Precipitaciones

La precipitación anual total en el municipio corresponde a 1270 mm, como se observa en la anterior tabla, el municipio de Guadalupe presenta una precipitación anual de 1270 mm. La Ilustración 82 presenta con mayor detalle la distribución espacial de la precipitación anual total.



**Ilustración 82. Distribución espacial de la Precipitación Anual Total (isoyetas de precipitación).**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

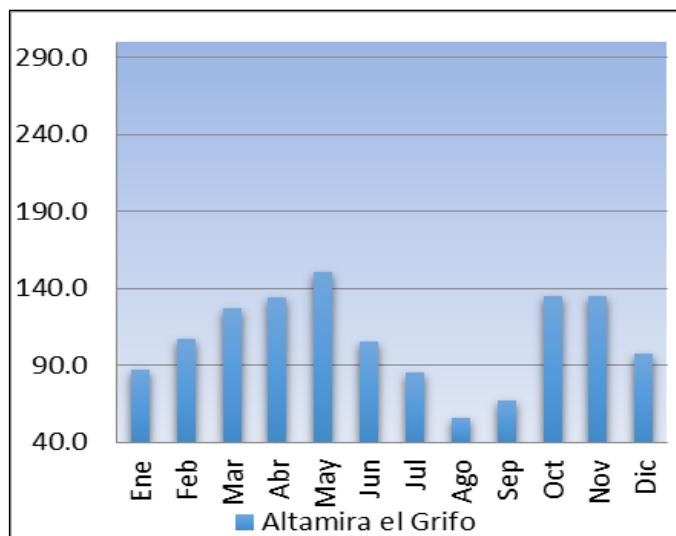
En la Tabla 20 se muestra la variación temporal de la lluvia a nivel mensual, cuyo comportamiento se muestra en la Ilustración 83. Como se observa, la distribución temporal de la precipitación a lo largo del año es de tipo bimodal; es decir, se presenta al inicio y a mediados del año períodos secos y en medio de ellos se presentan períodos húmedos.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 21. Valores de Precipitación Mensual.**

<b>Municipio</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Precipitación media mensual (mm)</b>											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Guadalupe	Altamira el Grifo	86.8	107.1	127.4	134.2	150.3	105	85.2	56.1	67	134.5	135.2	97.6

Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 83. Distribución media mensual de precipitación (mm).**  
Fuente: Geocing S.A.S.

Como se observa en la Ilustración 83. Se caracteriza por tener un comportamiento bimodal con dos periodos de lluvias, el primero entre los meses de marzo y mayo, el segundo periodo de lluvias se presenta entre los meses de octubre a noviembre. Los periodos secos se presentan principalmente entre junio y septiembre, y el segundo periodo menos intenso en enero y febrero. En este municipio los picos de precipitación son altos así mismo los periodos secos presentan muy poca precipitación en el mes teniendo una gran diferencia entre los periodos de lluvia y los periodos secos.

#### **10.1.2 Temperatura**

La altitud del municipio condiciona el valor y la diferencia de temperatura. Guadalupe se encuentra a una altura de 890 msnm. La temperatura promedio anual en el municipio corresponde a 21.4 °C. La distribución espacial de la temperatura media anual se observa en la Ilustración 84, mediante isotermas que se establecieron con base en la información de las estaciones con información climatológica en la zona de estudio.

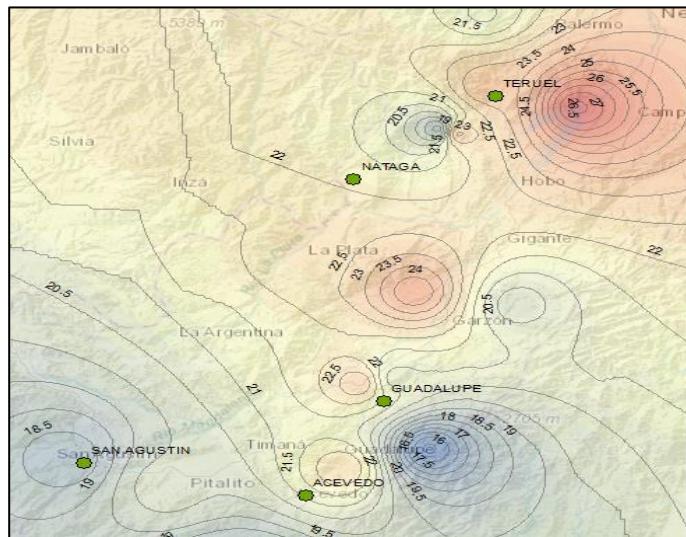


Ilustración 84. Distribución espacial de la Temperatura media mensual (Isoterma).  
Fuente: Geocing S.A.S.

La variación temporal de la temperatura a lo largo del año se presenta en la Tabla 21 su comportamiento se puede examinar en la Ilustración 85. Se observa que la temperatura media no tiene una correlación directa con los cambios de precipitación.

Tabla 22. Valores Medios de Temperatura Mensual.

Municipio	Estaciones	Temperatura (°C)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Guadalupe	Altamira el Grifo	21.6	21.6	21.1	21	20.6	20.1	19.8	20.2	20.9	21.2	21	21.1

Fuente: Geocing S.A.S.

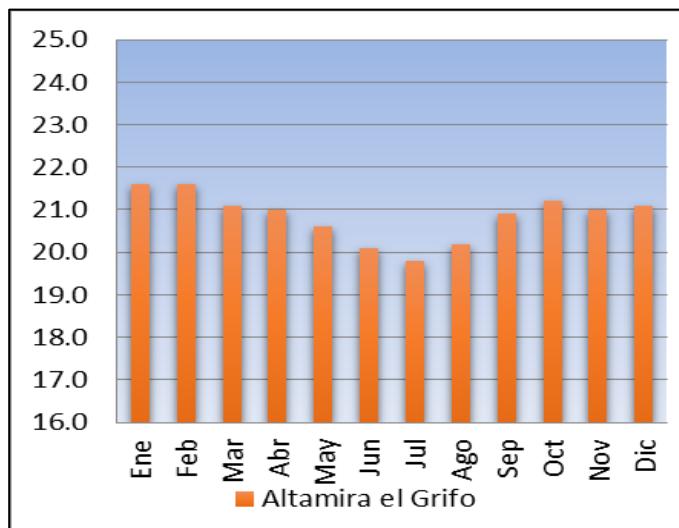


Ilustración 85. Distribución Temperatura media mensual.

### 10.1.3 Evaporación

La Evaporación Total anual de Guadalupe se encuentra 1175 mm; la variación espacial de la evaporación, la cual presenta una correlación muy directa con el comportamiento de la temperatura (Ver Ilustración 85); mientras mayor sea la temperatura media, mayor es la evaporación. De esta manera se observa, hacia el sur en la cuenca alta del río suaza se presenta la menor evaporación de la zona mientras que hacia el norte en inmediaciones a la represa de Betania se encuentra la mayor evaporación.

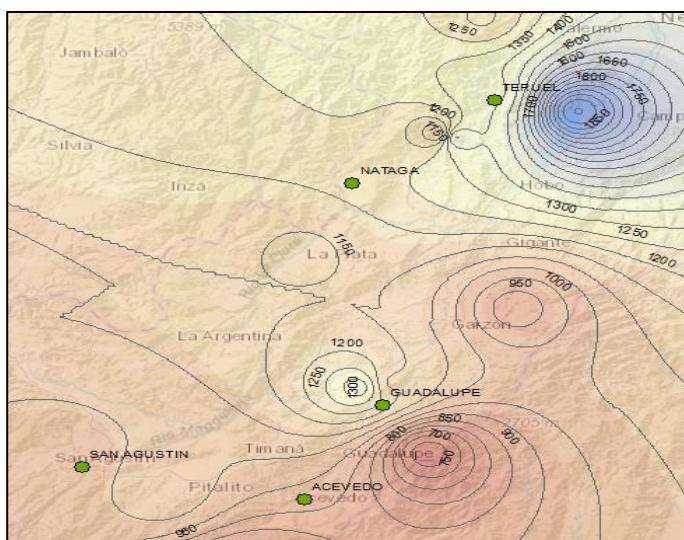


Ilustración 86. Distribución espacial de la Evaporación Anual Total en mm.  
Fuente: Geocing S.A.S.

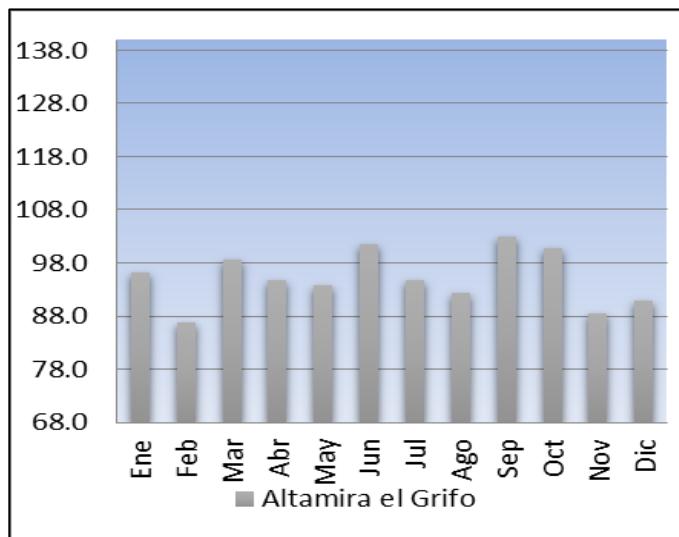
En la Tabla 23 se presenta la variación temporal a lo largo del año mediante los valores medios mensuales y la Ilustración 87 muestra su comportamiento.

Tabla 23. Valores Totales de Evaporación Mensual.

Municipio	Estaciones	Evaporación (mms)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Guadalupe	Altamira el Grifo	96.3	86.8	98.5	94.7	93.8	101.5	94.7	92.4	102.9	100.8	88.6	90.8

Fuente: Geocing S.A.S.

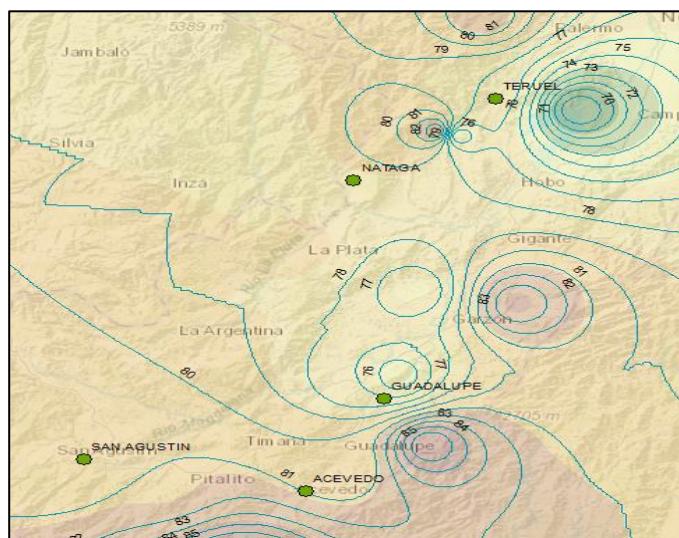
La distribución temporal de la evaporación mensual está inversamente relacionada con la distribución de precipitación, y directamente relaciona con la temperatura promedio mensual; ya que cuando comienza a aumentar la precipitación, la evaporación desciende y en caso contrario, la evaporación aumenta. La distribución temporal de la evaporación a lo largo del año se caracteriza por ser bimodal con un comportamiento inverso de la distribución de la precipitación.



**Ilustración 87. Distribución evaporación media mensual.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

#### 10.1.4 Humedad relativa

Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a temperatura ambiente. La Humedad relativa media anual en el municipio de Guadalupe corresponde a 77.2% En la Ilustración 88 muestra la variación espacial de la humedad relativa media anual. Hacia el norte se presenta la menor humedad relativa y hacia el sur se presenta el mayor porcentaje de humedad. .



**Ilustración 88. Distribución espacial de la Humedad Relativa (%) Anual.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S.	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

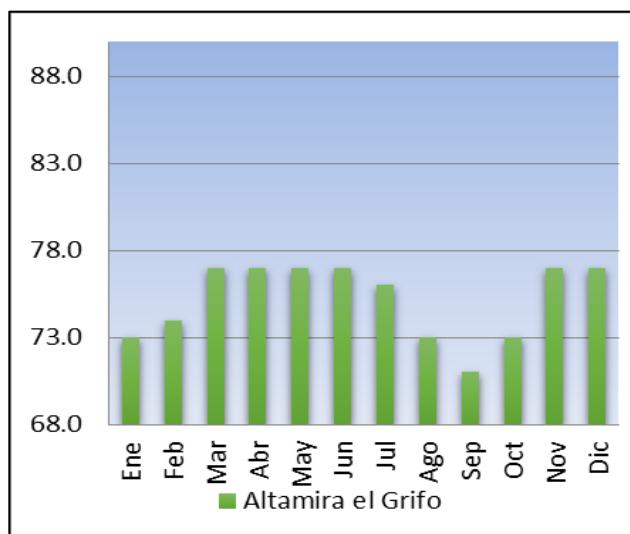
En la Tabla 24 presenta la variación temporal de la humedad relativa a lo largo del año y la Ilustración 89 muestra su comportamiento. De lo anterior, se observa que los registros de humedad relativa tienden a ser directamente proporcionales a la distribución de la precipitación, y tienen una relación inversa con la temperatura; a mayor temperatura menor humedad relativa y a menor temperatura mayor humedad relativa.

**Tabla 24. Valores Medios mensuales de Humedad Relativa.**

<b>Humedad Relativa (%)</b>														
<b>Municipio</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
Guadalupe	Altamira el Grifo	73	74	77	77	77	77	76	73	71	73	77	77	77

Fuente: Geocinc S.A.S.

Para el municipio de Guadalupe que se encuentran al Sur de la zona de estudio representadas por la estación de Altamira el Grifo; se caracteriza por tener un comportamiento bimodal con dos periodos de humedad relativa intensos, el primero entre los meses de marzo y junio, el segundo periodo de humedad alto se presenta entre los meses de noviembre a diciembre. Por otra parte, se presenta principalmente en agosto y septiembre un porcentaje de humedad relativa bajo. En este municipio la diferencia entre los períodos de humedad relativa alta y baja son significativos tal cual pasa en los registros de precipitación de los mismos.



**Ilustración 89. Distribución Humedad relativa.**  
 Fuente: Geocinc S.A.S.

### 10.1.5 Brillo solar

El brillo solar indica las horas de sol efectivo en el día, el municipio de Guadalupe tiene 1575 horas de sol, en la Ilustración 90 muestra la distribución espacial del brillo solar en el área de estudio. En el sur oriente en la zona montañosa los registros de brillo solar son menores que hacia el resto del territorio especialmente en la zona baja por donde transita el río Suaza y en inmediaciones de la represa de Betania.

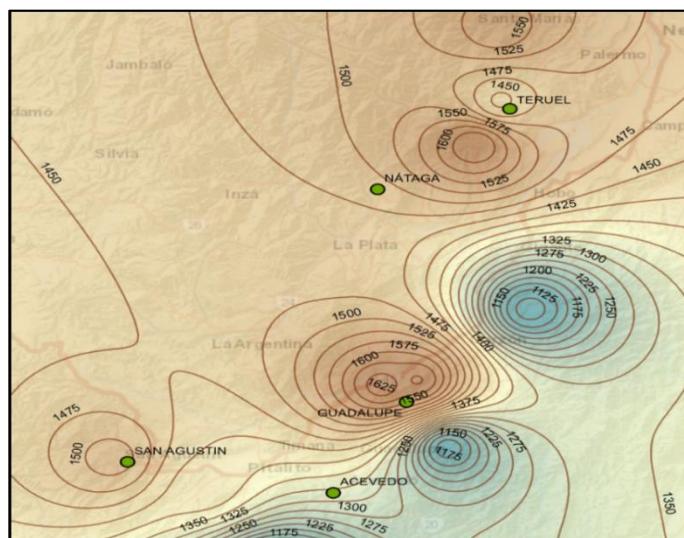


Ilustración 90. Distribución espacial de la Brillo solar Anual.  
Fuente: Geocing S.A.S.

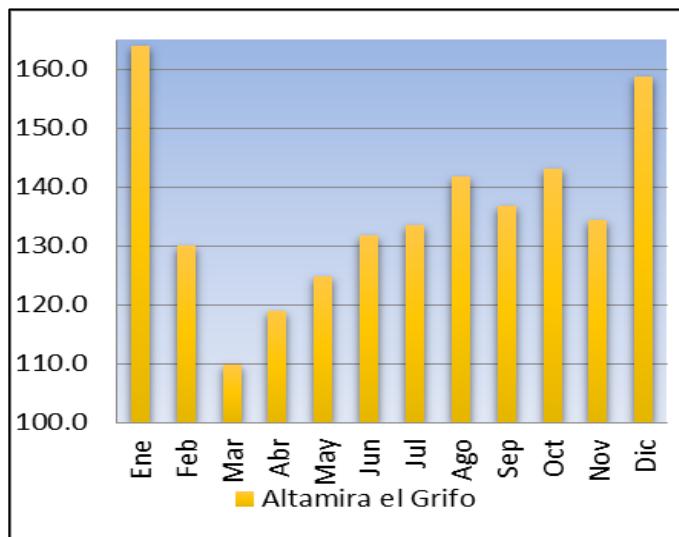
La Tabla 25 y la Ilustración 91 muestran la variación temporal del brillo solar en el año.

Tabla 25. Valores Medios mensuales de Brillo Solar.

Municipio	Estaciones	Brillo Solar (Horas)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Guadalupe	Altamira el Grifo	163.9	130.1	109.7	118.9	124.8	131.8	133.5	141.7	136.8	143.1	134.3	158.7

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

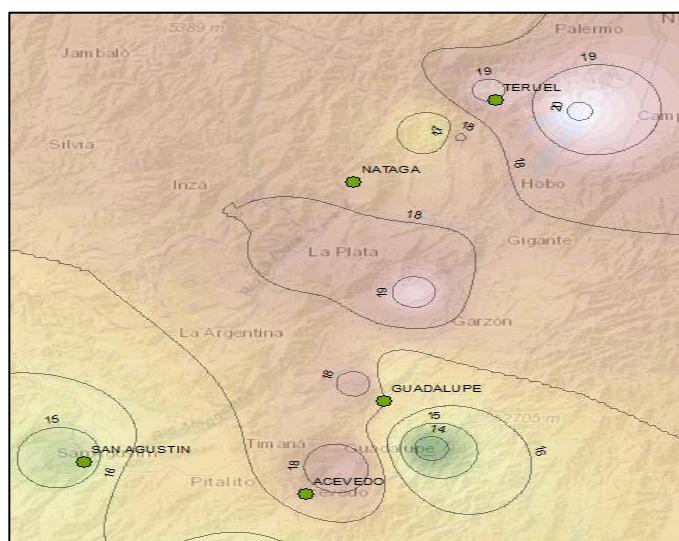


**Ilustración 91. Distribución Brillo solar media mensual.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

Como se observa en la Ilustración 91, en los meses de diciembre y enero se presenta la mayor exposición al brillo solar, y en los meses de marzo y abril la menor cantidad de horas de brillo solar.

#### **10.1.6 Punto de Rocío**

Se define como la temperatura a partir de la cual empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire produciendo rocío, neblina, o en el caso de que la temperatura sea inferior a 0°C, escarcha. En el municipio de Guadalupe el punto de rocío varía corresponde a 17.0° C. Ver ilustración 93.



**Ilustración 92. Distribución espacial del Punto de Rocío medio Anual (°C).**  
**Fuente:**Geocing SAS.

 <b>CAM</b> <small>¡Cuida tu naturaleza!</small>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 10.2. TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS

Para la cuenca delimitada, se obtuvo el tiempo de concentración utilizando los criterios de Kirpich, US Army, Kerby y SCS los cuales se pueden expresar como sigue:

Criterio de Kirpich:

$$T_c = 0.066 \frac{L^{1.155}}{H^{0.385}}$$

Dónde:

Tc: tiempo de concentración en horas.

L: longitud del cauce principal en Km.

H: desnivel total del cauce principal en Km.

Criterio del US Army:

$$Tc = \frac{0.707(1.1 - C) L^{0.5}}{S^{\frac{1}{3}}}$$

Dónde:

Tc.- tiempo de concentración en min.

C.- coeficiente de escorrentía.

L.- longitud del cauce principal en m.

S.- pendiente media del cauce principal en m/m.

Criterio de Kerby:

$$Tc = 1.44 \left( \frac{L \text{ m}}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{0.467}$$

Dónde:

Tc.- tiempo de concentración en min.

m.- coeficiente que depende de la superficie.

L.- longitud del cauce principal en m.

S.- pendiente media del cauce principal en m/m.

El valor de los coeficientes C, m y a se obtuvieron de la observación de la cobertura y uso del suelo general de cada cuenca, en el visualizador geográfico Google Earth de uso libre.

Según lo anterior, la siguiente Tabla 26 presentan el valor de los coeficientes utilizados y el resultado obtenido para cada uno de los criterios expresados atrás;

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

en la última columna se presenta el valor del tiempo de concentración adoptado, el cual corresponde al promedio de los valores que resultaron similares.

**Tabla 26. Estimación de los tiempos de concentración de las cuencas de los puntos críticos.**

Punto Crítico	C	m	a	Kirpich	Kerby	US FAA	SCS	Tc (h)
1	0.35	0.45	1.6	9.8	8.6	10	114.9	9.5
2	0.35	0.45	1.6	2.5	3.8	3.8	19.6	3.4
3	0.35	0.45	1.6	10.1	8.8	10.3	120.1	9.7

Fuente: Geocinc S.A.S.

### 10.3. ESTACIONES CERCANAS AL MUNICIPIO DE GUADALUPE

De otra parte, en los archivos del IDEAM se buscaron las estaciones con información disponible de registros de caudal en las corrientes a estudiar o en su defecto, las estaciones con información de precipitación en las cuencas de las mismas o en su alrededor. La información anterior, se complementó con la búsqueda de las estaciones climatológicas existentes. Las tablas que a continuación se presentan, relacionan las estaciones de las cuales se solicitó la información ante el IDEAM.

**Tabla 27. Información hidrometeorológica en el Municipio de Guadalupe.**

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	MUNICIPIO
21030110	SAN ANTONIO	PM	GARZÓN
21025020	ALTAMIRA	CO	ALTAMIRA
21025030	ALTAMIRA EL GRIFO	CO	ALTAMIRA
21040050	TARQUI	PM	TARQUI
21020040	VISO EL	PM	ELÍAS
21030050	GUADALUPE	PM	GUADALUPE
21035020	RESINA	CO	GUADALUPE
21010240	VILLALOBOS TV	PM	PITALITO
21035030	CUEVA LOS GUACHARO	CO	ACEVEDO
21010180	TABOR EL	PM	PALESTINA
21010210	MONTECRISTO	PM	PITALITO
21010100	PALESTINA	PM	PALESTINA
21015070	LOS GUACHAROS	CP	PALESTINA
21015010	PITALITO	CO	PITALITO
21010110	INSFOPAL	PM	PITALITO
21035040	LIBANO EL	CO	SUAZA
21020050	PTE SALADOBLANC	PM	ELÍAS
21015020	SEVILLA	CO	PITALITO
44040020	BELEN DE ANDAQUIES	PM	BELÉN DE LOS ANDAQUÍES (CAQUETÁ)

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 10.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA

El comportamiento de la precipitación máxima en 24 horas, se estudió en cada una de las estaciones recopiladas, realizando un análisis de frecuencia de las series anuales, de manera tal que se pudiese establecer la función de distribución de probabilidades que mejor se ajuste a los registros.

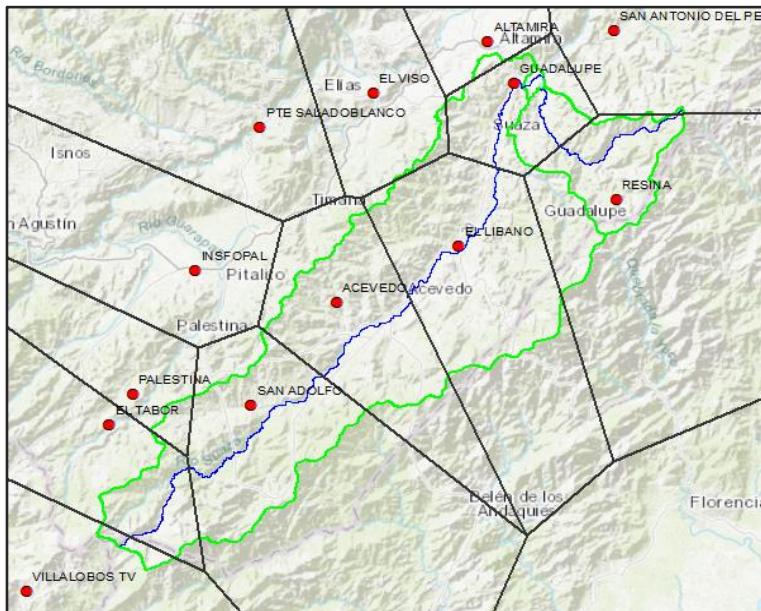
En todas las estaciones, las series anuales de precipitación máxima en 24 horas se ajustaron a funciones de distribución de probabilidades Gumbel Tipo I, Normal y Log Normal.

Con el propósito de establecer la distribución de probabilidad que mejor representa las series de datos, se utilizó el criterio de Kolmogorov – Smirnov en el cual se estableció la desviación máxima entre el histograma de la serie y la función de distribución de probabilidades sometida a la prueba y se comparó con el estadígrafo crítico de la prueba.

En todos los casos se obtuvo que cualquiera de las distribuciones ensayadas podría representar el comportamiento de la precipitación máxima en 24 horas; por lo tanto, para efecto de este estudio, se seleccionó como representativa, la función que presentara la menor desviación. De esta manera con base en la función de distribución de probabilidades seleccionada, se estimó la precipitación máxima en 24 horas esperada para los períodos de retorno 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

### 10.4.1 Análisis de Precipitación Máxima y Curvas PDF e IDF

De acuerdo con la técnica de los polígonos de Thiessen, se estableció que las estaciones representativas en las cuencas delimitadas en cada sitio crítico, corresponden a las estaciones; San Adolfo, Acevedo, El Líbano, Villalobos tv, El Tabor, Palestina, El Viso, Altamira, Guadalupe, San Antonio del Pescado y Resina cuya información básica se presenta en la Tabla 28 hasta la Tabla 37. En la Ilustración 93 se puede observar la ubicación de las estaciones empleadas para el análisis.



**Ilustración 93. Localización de las estaciones representativas respecto a las cuencas bajo estudio en el municipio de Guadalupe- Polígonos de Thiessen.**

Fuente: Geocing S.A.S.

Con base en los registros recopilados de las estaciones mencionadas, se establecieron las series anuales de precipitación máxima en 24 horas; como los puntos críticos del municipio de Guadalupe se ubican sobre el río Suaza aguas abajo del municipio de Acevedo; se utilizan las mismas estaciones que este municipio.

**Tabla 28. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación San Adolfo.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1999	77
2000	58.5
2001	80.4
2002	73.9
2003	65.1
2004	93.1
2005	62
2006	73.2
2007	83.1
2008	130
2009	119.5
2010	75
2011	40
2012	59
2013	85
2014	87
2015	50
2016	26
2017	90

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 29. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Acevedo.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1998	100
1999	70
2000	95
2001	60
2002	72
2003	60
2004	60
2006	43
2007	80
2008	80
2009	42
2010	41
2011	49
2013	68
2014	40
2015	56
2016	75
2017	75

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 30. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Libano.**

AR	P <sub>max24h</sub> (mm)
1986	48.4
1989	63
1990	88.5
1991	36.4
1992	36.6
1993	88.1
1995	45.1
1996	82.1
1998	41.6
1999	45.3
2000	56.7
2001	45.6
2002	120.9
2003	28.7
2004	63.5
2005	48.8
2006	40.6
AR	P <sub>max24h</sub> (mm)
2007	39.9
2008	74
2009	58.6
2010	47.8
2011	46.1
2012	74.3
2013	85.8
2015	43.6

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 31. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Palestina.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1989	70
1991	120
1992	35
1993	45
1994	60
1995	50
1996	71
1997	66
1998	60
1999	60
2000	58
2001	50
2002	50
2003	70
2004	57
2005	69
2006	50
Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
2007	50
2008	70
2009	70
2010	100
2011	54
2013	112
2015	35
2016	80

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 32. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Tabor.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
2001	53
2002	50.3
2003	90
2004	50
2005	65
2006	89
2007	68
2008	90
2009	50
2010	90
2011	76
2012	69
2013	55
2014	83
2015	37
2016	76

**Tabla 33. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Villalobos Tv.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1982	66
1983	80
1984	58
1987	55.2
1989	46.5
1990	57
1991	69
1992	80
1993	46.8
1994	52
1995	37
1997	53.3
1998	80
1999	91
2000	71.5
2002	46.1

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 34. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Viso.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1989	42
1990	41
1991	120
1992	90
1993	85
1994	59
1995	47
1996	39
1997	35
1998	101
1999	39
2000	71
2001	57
2002	88
2003	87
2004	78
2005	105
2006	72
2007	39

**Tabla 35. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Altamira.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1972	49.2
1973	83
1974	61.9
1976	96.9
1977	80.5
1978	35.5
1981	37.6
1982	73.4
1983	53.3
1984	60.5
1985	43
1986	74.5
1987	59
1988	133.2
1989	47.2
1990	44.8
1991	80.6
1992	50.8
1993	53.6

Fuente: Geocinc S.A.S

**Tabla 36. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Guadalupe.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1992	50
1993	65
1994	80
1995	70
1996	60
1997	35
1998	125
1999	80
2000	60
2001	75
2002	70
2003	60
2004	60
2005	115
2006	120
2007	60
2008	75
2009	90
2010	85
2011	60
2012	90
2013	50
2014	50
2015	70
2016	30

**Tabla 37. Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación San Antonio del Pescado.**

Año	P <sub>max24h</sub> (mm)
1992	55
1993	87
1994	92
1995	75
1996	95
1997	45
1998	115
1999	105
2000	63
2001	80
2002	120
2003	100
2004	50
2005	110
2006	70
2007	53
2008	75
2009	90
2010	50
2011	60
2012	55
2013	90
2014	80
2015	65
2016	71

Fuente: Geocinc S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 158 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Cada serie se ajustó a las funciones de distribución de probabilidad Gumbel Tipo I, Log Normal y Normal; obteniendo los resultados que se muestran en el Anexo 3. Donde se presentan para cada punto de estudio anteriormente mostrado.

De acuerdo con el criterio de Kolmogorov – Smirnov, la función que mejor ajusta los registros de la estaciones San Adolfo y Palestina es la Normal; mientras que la función Gumbel Tipo I es la que mejor ajusta la estaciones El Líbano, Villalobos tv, El Tabor y Acevedo. De acuerdo con lo anterior, se utilizaron las distribuciones seleccionadas para estimar las precipitaciones máximas en 24 horas para los períodos de retorno entre 2.33 y 1000 años. Los resultados se presentan en las Tabla 38 a la Tabla 42.

**Tabla 38. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación San Adolfo.**

Tr	P <sub>max24h</sub>
2.33	79.5
5	95.9
10	106.8
15	112.2
25	118.3
50	125.8
100	132.5
200	138.7
500	146.1
1000	151.4

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 39. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Acevedo.**

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	67.6
5	84.9
10	99.0
15	106.9
25	116.8
50	130.0
100	143.1
200	156.1
500	173.3
1000	186.4

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 40. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Libano.**

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	60.7
5	79.0
10	94.0
15	102.4
25	112.9
50	126.9
100	140.8
200	154.6
500	172.9
1000	186.7

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 41. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Palestina.**

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	57.3
5	73.4
10	84.2
15	89.5
25	95.6
50	103.0
100	109.6
200	115.7
500	123.0
1000	128.2

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 42. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Tabor.**

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 159 de 437

**Tabla 43. Precipitación Máxima en 24 horas**

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

estimada en la Estación Villalobos tv.

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	66.3
5	78.7
25	101.6
50	111.0
100	120.4
200	129.8
500	142.1
1000	151.4

**Tabla 44. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Viso.**

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	62.8
5	76.6
25	102.1
50	112.6
100	123.1
200	133.5
500	147.3
1000	157.7

**Tabla 45. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Altamira.**

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	65.3
5	84.7
10	100.6
15	109.5
25	120.6
50	135.5
100	150.2
200	164.9
500	184.3
1000	198.9

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 46. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Guadalupe.**

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	72.8
5	93.0
10	109.5
15	118.8
25	130.3
50	145.7
100	161.2
200	176.8
500	197.8
1000	213.9

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 47. Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación San Antonio del pescado.**

Tr	P <sub>max24h</sub> (mm)
2.33	80.0
5	93.1
10	101.8
15	106.2
25	111.1
50	117.1
100	122.5
200	127.4
500	133.4
1000	137.6

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> ¡Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

#### 10.4.2 Curvas PDF e IDF de las estaciones representativas

Con base en los estimativos de precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno, se construyeron las curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) y las correspondientes a las de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) en cada estación. Para lo anterior, se partió de los resultados encontrados por diversos investigadores como: B.M. Reich, D.M. Hershfield, L.L. Weiss y W.T. Wilson<sup>4</sup> que han encontrado que las relaciones duración – lluvia obtenidas en Estados Unidos y otros países, pueden ser aplicadas en otras regiones del mundo, cuyas localizaciones y climas son muy variados.

El Departamento Meteorológico de los Estados Unidos (U.S. Weather Bureau) y otros estudios realizados, han concluido que: “La lluvia de  $t$  minutos de duración tiene un cociente o relación estable con la lluvia de una hora y mismo período de retorno”; al respecto, F.C. Bell reporta las siguientes relaciones para duraciones cortas, indicando que tales cocientes son independientes del período de retorno.

Tabla 48. Relaciones de lluvias cortas respecto a su duración.

DURACIONES, EN MINUTOS						
5	10	15	30	45	60	120
0.30	0.45	0.57	0.79	0.91	1.00	1.25

Fuente: F.C.Bell.

De otra parte, D.M. Hershfield y W.T. Wilson establecieron las siguientes relaciones entre la lluvia de 1 hora y la de 24 horas, cubriendo una amplia variedad de climas del mundo:

Tabla 49. Relaciones entre duración de lluvias cortas.

Número medio de días con lluvia al año.	1	8	16	24	
Relación entre la lluvia de 1 hora y 24 horas.	0.2	0	0.30	0.40	0.50

Fuente: D.M. Hershfield.

Aplicando la metodología expuesta atrás, se establecieron las curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) y sus correspondientes de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). La metodología se aplicó para cada una de las estaciones representativas que corresponden a las cuencas del municipio de Guadalupe, obteniendo los resultados que se presentan en (ver

<sup>4</sup> A.C. Goswami. "Short Duration Rainfall Depth-Duration-Frequency Map of India". Proceedings of the Second International Symposium in Hydrology. Fort Collins, Colorado, USA 1972.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Tabla 50 a la Tabla 61) y (ver Tabla 62 a la Tabla 71). (Intensidad en mm/h.  
Precipitación en mm)

**Tabla 50. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación San Adolfo.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	10.1	18.5	23.5	31.9	36.9	40.4	48.8	79.1
5	12.1	22.3	28.3	38.5	44.4	48.7	58.9	95.4
10	13.5	24.8	31.5	42.8	49.5	54.2	65.5	106.2
15	14.2	26.1	33.1	45.0	52.0	56.9	68.9	111.6
25	15.0	27.5	34.9	47.5	54.8	60.1	72.6	117.7
50	15.9	29.3	37.1	50.5	58.3	63.8	77.2	125.2
100	16.8	30.8	39.1	53.2	61.4	67.3	81.3	131.8
200	17.5	32.3	40.9	55.6	64.3	70.4	85.1	138.0
500	18.5	34.0	43.1	58.6	67.7	74.2	89.7	145.4
1000	19.1	35.2	44.6	60.7	70.1	76.8	92.9	150.6

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 51. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación San Adolfo.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	120.7	111.1	93.8	63.8	49.2	40.4	24.4	3.3
5	145.5	133.9	113.1	77.0	59.3	48.7	29.4	4.0
10	162.0	149.1	125.9	85.7	66.0	54.2	32.8	4.4
15	170.2	156.7	132.3	90.0	69.3	56.9	34.4	4.6
25	179.6	165.3	139.6	95.0	73.1	60.1	36.3	4.9
50	190.9	175.7	148.4	101.0	77.7	63.8	38.6	5.2
100	201.1	185.1	156.3	106.3	81.9	67.3	40.7	5.5
200	210.5	193.7	163.6	111.3	85.7	70.4	42.6	5.7
500	221.8	204.1	172.4	117.3	90.3	74.2	44.9	6.1
1000	229.7	211.4	178.6	121.5	93.5	76.8	46.5	6.3

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 52. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Acevedo.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	8.5	15.7	19.9	27.1	31.3	34.3	41.5	67.2
5	10.7	19.8	25.0	34.1	39.3	43.1	52.1	84.4
10	12.5	23.0	29.2	39.7	45.9	50.2	60.7	98.5
15	13.5	24.9	31.5	42.9	49.5	54.3	65.6	106.4

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 162 de 437

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
25	14.8	27.2	34.4	46.8	54.1	59.3	71.7	116.2
50	16.4	30.2	38.3	52.1	60.2	66.0	79.8	129.3
100	18.1	33.3	42.2	57.4	66.3	72.6	87.8	142.3
200	19.7	36.3	46.0	62.6	72.3	79.2	95.8	155.3
500	21.9	40.3	51.1	69.6	80.3	88.0	106.4	172.5
1000	23.6	43.4	55.0	74.8	86.4	94.6	114.4	185.4

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 53. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Acevedo.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	102.6	94.4	79.7	54.2	41.8	34.3	20.7	2.8
5	128.8	118.5	100.1	68.1	52.4	43.1	26.0	3.5
10	150.2	138.2	116.7	79.4	61.1	50.2	30.4	4.1
15	162.2	149.3	126.1	85.8	66.1	54.3	32.8	4.4
25	177.2	163.1	137.7	93.7	72.1	59.3	35.8	4.8
50	197.2	181.5	153.3	104.3	80.3	66.0	39.9	5.4
100	217.1	199.8	168.8	114.8	88.4	72.6	43.9	5.9
200	236.9	218.0	184.2	125.3	96.5	79.2	47.9	6.5
500	263.1	242.1	204.5	139.1	107.1	88.0	53.2	7.2
1000	282.8	260.3	219.9	149.6	115.2	94.6	57.2	7.7

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 54. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Libano.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	7.7	14.1	17.9	24.3	28.1	30.8	37.2	60.4
5	10.0	18.4	23.3	31.7	36.6	40.1	48.5	78.6
10	11.9	21.9	27.7	37.7	43.5	47.7	57.7	93.5
15	12.9	23.8	30.2	41.1	47.5	52.0	62.9	101.9
25	14.3	26.3	33.3	45.3	52.3	57.3	69.3	112.3
50	16.0	29.5	37.4	50.9	58.8	64.4	77.9	126.2
100	17.8	32.8	41.5	56.5	65.2	71.4	86.4	140.1
200	19.6	36.0	45.6	62.0	71.7	78.5	94.9	153.8
500	21.9	40.2	51.0	69.4	80.1	87.8	106.1	172.0
1000	23.6	43.5	55.1	74.9	86.5	94.8	114.6	185.8

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 55. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Líbano.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	92.1	84.7	71.6	48.7	37.5	30.8	18.6	2.5
5	119.9	110.3	93.2	63.4	48.8	40.1	24.3	3.3
10	142.6	131.2	110.9	75.4	58.1	47.7	28.8	3.9
15	155.4	143.0	120.8	82.2	63.3	52.0	31.4	4.2
25	171.3	157.6	133.1	90.6	69.7	57.3	34.6	4.7
50	192.5	177.2	149.7	101.8	78.4	64.4	38.9	5.3
100	213.6	196.6	166.1	113.0	87.0	71.4	43.2	5.8
200	234.7	216.0	182.4	124.1	95.5	78.5	47.5	6.4
500	262.4	241.5	204.0	138.8	106.8	87.8	53.1	7.2
1000	283.4	260.8	220.3	149.8	115.4	94.8	57.3	7.7

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 56. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Palestina.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	7.2	13.3	16.9	23.0	26.6	29.1	35.2	57.0
5	9.3	17.1	21.7	29.5	34.0	37.3	45.1	73.1
10	10.6	19.6	24.8	33.8	39.0	42.7	51.7	83.7
15	11.3	20.8	26.4	35.9	41.5	45.4	54.9	89.0
25	12.1	22.2	28.2	38.3	44.3	48.5	58.7	95.1
50	13.0	24.0	30.4	41.3	47.7	52.3	63.2	102.4
100	13.9	25.5	32.3	44.0	50.8	55.6	67.3	109.0
200	14.6	26.9	34.1	46.4	53.6	58.7	71.0	115.1
500	15.6	28.6	36.3	49.4	57.0	62.4	75.5	122.4
1000	16.2	29.8	37.8	51.4	59.4	65.1	78.7	127.5

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 57. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Palestina.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	87.0	80.0	67.6	46.0	35.4	29.1	17.6	2.4
5	111.5	102.6	86.6	58.9	45.4	37.3	22.5	3.0
10	127.7	117.5	99.3	67.5	52.0	42.7	25.8	3.5
15	135.8	125.0	105.6	71.8	55.3	45.4	27.5	3.7
25	145.0	133.5	112.8	76.7	59.1	48.5	29.3	4.0
50	156.2	143.8	121.5	82.6	63.6	52.3	31.6	4.3

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
100	166.3	153.1	129.3	87.9	67.7	55.6	33.6	4.5
200	175.5	161.5	136.5	92.8	71.5	58.7	35.5	4.8
500	186.7	171.8	145.1	98.7	76.0	62.4	37.8	5.1
1000	194.5	179.0	151.2	102.9	79.2	65.1	39.3	5.3

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 58. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Tabor.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	8.4	15.4	19.6	26.6	30.7	33.7	40.7	66.0
5	10.0	18.3	23.2	31.6	36.5	40.0	48.3	78.3
10	11.2	20.7	26.2	35.6	41.2	45.1	54.5	88.4
15	12.0	22.0	27.9	37.9	43.8	48.0	58.0	94.0
25	12.8	23.6	30.0	40.8	47.1	51.5	62.3	101.0
50	14.0	25.8	32.7	44.5	51.4	56.3	68.1	110.5
100	15.2	28.0	35.5	48.3	55.8	61.1	73.9	119.8
200	16.4	30.2	38.3	52.1	60.1	65.9	79.6	129.1
500	18.0	33.1	41.9	57.0	65.8	72.1	87.2	141.4
1000	19.1	35.2	44.7	60.8	70.2	76.8	92.9	150.6

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 59. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Tabor.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	100.7	92.7	78.3	53.2	41.0	33.7	20.4	2.8
5	119.5	110.0	92.9	63.2	48.6	40.0	24.2	3.3
10	134.8	124.0	104.8	71.3	54.9	45.1	27.3	3.7
15	143.4	132.0	111.5	75.8	58.4	48.0	29.0	3.9
25	154.1	141.8	119.8	81.5	62.8	51.5	31.2	4.2
50	168.5	155.0	131.0	89.1	68.6	56.3	34.1	4.6
100	182.7	168.2	142.1	96.6	74.4	61.1	37.0	5.0
200	196.9	181.2	153.1	104.1	80.2	65.9	39.8	5.4
500	215.6	198.4	167.6	114.0	87.8	72.1	43.6	5.9
1000	229.8	211.5	178.6	121.5	93.6	76.8	46.5	6.3

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

**Tabla 60. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Villalobos tv.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	7.9	14.6	18.5	25.2	29.1	31.9	38.5	62.5
5	9.7	17.8	22.6	30.7	35.5	38.9	47.0	76.2
10	11.1	20.4	25.9	35.2	40.7	44.6	53.9	87.4
15	11.9	21.9	27.8	37.8	43.6	47.8	57.8	93.7
25	12.9	23.8	30.1	40.9	47.3	51.8	62.6	101.5
50	14.2	26.2	33.2	45.2	52.2	57.1	69.1	112.0
100	15.6	28.6	36.3	49.4	57.0	62.5	75.5	122.4
200	16.9	31.1	39.4	53.6	61.9	67.8	81.9	132.8
500	18.6	34.3	43.4	59.1	68.2	74.7	90.4	146.5
1000	19.9	36.7	46.5	63.3	73.1	80.0	96.8	156.8

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 61. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Villalobos tv.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	95.3	87.7	74.1	50.4	38.8	31.9	19.3	2.6
5	116.2	107.0	90.4	61.5	47.3	38.9	23.5	3.2
10	133.3	122.7	103.6	70.5	54.3	44.6	27.0	3.6
15	142.9	131.5	111.1	75.6	58.2	47.8	28.9	3.9
25	154.9	142.5	120.4	81.9	63.1	51.8	31.3	4.2
50	170.9	157.3	132.8	90.4	69.6	57.1	34.6	4.7
100	186.8	171.9	145.2	98.8	76.0	62.5	37.8	5.1
200	202.6	186.4	157.5	107.1	82.5	67.8	41.0	5.5
500	223.5	205.6	173.7	118.2	91.0	74.7	45.2	6.1
1000	239.3	220.2	186.0	126.5	97.4	80.0	48.4	6.5

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 62. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Viso.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	8.3	15.2	19.2	26.2	30.2	33.1	40.1	64.9
5	10.7	19.7	25.0	34.0	39.3	43.0	52.0	84.3
10	12.7	23.4	29.7	40.4	46.6	51.0	61.7	100.1
15	13.9	25.5	32.3	43.9	50.8	55.6	67.2	109.0
25	15.3	28.1	35.6	48.4	55.9	61.2	74.0	120.0
50	17.1	31.5	40.0	54.4	62.8	68.7	83.1	134.8

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
100	19.0	35.0	44.3	60.3	69.6	76.2	92.2	149.4
200	20.9	38.4	48.6	66.2	76.4	83.7	101.2	164.1
500	23.3	42.9	54.4	73.9	85.4	93.5	113.1	183.3
1000	25.2	46.3	58.7	79.8	92.2	101.0	122.1	197.9

Tabla 63. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Viso.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	99.0	91.1	77.0	52.4	40.3	33.1	20.0	2.7
5	128.6	118.3	100.0	68.0	52.3	43.0	26.0	3.5
10	152.6	140.5	118.7	80.7	62.1	51.0	30.9	4.2
15	166.2	152.9	129.2	87.9	67.7	55.6	33.6	4.5
25	183.0	168.4	142.3	96.8	74.5	61.2	37.0	5.0
50	205.6	189.2	159.8	108.7	83.7	68.7	41.6	5.6
100	228.0	209.8	177.2	120.5	92.8	76.2	46.1	6.2
200	250.3	230.3	194.5	132.3	101.9	83.7	50.6	6.8
500	279.7	257.4	217.4	147.9	113.9	93.5	56.6	7.6
1000	301.9	277.8	234.7	159.6	122.9	101.0	61.1	8.2

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 64. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Altamira.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	8.2	15.1	19.1	26.0	30.1	32.9	39.8	64.6
5	10.7	19.8	25.0	34.1	39.3	43.1	52.1	84.5
10	12.8	23.5	29.8	40.6	46.9	51.3	62.1	100.6
15	14.0	25.7	32.5	44.3	51.1	56.0	67.7	109.8
25	15.4	28.3	35.9	48.8	56.4	61.8	74.7	121.1
50	17.3	31.9	40.4	55.0	63.5	69.5	84.1	136.3
100	19.2	35.4	44.9	61.0	70.5	77.2	93.4	151.3
200	21.1	38.9	49.3	67.1	77.5	84.8	102.6	166.3
500	23.7	43.5	55.2	75.1	86.7	94.9	114.8	186.1
1000	25.6	47.0	59.6	81.1	93.7	102.6	124.1	201.1

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

**Tabla 65. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Altamira.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	98.5	90.7	76.6	52.1	40.1	32.9	19.9	2.7
5	128.8	118.6	100.2	68.1	52.5	43.1	26.1	3.5
10	153.5	141.3	119.3	81.2	62.5	51.3	31.0	4.2
15	167.4	154.1	130.2	88.5	68.2	56.0	33.9	4.6
25	184.7	170.0	143.6	97.7	75.2	61.8	37.4	5.0
50	207.9	191.3	161.6	109.9	84.6	69.5	42.0	5.7
100	230.8	212.4	179.4	122.1	94.0	77.2	46.7	6.3
200	253.7	233.5	197.2	134.2	103.3	84.8	51.3	6.9
500	283.9	261.3	220.7	150.1	115.6	94.9	57.4	7.8
1000	306.7	282.3	238.4	162.2	124.9	102.6	62.0	8.4

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 66. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Guadalupe.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	9.2	16.9	21.5	29.2	33.7	36.9	44.7	72.4
5	11.8	21.7	27.4	37.3	43.1	47.2	57.1	92.5
10	13.8	25.5	32.3	43.9	50.7	55.6	67.2	108.9
15	15.0	27.6	35.0	47.7	55.0	60.3	72.9	118.2
25	16.5	30.3	38.4	52.3	60.4	66.1	80.0	129.6
50	18.4	33.9	43.0	58.5	67.5	74.0	89.5	145.0
100	20.4	37.5	47.6	64.7	74.7	81.8	99.0	160.4
200	22.4	41.2	52.2	70.9	81.9	89.7	108.5	175.9
500	25.0	46.0	58.3	79.4	91.7	100.4	121.4	196.8
1000	27.1	49.8	63.1	85.8	99.1	108.6	131.3	212.8

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 67. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Guadalupe.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	110.4	101.6	85.8	58.4	45.0	36.9	22.3	3.0
5	141.2	129.9	109.7	74.6	57.5	47.2	28.5	3.9
10	166.2	152.9	129.2	87.9	67.6	55.6	33.6	4.5
15	180.2	165.9	140.1	95.3	73.4	60.3	36.4	4.9
25	197.7	181.9	153.7	104.5	80.5	66.1	40.0	5.4

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 168 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
50	221.2	203.5	171.9	116.9	90.0	74.0	44.7	6.0
100	244.7	225.2	190.2	129.4	99.6	81.8	49.5	6.7
200	268.4	247.0	208.6	141.9	109.3	89.7	54.3	7.3
500	300.2	276.2	233.3	158.7	122.2	100.4	60.7	8.2
1000	324.7	298.8	252.4	171.7	132.2	108.6	65.7	8.9

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 68. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) Estación San Antonio del Pescado.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	10.1	18.6	23.6	32.1	37.1	40.6	49.1	79.6
5	11.8	21.7	27.5	37.4	43.1	47.2	57.1	92.6
10	12.9	23.7	30.0	40.8	47.2	51.7	62.5	101.3
15	13.4	24.7	31.3	42.6	49.2	53.9	65.2	105.6
25	14.1	25.9	32.8	44.6	51.5	56.4	68.2	110.5
50	14.8	27.3	34.5	47.0	54.3	59.4	71.9	116.5
100	15.5	28.5	36.1	49.2	56.8	62.2	75.2	121.9
200	16.1	29.7	37.6	51.1	59.1	64.7	78.2	126.8
500	16.9	31.1	39.4	53.5	61.8	67.7	81.9	132.8
1000	17.4	32.0	40.6	55.2	63.8	69.9	84.5	136.9

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 69. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación San Antonio del Pescado.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	121.4	111.7	94.3	64.2	49.4	40.6	24.5	3.3
5	141.3	130.0	109.8	74.7	57.5	47.2	28.6	3.9
10	154.5	142.2	120.1	81.7	62.9	51.7	31.2	4.2
15	161.1	148.3	125.2	85.2	65.6	53.9	32.6	4.4
25	168.6	155.2	131.1	89.2	68.6	56.4	34.1	4.6
50	177.7	163.5	138.2	94.0	72.4	59.4	35.9	4.9
100	185.9	171.1	144.5	98.3	75.7	62.2	37.6	5.1
200	193.4	178.0	150.4	102.3	78.7	64.7	39.1	5.3
500	202.5	186.4	157.4	107.1	82.4	67.7	41.0	5.5
1000	208.9	192.2	162.4	110.4	85.0	69.9	42.2	5.7

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

**Tabla 70. Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Resina.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	8.1	15.0	19.0	25.8	29.8	32.7	39.5	64.0
5	10.1	18.6	23.5	32.0	37.0	40.5	49.0	79.4
10	11.7	21.5	27.3	37.1	42.8	46.9	56.7	92.0
15	12.6	23.2	29.4	39.9	46.1	50.5	61.1	99.0
25	13.7	25.2	32.0	43.5	50.2	55.0	66.5	107.8
50	15.2	28.0	35.4	48.2	55.7	61.0	73.8	119.6
100	16.7	30.7	38.9	52.9	61.1	67.0	81.0	131.2
200	18.2	33.4	42.4	57.6	66.6	72.9	88.2	142.9
500	20.1	37.0	46.9	63.8	73.7	80.7	97.6	158.2
1000	21.6	39.7	50.3	68.5	79.1	86.6	104.8	169.8

Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 71. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Resina.**

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	97.7	89.9	75.9	51.6	39.8	32.7	19.8	2.7
5	121.2	111.5	94.2	64.1	49.3	40.5	24.5	3.3
10	140.3	129.1	109.1	74.2	57.1	46.9	28.4	3.8
15	151.1	139.0	117.4	79.9	61.5	50.5	30.6	4.1
25	164.5	151.3	127.9	87.0	67.0	55.0	33.3	4.5
50	182.4	167.9	141.8	96.4	74.3	61.0	36.9	5.0
100	200.2	184.2	155.6	105.9	81.5	67.0	40.5	5.5
200	217.9	200.6	169.4	115.2	88.7	72.9	44.1	6.0
500	241.3	222.1	187.6	127.6	98.3	80.7	48.8	6.6
1000	259.0	238.4	201.4	137.0	105.5	86.6	52.4	7.1

Fuente: Geocinc S.A.S.

## CAUDALES MÁXIMOS

Los caudales máximos se establecieron a partir de los resultados anteriores, aplicando un modelo lluvia – escorrentía adecuada al tamaño del área de la cuenca de drenaje en cada punto crítico.

Las cuencas menores o iguales a 2.5 Km<sup>2</sup>, se saturan con facilidad antes de presentarse la tormenta de diseño; por esta razón en estos casos se aplica el modelo lluvia – escorrentía conocido como Método Racional, el cual fue deducido para estas condiciones. Dicho método se puede expresar como:

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

$$Q_{Tr} = 0.278 C I_{Tr} A$$

Dónde:

$Q_{Tr}$ . - Caudal máximo en  $m^3/s$  para un período de retorno “Tr”.

C.- Coeficiente de escorrentía adimensional

A.- Área de drenaje, en  $km^2$ .

$I_{Tr}$ . - Intensidad de la lluvia en  $mm/h$  para un período de retorno “Tr” y una duración de lluvia igual al tiempo de concentración.

El coeficiente de escorrentía (C) se seleccionó de acuerdo con la cobertura y uso del suelo y la intensidad de la lluvia se obtuvo de las curvas IDF deducidas anteriormente.

Cuando en una cuenca de drenaje se tiene influencia de dos o más estaciones (de acuerdo con los polígonos de Thiessen), la intensidad de la lluvia a utilizar fue el promedio ponderado de la intensidad obtenida en cada estación, con base en las áreas de influencia de las estaciones en la cuenca bajo estudio.

La duración de la tormenta de diseño se tomó igual al tiempo de concentración de la cuenca obtenido anteriormente, adoptando como valor mínimo 15 min cuando el tiempo de concentración sea menor a este valor.

Para cuencas con áreas mayores a  $2.5 \text{ Km}^2$  se utilizó el modelo lluvia – escorrentía conocido como el del Hidrogramas Unitario.

En consecuencia, el caudal máximo se obtuvo aplicando el hietograma de precipitación efectiva obtenido para la tormenta de diseño, al hidrograma unitario, estimado mediante el método propuesto por el U. S. Soil Conservation Service, cuyos parámetros básicos son:

$$Q_p = 0.208 A P_e / t_p$$

$$t_p = D/2 + t_r$$

$$t_r = 0.6 T_c$$

$$T_b = 2.67 t_p$$

Dónde:

$Q_p$  : caudal pico en  $m^3/s$

$A$  : área de la cuenca de drenaje en  $\text{Km}^2$

$P_e$ : precipitación efectiva en mm

$t_p$ : tiempo al pico del hidrograma unitario en h

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

D: duración de la tormenta de diseño en h

tr: tiempo de retardo en h

Tc: tiempo de concentración en h

Tb: tiempo base del hidrograma

La precipitación de la tormenta de diseño se obtuvo a partir de las curvas PDF deducidas anteriormente, considerando una duración similar a dos veces el tiempo de concentración de la cuenca. La precipitación efectiva se estableció mediante el método del U.S. Soil Conservation Service, el cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$Pe = \frac{\left( P - \frac{5080}{N} + 50.8 \right)^2}{\left( P + \frac{20320}{N} - 203.2 \right)}$$

Dónde:

Pe.- Precipitación efectiva en mm.

P.- Precipitación en mm.

N.- Número de curva.

Las precipitaciones efectivas así obtenidas se redistribuyeron en el tiempo, teniendo en cuenta la distribución propuesta por F. A. Huff<sup>5</sup> para el segundo cuartil, con el 50% de probabilidad, configurando así el hietograma de precipitación efectiva que se le aplicó al hidrograma unitario con el fin de obtener los caudales máximos.

El número de curva N depende del tipo y uso del suelo; sin embargo, su valor puede incrementarse o disminuir dependiendo de la humedad existente en la cuenca antes de presentarse la tormenta de diseño; por esta razón se diferencian tres estados básicos de humedad antecedente:

N<sub>I</sub>. – humedad antecedente seca; es decir los suelos de la cuenca se encuentran secos y por lo tanto presentan bajo potencial de escurrimiento.

N<sub>II</sub>. – humedad antecedente promedio.

N<sub>III</sub>. – humedad antecedente saturado; los suelos de la cuenca se encuentran prácticamente saturados y por lo tanto presentan alto potencial de escurrimiento.

---

<sup>5</sup> F. A. Huff, "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms" Water Resources Research. Vol3, No.4 1967.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Las cuencas con áreas menores o iguales a  $2.5 \text{ Km}^2$ , se saturan con facilidad por su pequeño tamaño y por lo tanto se analizan asumiendo una humedad antecedente tipo  $N_{III}$ ; es decir saturada. Por otra parte, en las cuencas con área mayor a  $2.5 \text{ Km}^2$ , la distribución espacial de la lluvia es menos uniforme en la medida en que crece la cuenca y por lo tanto es más difícil de saturar la cuenca en la medida en que crece el área de la misma. Por lo tanto, es necesario asumir condiciones de humedad antecedente más bajas en la medida en que crece su área.

Para efectos del presente estudio, se asumió que se pueden encontrar condiciones de humedad antecedente tipo  $N_{II}$ , para cuencas con área de  $250 \text{ Km}^2$ . Por lo tanto, para las cuencas con áreas entre  $2.5 \text{ Km}^2$  y  $250 \text{ Km}^2$ , se obtuvo el número de curva interpolando en función del área entre los valores  $N_{III}$  y  $N_{II}$ .

Para cuencas con área igual a  $2500 \text{ Km}^2$ , se consideró que la condición de humedad antecedente era muy cercana a la del tipo  $N_I$ ; por lo tanto, para cuencas con área entre  $250 \text{ Km}^2$  y  $2500 \text{ Km}^2$ , se obtuvo el número de curva interpolando en función del área entre los valores  $N_{II}$  y  $N_I$ . Este ajuste se realiza a cuencas mayores de  $100 \text{ Km}^2$ . Las tormentas así obtenidas se redistribuyeron en el tiempo, teniendo en cuenta la distribución propuesta por F. A. Huff<sup>6</sup> para el segundo cuartil, con el 50% de probabilidad.

De acuerdo con la metodología planteada, considerando el tamaño de las cuencas medidas en los puntos críticos considerados se aplicaron los modelos lluvia – escorrentía y los números de curva (N) que se indican en la Tabla 72.

**Tabla 72. Modelo Lluvia – escorrentía utilizada y valores de N empleados.**

Punto Crítico	Corriente	Área ( $\text{km}^2$ )	Modelo	N
1	Rio Suaza	1018.69	Hidrograma Unitario	70.9
2	Q. la viciosa	149.15	Hidrograma Unitario	79.2
3	Rio Suaza	1172.66	Hidrograma Unitario	70.6

Fuente: Geocinc S.A.S

Para la cuenca del punto crítico 2 Los valores (N), la condición de humedad antecedente se estimó entre las condiciones tipo  $N_{III}$  y  $N_{II}$ . Mientras que para las cuencas de los puntos críticos 1 y 3. Se estimó entre las condiciones tipo  $N_I$  y  $N_{II}$ .

<sup>6</sup> F. A. Huff, "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms" Water Resources Research. Vol3, No.4 1967.

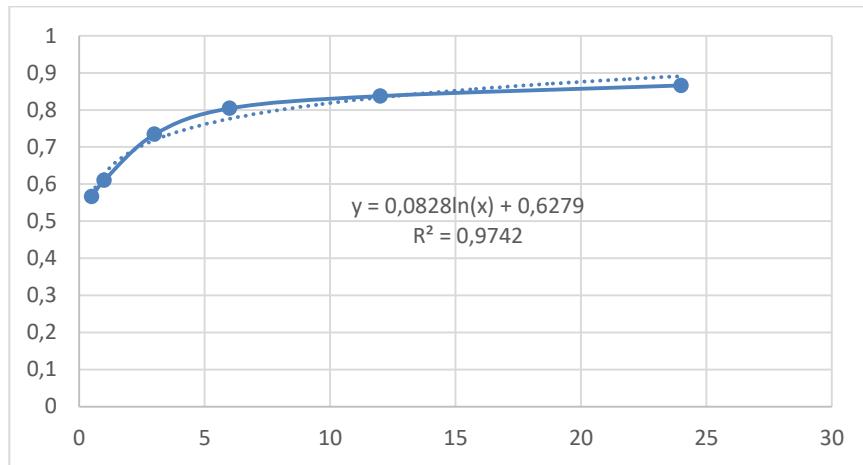
Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

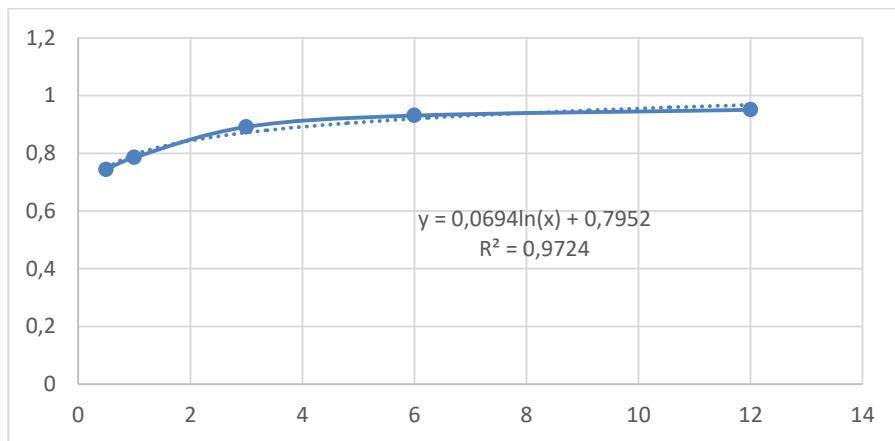
Bogotá D.C. Página 173 de 437

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Se obtuvo el factor de corrección por área correspondiente a las cuencas de los puntos críticos del municipio de Guadalupe con área mayor a 100 km<sup>2</sup>, obteniendo los valores de acuerdo con la duración de la tormenta que se presenta en la Ilustración 94 e Ilustración 95.



**Ilustración 94. Factor de corrección obtenido para las cuencas de los puntos crítico 1 y 3.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.



**Ilustración 95. Factor de corrección obtenido para cuenca punto crítico 2.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

Al aplicar las metodologías mencionadas se obtienen los siguientes caudales máximos en cada uno de los puntos críticos considerados:

**Tabla 73. Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 1. Municipio Guadalupe.**

<b>PUNTO CRÍTICO 1</b>	
<b>Tr (años)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
2.33	157.6
5	276.2
10	394.3

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 174 de 437

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

<b>PUNTO CRITICO 1</b>	
<b>Tr (años)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
15	466.1
25	558.3
50	688.3
100	825.6
200	967.5
500	1161.5
1000	1312.6

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 74. Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 2. Municipio Guadalupe.

<b>PUNTO CRITICO 2</b>	
<b>Tr (años)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
2.33	87.9
5	146.4
10	202.2
15	235.4
25	278.2
50	339.1
100	402.8
200	468.7
500	559.2
1000	629.9

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 75. Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 3. Municipio Guadalupe.

<b>PUNTO CRITICO 3</b>	
<b>Tr (años)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
2.33	172.3
5	302.5
10	433.9
15	515.3
25	618.2
50	764.9
100	920.1
200	1081.4
500	1302.5
1000	1475.4

Fuente: Geocing S.A.S.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

## 11. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

De acuerdo con los análisis de las características geológicas, en el área de estudio se encuentran las siguientes unidades de suelo:

Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Activo Stfaa.  
 Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Reciente, Stfar.  
 Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Subreciente, Stfasr.  
 Suelo Transportado de Inestabilidad Reciente, Stir-1.  
 Suelo Antrópico, rellenos ingenieriles, Sari.  
 Suelo Antrópico, rellenos indiferenciados, Sarin.  
 Suelo Antrópico, depósitos de escombros, Sade.  
 Suelo Residual del Neis de Guapotón, Sr-NP2ng.  
 Neis de Guapotón, roca meteorizada, NP2ng-r.

Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Activo Stfaa. Depósito cuaternario, conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, de la quebrada la Viciosa, y de una serie de escorrentías localizadas al sur del casco urbano

Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Reciente, Stfar. Depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial: del río Suaza y de la quebrada la Viciosa, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza baja. Corresponde a material no consolidado, conformado por la intercalación e interdigitación de lentes irregulares de limos, arenas y gravas, en proporciones diversas.

Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Subreciente, Stfasr. Depósito cuaternario subreciente, conformado por material transportado y depositado por la dinámica fluvial del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza alta. Este material corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes de gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica, en proporciones heterogéneas.

Suelo Transportado de Inestabilidad Reciente, Stir-1. Esta unidad corresponde al suelo residual originado a partir del Neis de Guapotón, y sobre la cual suceden reptación, donde la deformación plástica que les sucede, induce a cambios en el comportamiento geomecánico de los suelos. Son materiales de textura arcillosa, por lo general cubiertos de pastos y/o rastrojos bajos, y suceden en zona de ladera. Suelo Antrópico, rellenos ingenieriles, Sari. Hace referencia a los materiales seleccionados y compactados, donde se desarrolló la construcción de obras civiles como vías y andenes, del casco urbano y zonas aledañas. Este tipo de depósitos presentan espesores variables entre 0.50 y 2 m, siendo mayores,

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

posiblemente en los sectores de rellenos en las canalizaciones realizadas en las escorrentías, que discurrían en gran parte del casco urbano.

Suelo Antrópico, rellenos indiferenciados, Sarin. Hace referencia a los materiales seleccionados, emplazados y compactados, para la construcción de obras civiles como parques, plazas y/o viviendas, generalmente presentan una matriz arcillo limosa, con lentes de arenas, gravas, y en ocasiones materia orgánica, embebidas en esta. Con coloraciones habano claro a oscuro.

Suprayacen discordantemente, principalmente depósitos de terraza subreciente, y en menor cantidad depósitos de terraza reciente, y en menor proporción suelos residuales del Neis de Guapotón.

Suelo Antrópico, depósitos de escombros, Sade. Corresponde a mezclas heterogéneas de escombros de construcción, plásticos, restos de maderas, suelos, y otros. Dispuestos de manera aleatoria, sin una disposición técnica. Son materiales no consolidados, muy permeables, de corta extensión y dispuestos para nivelar zonas deprimidas.

Suelo Residual del Neis de Guapotón, Sr-NP2ng. Corresponde a suelos de textura arcillosa, originados a partir de la degradación de rocas del Neis de Guapotón. Su espesor es variable: en el sondeo mecánico 01, se reportan 7.5 metros de este material, que suprayacen la roca en estado meteorizado, con una sumatoria de las 2 últimas secciones del SPT, variable, hasta de 20 golpes. La LRS 01, reporta 8 metros de este material, con Vs variable cercana a los 350 m/s. la LRS 02 reporta 4 metros de este material, con Vs cercana a los 425 m/s. (Ver Ilustración 83)

Neis de Guapotón, roca meteorizada, NP2ng-r. En la carretera que del casco urbano de Guadalupe, por el costado suroriental que conduce a Florencia (Caquetá), se observan algunos afloramientos donde se describe un neis, constituido por una roca característica de color rojo y rosado moteada de negro. Esta roca se observa meteorizada y fracturada. Estas ventanas de roca no son cartografiadas a la escala de presentación de este estudio, pero en los perfiles geológicos se aprecia.

A continuación se presentan los resultados de toda la investigación geotécnica utilizada, la información seleccionada para los análisis correspondientes; luego, se relaciona el programa de exploración geotécnica directo e indirecto ejecutado en el proyecto e igualmente se detallan los tipos y cantidades de ensayos de campo y laboratorio ejecutados.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 96. Localización Exploración Geotécnica.**  
**Fuente: Ortofoto Guadalupe**

### 11.1. RESULTADOS DE EXPLORACIÓN INDIRECTA

Con el fin de conocer el perfil de suelo así como el modelo geológico-geotécnico del área de estudio, se realizaron 2 Líneas de refracción sísmicas, en la Tabla 76 se identifican por medio de coordenadas el inicio y el fin de cada línea.

**Tabla 76. Coordenadas Exploración Geofísica Líneas Sísmica**

Línea	INICIO		FIN		Longitud (m)
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
LRS-01	813334	715536	813436	715473	115
LRS-02	812927	715092	812974	715023	100

**Fuente: Geocing S.A.S.**

Se presenta el modelo simplificado de tres conjuntos de velocidades compresionales (Ilustración 97) y en la Tabla 77 se presenta la clasificación de la ripabilidad según su velocidad y en la Tabla 78 se puede ver el perfil de ondas primarias para el perfil estratigráfico y posteriormente en la Ilustración 98 se puede ver la tomografía sísmica generada a partir de los valores de  $V_p$ .

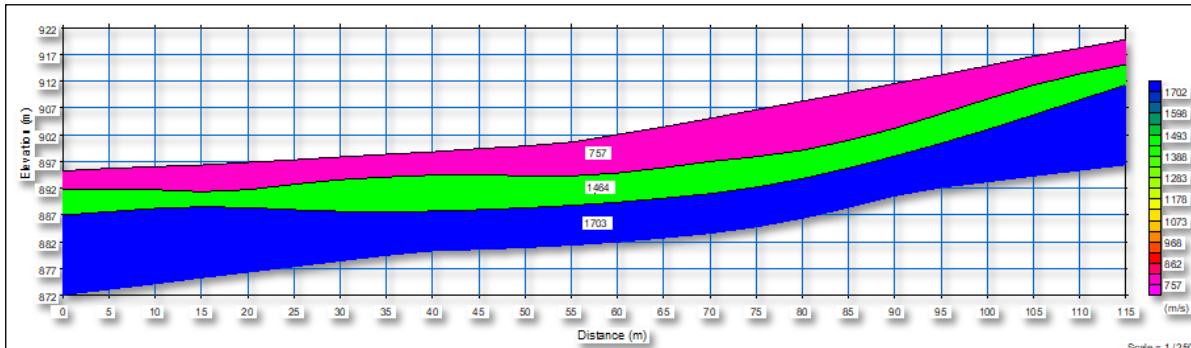


Ilustración 97. Modelo Simplificado LRS-01.

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 77. Clasificación Ripabilidad Vp L1.

Línea	Vp (m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	RIPABILIDAD
L1	757	9	0-9	Ripado fácil
	1464	7	9-16	Ripado normal
	1703	-	16-30	Ripado duro

Fuente: Geocing S.A.S.

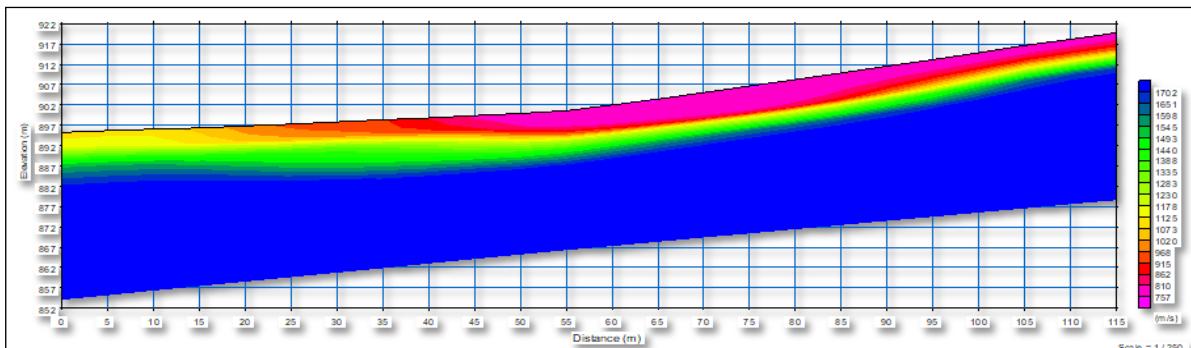


Ilustración 98. Tomografía sísmica LRS-01.

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 78. Resumen Perfil simple Vp L1.

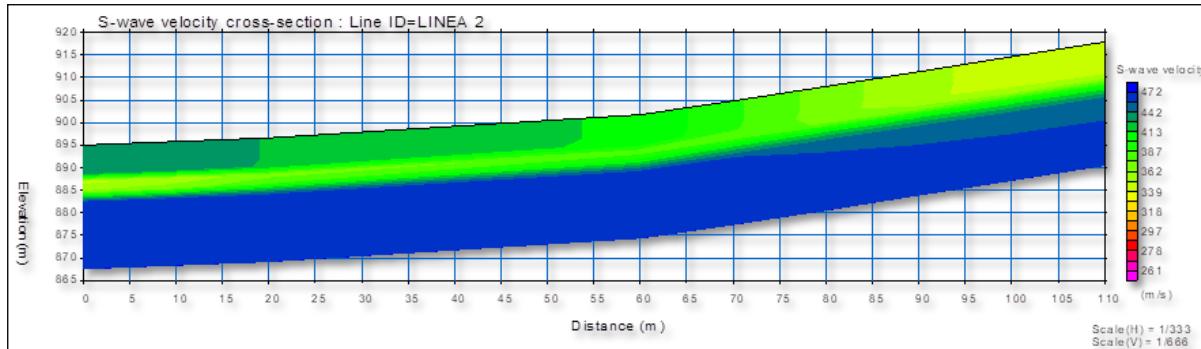
Nº Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vp(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L1	1	757-1020	9	0-9	Suelo residual
	2	1020-1545	10	09-19	Roca meteorizada
	3	1545-1702	-	19-30	Roca Dura

Fuente: Geocing S.A.S.

En general el perfil unidimensional presenta una velocidad de corte promedio Vs 416.5 m/s, que según la norma NSR-10, se clasifica como un perfil de suelos tipo C, que caracteriza a perfiles de suelos muy densos o roca blanda. (Ver Ilustración

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

99), posteriormente se presenta el perfil bidimensional en la Ilustración 100 y en la Tabla 79 el resumen de las velocidades de onda de corte obtenidas para el perfil estratigráfico.



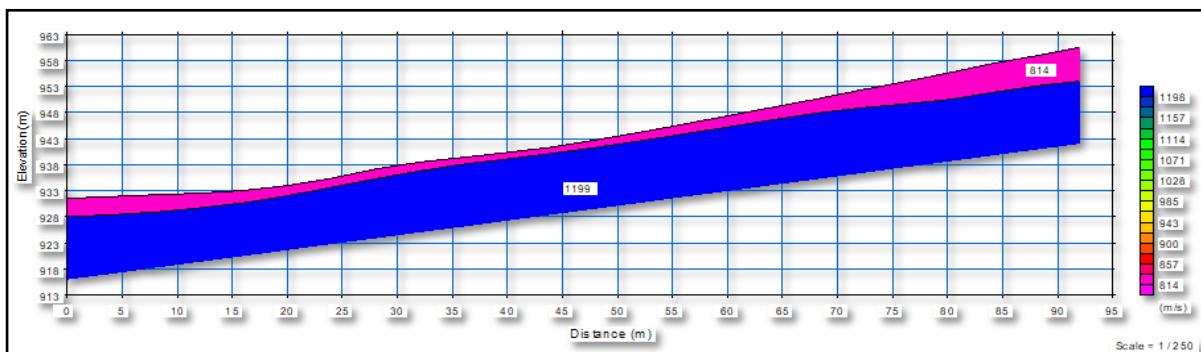
**Ilustración 99. Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-01.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

**Tabla 79. Resumen Tomografía Vs L1.**

Nº Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vs(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L1	1	261-297	1	0-10	Deposito Aluvial
	2	297-413	10		Roca Meteorizada
	3	413-472	-	11-Indefin	Roca Dura

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

En la Ilustración 100, se presenta el modelo simplificado de dos conjuntos de velocidades compresionales y en la Tabla 80 se presenta la clasificación de la ripabilidad según su velocidad para la Línea de refracción sísmica 2:



**Ilustración 100. Modelo Simplificado LRS-02.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

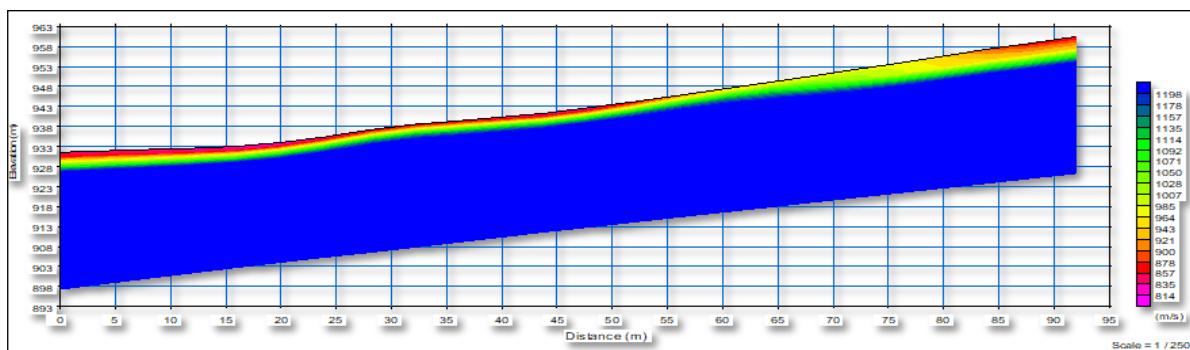
**Tabla 80. Clasificación Ripabilidad Vp L2.**

Línea	Vp (m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	RIPABILIDAD
L2	814	6	0-6	Ripado fácil
	1199	-	6-30	Ripado fácil

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

En general el perfil unidimensional presenta una velocidad de corte promedio Vs 550.5 m/s que según la norma NSR-10, se clasifica como un perfil de suelos tipo C, que caracteriza a perfiles de suelos muy densos o roca blanda posteriormente se presenta el perfil bidimensional en la Ilustración 101 y en la Tabla 81 el resumen de las velocidades de onda de corte obtenidas para el perfil estratigráfico.

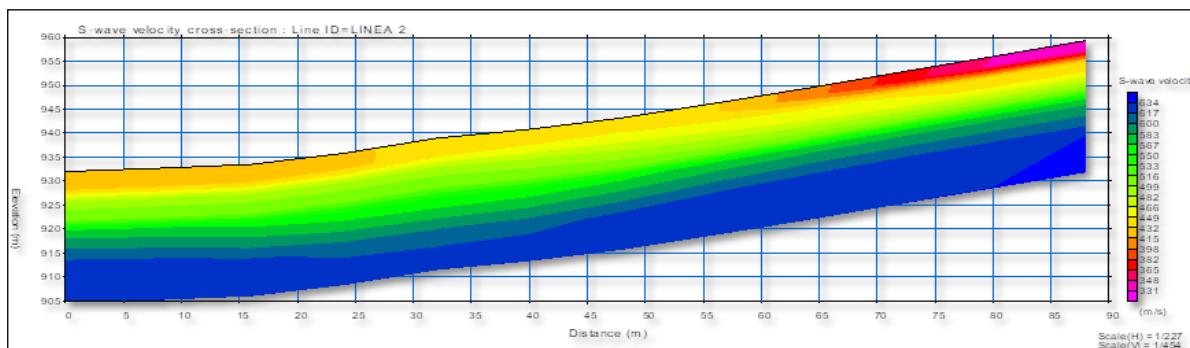


**Ilustración 101. Tomografía sísmica LRS-02.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

**Tabla 81. Resumen Tomografía Sísmica Vp L2.**

Nº Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vp(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L2	1	814-921	3	0-3	Suelo Residual
	2	921-1135	7	3-10	Roca Meteorizada
	3	1135-1198	-	10-Indefin	Roca Dura

**Fuente:** Geocinc S.A.S.



**Ilustración 102. Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-02.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

**Tabla 82. Resumen Tomografía Vs L2.**

Nº Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vs(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L2	1	331-415	4	0-4	Suelo Residual
	2	415-583	11	4-15	Roca Meteorizada
	3	583-634	-	15-Indefin	Roca Dura

**Fuente:** Geocinc S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 181 de 437

 <b>CAM</b> CORTA TU NATURALEZA	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 11.2. RESULTADOS DE EXPLORACIÓN DIRECTA

Para lograr la conceptualización del modelo geotécnico del área de estudio se realizaron 2 perforaciones mecánicos, haciendo uso del ensayo de penetración estándar SPT para la recuperación de muestras alteradas e igualmente se tomaron muestras inalteradas usando tubos Shelby de pared delgada donde fue posible, y 5 Barrenos manuales hasta una profundidad máxima de 5.0 m. El registro de la ejecución de la campaña de exploración geotecnica se puede observar en el Anexo 2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.

Tabla 83. Coordenadas Exploración directa- Perforaciones

Sondeo	INICIO		Profundidad (m)
	ESTE	NORTE	
<b>BM 1</b>	75°45'40,83"	2°1'26,21"	5
<b>BM2</b>	75°45'19,41"	2°1'40,83"	5
<b>SM1</b>	75°45'29,77"	2°1'11,93"	15
<b>SM2</b>	75°45'10,44"	2°1'29,39"	16

Fuente: Geocing S.A.S.

En Ilustración 103 se logra ver la ubicación de las líneas de refracción sísmicas realizadas:



Ilustración 103. Localización Exploración Geotécnica-Exploración Directa.  
Fuente: Ortofoto Guadalupe

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 11.2.1 Ensayos de laboratorio

En el municipio de Guadalupe, se realizaron los correspondientes ensayos de laboratorio, las cuales fueron identificadas de acuerdo al tipo de material, y fueron realizados dependiendo el tipo de material, para conocer las características y propiedades, así como estimar los parámetros de resistencia de los tipos de materiales que constituyen el perfil de suelo del área de estudio. Para mayor detalle de los ensayos de laboratorio, en el Anexo 2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA - resultados de laboratorio, se presenta todos los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras recuperadas de la Exploración del subsuelo. Los ensayos de laboratorio de caracterización básica y mecánica se ejecutaron teniendo en cuenta los procedimientos de las normas INVIAST relacionados en la Tabla 84.

**Tabla 84. Normas INVIAST para ensayos de laboratorio.**

Ensayo de laboratorio	Cantidad	Norma
Granulometría	33	I.N.V.E 123-07 Análisis granulométrico de suelos por tamizado
Humedad natural	25	I.N.V.E 122-07 Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo agregado
Límites de Atterberg	21	I.N.V.E 125-07 Determinación del límite líquido de los suelos
		I.N.V.E 126-07 Determinación del límite plástico de los suelos
Peso Unitario	16	I.N.V.E 121-07 Determinación del peso unitario total
Corte directo	6	I.N.V.E 154-07 Determinación de la resistencia al corte por el método de corte directo
Compresión inconfinada	4	I.N.V.E 152-07 Compresión inconfinada en muestras de suelo
Cargas Puntual	1	

Fuente: Geocinc S.A.S.

De manera inicial se realizaron análisis de variación de propiedades geotécnicas por cada tramo de sección de comportamiento geotécnico homogéneo, obteniendo así modelos bidimensionales parametrizados que son insumo para la caracterización geotécnica presentada en este estudio.

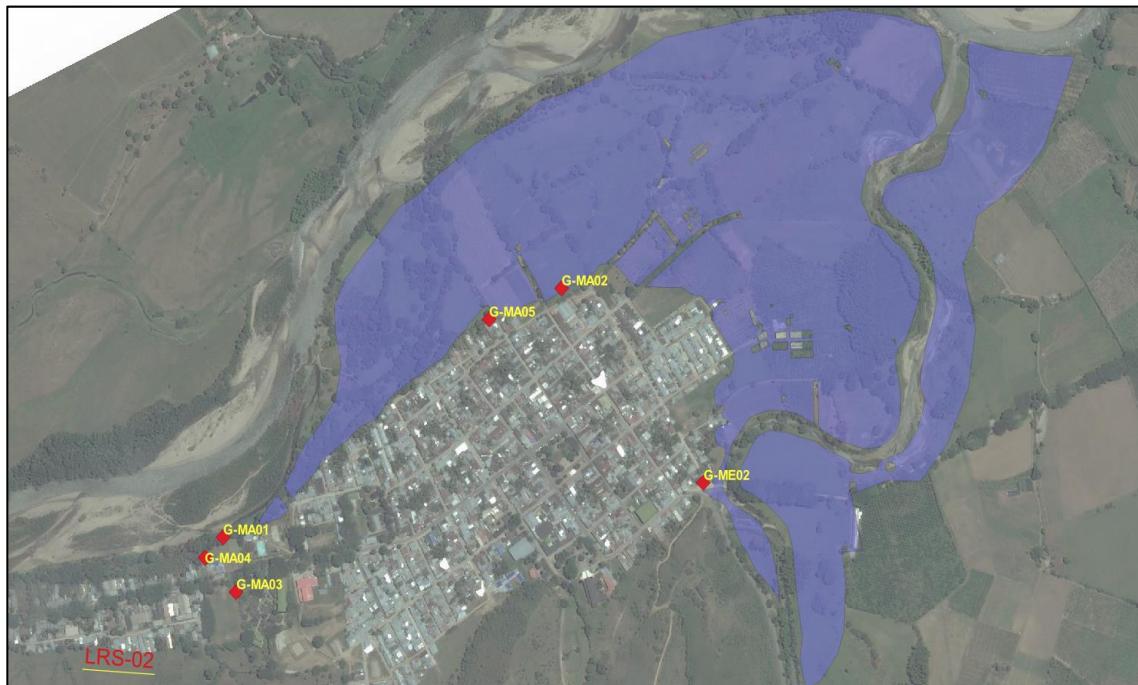
Cabe anotar que Los parámetros de resistencia se obtuvieron directamente de ensayos sobre muestras recuperadas por medio de tubos Shelby, a las cuales se les realizaron ensayos de peso unitario, corte directo, resistencia a la compresión inconfinada y carga puntual. A las muestras obtenidas por medio del ensayo de penetración estándar, se les realizó ensayos de clasificación como humedad natural, límites de consistencia y lavado sobre tamiz #200.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

En las profundidades de análisis donde no fue posible realizar muestreo inalterado, se recurrió a la metodología propuesta por Álvaro Jaime González 1998" Estimativos de parámetros de resistencia a partir del SPT, con el objeto de determinar un ángulo de fricción interna efectivo y una cohesión efectiva para cada uno de los estratos. Los datos obtenidos con esta metodología son usados o descartados de acuerdo con la representatividad de sus valores en los materiales de análisis. Para aplicar la metodología de mencionada se construye una hoja de cálculo con la información de sondeos donde se realizaron ensayos SPT, y se determinan los valores de  $\phi'$  y  $c'$ . La hoja de cálculo se puede revisar en el Anexo 2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA- normalización SPT. A continuación se presenta la caracterización geotécnica de cada uno de los materiales reportados en el área de estudio.

#### **11.2.2 Suelo Transportado fluvial, Aluvial Reciente, (Stfar)**

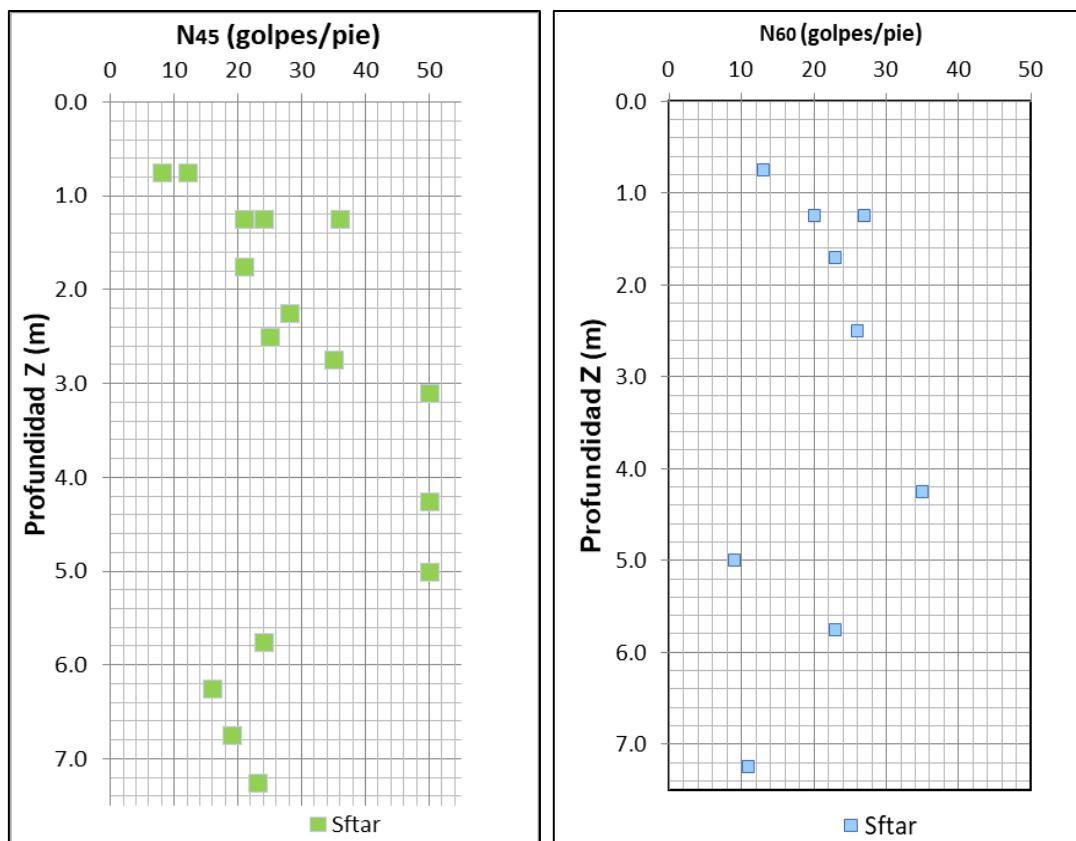
Depósitos aluviales asociados a la dinámica fluvial del río Suaza, que generan una llanura de inundación amplia, limitada lateralmente por montañas conformadas por rocas correspondientes a las Migmatitas de Florencia, Neis de Guapotón y el Granito de Altamira. Ver Ilustración 104.



**Ilustración 104. Vista de la unidad geológica Stfar, del río Suaza. Municipio de Guadalupe**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

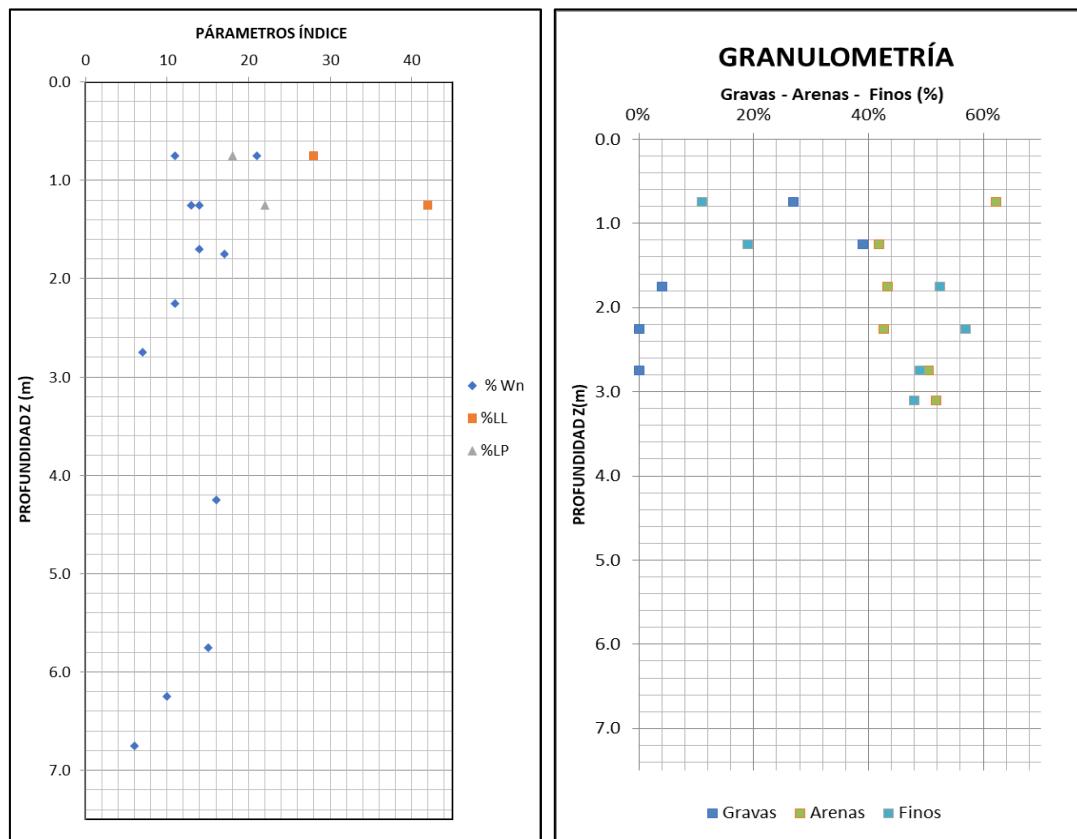
De acuerdo con la exploración geotécnica y los resultados obtenidos en los barrenos manuales BM2- BM5 y Sondeo mecánico SM2, el espesor aproximado es de 7.5 m. A partir de los resultados de campo se determina las características

físicas del material, inicialmente se tiene en cuenta la compacidad del perfil de suelo, la cual como se puede ver en las gráficas a continuación incrementa con la profundidad de suelta a compacta y el cambio se denota a partir de los 3.0 m de profundidad y se nota el cambio de materiales con gradación de fina a gruesa, las exploraciones no reportan la presencia del nivel freático.



**Ilustración 105. Perfil de campo, reporte de N45 con N60.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con lo que se muestra en la Ilustración 106 se observa que los materiales granulares que componen el deposito aluvial tienen valores de límite plásticos son superiores a la humedad natural con valores promedio de 34.67% y 14.47% respectivamente, lo cual indica que los materiales se encuentran en un estado semi-sólido y si se presentan variación en el porcentaje de contenido de agua, las variaciones volumétricas serán mínimas; en razón que el índice de plasticidad es menor a 10% y nulo, los materiales en este rango de profundidad tienen plasticidad baja a nulo.



**Ilustración 106. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP así como la Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad.**

Fuente: Geocing S.A.S.

Según los resultados de los ensayos de clasificación se evidencia la heterogeneidad en los materiales que constituyen el deposito aluvial asociado a la dinámica fluvial del río Suaza en todo su espesor la distribución granulométrica en general está constituido por una matriz arenoso arcillosa con porcentaje superior promedio de 49.1% de arena, 33.7% de materiales finos y un porcentaje materiales gruesos tipo gravas de 17%, valores que permiten clasificar texturalmente de acuerdo con la USCS el depósito como SC; lo mencionado se puede observar en las gráficas presentadas en la Ilustración 106.

El compilado de los resultados de los ensayos de caracterización física y de resistencia se puede ver en la tabla posterior (Ver Tabla 85).

**Tabla 85. Parámetros de resistencia para Stfar.**

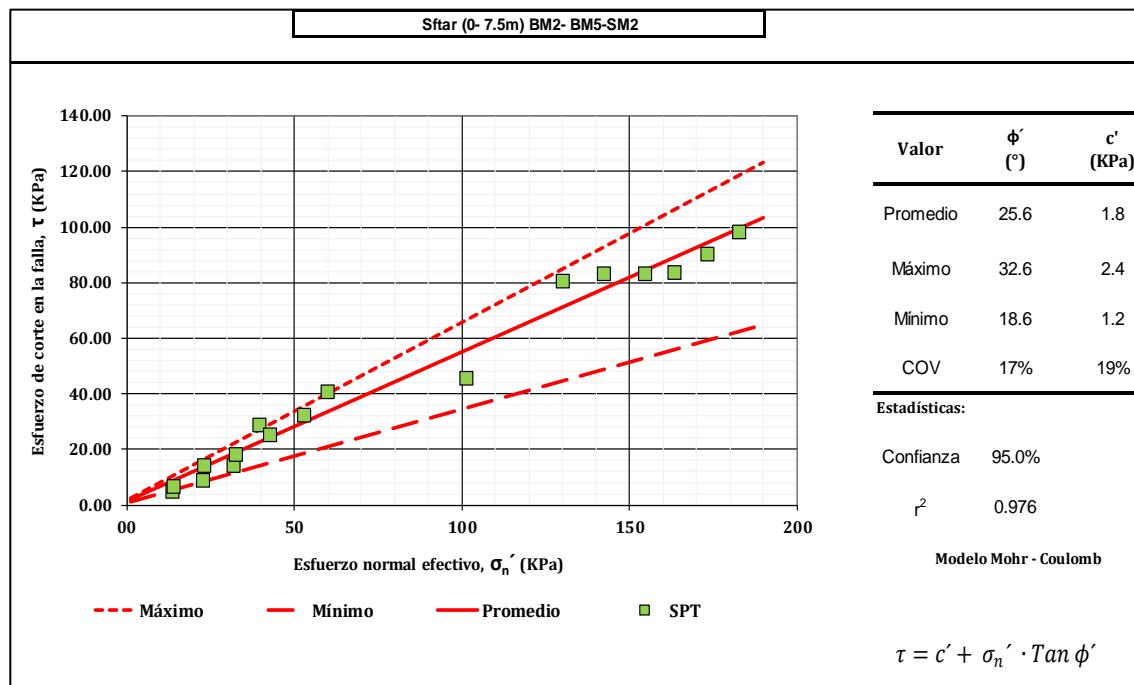
MUESTRA				RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO								USCS	Corte directo Drenado		
SONDEO	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	Peso Unitario		$\omega_n$ [%]	Granulometría			Límites Atterberg				Corte directo Drenado	
				$\gamma_t$ [kN/m³]	$\gamma_d$ [kN/m³]		Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	$C$ [kPa]	$\phi'$ [º]	
BM1	0.75	4	-	18.1	14.6	24.0	1.7%	52.0%	45.0%	NL	NP				
BM1	1.25	5	-			17.0	5.1%	67.3%	28.0%						
BM1	1.75	9	-	18.6	14.4	30.0	0.0%	60.1%	40.0%	NL	NP				
BM1	2.15	50	-												
BM2	0.75	12	-			11.0									
BM2	1.25	24	-	18.21	16.17	13.0	27%	62%	11%	NL	NP				
BM2	1.75	21	-			17.0									
BM2	2.25	28	-			11.0	39%	42%	19%	28	18	10	SC		
BM2	2.75	35	-	20.17	18.91	7.0	4%	43%	53%						
BM2	3.10	50	-												
BM3	0.75	13	-			14.0				31	10	21	CL		
BM3	1.25	12	-			3.0	61.6%	33.2%	5.0%						
BM3	1.75	50	-	15.34	14.82	4.0	0.5%	87.7%	12.0%	NL	NP				
SM2	2.50	15	-				17.0%	49.1%	33.7%						
SM2	4.25	50	-	16.4	14.14	16.0				NL	NP				
SM2	5.00	35	-												
SM2	5.75	24	-			15.0				NL	NP		10	29.9	
SM2	6.25	16	-	19.2	17.44	10.0									
SM2	6.75	19	-			6.0									
SM2	7.25	23	-												

Fuente: Geocing S.A.S.

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica dado que en primera instancia son materiales granulares y permite una adecuada interpretación de los resultados obtenidos del ensayo de SPT y en razón que no fue posible la obtención de parámetros de resistencia a partir de ensayos de laboratorio, a continuación se presenta la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros  $\phi'$  y  $c'$ ; Los resultados de estos ensayos sirvieron para calcular parejas de valores, las cuales se ajustaron una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos.

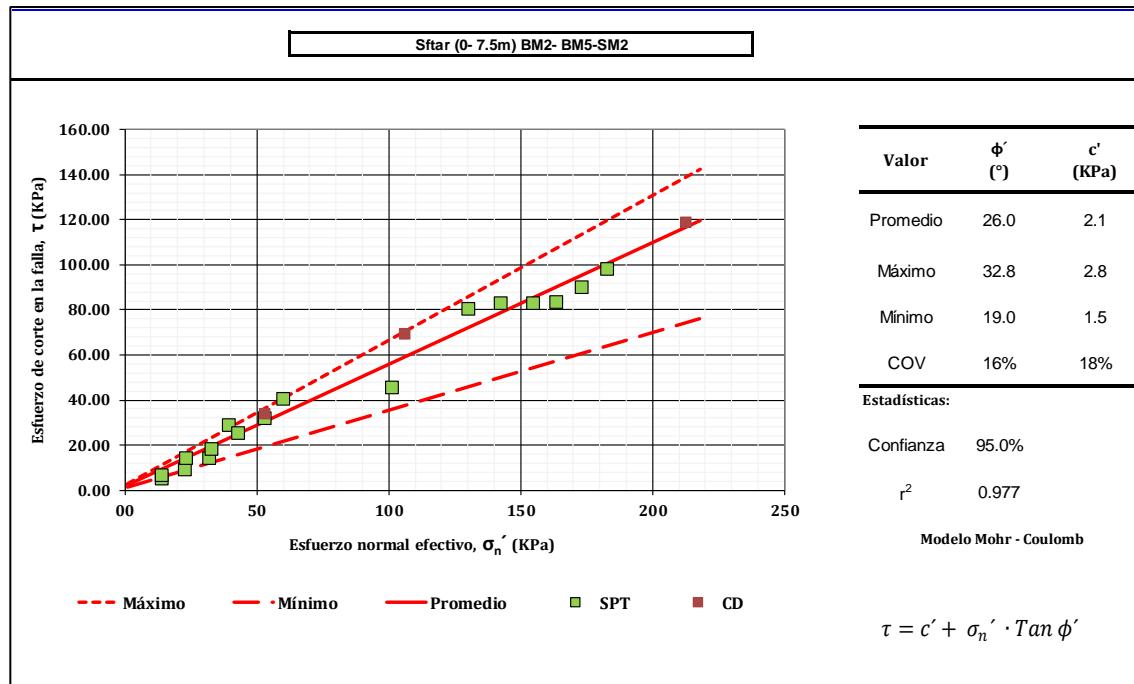
En vista que, a los materiales se les practicó ensayos de resistencia tipo Corte directo se realiza junto con los resultados de correlación con el SPT el cálculo de parejas de valores, las cuales se ajustaron a una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos, los resultados se presentan en la Tabla 86.

**Tabla 86. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia de Stfar.**



Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 87. Correlación mediante el SPT y Corte Directo para la estimación de los parámetros de resistencia de Stfar.**



Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

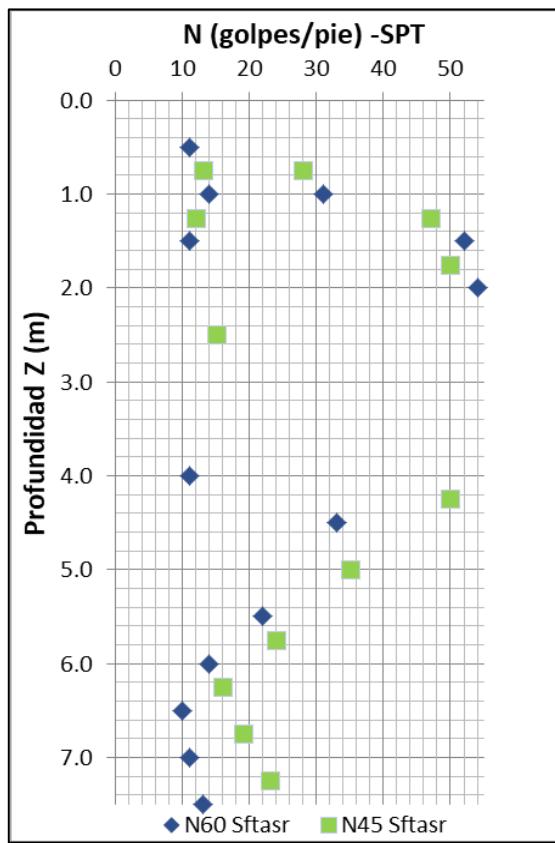
### 11.2.3 Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subreciente, (Stfasr)

Depósito cuaternario subreciente, conformado por material transportado y depositado por la dinámica fluvial del río Suaza corresponde geomorfológicamente a una terraza alta, conformada por intercalaciones e interdigitación de lentes de gravas, arenas heterogéneas y limos con lentes de materia orgánica. A continuación se presenta la ubicación de las exploraciones que permiten caracterizar este depósito. Ver Ilustración 107.

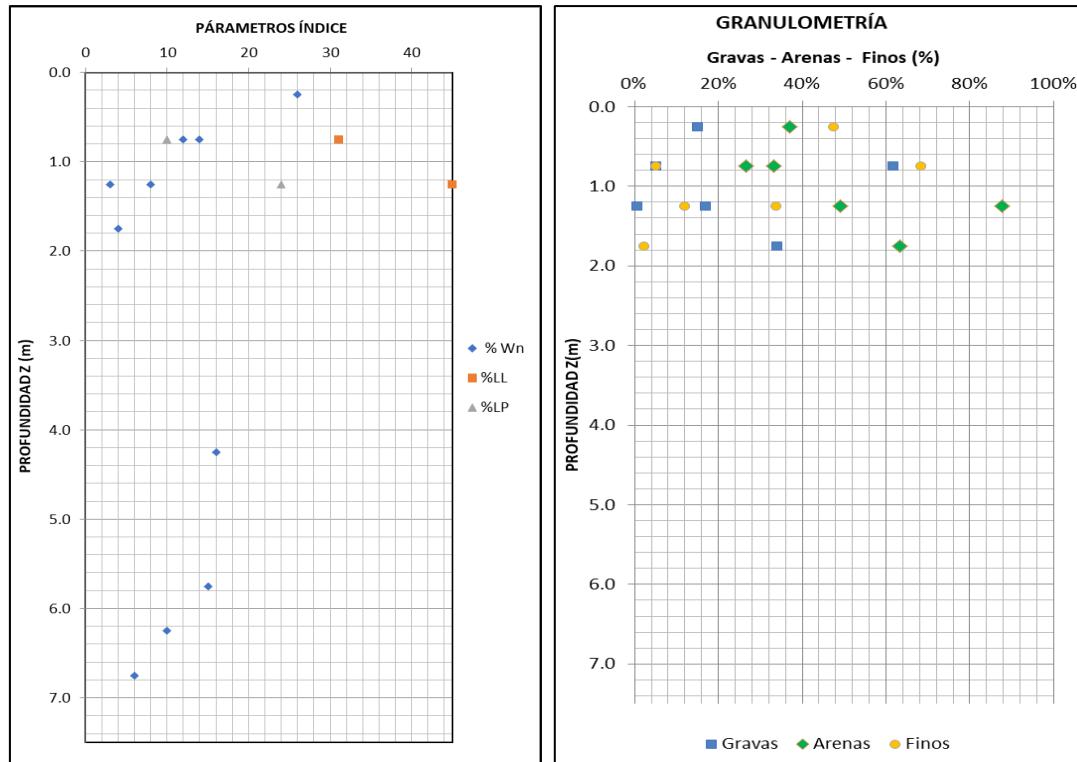


**Ilustración 107. Vista de la unidad geológica Stfasr, del río Suaza. Municipio de Guadalupe.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

De acuerdo con la exploración geotécnica y los resultados obtenidos en los barrenos manuales BM 3- BM 4 y Sondeo mecánico SM2, el espesor aproximado es de 7.0 m. A partir de los resultados de campo se determina las características físicas del material, inicialmente se tiene en cuenta la compacidad del perfil de suelo, la cual como se puede ver en las gráficas a continuación incrementa con la profundidad de suelta a compacta, sin embargo se aclara que el depósito es matriz soportado, y por lo tanto los puntos que reportan  $N_{45} > 50$  corresponde a la compacidad de los bolos y gravas presentes. Pero como se puede identificar a continuación en la Ilustración 108, excluyendo los números de golpes altos que corresponden a los materiales gravosos, se logra identificar que la matriz del depósito tiene una compacidad desde suelta a compacta.



hacia profundidad; lo mencionado se puede observar en las gráficas presentadas en la Ilustración 109.



**Ilustración 109. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP así como la Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad.**

Fuente: Geocing S.A.S.

El compilado de los resultados de los ensayos de caracterización física y de resistencia se puede ver en la tabla posterior (Ver Tabla 88).

**Tabla 88. Parámetros de resistencia para Stfasr.**

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO														
MUESTRA				Peso Unitario			Granulometría			Límites Atterberg			USCS	
SONDEO	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	$\gamma_t$ [kN/m³]	$\gamma_d$ [kN/m³]	$\omega_n$ [%]	Gravas	Arenas	Finos	LL [%]	LP [%]	IP [%]		
							[%]	[%]	[%]					
BM3	0.75	13	-			14				31	10	21	CL	
BM3	1.25	12	-			3	61.60%	33.20%	5.00%					
BM3	1.75	50	-	15.34	14.82	4	0.50%	87.70%	12.00%	NL	NP			
BM4	0.25		-			26	34.00%	63.40%	2.10%	45	24	21	SC	
BM4	0.75	28	-	16.35	14.6	12	15.00%	37.10%	47.40%					
BM4	1.25	47	-			8	5.00%	26.60%	68.20%					

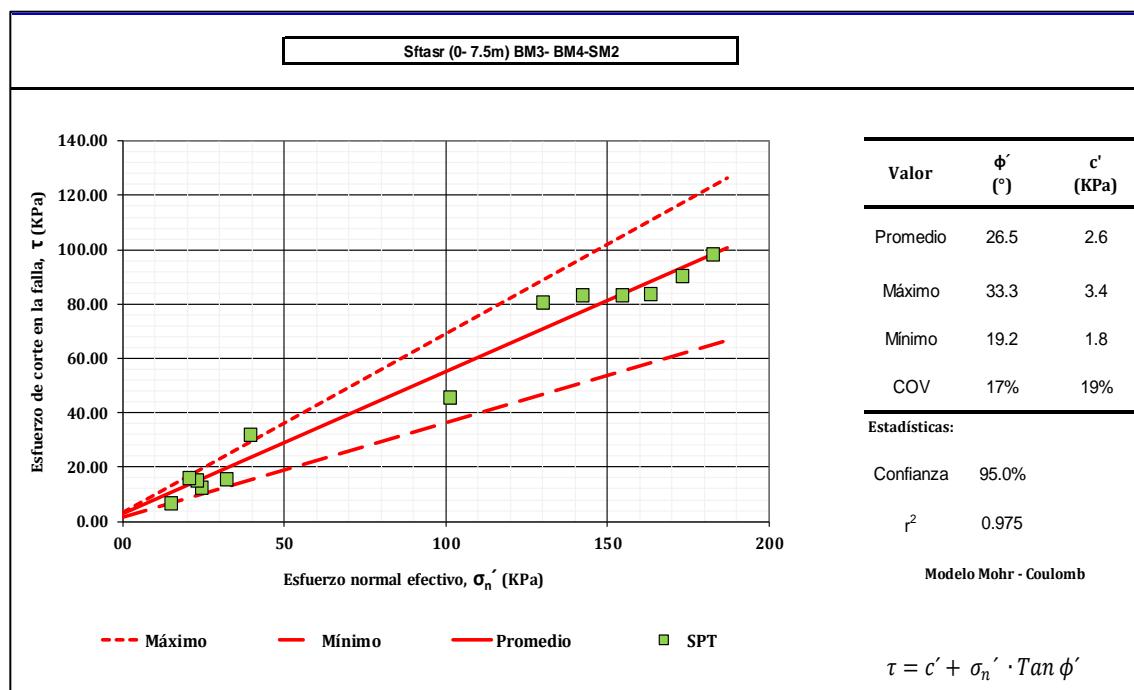
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica dado que en primera instancia son materiales granulares y permite una adecuada interpretación de los resultados obtenidos del ensayo de SPT y en razón que no fue posible la obtención de parámetros de resistencia a partir de ensayos de laboratorio, a continuación se presenta la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros  $\phi'$  y  $c'$ ; Los resultados de estos ensayos sirvieron para calcular parejas de valores, las cuales se ajustaron a una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos. La Tabla 89 muestra el resultado de la aplicación de esta metodología.

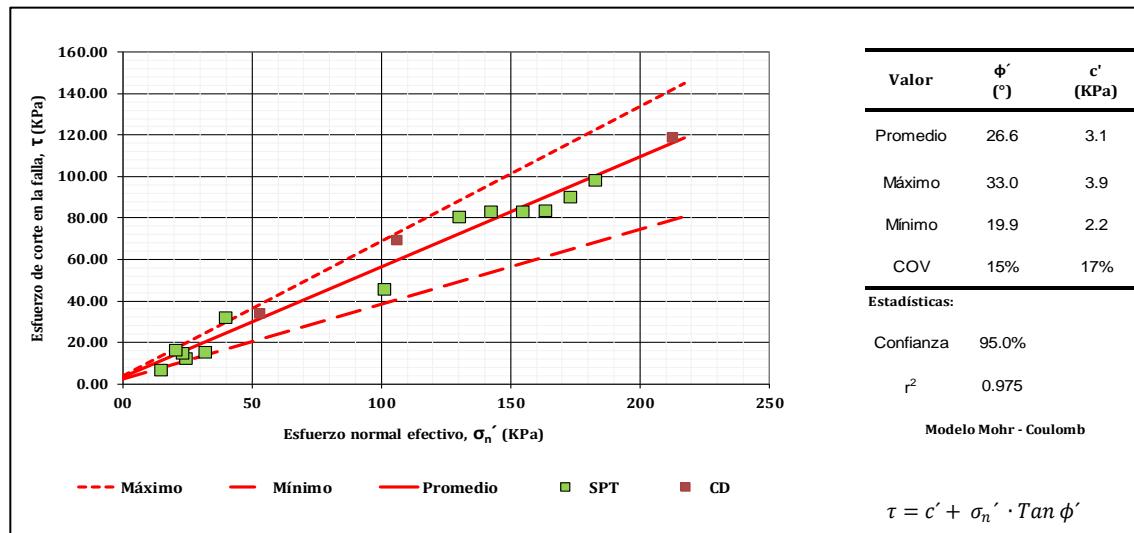
En vista que, a los materiales se les practico ensayos de resistencia tipo Corte directo se realiza junto con los resultados de correlación con el SPT el cálculo de parejas de valores, las cuales se ajustaron a una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos, los resultados se presentan en la Tabla 90.

**Tabla 89. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia del Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subrenciente.**



Fuente: Geocinc S.A.S.

**Tabla 90. Correlación SPT y Corte Directo para la estimación de los parámetros de resistencia de Stfar**



Fuente: Geocinc S.A.S.

#### 11.2.4 Suelo Transportado fluvial, Aluvial activo, (Stfaa)

Depósito cuaternario, conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, de la quebrada la Viciosa, y de una serie de escorrentías localizadas al sur del casco urbano. A continuación se presenta la ubicación en la Ilustración 110.

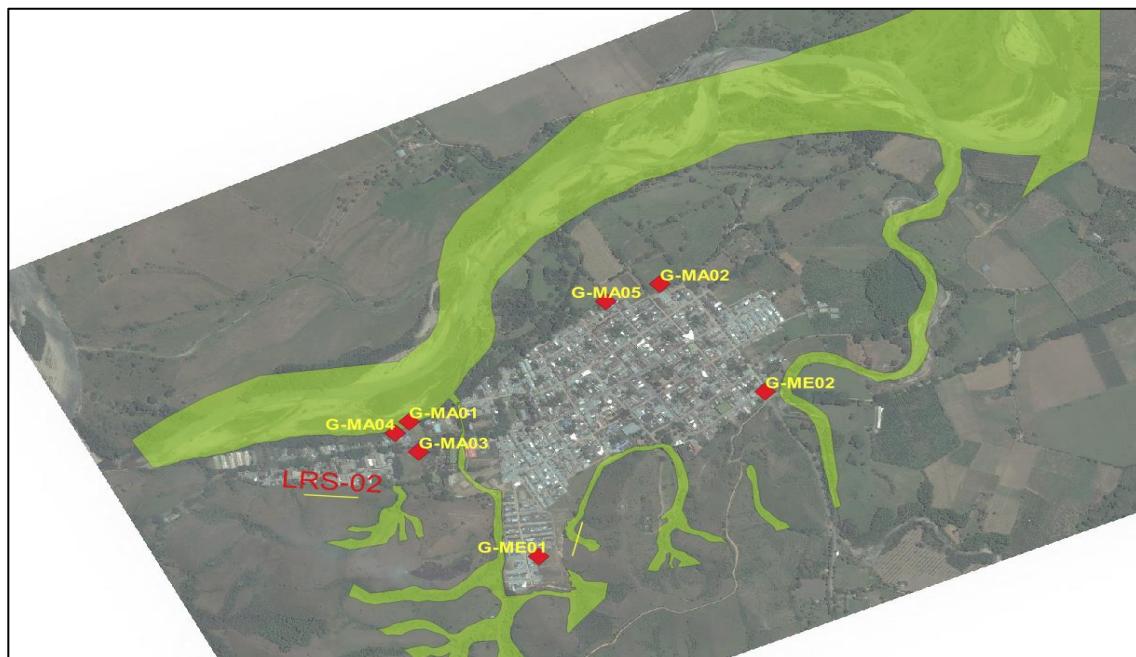


Ilustración 110. Vista de la unidad geológica Stfaa, del río Suaza.  
Fuente: Geocinc S.A.S.

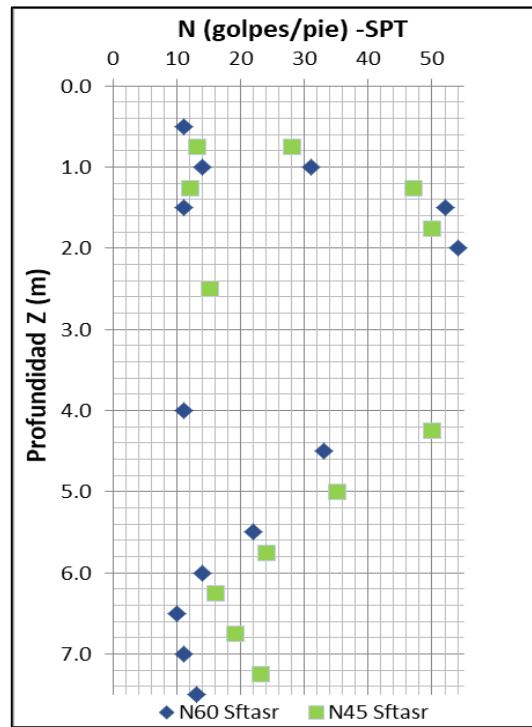
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



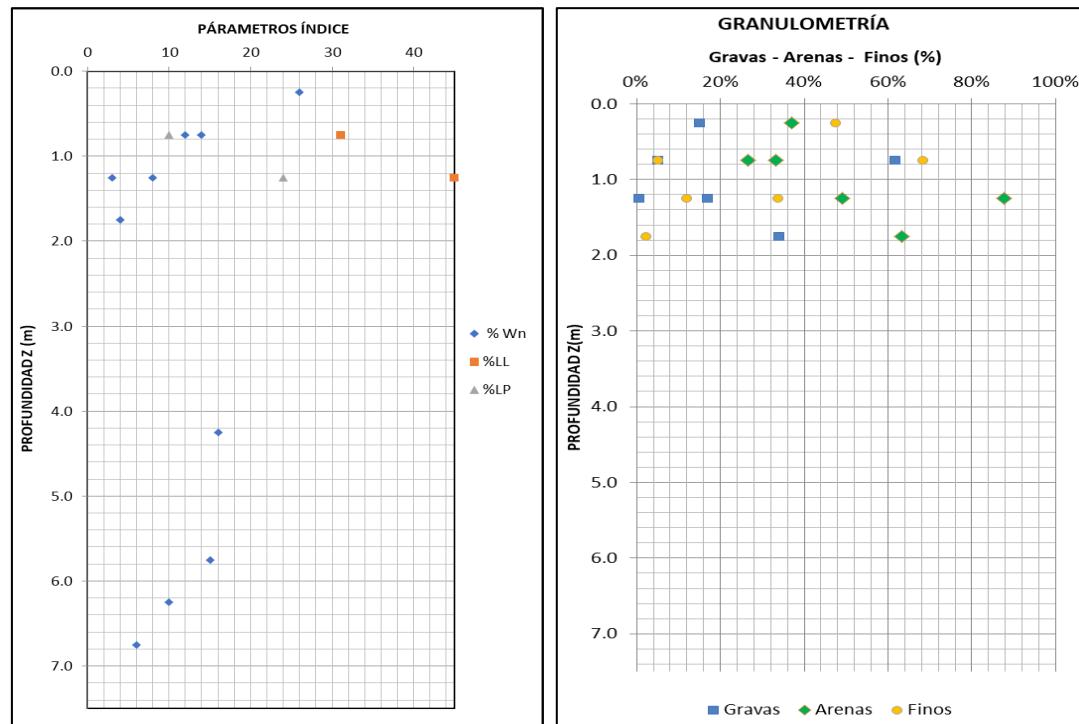
**Ilustración 111. Vista de la unidad geológica Stfaa, del río Suaza.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

De acuerdo con la exploración geotécnica y los resultados obtenidos en la exploración manual BM 1 el espesor aproximado es de 4.0 m. A partir de los resultados de campo se determina las características físicas del material, inicialmente se tiene en cuenta la compacidad del perfil de suelo, la cual como se puede ver en las gráficas a continuación incrementa con la profundidad de suelta a compacta, sin embargo se aclara que el depósito es matriz soportado, y por lo tanto los puntos que reportan  $N_{45} > 50$  corresponde a la compacidad de los bolos y gravas presentes. Pero como se puede identificar a continuación en la Ilustración 121 excluyendo los números de golpes altos que corresponden a los materiales gravosos, se logra identificar que la matriz del depósito tiene una compacidad desde suelta a compacta.

De acuerdo con lo que se muestra en la se observa que los materiales granulares que componen el deposito aluvial tienen valores de límite plásticos son superiores a la humedad natural con valores promedio de 34.67% y 14.47% respectivamente, lo cual indica que los materiales se encuentran en un estado semi-sólido y si se presentan variación en el porcentaje de contenido de agua, las variaciones volumétricas serán mínimas; en razón que el índice de plasticidad es menor a 10% y nulo, los materiales en este rango de profundidad tienen plasticidad baja a nulo.



**Ilustración 112. Perfil de campo, reporte de N45 con N60.  
Fuente: Geocing S.A.S.**



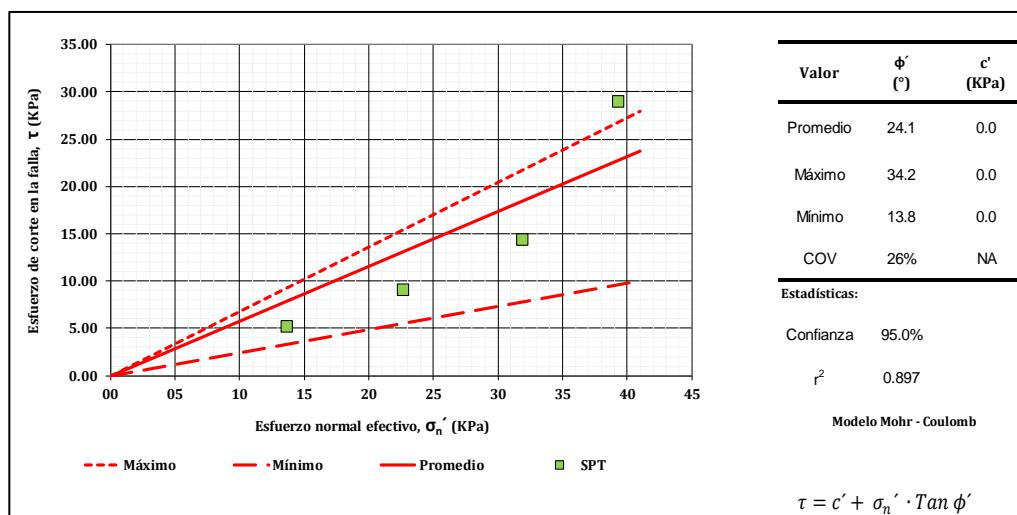
**Ilustración 113. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP así como la Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad  
Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Según los resultados de los ensayos de clasificación se evidencia la heterogeneidad en los materiales que constituyen el deposito aluvial asociado a la dinámica fluvial del río Suaza en todo su espesor la distribución granulométrica en general está constituido por una matriz arenoso arcillosa con porcentaje superior promedio de 56.3% de arena, 25.1% de materiales finos y un porcentaje materiales gruesos tipo gravas de 17.3%, valores que permiten clasificar texturalmente de acuerdo con la USCS el depósito como SC. Se evidencia de igual manera que a partir de 2.0 m de profundidad, disminuye la proporción de material de la matriz, quedando el material gravoso hacia profundidad; lo mencionado se puede observar en las gráficas presentadas en la Ilustración 113.

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica dado que en primera instancia son materiales granulares y permite una adecuada interpretación de los resultados obtenidos del ensayo de SPT y en razón que no fue posible la obtención de parámetros de resistencia a partir de ensayos de laboratorio, a continuación se presenta la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros  $\phi'$  y  $c'$ ; Los resultados de estos ensayos sirvieron para calcular parejas de valores, las cuales se ajustaron una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos. La Tabla 91 muestra el resultado de la aplicación de esta metodología.

**Tabla 91. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia del Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subrenciente**



Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> S.A.S. Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 11.2.5 Suelo Residual Formación Guapotón, (Sr-NP2ng)

Con la perforación mecánica SM1 se logra identificar desde la superficie del terreno hasta una profundidad de 7.5 m la presencia de un nivel de Suelo residual asociado al perfil de meteorización de la Formación Guapotón; dadas las características de resistencia reportadas mediante el SPT, este material es de compacidad compacta y descrito como limo arenoso gris con vetas habano, compresibilidad baja, plasticidad baja arcillosos cafés, con presencia de lentes de arena habanas finalizando la exploración se logran obtener núcleos de roca grisácea incrementando resistencia con la profundidad, La LRS 01, reporta 8 metros de este material, con Vs variable cercana a los 350 m/s. la LRS 02 reporta 4 metros de este material, con Vs cercana a los 425 m/s. En la Ilustración 114 Vista en planta de la distribución del Suelo residual del Neis de Guapotón y la ubicación de las perforaciones que permiten caracterizar el nivel de suelo.

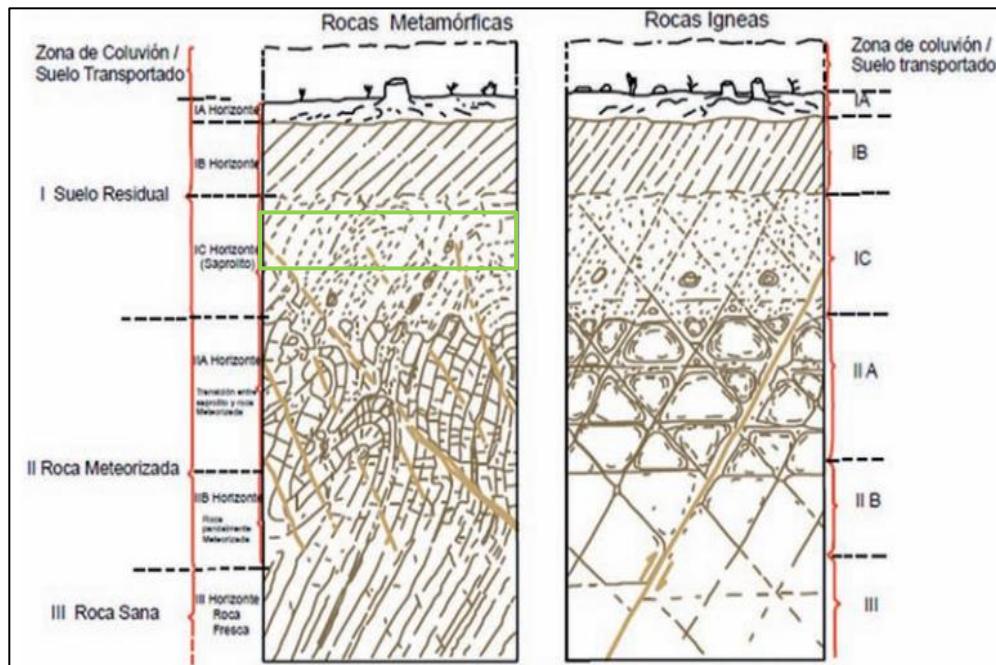


**Ilustración 114. Vista en planta de la distribución del Suelo residual del Neis de Guapotón y la ubicación de las perforaciones que permiten caracterizar el nivel de suelo.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

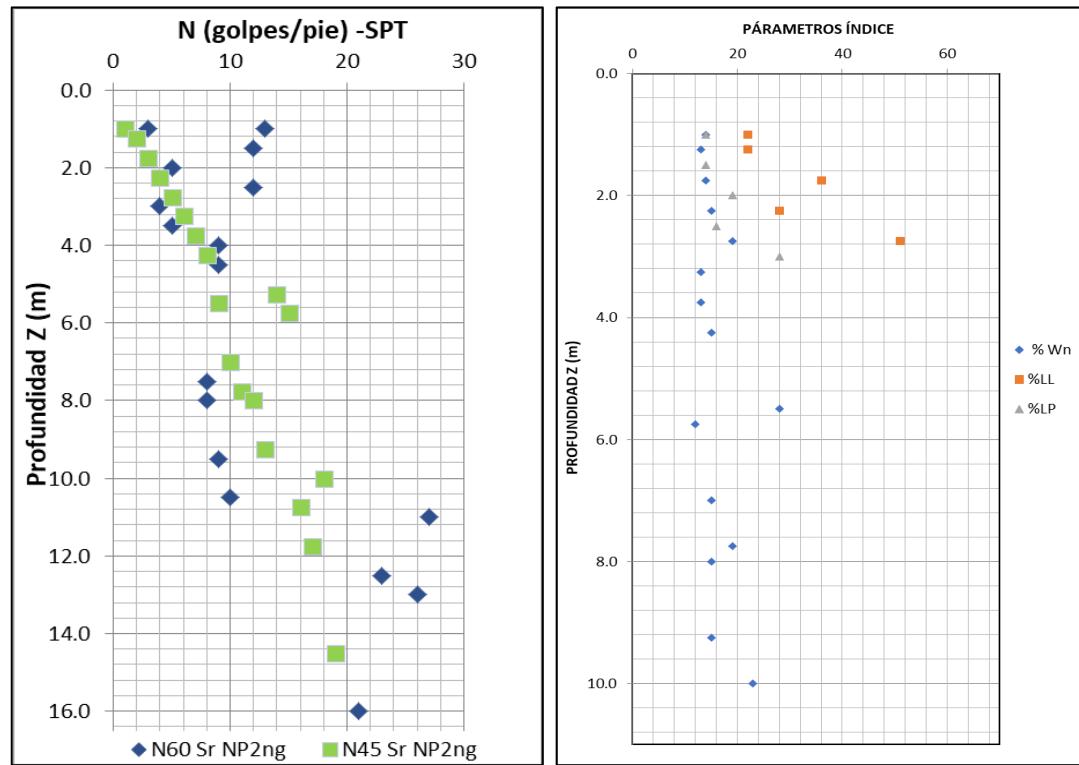
A partir de los resultados de campo se determina las características físicas y de resistencia del nivel de Suelo Residual se reportan Número de golpes 45 menores a 20 de consistencia compacta, prosigue a este material compacto un nivel más duro registrando Número de golpes  $45 > 50$  y rechazo lo cual indica una resistencia media además se estima el espesor de esta unidad superficial de aprox. 10.0 m. De acuerdo con la Ilustración 113 los materiales presentan

plasticidad baja con valores de humedad natural promedio de 15.4%, anotando que, los valores e humedad cercanos al límite plástico (16%), lo cual indica que el nivel está en estado sólido y que las variaciones volumétricas frente a los cambio de contenido de agua serán mínimos. Como se observa en los resultados de los ensayos de clasificación, y al reconocimiento visual microscópico del afloramiento, se clasifica el suelo como **Horizonte IC –Suelo residual**. Ver Ilustración 115.



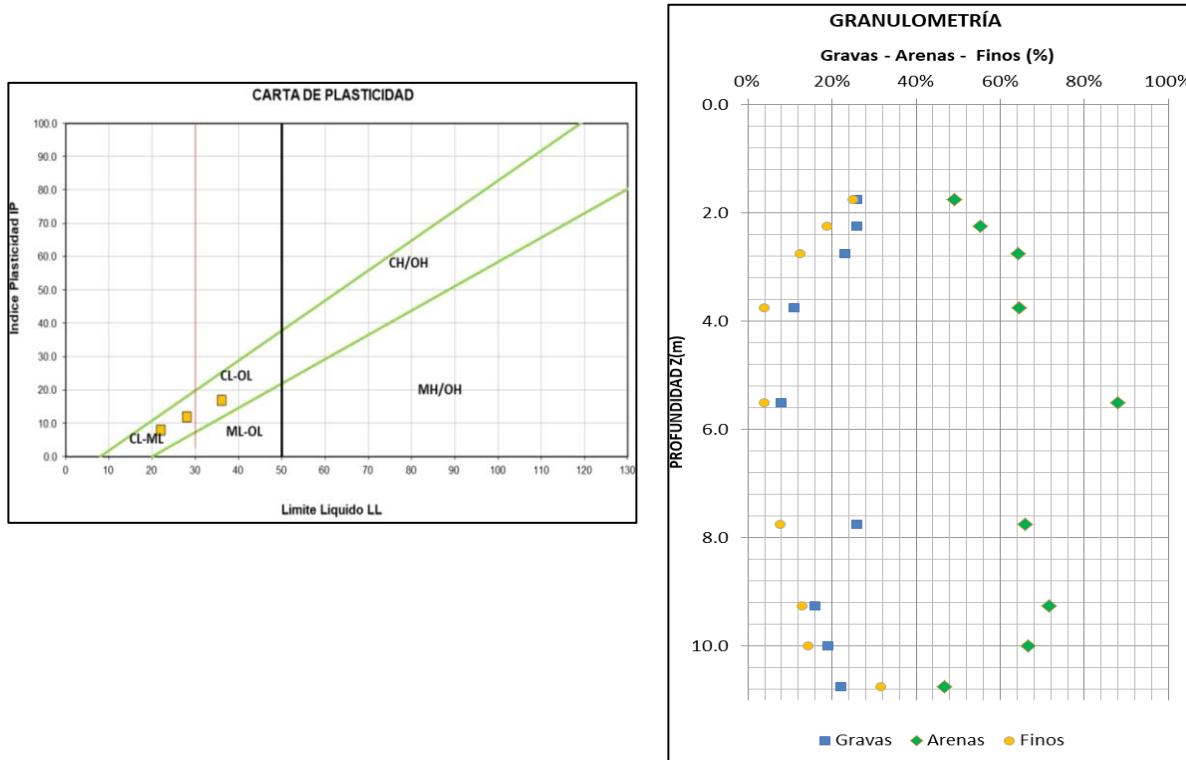
**Ilustración 115. Perfil de meteorización típicos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas, según Deer y Patton, 1971.**

Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 116. Perfil de campo, reporte de N45 con N60. Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP en profundidad**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

Según los resultados de granulometría se evidencia la heterogeneidad en los materiales que constituyen el nivel de suelo residual se puede observar la variación de los contenidos de materiales finos en profundidad; el primer estrato se distingue hasta una profundidad de 4.0 m en el cual el porcentaje de arena promedio es de 63.4%, un contenido importante de contenido de gravas promedio es de 19.7% y un porcentaje menor de 14.5% de materiales finos, distribución granulométrica que junto con los resultados de Límites de Atterberg permite clasificar texturalmente el nivel como SC, en la Ilustración 117 se puede visualizar lo descrito anteriormente y posteriormente en la Tabla 92 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de Corte directo drenado y Compresión inconfinada los cuales permiten la caracterización de resistencia del perfil de Suelo.



**Ilustración 117. Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida la naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 92. Parámetros de resistencia para el Suelo Residual Horizonte IC –Suelo residual.**

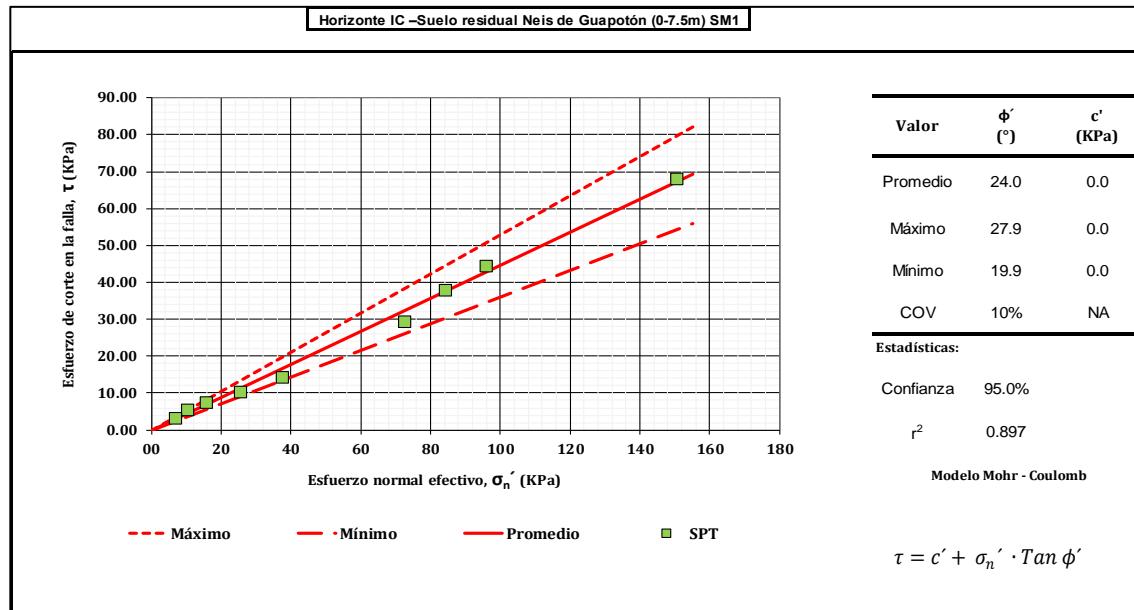
		RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO													USCS	Corte directo Drenado	
MUESTRA				Peso Unitario		$\omega_n$ [%]	Granulometría			Límites Atterberg			C	$\phi'$ [°]			
SONDEO	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	$\gamma_t$ [kN/m³]	$\gamma_d$ [kN/m³]		Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]					
SM1	1.00	12	-														
SM1	1.25	11	-	20.72	18.20	14.0				22	14	8	CL				
SM1	1.75	5	-	18.70	16.50	13.0	26.0%	49.2%	25.0%								
SM1	2.25	11	-			14.0	26.0%	55.2%	18.8%	22	14	8	SC				
SM1	2.75	5	-	22.05	19.13	15.0	23.0%	64.2%	12.4%								
SM1	3.25	9	-	23.08	19.44	19.0				NL	NP			9	29.5		
SM1	3.75	15	-			13.0	11.0%	64.4%	3.8%								
SM1	4.25	15	-			13.0				NL	NP						
SM1	5.50	SH	-	20.16	17.46	15.0	8.0%	87.9%	3.8%								
SM1	7.00	15	-	19.57	15.31	28.0				36	19	17	CL	12	29.2		
SM1	7.75	16	-	19.03	16.58	15.0	26.0%	66.0%	7.6%								
SM1	8.00	NQ	-			19.0											
SM1	9.25	19	-			15.0	16.0%	71.6%	12.9%								
SM1	5.25	7	-			15.0				NL	NP						
SM1	5.75	20	-														
SM1	10.75	56	-	22.32	19.97	12.0	22.0%	46.8%	31.6%	28	16	12	SC				
SM1	11.75	NQ	-														
SM1	10.00	59	-	17.33	15.61	11.0	19.0%	66.7%	14.2%								
SM1	14.50	NQ	-			23.0				51	28	13	SC				

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

 <p><b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <p><b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería</p>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica, a continuación se presenta para el estrato de Suelo residual la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros  $\phi'$  y  $c'$ ; Los resultados de estos ensayos sirvieron para calcular parejas de valores, las cuales se ajustaron una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos. La Tabla 93 muestra el resultado de la aplicación de esta metodología.

**Tabla 93. Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia del Horizonte IC –Suelo residual.**



Fuente: Geocing S.A.S.

### 11.2.6 Roca Meteorizada Formación Guapotón, (NP2ng-r)

En la carretera que del casco urbano de Guadalupe, por el costado suroriental, conduce a Florencia (Caquetá), se observan algunos afloramientos de neis descritos como una roca roja - rosado moteada de negro, fanerítica de grano medio a grueso, que se confunde con un granito y microscópicamente presenta una mineralogía constituida por feldespato alcalino, cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol como minerales principales, con orientación que demuestran el metamorfismo generado y estructuras propias del mismo. Todo esto también debido al protolito ígneo félscico que presentan estas rocas, posiblemente granítico, esta roca se observa meteorizado y fracturado. El espesor de este material es variable, iniciando en 7,5 metros en el sonde mecánico SM1, N45 > 56

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

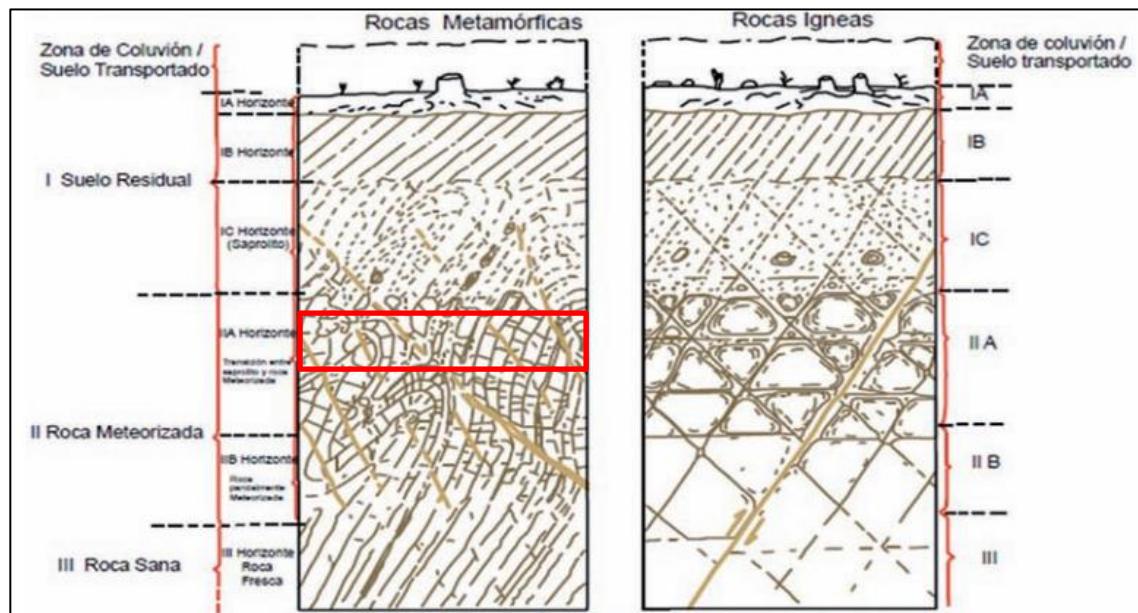
golpes-R. La LRS 1 reporta este material a partir de los 8 metros, con Vs de 450 m/s hasta los 30 metros de profundidad de reporte; la LRS2 reporta este material a partir de los 4 metros con Vs entre 500 y 600 m/s hasta los 30 metros de profundidad de reporte. Desde el punto de vista de la mecánica de rocas aplicada, es difícil determinar las propiedades mecánicas más representativas de un macizo rocoso. En la descripción del macizo rocoso se toman datos cualitativos y si es posible cuantitativos.-Por ello, los métodos de caracterización tienden normalmente a obtener valores numéricos.- En este sentido, existen tablas donde se establecen clases que permiten cuantificar dichas características y obtener parámetros.- Dichos parámetros son necesarios en la clasificación Geomecánica de los macizos rocosos.

A continuación se estima el comportamiento y caracterización de macizos rocosos en lo que concierne a sus propiedades de resistencia, para caracterizar un macizo rocoso se requiere conocer los parámetros básicos de la roca y de las discontinuidades así como la estructura del macizo que incluye aspectos como el número de familias de discontinuidades existentes, el espaciado medio de los planos de discontinuidad, las características geomecánicas básicas de las discontinuidades. Asimismo será necesario medir o estimar el estado tensional in-situ y en su caso las alteraciones producidas en el macizo por otras excavaciones. Se puede identificar a continuación en la Ilustración 118 e Ilustración 119.



**Ilustración 118. Vista del Neis de Guapotón en el cual se identifica el grado de fracturamiento de las rocas metamórficas.**

Fuente: Geocing S.A.S.

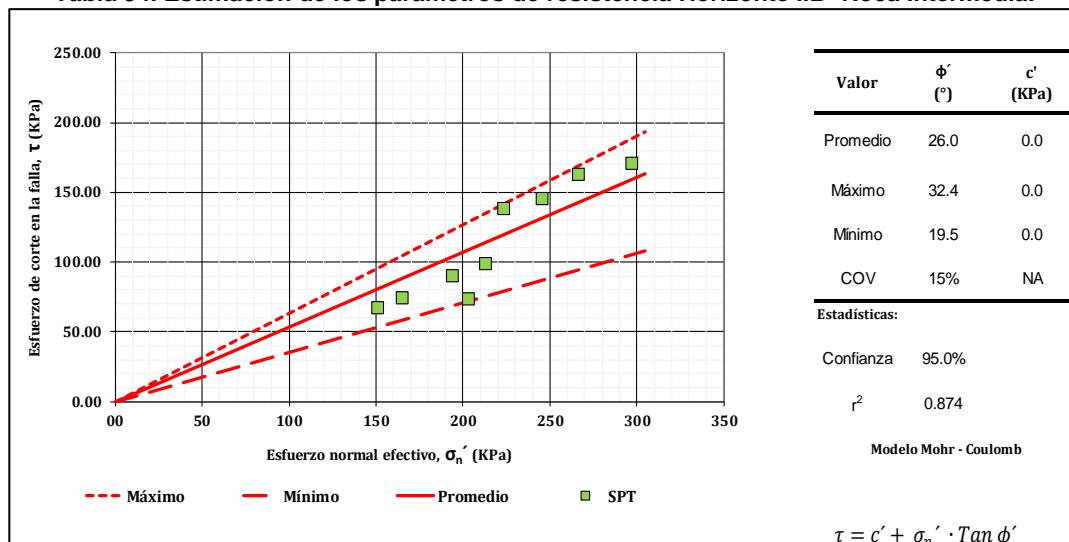


**Ilustración 119. Perfil de meteorización típicos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas, según Deer y Patton, 1971.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica, a continuación se presenta para el Horizonte IIB- Roca Intermedia la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros  $\phi'$  y  $c'$ ; Además se presentan las envolvente máximas y mínimas generadas para el grupo de datos, como se puede ver Tabla 94.

**Tabla 94. Estimación de los parámetros de resistencia Horizonte IIB- Roca Intermedia.**

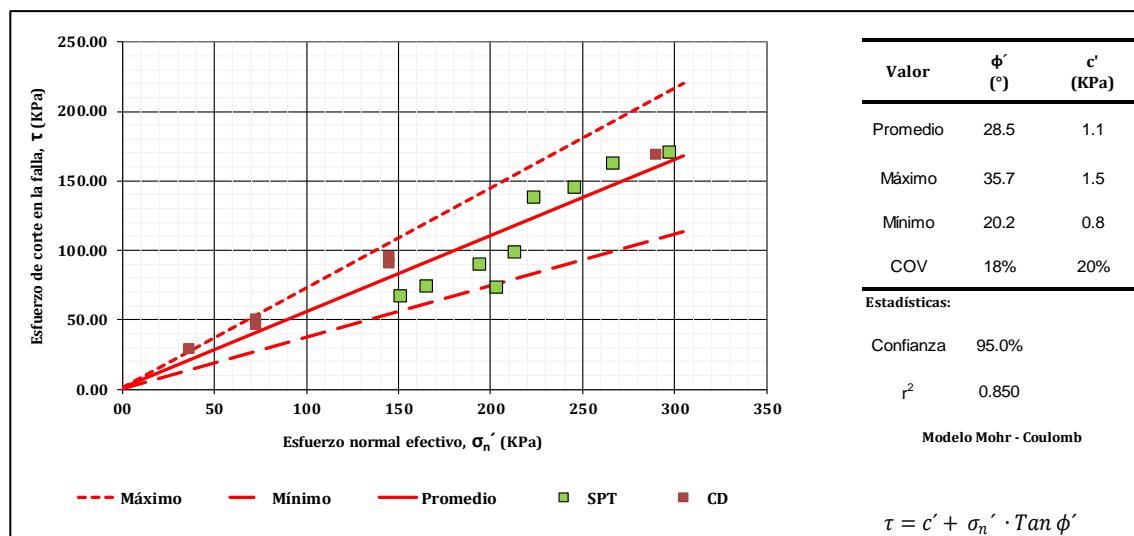


Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

En vista que, a los materiales se les practico ensayos de resistencia tipo Corte directo se realiza junto con los resultados de correlación con el SPT el cálculo de parejas de valores, las cuales se ajustaron a una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos, los resultados se presentan en la Tabla 95.

**Tabla 95. Correlación mediante el SPT y Corte Directo para la estimación de los parámetros de resistencia de Roca meteorizada Neis de Guapoton – Horizonte II-A.**



Fuente: Geocinc S.A.S

A partir del recorrido de campo, se tomaron tres (3) datos con el Esclerómetro, los cuales arrojaron valores de resistencia a la compresión simple de 23, 20 y 12 MPa resultados con los cuales se pretende estimar la resistencia mecánica del horizonte de roca expuesto en un tramo vial en la Ilustración 120, se puede visualizar la tabla de caracterización de cada uno de los parámetros de clasificación.



**ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN  
MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE  
GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS  
DEL DECRETO 1077 DE 2015.**



## INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
<b>1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)</b>		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	25-5	2
<b>2 Índice RQD de la roca</b>		
RQD (%)	< 25	3
<b>3 Separación entre diaclasas</b>		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
<b>4 Estado de las discontinuidades</b>		
Longitud de la discontinuidad (m)	1-3	4
Abertura (mm)	1-5	1
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno duro, > 5 mm	2
Alteraciones	Moderada. Alteradamente	3
<b>5 Agua freática</b>		
Caudal por 10 m de tunel	25-125 l/min	4
Presión agua/Tensión principal mayor	0,1-0,2	7
Estado general	Húmedo	7
<b>Corrección por discontinuidades</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Puntuación</b>
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	Medias	-7
Taludes	Favorable	-5
	<b>Puntuación</b>	<b>34</b>

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Angulo de rozamiento [°]
Mala	IV	10 horas con 2,5 m de vano	1-2	15-25

*Foto o croquis de la estación geomecánica*



10/07/2018

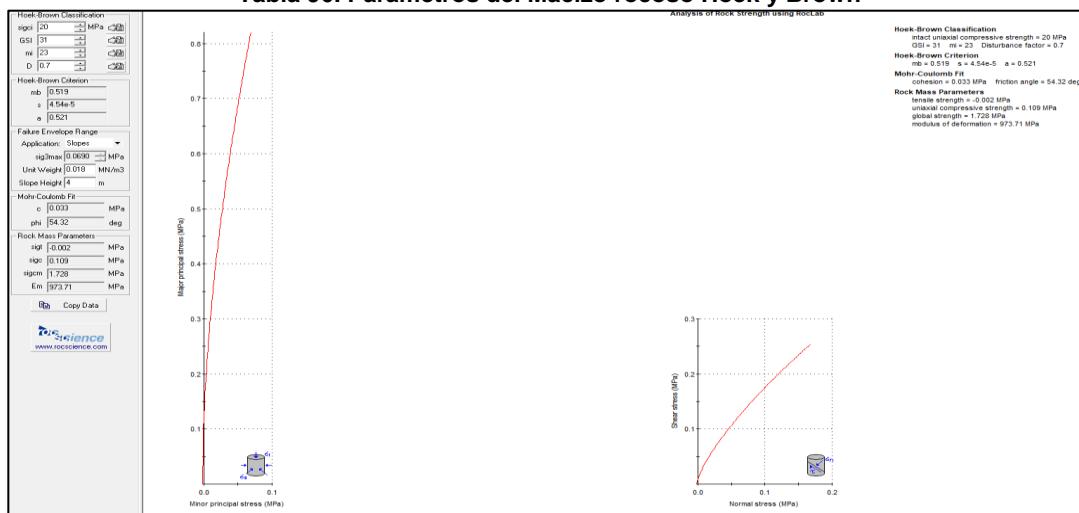
  

Orientación de las discontinuidades en el túnel						
Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento		Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buzamiento 0°-20°. Cualquier dirección
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable

**Ilustración 120. Clasificación geomecánica RMR del Neis de Guapotón,  
Fuente: Bieniawski, 1998.**

Con el fin de afinar los valores de los parámetros de resistencia y caracterización del macizo rocoso se realizar el análisis para la obtención de los mismos por medio del software RocLab, de cual se obtiene la siguiente salida con los respectivos parámetros de resistencia del macizo rocoso. Ver Tabla 96.

**Tabla 96. Parámetros del Macizo rocoso Hoek y Brown**



Fuente: Geocing S.A.S.

### 11.3. PERFIL GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO GUADALUPE

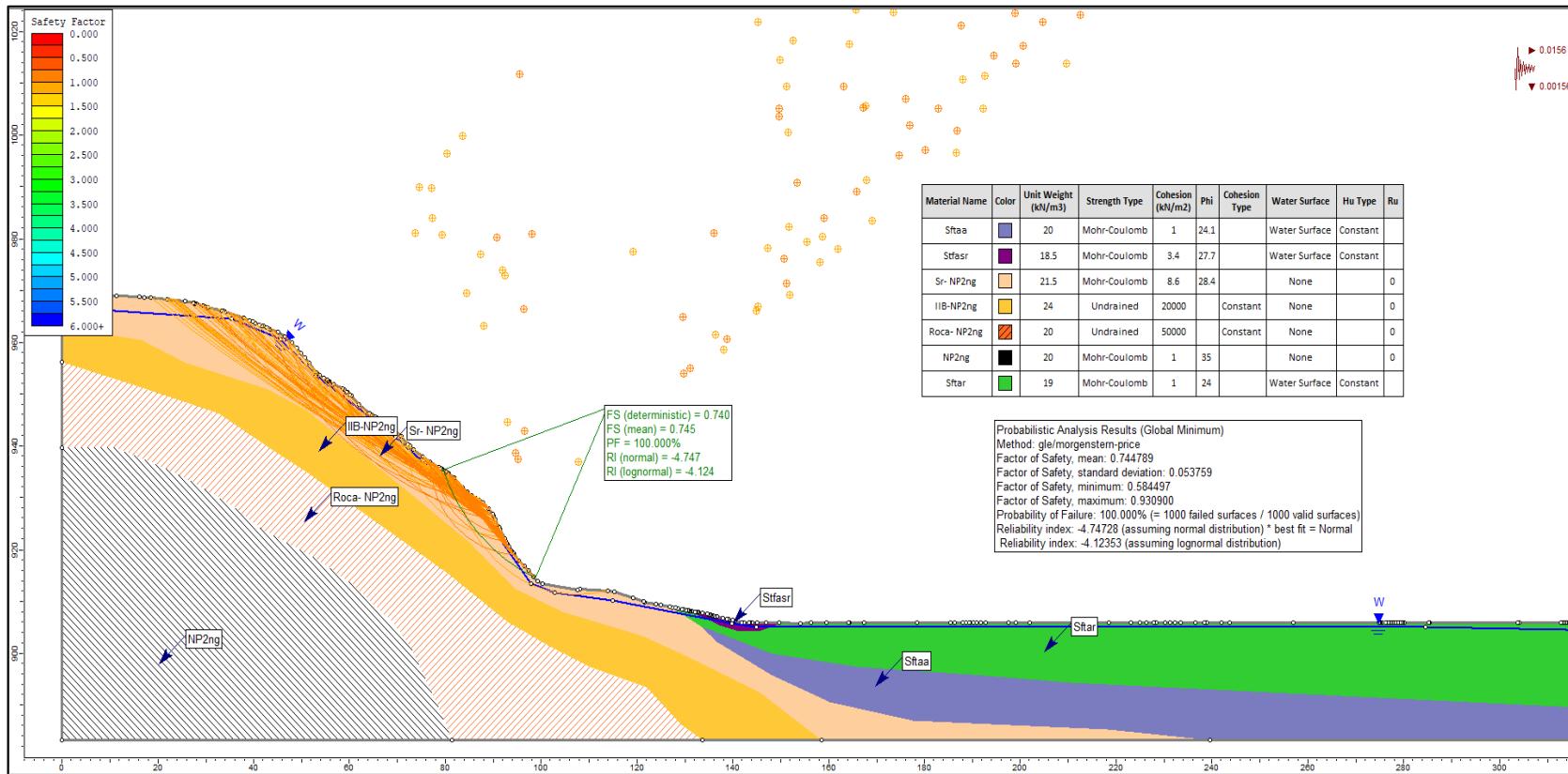


Ilustración 121. Análisis de estabilidad para el perfil representativo.  
Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media:

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 97. Perfil Geotécnico del área de estudio**

Unidad Geológica	Exploración	Profundidad (m)	SUCS	N45	N60	Nf (m)	PARÁMETROS TOTALES				PARÁMETROS EFECTIVOS				Parámetros RMR		Parámetros Hooke and Brown		Parámetros de Análisis		
							SPT	COMPRESIÓN INCONFINADA EN ROCA (Promedio)			CORTE DIRECTO		A.J.G 1998								
								Cu (kPa)	qu (kPa)	Cu (kPa)	Y (kN/m³)	C' (kPa)	Φ' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)		
Stfar	BM2, BM5, SM2	0	7.5	SC	25	19	-	110						1.8	25.6				2.1	26	
Stfasr	BM3, BM4, SM2	0	7.5	SC	25	18	-					13.5	22.40	2.6	26.5				3.1	26.6	
Stfaa	BM1	0	4.5	SC	17	15	-	75						0	24.1				0	24.1	
Sr NP2ng	SM1	0	10	SC	22	12	-	97	106	53	19.86	8.6	29.5	0	24				8.6	24	
NP2ng - r	SM1	>	10	IIA	47	21	-	207	174	87	20.66	10.5	29.35	1.1	28.5	150	20	54.2	33	1.1	28.5

Fuente: Geocinc S.A.S

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 12. AMENAZA

### 12.1. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa son procesos gravitacionales que generan la denudación de la corteza terrestre debido a la movilización de diferentes volúmenes de suelo y roca. Para Varnes (1978) y se clasifican de acuerdo con el tipo de movimiento y el material involucrado. En este sentido, los suelos y las rocas pueden experimentar caídas, volcamientos, deslizamientos, propagaciones laterales, flujos, reptación o movimientos complejos, que son una combinación uno dos o más de los movimientos anteriormente mencionados; la clasificación se presenta a continuación en la siguiente tabla, ver Tabla 98.

Aunque muchos movimientos en masa tienen causas naturales, los pequeños son resultado de las actividades humanas y podrían haber sido prevenidos o sus daños minimizados. Por consiguiente, a pesar de que no se pueden controlar en su totalidad los factores que causan que el terreno sea susceptible sí se podrían emplear planes o medidas que minimicen el riesgo por la ocurrencia de este tipo de eventos.

Tabla 98. Tipos de movimientos en masa.

TIPO DE MOVIMIENTO			TIPO DE MATERIAL ASOCIADO		
			ROCA	SUELO DE INGENIERÍA	
				Predominante Grueso	Predominante Fino
<b>CAIDAS</b>		Roca	Detritos		Tierra
<b>VOLCAMIENTOS</b>		Volc. de Roca	Detritos		Tierra
<b>DESPLAZAMIENTOS</b>	<b>ROTACIONAL</b>	Pocas Unidades	Hundimiento de roca	Hundimiento de Detritos	Hundimiento de Tierra
			Deslizamiento de bloques de Roca	Deslizamiento de bloques de detritos	Deslizamiento de bloques de tierra
	<b>TRASLACIONAL</b>	Muchas unidades	Deslizamiento de Roca	Deslizamiento de Detritos	Deslizamiento de Tierra
<b>PROPAGACIÓN LATERAL</b>			Roca	Detritos	Tierra
<b>FLUJOS</b>			Flujo de Roca (creep profundo)	de Detritos	de Tierra
				(creep de suelo)	
<b>REPTACIÓN</b> (Creep) (áreas de gran extensión)			(creep profundo)	(creep de suelo)	
<b>COMPUESTOS O MÚLTIPLES</b>			Combinación de dos o más de los tipos anteriores		

Fuente: Varnes (1978).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

De acuerdo con González de Vallejo (1990), los niveles de amenaza por de Movimientos en masa dependen de los materiales in-situ y de la energía potencial gravitatoria de las masas susceptibles en relación al lugar de interés. La susceptibilidad está controlada por factores intrínsecos (materiales, topografía, estado de esfuerzos, condiciones de drenaje, cobertura vegetal, etc.) mientras que las causas o eventos detonantes pueden considerarse externos (lluvias, sismos, excavaciones, socavación, obras, etc.). Por otra parte, la energía potencial está controlada tanto por propiedades internas (el índice de fragilidad, la deformabilidad, la resistencia residual y el volumen de la masa), como por propiedades externas (la altura de posición y la posible trayectoria desde el deslizamiento hasta el punto amenazado). La Tabla 99 presenta la influencia de los factores intrínsecos y detonantes sobre la estabilidad de materiales y laderas.

**Tabla 99. Influencia de los diferentes factores.**

<b>Factores</b>		<b>Influencias y efectos</b>
Intrínsecos	Relieve (pendiente, geometría)	Distribución del peso del terreno
	Litología (composición y textura)	Densidad, resistencia. Comportamiento hidrogeológico.
	Estructura geológica y estado tensional.	Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo y anisotrópico. Zonas de debilidad.
	Propiedades geomecánicas de los materiales.	Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones de poros.
	Deforestación	Modificación del balance hídrico. Erosión.
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad.
Detonantes	Precipitación y aportes de agua	Variación de las presiones de poros y del peso del terreno. Saturación de suelos
	Cambio en las condiciones hidrogeológicas.	Erosión
	Aplicación de cargas dinámicas o estáticas (sobrecargas).	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado de esfuerzos de la ladera. Incremento de presiones de poros.
	Cambios morfológicos y de geometría de las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estado de esfuerzos.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Factores	Influencias y efectos
Erosión o socavación de la pata del talud.	Cambios geométricos en la ladera.
	Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado de esfuerzos de la ladera.
Acciones climáticas (heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua del terreno.
	Generación de grietas y planos de debilidad.
	Disminución de las propiedades resistentes.

Fuente: González de Vallejo, Ferrer, Ortúño & Otero (2002).

Los principales factores que contribuyen el desencadenamiento de movimientos en masa son el relieve, la geología, condiciones meteorológicas e, indudablemente, la acción antrópica. Por lo general el detonante es el agua lluvia.

Cuando la actividad humana se realiza sin ninguna planificación, especialmente en obras viales, explotación de minas, desarrollos urbanísticos, rellenos mal efectuados, cortes en el perfil natural de las laderas, deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas entre otros, promueve la inestabilidad en suelos que en cierta medida son vulnerables a esta clase de movimientos.

Los factores más importantes que pueden causar un deslizamiento pueden describirse así (Mora, 1990):

- Daños en la ladera, desde pequeños desplazamientos y subsidencias, pasando por agrietamientos y movimientos de gran impacto.
- Generación de aludes, con desarrollo de altas tasas de energía cinética y el consiguiente alto poder destructivo de los elementos que se encuentren a su paso.
- Obstrucción de corrientes, con la generación de represamientos y embalses de permanencia variable, capaces de producir avalanchas mayores al liberarse.

Entonces, dado los efectos del deslizamiento se debe evaluar la resistencia de los elementos expuestos (edificaciones, infraestructura, vidas humanas, etc.) ante las diferentes solicitudes que dependerán de la magnitud del movimiento como de la posición relativa ante el elemento expuesto. Una vez conocida tanto la probabilidad de ocurrencia del deslizamiento como las consecuencias de los diferentes elementos expuestos por el deslizamiento, se puede determinar el riesgo.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### **12.1.1 Metodología**

El procedimiento general de análisis, el cual aplica para todas las secciones, corresponde con el siguiente:

1. Generación del modelo geológico geotécnico para cada sección con base en la exploración existente y asignación de parámetros geotécnicos a cada material del modelo con base a la Caracterización geotécnica realizada a cada uno de los materiales presentes en el área de estudio.
2. Ejecución de análisis de estabilidad bajo los diferentes escenarios de análisis para definir el grado de amenaza por movimientos en masa.
3. Si el nivel de amenaza es medio o alto y si los taludes de corte o terraplenes resultan con estabilidad precaria, se realizan análisis de estabilidad incluyendo obras de mitigación planteadas en función de la altura de cortes y de la profundidad de las superficies potenciales de falla. Las obras que se plantean deben garantizar tanto la estabilidad local de los taludes como la estabilidad global de las laderas intervenidas para garantizar un nivel de amenaza bajo.

### **12.1.2 Marco teórico**

Con el objetivo de elaborar el plano de amenaza por Movimientos masa, este numeral presenta los análisis de estabilidad de los taludes naturales localizados en el área de estudio. Dentro de las metodologías disponibles para los análisis de estabilidad, se encuentran los métodos de equilibrio límite, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para el análisis de caídos de roca y flujos (Suarez, 2009).

Para efectos del presente estudio, los análisis se realizaron mediante el método de Equilibrio límite cuya teoría establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de falla, de manera que, la masa de suelo por encima de la línea se desplaza con respecto a la masa inferior y la estabilidad se puede evaluar como la relación entre las fuerzas y momentos actuantes y las fuerzas y momentos que se oponen al movimiento. Esta relación se denomina Factor de Seguridad (FS).

El análisis de equilibrio límite se puede realizar estudiando la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas, lo cual permite analizar geometrías complejas, superficies curvas, rectas, cuñas, condiciones variables del suelo y la influencia de cargas externas (Suarez)

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Dentro de los métodos de análisis por dovelas se encuentran los métodos de Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer, Sharma y Morgenstern-Price, sin embargo, para efectos del presente estudio se empleó el método general de equilibrio límite (*GLE – General Limit Equilibrium*). Este método considera que la resultante de las fuerzas entre dovelas (fuerzas normales y cortantes) tiene una inclinación definida por una función constante (generalmente sinusoidal) y permite calcular el Factor de Seguridad (*FS*) garantizando el equilibrio de fuerzas y momentos.

### 12.1.3 Análisis de Equilibrio Límite

La teoría establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de falla, se interpreta que la masa del terreno por encima de la línea se desplaza respecto a la masa inferior lo que genera la rotura del terreno. En el momento en que se produce la falla, la resistencia al corte a lo largo de la superficie de deslizamiento se encuentra desplazada y el terreno se encuentra por completo en un equilibrio estático (Suárez Díaz, Deslizamientos., 2009b). Mediante el análisis de equilibrio límite se obtiene un número de factor de seguridad (*FS*) el cual expresa las condiciones de estabilidad de lo actuante sobre lo resistente. Esto se considera una ventaja debido a que esta variable se emplea para conocer el factor de amenaza para que el talud falle en las condiciones extrema. Este análisis consiste en determinar la existencia de una resistencia en el suelo del talud que sea suficiente para soportar los esfuerzos cortantes que tienden a causar la falla o deslizamiento.

#### Factor de seguridad

En general, el Factor de Seguridad se define como la relación entre las fuerzas actuantes y las fuerzas que se oponen al movimiento del material. Las fuerzas actuantes son función de los factores intrínsecos del talud, como el peso unitario del suelo o roca y la geometría del terreno, pero también dependen de los factores detonantes del movimiento, como las variaciones de la presión de poros causadas por los cambios en el nivel freático y la aceleración producida por solicitudes sísmicas. Por otra parte, las fuerzas resistentes dependen de los parámetros de resistencia del material, definidos a partir del modelo constitutivo elegido para la modelación numérica: Mohr-Coulomb para suelos y Hoek-Brown para macizos rocosos.

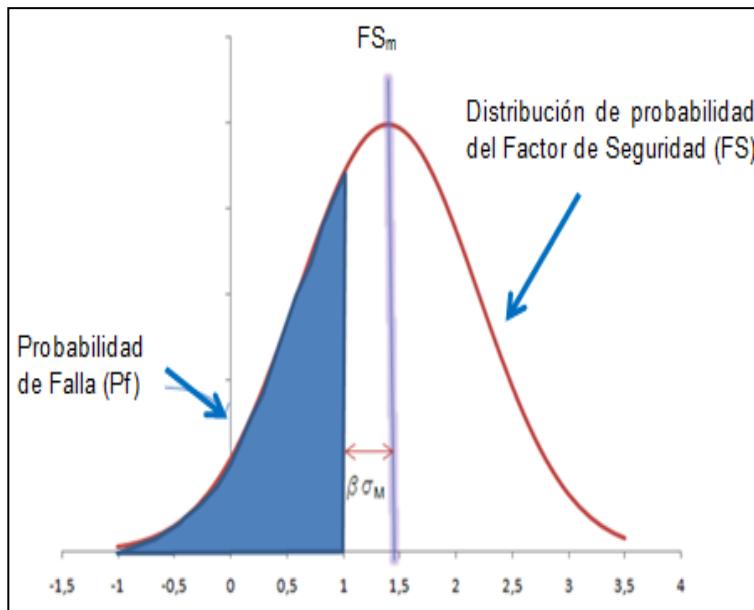
En este sentido el Factor de Seguridad es una función que depende de varios parámetros, algunos de los cuales pueden ser considerados variables aleatorias y otros valores constantes, por tanto, el Factor de Seguridad se define como una variable dependiente cuya distribución de probabilidad es igual a la multiplicación

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

de las funciones de distribución de probabilidad de las variables aleatorias  $a, b \dots z$ , es decir:

$$f(FS) = f(a) * f(b) \dots * f(z)$$

$$FS = f(a, b \dots z)$$



**Ilustración 122. Distribución de probabilidad del Factor de Seguridad.**  
 Fuente: Geocing S.A.S

Entonces la probabilidad de falla ( $P_f$ ) del talud es igual a la probabilidad de que el Factor de seguridad sea menor o igual a 1 y se puede calcular como sigue:

$$P_f = P(FS \leq 1.0) = \iiint_S f(FS) dFS = \iiint_S f(a) * f(b) \dots * f(z) da db \dots dz$$

Donde  $S$  es el conjunto de todo  $(a, b \dots z)$  tal que  $f(a, b \dots z)$  es menor o igual a 1.0.

## FACTORES DETONANTES

A continuación, se relacionan los factores intrínsecos y detonantes en los análisis de estabilidad:

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

**Sismo:** El sismo es un factor detonante en cuanto a que la fuerza actuante aumenta en proporción a la aceleración sísmica y la fuerza resistente disminuye a causa de las presiones de poros inducidas por el sismo, lo que en consecuencia disminuye la estabilidad del talud expresada por el factor de seguridad (Hadj-Hamou & Kavazanjian, 1985).

Dentro de la sección se evaluó la amenaza sísmica de la zona de estudio de acuerdo a lo registrado por la NSR-10. El parámetro de la aceleración horizontal y su valor calculado para un periodo de retorno de 475 años se presenta en la Tabla 100. Por lo tanto, se va a considerar el coeficiente de aceleración horizontal ( $K_h$ ) para que incluya las fuerzas pseudoestáticas horizontales producto de un evento sísmico, mientras que asume que las fuerzas verticales son iguales 10%  $K_h$ .

**Tabla 100. Parámetro de la distribución exponencial y valor de la aceleración horizontal para un periodo de retorno (Tr) de 475 años para la zona de estudio.**

Parámetro (mean value)	Aa (g) Tr = 475 años
0.0156	0.30

Fuente Norma sismoresistente 2010-NSR-10

**Lluvia:** Con el objetivo de simular diferentes escenarios de amenaza y observar el impacto que tiene la fluctuación del nivel freático sobre el modelo (tomado como el factor detonante principal), se realizaron diferentes simulaciones variando la altura del nivel freático. Esta recreación de múltiples situaciones que se pudieran presentar permitió visualizar el impacto que tiene la incertidumbre implícita del modelo. Se construyeron los siguientes 5 escenarios:

- Alto: el nivel freático es igual a la altura o espesor del talud.
- Medio Alto: el nivel freático es igual a tres cuartos veces la altura o espesor del talud.
- Medio: el nivel freático es igual a la mitad de la altura o espesor del talud.
- Medio Bajo: el nivel freático es igual a un cuarto de la altura o espesor del talud.
- Bajo: el nivel freático es igual a cero

#### **12.1.4 Método Probabilístico De Análisis De Estabilidad De Taludes-Simulación de Montecarlo**

La simulación Montecarlo asigna de forma aleatoria valores a cada variable independiente, los cuales se determinan a partir de la respectiva función de probabilidad. Cada conjunto de valores aleatorios se emplea para solucionar la ecuación que define el Factor de Seguridad. Este proceso se repite un número suficientemente grande (10.000 simulaciones = 10.000 análisis de estabilidad)

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

para obtener la distribución de probabilidad del Factor de Seguridad.

Es importante trabajar con un buen número de simulaciones para lograr que los resultados sean válidos, el Factor de Seguridad (FS) converja hacia su verdadera distribución y el error de muestreo sea el menor posible. Para su implementación se deben realizar los siguientes pasos (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012):

1. Construcción del modelo en condiciones de certidumbre plena
2. Identificación de las variables
3. Definición de las distribuciones de probabilidad de las variables aleatorias
4. Realizar la simulación
5. Análisis de resultados

El primer paso y segundo paso se desarrollaron en el numeral anterior, donde se definieron las variables independientes. En estas etapas no se consideraron incertidumbres lo que también se conoce como el planteamiento del modelo en condiciones de certidumbre plena (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012).

Una vez se han establecido las variables independientes, se incorpora la incertidumbre en la evaluación del modelo matemático. Esta inclusión se realiza con la definición de la distribución de probabilidad para cada variable estudiada, la cual describe de forma precisa el comportamiento de dichas variables (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012).

Los análisis de estabilidad desarrollados con el Programa Slide V6 son de tipo *Global mínimo*, es decir que, el análisis probabilístico se hizo sobre la superficie de falla mínima global, localizada mediante al análisis determinista de estabilidad de taludes.

Para cada talud analizado, los resultados del análisis probabilístico son la probabilidad de falla ( $P_f$ ), el Factor de Seguridad medio ( $FS_m$ ) y el índice de confiabilidad ( $IC$ ). La probabilidad de falla ( $P_f$ ) se define como la relación entre el número de análisis de estabilidad con Factor de Seguridad menor que uno ( $FS<1$ ) y el número total de análisis realizados, como se observa en la siguiente ecuación:

$$P_f = \frac{\text{Número análisis } FS < 1}{\text{número total análisis realizados}} * 100\%$$

El Factor de Seguridad medio ( $FS_m$ ) es el promedio de todos los Factores de

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Seguridad calculados para la superficie de falla mínima global. En general, el Factor de Seguridad medio debe ser cercano al Factor de Seguridad determinístico y para un gran número de análisis de estabilidad, los dos valores deben ser casi iguales (Rocscience, 2010).

El índice de confiabilidad (*RI – Reliability Index*) es un indicador del número de desviaciones estándar que separa el Factor de Seguridad medio ( $FS_m$ ) del Factor de Seguridad critico ( $FS_c = 1$ ).

Un talud estable debe tener un índice de confiabilidad mayor o igual a tres ( $RI \geq 3$ ). Por otra parte, un índice de confiabilidad igual a cero ( $RI = 0$ ) indica que el Factor de Seguridad medio es igual a 1 y un índice de confiabilidad negativo significa que el Factor de Seguridad medio es menor que 1.

El Programa Slide V6, puede calcular el índice de confiabilidad asumiendo una distribución normal o log-normal de los resultados del Factor de Seguridad. Si se asume que los Factores de Seguridad están distribuidos normalmente, el índice de confiabilidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$RI = \frac{\mu_{FS} - 1}{\sigma_{FS}}$$

Donde  $\mu_{FS}$  es el Factor de Seguridad medio o media de la distribución normal y  $\sigma_{FS}$  es la desviación estándar del Factor de Seguridad. Por otra parte, si el Factor de Seguridad está mejor ajustado a una distribución log-normal, entonces el Programa de computador emplea la siguiente Ecuación para calcular el índice de confiabilidad:

$$RI = \frac{\mu_{FS}}{\frac{1 + V^2}{\ln(1 + V^2)}}$$

Donde  $V$  es el coeficiente de variación del Factor de Seguridad, definido como la relación entre la desviación estándar y el Factor de Seguridad medio ( $\sigma_{FS}/\mu_{FS}$  ).

#### **12.1.5 Definición de las distribuciones de probabilidad de las variables Independientes**

Los factores intrínsecos del terreno incluyen la geometría del talud, los parámetros de resistencia y el peso unitario de los materiales existentes. Por otra parte, los factores detonantes incluyen la variación del nivel freático en el suelo y

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

las solicitudes sísmicas, en términos de coeficientes de aceleración pseudoestáticas.

### **Altura del Nivel freático $z_w$ (m)**

En los análisis de estabilidad se consideró que la altura del nivel freático sigue una distribución de probabilidad constante; sin embargo, con el objetivo de simular diferentes escenarios de amenaza y observar el impacto de la variación del nivel freático sobre la estabilidad, se construyeron cinco escenarios de variación del nivel de agua, es decir, cinco niveles de agua, que van desde condiciones saturadas (escenario 1) hasta condiciones secas (escenario 5):

**Tabla 101. Escenarios de variación del nivel freático.**

Escenario	Nombre	Desviación
1	Saturado	$\sigma_1$
2	Alto	$\sigma_2$
3	Medio	$\sigma_3$
4	Bajo	$\sigma_4$
5	Seco	$\sigma_5$

Fuente: Geocinc S.A.S.

Los valores  $\sigma_1$  a  $\sigma_5$  se refieren a la desviación estándar del Factor de Seguridad medio obtenido del análisis de estabilidad probabilístico hecho con el Software Slide V.6 de Rocscience. Parámetros de resistencia: De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media:

**Tabla 102. Perfil Geotécnico del área de estudio.**

Unidad Geológica	Exploración	Profundidad (m)		SUCS	$N_{45}$	$N_{60}$	$N_f$ (m)	PARÁMETROS TOTALES			PARÁMETROS EFECTIVOS		
								SPT	COMPRESIÓN INCONFINADA		CORTE DIRECTO		A.J.G 1998
		Cu (kPa)	Su (kPa)	Cu (kPa)	C' (kPa)	$\Phi'$ (°)	C' (kPa)	$\Phi'$ (°)					
Stfar	BM2, BM5, SM2	0	15	SC	25	19	-	110			12	25.875	2.3 28
Stfasr	BM3, BM4, SM2	0	15	SC	25	18	5	110			12	25.875	3.7 27.2
Stfaa	BM1	0	4.5	SC	17	15	-	75					0 24.1
Sr NP2ng	SM1	0	8	SC	22	12	5	97	106	53	10.5	29.35	0 29.2
NP2ng - r	SM1	>	16	IIB	47	21	5	207	174	87			33 54.32

Fuente: Geocinc S.A.S.

En el caso del ensayo corte directo, los valores de  $\sigma'_v$  (esfuerzo vertical efectivo) y  $\sigma'_h$  (esfuerzo cortante) se tomaron directamente de los resultados de laboratorio. La Tabla 103 presenta los parámetros de resistencia definidos para cada una de las unidades de suelo y roca identificadas en el área de estudio.

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Huila</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

**Tabla 103. Pesos unitarios y parámetros de resistencia asignados a las unidades de suelo.**

#	Material Name	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
<b>1</b>	Sftaa	Cohesion	Normal	1	1	0	3
<b>2</b>	Sftaa	Phi	Normal	24.1	2	6	6
<b>3</b>	Stfasr	Cohesion	Normal	3.4	1	3	3
<b>4</b>	Stfasr	Phi	Normal	27.7	2	6	6
<b>5</b>	Sr- NP2ng	Cohesion	Normal	8.6	1	3	3
<b>6</b>	Sr- NP2ng	Phi	Normal	28.4	2	6	6
<b>7</b>	IIB-NP2ng	Cohesion	Normal	20000	1	3	3
<b>8</b>	Stir	Phi	Normal	25	2	6	6
<b>9</b>	Stir	Cohesion	Normal	1	1	0	3

Fuente: Geocing S.A.S.

### **12.1.6 Análisis de la Amenaza por Movimientos en Masa**

Para el análisis de amenaza por movimientos en masa, previamente se realizó la identificación de zonas geotécnicas homogéneas, considerando aspectos fundamentales de la zona de estudio como: la geología, la geomorfología, las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, y los procesos morfodinámicos existentes. Esta zonificación también consideró la orientación, longitud e inclinación de las laderas que conforman el casco urbano y de las laderas adyacentes que pueden presentar inestabilidad y afectar directamente el área de estudio.

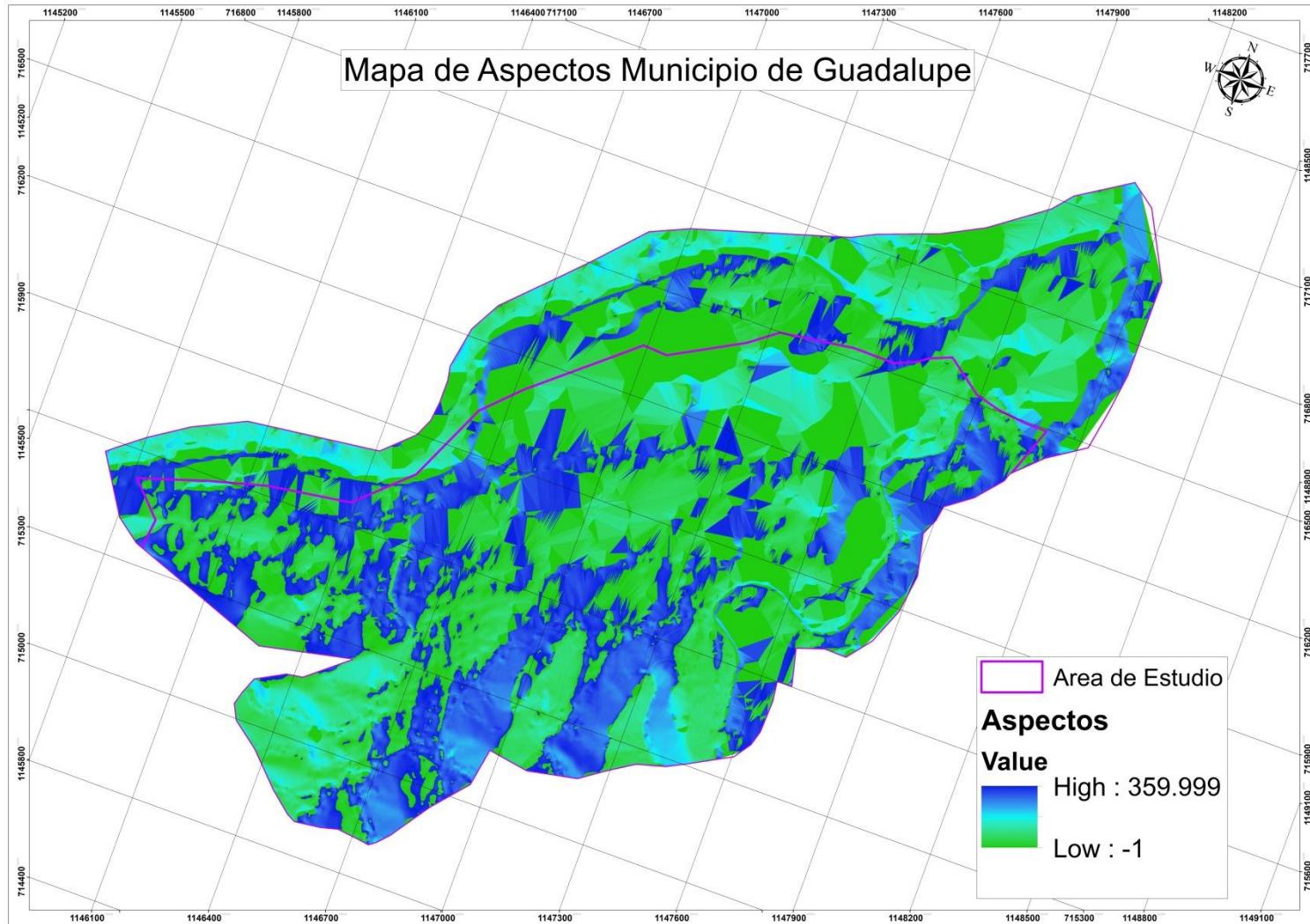
La generación del plano de laderas se realizó a partir del estudio topográfico, Imagen 3D, Mapa de aspectos ( Ver Ilustración 123) y Mapa de pendientes (Ilustración 124) elaborados con el Software ArcGIS y el modelo digital del terreno (DTM – Digital Terrain Model), Posteriormente, se definieron los perfiles típicos de análisis que se presentan en la Ilustración 126, cada uno cruza por las zonas de mayor pendiente, es perpendicular a las curvas de nivel y está enumerado con un ID único. A continuación en la Ilustración 125, se puede ver el mapa de ladera generado para el municipio de Guadalupe de igual forma se encuentra para mayor detalles en el Anexo 2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.



ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.

**GEOCING**  
Geociencias e Ingeniería  
S.A.S

INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE



**Ilustración 123. Mapa de Aspectos del municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

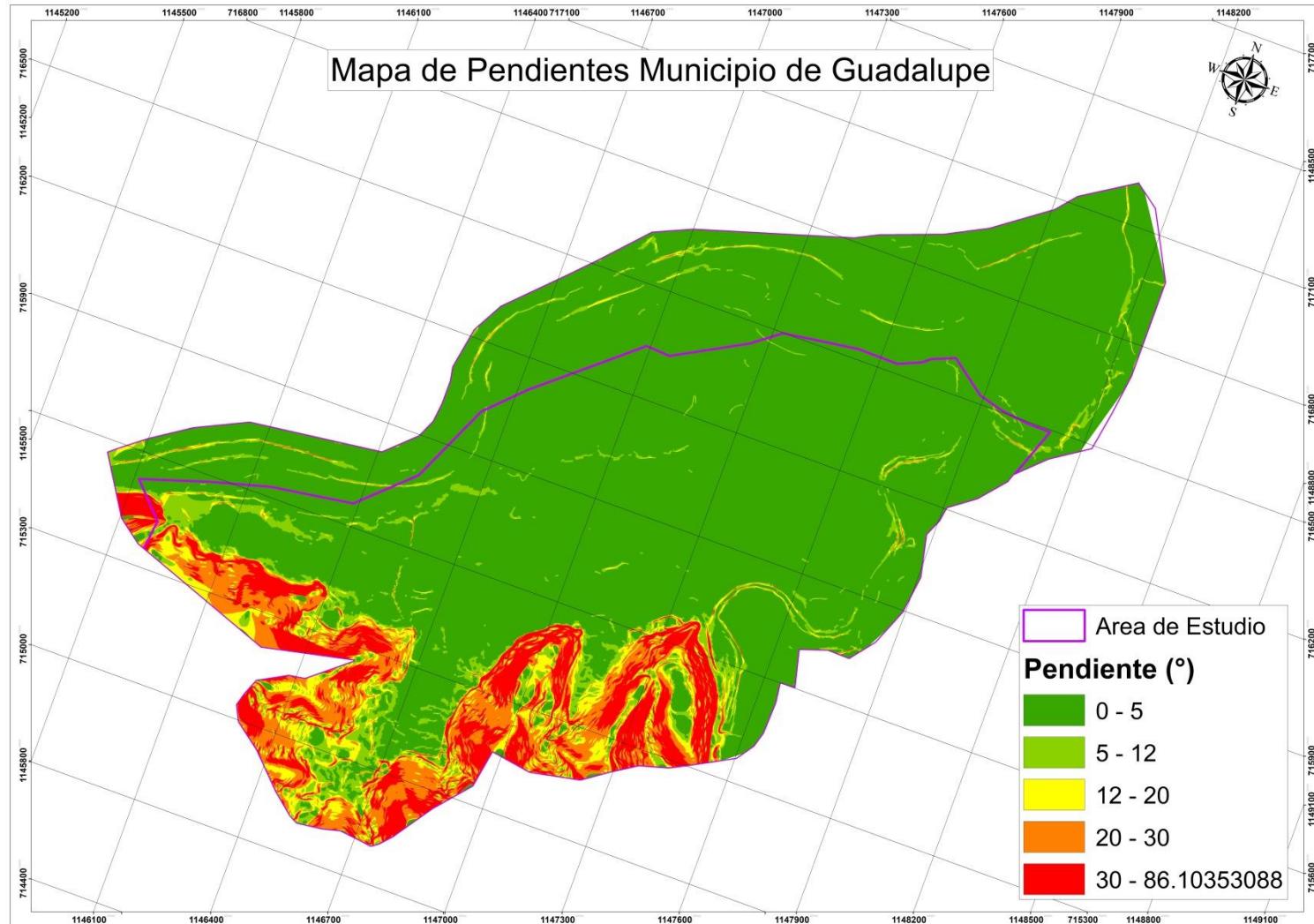
Bogotá D.C. Página 220 de 437



ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.

**GEOCING**  
Geociencias e Ingeniería  
S.A.S

INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE



**Ilustración 124. Mapa de pendientes del municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 221 de 437



ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.

**GEOCING**  
Geociencias e Ingeniería S.A.S

INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

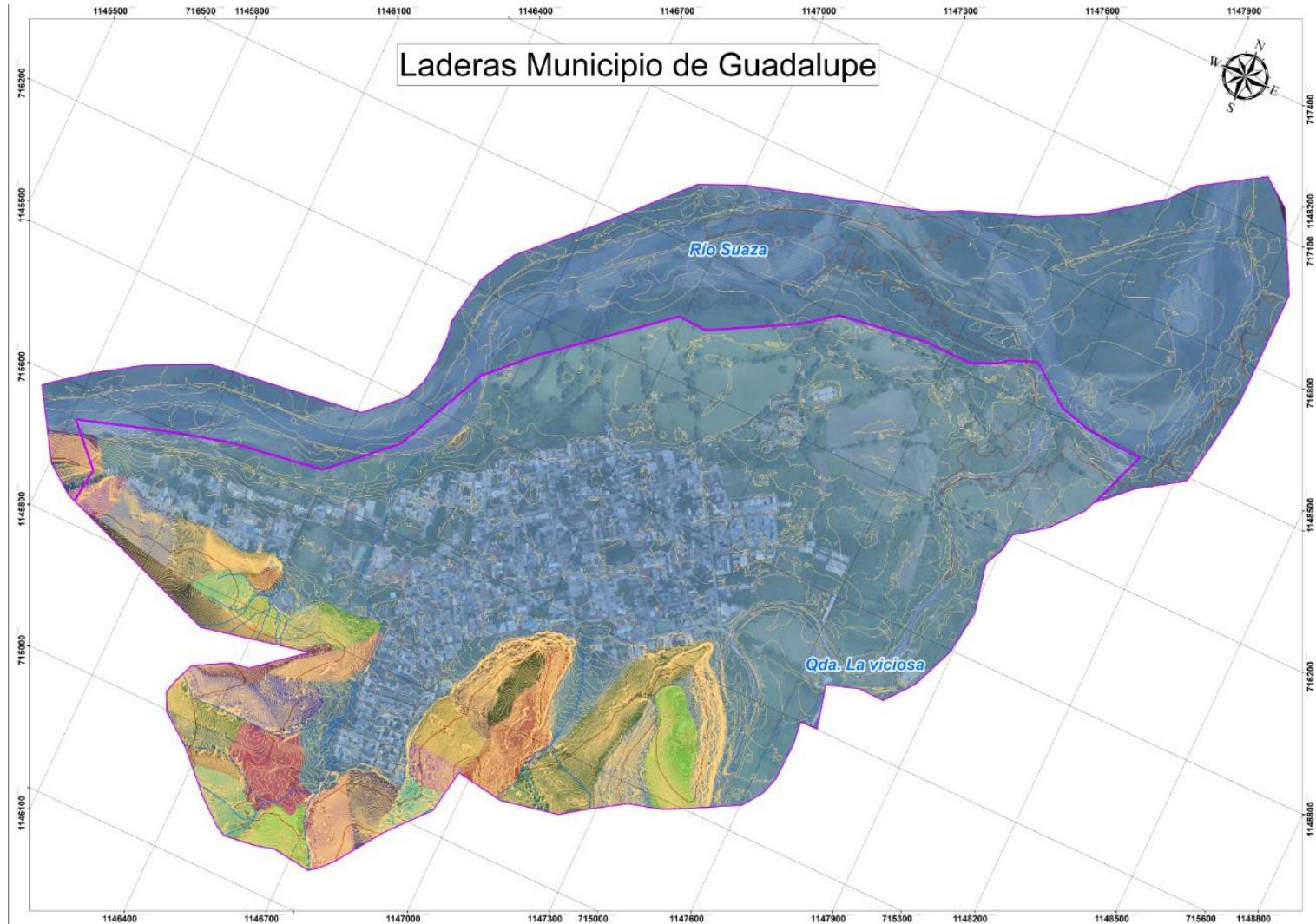


Ilustración 125. Mapa de Ladera municipio de Guadalupe.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 222 de 437

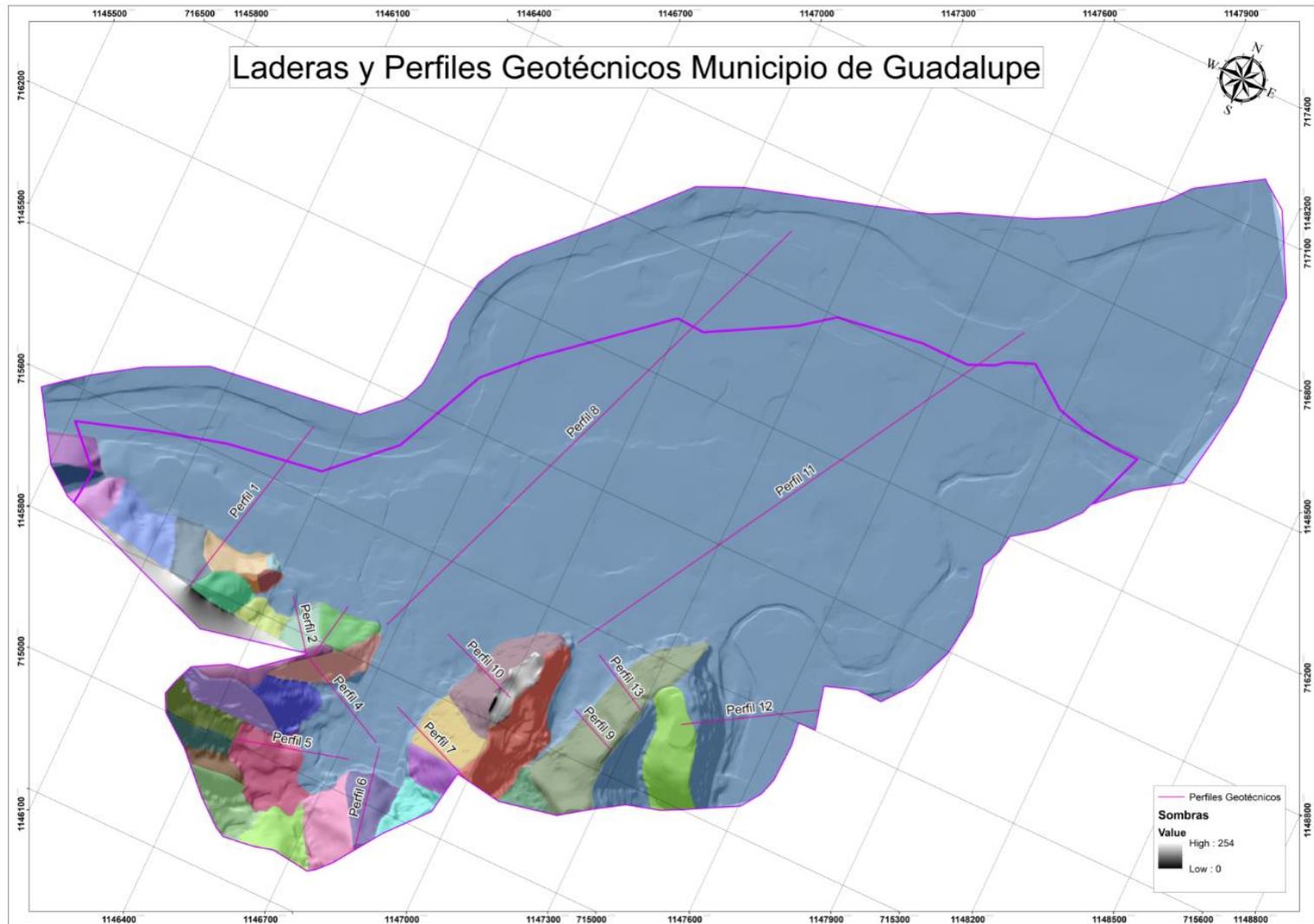


Ilustración 126. Perfiles típicos para los análisis de estabilidad, municipio de Guadalupe

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 223 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Para cada perfil se planteó un modelo - geológico geotécnico, teniendo en cuenta los resultados de investigación del subsuelo, las observaciones de campo, las conclusiones del estudio de geología de detalle y los parámetros de resistencia calculados. Los análisis de estabilidad para cada uno de los perfiles definidos se realizaron para los cinco escenarios de agua establecidos. La Tabla 104 presenta las probabilidades de ocurrencia para los cinco escenarios de variación del nivel freático.

**Tabla 104. Probabilidad de los escenarios de análisis.**

Escenario	Nombre	Probabilidad variación nivel freático	Desviación Estándar
1	Saturado	5%	$\sigma_1$
2	Alto	15%	$\sigma_2$
3	Medio	30%	$\sigma_3$
4	Bajo	25%	$\sigma_4$
5	Seco	25%	$\sigma_5$
		<b>100%</b>	

Fuente: Geocinc S.A.S.

En la Tabla 105, los valores  $\sigma_1$  a  $\sigma_5$  se refieren a la desviación estándar del Factor de Seguridad medio obtenido del análisis de estabilidad probabilístico hecho con el Software Slide V.6 de Rocscience.

Una vez se realizaron los análisis de estabilidad, para cada escenario planteado se obtuvo una sectorización del Factor de Seguridad a lo largo de cada perfil representativo, de manera que, para cada abscisa se obtuvo una probabilidad de falla que depende de las distribuciones de probabilidad de los factores intrínsecos y los factores detonantes previamente definidos. A su vez, la probabilidad de falla total en cada abscisa ( $P_f$ ) es una combinación de las probabilidades de falla calculadas en cada escenario, como se expresa a continuación:

$$P_f = P_{f1} * P_{n1} + P_{f2} * P_{n2} + \dots + P_{f5} * P_{n5}$$

Dónde:

$P_{f1} \dots P_{f5}$  Probabilidad de falla del talud en los escenarios 1 a 5.

$P_{n1} \dots P_{n5}$  Probabilidad de variación del nivel freático en los escenarios 1 a 5.

$\sigma_1 \dots \sigma_5$  Desviación estándar del Factor de Seguridad medio, para los escenarios 1 a 5.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

### 12.1.7 Categorización de la Amenaza

Realizados los análisis de estabilidad y obtenida la probabilidad de falla total para las abscisas de cada perfil representativo, se dibujó el mapa de amenaza por movimientos en masa de acuerdo con la categorización que se presenta en la Tabla 105. La generación del mapa se realizó uniendo zonas de amenaza de igual categoría, teniendo en cuenta la topografía de la zona, la geología, los procesos morfodinámicos existentes, las observaciones de campo, las distancias de viaje y las zonas de transición que deben existir entre cada una de las categorías, de acuerdo con los resultados del análisis de estabilidad de taludes.

Tabla 105. Categorización propuesta para la amenaza por movimientos en masa por la consultoría.

Categoría	Probabilidad	Rango de Frecuencia (1/año)	Probabilidad de falla anual del proceso $P(Dz)_1$	Significado
Amenaza	Relativa			
Alta	Casi Seguro	>1/20	>5%	El movimiento en masa puede ser inminente, con un período de retorno menor a 20 años.
(A)	Probable	1/100 – 1/20	1% - 5%	Debe esperarse que ocurra un movimiento en masa dentro del tiempo de vida de una persona o de una estructura típica (períodos de retorno entre 20 y 100 años).
Media (M)	Possible	1/225 -1/100	0.44% - 1%	La ocurrencia de un movimiento en masa durante el término de un tiempo de vida es poco probable, pero es posible que ocurra bajo condiciones adversas. Su probabilidad de ocurrencia acumulada de 20% en un período de diseño de 50 años, según la NSR-2010.
	Raro			
Baja (B)	Improbable	<1/475	<0.21%	El evento puede ocurrir siempre y cuando se presenten condiciones muy adversas. La probabilidad de ocurrencia acumulada del evento está entre el 10% y el 20% en un período de diseño de 50 años.

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b></p>

### **12.1.8 Resultados de los Análisis de Estabilidad**

Este numeral presenta los resultados de los análisis de estabilidad, las probabilidades de falla y la categorización de amenaza para los perfiles representativos definidos, de forma ilustrativa, se hace énfasis en los cálculos desarrollados para el perfil P10, pero los procedimientos aquí explicados son similares para los demás perfiles evaluados y pueden consultarse en el Anexo 2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.

La Ilustración 127 muestra el modelo geológico-geotécnico planteado para el análisis del perfil P12, las solicitudes impuestas a la superficie del terreno son de tipo estático y corresponden a las cargas ejercidas por las viviendas y vías terciarias existentes.

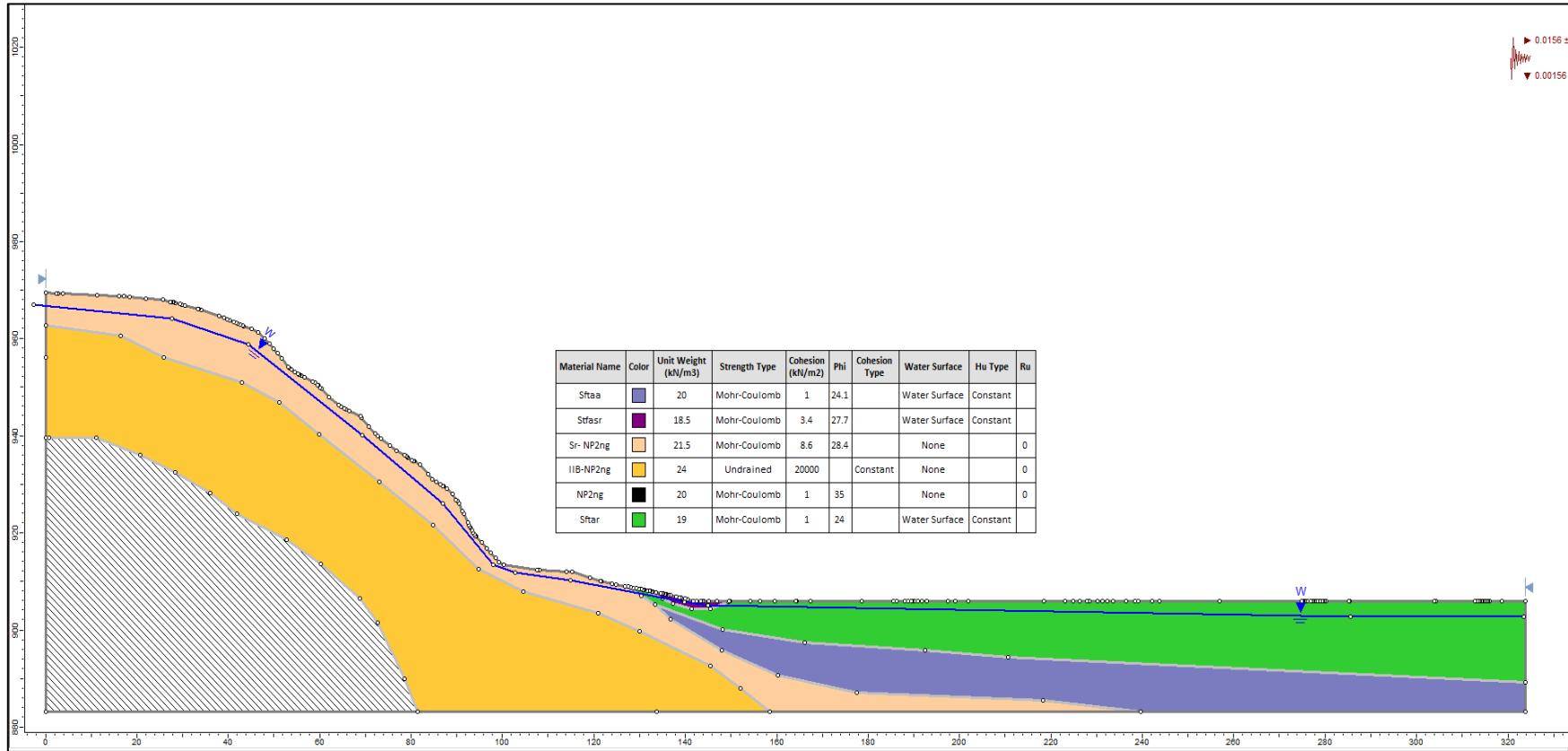


Ilustración 127. Modelo geológico – geotécnico para el perfil representativo P10.

Fuente: Geocing S.A.S.

De la a la se presentan los resultados del análisis de estabilidad probabilístico para los cinco escenarios planteados, en ellas se observa, el Factor de Seguridad (FS) calculado, la probabilidad de falla ( $P_f$ ) y el índice de confiabilidad (RI).

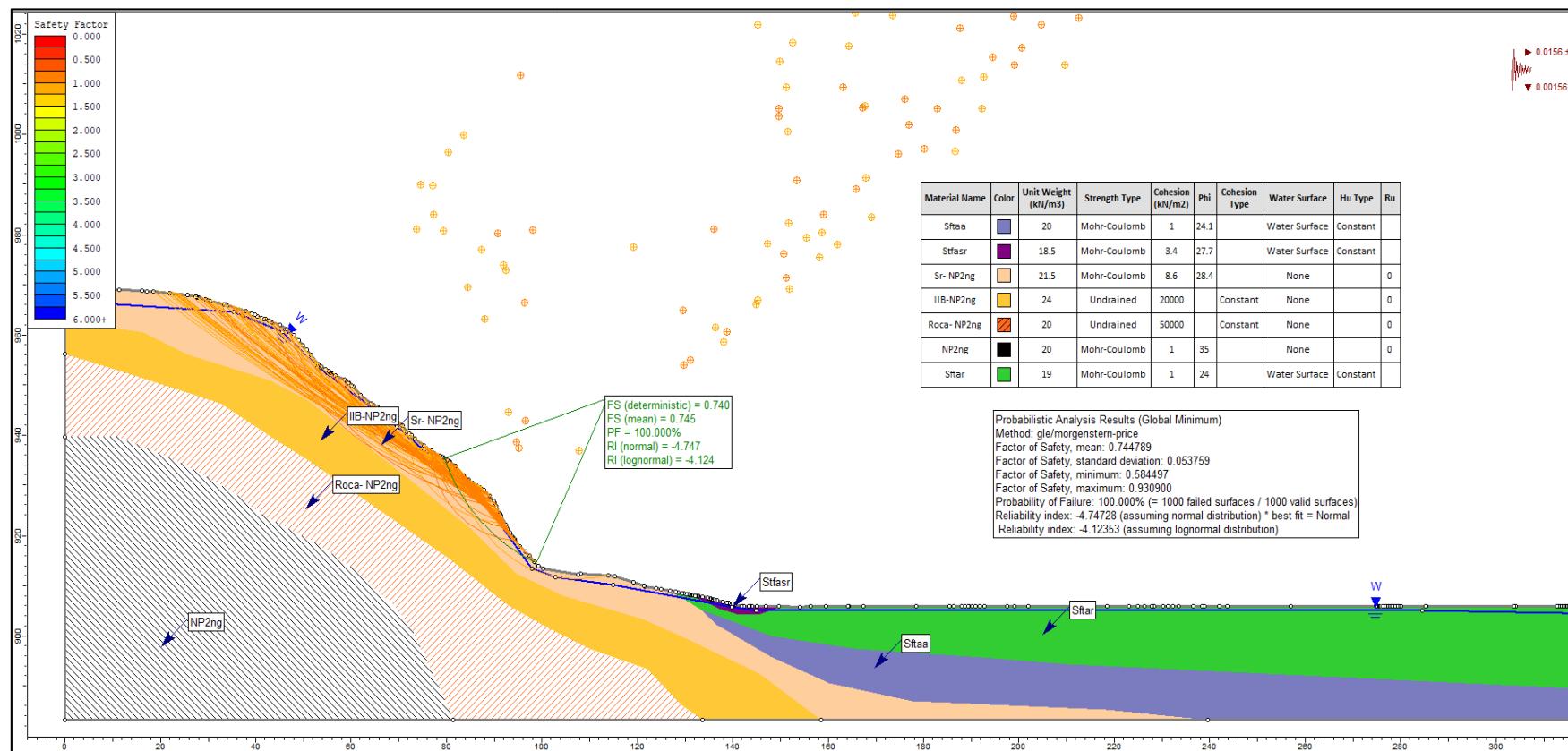


Ilustración 128. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 1.  
Fuente: Geocing S.A.S.

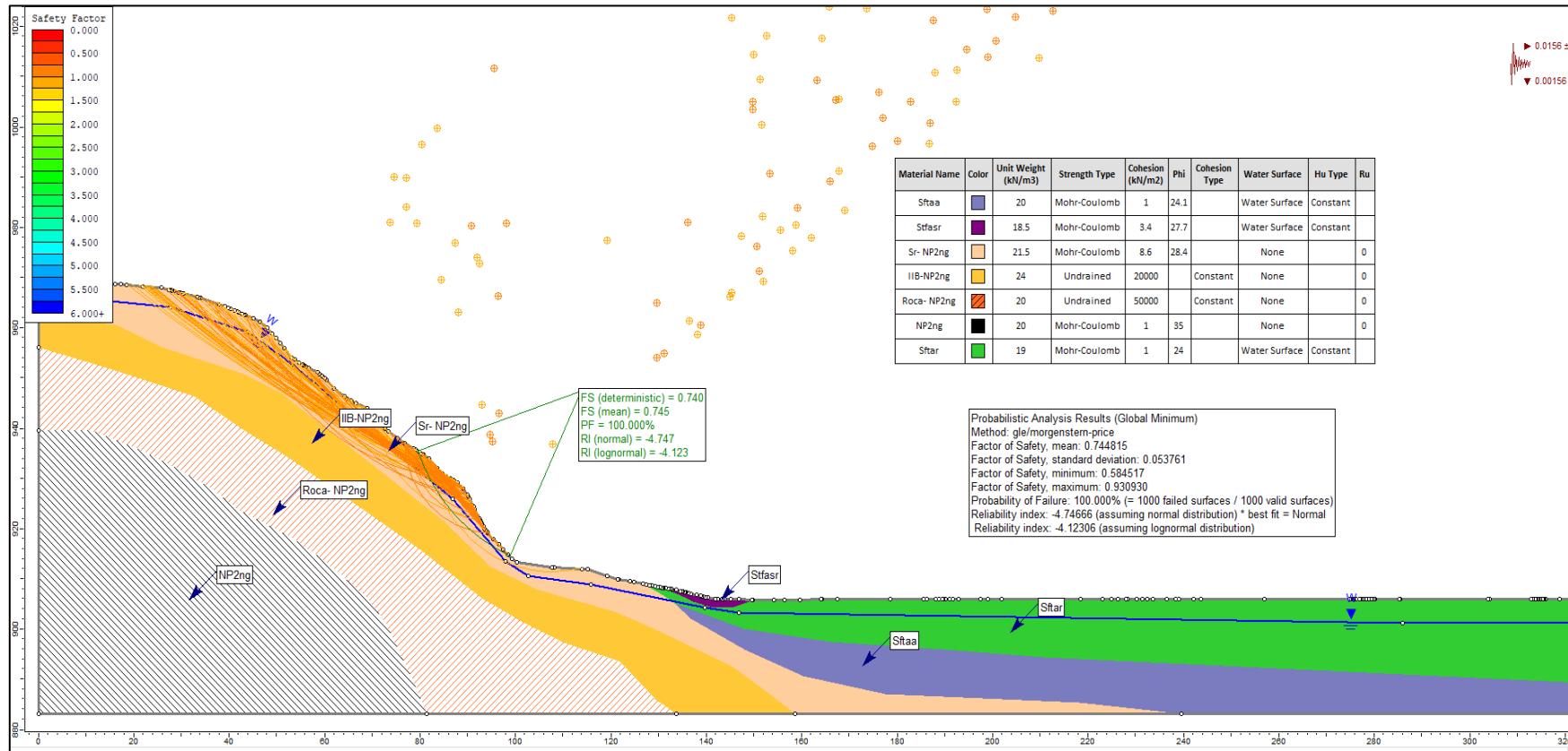


Ilustración 129. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 2.

Fuente: Geocing S.A.S.

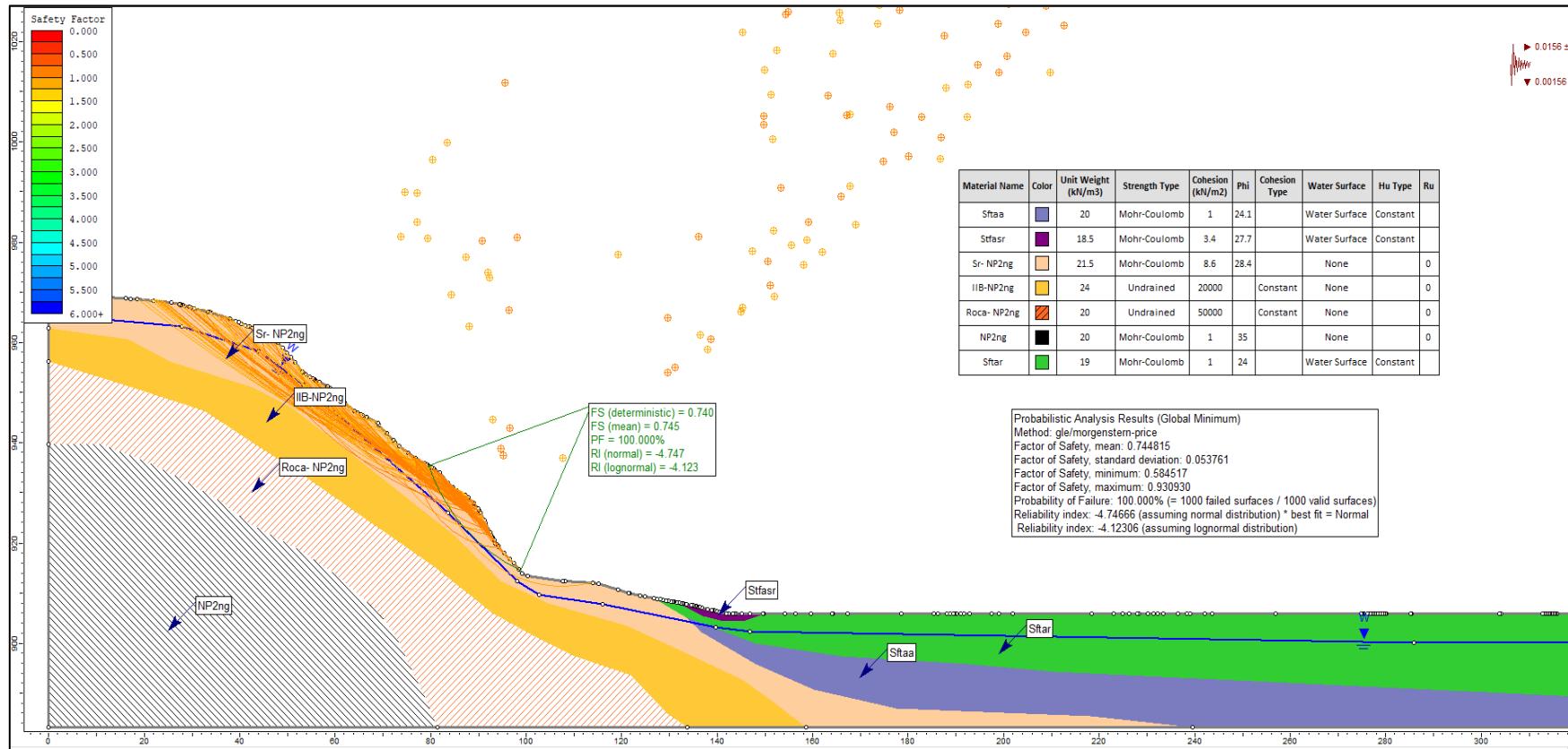


Ilustración 130. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 3.

Fuente: Geocing S.A.S.

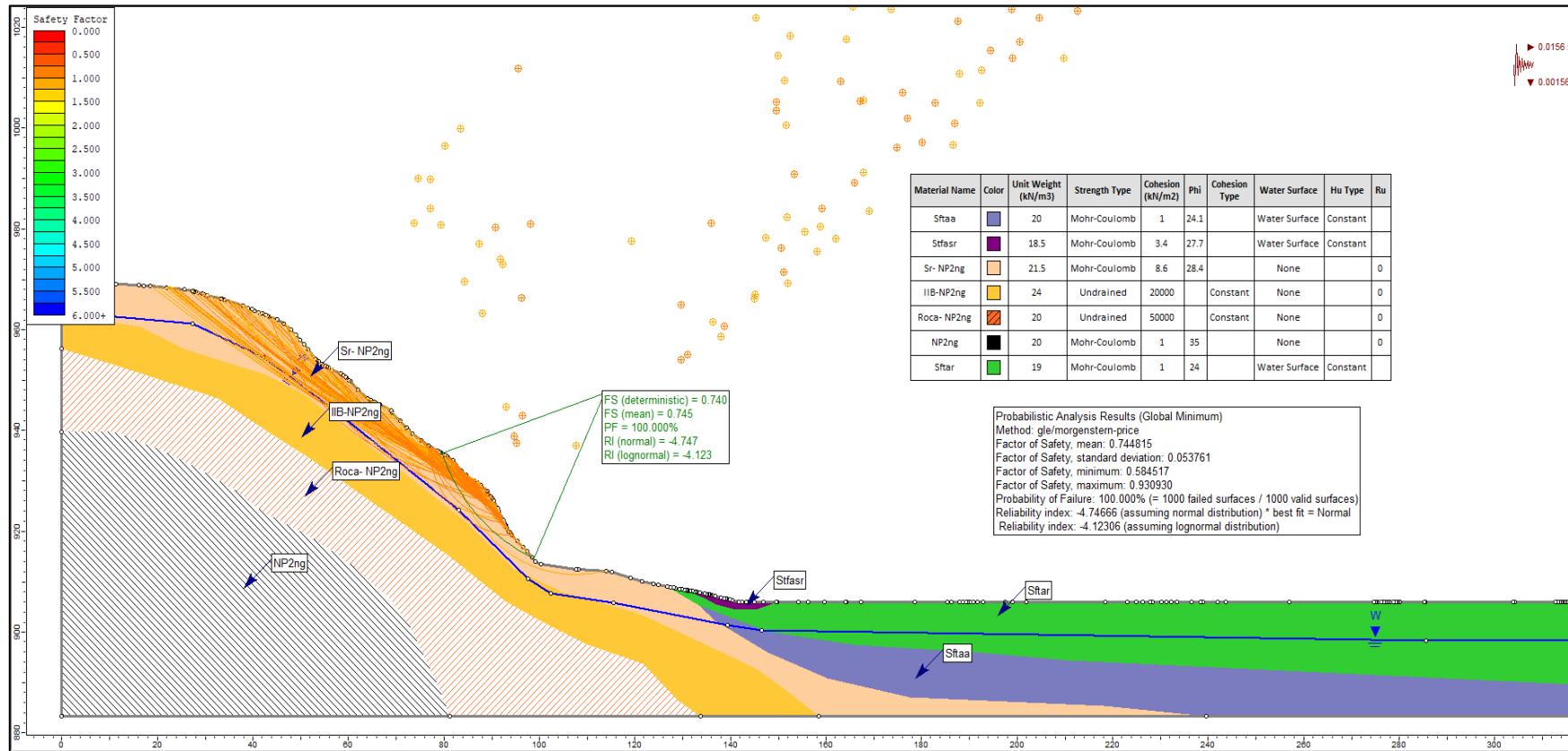


Ilustración 131. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 4.

Fuente: Geocing S.A.S.

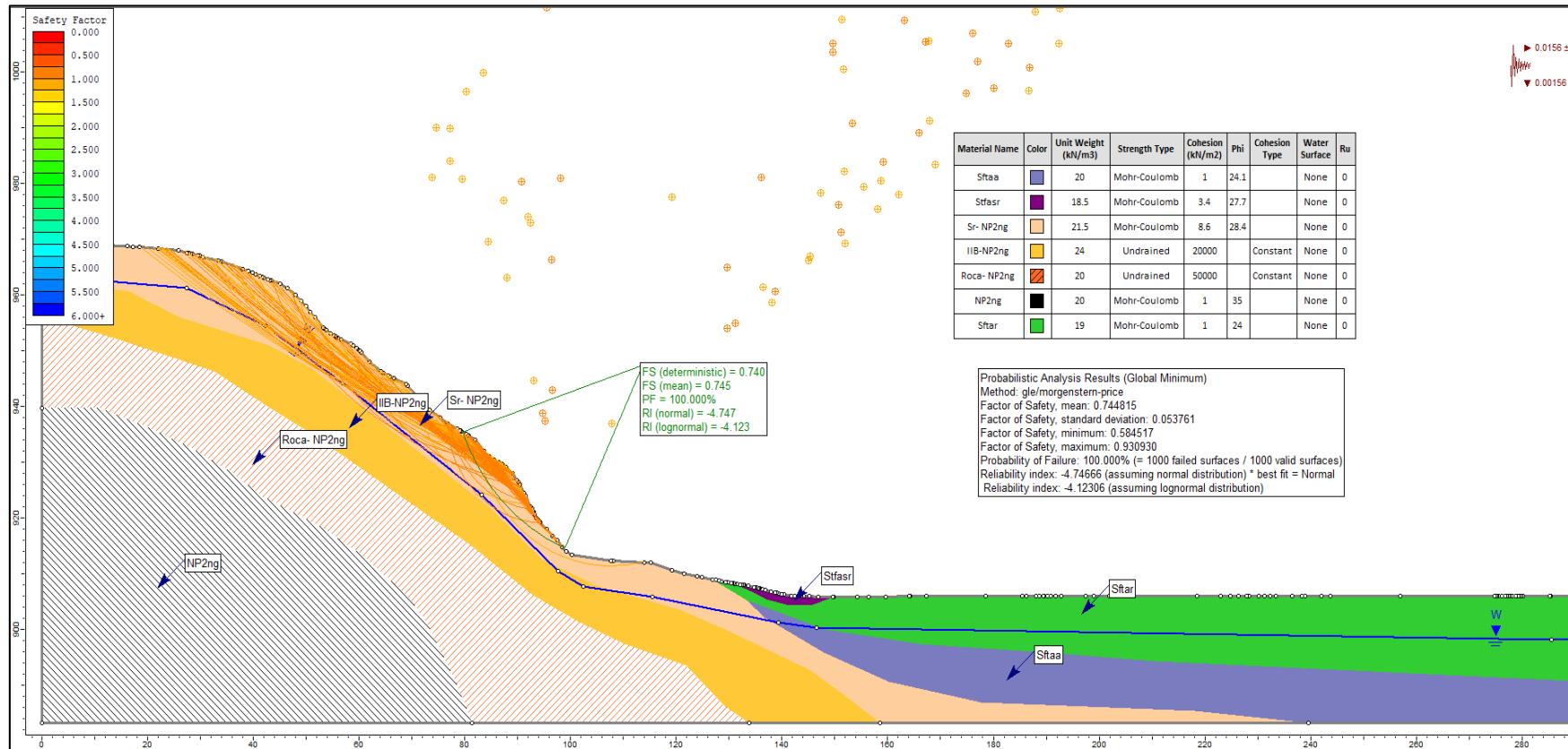
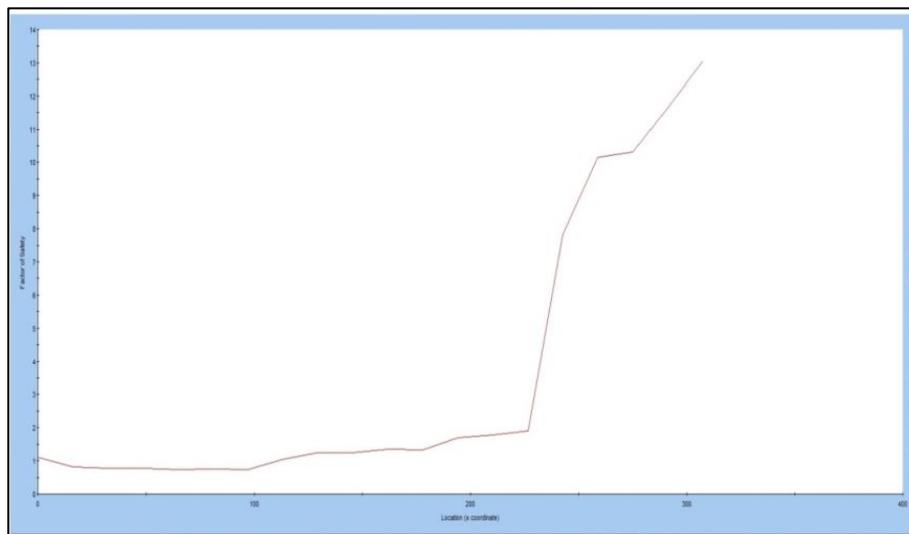


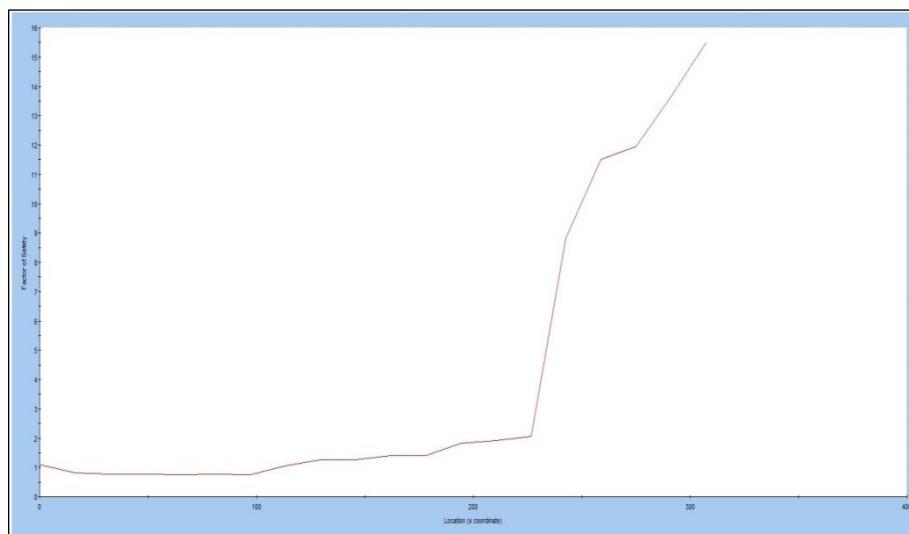
Ilustración 132. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P12. Escenario 5.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Para cada abscisa se obtuvo una probabilidad de falla que depende de las distribuciones de probabilidad de los factores intrínsecos y los factores detonantes previamente definidos. A su vez, la probabilidad de falla total en cada abscisa ( $P_f$ ) es una combinación de las probabilidades de falla calculadas en cada escenario. A continuación se presentan los Factores de Seguridad obtenidos a lo largo del perfil P10, para cada uno de los cinco escenarios estudiados.

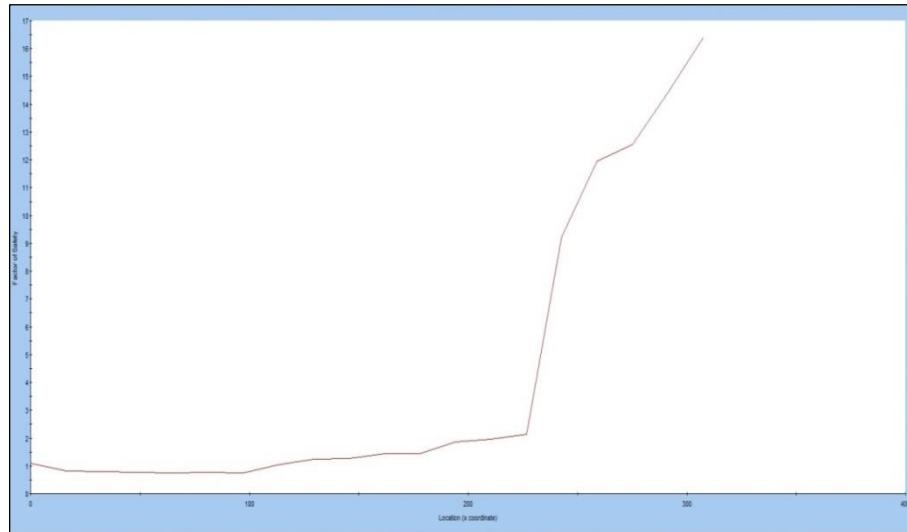


**Ilustración 133. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 1.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

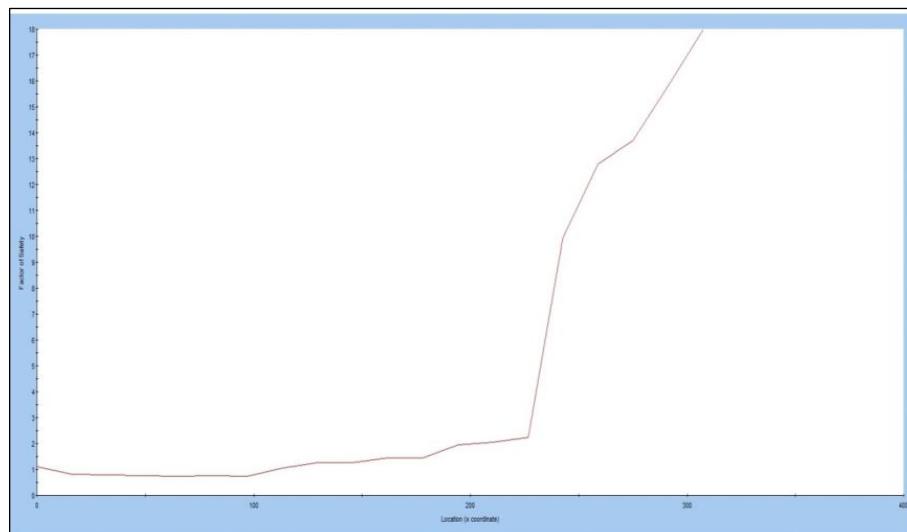


**Ilustración 134. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 2.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

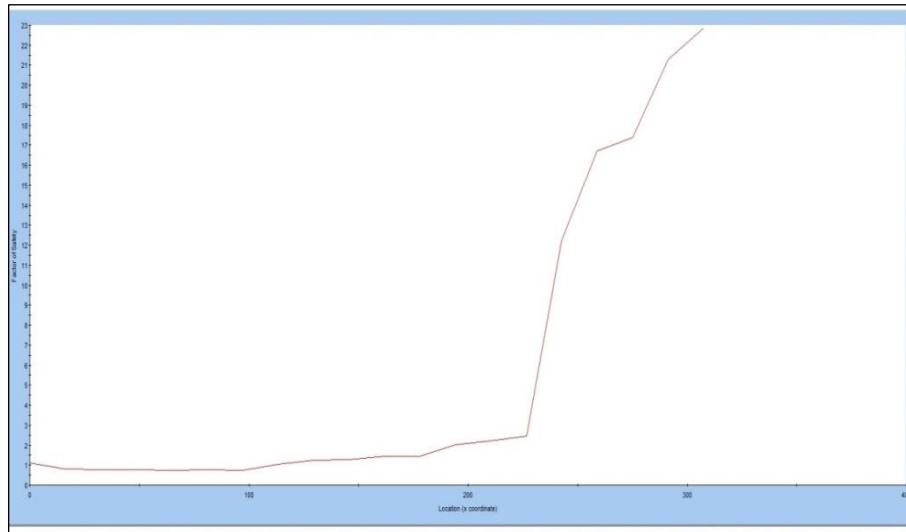


**Ilustración 135. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 3.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**



**Ilustración 136. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 4.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 137. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P12. Escenario 5.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

La Tabla 106 muestra las probabilidades de falla calculadas para las abscisas del perfil P10, para los cinco escenarios planteados y la Tabla 107 presenta la probabilidad de falla total calculada para cada abscisa.

**Tabla 106. Probabilidad de falla para las abscisas del perfil representativo P12.**

	ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3		ESCENARIO 4		ESCENARIO 5	
	Abscisa	FS								
1	0.44	1.13	0.05	1.08	0.3	1.12	0.4	1.08	0.48	1.08
2	17.48	0.84	17.09	0.80	17.3	0.85	17.4	0.79	17.52	0.77
3	34.52	0.80	34.13	0.75	34.4	0.82	34.5	0.77	34.56	0.74
4	51.56	0.80	51.17	0.75	51.4	0.79	51.5	0.74	51.60	0.74
5	68.60	0.76	68.21	0.73	68.4	0.77	68.6	0.72	68.64	0.71
6	85.64	0.78	85.25	0.76	85.5	0.79	85.6	0.75	85.68	0.74
7	102.68	0.85	102.29	0.83	102.5	0.84	102.6	0.80	102.72	0.81
8	119.72	1.13	119.33	1.09	119.6	1.11	119.7	1.10	119.76	1.08
9	136.76	1.28	136.37	1.25	136.6	1.26	136.7	1.26	136.80	1.21
10	153.80	1.32	153.41	1.32	153.6	1.36	153.8	1.34	153.84	1.31
11	170.84	1.38	170.45	1.40	170.7	1.46	170.8	1.45	170.88	1.41
12	187.88	1.59	187.49	1.58	187.7	1.65	187.8	1.69	187.92	1.68
13	204.92	1.77	204.53	1.87	204.8	1.93	204.9	2.00	204.96	2.12
14	221.96	1.90	221.57	2.01	221.8	2.08	221.9	2.16	222.00	2.32
15	239.00	6.38	238.61	6.73	238.8	7.33	239.0	8.01	239.04	9.83
16	256.04	9.74	255.65	10.81	255.9	11.38	256.0	12.04	256.08	15.73
17	273.08	10.31	272.69	11.87	272.9	12.40	273.0	13.49	273.12	17.24
18	290.12	11.54	289.73	13.42	290.0	14.04	290.1	15.52	290.16	20.74
19	307.16	12.99	306.77	15.36	307.0	16.11	307.1	17.76	307.20	22.83
20	323.76	12.99	323.81	15.36	324.0	16.31	324.2	17.97	324.24	22.83

**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

**Tabla 107. Probabilidad de falla total para las abscisas del perfil representativo P12.**

PROB. DEL ESCENARIO					
ABSCISA	Probabilidad de falla total	ABSCISA	Probabilidad de falla total	ABSCISA	Probabilidad de falla total
0.00	99.930%	110.08	66.886%	220.16	0.000%
3.24	98.958%	113.32	91.540%	223.40	0.000%
6.48	92.520%	116.55	98.957%	226.63	0.000%
9.71	71.508%	119.79	0.001%	229.87	0.000%
12.95	37.109%	123.03	0.008%	233.11	0.000%
16.19	10.406%	126.27	0.045%	236.35	0.000%
19.43	99.985%	129.50	0.223%	239.58	0.000%
22.66	99.979%	132.74	0.932%	242.82	0.000%
25.90	99.970%	135.98	3.206%	246.06	0.000%
29.14	99.959%	139.22	0.000%	249.30	0.000%
32.38	99.943%	142.46	0.000%	252.53	0.000%
35.61	99.997%	145.69	0.000%	255.77	0.000%
38.85	99.996%	148.93	0.000%	259.01	0.000%
42.09	99.995%	152.17	0.000%	262.25	0.000%
45.33	99.993%	155.41	0.000%	265.48	0.000%
48.56	99.991%	158.64	0.000%	268.72	0.000%
51.80	100.000%	161.88	0.000%	271.96	0.000%
55.04	100.000%	165.12	0.000%	275.20	0.000%
58.28	99.999%	168.36	0.000%	278.44	0.000%
61.51	99.999%	171.59	0.000%	281.67	0.000%
64.75	99.999%	174.83	0.000%	284.91	0.000%
67.99	99.998%	178.07	0.000%	288.15	0.000%
71.23	99.999%	181.31	0.000%	291.39	0.000%
74.47	99.999%	184.54	0.000%	294.62	0.000%
77.70	99.999%	187.78	0.000%	297.86	0.000%
80.94	100.000%	191.02	0.000%	301.10	0.000%
84.18	100.000%	194.26	0.000%	304.34	0.000%
87.42	99.953%	197.49	0.000%	307.57	0.000%
90.65	99.976%	200.73	0.000%	310.81	0.000%
93.89	99.988%	203.97	0.000%	314.05	0.000%
97.13	99.994%	207.21	0.000%	317.29	0.000%
100.37	99.997%	210.45	0.000%	320.52	0.000%
103.60	7.501%	213.68	0.000%	323.76	0.000%
106.84	30.759%	216.92	0.000%		

Fuente: Geocing S.A.S.

### 12.1.9 Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa

La Ilustración 138 presenta el mapa de amenaza por movimientos en masa, calculado para el caso urbano del municipio de Guadalupe. En el Anexo 6. MAPAS esta GE426-GDP-PSIG-ARM-001-00.

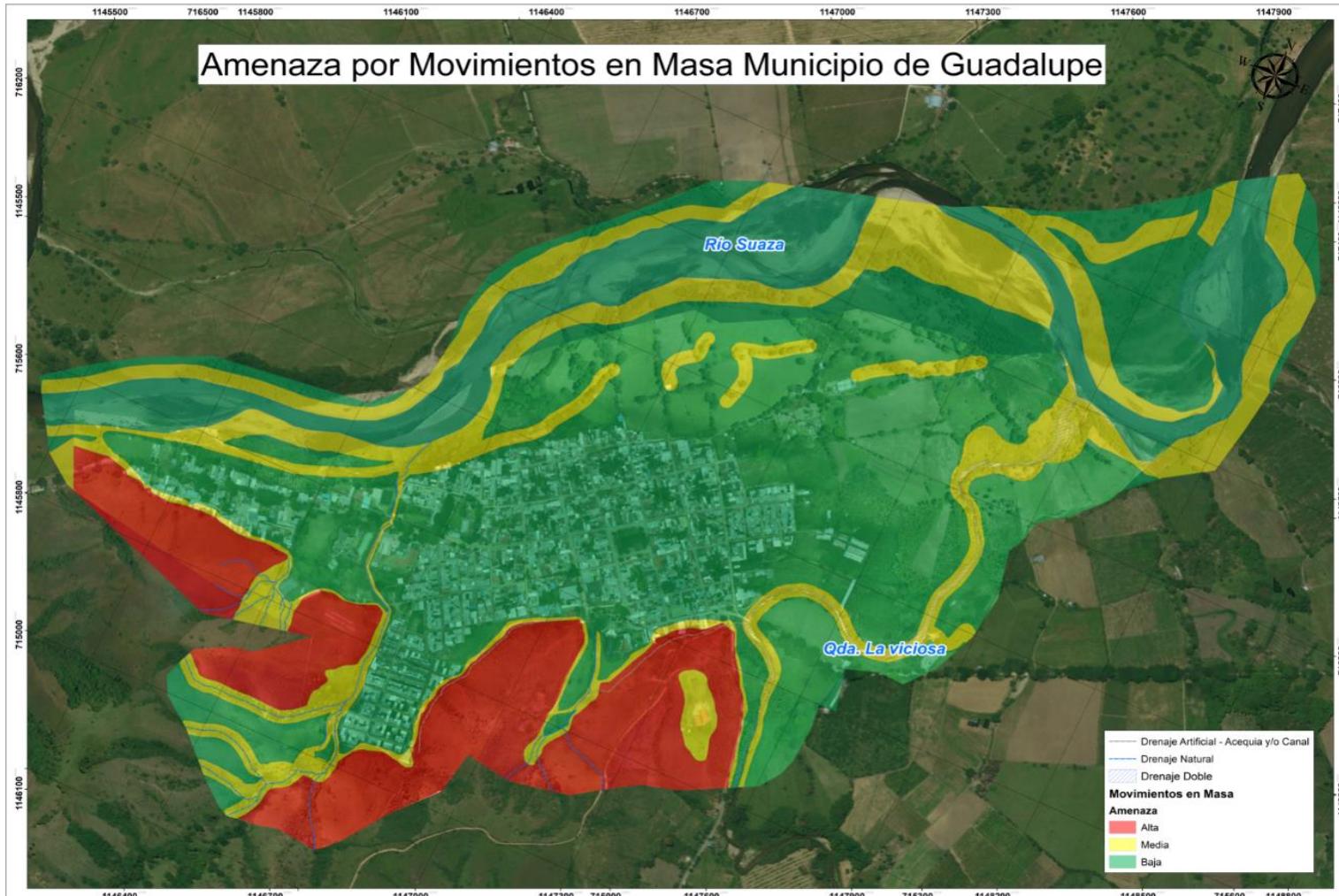


Ilustración 138. Mapa de amenaza por movimientos en masa del casco urbano de Guadalupe.  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Las zonas de amenaza alta se concentran al sur oriente en el límite del casco urbano donde se presentan zonas con movimientos superficiales de tipo reptación, con relieve montañoso y pendientes mayores a 45°. Adicionalmente, las pendientes de los taludes son altas, situación que potencia el efecto de los principales factores detonantes de los movimientos en masa, como son las lluvias y las fuerzas sísmicas.

En la Tabla 108 se presenta la distribución de la amenaza por Movimientos en masa, el 14.34% se encuentran en amenaza alta 40.18 ha, seguida por la categoría de amenaza media con 60.55 ha y por último la categoría baja con 179.54 ha, lo cual indica que el municipio de manera general presenta amenaza baja antes movimientos en masa..

**Tabla 108. Porcentajes áreas por amenaza de inundación.**

Guadalupe		
Amenaza	Área Ha	Área %
Alta	40.18	14.34%
Media	60.55	21.60%
Baja	179.54	64.06%
Total	280.27	100%

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

A continuación se puede ver un movimiento en masa generado por un corte antrópico para la adecuación de la construcción de la vía que comunica al municipio con la ciudad de Florencia, Caquetá, como se logra evidencia el mismo esta desprovisto de vegetación, y junto con los efectos erosivos del agua de lluvia, es potencial a generarse inestabilidad que afecta la transitabilidad y el confort en la vía.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 139. Movimiento en masa en zona de ladera alta fuera del área de estudio.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**



**Ilustración 140. Movimiento en masa en zona de ladera alta cerca a la Iglesia.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 141. Movimiento en masa (Reptación) en zona de ladera alta.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

Las márgenes de taludes adyacentes del Río Suaza son susceptibles a socavación lateral producto del poder erosivo de las corrientes, profundizando los cauces (erosión de fondo e inestabilizando los taludes aledaños. En épocas de lluvias, el proceso de socavación aumenta por el aumento del caudal de los ríos y aumentando la cantidad de material transportado.

Así mismo, el mapa muestra que las laderas adyacentes a la quebrada La Viciosa tiene una probabilidad de falla alta, especialmente en épocas de invierno cuando

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

la lluvia genera la saturación del suelo y la consecuente reducción de los esfuerzos efectivos y la resistencia al corte del terreno afectan la estabilidad de los taludes de los cauces. Debido a la intervención antrópica, se presenta erosión en surcos, formando pequeños canales por los cuales se arrastran partículas de suelo, éste tipo de erosión se presenta en los depósito aluviales, generados por el río Suaza.

Por otro lado, los taludes dentro de la zona de estudio presentan inestabilidad superficial, reptación, debido a los cortes que se realizaron con el fin de conformar la infraestructura vial de la zona. Además de esto, también existe una susceptibilidad en los taludes de corte sobre la terraza aluvial subreciente, debido a erosión, ya que la matriz se pierde y quedan expuestos los bloques a la acción de la gravedad. Otra zona de amenaza alta, donde se evidencia la inestabilidad generada por el inadecuado manejo de aguas de infiltración, además de la construcción de vivienda adyacente al talud, sin ninguna medida de estabilización se presenta aprox entre la Calle 3 y 5 entre Carreras 11 a 14 evidenciada la invasión del talud con la construcción, los cuales debido a las características bajas de los materiales generará falla e inestabilidad local. (Ver Ilustración 142). En las partes altas del Municipio, con el fin de estabilizar los taludes de corte y obtener viabilidad en las construcciones, se evidencia la existencia de estructuras flexibles tipo muros de gaviones, para mitigar a la reptación.



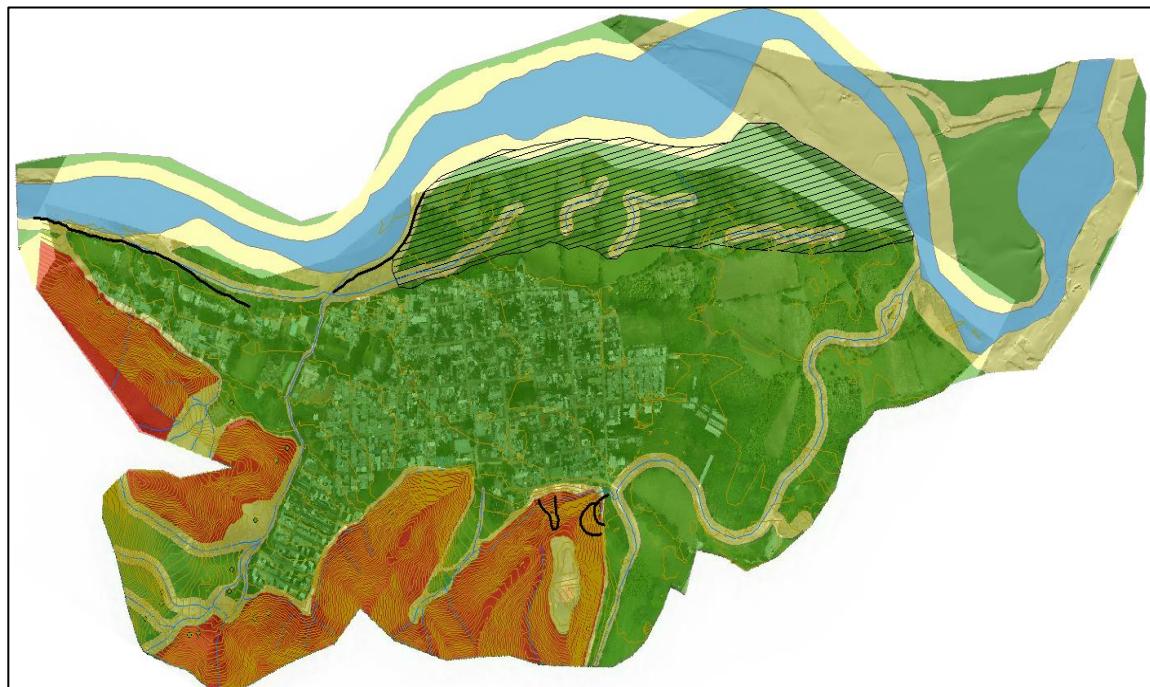
**Ilustración 142. Avance de los Movimiento en masa en zona de ladera alta SW, el actual actualmente afecta la línea de construcción adyacente al talud.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Las zonas de amenaza media (áreas amarillas) indican los lugares en los cuales, en caso de generación de un evento de inestabilidad el material movilizado afectaría estas zonas, ubicadas en el pendientes medias- menos de 30° donde el terreno se caracteriza por tener pendientes medias, estas definen sectores compuestos por suelos aluviales subreciente, en donde es posible la ocurrencia de movimientos en masa, cuando se presentan precipitaciones que elevan los niveles freáticos y en condiciones sísmicas.

Las zonas de amenaza baja está localizada de manera general en el casco urbano donde la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa es inferior al 0.20%, debido a la baja inclinación del terreno, además de pendientes bajas que no favorecen a la generación de inestabilidad. Sin embargo es importante aclarar que, de acuerdo con el análisis multitemporal de la dinámica fluvial del río Suaza se recomienda una zona de restricción por las afectaciones generadas en épocas de invierno, el área se presenta a continuación como parte del Mapa generado por movimientos en masa: Ver Ilustración 143.



**Ilustración 143. Mapa de amenaza por movimientos en masa y área de restricción por eventos de socavación lateral provocada por la dinámica fluvial del Río Suaza.**

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 12.2. AMENAZA POR INUNDACIÓN

El presente análisis consigna los resultados de los estudios Hidráulicos para el tránsito de crecientes extremas del río Suaza, quebrada La Viciosa y Canal\_1 (nombre otorgado por el proyecto), las cuales se encuentran sobre los límites de la cabecera del Municipio de Guadalupe.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto para el presente estudio se empleó cartografía digital escala 1:2.000, información recolectada en campo (datos topográficos y hidrotopográficos); además de los registros de caudales, niveles, secciones transversales y aforos de las estaciones limnográficas y climatológicas localizadas en el área de influencia del municipio de Guadalupe, operadas por el IDEAM, las cuales permitieron determinar las crecientes probables para diferentes períodos de retorno, de los cuerpos de agua analizados, con el cual se establecieron las diferentes cotas de las crecientes extremas probables; además de la condición de amenaza de inundación por desbordamiento del río Suaza y sus afluentes.

### 12.2.1 Metodología

El procedimiento general de análisis, el cual aplica para el análisis de crecientes sobre los cauces existentes sobre el municipio, corresponde con el siguiente:

1. Generación del modelo de elevación digital, con base al levantamiento Hidrotopográfico, caracterización del lecho de los cauces existentes y alrededores con base a salida de campo y mapa de coberturas.
2. Determinación de secciones de análisis y estructuras hidráulicas por las que el cauce atraviesa sus aguas y los caudales máximos asociados a los períodos de retorno.
3. Ejecución de análisis de crecientes por medio de modelo matemático, bajo los diferentes períodos de retorno para definir el grado de amenaza por inundación.
4. Categorización y análisis de amenaza por inundación.

### 12.2.2 Marco teórico

- **Descripción General del Modelo Hec – Ras**

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

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Este modelo simula la hidráulica del flujo para canales sobre cualquier tipo de sección transversal bajo flujo gradualmente variado, trabajando de acuerdo con la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + Y_1 + (V_1^2 / 2g) = Z_2 + Y_2 + (V_2^2 / 2g) + h$$

Dónde:

*Z<sub>i</sub>: Nivel del fondo del canal aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, este término se denomina cabeza de posición, en m.*

*Y<sub>i</sub>: Lámina de agua aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, este término se denomina cabeza de presión, en m.*

*V<sup>2</sup>/2g: Cabeza de velocidad aguas arriba (1) y abajo del tramo (2), en m.*

*H: Pérdidas de energía en el tramo, dividiéndose en pérdidas por fricción (hf) y localizadas (hl), en m.*

Las pérdidas por fricción (hf), para flujo gradualmente variado en un tramo de longitud *L* del canal se pueden expresar por medio de la ecuación de Manning:

$$h_f = ((S_{e1} + S_{e2})/2)L$$

Dónde:

*S<sub>e1</sub> y S<sub>e2</sub> corresponden a los valores de la pendiente de la línea de energía aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo. Estos valores se expresan por medio de la fórmula de Manning para flujo uniforme en cada sección del tramo:*

$$S_e = n^2 V^2 / R^{4/3}$$

Dónde:

*N: Coeficiente de rugosidad de Manning, valor adimensional.*

*V: Velocidad promedio del agua, en m/s.*

*R: Radio hidráulico, en m, igual al área hidráulica A, en m<sup>2</sup>, dividida entre el perímetro mojado P, en m.*

El coeficiente de rugosidad de Manning se define de acuerdo con las caracterizaciones de campo, y teniendo en cuenta las recomendaciones de las diferentes referencias bibliográficas. Por otro lado, las pérdidas localizadas en un punto del canal se expresan mediante la ecuación:

$$h_l = K \left| \left( (V_1^2 / 2g) - (V_2^2 / 2g) \right) \right|$$

Dónde:

*K: Coeficiente de pérdidas localizadas, adimensional.*

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

*Vi: Velocidad promedio aguas arriba (1) y aguas abajo (2) del punto o tramo en donde se produce la pérdida localizada, en m/s.*

Los parámetros necesarios para desarrollar de manera adecuada el modelo en este software son:

- ✓ Conjunto de secciones transversales, obtenidas mediante levantamientos en terreno, la separación entre las mismas se define en el sitio, si los tramos de la corriente son rectos, se pueden tomar secciones cada 50 m o más, mientras que si se presentan curvas (que no sean muy cerradas), se deben tomar cada 10 o 20 m dependiendo de su longitud.
  - ✓ Definir el coeficiente de rugosidad n de Manning en cada sección.
  - ✓ Ingresar los datos de los hidrogramas de salida obtenidos mediante el HEC-HMS para así modelar los caudales de crecientes máximas, estimados en las diferentes estaciones utilizadas de tipo Limnimétrica y Limnigráfica, considerando picos de crecientes con niveles de períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años.
  - ✓ Definir el régimen de flujo sobre el cual se va a calcular (subcrítico, supercrítico o mixto).
- Los resultados obtenidos se pueden observar gráficamente y/o en tablas predefinidas, las cuales muestran entre otros el nivel de agua y la velocidad del flujo.
- ✓ La información de niveles de agua se traslada al programa computacional ArcGis con el fin de elaborar el plano de la mancha de inundación espacial sobre el área estudiada (la mancha de inundación da los límites geométricos hasta donde llega la inundación). Sobre esta mancha de inundación se visualizan las obras de infraestructura que podrían verse afectadas.

### 12.2.3 Área de estudio

A continuación, se presenta el área de estudio del presente análisis, ortofotomosaico en el cual se identifican los ríos, quebradas y arroyos, y de esta manera se genera el mapa hidrográfico (Ilustración 145)) del casco urbano del municipio de Guadalupe. Para de esta manera, identificar cauces a los cuales se les debía realizar un levantamiento batimétrico y realizar una restitución topográfica que permitió apoyar la generación del modelo de elevación del terreno los cauces y valles del río.



**Ilustración 144. Mapa hidrográfico del casco urbano de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

#### 12.2.4 Modelo de elevación (DEM)

El levantamiento hidrotopográfico, se fundamentó en la obtención de una nube de puntos, tanto de los ríos, quebradas, arroyos y drenajes existentes dentro del municipio por medio de secciones batimétricas las cuales incluían zonas aledañas a los cauces llamadas zonas probablemente inundables y estructuras hidráulicas, con el fin de conseguir un modelo de elevación digital del terreno. Para la realización de la topografía se utilizó dron y receptores GPS Topcon hipper II de doble frecuencia en tiempo real y equipo complementario de topografía.

Una vez realizada la integración de la información de la ortofotomosaico y del levantamiento hidrotopográfico el producto final es la generación del modelo de elevación digital (MDT) ver Ilustración 145.

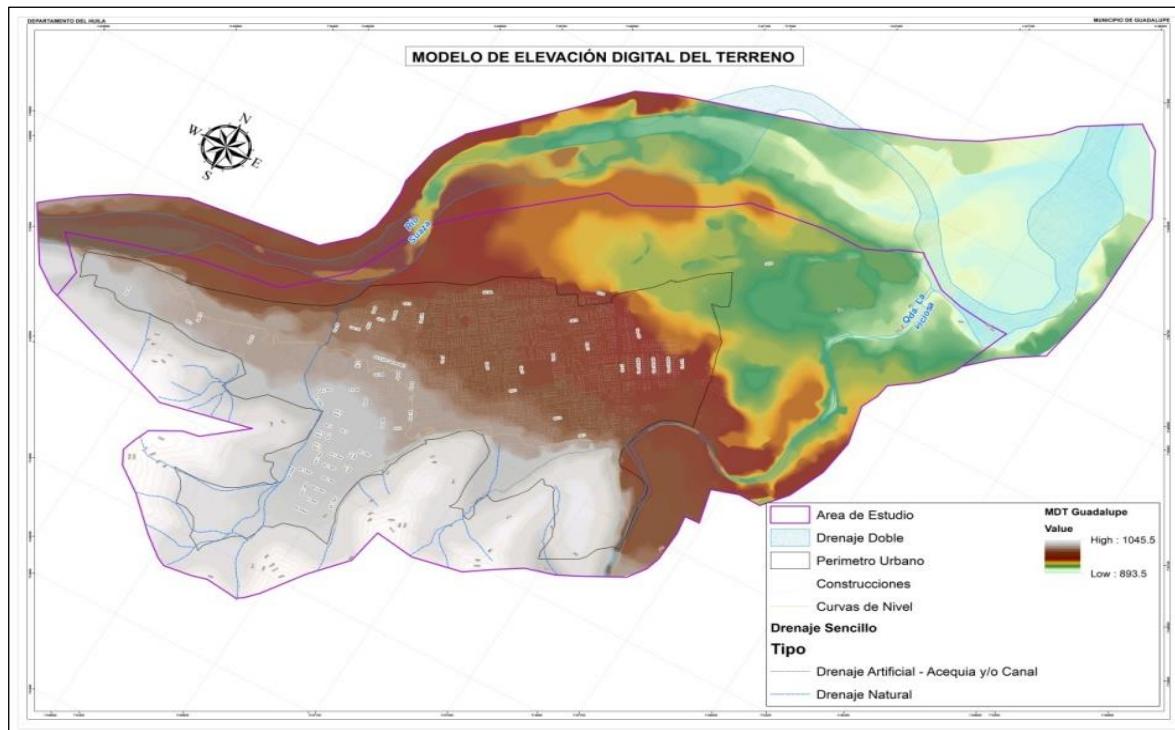


Ilustración 145. Modelo de elevación digital del terreno – MDT del municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

#### 12.2.5 Estudio hidráulico tránsito de crecientes

El estudio hidráulico se fundamentó en el análisis y tránsito de las crecientes probables que se puedan presentar en el Río Suaza, Qda La viciosa y los drenajes existentes, en los diferentes períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25,

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

50, 100, 500 y 1000 años requeridos por la CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA – CAM.

Para la obtención de la zonificación de la amenaza se emplea el modelo matemático HEC-RAS versión 5.0.3 desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos denominado "Water Surface Profiles"

#### **12.2.6 Definición de geometría**

Para definir la geometría del Río Suaza y sus afluentes del municipio de Guadalupe, se utilizó HEC – RAS (Versión 5.0.3) y su extensión en ArcGis HecGEO-RAS, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, utilizando el modelo de elevación digital del terreno -TIN (Ver Ilustración 145).

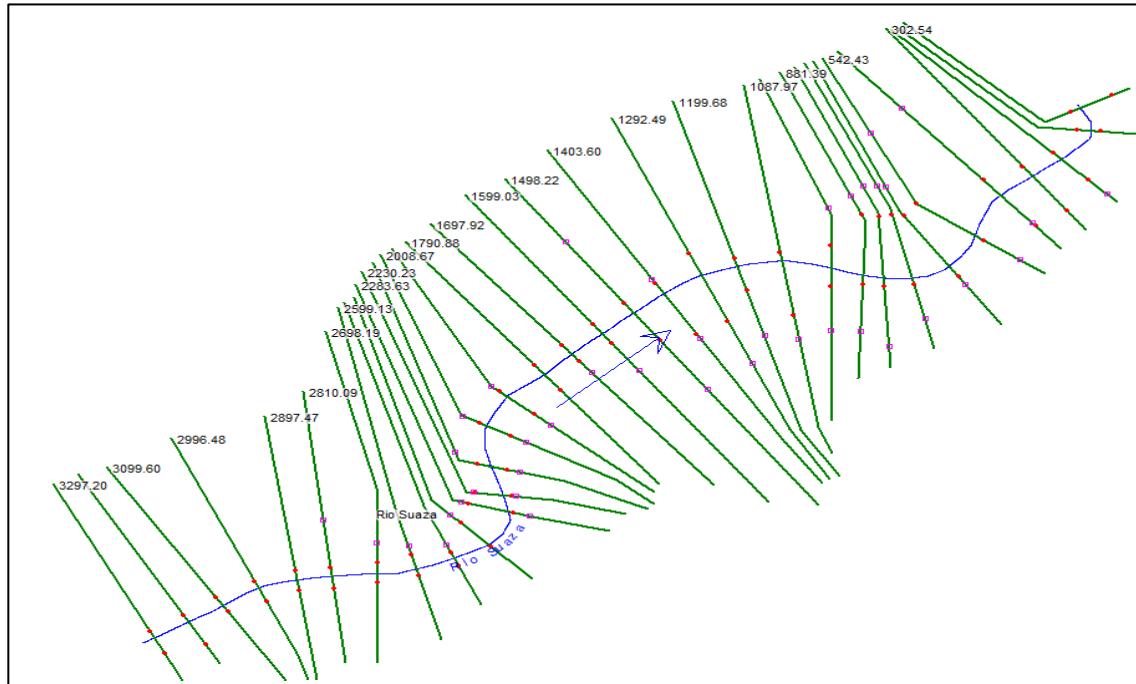
- **Secciones de Análisis**

A partir del levantamiento hidrotopográfico realizado por Geocing S.A.S, se obtuvieron las secciones de cada cauce o drenaje que podría presentar una amenaza para la población del municipio de Guadalupe, conforme a esto se realizó el análisis al río Suaza el cual cuenta con una longitud de análisis de 3.33 km, la Qda La Viciosa con una longitud de análisis de 2.47 km y el canal\_1 con una longitud de análisis de 403 m. A cada corriente de agua se le trazaron secciones de análisis de acuerdo a 3 criterios:

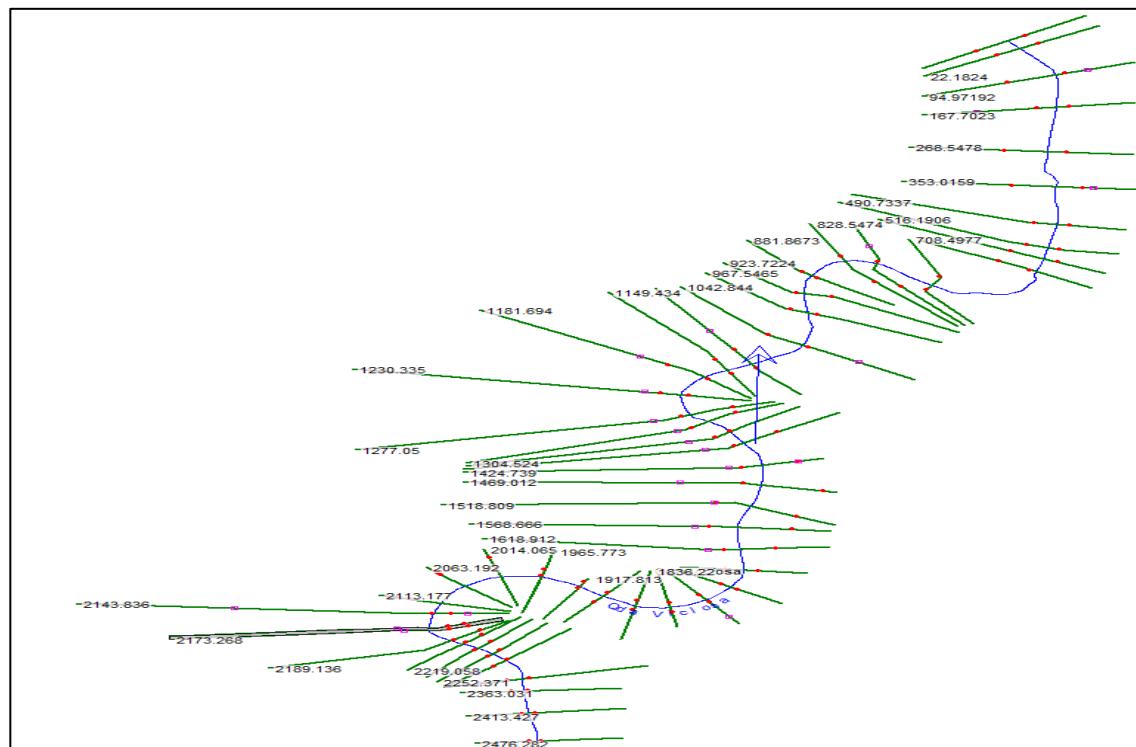
- Dadas las características morfológicas (Aumento o estrechamiento de sección del cauce, cambios de dirección).
- Existencia de estructuras hidráulicas (antes y después de ellas)
- Confluencias o bifurcaciones de los drenajes.

El largo de las secciones trazadas se definió de acuerdo a dos criterios, la primera, a las características del terreno adyacente al cauce, si el cauce se presenta encañonado o si se encuentra sobre una llanura que la hace susceptible a una inundación y el segundo criterio el alcance que pueda tomar la amenaza.

Finalmente, se trazaron 34 secciones de análisis sobre el río Suaza (ver Ilustración 146); 53 secciones para la Qda La Viciosa (ver Ilustración 144) y para el canal\_1 ubicado al occidente del municipio 15 secciones (ver Ilustración 148).

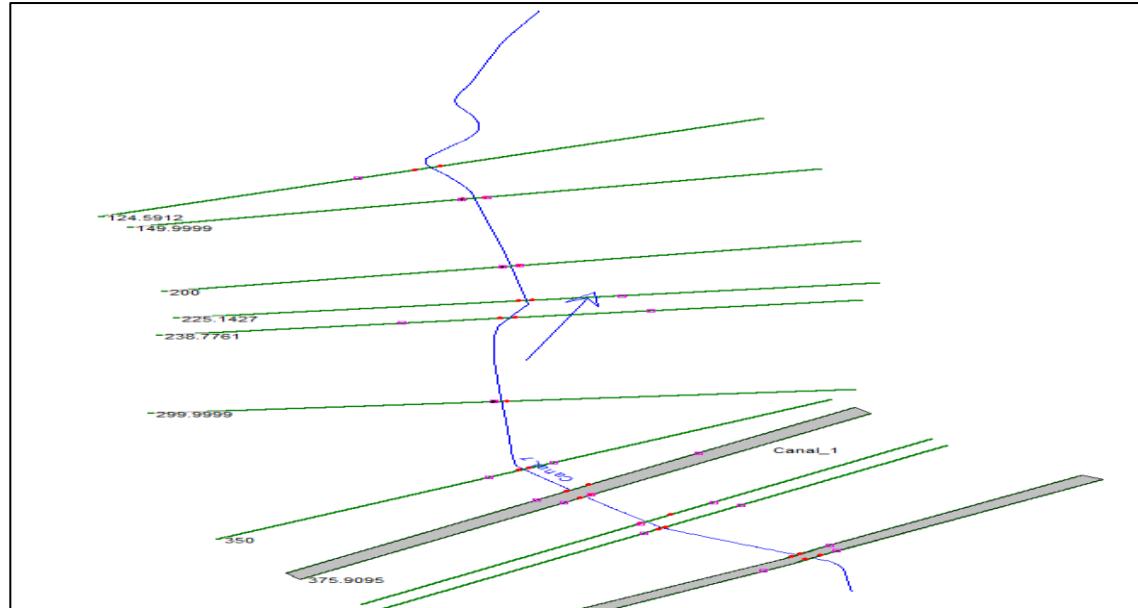


**Ilustración 146. Secciones de análisis del río Suaza para evaluación de la amenaza.**  
Fuente: Geocinc S.A.S.



**Ilustración 147. Secciones de análisis de la Quebrada la Viciosa para evaluación de la amenaza**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 148. Secciones Hidrotopográficas Zanjón La Jícua En La Modelación Hidráulica.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

En la Ilustración 149 y la Ilustración 150 se presenta el modelo matemático del casco urbano del municipio de Guadalupe con las secciones transversales del río Suaza, Qda La Viciosa y canal\_1.

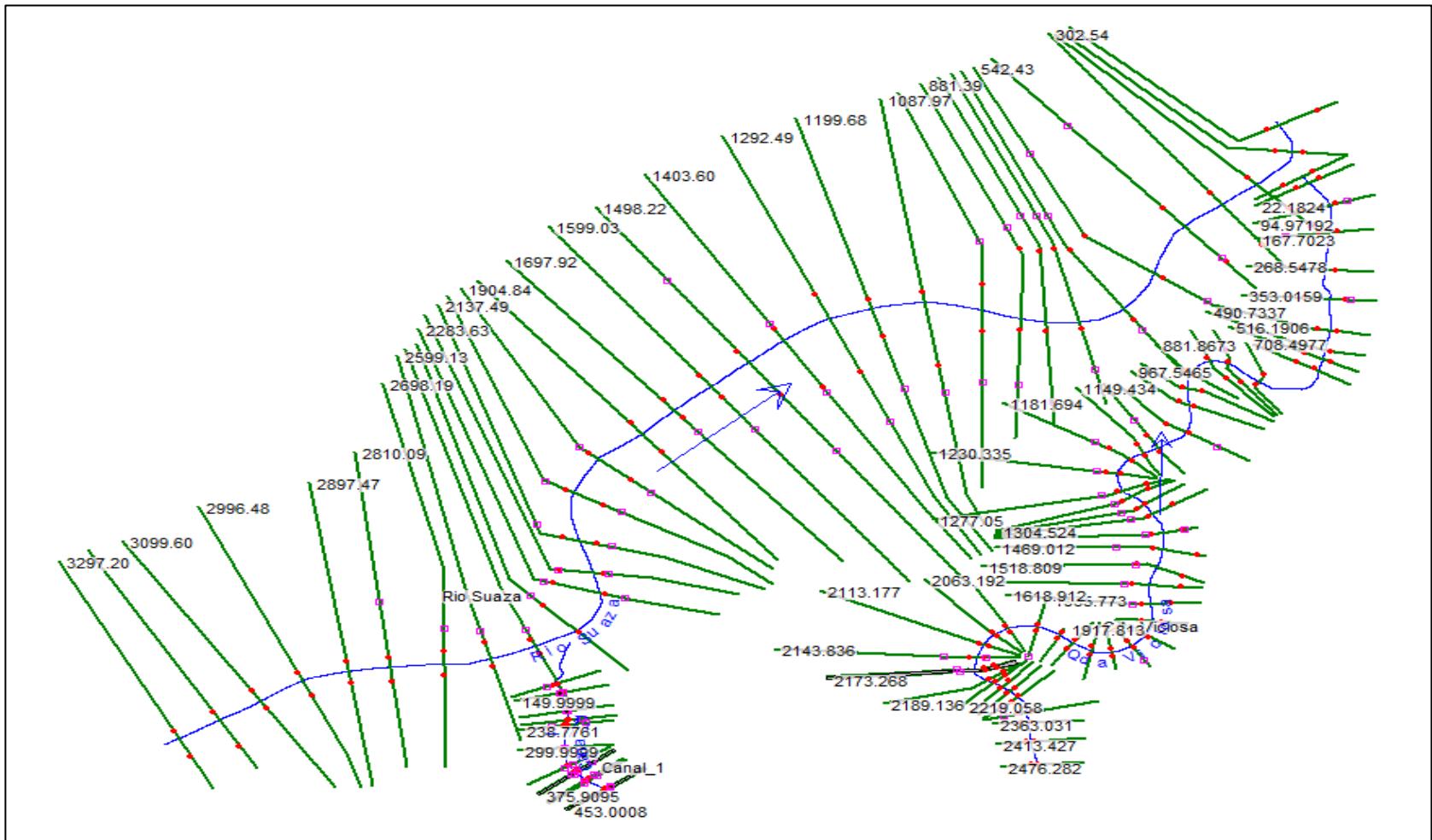
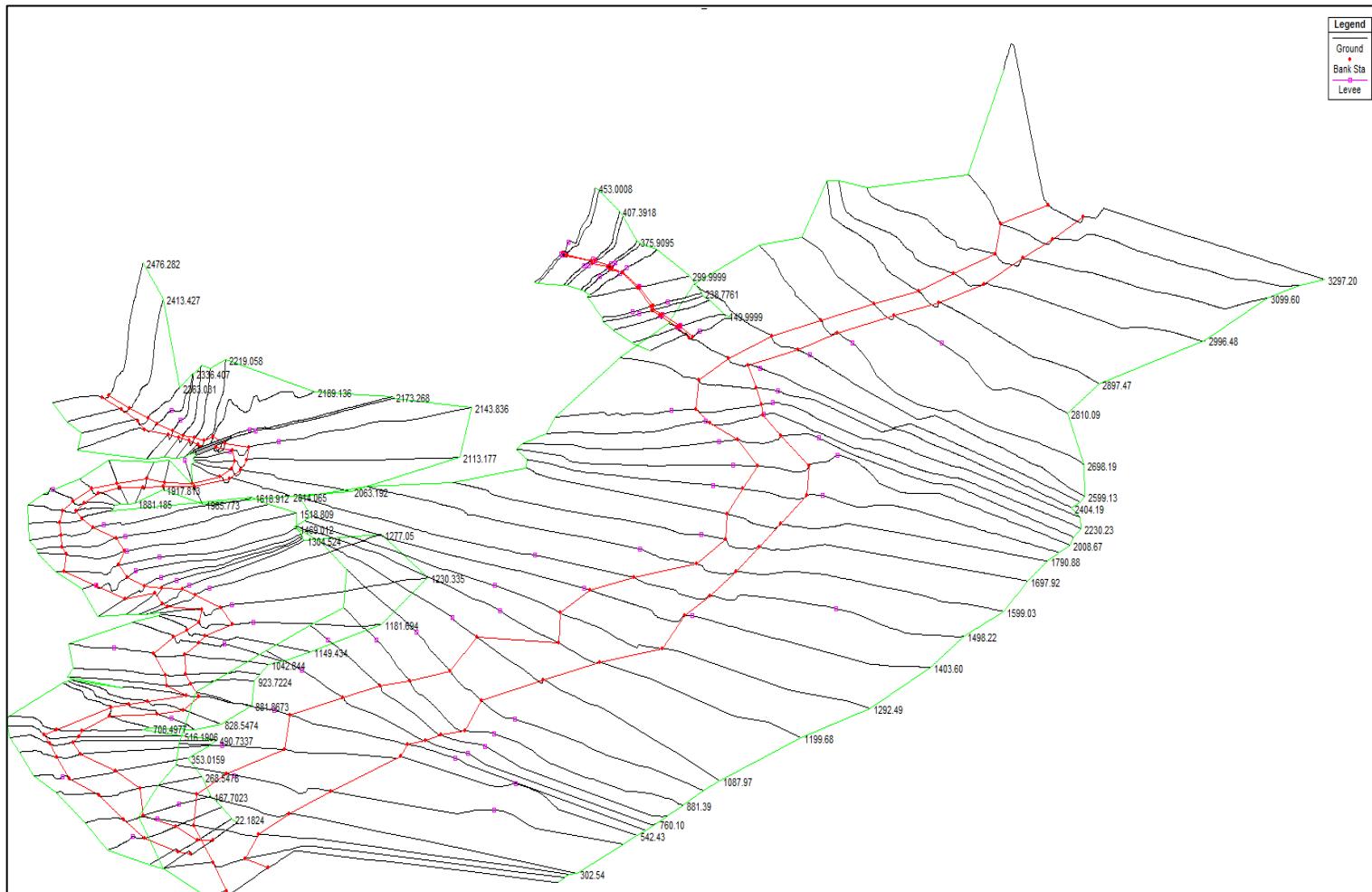


Ilustración 149. Modelo hidráulico HEC-RAS del río Suaza con sus diferentes drenajes, canales y Quebradas, entre el municipio de Guadalupe y el casco urbano.

Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 150. Modelo 3D Vista Isométrica HEC-RAS del río Suaza con sus diferentes drenajes, canales y Quebradas, entre el municipio de Guadalupe y el casco urbano.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 12.2.7 Calibración del Modelo

Para la calibración de los modelos hidráulicos, referente lechos del cauce o rugosidad de Manning, se realizó un análisis regional de los aforos de las estaciones limnimétricas o limnigráficas, operadas por el IDEAM, las cuales están localizadas en el área de influencia regional de las diferentes cuencas a la altura del municipio de Guadalupe; a fin de determinar los coeficientes de rugosidad de Manning con los diferentes aforos en sus respectivos cuerpos de agua. Una vez obtenido dicho análisis se caracterizó el lecho del río con el coeficiente de Manning de los cauces a analizar como lo son el río Suaza, Qda La Viciosa y el zanjón La Jícua, tal como se presenta a continuación.

Tabla 109. Estimación del Coeficiente de rugosidad de Manning para los afluentes analizados.

CAUCE O DRENAJE	RUGOSIDAD DE MANNING MÍNIMA
Río Suaza	0.025 hasta 0.040
Quebrada La Viciosa	0.03 hasta 0.035
Zanjón La Jícua	0.014 hasta 0,015

Fuente: Geocinc S.A.S.

En las demás áreas aledañas a los cauces del municipio de Guadalupe, se adoptaron valores teóricos de rugosidad de Manning, acorde con las características de la zona, respecto de sus coberturas, dado que no existe información de aforos de crecientes en el río, quebradas, canales y drenajes de análisis; por lo que, para estas zonas no fue posible estimar los respectivos coeficientes de Manning a partir de dichos aforos.

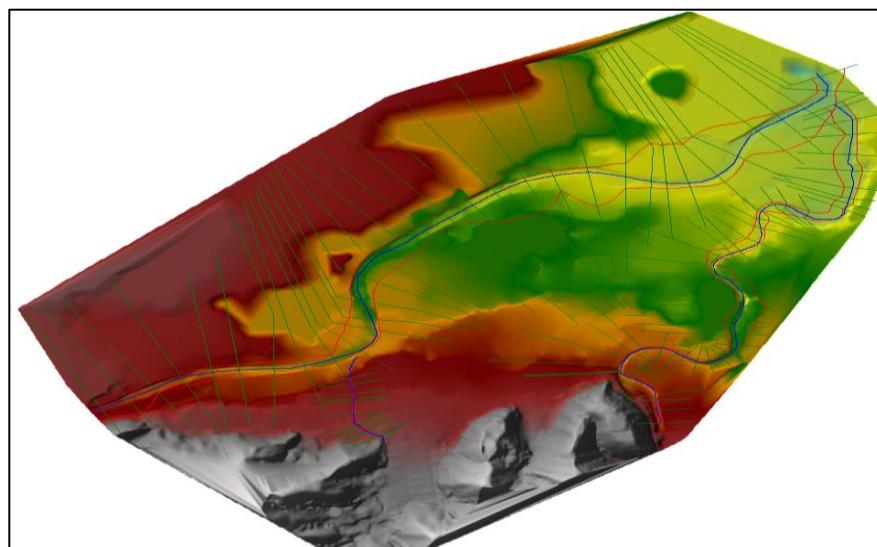


Ilustración 151. Modelo HEC-RAS del río Suaza, Qda La Viciosa y el Canala\_1.  
Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

### 12.2.8 Modelación de Caudales para los períodos de retorno de estudio.

Corresponde a la modelación hidráulica del Río Suaza y sus afluentes, en el Municipio de Guadalupe - Huila, donde se transitaron nueve tipos de crecientes, con caudales picos de períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100, 500 y 1000 años, tal como se presenta a continuación en la Tabla 110.

**Tabla 110. Caudales de las Crecientes Pico esperadas en el río Suaza y sus afluentes**

Crecientes	Seccione s	Caudales (M3/S)-Años									
		2,33	5	10	15	25	50	100	200	500	1000
Río Suaza	3300	157,6	276,2	394,3	466,1	558,3	688,3	825,6	967,5	1161,5	1312,6
Qda La Viciosa	2476,28	87,9	146,4	202,2	235,4	278,2	339,1	402,8	468,7	559,2	629,9
Zanjón La Jícua		1,5	2,1	2,9	3,5	4,4	6	8,1	11	16,5	22,5

Fuente: Geocinc S.A.S.

### 12.2.9 Estructuras hidráulicas

El modelo permite la simulación de estructuras que existan sobre el cauce, para de esta manera identificar las propiedades hidráulicas que generan sobre el flujo, y si tienen la capacidad hidráulica en caso de un evento máximo de crecientes.

Sobre la Qda La Viciosa pasa el puente que comunica al centro poblado San Antonio del Pescado, esté tiene unas dimensiones de 15 m de largo y 6 metros de ancho, el puente se encuentra elevado a 3 m desde el lecho de la quebrada, ver Ilustración 152.



**Ilustración 152. Puente ubicado sobre la Qda La Viciosa.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Sobre el canal del zanjón La Jícua se encuentran 3 puentes, el primer puente (PT1) se muestra en la Ilustración 153 tiene un ancho de 1 m por una profundidad de 0.50 m, el segundo puente (PT2) se encuentra a 50 m aguas abajo del PT1 ver Ilustración 153 imagen derecha, posee un ancho de 1.50 m por una profundidad de 1.50 m y el tercer puente (PT3) se encuentra ubicado a 60 m aguas abajo del PT2 el cual cuenta con unas dimensiones de 3.50 m de ancho con una profundidad de 1.50 m como se observa en la Ilustración 153.



**Ilustración 153. Puente 1 (Izquierda) y Puente 2 (Derecha) ubicado sobre el canal\_1.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

#### **12.2.10 Análisis de Creciente para un período de retorno de 100 años**

Corresponde a la creciente esperada con período de retorno de 100 años del río Suaza, Qda La Viciosa y el Zanjón La Jícua, con este condicionamiento el modelo hidráulico Hec-Ras permitió transitar los caudales con los valores ilustrados en la Tabla 110.

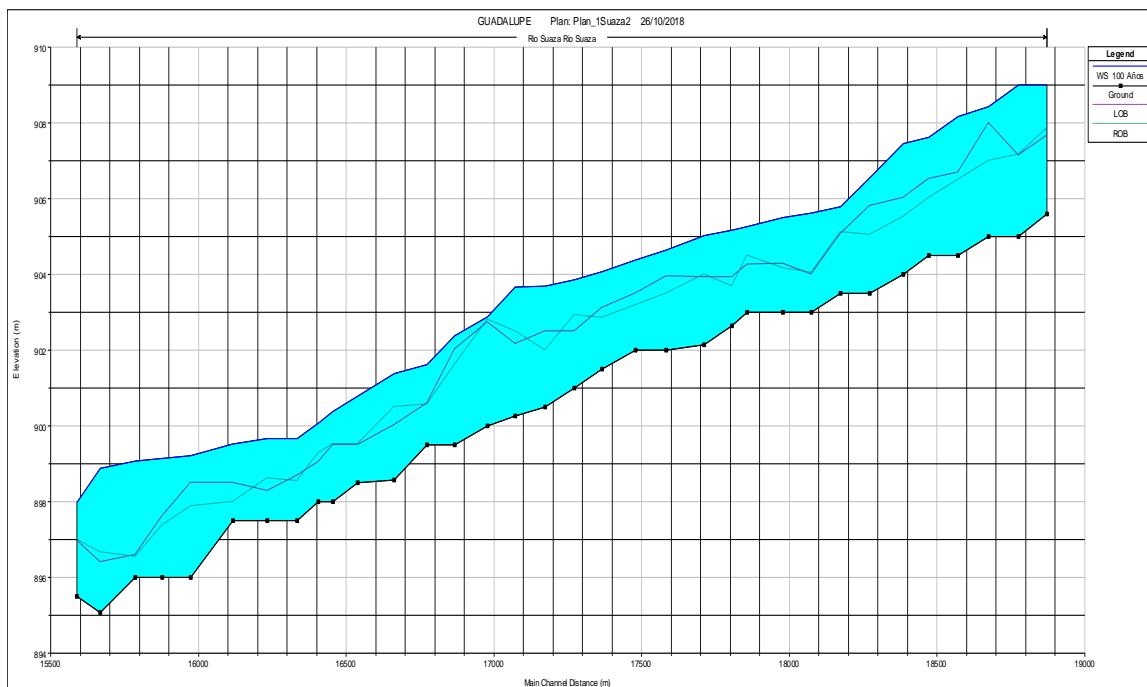
Teniendo en cuenta el modelo de creciente para un periodo de retorno de 100 se identificó diferentes zona de inundación, una ubicada al norte de la cabecera del municipio donde desemboca la quebrada La Viciosa en el río Suaza, está zona abarca un ancho de 580 m de extremo a extremo de la mancha, cabe resaltar que sobre esta zona no se encuentra ubicada ninguna vivienda pero si la planta de tratamiento de aguas residuales.

A continuación se presenta los resultados del tránsito de la creciente con periodo de retorno de 100 años, para cada uno de los cauces.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

- **Río Suaza**

De acuerdo con el perfil longitudinal del río Suaza (ver Ilustración 154) se puede identificar la altura de la lámina de agua máxima que se presenta en cada sección de análisis. Sobre el cauce se encuentran diferentes depresiones que ocasionan un cambio de pendiente aumento de velocidad el cual produce un flujo super crítico provocando una disminución de la lámina de agua entre las secciones RS 2698.19 y la RS 2599.13 como se puede observar en la Ilustración 154, dentro de esta también se identifica la altura de las orillas del cauce (Líneas punteadas) con esta se puede identificar desde que punto la sección del cauce no suple la carga hidráulica para un periodo de retorno de 100 años.



**Ilustración 154. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años en el río Suaza.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

Dentro del canal del río Suaza la lámina máxima identificada es de 4.24 m localizada en la parte baja del río en la sección RT 93.61 producida por la socavación que ha generado el cambio de dirección y la velocidad aumentada por la desembocadura de la quebrada La Viciosa, la pendiente media del lecho del río es de 0.3% caracterizándose como un río de muy baja pendiente, el cual en 3.297 km de longitud la altura varía 10 m.

Las secciones de análisis que se encuentran trazadas sobre el casco urbano van desde la sección RT 3099 a la RT 1697, se identifica que para una creciente de 100 años la lámina de agua alcanzaría una altura máxima de 1.94 m por encima

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

de la orilla del río identificada en la sección RT 2810 ubicada al occidente del casco urbano sobre la vía principal de acceso al municipio.

Otra de las secciones donde se identifica una altura de lámina mayor a 1 m es la RT 1498 pues esta mancha alcanza a inundar la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio y el barrio aledaño a está, en donde la lámina de agua alcanzaría hasta 0.70 m sobre este sector.

Por otra parte la zona que se encuentra más afectada por el desbordamiento del río suaza es al norte en los límites del casco urbano el cual se encuentra un valle de inundación sobre el margen derecho del río, a pesar de esto el mayor porcentaje de la mancha se encuentra sobre una cobertura de pastos arbolados sin comprometer predio.

En la Ilustración 155 se encuentra la gráfica de velocidades asociada a cada sección de análisis en ella se puede definir las velocidades dentro y fuera del canal, de acuerdo está dentro del canal (gráfica de color azul) se alcanza una velocidad de máxima de 4.24 m/s y una mínima de 1.15 m/s, el cual se puede asociar al cambio de la sección transversal y al aumento de pendiente entre secciones.

De acuerdo a la Ilustración 155 en la sección RS 1498 ubicada en la abscisa Km 1 +798 se genera una disminución en la velocidad de 3.49 m/s a 1.26 m/s generando una caída en su velocidad, esto debido a que la sección del canal se amplía cambiando las características del terreno ya que la sección mojada aumenta de 236 m<sup>2</sup> a 1162 m<sup>2</sup> siendo el factor principal por el cual se refleje la disminución drástica de la velocidad, sobre la misma sección se identifica una altura de la lámina de agua de 1.70 m por encima de la cota máxima antes de desbordarse el río, sobre esta sección la mancha de inundación alcanza 680 m a su costado derecho desde el eje del río y 87 m al costado izquierdo, comprometiendo pastos limpios a lado y lado de la mancha.

Sobre la sección Rs 2698 se produce otro de los picos de velocidades como se observa en la anterior ilustración, aumento la velocidad pasando de tener una velocidad 1.63 m/s a 4.24 m/s, producida por la disminución de la sección del canal pasando de tener un área mojada de 763 m<sup>2</sup> a 285 m<sup>2</sup>, otro de los factores por el cual se produce el aumento de la velocidad es el aumento de la pendiente entre secciones.



ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.



INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

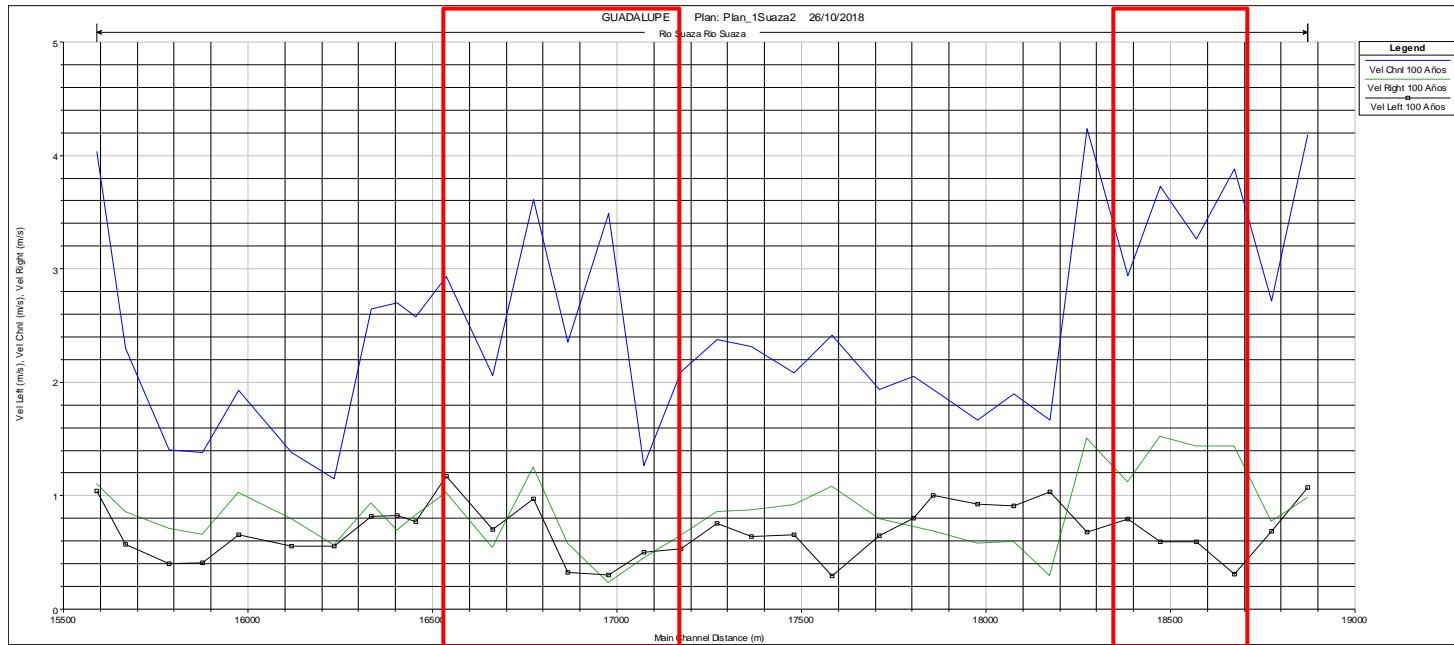


Ilustración 155. Perfiles de velocidades dentro y fuera del canal del río Suaza.

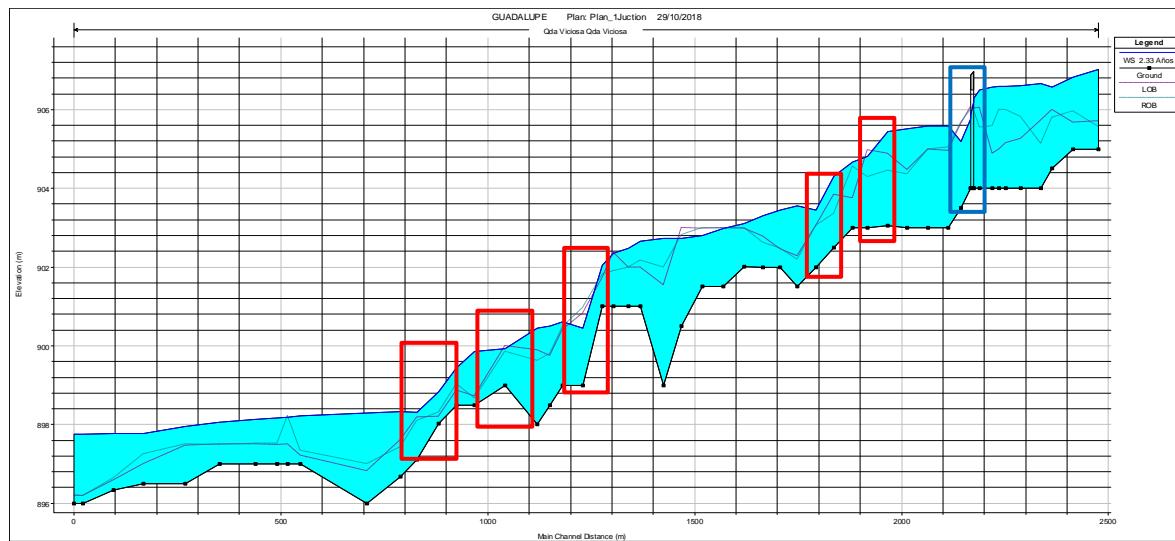
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

- Quebrada La Viciosa

La quebrada La Viciosa se encuentra ubicada al oriente del casco urbano, el cual recoge sus aguas de 149.1 km<sup>2</sup> que abarca su cuenca, una vez realizada la modelación matemática con el software Hec – Ras se identificó las manchas de inundación que se producían a consecuencia a una creciente para un periodo de 100 años y consigo las características hidráulicas de está, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

De acuerdo con el perfil longitudinal de la Qda. La Viciosa (ver Ilustración 156) se puede identificar la altura de la lámina de agua máxima que se presenta en cada sección de análisis. Sobre el cauce se encuentran diferentes depresiones pronunciadas que ocasionan un cambio de pendiente aumento de velocidad entre esas secciones haciendo que el régimen de flujo se modifique induciendo una disminución de la lámina de agua, estos casos se presentan en las secciones RT 828, RT 1042, RT 1230, RT 1793 y RT 1917 como se puede observar en la Ilustración 156 en color rojo, por otro lado el estrechamiento de una sección a otra también es uno de los factores por el cual se presenta el aumento de la velocidad haciendo que la lámina de agua desciende, esto se presenta sobre la sección del puente ubicado en la parte alta del tramo en color azul.



**Ilustración 156. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la quebrada La Viciosa**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

En la Ilustración 157 se presenta el perfil de velocidades de la quebrada La Viciosa que se relaciona con el perfil mostrado en la Ilustración 156, en esta se puede identificar los pico de las secciones en donde se presenta un aumento en

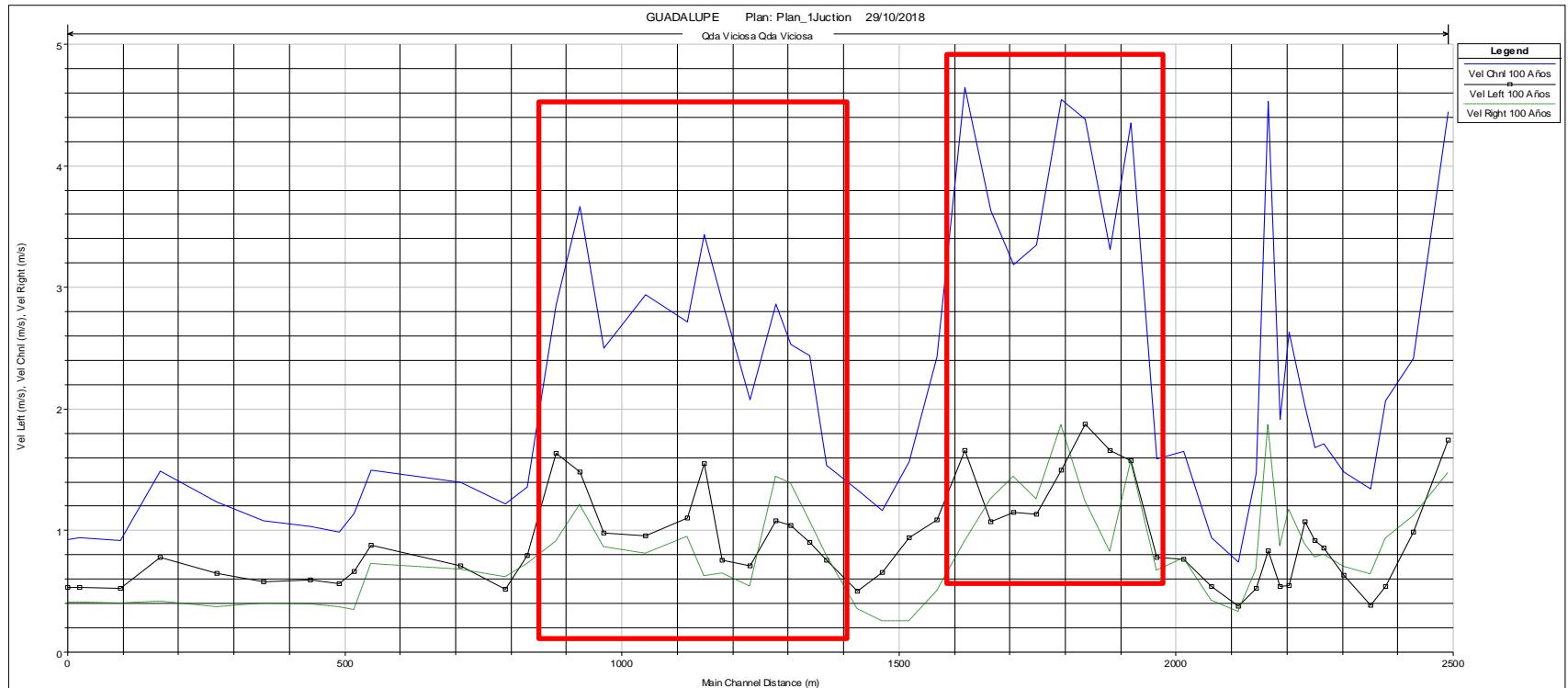
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

la velocidad, la velocidad máxima que se presenta sobre la quebrada La viciosa es de 4.64 m/s presentada sobre la sección RT 1230 y una velocidad mínima de 0.74 m/s presentada en la sección 2113.

A partir de la Ilustración 157 se puede observar que durante el recorrido la velocidad varía y no es constante, presentando diferentes pico por el estrechamiento y cambio de pendiente que toma la quebrada, debido a las diferentes depresiones que existen sobre el lecho del río.

La quebrada La Viciosa limita al oriente del casco urbano, las secciones que se trazaron sobre esta zona van desde la sección RT 2173 a la RT 1965, de acuerdo a la Ilustración 157 se identificaron las diferentes cotas de la lámina de agua que alcanza la creciente de 100 años de la quebrada, se pudo identificar que la lámina promedio al costado izquierdo sobre las secciones que afectan directamente al barrio aledaño a la curva junto al puente, haciendo insuficiente el gavión existente sobre esta curva.

Las lámina de agua máxima encontrada sobre el cauce La Viciosa desde la cota más baja de la sección es de 4.75 m identificada en la sección RT 2363 seguida de la RT 1424 con 4.20 m, esto debido a las depresiones existentes sobre el perfil del cauce como se observó en la Ilustración 156. Por otra parte se identifica la altura de la lámina de agua que toma el agua luego de desbordarse de la orilla de la quebrada con el objetivo de proponer obras para la mitigación de la inundación, de la sección RT 2476 a la RT 2189 sus aguas se desplazan sobre su costado derecho tomando una altura promedio de 2 m desde la orilla del cauce, aguas abajo desde la sección RT 1568 a la RT 1230 al costado izquierdo del cauce se produce una inundación de 1 m en promedio sobre la orilla.

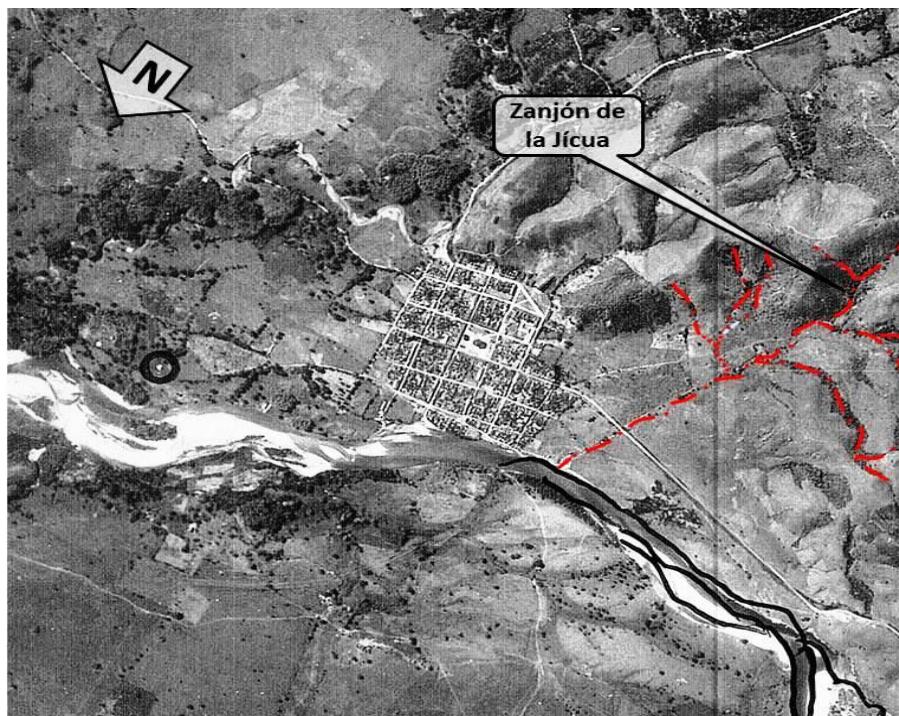


**Ilustración 157. Perfiles de velocidades dentro y fuera del canal de la Qda. La Viciosa.**  
Fuente: Geocing S.A.S

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

- Zanjón La Jícua

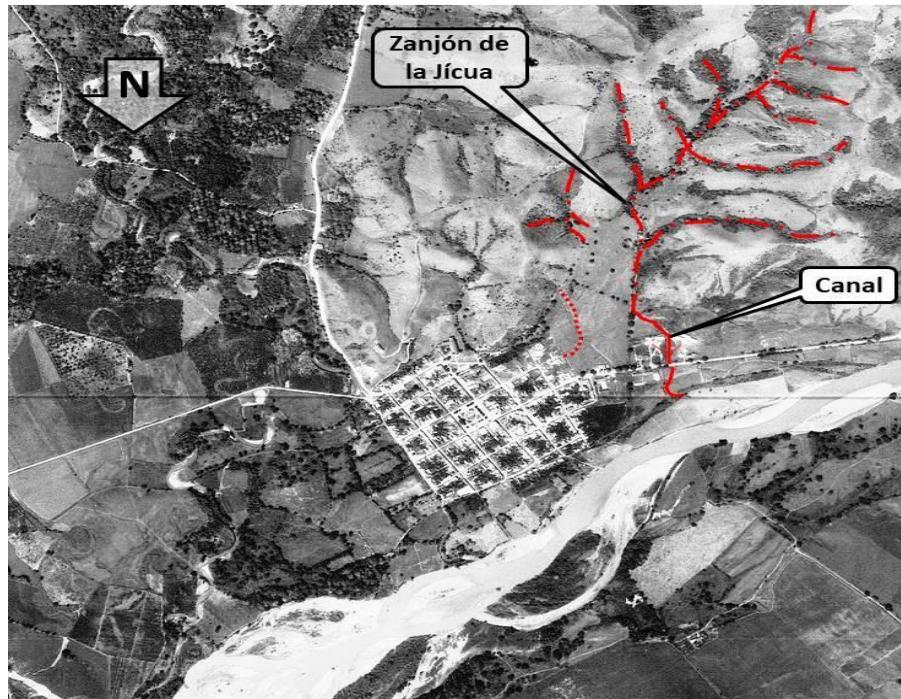
El zanjón La Jícua se encuentra ubicado al occidente del casco urbano este a través de los años ha sido modificado, donde a partir del año 1979 (Ilustración 159), fue desviado y canalizado en un sector de su parte baja con respecto al año 1947 (Ilustración 158). Adicionalmente en los años evaluados ha sido notable el cambio en el uso del suelo en la parte baja y alrededores del zanjón, representado últimamente por incremento de unidades de vivienda y construcciones civiles.



**Ilustración 158. Fotografía aérea 158, vuelo B26. En trazos rojos se indica el cauce y tributarios del Zanjón de La Jícua.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

La intervención sobre el zanjón ha provocado un cambio en la morfología de este provocando que en épocas de lluvias, en un evento de máxima precipitación se desborde sus aguas.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

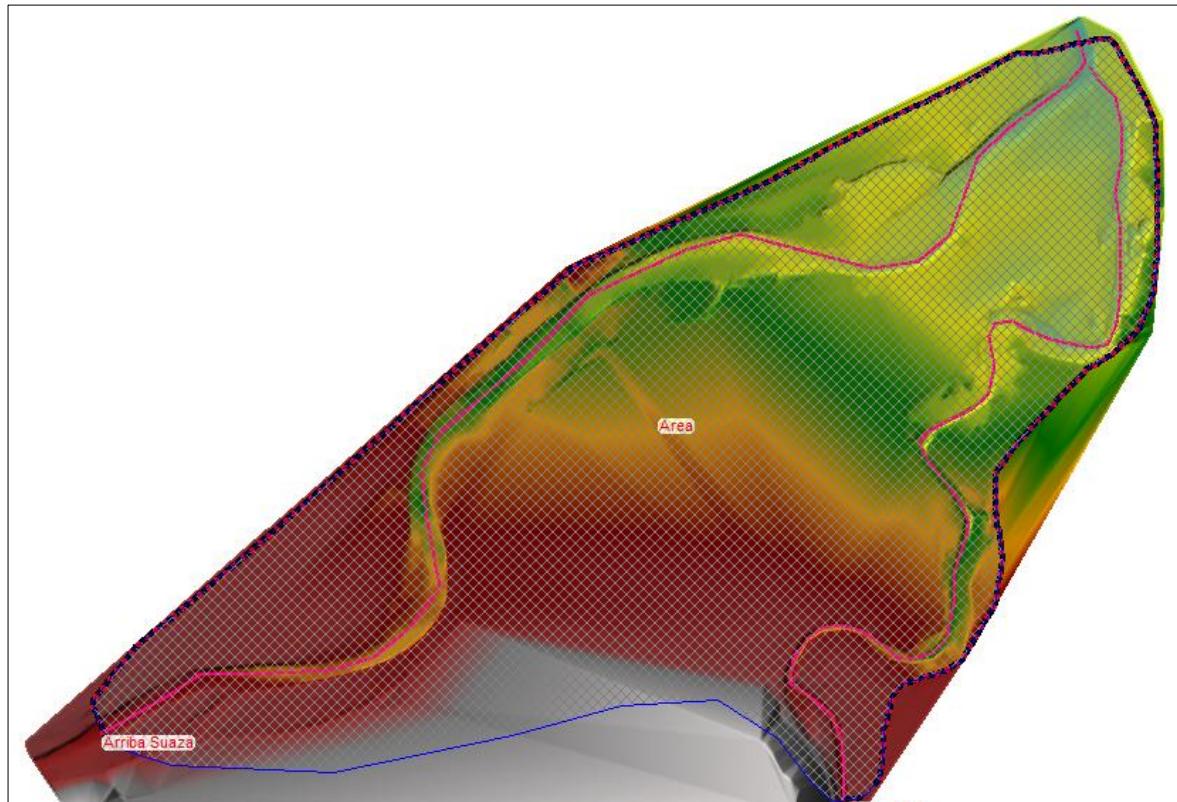


**Ilustración 159. Fotografía aérea 203, vuelo C1917. En trazos rojos se indica el cauce y tributarios del Zanjón de La Jícua**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

### **12.2.11 Definición 2D Flow Área**

Adicionalmente, se realizó la modelación del área de estudio en Hec Ras 2D. El 2D Flow Area corresponde al límite del área a ser modelada, a esta se le asigna un malla de n tamaño que corresponde al nivel de detalle de los datos ingresados al modelo. Se seleccionó un tamaño de celda igual a 15 m<sup>2</sup>, esto debido al gradiente altitudinal, y a que se presentaban variaciones drásticas en las coberturas y por lo tanto en la rugosidad.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 160. 2D Flow Área del municipio de Guadalupe en HEC - RAS.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

En la Ilustración 160, se presenta en mallado correspondiente, el cual se generó a partir de la ubicación de los puntos críticos establecidos en el capítulo 10.1 y la ubicación de los diferentes elementos expuestos respecto al DEM.

### **12.2.12 Modelación HEC – RAS 2D**

A partir del modelo establecido se modelaron los períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 100, 500 y 1000 años, según los valores obtenidos en el capítulo 10.4, generando las manchas de inundación, según las cuales se establecieron las zonas que presentarían afectación y se categorizó la amenaza. Respecto a los resultados, se seleccionaron los períodos de retorno de 100, 500 y 1000 años para categorizar la amenaza, como se establece en el capítulo 12.2.13.

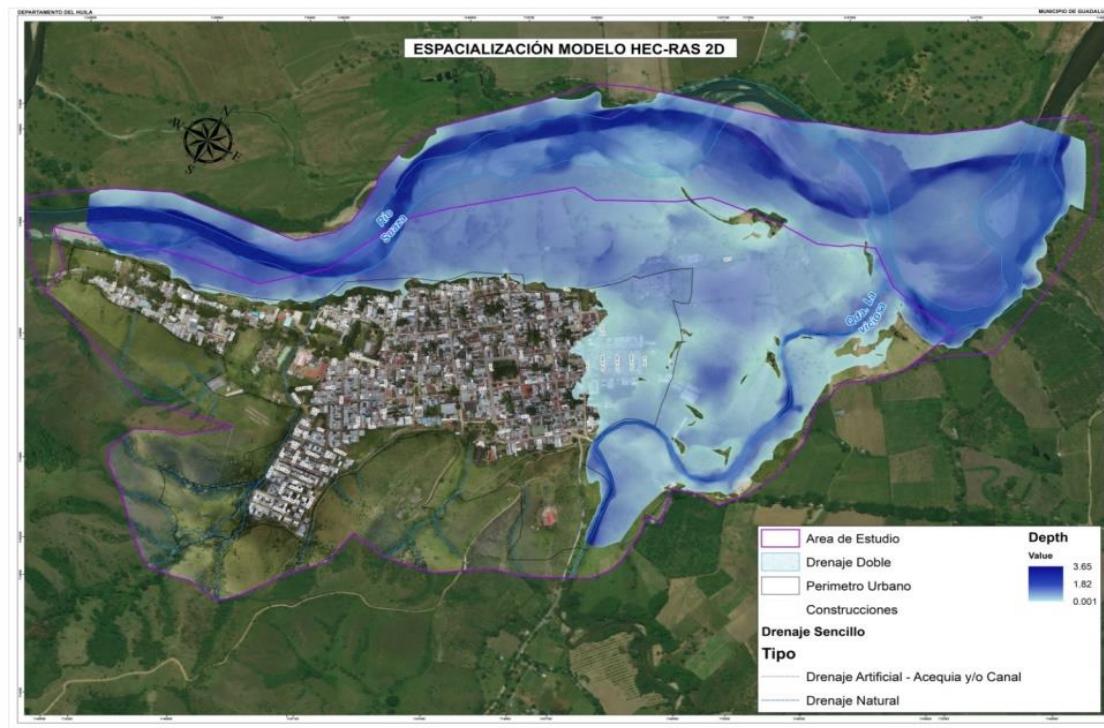
#### **• Espacialización de manchas de inundación HEC RAS, FLO 2D**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, respecto a los perfiles hidráulicos de las láminas de aguas y velocidades de las crecientes del Río Suaza y la quebrada La Viciosa sobre el casco urbano y el modelo de elevación digital (DEM), es posible determinar de manera espacial y local la creciente para un periodo de retorno de 100 años, de acuerdo a esto se utilizaron 3 modelos

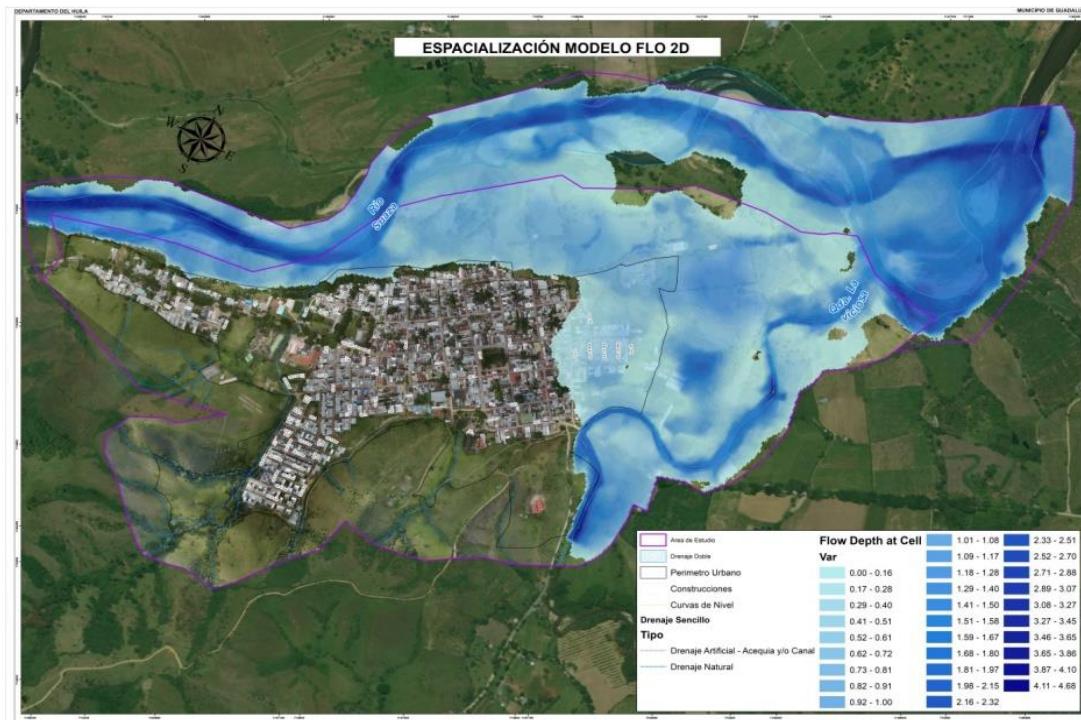
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

matemáticos para espacializar la mancha por medio de los software Hec Ras 2D, FLO 2D con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos y de esta manera zonificar la amenaza por inundación. A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las especializaciones.

Como se puede identificar las manchas de inundación representan las mismas zonas críticas una de ellas ubicada al oriente de la cabecera municipal donde se ven afectadas 5 manzanas completas por el desbordamiento de la quebrada La Viciosa y la influencia del río Suaza, sobre estas zonas la lámina de agua alcanza una altura de 0.30 m con el software HEC RAS y 0.60 m con FLO 2D. Se evidencia que la mancha de inundación generada por el modelo en Hec Ras es más conservador que el modelo FLO 2D ya que las manchas abarcan una mayor área sobre la zona oriente de la cabecera, pero de forma general ratifican la amenaza que se encuentra la cabecera del municipio.



**Ilustración 161. Espacialización modelo Hec Ras para un periodo de retorno de 100 años.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**



**Ilustración 162. Espacialización modelo FLO 2D para un periodo de retorno de 100 años.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

Adicionalmente se identifican sobre la zona rural ubicada al norte de la cabecera una gran mancha que inundación sobre zonas abiertas, en donde se encuentran la planta de tratamiento de aguas residual (PTAR) de la cabecera y diferentes predios, ya que el río suaza tiene la característica de estar distribuido sobre su ancho pero no encañonado, provocando que en épocas de lluvias la altura de la lámina aumente y se desborde sus aguas sobre el costado derecho del río.

Se puede determinar que la quebrada La Viciosa, tiene un incremento sustancial en cauce, el cual no tiene la capacidad hidráulica para soportar dicho caudal. A su vez se observa que en la parte inferior de la abscisa K0+390 de la sección QG-33 a la abscisa K0+278.59 de la sección QG-38; se observa que hay una acumulación significativa de sedimentos, los cuales disminuye la velocidad del caudal y por lo tanto favorece a su estancamiento, posteriormente su inundación eventualmente. Finalmente, se considera que la caracterización de las alturas de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años (Ver Ilustración 161), permite determinar de manera espacial y local, las alturas mínimas requeridas para las obras a proyectar y/o implementar en las áreas inundadas en el casco urbano, con el fin de reducir y/o mitigar la condición de riesgo de inundación y represamientos de la infraestructura y/o viviendas presentes en dicha zona inundable, siempre y cuando se tome dicha creciente

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

como criterio de diseño o escenario de amenaza al cual se pretenda realizar la mitigación respectiva.

### **12.2.13 Categorización de la Amenaza por Inundación**

El nivel de amenaza está en función tanto de la intensidad como de la probabilidad de la inundación. La intensidad de la inundación está definida por la profundidad y por la velocidad del flujo. La probabilidad es inversamente proporcional a la magnitud de la inundación. Por eso, los grandes eventos ocurren con menor frecuencia, pero poseen alta intensidad relativa a la profundidad y a la velocidad del flujo, mientras que los eventos pequeños son más frecuentes, pero menos dañinos. El nivel de la amenaza se define, entonces, como una función discreta que combina la intensidad (magnitud del evento) y el período de retorno (frecuencia). Teniendo en cuenta los criterios encontrados en la literatura acerca de los períodos de retorno y su intensidad, se propone categorizar la amenaza por inundación con la Tabla 111.

**Tabla 111. Categorización de Amenaza por Inundación.**

CATEGORÍA		PERÍODO DE RETORNO (años)	DESCRIPCIÓN
I	Bajo	1000	El evento de inundación puede ser concebible pero únicamente bajo circunstancias excepcionales. Los eventos ocurrirían con un período de retorno mayor o igual a 1000 años.
II	Medio	500	La ocurrencia de un evento de inundación durante el de término un tiempo de vida es poco probable, pero es posible que ocurra bajo condiciones adversas. Los eventos ocurrirían con un período de retorno de 500 años.
III	Alto	100	La Inundación puede ser inminente. Los eventos ocurrirían con un período de retorno menor a 100 años.

Fuente: Geocinc S.A.S.

### **12.2.14 Evaluación de la amenaza**

De acuerdo con el criterio de evaluación presentado en la categorización de la amenaza, y tomando los datos de velocidad y profundidad de la lámina de agua obtenidos en la modelación hidráulica e integrando las manchas de Inundación para los diferentes períodos de retorno evaluados, se obtiene que la amenaza por inundación de la zona de estudio se presentan amenazas desde la categoría baja hasta alta.

En la Tabla 112 se presenta la distribución de la amenaza por inundación; 161.882 ha se encuentran en amenaza alta de un total de 280.268 ha, seguida por la categoría de amenaza baja con 112.317 ha y por último la categoría media con 6.069 hectáreas.

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

**Tabla 112. Porcentajes áreas por amenaza de inundación.**

Guadalupe		
Amenaza	Área Ha	Área %
Alta	161.88	57.76%
Media	6.07	2.17%
Baja	112.32	40.07%
Total	280.27	100%

Fuente: Geocing S.A.S.

En la siguiente ilustración se presenta el mapa de amenaza por inundación final de las zonas críticas evaluada del casco urbano del Municipio Guadalupe en él Anexo 6. MAPAS.- Amenaza se puede consultar el mapa de amenaza por inundación GE426-GDP-PSIG-AZI-001-00.



ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.

**GEOCING**  
Geociencias e Ingeniería S.A.S

INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

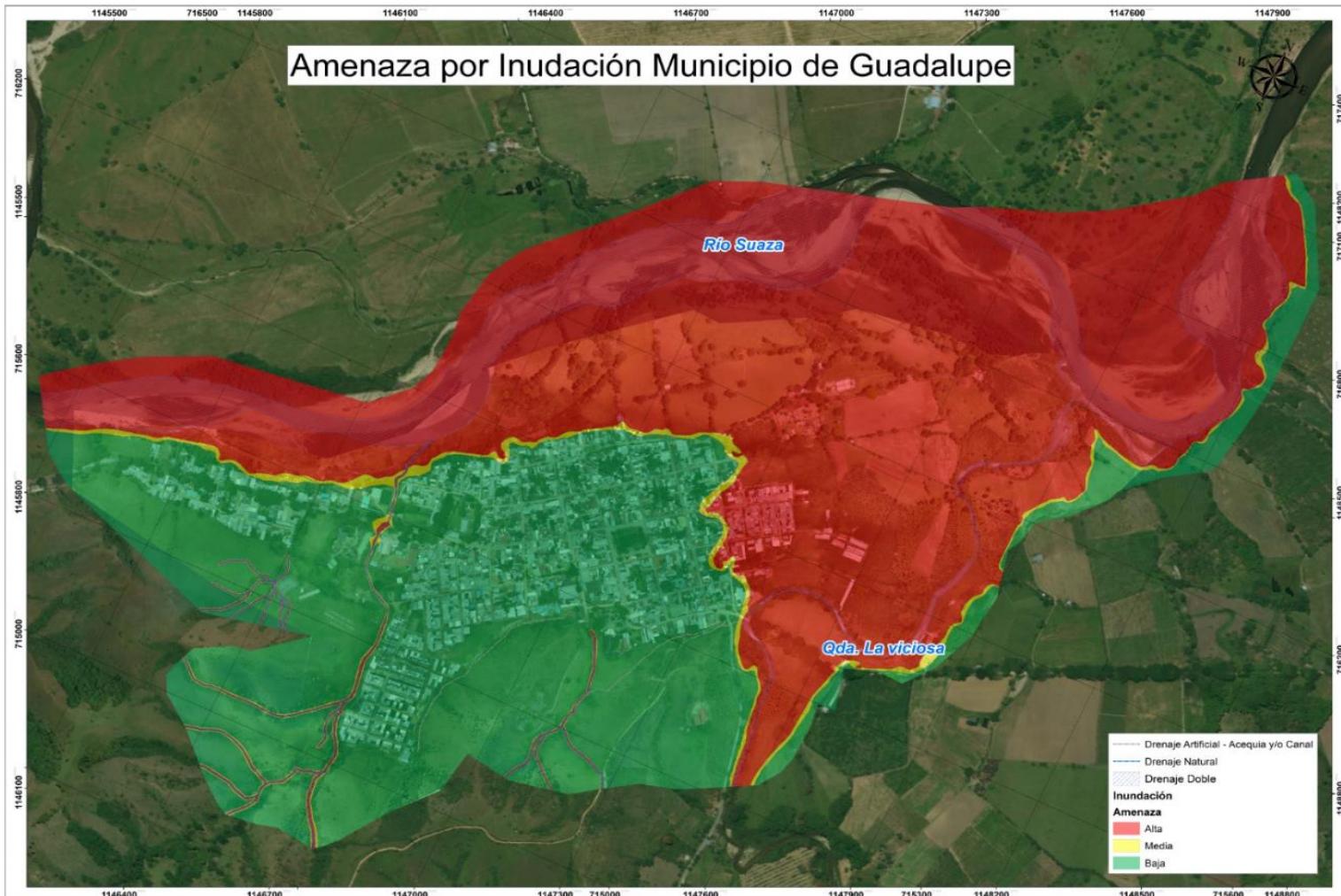


Ilustración 163. Mapa de Amenaza por inundación del casco urbano del Municipio de Guadalupe.

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Según el anterior mapa, las zonas en amenaza por inundación de la cabecera municipal Guadalupe se relacionan a continuación:

En la modelación local se encontró que el casco urbano está expuesto a eventos generados por eventos de inundación en algunas zonas bañadas por el Río Suaza y la quebrada La Viciosa y el Zanjón La Jícua en la zona de estudio. De acuerdo al análisis de la modelación hidráulica, se evidencio que sobre la parte sur del casco urbano se encuentra un gavión construido para la protección en caso de una avenida torrencial de la quebrada la viciosa, de acuerdo a esto se analizó que para un periodo de retorno de 25 años la capacidad hidráulica de la estructura es insuficiente poniendo en amenaza los predios ubicados sobre esta zona, es decir que para un periodo de retorno de 100 años la lámina máxima alcanzaría 0.45 cm sobre la cota del terreno del barrio próximo al cauce.

Sobre la zona urbana del área de estudio al margen derecho del río suaza se identifica una gran área de inundación, que alcanza hasta 500 metros de anchura desde el borde del cauce ya que el terreno sobre esta zona es de baja pendiente siendo una zona de llanura en donde se hace susceptible inundarse.

Otras de las zonas clasificada como amenaza alta se encuentra sobre la parte sur occidente del casco urbano debido a que el canal existente no cumple con la capacidad hidráulica para un periodo de retorno de 100 años inundando la escuela y casas aledañas al canal, alcanzando aproximadamente 50 cm de lámina de agua.

### **12.3. AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL**

#### **12.3.1 Metodología**

A continuación, se presenta el esquema metodológico para la evaluación de amenaza por avenidas torrenciales: Ver Ilustración 164

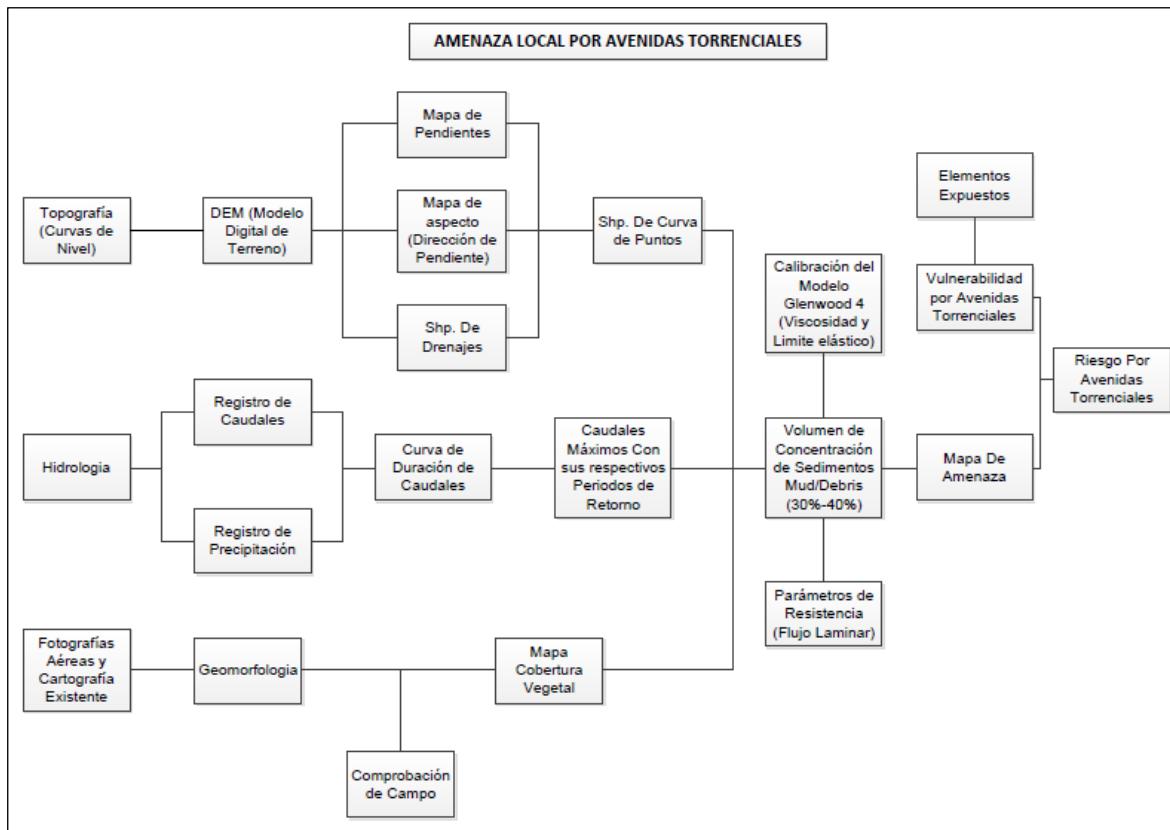


Ilustración 164. Esquema metodológico evaluación de amenaza por avenidas torrenciales.  
Fuente: Geocing S.A.S.

Una vez realizado el estudio y análisis geomorfológico para las avenidas torrenciales, se procede a estimar la producción de sedimentos y/o volúmenes de suelo por:

- Erosión (la principal fuerza es el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo y la fuerza hidrodinámica provocada por la escorrentía); son función del clima, las propiedades geo-mecánicas del suelo, la topografía, la cobertura del suelo y la intervención antrópica; se presentan algunas generalidades de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo como el modelo más ampliamente difundido, el cual corresponde a una aplicación empírica que permite obtener datos de la pérdida de suelo de manera aproximada.
- Movimientos en masa, causado por la inestabilidad de las laderas en el área de estudio; en este caso se realiza un enfoque a partir de las zonas críticas identificadas en el análisis geomorfológico.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 12.3.2 Marco teórico

Las avenidas torrenciales son eventos naturales que aunque tienen una ocurrencia relativamente baja, por su gran potencial destructivo, son de particular interés para evaluar el riesgo natural a los que se encuentra sometida una determinada cuenca.

Estos eventos se originan comúnmente en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas presentan fuertes vertientes por efecto de cambios hidrometeorológicos intensos, cuando en un evento de lluvias se superan valores de precipitación pico en pocas horas. Esto genera la saturación de los materiales de las laderas facilitando el desprendimiento del suelo, produciéndose de esta manera numerosos desgarres superficiales y deslizamientos cuyo material cae al cauce y es transportado inmediatamente aguas abajo o queda inicialmente represado y luego, una vez que se rompe el represamiento, es transportado violentamente de forma repentina (UNAL, 2007) citando a (Urrea & G, 1996), (Rendón, 1997), (OSO - La Red, 2007), (Castro, 2007). En otros casos puede que no halla desgarres en las vertientes originados por la lluvia, simplemente el material que ya se encontraba en el cauce con mucha anterioridad es arrastrado aguas abajo por la creciente.

Aunque la duración de estos eventos varía entre pocos minutos a varios días, su rápida manifestación y altas velocidades le confieren una alta peligrosidad debido a que no dan tiempo de reacción a las personas que se encuentran en el área de influencia del evento, generando así situaciones desastrosas con pérdidas de vidas humanas y destrucción de viviendas, estructuras, cultivos, carreteras, etc. (UNAL, 2007) citando a (Vásquez, 1993), (Urrea & G, 1996), (Flórez & Suavita, 1997), (Smith & Ward, 1998), (Castro, 2007).

Hidráulicamente un flujo torrencial se caracteriza por contener un alto porcentaje de material sólido (que incrementa considerablemente la viscosidad y densidad del flujo, disminuyendo su velocidad), recorre cauces de altas rugosidades y altas pendientes.

Cuando se presentan avenidas torrenciales las corrientes aumentan la capacidad para transportar sedimentos gruesos, donde además se pueden incorporar restos vegetales y lodo, con una zona de influencia amplia de gran potencial destructivo, un área afectada que se ubica paralelamente al flujo principal y otra que corresponde a la zona donde grandes depósitos de flujos de escombros se acumulan. Estos eventos son impredecibles y ocurren de manera rápida, en períodos de tiempo muy cortos, con largos períodos de retorno para un mismo

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

lugar y presentan una distribución temporal y espacial errática (UNAL, 2007) citando a (Durán, y otros, 1985) y (Piedrahita, 1996).

Las avenidas torrenciales destructoras, se presentan cuando se da al menos la confluencia de los siguientes cuatro factores (UNAL, 2007) citando a (Caballero & Mejía, 1988):

- Cuencas con gradientes altos y áreas medias, lo que implica rápidos tiempos de concentración y altas velocidades de las corrientes.
- Precipitaciones de gran intensidad, concentradas sobre la cuenca o parte importante de ésta.
- Disponibilidad de material fino granular tipo limos y arcillas que puedan ser puestos en movimiento por la creciente. Las fuentes de estos materiales pueden ser movimientos en masa o focos de erosión existentes, grupos de movimientos en masa generados durante el mismo evento climático, material depositado en las vertientes por procesos constructivos, cortes, explanaciones, llenos y escombreras entre otros.
- Cambios bruscos en el gradiente de la quebrada, lo que facilita la acumulación de los sedimentos transportados desde la cuenca alta o media. En algunos casos, puede darse acumulación de sedimentos por el ensanchamiento abrupto del cauce mayor, lo que generalmente ocurre unido al cambio de gradiente al que ya se hizo referencia.

Para la zonificación de la amenaza por avenida torrencial se analizaron las cuencas a las cuales hacen parte el casco urbano en donde se identifiquen antecedentes de torrecionalidad, el cual indica la relación existente entre las características de la forma de una cuenca que son indicativos de la torrecionalidad de la misma en relación con las condiciones hidrológicas en dicha cuenca arrojen que la cuenca en donde se encuentra la zona presenta potencialidad a presentar una avenida torrencial y además se encuentren antecedentes de eventos en la cuenca. Dados los anteriores factores para la elección de las zonas a estudiar, se seleccionaron el río Suaza y la quebrada la viciosa dichos cause presentan amenaza por avenida torrencial.

Esta evaluación se realizó mediante un estudio detallado Escala 1:2000 dentro del casco urbano del municipio. Este análisis involucra un estudio hidrológico e hidráulico de las zonas a estudiar en donde las modelaciones se realizan mediante la utilización del software Flo-2D. Como insumos se trabaja con la topografía de la zona de estudio y caudales para el estudio hidrológico y la modelación hidráulica.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Ahora, es de aclarar que Flow 2D utiliza el módulo hidrodinámico, el cual constituye la base para resolver las ecuaciones de aguas bidimensionales promediadas en profundidad (ecuaciones de St. Venant 2D).

Estas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos y Quebradas, así como la hipótesis de distribución uniforme de velocidad.

En el módulo hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales como se presenta en las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial p}{2 \partial x} + 2 \Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial p}{2 \partial y} - 2 \Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y$$

En donde:

*h= Profundidad.*

*Ux, Uy = Velocidades horizontales promediadas en profundidad,*

*g = Aceleración de la gravedad*

*Zs = Elevación de la lámina libre*

*ts = Ficción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento,*

*tb = Fricción debido al rozamiento del fondo*

*ρ = Densidad del agua*

*Ω = Velocidad angular de rotación de la tierra*

*λ = Latitud del punto considerado*

*τ<sub>xx</sub>, τ<sub>xy</sub>, τ<sub>yy</sub> Tensiones tangenciales efectivas horizontales*

*M<sub>s</sub>, M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub> Términos fuente/sumidero de masa y de momento, mediante los cuales se realiza la modelización de precipitación, infiltración y sumideros.*

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 12.3.3 Esquematización del modelo

- **Geometría del proyecto**

Representa el área de la situación a modelar, esta se puede dividir en distintas zonas acorde a las necesidades en los resultados, es el principal insumo para generar la superficie de estudio. A su vez, la geometría genera condiciones de contorno en la generación de resultados. Ver Ilustración 165

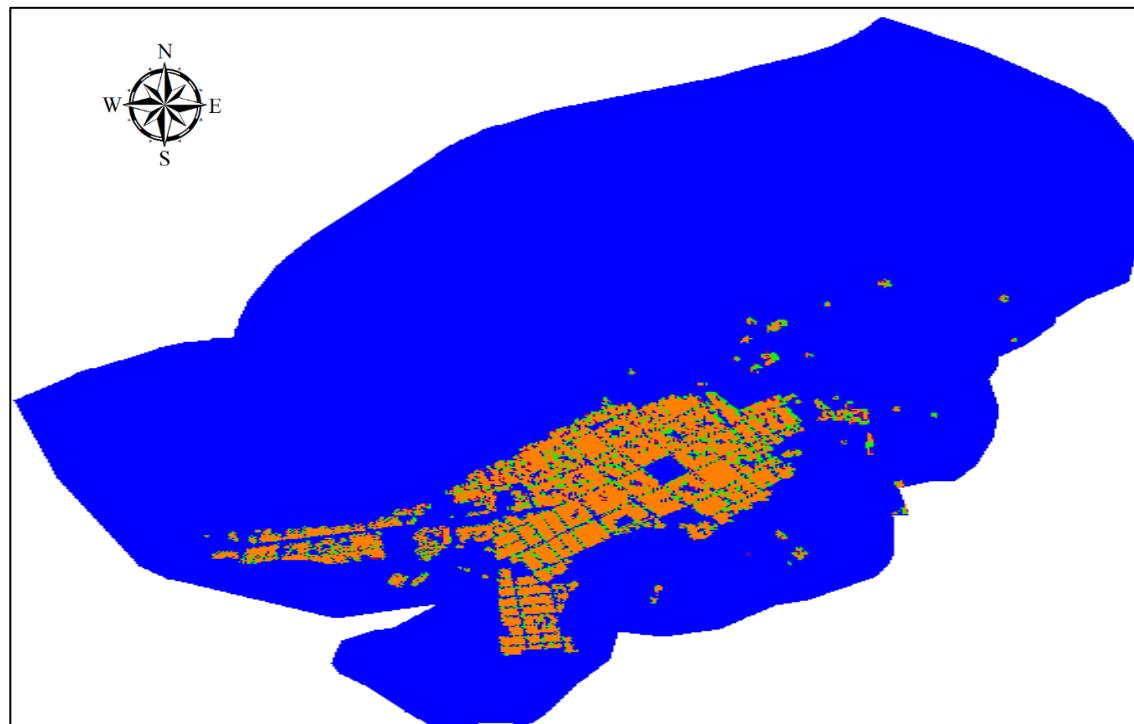
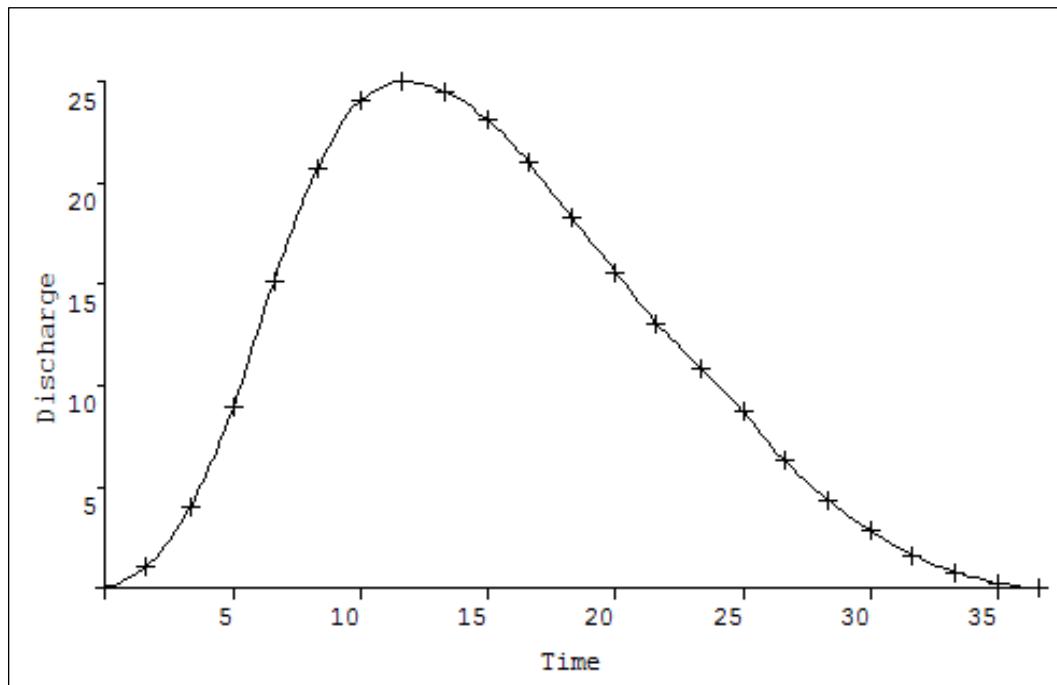


Ilustración 165. Geometría base en formato Shapefile, municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

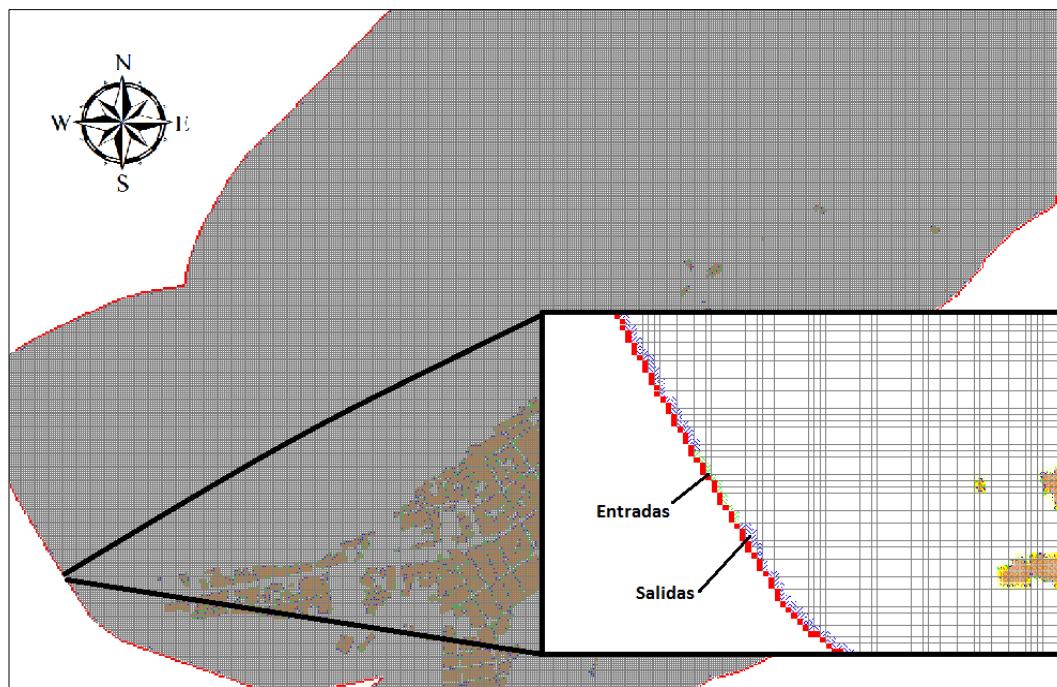
- **Condiciones de contorno**

Acorde a la geometría definida, se definen las condiciones de contorno, las cuales corresponden a la entrada y salida de las condiciones hidráulicas, las entradas de caudal para los estados constantes serán asignadas como caudal total el cual fue estimado a partir de los caudales estimados en la amenaza por inundación pero aumentados un 40% los cuales dentro del programa se asignarán en hidrogramas distribuidos en 11 celdas por donde ingresaran los caudales como se observa en la Ilustración 166 en lapsos de metros cúbicos por segundo para cada unidad de tiempo (h).

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 166. Hidrograma ingresado para el río Suaza.**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

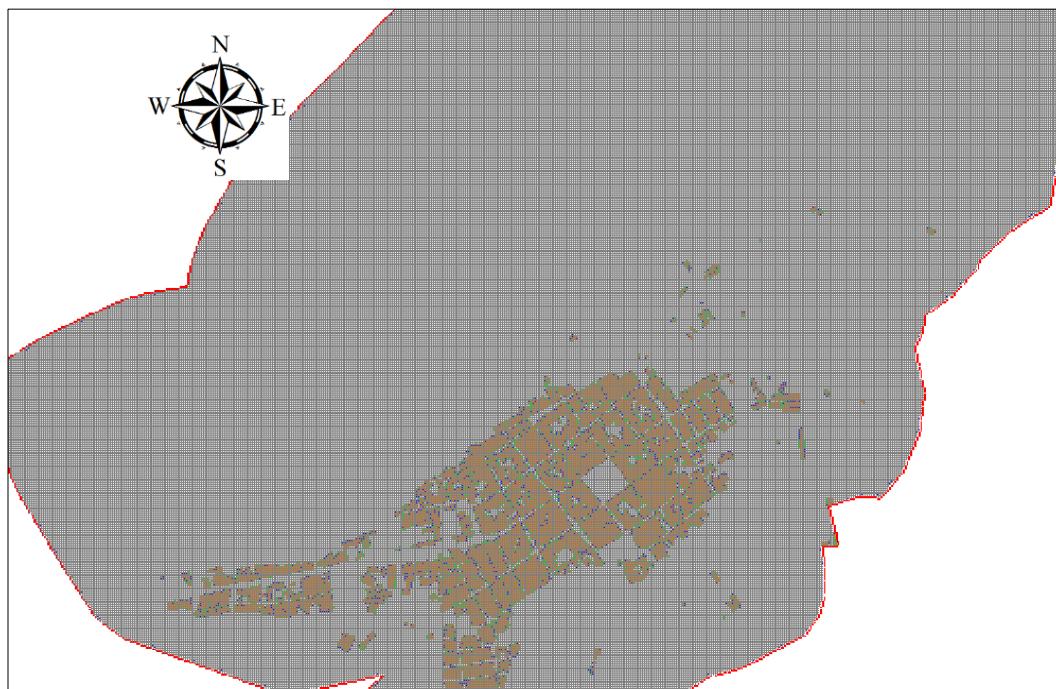


**Ilustración 167. Asignación de condiciones de contorno Municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

- **Superficie de estudio (Grilla)**

Se genera a partir de la geometría existente, adquiriendo las condiciones de contorno de esta. Se puede asignar distintos tamaños a la generación de la malla acorde a la necesidad de detalle en los resultados. La grilla generada para este caso fue de 5 m x 5 m, esta se asocia al modelo digital de terreno, para así recrear al detalle la modelación al contexto real.



**Ilustración 168. Superficie de estudio, municipio de Guadalupe.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

- **Coeficiente de Rugosidad (Manning)**

De acuerdo a la cobertura y uso del suelo identificado para el municipio, se crea un shapefile el cual se asigna su respectivo coeficiente de rugosidad y se cargar al software como se observa en la Ilustración 169.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

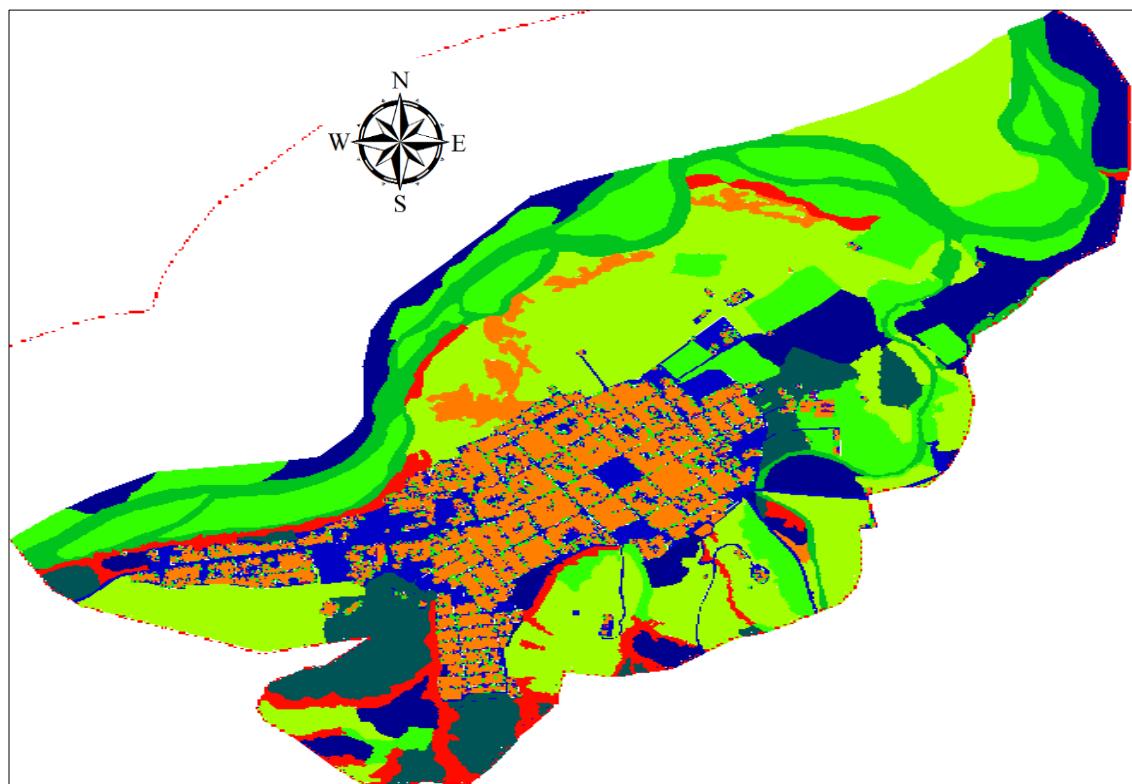


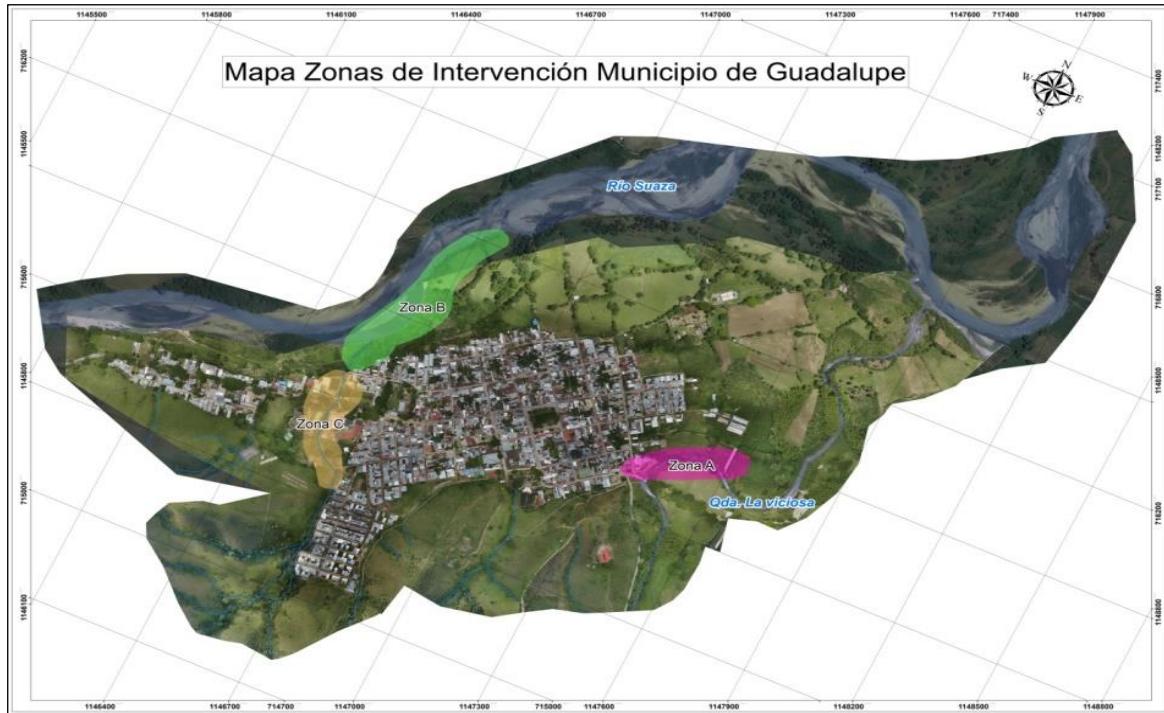
Ilustración 169. Coeficiente de rugosidad, municipio de Guadalupe.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

#### 12.3.4 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos de la simulación del modelo de avenidas torrenciales en FLO 2D, permitió la generación de los mapas de amenaza por avenidas torrenciales, en los cuales la topografía, el volumen de flujo en las diferentes corrientes influyen en los resultados obtenidos, debido a que si se aumentan el 40% el caudal transitado el cual representó el volumen de sedimentos arrastrados sobre las diferentes corrientes.

En la modelación local se encontró que el casco urbano del municipio está expuesto a eventos generados por avenidas torrenciales en los afluentes del río Suaza y la quebrada La Viciosa, dentro del casco urbano se identificaron dos zonas críticas las cuales se muestran en la Ilustración 170.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 170. Puntos críticos por avenida torrencial.**

Fuente: Geocing S.A.S.

#### •Zona crítica 1

Dentro del zona crítica 1 se observa que la mancha de afectación por avenida torrencial de la quebrada La Viciosa presenta un desborde lateral ocasionado al cambio de dirección abrupto en este punto afectando los predios ubicados desde la carrera 1 hasta la carrera 2 y desde la calle 1 hasta la calle 6<sup>a</sup>, significando así una gran amenaza para vidas humanas y daños económicos debido a la alta presencia de predios dentro de este sector como se puede identificar en la Ilustración 171, adicionalmente se identifica que la mancha alcanza desde una altura de 50 cm hasta de un 1 m en las partes más bajas teniendo la capacidad de occasionar graves afectaciones.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 171. Zona crítica 1 por avenida torrencial.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

### •Zona crítica 2

Sobre la zona crítica 2 se afectan zonas despejadas y otras donde se desarrollan actividades de siembra, adicionalmente dentro de esta zona se encuentra ubicada la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) y diferentes predios, en donde la lámina de agua alcanza una altura de 60 cm aproximadamente, provenientes de las aguas del río Suaza, que a pesar de que no alcanzan las casas ubicadas sobre el norte del límite del casco urbano si se encuentran muy cercana a ellas, como se puede observar en la Ilustración 172.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 172. Zona crítica 2 por avenida torrencial.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

En un contexto general 166.070 hectáreas se encuentran en amenaza alta siendo así la categoría que mayor presencia tiene en la zona de estudio, seguida por la categoría de amenaza baja con aproximadamente 109.828 hectáreas y por último la categoría media con 4.370 hectáreas, de acuerdo a la tabla Tabla 113.

**Tabla 113. Porcentajes áreas por amenaza de avenida torrencial.**

Guadalupe		
Amenaza	Área Ha	Área %
Alta	166.07	59.25%
Media	4.37	1.56%
Baja	109.83	39.19%
Total	280.27	100%

Fuente: Geocinc S.A.S.

En la se presenta la zonificación de la amenaza en el casco urbano de Guadalupe en el cual puede consultarse con mayor detalle en el Anexo 6. MAPAS-08\_GE426-GDP-PSIG-AAT-001-00.



ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.

**GEOCING**  
Geociencias e Ingeniería S.A.S

INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

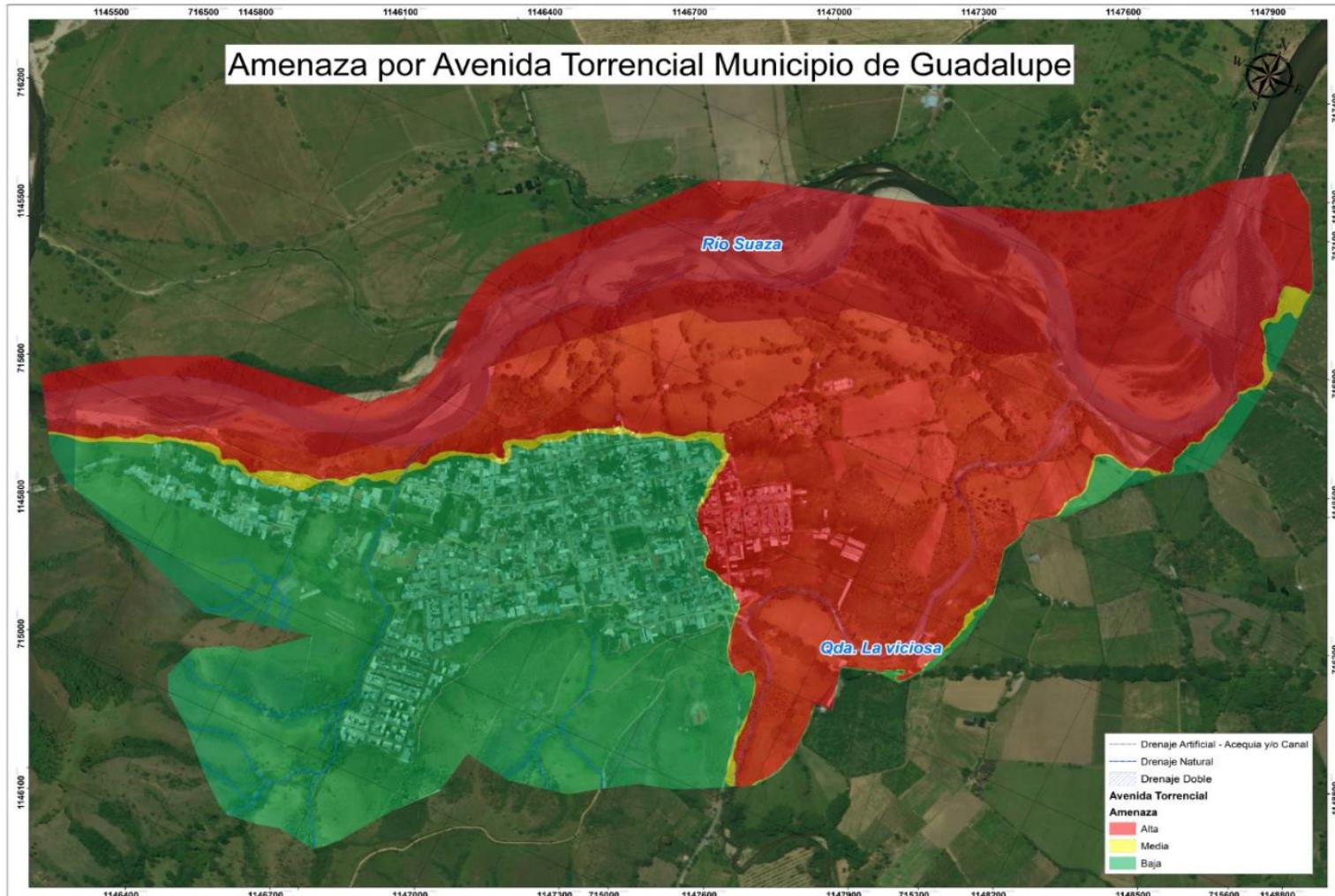


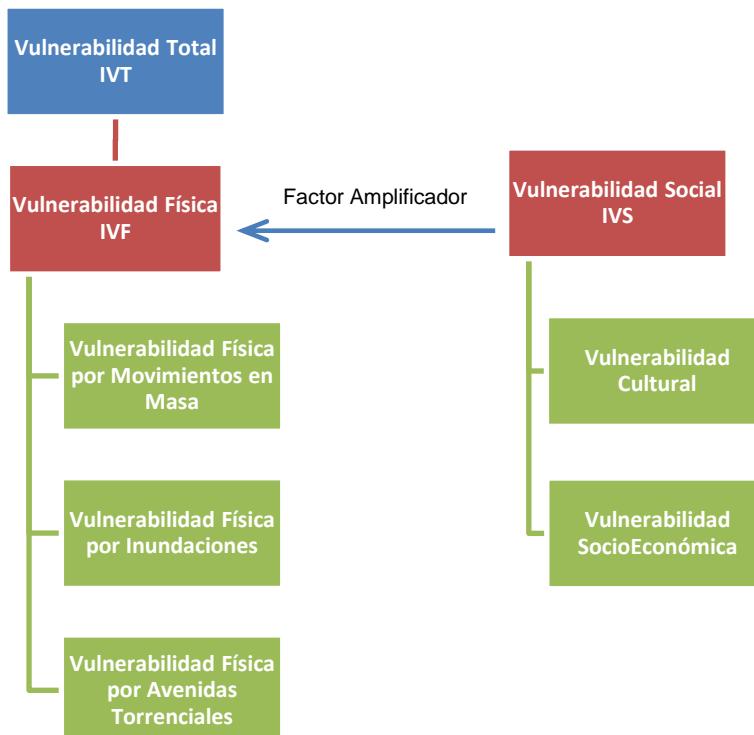
Ilustración 173. Amenaza por avenida torrencial sobre el casco urbano del municipio de Guadalupe.

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

### 13. VULNERABILIDAD

En este capítulo se presenta el esquema metodológico bajo el cual se realizó el presente componente y los análisis de vulnerabilidad del área de estudio, teniendo como elementos expuestos predominantes las edificaciones y la infraestructura vial. Este análisis se compone por la vulnerabilidad social y la vulnerabilidad física por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.



La vulnerabilidad social dentro de este componente actúa como un amplificador de la vulnerabilidad física y se cuantifica de tal manera en que se tome en cuenta la importancia de los temas sociales en los análisis. Puesto que trabaja como un factor amplificador, la vulnerabilidad social puede tener una importancia que varía en el rango de 0 a 0.8. La vulnerabilidad social se encuentra compuesta por la vulnerabilidad cultural y socioeconómica.

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 13.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL

### 13.1.1 Metodología AHP

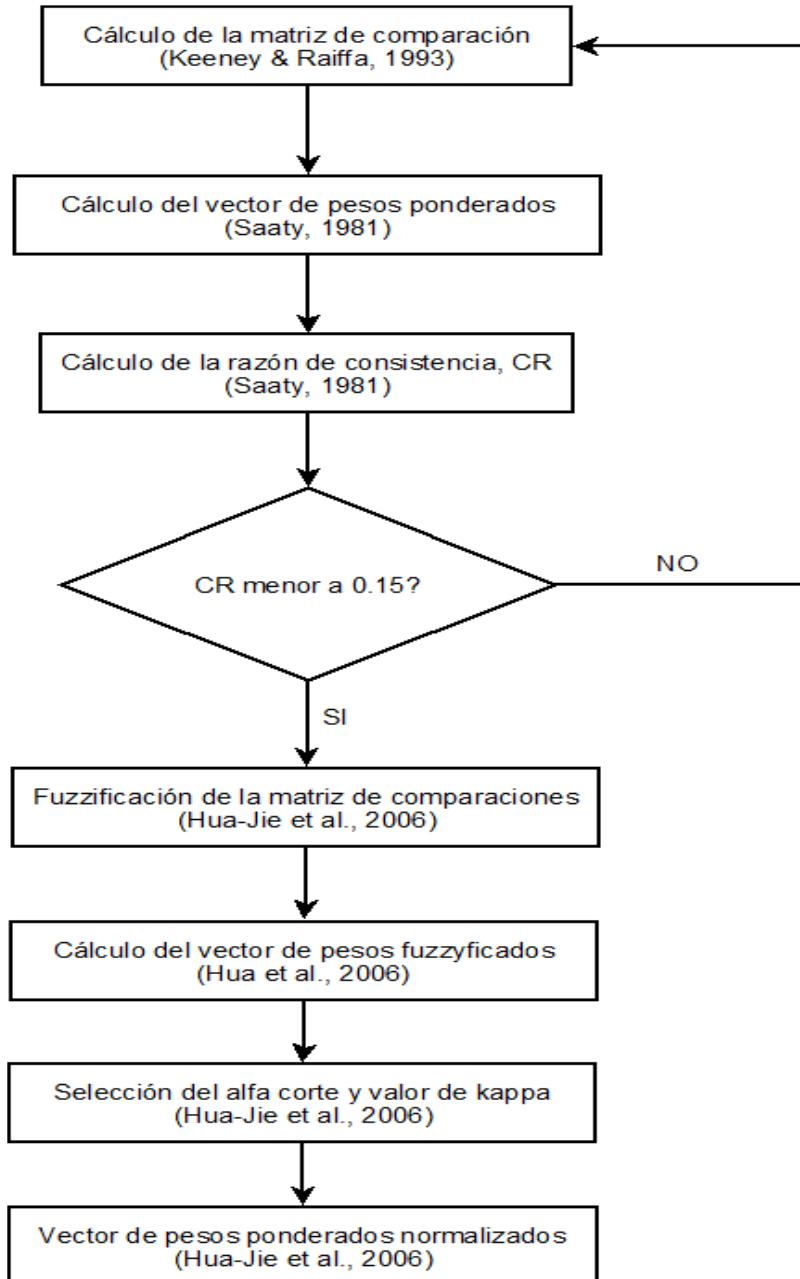
Se propone calificar las variables de vulnerabilidad física y social empleando el método de estimación por el Análisis de Procesos Jerárquicos (AHP por sus siglas en inglés), que consiste en utilizar el juicio de expertos, para ayuda en la toma de decisiones debido a que se basa en múltiples criterios de decisión; este método fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico. El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas.

Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones por pares entre dichos elementos (criterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty descansa en el hecho que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. A continuación se presenta la descripción de los procesos AHP.

- Objetivo

Determinar los pesos ponderados entre “ $n$ ” variables ( $n \geq 2$ ), que influyen relativamente en la obtención o calificación de un objetivo o meta, para lo cual se debe llevar a cabo el proceso presentado en la Ilustración 174

 <b>CAM</b> CÁTEDRA AMBIENTAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 174. Diagrama de flujo del proceso propuesto para la evaluación de los pesos ponderados normalizados utilizando metodología AHP-difuzzy**  
 Fuente: Geocing S.A.S.

### 13.1.2 Obtención de los pesos ponderados

- **Matriz de comparación**

Los siguientes criterios de calificación:

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 114. Escala numérica para comparación entre pares**

<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
Los elementos C y R tienen la misma importancia	El elemento C es ligeramente más importante que el elemento R.	El elemento C es más importante que el elemento R.	El elemento C es fuertemente más importante que el elemento R.	El elemento C es muy fuertemente más importante que el elemento R.

Fuente: Geocing S.A.S

Los valores pares (2, 4, 6 y 8) son intermedios entre las calificaciones presentadas anteriormente. El valor es el inverso en el caso que la relación sea inversa.

#### • **Cálculo del vector de pesos**

Se calcula el vector de pesos, el cual puede ser obtenido como promedio aritmético o geométrico, según las siguientes ecuaciones (Saaty, 1981), respectivamente:

$$\{w_i\} = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[ \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}} \right] \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(a) Promedio aritmético

$$\{w_i\} = \left\{ \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{k=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{kj}}} \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(b) Promedio geométrico

#### • **Cálculo de la razón de consistencia**

Se estima la consistencia o coherencia de la evaluación llevada a cabo en la estimación de los coeficientes de la matriz de comparaciones, mediante la adaptación de la razón de consistencia (RC) propuesta por Saaty (1981), según la siguiente expresión:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde, **IC** es el “Índice de Consistencia” de la evaluación, definido como (Ormazábal, 2002):

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \cdot w_i$$

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

O, alternativamente como (López & Donado, 2007):

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \left( \ln a_{ij} - \ln \frac{v_i}{v_j} \right)^2}{\frac{(n-2)(n-2)}{2}}, \quad v_{r=i \text{ ó } j} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n a_{rk}}$$

De otra parte, el término **IA** es el “Índice de Aleatoriedad”, cuyos valores son los presentados en la Tabla 115.

**Tabla 115. Índices de aleatoriedad (IA) de las matrices de comparaciones por pares, según su orden (Ormaízabal, 2002).**

Tamaño de la matriz ( <i>n</i> )	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de Aleatoriedad, IA	0,01	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: Geocing S.A.S.

El coeficiente RC expresa un valor relativo de la inconsistencia, de manera que si su valor es 1 indica que su inconsistencia es del 100%, y si es 0, el juicio emitido es totalmente coherente. Teniendo en cuenta lo recomendado por Saaty (1981), se acepta una tolerancia del RC del 10% (o un valor de RC de 0.1) para calificar de buena una ponderación, siendo aceptables resultados hasta del 15%. Si el resultado no es suficientemente coherente (RC>15%) deberá volverse a realizar la valoración por pares, repitiéndose de forma iterativa hasta que el RC sea menor a 0.15.

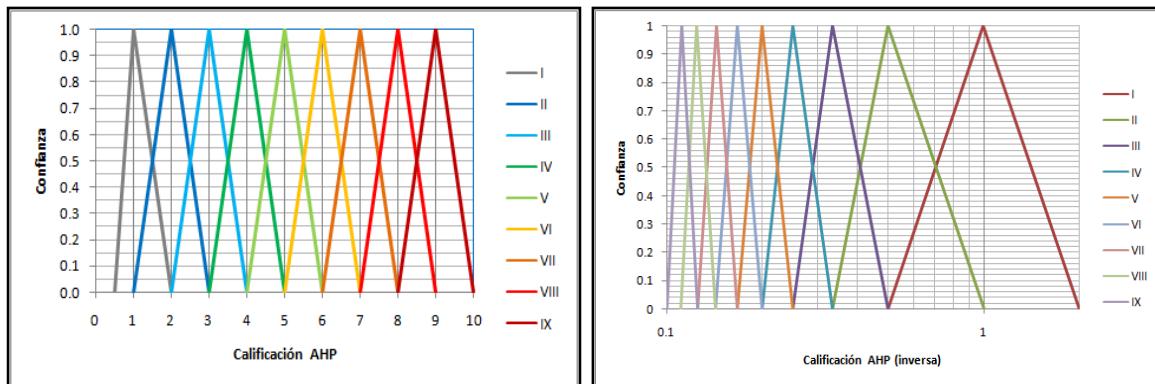
### **13.1.3 Fuzzificación de la matriz de comparaciones**

Para tener en cuenta la variabilidad en la de la valoración de la matriz de comparaciones, se utilizará un número borroso de tipo triangular (Morillas, 2002; Tae-Heon & Woo-Bae, 1999; Zadeh, 1978), que se puede describir con la siguiente función de pertenencia:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)}, & l \leq x \leq m \\ \frac{(u-x)}{(u-m)}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x < l, x > u \end{cases}$$

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Para los valores AHP, se seleccionaron los siguientes números difusos triangulares (adaptados de Morilla, 2002), según la relación sea directa (o inversa).



**Ilustración 175. Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación directa) (Izq.).**  
**Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación inversa) (Der).**

**Tabla 116. Valores del número difuso triangular para las diferentes categorías borrosas.**

CATEGORÍA BORROSA	RELACIÓN DIRECTA			RELACIÓN INVERSA		
	V. mínimo	V. Medio	V. máximo	V. mínimo	V. Medio	V. máximo
I	1/2	1	2	1/2	1	2
II	1	2	3	1/3	1/2	1
III	2	3	4	1/4	1/3	1/2
IV	3	4	5	1/5	1/4	1/3
V	4	5	6	1/6	1/3	1/4
VI	5	6	7	1/7	1/4	1/5
VII	6	7	8	1/8	1/7	1/6
VIII	7	8	9	1/9	1/8	1/7
IX	8	9	10	1/10	1/9	1/8

Fuente: Geocing S.A.S.

De esta forma, y con base en la matriz de comparaciones obtenida anteriormente, se puede obtener la matriz de comparaciones borrosa, teniendo en cuenta los números difusos o borrosos triangulares definidos anteriormente, según la categoría difusa, obteniendo la matriz difusa o borrosa de comparaciones (Hua-Jie et al., 2006):

$$[A] = \begin{pmatrix} (1,1,1) & \dots & (a_{1n_l}, a_{1n_m}, a_{1n_u}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{n1_l}, a_{n1_m}, a_{n1_u}) & \dots & (1,1,1) \end{pmatrix}$$

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

- **Cálculo del vector de pesos fuzzyificados**

Con base en la matriz de comparaciones borrosa, se obtiene el vector de pesos borrosos o fuzzyificados (Huan-Jie et al., 2006), bien sea por el promedio aritmético o geométrico para cada uno de los valores de la terna de cada calificación (l, m y u), ordenando la terna obtenida de menor a mayor, defiendo el vector de pesos borroso o fuzzificado como:

$$\left\{ w_{i_l}, w_{i_m}, w_{i_u} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} w_{i_l}, w_{i_m}, w_{i_u} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ w_{n_l}, w_{n_m}, w_{n_u} \end{array} \right\}$$

- **Selección del alfa-corte y el valor de kappa para determinar el valor de pesos normalizados**
- 

Con el fin de realizar la desfuzzificación o desborrificación del vector de pesos borroso, se utilizará el proceso sugerido por Hua-Jie et al. (2006), en el cual se selecciona el alfa corte (valor de  $\alpha$  entre 0 y 1) según la certeza en el rango borroso seleccionado, encontrándose un rango para cada uno de los pesos determinados (para una confianza del 100%, el rango se reduce a un solo número, correspondiente al valor de la calificación AHP normal), según las siguientes ecuaciones:

$$P_{i\alpha_l} = [\alpha \cdot (w_{i_m} - w_{i_l})] + w_{i_l}$$

$$P_{i\alpha_r} = w_{i_u} - [\alpha \cdot (w_{i_u} - w_{i_m})]$$

$$P_{i\alpha} = \begin{pmatrix} [P_{1\alpha_l}, P_{1\alpha_r}] \\ \vdots \\ [P_{n\alpha_l}, P_{n\alpha_r}] \end{pmatrix}$$

Donde los valores l y r representan el valor izquierdo y derecho del conjunto de intervalos.

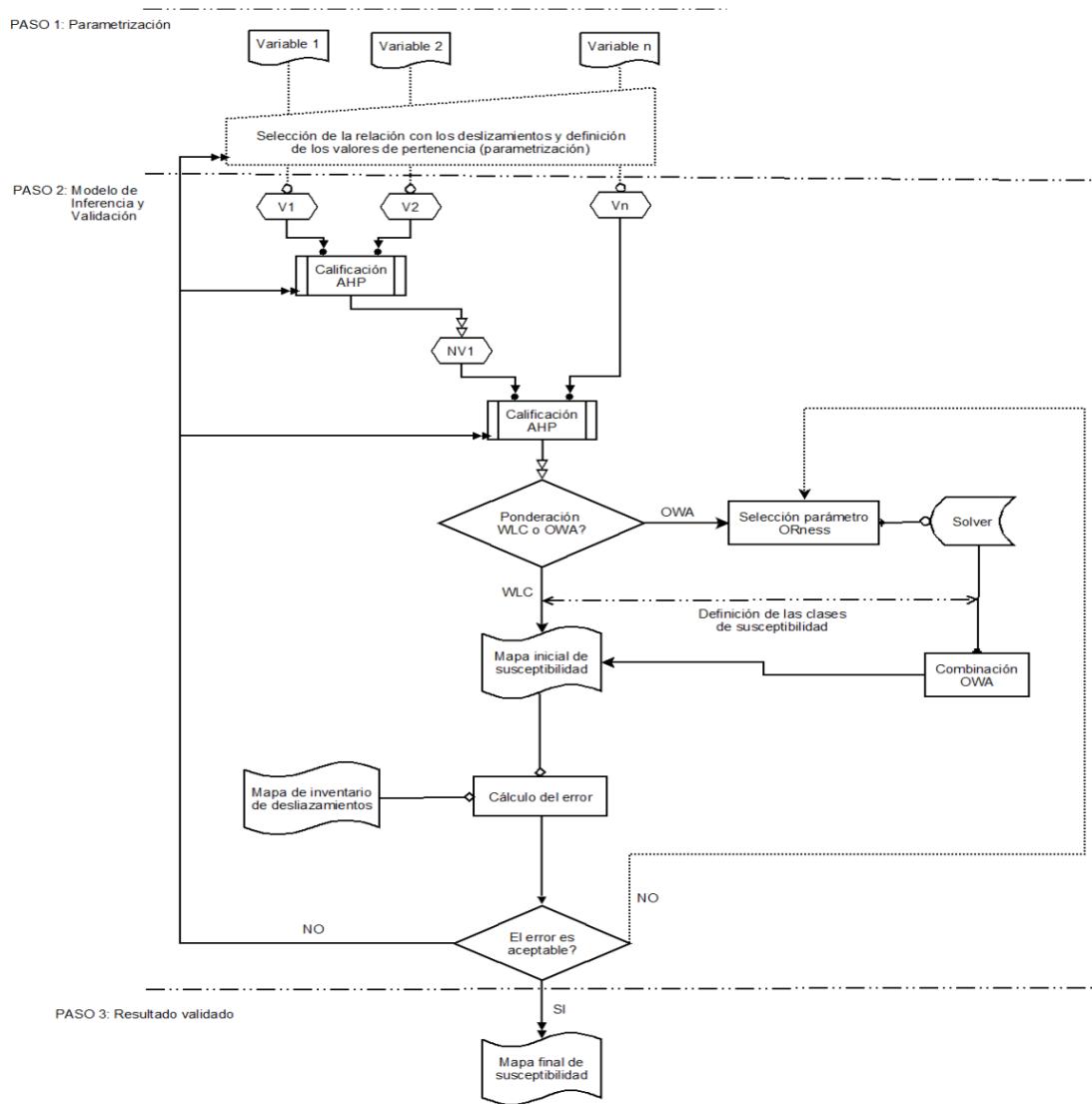
Posteriormente se selecciona el valor kappa (valor de  $\kappa$  entre 0 y 1), según el optimismo de la calificación (uno para valoración optimista, tomando el mayor valor del rango, y de 0 para valoración pesimista, tomando el valor menor del rango), normalizando la calificación, obteniendo de esta forma el vector de pesos normalizados, según la siguiente ecuación (Hua-Jie et al, 2006):

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

$$\{C_{i\alpha}\} = \left\{ \frac{\kappa \cdot P_{i\alpha r} + (1 - \kappa) \cdot P_{i\alpha l}}{\sum_{j=1}^n (\kappa \cdot P_{j\alpha r} + (1 - \kappa) \cdot P_{j\alpha l})} \right\}, i = 1, 2, \dots, n$$

- **Método de calificación**

En la Ilustración 176 se presenta el diagrama de flujo para determinar la calificación de susceptibilidad a deslizamientos utilizando los métodos de calificación WLC y OWA explicados a continuación.



**Ilustración 176. Diagrama de flujo para la calificación de la susceptibilidad utilizado los métodos WLC y OWA (adaptado de Malczewski, 2006).**

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

### 13.1.4 Combinación lineal ponderada (WLC)

- Una vez los criterios o variables de calificación han sido estandarizados o parametrizados y sus respectivos pesos han sido establecidos, el método de la combinación lineal ponderada o WLC por sus siglas en inglés (Voogd, 1983), es el más simple método para la agregación de los criterios de evaluación en un criterio de calificación. Así, según el método WLC, el índice de susceptibilidad a deslizamientos (ISD) se obtiene de la suma de cada criterio de evaluación multiplicado por su respectivo peso (obtenido de la calificación AHP), es decir:

$$IS = \sum_{i=1}^n c_i \cdot v_i$$

### 13.1.5 Ponderación promedio ordenada (OWA)

Yager (1988) introdujo el método de ponderación promedio ordenada (OWA, por sus siglas en inglés), en donde para un número “*n*” de criterios (o atributos) el parámetro OWA es definido como:

$$OWA_i = \sum_{j=1}^n u_j \cdot z_{ij}$$

Donde,

$$u_j = \frac{v_j \cdot w_j^*}{\sum_{j=1}^n v_j \cdot w_j^*}$$

Siendo,

$z_{i1} \geq z_{i2} \geq \dots \geq z_{in}$	Valores ordenados de las calificaciones $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$
$w_j^*$	Valores iniciales ordenados de los pesos entre variables.
$v_j$	Valores de los pesos ponderados ordenados según el criterio OWA.

Se define el operador ORness (Yager, 1993; Yager, 1998; Carlsson & Fuller, 1997) como:

$$ORness = \eta = \sum_{j=1}^n \frac{n-j}{n-1} \cdot v_j$$

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

El parámetro OWA puede ser caracterizado por la medida de su dispersión, usando la medida de la entropía de Shannon, donde la dispersión normalizada es definida como (Malczewski, 2006):

$$\chi = \sum_{j=1}^n \frac{v_j \cdot \ln v_j}{\ln n}$$

O'Hagan (1990)<sup>7</sup>, sugiere que para determinar los valores de los pesos ponderados ordenados se debe relacionar del grado ORness ( $\eta$ ) y la medida de la dispersión (entropía,  $\chi$ ), resolviendo para ello el siguiente problema matemático no lineal:

$$\max(\chi)$$

$$Sujeto a: \quad \eta = \sum_{j=1}^n \frac{n-j}{n-1} \cdot v_j, \quad \sum_{j=1}^n v_j = 1, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

La solución de las dos ecuaciones anteriores determina el máximo grado de dispersión para un grado dado de ORness.

### 13.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física se refiere a las deficiencias que poseen los elementos expuestos para resistir los efectos de un evento que causa amenaza (movimientos en masa, inundaciones, sismos, etc.). Según Cifuentes (2011) “La vulnerabilidad física es el grado de pérdida o nivel de daño potencial de un elemento o conjunto de elementos en riesgo en el área afectada por la amenaza”.

En otras palabras, la vulnerabilidad determina lo propenso que son los elementos expuestos a sufrir daños (Wilches-Chaux, 1989) por lo que un elemento es más vulnerable a medida en que al presentarse un fenómeno natural sufre mayores daños.

La vulnerabilidad frente a eventos catastróficos puede reducirse o mitigarse mediante diferentes tipos de medidas como lo pueden ser la construcción de estructuras resistentes a terremotos o inundaciones, medidas de zonificación, entre otras.

Los dos principales factores de la vulnerabilidad física son la ubicación de los asentamientos humanos y las condición técnicas y específicas de los elementos expuestos. El primer factor se refiere a la localización de los bienes que se encuentran expuestos, puesto que al estar ubicados en una zona inundable o en

<sup>7</sup> Tal como se describe en Malczewski (2006).

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

una ladera inestable aumenta considerablemente la vulnerabilidad a sufrir un daño físico. El segundo factor, condiciones técnicas y específicas, se refiere al tipo de materiales y estructuras con las que fueron construidos los elementos expuestos. Este segundo factor se conoce también como la tipificación de las estructuras.

### **13.2.1 Vulnerabilidad Física por Movimientos en Masa**

La vulnerabilidad física por movimientos en masa en este capítulo se verá reflejada por un índice del mismo nombre (IVF), el cual será calculado mediante el desarrollo de la metodología propuesta por Leone<sup>8</sup> y modificada por Soler et al<sup>9</sup>.

- Edificaciones e infraestructura asociada
- Tipificación de las estructuras

Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante movimientos en masa se parte del análisis de información secundaria puntual, como planos catastrales y de redes, seguido de la consecución de información primaria referente a las características naturales y estabilidad de la zona.

Dicha información se obtiene para emplearla en el cálculo matemático de la vulnerabilidad, utilizando el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), mediante el desarrollo de la metodología propuesta por Leone<sup>10</sup> y modificada por Soler et al<sup>11</sup>.

En resumen la metodología propone:

- Clasificar la tipología de viviendas. Esta información es tomada en campo a partir del análisis de los elementos arquitectónicos.
- Calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las solicitudes y las características del elemento expuesto (viviendas).

En forma general, la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la amenaza; para la segunda variable (resistencia del elemento expuesto), se tipifican las viviendas en la Tabla 117, teniendo en cuenta los siguientes criterios de resistencia de la estructura. El tipo

<sup>8</sup> Leone, F. (1999) Concept De Vulnerabilite Applique A L'évaluation Des Risques Generes Par Les Phenomenes De Mouvements De Terrein. Tesis De Doctorado, Universidad De Grenoble.

<sup>9</sup> Soler, F., González, A. Y Vesga, L. (1999). Metodología Para El Análisis De Vulnerabilidad Y Riesgo Por Fenómenos De Remoción En Masa En Santafé De Bogotá, Colombia. Xi Cpmsif. Fox De Iguazú, Brasil.

<sup>10</sup> Leone, F. (1999) Concept De Vulnerabilite Applique A L'évaluation Des Risques Generes Par Les Phenomenes De Mouvements De Terrein. Tesis De Doctorado, Universidad De Grenoble.

<sup>11</sup> Soler, F., González, A. Y Vesga, L. (1999). Metodología Para El Análisis De Vulnerabilidad Y Riesgo Por Fenómenos De Remoción En Masa En Santafé De Bogotá, Colombia. Xi Cpmsif. Fox De Iguazú, Brasil.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

de solicitud mostrado en dicha tabla corresponde a los procesos de daño que describen la acción de un proceso sobre un elemento estructural.

Tabla 117. Criterios de resistencia de la estructura.

TIPO DE SOLICITACIÓN	MODOS DE DAÑO	CRITERIO DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA
Desplazamientos laterales	-Transporte	Profundidad de la cimentación
	-Deformación	
	-Asentamientos	Arrostramiento de la estructura
	-Ruptura	
Empujes laterales	-Deformación	Altura de la estructura
	-Ruptura	Profundidad de la cimentación
		Refuerzo
Impactos	-Deformación	Refuerzo
	-Ruptura	

Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente, para tipificar las viviendas se adopta el criterio de Leone, el cual se resume a continuación en la Tabla 118.

Tabla 118. Tipología de las viviendas.

TIPO EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
B1	Viviendas en material de reciclaje
B2 Mampostería	Vivienda en mampostería sin estructura.
B2 Prefabricados	Vivienda prefabricada.
B3	Casas hasta de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
B4	Casas de más de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).

Fuente: Geocing S.A.S.

#### • Calificación de los daños

En la metodología propuesta por Leone, para calificar los daños producidos en las viviendas por movimientos en masa, se sigue el criterio del DRM (Délégation aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, como se muestra en la Tabla 119:

Tabla 119. Clasificación de los daños según el DRM.

ÍNDICE DE DAÑO (IP)	TIPO DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	0,0 - 0,1
II	Fisuración de paredes (muros). Reparaciones no urgentes.	0,2 - 0,3
III	Deformaciones importantes. Daños en elementos estructurales.	0,4 - 0,6
IV	Fracturación de la estructura. Evacuación inmediata.	0,7 - 0,8
V	Derrumbe parcial o total de la estructura.	0,9 - 1,0

Fuente: Geocing S.A.S.

El porcentaje de daño o índice de pérdidas (IP) lo define Leone, como:

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

$$IP = \frac{(Vi - Vf)}{Vi}$$

Donde,

- Vi: Valor inicial del bien (antes del evento).
- Va: Valor final del bien (después del evento).

- **Infraestructura Vial**

Teniendo en cuenta que la principal evaluación que se realiza dentro de las zonas internas de las poblaciones Colombianas está enfocada a las vías, a continuación se presentan los elementos a tener en cuenta para la Evaluación de las Vías.

La calificación de cada una de las vías, es asignada teniendo en cuenta que los pavimentos flexibles se pueden deformar bajo ciertas características y es más adaptable ante diferentes solicitudes. Los pavimentos rígidos tienen dificultad para adaptarse ante deformaciones y son más vulnerables que un pavimento flexible. Las estructuras sin pavimentos se califican más alto debido a que sus estructuras son más susceptibles, ya que no cuentan con estructuras adecuadas para soportar solicitudes y permiten la infiltración del agua lluvia y de escorrentía directamente sobre la estructura.

- **Tipificación de la Infraestructura Vial**

Se utilizó y adoptó como metodología para el análisis de vulnerabilidad en vías la propuesta por Leone y el DRM para edificaciones, tomando a criterio por parte de esta consultoría los análisis de vulnerabilidad.

Los parámetros adoptados para la evaluación de la vulnerabilidad y calificación de los índices de pérdidas y daños potenciales en la infraestructura vial se describen en la Tabla 120.

**Tabla 120. Clasificación de la tipología de vías.**

SISTEMA VIAL PRIMARIO	TIPO DE VÍA	CONVENCIÓN
Vías nacionales	Vías de primer orden	VU1
Vías departamentales	Vías de segundo orden	VU2
Vías municipales interveredales	Vías de tercer orden	VU3
Vías urbanas	Vías de cuarto orden	VU4
Vías veredales o ramales	Vías de quinto orden	VU5

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

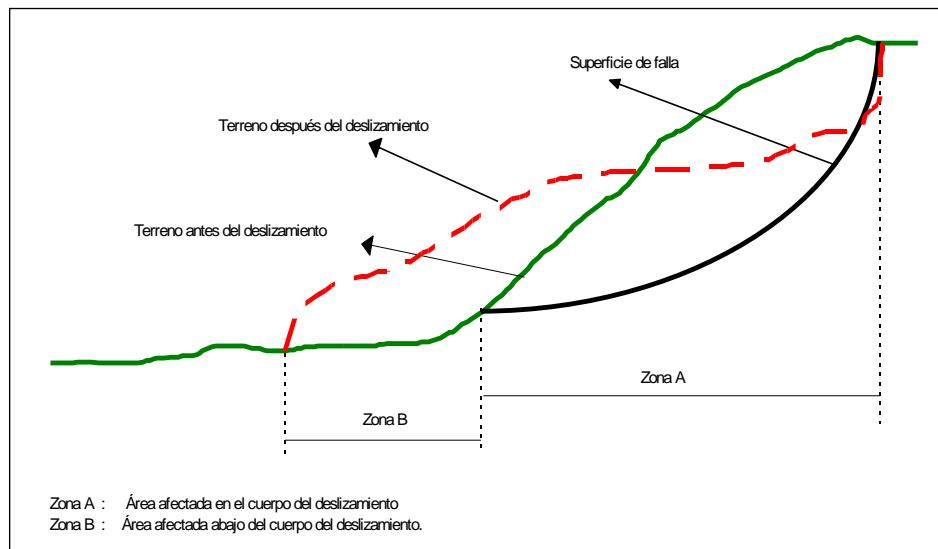
**Tabla 121. Clasificación de los daños de la infraestructura vial<sup>12</sup>.**

ELEMENTO EXPUESTO		ÍNDICE DE DAÑO (IDa)	DAÑOS POTENCIALES	PORCENTAJE DE DAÑO
Infraestructura aledaña	Estructura de las vías líneas vitales asociados	I	Sin daños	0 – 0,05
		II	Daño de la calzada	0,05 - 0,3
		III	Hundimiento de la calzada	0,3 - 0,6
		IV	Obstrucción de la calzada de gran volumen	0,5 - 0,8
		V	Ruptura de la calzada	0,8 - 1,0

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Tipo de solicitudación**

El tipo de solicitudación depende de la localización del elemento expuesto en referencia al sitio donde ocurre el fenómeno<sup>13</sup>, en otras palabras, depende del movimiento del terreno de acuerdo al tipo de evento de estudio. Estos movimientos se pueden expresar en términos de desplazamientos verticales, horizontales, totales y diferenciales, o de presiones laterales de tipo estático, dinámico, hidrodinámico o de impacto<sup>14</sup>. Un ejemplo de estos movimientos se presenta a continuación. (Ver Ilustración 177)



**Ilustración 177. Esquema de deslizamiento**  
 Fuente: Geocing S.A.S.

<sup>12</sup> Clasificación propuesta por el DRM y adoptado por Geocing S.A.S

<sup>13</sup> Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

<sup>14</sup> Cifuentes, D. (2011). Modelación de vulnerabilidad física de estructuras de uno y dos pisos, asociada a deslizamientos. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia.

 <b>CAM</b> Comisión Administrativa del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Como se puede observar en la ilustración anterior, se pueden distinguir dos zonas, en la Zona A (en el cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Directa, los daños que van a sufrir las viviendas se pueden relacionar con los desplazamientos laterales (DL) que, a su vez, dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores). Para la caracterización de las velocidades de los movimientos se utilizó la escala propuesta por Cruden y Varnes<sup>15</sup>, presentada a continuación.

**Tabla 122. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio.**

DESCRIPCIÓN	CLASE	VELOCIDAD CARACTERÍSTICA
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/seg
Rápido	VM2	Entre 0,5 mm/seg y 50 mm/seg
Moderado	VM3	Entre 0,05 mm/seg y 0,5 mm/seg
Lento	VM4	Entre 0,005 mm/seg y 0,05 mm/seg
Muy lento	VM5	Menor a 0,005 mm/seg

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Zona B (abajo del cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Indirecta, los daños de las viviendas se pueden relacionar con los empujes laterales (EL) que, igualmente, se pueden asociar con la altura que alcanza la acumulación de material contra la vivienda, así:

**Tabla 123. Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio.**

DESCRIPCIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICA
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

Fuente: Geocing S.A.S.

#### • **Matriz de daño**

Se asocian los Índices de Daños Actuales (IDa), ocasionados por un evento dado, de acuerdo tanto al tipo de solicitud (magnitud del evento) como a la tipología de la vivienda o de las vía (resistencia del elemento expuesto). En otras palabras, a

<sup>15</sup> Cruden , D. y Varnes D.(1991). *Landslides types and processes*. Universidad de Alberta.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 297 de 437

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

cada elemento expuesto le pertenece un IDa el cual se asigna utilizando la matriz de daño mostrada en la Tabla 124 y Tabla 125. Se adaptó la matriz de daño de la metodología de Leone modifica por Soler (1998) al estudio y por lo tanto es la única que se va a utilizar para asociar los IDa a todos los elementos expuestos estudiados. Sin embargo, se hace la aclaración de que en la metodología y en el estudio se realiza la diferenciación entre la clasificación de la tipología y la solicitud que presentan cada uno de los elementos expuestos. A continuación se presenta la matriz de daño utilizada.

**Tabla 124. Matriz de daño utilizada en el estudio.**

MATRIZ DE DAÑO					
CLASE DE SOLICITACIÓN	TIPOLOGÍA DEL ELEMENTO EXPUESTO				
	B1	B2	B3	B4	B5
I	V	IV	III	II	I
II	V	IV	III	II	I
III	V	IV	III	II	II
IV	V	IV	IV	III	II
V	V	V	IV	III	III
VI	V	V	V	III	III
VII	V	V	V	IV	III
VIII	V	V	V	IV	IV
IX	V	V	V	V	IV
X	V	V	V	V	IV

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 125. Matriz de daño para infraestructura vial para los tipos de vías presentes en el municipio**

TIPO DE VÍA			
Intensidad	V-3	V-4	V-5
Leve	A	F	S
Media	F	S	S
Alta	S	S	S
Muy Alta	S	S	S

Fuente: Geocing S.A.S.

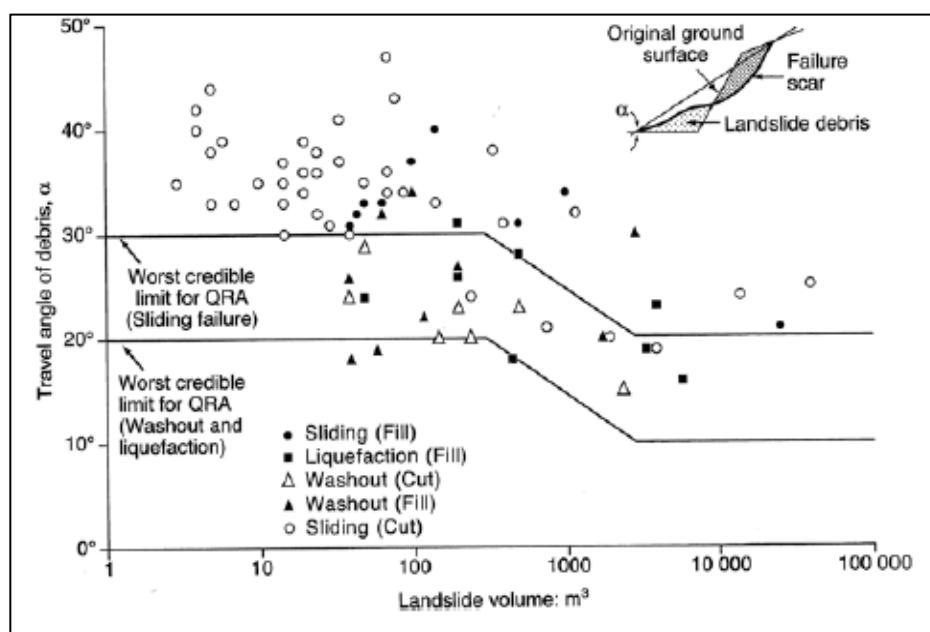
- **Distancia de Viaje**

La distancia de deslizamiento resulta ser un parámetro de gran importancia ya que la estimación del volumen deslizado y su velocidad determinan el punto donde el deslizamiento afectará las estructuras físicas. Principalmente, la distancia de viaje depende de las características del talud, mecanismos de falla y tipo de movimiento, características del talud hacia abajo y la información sobre el parámetro en eventos previos de deslizamientos en el sitio de estudio o cerca de él (Mostajo, 2013). La distancia de viaje se puede relacionar con el volumen deslizado por medio de expresiones empíricas, a partir del ángulo de fricción

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

aparente y el volumen deslizado (ver Ilustración 178) o a través de la modelación cinemática de movimiento<sup>16</sup> (ver Ilustración 179).

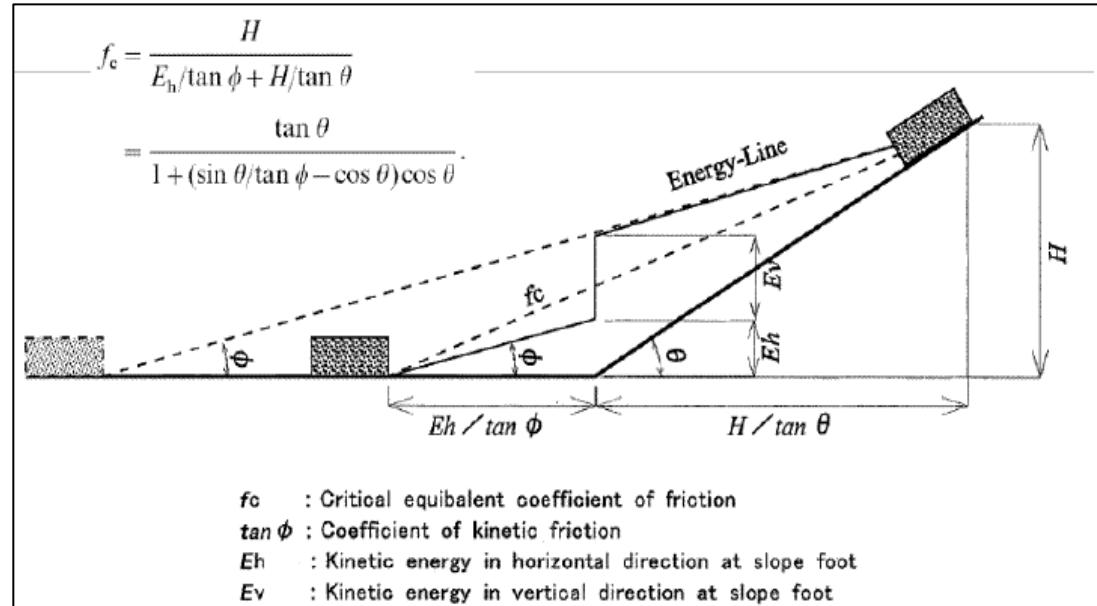
Adicionalmente, el volumen deslizado es uno de los parámetros que por lo general se utiliza para definir la intensidad de un deslizamiento. Cifuentes (2011) menciona que la intensidad de un deslizamiento se define en función del volumen de deslizamiento estimado y la velocidad esperada del movimiento (Ver Ilustración 180).



**Ilustración 178. Estimación de la distancia de viaje a partir del ángulo de fricción aparente y el volumen deslizado**  
(Fuente: Cifuentes, 2011)

<sup>16</sup> Cifuentes, D. (2011). Modelación de vulnerabilidad física de estructuras de uno y dos pisos, asociada a deslizamientos. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 179. Modelación cinemática de movimiento para la determinación de la distancia de viaje**  
 (Fuente: Cifuentes, 2011).

<b>Volumen estimado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Velocidad del deslizamiento esperada</b>		
	<b>Deslizamiento rápido (caída de roca)</b>	<b>Movimiento rápido (flujo de detritos)</b>	<b>Movimiento lento (deslizamiento reactivado)</b>
<0.001	Baja		
<0.5	Media		
>0.5	Alta		
<500	Alta	Baja	
500-10.000	Alta	Media	Baja
10.000-50.000	Muy alta	Alta	Media
>500.000		Muy alta	Alta
>>500.000			Muy alta

**Ilustración 180. Intensidad de deslizamiento de acuerdo a la velocidad esperada y volumen estimado**  
 (Fuente: Cifuentes, 2011)

La velocidad de movimiento del deslizamiento puede describir el potencial de daño de la mejor manera, sin embargo es un parámetro difícil de medir o predecir. Cifuentes (2011) presenta un ejemplo en donde se utiliza la velocidad como una variable para describir la magnitud del movimiento (Ver Ilustración 181).

 <b>CAM</b> Comisión para el manejo de la naturaleza	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Clase de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/seg)	Velocidad Típica	Probable	Importancia	Destructiva
7	Extremadamente rápido	$5 \times 10^3$	5 m/s	Catástrofe de mayor violencia, los edificios expuestos son totalmente destruidos por el impacto del material desplazado, muchas muertes.		
6	Muy rápido	$5 \times 10^1$	3 m/min	Algunas pérdidas de vidas humanas; velocidad demasiado grande, destrucción importante.		
5	Rápido	$5 \times 10^{-1}$	1.8 m/hr	Evacuación es posible; estructuras, bienes y equipos son destruidos.		
4	Moderado	$5 \times 10^{-3}$	13 m/mes	Algunas estructuras pueden mantenerse, si se encuentran a corta distancia frente a la masa desplazada, las estructuras localizadas en la masa desplazada son extensamente dañadas		
3	Lento	$5 \times 10^{-5}$	1.6 m/año	Correctivos pueden llevarse a cabo durante el movimiento, algunas estructuras se pueden mantener con trabajos frecuentes, si el movimiento total no es grande durante fase de aceleración.		
2	Muy lento	$5 \times 10^{-7}$	15 mm/año	Algunas estructuras permanentes sin daños por el movimiento, si hay grietas se pueden reparar.		
1	Extremadamente lento			Imperceptible sin instrumentación		

**Ilustración 181. Ejemplo de escala de velocidad para describir el potencial de daño de un deslizamiento**  
 (Fuente: Cifuentes, 2011)

- **Curvas de Fragilidad**

La vulnerabilidad física de los elementos en riesgo de deslizamientos se puede describir mediante funciones de fragilidad. Estas funciones permiten la estimación del riesgo dentro del marco de una ejecución o consecuencia. Se encuentran expresadas para cada elemento en riesgo en términos de la intensidad del deslizamiento y las probabilidades de daño. Las curvas de fragilidad expresan la probabilidad condicional, para cada elemento en riesgo, de que se encuentre o sobrepase cierto grado de daño durante un deslizamiento de cierto tipo e intensidad<sup>17</sup>. En general, las funciones evalúan el grado de vulnerabilidad de un elemento en riesgo cuando está sujeto a un esfuerzo producto de un proceso natural peligroso. Adicionalmente, proveen una evaluación cuantitativa de la intensidad del daño que un tipo de esfuerzo puede generar sobre un elemento (Pascale, Sdao, & Sole, 2010)<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> SafeLand. (2011). Physical vulnerability of elements at risk to landslides:Methodology for evaluation, fragility curves and damage states for buildings and lifelines.

<sup>18</sup> Pascale, S., Sdao, F., & Sole, A. (2010). A model for assessing the systemic vulnerability in landslide prone areas. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1575-1590.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

### 13.2.2 Vulnerabilidad Física por Inundaciones

Las inundaciones son eventos naturales con un gran potencial de destrucción los cuales han afectado a un gran número de personas y han causado daños y pérdidas incalculables. El número de personas afectadas y pérdidas van en constante aumento dado al incremento de las construcciones a lo largo del curso de los ríos.

Existen medidas estructurales y no estructurales las cuales se pueden implementar para lidiar con las inundaciones. Las medidas estructurales están compuestas por un conjunto de estructuras que tienen el fin de modificar los flujos de agua y por lo tanto sus parámetros hidráulicos; volumen de inundación, elevación del nivel de agua, duración de la inundación, caudal máximo, altura, velocidad, entre otros (Sagala, 2006). Por otro lado, las medidas no estructurales reducen el riesgo a inundaciones por medio de sistemas de alertas, planes de emergencias, regulaciones y zonificación del uso del suelo (Retnan & Natarajan, 2013).

Aunque las medidas anteriormente mencionadas actúan como acciones de mitigación de la amenaza por inundación, no se debe ignorar la necesidad de realizar la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo.

El análisis de la inundación se puede realizar mediante el uso de funciones de daño que se encuentran disponibles en la literatura y para su evaluación se adaptó la Metodología de Daños y Víctimas por Inundaciones de Kok et al. (2005).

Para calcular el daño potencial que puede generar una inundación la metodología presenta la siguiente fórmula:

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i n_i S_i$$

Donde

$\alpha_i$  = factor de daño o índice de daño con categoría i

$n_i$  = número de unidades en la categoría i.

$S_i$  = Daño máximo por unidad en categoría i

Donde el índice de daño  $\alpha_i$  se deriva de la función de daño y existe una función de daño por categoría. Ejemplos de las categorías son: agricultura, vehículos, infraestructura, etc. Este factor de daño muestra la influencia de las condiciones hidráulicas y los siguientes parámetros son los que de mayor forma lo influencian:

 <b>CAM</b> Comisión Administrativa del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

- $d$  = Altura de Flujo (m)
- $u$  = Velocidad de Flujo (m/s)
- $u_{kT}$  = Velocidad de Flujo Crítica (m/s)
- $w$  = tasa de aumento (m/hour)
- $\beta$  = Factor del Material
- $r$  = Factor de refugio
- $s$  = Presencia de Olas

Los factores de daño que presenta la metodología de Kok se derivan del estudio de Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard (Vrouwenvelder, 1997) y aplican a las áreas que tienen bajan frecuencia de inundación.

Como se definió anteriormente, los elementos expuestos a las inundaciones son para la zona de estudio son las viviendas, la infraestructura vial y puentes.

- ***Edificaciones e infraestructura asociada***

Para analizar la vulnerabilidad física de los elementos expuestos, se deben analizar los daños directos que causa el flujo de agua sobre las estructuras. Para desarrollar este enfoque se deben tener en cuenta las acciones del flujo, las que se encuentran definidas como los efectos que una inundación puede tener sobre una casa, las cuales pueden potencialmente generar daños o hasta causar que la estructura falle. Entre las diferentes acciones de flujo que se imponen sobre una edificación se destacan las siguientes: fuerzas hidrostáticas, fuerzas de flotación, fuerzas hidrodinámicas, y erosión (Nadal, Zapata, Pagán, López, & Agudelo, 2010).

La metodología de Kelman & Spence (2004) presenta una descripción de las acciones de flujo de las inundaciones, las cuales actúan como un prisma de presiones sobre las paredes de las edificaciones.

- **Fuerzas Hidrostáticas**

Existen dos tipos de formas en las que estas fuerzas actúan, como presiones laterales y como capilaridad.

La presión lateral que ejerce un flujo contra una casa es

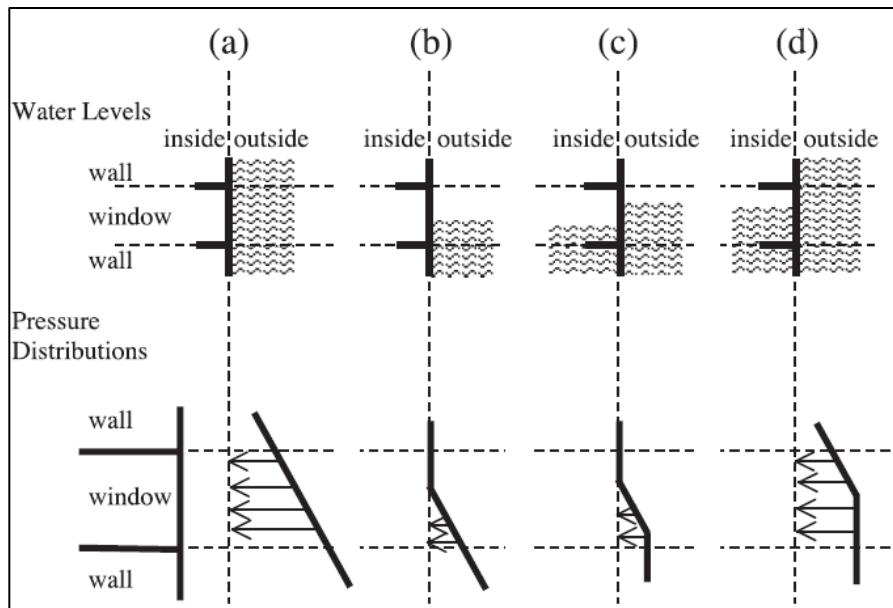
$$\Delta P = \rho_w g (f_{diff} - y) = \Delta P_{hydrostatic} \text{ donde } y = 0 - \rho_w gy \text{ para } h \leq y \leq f_{diff}$$

$$\Delta P = 0 \text{ para } y > f_{diff}$$

Donde  $y=0$  es la base la casa. La segunda ecuación puede ser utilizada para considerar toda la casa o para una parte de la casa como las ventanas o una puerta de madera. Esto de acuerdo a que se pueden presentar diferentes

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

escenarios para los niveles de agua y presiones alcanzados por la inundación sobre una casa. La siguiente imagen muestra ejemplos de dichos escenarios.



**Ilustración 182. Niveles de agua y presiones que actúan sobre una casa para diferentes escenarios.**  
**Fuente:** Kelman & Spence (2004)

La capilaridad es importante en cuanto a que los objetos que se encuentran dentro de la casa pueden estar fabricados con materiales que absorban agua, o los mismos materiales con los que fue construida la casa pueden absorber agua lo que resultará más adelante en daños.

- **Fuerzas Hidrodinámicas**

Existen tres formas de fuerzas hidrodinámicas: 3 acciones relacionadas con la velocidad (incluida la turbulencia) y 2 acciones relacionadas con ondas.

La presión lateral que ejerce el flujo de agua alrededor de una vivienda se puede definir como  $\Delta P = 0.5\rho v^2$ , para una aproximación de primer orden.

Cambios en la velocidad y por lo tanto en las diferencias de presión ocurren cuando el agua fluye alrededor de las esquinas de una vivienda o por huecos en las estructura porque se generan turbulencia que impactan la estructura. Las acciones de las ondas tienen la capacidad de aumentar o disminuir las presiones y las fuerzas ejercidas sobre la vivienda. Las olas que rompen en, sobre o cerca de una casa pueden ejercer grandes presiones al compararlas con otras acciones hidrodinámicas.

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

- **Erosión**

El agua en movimiento puede causar erosión al mover el suelo de los lados o lecho del río a lo largo por donde fluye. Este movimiento genera un transporte de sedimentos que altera la densidad inicial del flujo de agua.

- **Fuerzas de Flotación**

La fuerza de flotación es función del volumen sumergido del objeto que en este caso resulta ser la casa. Este volumen es igual al volumen de agua que ha sido desplazado por la casa, dando como resultado la siguiente ecuación,  $\rho_w g Af$ . La fuerza de flotación es entonces la fuerza de empuje hacia arriba que causa que la vivienda o partes de ella floten. Las fuerzas hidrodinámicas o presiones hidrostáticas laterales pueden después reemplazar las partes flotantes y potencialmente generar daños.

Por su parte, la metodología de Kok et al. (2005) define el índice de daño potencial para cada una de las diferentes categorías de daño, debido que los daños que pueda ocasionar una inundación dependen de los materiales y estructuras de las edificaciones. Las categorías utilizadas en la metodología y un resumen de sus características se presentan en la Tabla 126.

**Tabla 126. Categoría de Daños según materiales y estructura.**

Categoría de Daño	Materiales	Estructura
Viviendas de 1 piso	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural
Viviendas de poca altura (2 – 3 pisos)	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural
Viviendas de altura intermedia (4-5 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural
Viviendas de gran altura (Más de 6 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural

A parte del nivel del agua, la influencia de las olas (en el caso de una tormenta) y la velocidad de flujo son unos parámetros que generalmente se presumen que influyen los daños por inundación.

Por consiguiente, la peligrosidad de la inundación y la gravedad de las características del flujo en relación con la seguridad de las personas y bienes materiales dependen directamente de la capacidad de empuje del flujo el cual

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

puede ser definido por la combinación por el calado, velocidad de flujo y presencia de olas (Gracia, y otros, 2014).

- **Nivel del Agua y Velocidad de flujo**

La metodología menciona que se necesita una velocidad de flujo crítica para determinar si una edificación va a colapsar a causa de velocidades de flujo altas. Indica que si la velocidad de flujo producto del modelo hidráulico es mayor que la velocidad de flujo crítica, el factor de daño o índice de daño es igual a 1. Según las modelaciones, la velocidad de flujo en la que las edificaciones pueden colapsar se encuentra entre 1 y 8 m/s. Y por lo tanto, se define que el método estándar se debe calcular utilizando una velocidad de flujo crítica de 8 m/s.

La metodología establece que para las viviendas de un piso, la velocidad crítica corresponde a  $\frac{1}{4}$  de la velocidad de flujo crítica del método estándar. Este valor es menor dado que las paredes de estos tipos de viviendas son resistentes a velocidades de flujo de solamente 1 a 2m/s, mientras que las paredes de los edificios en concreto resisten 8 m/s como máximo.

- **Tormentas**

Una vez se ha establecido el índice de daño causado por el calado y las altas velocidades de flujo, se puede calcular la probabilidad de que las edificaciones colapsen como un resultado de olas producto de una tormenta. La probabilidad del colapso de una edificación dada la presencia de olas durante de una tormenta se muestra en la siguiente ecuación:

$$P_{f \text{ tormenta}} = \beta \times 10^{-3} d^{1.8} r$$

Donde

$\beta$  = Factor del material

$r$  = Factor de refugio

En la metodología se asume que el factor del material para viviendas de un piso o de baja altura es de 0.8 y de 0.4 para viviendas de altura intermedia o alta.

El factor de refugio tiene un valor entre 0 y 1, donde toma el valor de 1 cuando no se presenta refugio y 0 representa el refugio máximo.

- **Índice de daño potencial total por Inundaciones**

El índice de daño potencial total para las viviendas se calcula por lo tanto con la siguiente expresión:

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

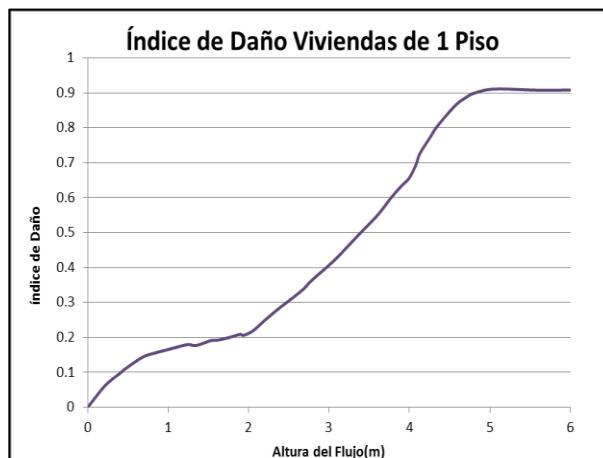
$$\alpha = P_{f \text{ tormenta}} * 1 + (1 - P_{f \text{ tormenta}}) \alpha (d, u)$$

$\alpha (d, u)$  = Índice de daño basado en el nivel de agua y velocidad de flujo.

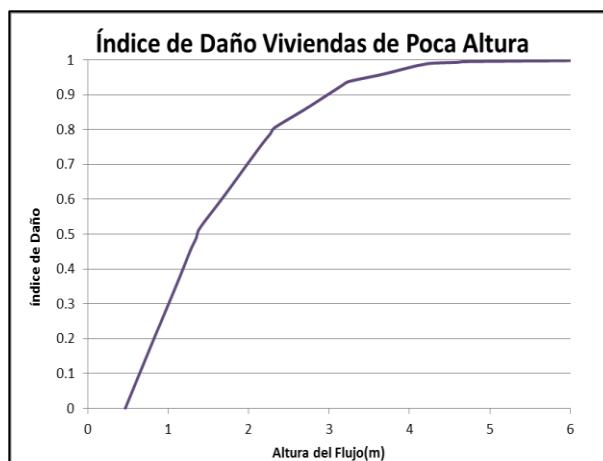
$P_{f \text{ tormenta}}$  = Probabilidad de falla durante una tormenta.

La función de daño para cada categoría de daño de las edificaciones presenta alta complejidad por lo que no se presenta en el informe, sin embargo, se implementó como un código en Excel para su cálculo.

Las curvas del índice de daño potencial total producto de la función de daño de cada categoría se presentan a continuación.

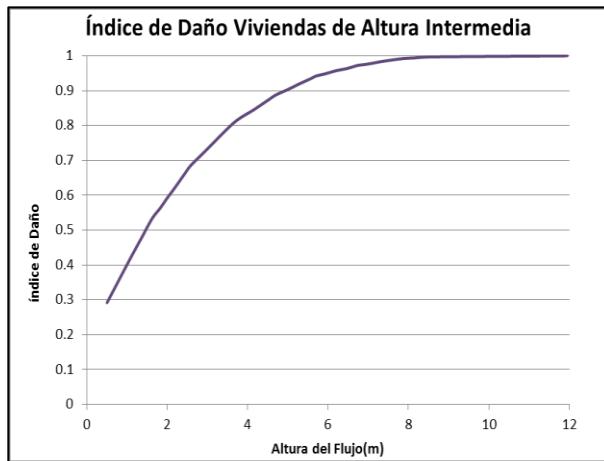


**Ilustración 183. Índice de Daño de las Viviendas de 1 Piso.**  
Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

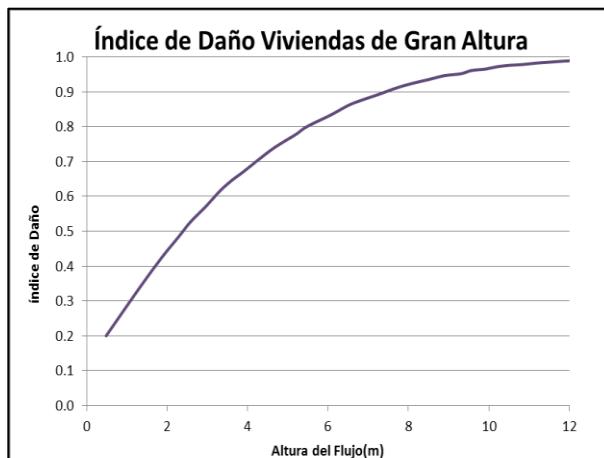


**Ilustración 184. Índice de Daño de las Viviendas de Poca Altura.**  
Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 185. Índice de Daño de las Viviendas de Altura Intermedia.**  
**Fuente:** Adaptación de Kok et al. (2005).



**Ilustración 186. Índice de Daño de las Viviendas de Gran Altura.**  
**Fuente:** Adaptación de Kok et al. (2005).

La consultora propone la siguiente matriz de daño donde se clasifica el índice de daño potencial numérico de las edificaciones dentro de las diferentes categorías de lógica difusa para más adelante calcular el índice de vulnerabilidad física por inundaciones.

**Tabla 127. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de las viviendas.**

Índice de Daño (IDp)	Tipo de daño	Categoría Difusa
0,0 - 0,2	El agua se pone en contacto con la estructura por fuera pero no entra.	I

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Índice de Daño (IDp)	Tipo de daño	Categoría Difusa
0,2 - 0,4	El agua infiltra (gotea a través de las aberturas pequeñas) o se dañan características externas por el agua.	II
0,4 - 0,6	Agua penetra a través de una abertura cerrada o abierta (probablemente rompiendo la abertura) como una puerta o ventana.	III
0,6 - 0,8	Agua penetra a través de rutas no incluidas como aberturas (es atacada la integridad estructural) por ejemplo una pared o el tejado.	IV
0,8 - 1,0	La estructura sufre daños más allá de la reparación, por ejemplo las paredes colapsan.	V

Fuente: Geocing S.A.S.

#### •Infraestructura Vial

En cuanto a la categoría de infraestructura vial, la metodología de Kok presenta la siguiente función para el índice de daño potencial:

$$\alpha_{vías} = \text{MIN}(0.28d, 0.18d + 0.1, 1)$$

Donde la siguiente gráfica presenta la curva de Daño para esta categoría.

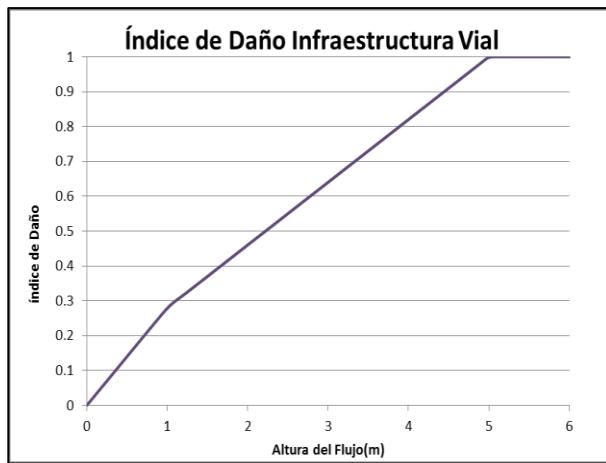


Ilustración 187. Índice de Daño de la Categoría de infraestructura vial  
 Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

La consultora propone la siguiente matriz de daño donde se clasifica el índice de daño numérico obtenido de la Ilustración 187 para la infraestructura vial dentro de las diferentes categorías de lógica difusa.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

**Tabla 128. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de la infraestructura vial.**

Elemento Expuesto	Porcentaje de daño	Daños Potenciales	Índice de Daño Potencial
Infraestructura Vial	0 - 0,3	Daño superficiales	I
	0,3 - 0,5	Hundimiento de la estructura	II
	0,5 - 0,7	Fisuración de la estructura del pavimento	III
	0,7 – 0,8	La estructura sufre daños graves	IV
	0,8 – 1,0	Pérdida total de la Infraestructura	V

Fuente: Geocing S.A.S.

### **13.2.3 Vulnerabilidad física por Avenidas Torrenciales**

La avenida torrencial representa una inundación de gran volumen y corta duración (Kim & Choi, 2011). Este tipo de eventos ha ocurrido con mayor frecuencia durante los últimos años debido a las lluvias fuertes o excesivas en un periodo de tiempo corto sobre un área pequeña. Las avenidas torrenciales pueden causar grandes daños en infraestructura y pérdida de vidas humanas debido a su rápida manifestación y altas velocidades que no dan tiempo de reacción a las personas que se encuentran en el área de influencia del evento.

Matemáticamente un flujo torrencial se caracteriza por contener una mezcla de material sólido (que incrementa considerablemente la viscosidad y densidad del flujo, disminuyendo su velocidad) y de un líquido intersticial (agua). Kelman (2002) presenta una propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad física de las estructuras por medio de perfiles de vulnerabilidad “matrices de vulnerabilidad bidimensionales” en donde se enfoca en establecer las presiones diferenciales del flujo torrencial que podrían causar daños y el análisis de fallas en ventanas y muros. Esta metodología trabaja con las fuerzas hidrostáticas e hidrodinámicas y las convierte en primas de presiones en los muros de la edificación.

Kelman (2002) evalúa el daño en la estructura teniendo en cuenta las características de las acciones que un flujo impone sobre una edificación: la presión hidrostática, presión hidrodinámica impuesta por la velocidad de flujo, la erosión, el empuje y la acción de los sólidos suspendidos. En el presente estudio se trabajará con una adaptación de los perfiles de vulnerabilidad de Kelman (2002) para diferentes tipos de estructuras. Se utilizará una clasificación de las estructuras similar a la usada para calcular la vulnerabilidad por inundaciones, la cual se muestra nuevamente en la Tabla 129.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
<b>GEOCING</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

**Tabla 129. Categoría de Daños según materiales y estructura para avenidas torrenciales.**

Categoría de Daño	Materiales	Estructura
Viviendas de 1 piso	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural
Viviendas de poca altura (2 pisos )	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural
Viviendas de altura intermedia (3 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural
Viviendas de gran altura (Más de 4 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

Las matrices de los diferentes perfiles de vulnerabilidad adaptadas de Kelman (2002) para calcular el índice de daño potencial se presentan a continuación:

**Tabla 130. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de 1 Piso.**

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)			
	0,0	0,5	1,0	1,5 o mayor
0,0	0	2	4	5
0,5	0	2	4	5
1,0	0	2	4	5
1,5	0	4	4	5
2,0	0	4	5	5
2,5	0	4	5	5
3,0	0	4	5	5
3,5	0	4	5	5
4,0	0	4	5	5
4,5	0	4	5	5
5,0	0	4	5	5
5,5 o mayor	0	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

**Tabla 131. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Poca Altura.**

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	> 2,0
0,0	0	2	4	4	5
0,5	0	2	4	5	5

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 311 de 437

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	> 2,0
1,0	0	2	4	5	5
1,5	0	2	4	5	5
2,0	0	2	4	5	5
2,5	0	2	4	5	5
3,0	0	2	4	5	5
3,5	0	4	4	5	5
4,0	0	4	5	5	5
4,5	0	4	5	5	5
5,0	0	4	5	5	5
5,5	0	4	5	5	5
6,0	0	4	5	5	5
6,5	0	4	5	5	5
7,0	0	4	5	5	5
7,5 o mayor	0	5	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002)

Tabla 132. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Altura Intermedia

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	> 2,0
0,0	0	2	2	4	5
0,5	0	2	4	4	5
1,0	0	2	4	4	5
1,5	0	2	4	4	5
2,0	0	2	4	4	5
2,5	0	2	4	5	5
3,0	0	2	4	5	5
3,5	0	2	4	5	5
4,0	0	2	4	5	5
4,5	0	4	4	5	5
5,0	0	4	5	5	5
5,5	0	4	5	5	5
6,0	0	4	5	5	5
6,5	0	4	5	5	5
7,0	0	4	5	5	5
7,5	0	4	5	5	5
8,0	0	4	5	5	5
8,5	0	4	5	5	5
9 o mayor	0	5	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

Tabla 133. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Gran Altura.

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	> 2,5
0,0	0	2	2	4	4	5
0,5	0	2	2	4	4	5
1,0	0	2	2	4	5	5
1,5	0	2	2	4	5	5
2,0	0	2	4	4	5	5

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 312 de 437

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena ¡Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
<b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	> 2,5
2,5	0	2	4	4	5	5
3,0	0	2	4	4	5	5
3,5	0	2	4	5	5	5
4,0	0	2	4	5	5	5
4,5	0	2	4	5	5	5
5,0	0	2	4	5	5	5
5,5	0	4	4	5	5	5
6,0	0	4	5	5	5	5
6,5	0	4	5	5	5	5
7,0	0	4	5	5	5	5
7,5	0	4	5	5	5	5
8,0	0	4	5	5	5	5
8,5	0	4	5	5	5	5
9,0	0	4	5	5	5	5
9,5	0	4	5	5	5	5
10,0	0	4	5	5	5	5
10,5 o mayor	0	5	5	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002)

El consorcio propone la siguiente matriz de daño donde se clasifica el índice de daño potencial numérico de las edificaciones dentro de las diferentes categorías de lógica difusa para más adelante calcular el índice de vulnerabilidad física por avenidas torrenciales.

**Tabla 134. Clasificación Difusa del índice de daño potencial por avenidas torrenciales de las viviendas.**

Índice de Daño (IDp)	Tipo de daño	Categoría Difusa
0	El flujo torrencial no se encuentra en contacto con la estructura	0
1	El flujo torrencial se pone en contacto con la estructura por fuera pero no entra.	I
2	El flujo torrencial infiltra (gotea a través de las aberturas pequeñas) o se dañan características externas por el agua.	II
3	El flujo torrencial penetra a través de una abertura cerrada o abierta (probablemente rompiendo la abertura) como una puerta o ventana.	III
4	El flujo torrencial penetra a través de rutas no incluidas como aberturas (es atacada la integridad estructural) por ejemplo una pared o el tejado.	IV
5	La estructura sufre daños más allá de la reparación, por ejemplo las paredes colapsan.	V

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

#### • **Índice de Daño Actual (IDA)**

El índice de daño actual representa el índice de daño que se le asigna al elemento expuesto dadas las características estructurales evaluadas en la encuesta física realizada a las diferentes edificaciones.

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

La base de datos obtenida a partir del estudio y las encuestas físicas se presentan anexadas a este informe. Se aclara que a cada una de las encuestas le pertenece un código el cual concuerda con el mapa de resultados expuestos y la base de datos obtenida.

En esta sección se mostraran los parámetros, las calificaciones y categorías que se utilizaron para evaluar el índice de daño actual de las edificaciones basándose en el método AHP:

- ***Edad de la Construcción***

La edad de la construcción está directamente ligada al estado del inmueble en general, ya que entre más años tenga la construcción más deteriorada se encuentra, sus técnicas constructivas no son las adecuadas para cumplir con la Norma Sismo Resistente y sus materiales presentan diferentes desgastes. Adicionalmente, si la construcción es más nueva se podría considerar que sus materiales cuentan con mejores condiciones de calidad y las técnicas empleadas para su construcción son las adecuadas. En la siguiente tabla se presenta su categorización.

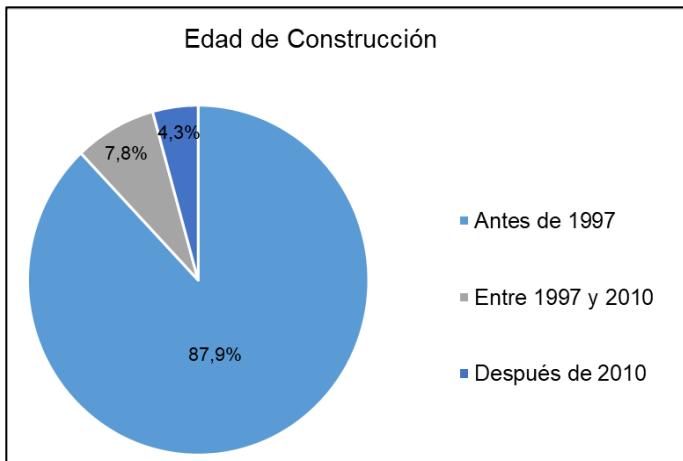
**Tabla 135. Pesos ponderados - Parámetro: Edad de la Construcción.**

<b>Edad de La construcción</b>	<b>Parámetro (años)</b>	<b>Peso</b>
Después 2010	7	0,20
Entre 1997 y 2010	21	0,50
Antes de 1997	22	0,90

Fuente: Geocing S.A.S.

Según las encuestas aplicadas e información recopilada, el 87,9% de las edificaciones se han construido antes de 1997, el 7,8% han sido construidas entre los años 1997 y 2010 periodo en donde se establecieron las primeras normas sismo resistentes y el 4,3% restante han construidas después del 2010 bajo el periodo de funcionamiento de la última versión de la NSR. En la siguiente ilustración se presenta la distribución de las edificaciones encuestadas según su año de construcción.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE



**Ilustración 188. Distribución de las edificaciones encuestadas según su fecha de construcción.**  
**Fuente:** Geocinc SAS

- **Número de pisos**

Es la distribución vertical de una construcción, correspondiente a la cantidad de niveles con los que cuenta una edificación. A continuación se presentan los pesos utilizados para evaluar esta variable: Ver Tabla 136.

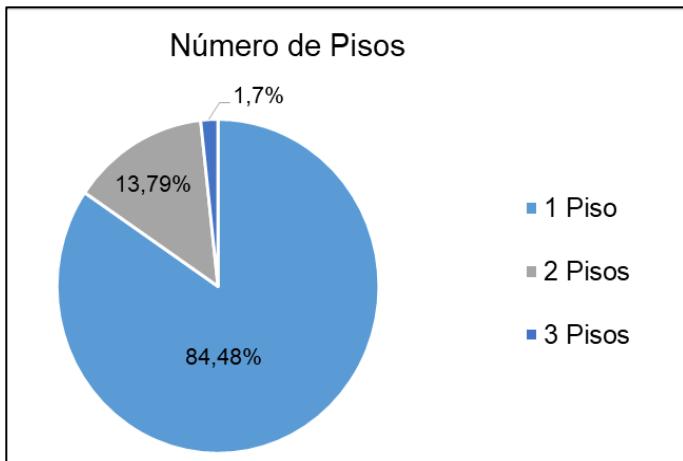
**Tabla 136. Pesos - Parámetro: Número de pisos.**

Parámetro	Calificación
1	0,20
2	0,30
3	0,40
4	0,50
5	0,70
>5	0,80

**Fuente: Geocinc S.A.S.**

En términos generales, las encuestas realizadas para el presente estudio arrojaron que el 84,48% de las edificaciones son estructuras de 1 sólo piso, el 13,79% son de 2 pisos y finalmente con un 1,7% se identificaron viviendas de 3 pisos. A continuación en la Ilustración 189 se presenta la distribución de esta variable:

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 189. Distribución de las edificaciones encuestadas según su número de pisos.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

- **Forma de construcción**

Es la metodología, materiales y técnicas utilizadas en el proceso de constructivo de un inmueble, para este estudio se consideraron tres identificadores, a continuación se presentan las calificaciones asignadas. (Ver Tabla 137)

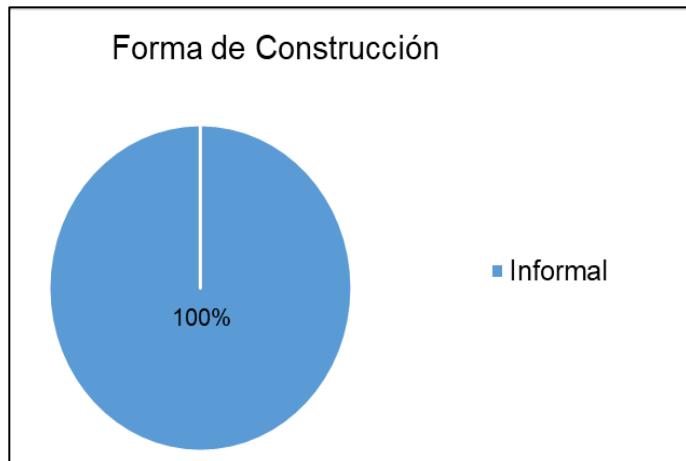
**Tabla 137. Pesos - Parámetro: Forma de construcción.**

Parámetro	Calificación
Empresa Constructora	0,2
Prefabricado	1,0
Informal	0,4

**Fuente:** Geocing S.A.S.

Se encontró que 100% del total de las edificaciones encuestadas fueron construidas de forma informal. En la Ilustración 190 se presenta la distribución de esta variable.

 <b>CAM</b> Comisión Administrativa del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 190. Distribución de las edificaciones encuestadas según su forma de construcción.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

#### • **Tipo de entrepiso**

Las losas o placas de entrepiso son los elementos rígidos que separan un piso de otro, construidos monolíticamente o en forma de vigas sucesivas apoyadas sobre muros estructurales, el tipo del entrepiso se determina de acuerdo al tipo de materiales utilizados y procesos constructivos, en esta oportunidad se planteó la posibilidad de que se pudieran presentar en la zona de estudio entrepisos de madera, metálicos, concreto reforzado u otros. Se analizaron cada uno de los parámetros considerados y la siguiente tabla enseña los pesos seleccionados para cada tipo de entrepiso:

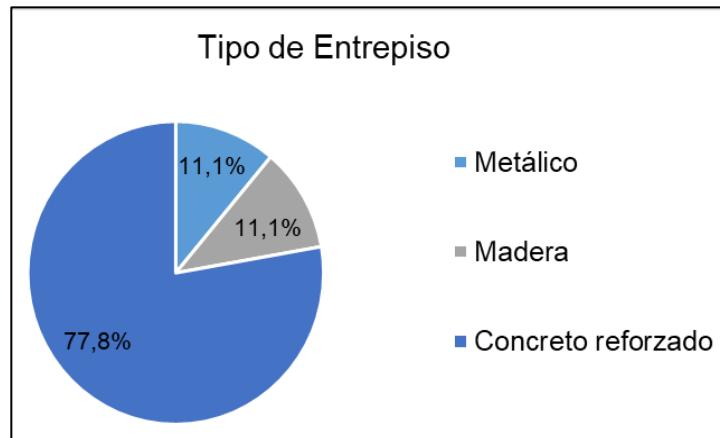
**Tabla 138. Pesos – Tipo de entrepiso.**

Parámetro	Calificación
Metálico	0,4
Madera	0,8
Concreto reforzado	0,1
No aplica	0,0

**Fuente:** Geocing S.A.S.

Según la información recolectada en las encuestas, se observó que el 77,8% de las viviendas que presentan entrepiso lo tienen en concreto, seguido de entrepiso en madera y metálico respectivamente con un 11,1%. Es importante destacar que las edificaciones que presentan entrepiso corresponden al 15,52% del 100% de las viviendas encuestadas. En la Ilustración 191 se presenta la distribución de esta variable.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 191. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de entrepiso.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

#### • *Tipo de cubierta*

Son módulos de cerramiento superior, que resguardan las estructuras de agentes externos. Se clasificaron los materiales utilizados en la zona de estudio como zinc, asbesto cemento, concreto, teja plástica u otros. Se analizaron cada uno de los parámetros considerados:

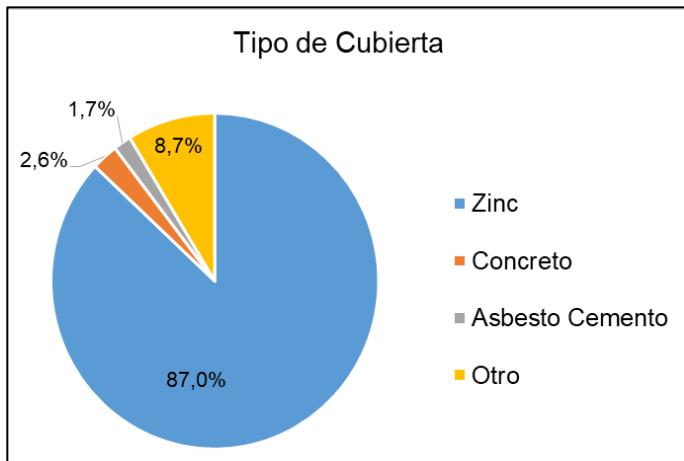
**Tabla 139. Pesos - Parámetro: Tipo de Cubierta.**

Parámetro	Calificación
Zinc	0,4
Concreto	0,2
Teja Plástica	0,8
Asbesto Cemento	0,6
Otro (Teja Barro y plástico)	0,9

**Fuente:** Geocing S.A.S.

Se evidenció que el tipo de cubierta de las edificaciones se distribuye en su mayoría en Zinc con un 87,0%, seguido del 8,7% con cubierta de otro tipo de material como teja de barro, metálico o material de reciclaje, concreto con el 2,6% y finalmente con un 1,7% se identificaron cubiertas de asbesto cemento. La Ilustración 192, muestra la distribución del tipo de cubierta de las edificaciones.

 <b>CAM</b> Comisión Administrativa del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 192. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de cubierta.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

- **Sistema estructural**

Un sistema estructural es el modelo físico que sirve de marco para los elementos estructurales, y que refleja un modo de trabajo o configuración de la estructura. Un inmueble puede tener, a su vez, una mezcla de sistemas estructurales.

Pueden clasificarse por su campo de actuación, sistema de trabajo, metodología y materiales utilizados, en esta oportunidad se consideraron los siguientes sistemas, parámetros que se analizaron y luego del cálculo de los pesos, se obtuvo una calificación como se muestra a continuación:

**Tabla 140. Pesos - Parámetro: Sistema Estructural.**

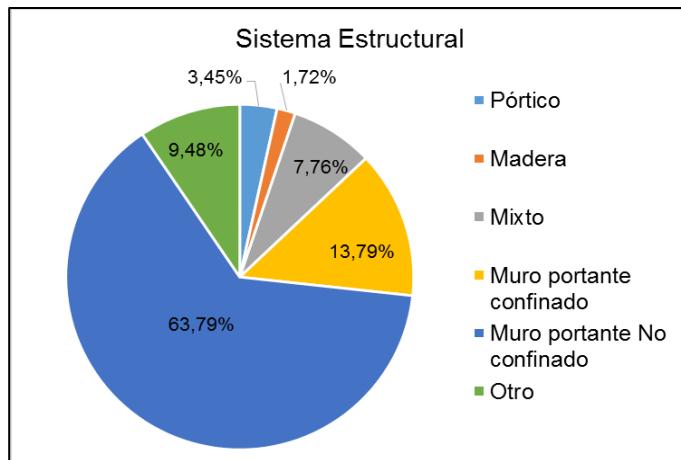
Parámetro	Calificación
<b>Pórtico</b>	0,2
<b>Prefabricado</b>	0,4
<b>Mampostería Estructural</b>	0,2
<b>Madera</b>	0,9
<b>Mixto</b>	0,8
<b>Muro portante confinado</b>	0,2
<b>Muro portante NO confinado</b>	0,9

**Fuente:** Geocing S.A.S.

Los resultados de las encuestas realizadas arrojan que el 63,79% de las edificaciones presentan sistema estructural muro portante no confinado, seguido del sistema muro portante confinado con el 13,79%, otro sistema estructural como bahareque, guadua con el 9,48%, sistema mixto con el 7,76%, pórtico con el

 <b>CAM</b> Comisión Administrativa del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

3,45% y finalmente con el 1,72% se identificaron viviendas con sistema estructural en madera. La distribución de esta variable se presenta en la Ilustración 193.



**Ilustración 193. Distribución de las edificaciones encuestadas según su sistema estructural.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

- ***Estado del inmueble***

De acuerdo a las características y condiciones actuales de los predios se realizó una categorización de cada uno, se dio una apreciación entre bueno, regular o malo, parámetros que se analizaron y luego del cálculo de los pesos, se obtuvo una calificación descrita a continuación:

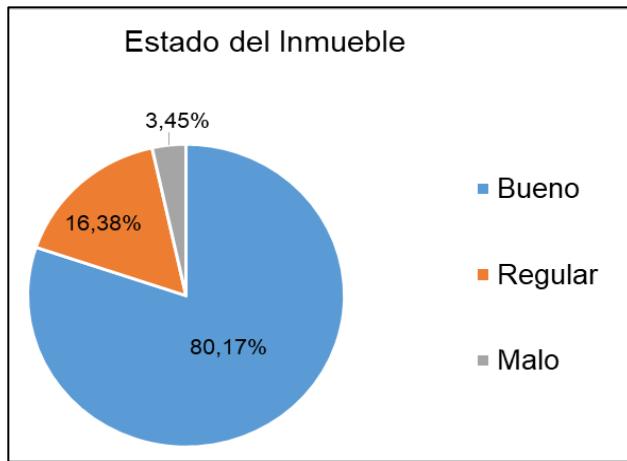
**Tabla 141. Pesos - Parámetro: Estado del inmueble.**

Parámetro	Calificación
Bueno	0,2
Regular	0,5
Malo	0,8

**Fuente:** Geocinc S.A.S.

La mayoría de las edificaciones se encuentran en estado bueno con un 80,17%, estado regular con un 16,38% y estado malo con un 3,45%. La distribución de esta variable se presenta en la Ilustración 194.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>



**Ilustración 194. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

- ***Daños en toda la construcción***

En la inspección y revisión de los predios se identifican los signos de daños presentes en las estructuras tales como fisuras, grietas, desprendimientos y niveles de humedad, los cuales evidencian los cambios en las condiciones y estabilidad de las estructuras. De acuerdo a lo anterior se determinó la siguiente calificación para las patologías evaluadas en los muros, pisos, techos, vigas y columnas:

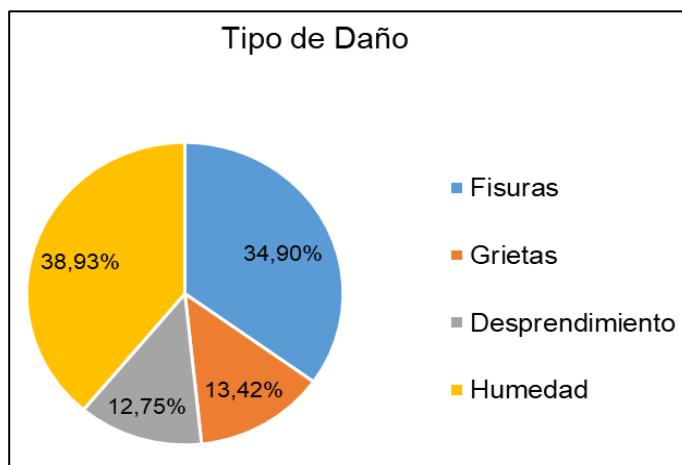
**Tabla 142. Pesos ponderados - Parámetro: Daños en toda la construcción.**

Parámetro	Calificación
<b>Fisuras</b>	0,1169
<b>Grietas</b>	0,2599
<b>Desprendimiento</b>	0,5395
<b>Humedad</b>	0,0837

**Fuente:** Geocing S.A.S.

Las edificaciones encuestadas sólo se distribuyen entre 4 tipos de daños propuestos por la presente consultoría. Los porcentajes de los daños presentes en las edificaciones encuestadas se encuentran distribuidos de la siguiente forma: un 38,93% presentan humedad, en un 34,90% de las edificaciones se identificaron fisuras, seguido de grietas con el 13,42% y finalmente con un 12,57% se identificaron desprendimientos. La distribución de esta variable se presenta en la Ilustración 195.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE



**Ilustración 195. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño.**  
 Fuente: Geocing S.A.S.

En la Tabla 143 y Tabla 144 se presenta la calificación de los tipos de daños dependiendo de su localización en las estructuras. Se consideran estos parámetros porque dependiendo de su ubicación pueden afectar en gran medida o no a la estabilidad de la estructura.

**Tabla 143. Pesos – Parámetro Localización de los Agrietamientos en la Estructura de la edificación.**

Parámetro	Calificación
Sin agrietamientos	0,0
Muros	0,7
Columnas	1,0
Vigas	1,0
Pisos	0,2
Techo	0,3

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 144. Pesos – Parámetro Localización de las Humedades en la Estructura de la edificación.**

Parámetro	Calificación
Sin humedad	0,0
Muros	0,4
Columnas	0,8
Techo	0,3

Fuente: Geocing S.A.S.

Según los resultados obtenidos en las encuestas, las viviendas encuestadas en su mayoría no presentan agrietamientos (77,59%); las viviendas en donde se identificaron grietas se encuentran distribuidas así: en muros con un 13,79%, 7,76% de las grietas se identificaron en pisos y el 0,86% en columnas. En cuanto

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

a la humedad, el 46,49% de las edificaciones no presentan humedad; las humedades que se identificaron en las viviendas se encuentran localizadas así: el 50,88% de las humedades se encuentran en los muros y el 2,63% en el techo. Las siguientes ilustraciones indican la distribución de las viviendas según la localización de las grietas y humedades.

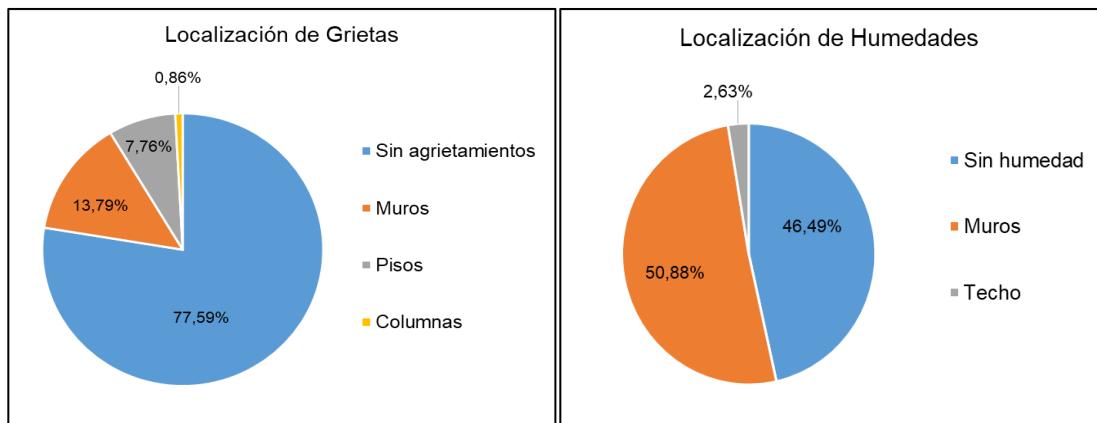


Ilustración 196. Distribución de las edificaciones encuestadas según la localización de sus daños.  
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Severidad de Daños en toda la construcción**

En la inspección y revisión de los predios se identifican los signos de daños presentes en las estructuras tales como fisuras, grietas, desprendimientos y niveles de humedad, los cuales evidencian los cambios en las condiciones y estabilidad de las estructuras. De acuerdo a lo anterior se determinó la siguiente calificación para evaluar las severidades medias y altas que presentan los inmuebles de acuerdo con el número aproximado de grietas que se observaron en su estructura.

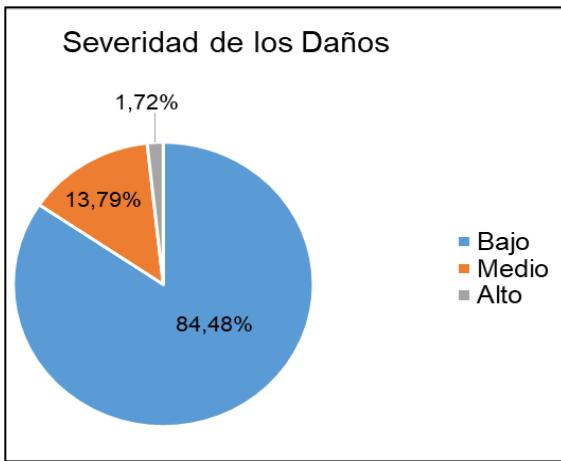
Tabla 145. Pesos - Parámetro: Severidad de Daños.

Parámetro	Calificación
Bajo	0,20
Medio	0,50
Alto	0,80

Fuente: Geocing S.A.S.

Según la información recolectada de las edificaciones que presentan daños, se observa que el 84,48% de las edificaciones presentan daños con severidad baja, el 13,79% en categoría media y el 1,72% restante presentan severidad media. En la siguiente ilustración se presenta la distribución de esta variable.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 197. Distribución de las edificaciones encuestadas según la severidad de daños.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

- **Tipología de la vivienda**

El tipo de vivienda y sus características físicas se analizarán dentro del contexto de la vulnerabilidad física, las construcciones en sí mismas, son indicativos de la calidad de vida de los habitantes, por lo cual se determinó la siguiente calificación para cada uno de los parámetros de acuerdo a su influencia en la condición de vulnerabilidad:

**Tabla 146. Pesos - Parámetro: Tipología de la vivienda.**

Parámetro	Calificación
B1	1,0
B2 (mampostería)	0,7
B2 (prefabricado)	0,6
B3	0,4
B4	0,2

**Fuente:** Geocinc S.A.S.

A continuación se presentan algunas imágenes de las tipologías encontradas en el presente estudio (Ver Ilustración 198 a Ilustración 201).

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</p>



**Ilustración 198. Vivienda Tipología B1 (Vivienda en materia reciclaje).**  
Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 199. Vivienda Tipología B2 (Vivienda en mampostería sin estructura).**  
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</p>



**Ilustración 200. Vivienda Tipología B3 (Edificaciones hasta de dos (02) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).**

Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 201. Vivienda Tipología B4 (Edificaciones de más dos (02) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).**

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

En la Ilustración 202 se presenta la tipología de la infraestructura de la zona de estudio; información que fue obtenida a partir de las encuestas realizadas en campo.

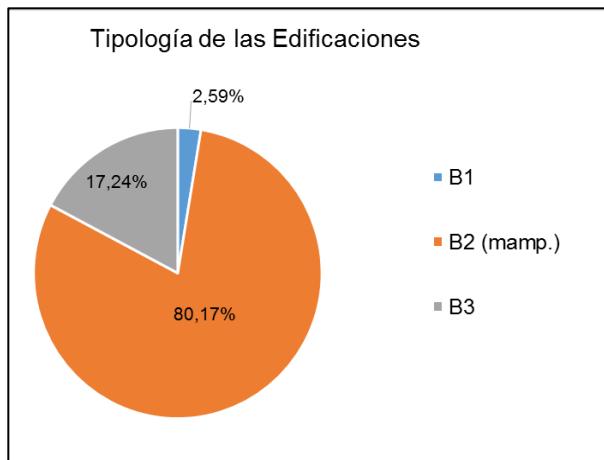


Ilustración 202. Tipología de Viviendas.  
Fuente: Geocing S.A.S.

Como se puede observar la tipología con mayor porcentaje es la B2 Mampostería (80,17%) correspondiente a 93 viviendas, B3 (17,24%) con 20 viviendas y finalmente en la tipología B1 (2,59%) se identificaron 3 viviendas.

#### • **Cálculo del Índice de Daño Actual**

Una vez se tiene la calificación de cada uno de los parámetros considerados, se les asigna un peso de importancia con la metodología AHP y se realiza una suma ponderada de estos valores para calcular el índice de daño potencial. En la Tabla 147 se presenta los pesos ponderados calculados para las variables evaluadas en la vulnerabilidad física por inundaciones.

Tabla 147. Pesos de los parámetros evaluados para calcular el índice de daño actual.

Vector de pesos finales	Vector de pesos
No. De Pisos	0,026
Forma de Construcción	0,055
Tipo de Entrepiso	0,040
Cubierta	0,041
Sistema Estructural	0,241
Estado del inmueble	0,082
Daños en toda la construcción	0,142
Severidad de daños	0,181
Tipo de Vivienda	0,192

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

- **Categorización del Índice de vulnerabilidad física (IVF)**

Para la categorización del IVF se proponen tres (3) niveles de gravedad relativa o consecuencias del evento sobre el sistema (Nivel I a Nivel III), de acuerdo a la calificación del IVF tal como se puede ver en la Tabla 148.

Tabla 148. Categorización del índice de vulnerabilidad física.

GRAVEDAD RELATIVA		IVE <sub>90</sub>	DESCRIPCIÓN
I	Baja	0,00 – 0,35	Las consecuencias no afectan el funcionamiento del sistema; pérdidas o daños despreciables.
II	Media	0,35 – 0,65	Las consecuencias afectan parcialmente al sistema en forma grave; pérdidas o daños moderados.
III	Alta	0,65 – 1,00	Las consecuencias afectan en forma total al sistema; pérdidas o daños de gran magnitud.
		IVF <sub>90</sub>	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICO CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Índice de vulnerabilidad física (IVF)**

El índice de vulnerabilidad física refleja la exposición y la sensibilidad que tienen los elementos expuestos a unas condiciones peligrosas y su habilidad, capacidad y resiliencia para afrontar y adaptarse a los efectos de estas condiciones. Las características de la naturaleza de la exposición y el grado en que los elementos expuestos lo experimentan dependen de las características de los eventos y de los mismos elementos expuestos los cuales presentan cierto grado de incertidumbre.

El Índice de Vulnerabilidad Física lo define Soler et al. (2015) como la relación matemática entre el índice de daño actual (IDa) y el índice de daño potencial (IDp) de la siguiente manera:

$$IVF = IDa + IDp - (IDa \times IDp)$$

El índice de daño potencial se describe en las anteriores secciones y debido a que se estudian dos factores, existen dos tipos diferentes de índices de daño potencial; el calculado para los movimientos en masa y el calculado para las inundaciones. Por otro lado, el índice de daño actual representa la evaluación del estado actual de la estructura. Ambos índices se calculan por medio de la

 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
<b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S.	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

información obtenida de las encuestas, visitas de campo y modelaciones realizadas. ( Ilustración 203).

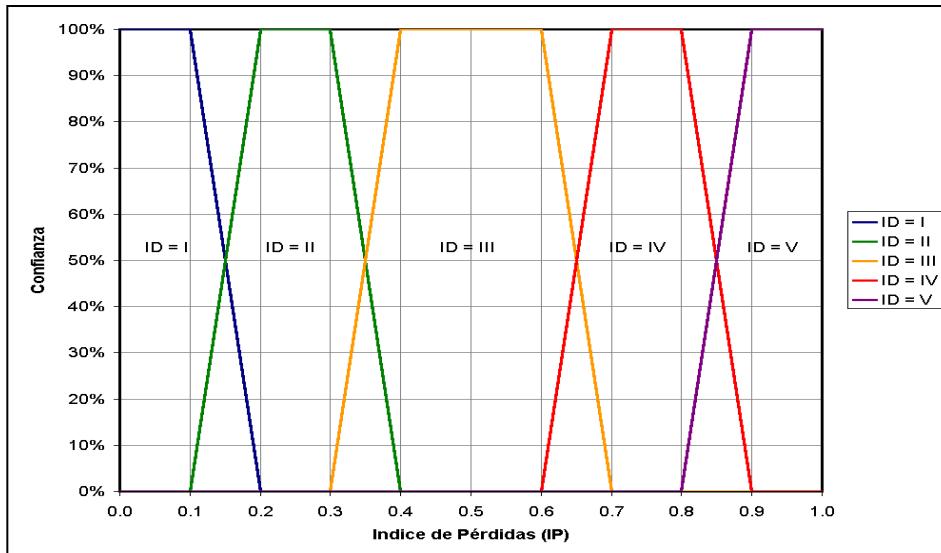


Ilustración 203. Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos.  
Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 149. Números difusos utilizados para valorar el ID (potencial y actual) con una confianza del 100%.

ID	Definición Del Número Difuso Trapezoidal				
	(Actual o Potencial)	Valor Mínimo	Valor Medio Bajo	Valor Medio Alto	Valor Máximo
I	0,00	0,00	0,10	0,20	
II	0,10	0,20	0,30	0,40	
III	0,30	0,40	0,60	0,70	
IV	0,60	0,70	0,80	0,90	
V	0,80	0,90	1,00	1,00	

Fuente: Geocing S.A.S

- **Predictión de datos faltantes índice de Vulnerabilidad Física**

Para obtener los resultados que se presentan en las secciones anteriores, se encuestaron un total de 117 predios. Esta muestra es estadísticamente representativa de las edificaciones que se encuentran en la zona crítica de la zona de estudio urbana y su información presenta un nivel de confianza del 85% con un error del 7%.

Sin embargo, para obtener un panorama general de la zona de estudio se extrapolaron los datos para hallar la información de los predios faltantes. El procedimiento que se utilizó fue el de asignar el promedio de la vulnerabilidad física de las edificaciones encuestadas a cada predio faltante de la zona de estudio. Esto se realiza suponiendo que los predios en cada barrio poseen un

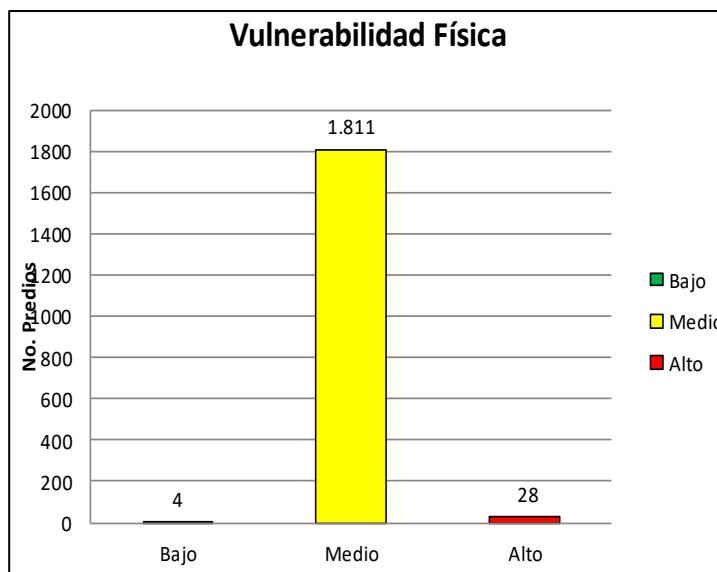
 <b>CAM</b> Comunicación Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

índice de vulnerabilidad muy similar dado que no se presentan grandes diferencias en sus aspectos físicos y estructurales.

#### **13.2.4 Análisis de resultados vulnerabilidad física por movimientos en masa**

La vulnerabilidad física para el municipio de Guadalupe se estableció a partir de la metodología presentada en el Capítulo 13.2.1, según la cual se evaluaron los elementos expuestos ante un movimiento en masa (Viviendas, vías y puentes). Esta metodología se aplica para aquellos elementos expuestos que según el análisis de estabilidad realizado presenta amenaza por este evento y los categoriza con vulnerabilidad baja, media o alta, por el índice de daño potencial el cual es calculado a partir de la solicitud y la tipificación de la estructura, y sirve como insumo para calcular la categoría de riesgo correspondiente. Las tablas con la información compilada por cada tipo de elemento expuesto se presentan en el Anexo 5. VULNERABILIDAD Y RIESGO.

En el municipio de Guadalupe se encuentran 1.843 predios los cuales se categorizan ante un movimiento en masa principalmente en la categoría de vulnerabilidad física media con el 98,3% (1.811 predios) del total de las construcciones, del restante el 1,7% (28 predios) se categoriza con vulnerabilidad física alta (1,5%) y 0,2% corresponde a 4 predios los cuales se encuentran categorizados en vulnerabilidad física baja, tal como se logra identificar en la Ilustración 204.

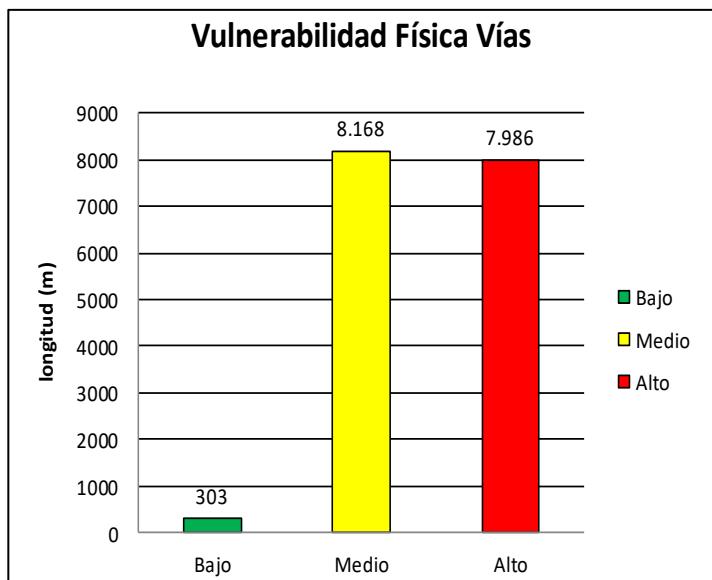


**Ilustración 204. Vulnerabilidad Física predios Guadalupe- movimientos en masa.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

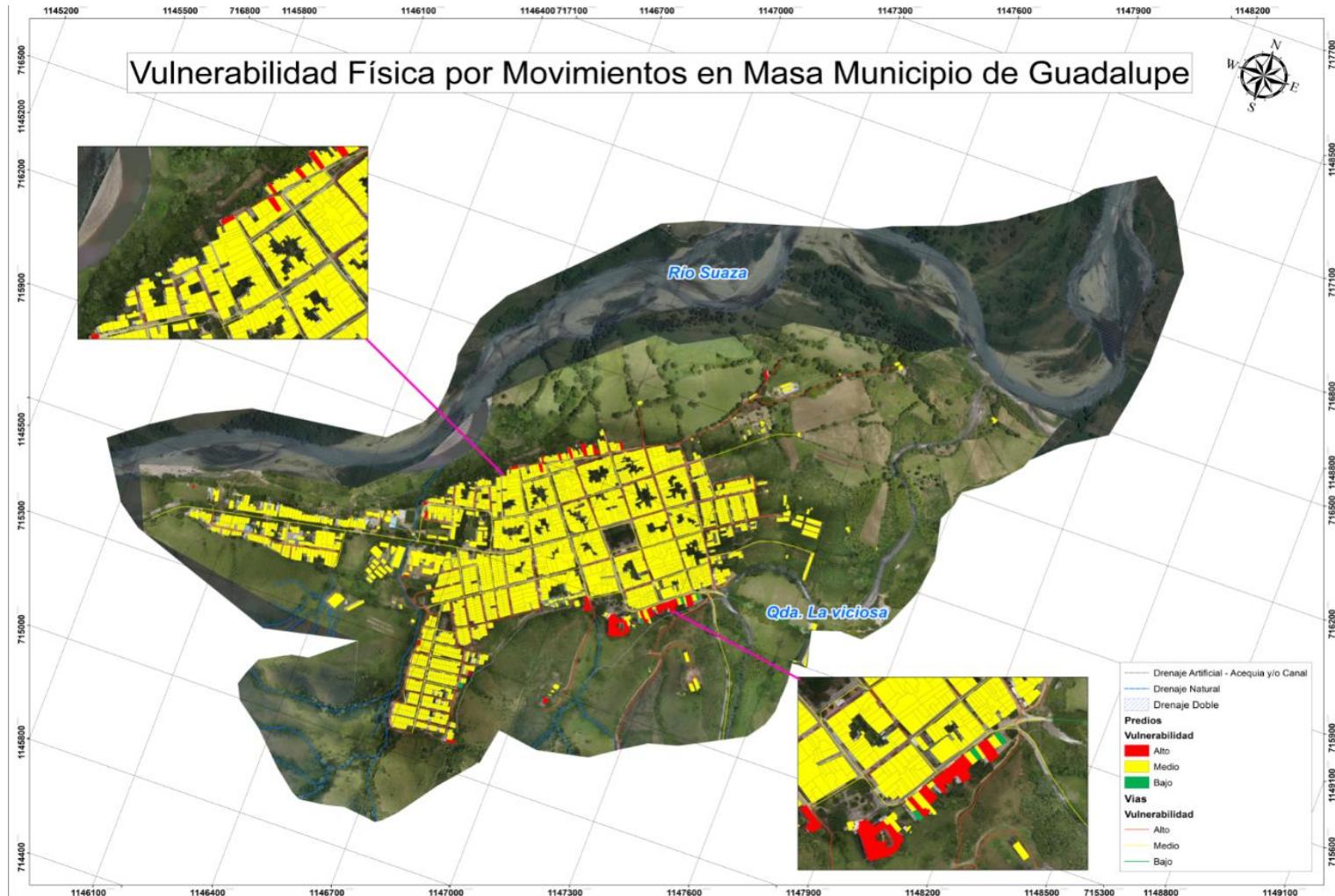
 <b>CAM</b> Comisión Ambiental del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

La categorización de los predios se debe principalmente a las condiciones en las cuales fueron construidos, ya que se logró identificar que los predios no presentan daños considerables en su infraestructura que lleven a presentar una alta vulnerabilidad física; mientras que la categoría media se debe a la longevidad y el sistema estructural de los predios, el cual no es sismo resistente y no cumple con la NRS-10.

La totalidad de las vías se encuentran categorizadas con vulnerabilidad física por movimientos en masa, lo cual representan una longitud de 16,5 Km de los cuales predomina una categoría media con el 49,6% que corresponde a 8,2 Km, del restante 50,4%, el 48,5% se encuentra en categoría alta (8,0 Km) y el 1,8% en categoría baja (0,30 Km), como se logra identificar en la Ilustración 205.



**Ilustración 205. Vulnerabilidad Física vías Guadalupe- Movimientos en masa.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**



**Ilustración 206. Mapa de vulnerabilidad física por movimientos en masa en el municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 13.2.5 Análisis de resultados vulnerabilidad física por inundaciones

La vulnerabilidad física por inundaciones se obtuvo a partir de los valores correspondientes a altura y velocidad del flujo se evaluó la afectación que presentarían los elementos expuestos (Predio, puentes y vías). (Ver Ilustración 207).

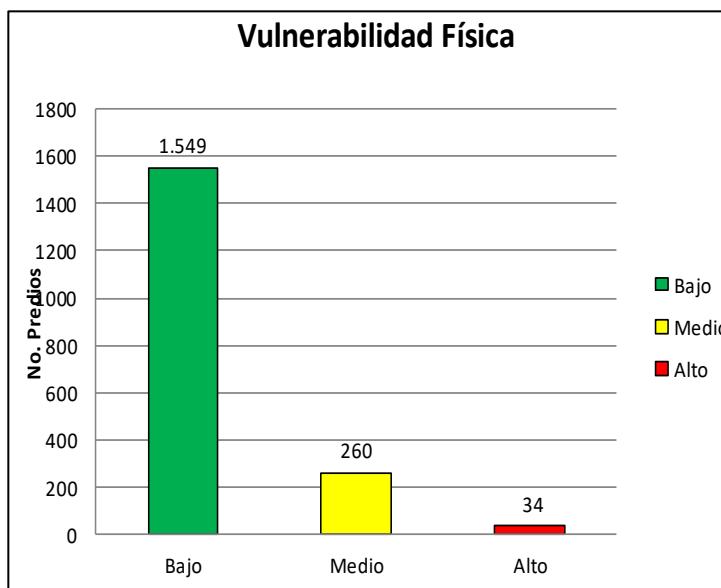


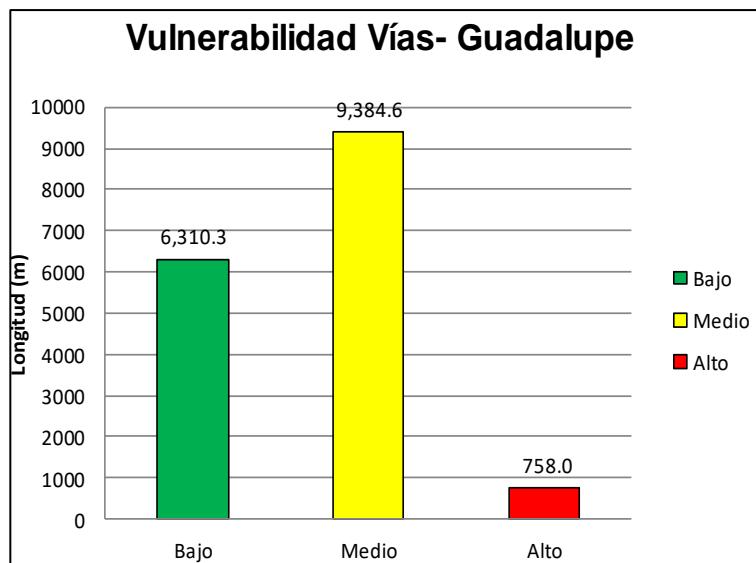
Ilustración 207. Vulnerabilidad Física predios municipio de Guadalupe- Inundación.  
Fuente: Geocing S.A.S.

Según los resultados correspondientes a la modelación de la inundación presentada en la Ilustración anterior, se establecieron aquellos elementos expuestos que presentarían afectación, identificando que de los 1.843 predios ubicados en el municipio de Guadalupe la totalidad se verían afectados; al identificar los elementos expuestos se evaluaron las condiciones en las cuales se encuentran los predios y la forma en la cual fueron construidos para establecer como se comportaría ante la velocidad y altura del flujo correspondiente a la zona donde se encuentran ubicados. Según lo anterior 1.549 predios se categorizaron con vulnerabilidad física baja debido a que se ubican en zonas donde la altura de lámina de agua y velocidad no generan una afectación considerable en el predio.

Los restantes 294 predios se ubican en las zonas de amenaza alta y media por inundación del río Suaza, quebrada La Viciosa y el Zanjón Jícua donde la afectación es mayor, debido a que las condiciones de los predios no representan una condición de vulnerabilidad mayor solo 34 predios se categorizan con vulnerabilidad física alta ya que los sistemas estructurales, longevidad y estado

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

actual son causales de una afectación mayor y 260 predios se encuentran identificados con vulnerabilidad física media.



**Ilustración 208. Vulnerabilidad Física vías municipio de Guadalupe- Inundación.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

La totalidad de la malla vial del municipio de Guadalupe se encuentra expuesta ante una inundación, identificando que predomina la categorización de vulnerabilidad física media con 9,4 Km tal como se presenta en la Ilustración 208, esto se debe a las condiciones actuales de la vía donde predominan las vías terciarias, sin pavimentar y de carril sencillo; las vías categorizadas con vulnerabilidad baja representan un tramo de 6,3 Km los cuales se deben a la condición actual de la vía donde predominan las vías en condiciones óptimas, a diferencia de las vías con vulnerabilidad alta, las cuales presentan unas condiciones precarias que la hacen más vulnerables ante la afectación de una inundación y 0,8 Km se encuentran identificados en vulnerabilidad física alta. Las tablas con la información compilada para cada tipo de elemento expuesto se presentan en el Anexo 5. VULNERABILIDAD Y RIESGO.

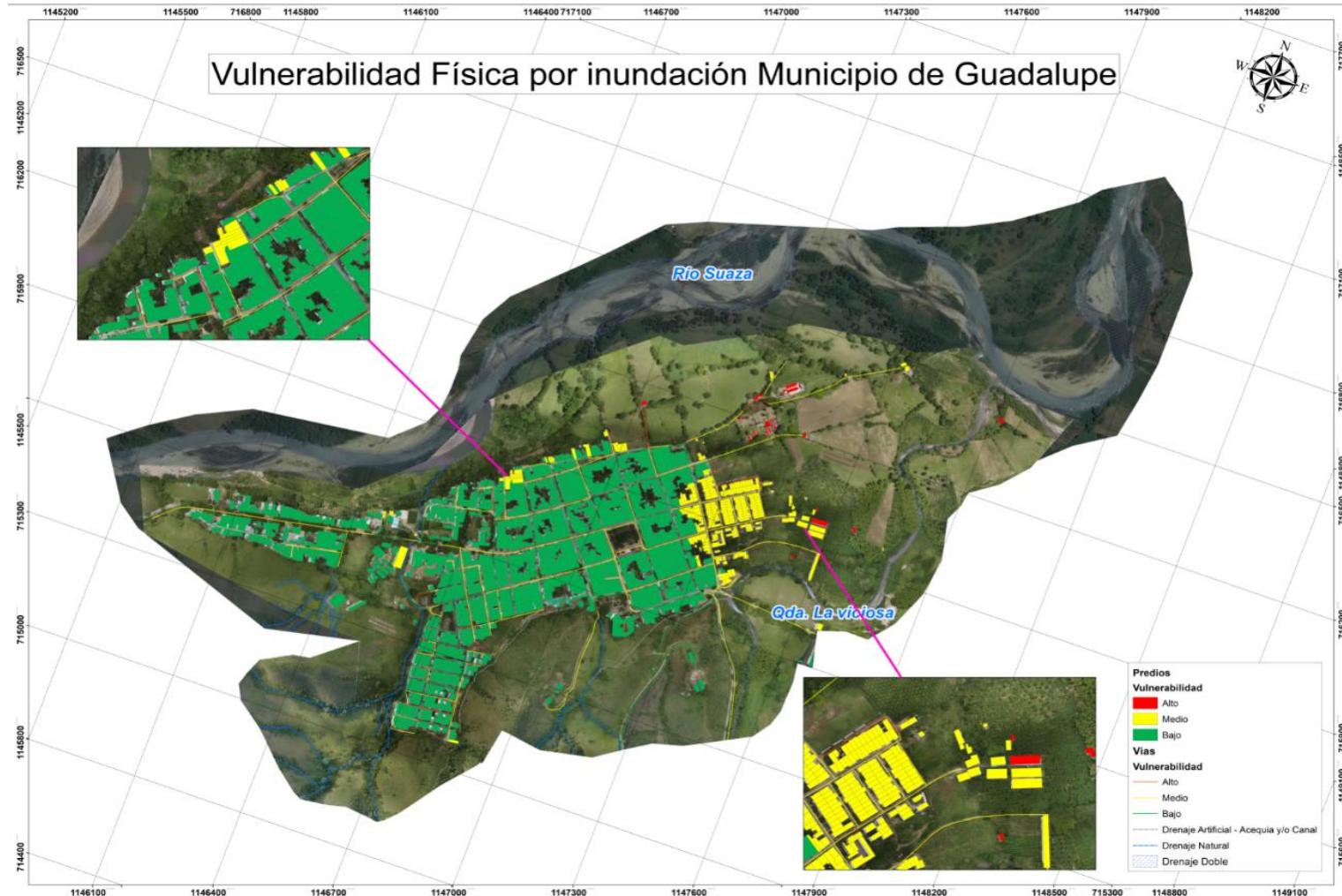


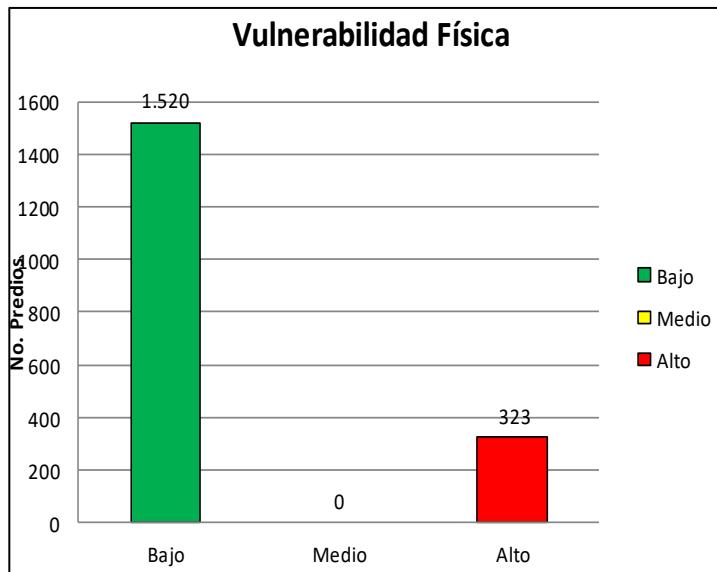
Ilustración 209. Mapa de vulnerabilidad física por inundación municipio de Guadalupe.

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 13.2.6 Análisis de resultados vulnerabilidad física por avenida torrencial

La vulnerabilidad física por avenidas torrenciales se evaluó a partir de la metodología, donde se establecen las diferentes fuerzas que implican una afectación en los elementos expuestos (Predios, puentes y vías), a partir de los resultados de altura y velocidad del flujo; estos son comparados con los datos recopilados sobre las condiciones actuales del predio, donde se evalúa la resistencia que este tendría ante un evento de estos. Los elementos expuestos evaluados fueron aquellos que en el análisis de los resultados correspondientes a la amenaza por avenidas torrenciales se verían afectados ante un evento de estos, debido a que el flujo alcanza una altura en la cual los elementos serían afectados.



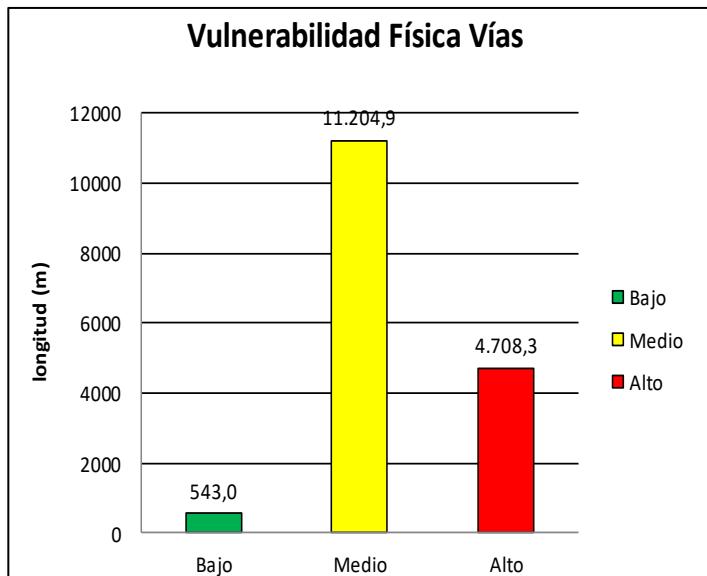
**Ilustración 210. Vulnerabilidad Física predios Guadalupe- Avenida Torrencial.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

De los 1.843 predios ubicados en el municipio la totalidad presentan vulnerabilidad física por avenidas torrenciales, de este total 1.520 predios se encuentran categorizados con vulnerabilidad baja (82,5%), esto debido a que estos se encuentran en la zona de amenaza baja la cual corresponde a la modelación de un periodo de retorno mayor o igual a 500 años, y dado que los predios no presentan daños físicos considerables y sistema estructural estable que pueda conllevar a que al estar expuestos ante un evento de estos se pueda generar un daño considerable. Los 323 predios categorizados con vulnerabilidad física alta (17,5%) se ven principalmente afectados por la proximidad que presentan con el río Suaza y quebrada La Viciosa, ya que es la zona donde el evento alcanza las mayores alturas y velocidades, que en conjunto con los

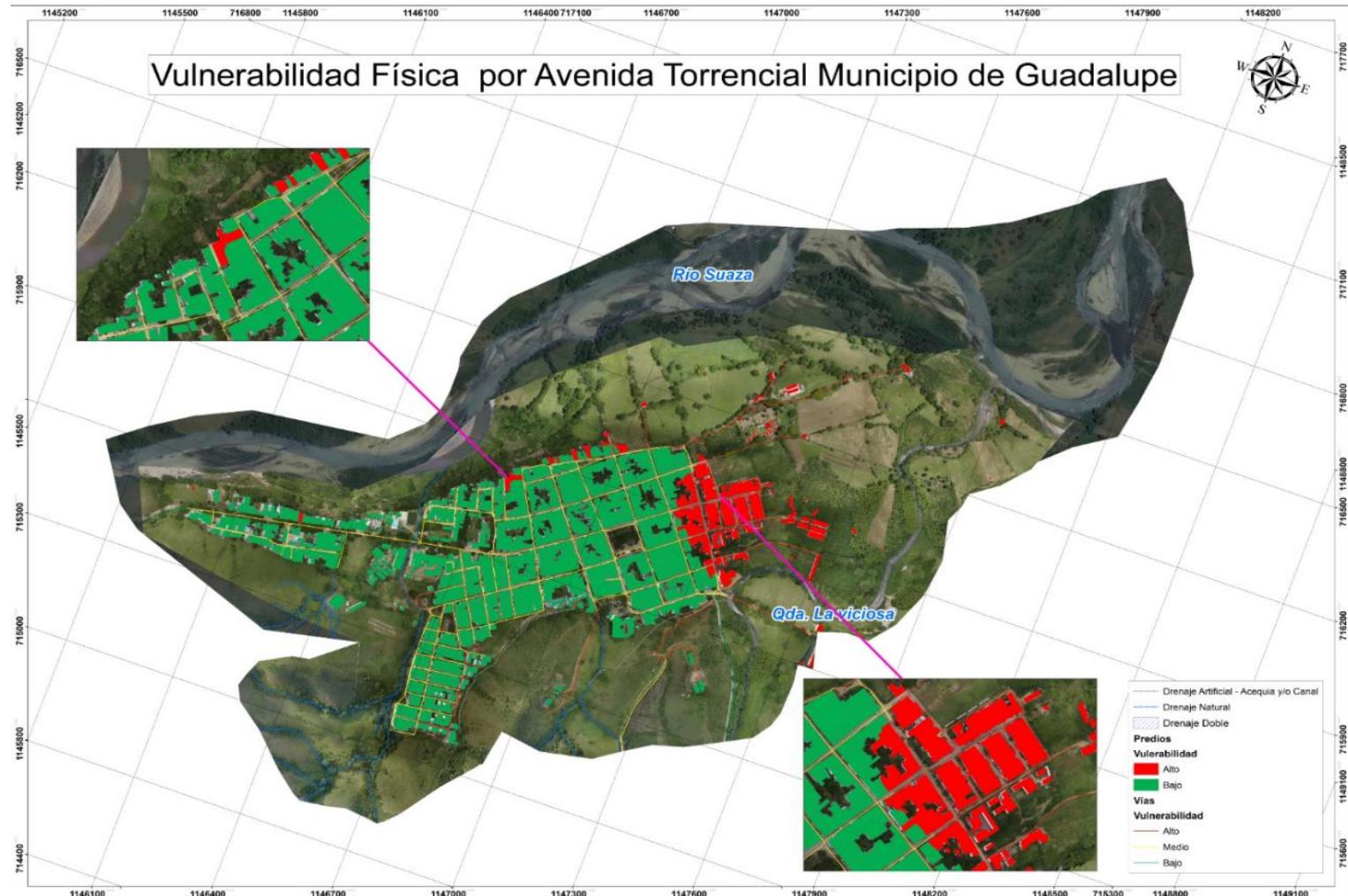
 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

materiales arrastrados (Detritos, palos) y una condición en la cual la longevidad y sistema estructural de las construcciones conllevan a presentar un aumento en la vulnerabilidad física de los mismos (Ver Ilustración 210).

Los 16,5 Km de malla vial ubicados en el municipio de Guadalupe que se encuentran categorizados con vulnerabilidad física por avenidas torrenciales, el principal tramo se encuentra en la categoría de vulnerabilidad física media con 11,2 Km, seguido de vulnerabilidad física alta con una longitud de 4,7 Km y con un tramo de 0,5 Km se identificó un tramo en vulnerabilidad total baja, como se logra identificar en la Ilustración 211, esto debido principalmente al estado y tipo de vía ubicados en el municipio donde predominan vías terciarias, sin pavimentar de un solo carril.



**Ilustración 211. Vulnerabilidad Física vías Guadalupe- Avenida Torrencial.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**



**Ilustración 212. Mapa de vulnerabilidad física por avenida torrencial en el municipio de Guadalupe.**

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 13.3. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL

Utilizando el método AHP se valoran variables que se consideren aplicables para determinar la vulnerabilidad social como y que midan entre otras variables la resiliencia de la comunidad ante la ocurrencia de eventos desastrosos como el caso de los deslizamientos o inundaciones.

La amenaza está asociada a deslizamientos asociados a la erosión hídrica, inundaciones y eventuales avalanchas, en especial en zonas residenciales que están cerca de quebradas, ríos o taludes, donde las condiciones geotécnicas podrían ser desfavorables y susceptibles de control mediante obras de ingeniería.

Los estudios muestran que el crecimiento acelerado de los asentamientos ubicados junto a fuentes hídricas no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano por lo tanto, cualquier obra civil ubicada en esta área, podría ser afectada. De igual forma se debe trabajar de la mano con las poblaciones que viven en las zonas afectadas, conocer sus necesidades ya que son los principales actores del entorno e informan sobre las condiciones en las que se encuentran los taludes más cercanos y la zona en general.

El presente capítulo hace referencia a la importancia de los temas sociales y del acompañamiento de la comunidad inmersa en la problemática para buscar soluciones viable y hacerlas parte de ella. Es importante resaltar que en la zona de estudio se llevaron a cabo una serie de encuestas; de las cuales la información social corresponde al 20,51% de un total de 120 encuestas (Ver Anexo 5. VULNERABILIDAD Y RIESGO, por lo tanto fue necesario realizar un complemento utilizando la información disponible en el DANE, mediante el Sistema de Consulta Información Censal – Censo General 2005. La información encontrada, presenta como menor unidad geográfica la manzana, por consiguiente, dichos análisis se realizaron para las manzanas que componen el casco urbano.

- **Vulnerabilidad Cultural**

La vulnerabilidad cultural se encuentra relacionada con los patrones de pensamiento y medidas con los que diferentes grupos de diversidad cultural entienden los eventos sociales. Estos patrones generalmente afectan el modo de respuesta de estos grupos ante los riesgos. Los parámetros de evaluación para la vulnerabilidad Cultural utilizados fueron:

- Comunidades étnicas.
- Familias desplazadas.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

La categorización utilizada durante el estudio de estas variables se presenta a continuación:

**Tabla 150. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad cultural.**

GRAVEDAD RELATIVA		IVC <sub>90</sub>	DESCRIPCIÓN
I	Insignificante	0 ,00-0 ,20	No se encuentran personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
II	Marginal	0 ,20-0 ,50	Se encuentran pocas personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
III	Grave	0 ,50-0 ,70	Se encuentran algunas personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
IV	Critica	0 ,70-0 ,90	Se encuentran varias personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
V	Catastrófica	0 ,90-1 ,00	La mayoría de integrantes de las viviendas pertenecen a grupos de diversidad cultural
		IVC <sub>90</sub>	<b>INDICE DE VULNERABILIDAD CULTURAL CONFIANZA DEL 90%</b>

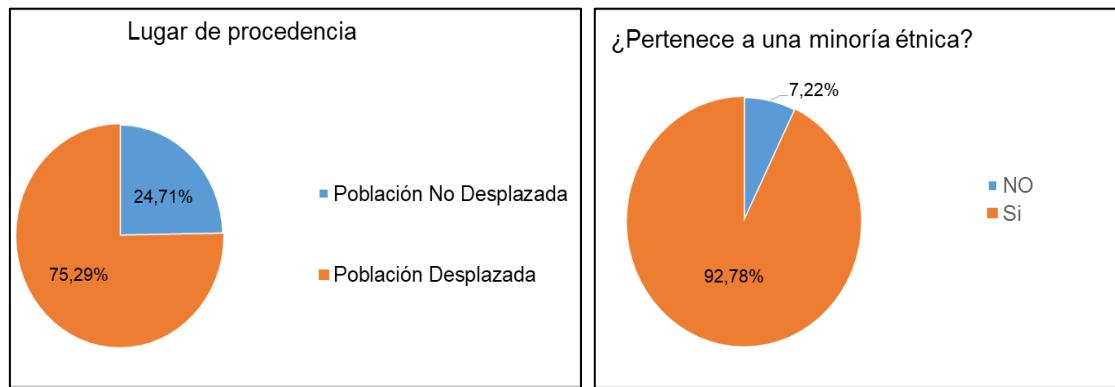
Fuente: Geocing SAS

- Comunidades Étnicas y Lugar De Procedencia**

El lugar de procedencia étnica de una población y si pertenece o no a una comunidad, corresponde a un parámetro categórico en donde existen dos únicos valores: si o no. Una población que ha sido desplazada resulta ser vulnerable debido a que ellos presentaron necesidades muy serias en cuanto a alojamiento, acceso a medios de vida, y a menudo a los servicios públicos. Adicionalmente, son vulnerables en cuanto a que son víctimas de la violencia, a su seguridad y situación socioeconómica. En comparación con las personas que no son víctimas del desplazamiento, los desplazados tienen un número de hogares encabezados por mujeres por encima del promedio. Las personas que proceden de comunidades de minoría étnica presentan también una vulnerabilidad alta frente a lo que no lo son, dado que son grupos que tradicionalmente se encuentran en desventaja. (Andes, Refugiados, & Social, 2008). Adicionalmente otro factor que suma a la alta vulnerabilidad de las personas provenientes de las minorías étnicas es que algunas de estas personas aceptan correr cualquier riesgo confiando en su buena suerte o explican los desastres naturales y sus consecuencias como la acción de fuerzas dañinas inevitables.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Según las encuestas aplicadas e información recopilada, el 75,29% de la población ha sido desplazada de sus hogares en algún momento de sus vidas, el 92,78% de la población pertenecen a una minoría étnica. En las siguientes ilustraciones se presentan las distribuciones de las variables culturales.



**Ilustración 213. Distribución de la población por Lugar de Procedencia y por Pertenencia a una Minoría Étnica.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

Para su análisis, se le asignó un peso de importancia a cada parámetro por persona (Ver Tabla 151). Después se realizó una suma ponderada de estos valores por predio y su producto se categorizó. A continuación, se presenta la categorización asignada a la población de acuerdo con su lugar de procedencia o si pertenecen a una minoría étnica.

**Tabla 151. Valoración de los parámetros Comunidades étnicas y Lugar de Procedencia**

¿PERTENECE USTED A UNA MINORÍA ÉTNICA LEGALMENTE CONSTITUIDA?	
Si	1
No	0
¿USTED O SU FAMILIA, SON PERSONAS DESPLAZADAS POR LA VIOLENCIA?	
Si	1
No	0

Fuente: Geocinc SAS

- Parámetros de Evaluación para la Vulnerabilidad Socioeconómica**

La vulnerabilidad socioeconómica comprende los aspectos que se encuentran relacionados con el factor económico y social. La pobreza incrementa la vulnerabilidad, debido a estos las zonas que económicamente son más pobres son más vulnerables. La vulnerabilidad también depende del factor social el cual incluye las actividades, deseos, expectativas y educación de una sociedad determinada. Los aspectos antes mencionados definen la fragilidad de la

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocing S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

sociedad para procurarse su propia subsistencia y lograr niveles más altos de bienestar ante cambios originados en su entorno por desastres naturales. Los parámetros de evaluación para la vulnerabilidad socioeconómica utilizados fueron:

- Edad Vulnerable.
- Nivel Educativo.
- Limitación Física (discapacidad).
- Uso actual del Predio.
- Actividad Principal.
- Servicios Públicos (Acueducto, Alcantarillado, Luz, Teléfono, Gas).

La categorización utilizada durante el estudio de estas variables se presenta a continuación:

**Tabla 152. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad socioeconómica.**

Gravedad Relativa		IVSE <sub>90</sub>	Descripción
I	Baja	0 ,00 – 0 ,35	Las personas que residen en la vivienda tienen capacidad socioeconómica de respuesta ante una situación de emergencia.
II	Media	0 ,35 – 0 ,65	Las personas que residen en la vivienda tienen capacidad media socioeconómica de respuesta ante una situación de emergencia.
III	Alta	0 ,65 – 1 ,00	Las personas que residen en la vivienda no tienen capacidad socioeconómica de respuesta ante una situación de emergencia.
		IVSE <sub>90</sub>	INDICE DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

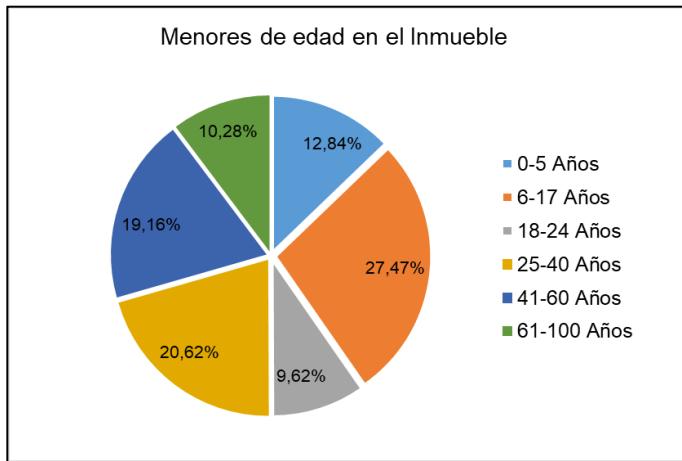
#### • **Edad Vulnerable**

Como edad Vulnerable se consideró por la Consultoría, los grupos de edades comprendidos en los rangos de Edad de “0 a 5 años”, de “6 a 17 años”, “18 a 24”, “25 a 40”, “41 a 60” y “61 a 104”. Esta consideración de rango de edades vulnerables se tomó debido a que los rangos menores de 17 años y las personas mayores de 61 años tienen una menor respuesta ante un fenómeno amenazante como lo es un movimiento en masa e inundaciones, además de que las personas menores de 17 años aun no tienen una estabilidad económica, requieren mayor atención y formación debido a que apenas un pequeño porcentaje se encuentra en el rango de edad productiva (mayores de 18 años).

Se encontró un alto porcentaje de población infantil de 1 a 17 años, equivalente al 40,31% constituyendo la mayoría en el sector, seguido por una población en edades de 25 a 40 años equivalente al 20,62%, en edades de 41 a 60 años comprendiendo el 19,16%, los adultos mayores en edades superiores a los 60

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

años, corresponden al 10,28% de la población. Entre tanto habita una minoría de la población comprendida entre 18 y 24 años de la cual hace parte el 9,62% de la población. En la Ilustración 214 muestra la distribución de la población por rangos de edad.



**Ilustración 214. Distribución de las edificaciones encuestadas según la cantidad de menores de edad que viven en el inmueble**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

Para su análisis, se le asignó un peso de importancia a cada parámetro por persona (ver Tabla 153). Después se realizó una suma ponderada de estos valores por predio.

**Tabla 153. Valoración del parámetro edad vulnerable.**

Edad Vulnerable	
0-5 años	1
6-17 años	0,6
18-24 años	0,2
25-40 años	0,3
41-60 años	0,5
61-104 años	1

**Fuente:** Geocinc S.A.S.

#### • **Nivel Educativo**

La educación de la población se considera como un parámetro clave frente a la vulnerabilidad. Una población que se encuentre bien informada sabe anticiparse al peligro y por lo tanto sabe reaccionar ante una situación de emergencia. Adicionalmente, pueden proporcionar ayuda y guía a las personas que se encuentran más vulnerables.

Por otro lado, el nivel de educación proporciona una menor o mayor oportunidad para competir en el mercado de trabajo. La interrupción de la escolarización por lo

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> <small>S.A.S.</small> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

tanto dificulta la salida de esta población de situaciones de pobreza y como consecuencia los vuelve menos resilientes ante los efectos que puede traer un desastre natural como lo son los movimientos en masa.

Se determinó el nivel educativo alcanzado de la población dentro de la zona de estudio mediante las encuestas y se realizó la categorización de los pesos de importancia dependiendo del grado de escolaridad de la forma que se presenta en la Tabla 154.

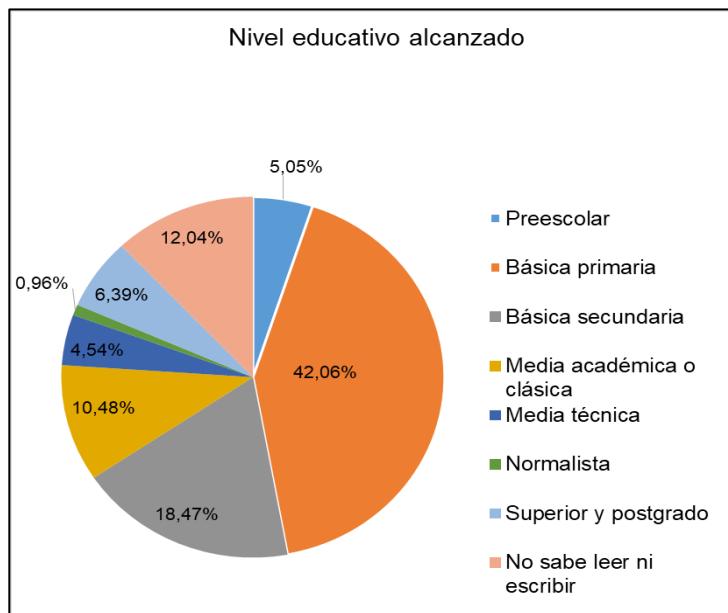
**Tabla 154. Valoración del parámetro educación.**

<b>Nivel Educativo Alcanzado</b>	
No sabe leer ni escribir	<b>1</b>
Jardín o preescolar	<b>0,9</b>
Primaria completa	<b>0,6</b>
Primaria incompleta	<b>0,7</b>
Bachillerato completo	<b>0,5</b>
Bachillerato incompleto	<b>0,6</b>
Técnico	<b>0,3</b>
Tecnológico	<b>0,2</b>
Universitario	<b>0,1</b>
Postgrado	<b>0</b>

Fuente: Geocinc S.A.S.

En la distribución del nivel educativo alcanzado se evidenció que una población equivalente a un 42,06% logró completar los estudios de básica primaria, seguido por una población que superó los estudios básica secundaria equivalente al 18,47%, en contraste existe una población que se identificó como no saber leer ni escribir equivalente al 12,04%, el 15,02% de la población realizó estudios de media (el 10,48% media académica y el 4,54% media técnica). El 6,39% de la población ha realizado estudios de educación superior entre técnicos, tecnólogos y profesionales equivalentes. Adicionalmente el 5,05% de la población únicamente tomó estudios de preescolar. La Ilustración 215, muestra la distribución del nivel educativo en la población.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 215. Nivel educativo.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

- ***Limitación Física***

La limitación física “son las dificultades que un individuo puede tener para realizar actividades. Una limitación en la actividad abarca desde una desviación leve hasta una grave en términos de cantidad o calidad, en la realización de la actividad, comparándola con la manera, extensión o intensidad en que se espera que la realíze una persona sin esa condición de salud. El término discapacidad como componente es sustituido a partir de 2001 por el de limitaciones según CIF (Clasificación Internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud)” (Dane, 2005).

Uno de los principales factores para tener en cuenta a la hora de realizar la Vulnerabilidad social de una comunidad, es la que involucra las limitaciones físicas de las personas que habitan una comunidad, para este caso en particular se evaluó el porcentaje de personas, que padecen de alguna limitación física dentro de nuestra zona de estudio. Se identificó que el 97,20% de la población presenta algún tipo de limitación física. La siguiente ilustración muestra la distribución de la población frente a si presentan o no limitaciones físicas.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

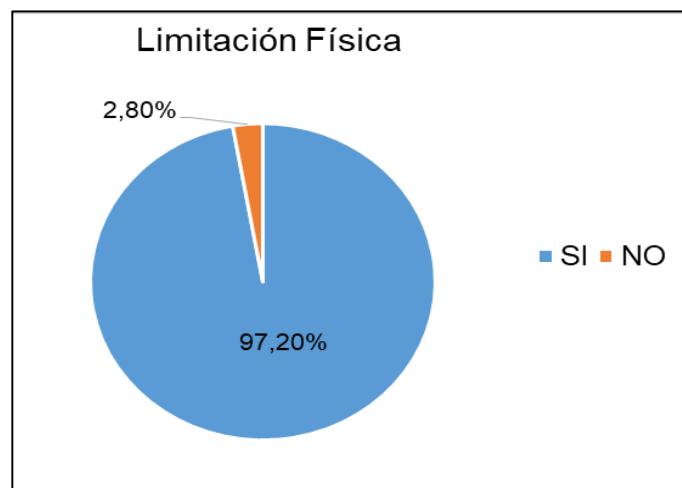


Ilustración 216. Limitación física.  
Fuente: Geocinc S.A.S.

A continuación, se presenta la categorización de la vulnerabilidad de la población por predio dependiendo de la suma ponderada de los pesos de importancia de las personas con limitaciones dentro de cada predio como se muestra en la Tabla 155.

Tabla 155. Valoración del parámetro Limitación Física.

Tiene alguna limitación física	
Si	1
Ninguna	0

Fuente: Geocinc S.A.S.

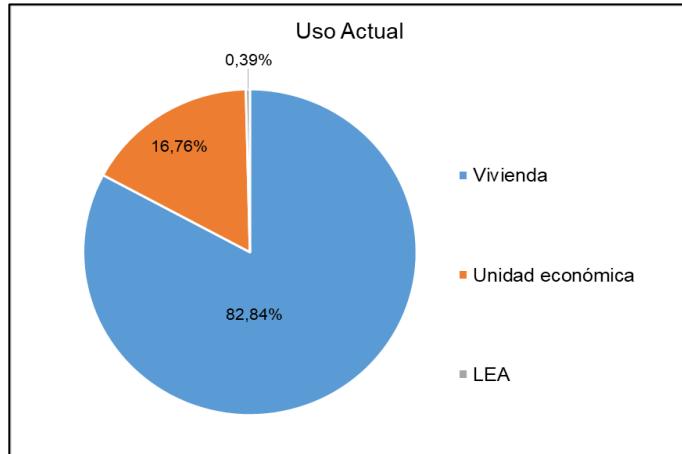
- **Uso Actual**

Las actividades presentadas en un predio no se limitan al uso como vivienda, por esta razón, también se consideró la posibilidad de que se utilizaran para distintas actividades. Los predios que por ejemplo se encuentran utilizados como centros educativos, comerciales, industriales, cuentan durante el día, de forma casi continua con la presencia de grupos numerosos de personas cuya capacidad de respuesta ante una potencial situación de emergencia es limitada.

De acuerdo con la información recolectada, se presentan tres tipos de usos en el área de estudio: vivienda, unidad económica y LEA<sup>19</sup>. El 82,84% de los predios se utilizan como viviendas mientras que el 16,76% restante se les da uso económico y al 0,39 % se les da uso de LEA. La Ilustración 217 muestra la distribución del uso actual de los predios en la población.

<sup>19</sup> Lugar Especial de Alojamiento – L.E.A. Es una institución en la cual viven (duermen) colectivamente un grupo de personas generalmente no parientes

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 217. Uso Actual de los Predios.**

Fuente: Geocing S.A.S.

En este orden de ideas, los lugares que cuentan con la presencia de forma casi continua de un gran número de personas fueron clasificados con una mayor vulnerabilidad que los predios utilizados para actividades recreacionales, los cuales presentan con la presencia de personas en unos períodos de tiempo cortos. La clasificación de los pesos de importancia asignados se presentan en la Tabla 156.

**Tabla 156. Valoración del parámetro Uso Actual.**

Uso Actual	
Vivienda	0,9
Comercial	0,8
LEA	1,0

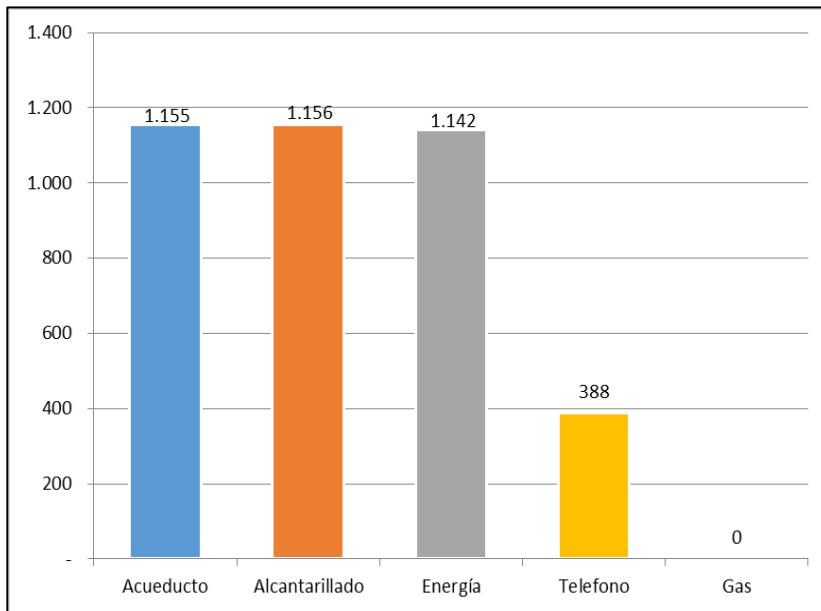
Fuente: Geocing S.A.S.

- Servicios públicos (Acueducto, Alcantarillado, Gas, Luz, Teléfono)**

Dentro de los análisis de Vulnerabilidad social, uno de los ítems más importantes es el referente a la tenencia de servicios públicos en un predio, lo cual garantiza y mejora la calidad de vida de los habitantes de las viviendas.

Se evidenció que la mayor parte de la población cuenta con los servicios públicos de alcantarillado, acueducto y energía eléctrica. La población cuenta con servicio telefónico y por el contrario no cuentan con gas natural (Ver Ilustración 218).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 218. Servicios Públicos**

Fuente: Geocinc S.A.S.

Para la calificación de los servicios públicos, se le asignó un peso de importancia a cada tipo de servicio, tomando como servicios más importantes los servicios de Acueducto y Alcantarillado. Se asignó esta importancia en cuanto a que el agua potable en las cantidades necesarias y los servicios de saneamiento resultan ser factores esenciales para la calidad de vida de una persona.

En la Tabla 157, se presenta una calificación de cada uno de los servicios, donde se asigna el valor 0 al predio que cuenta con determinado servicio y el valor de la tabla en los casos en que no.

**Tabla 157. Valoración de Servicios Públicos.**

<b>Servicios Públicos</b>	<b>Peso Difuso</b>
Acueducto	0,39
Alcantarillado	0,35
Energía Eléctrica	0,14
Gas Natural	0,04
Teléfono	0,09

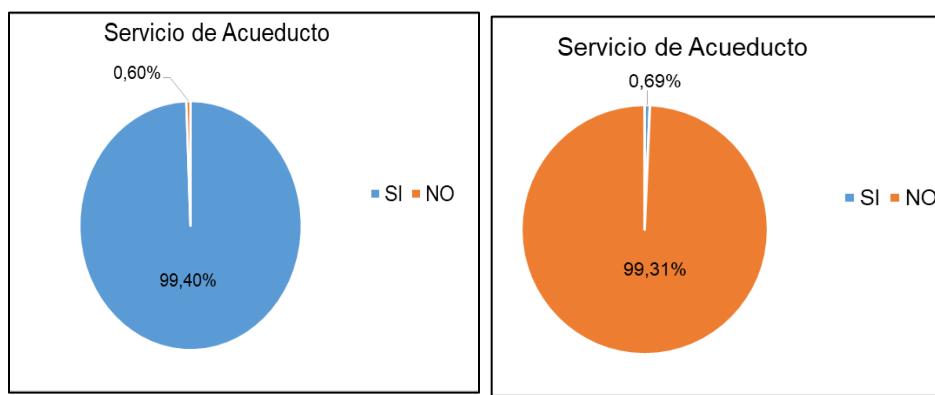
Fuente: Geocinc S.A.S.

Si la población cuenta o no acueducto influye en la vulnerabilidad en cuanto a que el abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es importante para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea. Adicionalmente a la calidad del agua, una población es vulnerable cuando no tiene el acceso a una mínima cantidad de agua potable en el día. En promedio

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

una persona debe consumir entre 1.5 y 6 litros de agua al día dependiendo del peso y en caso contrario se pueden presentar problemas de salud (PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN, 2010).

Por otro lado, el modo de evacuación de las aguas residuales es otro factor importante en la salud y calidad de vida de la población, en especial la de los niños quienes tienen derecho de disfrutar de un ambiente sano. Este factor genera vulnerabilidad en cuanto a que cuando no se tiene el servicio de saneamiento básico, aumenta el riesgo de morbilidad y mortalidad de la población por enfermedades relacionadas con el contacto con las aguas residuales como infecciones y hongos (PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN, 2010).



**Ilustración 219. Distribución Servicio de Alcantarillado y Acueducto**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

El 99,31% de la población cuenta con servicio de acueducto y el 0,60% con servicio de alcantarillado. Las siguientes ilustraciones indican la distribución de las viviendas que cuentan o no con el servicio de Alcantarillado y Acueducto en la zona de estudio.

#### • **Ponderación De Variables Vulnerabilidad Social**

Se calificaron las variables con el método de estimación por el Análisis de Procesos Jerárquicos (AHP por sus siglas en inglés), que consiste en utilizar el juicio de expertos, para ayuda en la toma de decisiones debido a que se basa en múltiples criterios de decisión.

El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas.

Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones por pares entre dichos elementos (criterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

mismas mediante la agregación de esos juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty descansa en el hecho que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. A continuación se presenta la descripción de los procesos AHP.

A continuación, se presenta la matriz de comparaciones entre las variables que se tomaron en consideración

**Tabla 158. Matriz de Comparación para la evaluación de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica.**

<i>Elemento C \ Elementos R</i>	<b>Uso Actual</b>	<b>Vías de Acceso</b>	<b>Estrato</b>	<b>Número de Personas</b>	<b>Número de Menores de Edad</b>	<b>Minoría Étnica</b>	<b>Desplazados</b>
<b>Uso Actual</b>	1	3	1	1/3	1/5	1/3	1/5
<b>Vías de Acceso</b>	1/3	1	1	1/5	1/7	1/3	1/5
<b>Estrato</b>	1	1	1	1/3	1/7	1/3	1/5
<b>Número de Personas</b>	3	5	3	1	1/5	1	1/3
<b>Número de Menores de Edad</b>	5	7	7	5	1	1	1/3
<b>Minoría Étnica</b>	3	3	3	1	1	1	1/3
<b>Desplazados</b>	5	5	5	3	3	3	1

Fuente: Geocinc S.A.S.

De acuerdo a los valores obtenidos en la anterior matriz, se calculó el vector de pesos utilizando el promedio aritmético, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 159. Pesos ponderados de las variables obtenidos por el método AHP para la Vulnerabilidad Socioeconómica.**

<b>Variable</b>	<b>Peso</b>
Uso Actual	0,059
Vías de Acceso	0,039
Estrato	0,046
Número de Personas	0,129

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

<b>Variable</b>	<b>Peso</b>
Número de Menores de Edad	0,256
Minoría Étnica	0,138
Desplazados	0,333

Fuente: Geocing S.A.S.

Así mismo, se calculó la razón de consistencia que expresa un valor relativo de la inconsistencia.

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,192}{1,62} = 0,091$$

Donde el valor del índice de Aleatoriedad fue tomado de Ormazábal (2002). El coeficiente RC toma un valor cercano a cero lo cual indica que el juicio emitido es coherente y ha sido una buena ponderación.

Una vez se conoce la matriz de comparación por pares, y se obtiene un valor del RC entre los límites de confiabilidad permitidos se procede con el método de la lógica difusa.

- **Lógica Difusa Vulnerabilidad Socioeconómica y Cultural**

La lógica difusa es un método que permite trabajar con información que no es exacta para poder definir evaluaciones convencionales y que en muchos casos incluye juicios subjetivos. Se le llama difusa a este tipo de información porque presenta un tipo de incertidumbre la cual no es del tipo de medición (Lee Hua, Mak Chee, & Chin Wen, 2006).

Para tener en cuenta la variabilidad en la de la valoración de la matriz de comparaciones, se utilizaron los números borrosos de tipo triangular. Se asignaron los números difusos y se obtuvo la matriz de comparación borrosa de comparaciones (ver Tabla 160).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida la naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 160. Matriz de Comparación Borrosa para el cálculo de pesos difusos de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica.**

variable	Uso Actual			Vías de Acceso			Estrato			Número de Personas			Menores de Edad		
<b>Uso Actual</b>	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33	0,25
<b>Vías de Acceso</b>	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17
<b>Estrato</b>	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,13	0,14	0,17
<b>Número de Personas</b>	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25
<b>Número de Menores de Edad</b>	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00	4,00	5,00	6,00	0,50	1,00	2,00
<b>Minoría Étnica</b>	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00
<b>Desplazados</b>	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00
<b>Limitación Física</b>	6,00	7,00	8,00	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00	2,00	3,00	4,00
<b>Mujeres en Embarazo</b>	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00	8,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00
<b>Simulacros</b>	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17
<b>Capacitaciones</b>	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17

variable	Minoría Étnica			Desplazados			Limitación Física			Mujeres en Embarazo			Simulacros			Capacitaciones		
<b>Uso Actual</b>	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,17	0,33	0,25	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00
<b>Vías de Acceso</b>	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33	0,25	0,17	0,33	0,25	0,17	0,33	0,25	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
<b>Estrato</b>	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00
<b>Número de Personas</b>	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,50	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00
<b>Número de Menores de Edad</b>	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
<b>Minoría Étnica</b>	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00
<b>Desplazados</b>	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
<b>Limitación Física</b>	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
<b>Mujeres en Embarazo</b>	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
<b>Simulacros</b>	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00
<b>Capacitaciones</b>	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Con base en la matriz de comparaciones borrosa, se obtiene el vector de pesos borrosos o difusos. Esta significa una gran diferencia con el método AHP convencional, ya que en vez de obtener un único valor correspondiente al peso de la variable, se obtienen tres valores. Esto es debido a que el método de lógica difusa crea un rango que encierra la incertidumbre de las decisiones que se tomaron. A partir de este rango se puede tomar una decisión respecto al nivel de confianza que se tiene con la posibilidad de ser optimista, moderado o pesimista. La actitud optimista la representa el valor con mayor magnitud, la actitud moderada la representa el valor que se encuentra en la mitad del rango, mientras la actitud pesimista la representa el valor con la menor magnitud dentro del rango.

**Tabla 161. Vector de pesos difusos para las variables evaluadas en la Vulnerabilidad Socioeconómica.**

Variable	Wi <sub>l</sub>	Wi <sub>m</sub>	Wi <sub>u</sub>
<b>Uso Actual</b>	0,044	0,046	0,048
<b>Vías de Acceso</b>	0,041	0,043	0,047
<b>Estrato</b>	0,023	0,025	0,029
<b>Número de Personas</b>	0,069	0,071	0,074
<b>Número de Menores de Edad</b>	0,135	0,139	0,139
<b>Minoría Étnica</b>	0,072	0,077	0,087
<b>Desplazados</b>	0,143	0,146	0,150
<b>Limitación Física</b>	0,236	0,245	0,256
<b>Mujeres en Embarazo</b>	0,161	0,163	0,163
<b>Simulacros</b>	0,019	0,019	0,019
<b>Capacitaciones</b>	0,019	0,019	0,019

Fuente: Geocinc S.A.S.

Con el fin de realizar la desfuzzificación o desborrification del vector de pesos borroso, se utilizará el proceso sugerido por Lee Hua-Jie et al. (2006), en el cual se selecciona el alfa corte (valor de  $\alpha = 0.5$ ) según la certeza en el rango borroso seleccionado, encontrándose los siguientes rangos para cada uno de los pesos determinados.

**Tabla 162. Intervalos izquierdo y derecho (Pa-left y Pa-right respectivamente) del vector de pesos para la Vulnerabilidad Socioeconómica.**

Variable	Pa <sub>l</sub>	Pa <sub>r</sub>
<b>Uso Actual</b>	0,045	0,047
<b>Vías de Acceso</b>	0,042	0,045
<b>Estrato</b>	0,024	0,027
<b>Número de Personas</b>	0,070	0,073
<b>Número de Menores de Edad</b>	0,137	0,139
<b>Minoría Étnica</b>	0,074	0,082
<b>Desplazados</b>	0,145	0,148
<b>Limitación Física</b>	0,241	0,250
<b>Mujeres en Embarazo</b>	0,162	0,163
<b>Simulacros</b>	0,019	0,019
<b>Capacitaciones</b>	0,019	0,019

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> <small>¡Cuida tu naturaleza!</small>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocing S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

Posteriormente se selecciona el valor kappa (valor de  $\kappa=0.5$ ), según el optimismo de la calificación (se escogió un valor intermedio entre los valores optimista (1) y pesimista (0)), lo cual normaliza la calificación y de esta forma se obtiene el vector de pesos normalizados. Los valores de este vector serán directamente utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad social.

**Tabla 163. Pesos Normalizados de las Variables para la evaluación de la Vulnerabilidad Socioeconómica.**

Variable	Peso
Uso Actual	0,046
Vías de Acceso	0,044
Estrato	0,026
Número de Personas	0,072
Número de Menores de Edad	0,139
Minoría Étnica	0,079
Desplazados	0,147
Limitación Física	0,247
Mujeres en Embarazo	0,163
Simulacros	0,019
Capacitaciones	0,019

Fuente: Geocing S.A.S.

- Categorización Vulnerabilidad Social Total**

Los rangos que se utilizaron para la categorización del índice de vulnerabilidad social se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 164. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad social.**

GRAVEDAD RELATIVA		IVS <sub>90</sub>	DESCRIPCIÓN
I	Baja	0,00-0,40	Las personas que habitan en la construcción tienen condiciones muy altas socioeconómicas, culturales y se encuentran muy cerca a las instituciones de atención de desastres
II	Media	0,40-0,75	Las personas que habitan en la construcción tienen condiciones medianamente bajas socioeconómicas, culturales y se encuentran medio cerca a las instituciones de atención de desastres
III	Alta	0,75-1,00	Las personas que habitan en la construcción tienen condiciones muy bajas socioeconómicas, culturales y se encuentran muy lejos a las instituciones de atención de desastres
		IVS <sub>90</sub>	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

- Predicción de datos faltantes Vulnerabilidad Social Total**

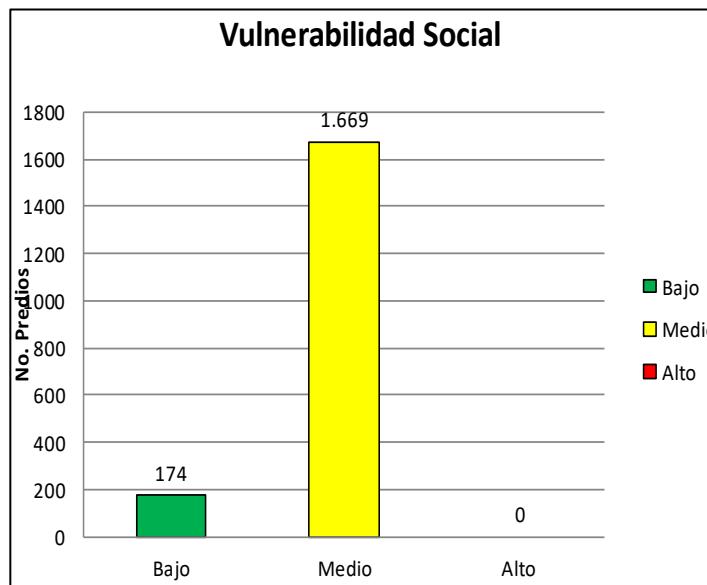
Las encuestas sociales recogieron la información perteneciente a las personas que se encontraban disponibles en los predios de la zona de estudio a la hora de la realización de la encuesta. Dado que la encuesta dependía de la disponibilidad

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

de las personas a atender al encuestador no fue posible la realización del 100% de las encuestas. Las encuestas sociales recogieron la información perteneciente a 126 personas en la zona de estudio. El análisis estadístico de la muestra representativa de los aspectos sociales, presentado en el documento de diagnóstico social, presenta en que el número de encuestados por el consorcio corresponde a una muestra representativa con confiabilidad del 85% y en error del 6.5% de los aspectos sociales. Sin embargo, para obtener un panorama general de la zona de estudio se extrapolaron los datos para hallar la información de los predios faltantes.

### **13.3.1 Análisis de resultados vulnerabilidad social**

Según los parámetros de evaluación de la vulnerabilidad social, se categorizaron los predios de Guadalupe que se encuentran expuestos ante alguna amenaza por movimientos en masa y avenida torrencial se estableció que 1.669 predios presentan vulnerabilidad social media (90,6%) y 174 predios se encuentran categorizados en vulnerabilidad social baja (9,4%) como se logra identificar en la Ilustración 220.



**Ilustración 220. Vulnerabilidad Social predios Guadalupe.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**



Ilustración 221. Mapa de vulnerabilidad social en el municipio de Guadalupe.

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

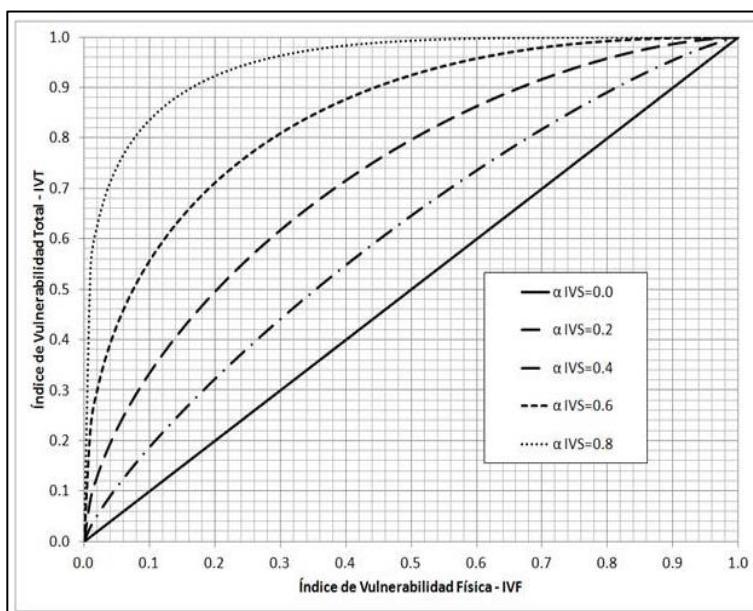
### 13.4. VULNERABILIDAD TOTAL

Una vez obtenido el Índice de Vulnerabilidad Físico (IVF) y el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), definidos ambos como un número difuso, se obtiene el IVT (también como un número difuso), utilizando para ello la propuesta de Soler et al (1999):

$$IVT = \left[ 1 - (1 - IVF)^{\frac{1}{1-\alpha IVS}} \right]^{1-\alpha IVS}$$

Para la vulnerabilidad total de la zona, tomando como unidad fundamental cada predio, se realiza la evaluación de la zona, basados en cada uno de las variables que se involucraron en el estudio de vulnerabilidad (física y social).

A continuación en la Ilustración 222, se presentan los elementos involucrados en la evaluación de la vulnerabilidad de la zona. Esta ilustración indica el comportamiento que toma el índice de vulnerabilidad total al ser función del índice de vulnerabilidad física y del índice de vulnerabilidad social.



**Ilustración 222. Relación entre el índice de vulnerabilidad total con los índices de vulnerabilidad física y social.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

La gráfica muestra que cuando el valor del coeficiente de importancia de la vulnerabilidad social ( $\alpha$ ) es cero, la vulnerabilidad total será igual a la vulnerabilidad física (línea continua en la Ilustración 222). Por otro lado, a medida en que el valor del  $\alpha$  aumenta, el comportamiento entre la vulnerabilidad total y la

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

vulnerabilidad física deja de ser lineal y empieza a describir una curva cada vez con mayor pendiente.

Siguiendo este orden de ideas, los elementos expuestos tales como las vías de conducción presentan una vulnerabilidad física que es igual a la total, mientras que las construcciones o edificaciones presentan una vulnerabilidad total producto de la combinación de la vulnerabilidad física de las estructuras y la vulnerabilidad social de las personas que habitan los elementos mencionados.

#### **13.4.1 Categorización de la vulnerabilidad Total**

Para la categorización de la vulnerabilidad se proponen tres (3) niveles de gravedad relativa o consecuencias del evento sobre el sistema (Nivel I a Nivel III), de acuerdo con la calificación del IVT con una confianza del 90% ( $IVT_{90}$ ). Para la generación del mapa de vulnerabilidad global se consideró el escenario donde el índice de importancia social es de 0,4, por esta razón en la Tabla 165 se colocó el símbolo de  $A=0.4$ .

**Tabla 165. Categorización de la vulnerabilidad Total.**

GRAVEDAD RELATIVA		IVT <sub>90</sub>	DESCRIPCIÓN
I	Bajo	0 – 0,35	La construcción y las personas que habitan en ella, son muy poco vulnerables ante cualquier escenario de desastre, dado a que tienen condiciones óptimas
II	Medio	0,35 – 0,65	La construcción y las personas que habitan en ella, son medianamente vulnerables ante cualquier escenario de desastre, dado a que tienen condiciones medianamente óptimas
III	Alto	0,65 – 1	La construcción y las personas que habitan en ella, son vulnerables ante cualquier escenario de desastre, dado a que tienen condiciones malas
		IVT A=0,4 <sub>90</sub>	<b>ÍNDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL ALFA = 0.4 CONFIANZA DEL 90%</b>

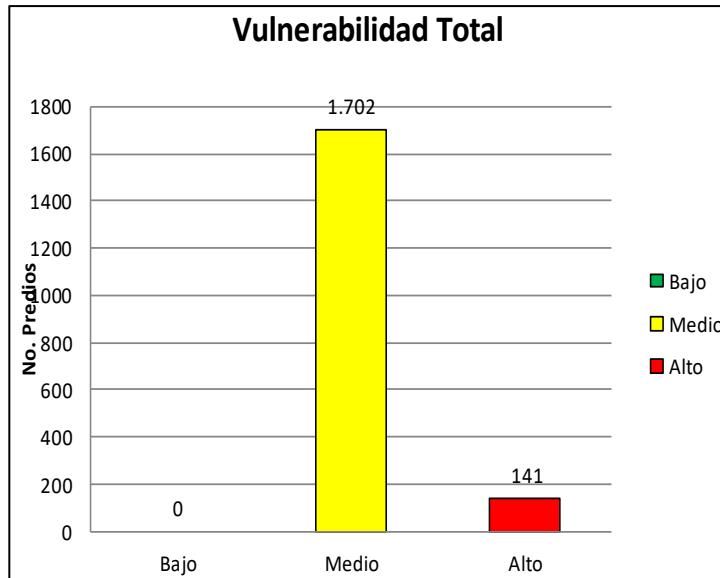
Fuente: Geocinc S.A.S.

#### **13.4.2 Análisis de resultados vulnerabilidad total por movimientos en masa**

La vulnerabilidad total es calculada en función de los resultados obtenidos para la vulnerabilidad física y social, a partir de la ecuación propuesta por Soler et al (1999) en la cual la vulnerabilidad física tiene un comportamiento lineal mientras que la vulnerabilidad social sea igual a cero, y en medida que la vulnerabilidad

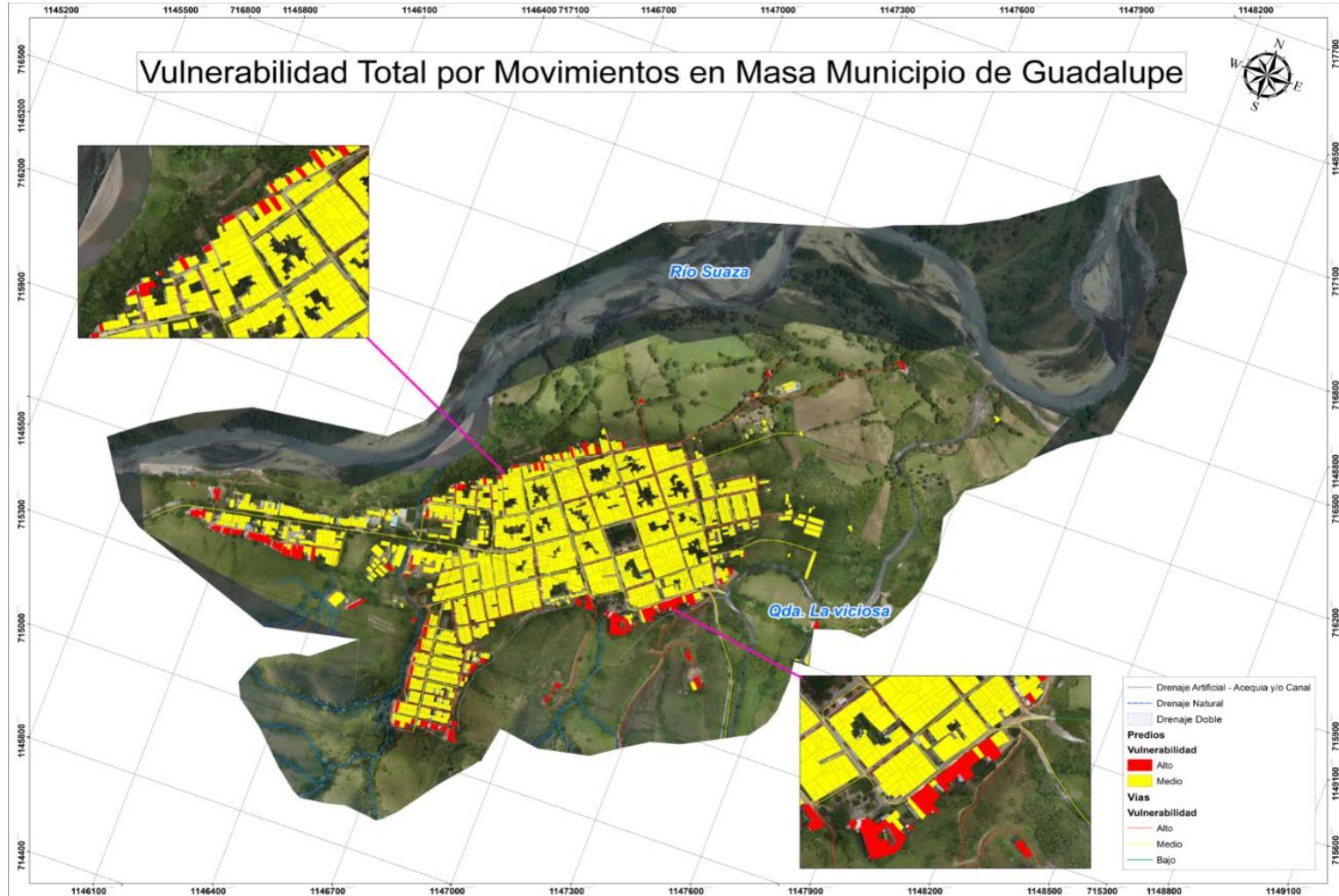
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

social aumenta, la vulnerabilidad física presentara un comportamiento exponencial, lo cual determinara el valor correspondiente a la vulnerabilidad total.



**Ilustración 223. Vulnerabilidad Total predios Guadalupe- Movimiento en Masa.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

Para el municipio de Guadalupe el total de los predios 1.843 se encuentran categorizados con vulnerabilidad total ante movimientos en masa, de los cuales ninguno presenta vulnerabilidad total baja, debido a que la vulnerabilidad física y social en la mayoría de los predios fue de categoría media, y se empleó un  $\alpha=0,4$ , estableciendo que el 92,3% de las construcciones presentan vulnerabilidad total media (1.702 predios) y el restante 7,7% se categoriza con vulnerabilidad total alta (141 predios), como se logra identificar en la Ilustración 224. Los resultados correspondientes a vulnerabilidad total se encuentran de manera detallada en el Anexo 5. Resultados vulnerabilidad, donde se presentan los valores y la categorización de la vulnerabilidad para cada uno de los predios expuestos ante un movimiento masa.



**Ilustración 224. Mapa de vulnerabilidad total por movimientos en masa en el municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

### 13.4.3 Análisis de resultados vulnerabilidad total por inundaciones

El cálculo de la vulnerabilidad total se da por la ecuación propuesta por Soler et al (1999), Según los resultados presentados en la Ilustración 225, se logra identificar que el 84% de los predios ubicados en el municipio de Guadalupe se encuentran categorizados con vulnerabilidad total baja con un total de 1.548 predios, el restante 16% se categoriza con vulnerabilidad media o alta debido a que se encuentran aledaños al río Suaza, quebrada la Viciosa y el zanjón Jícua. Del restante 16% de los predios se categoriza con vulnerabilidad total alta 286 predios que corresponde al 14% y con vulnerabilidad total media existe un total de 9 predios (2%).

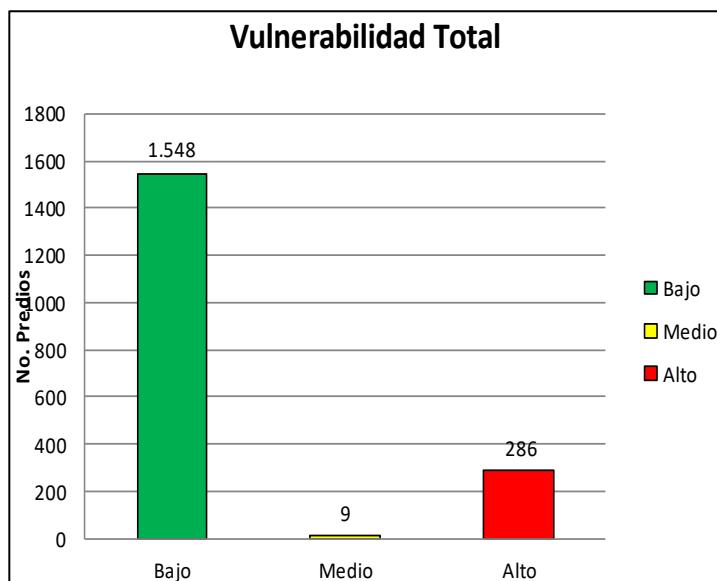
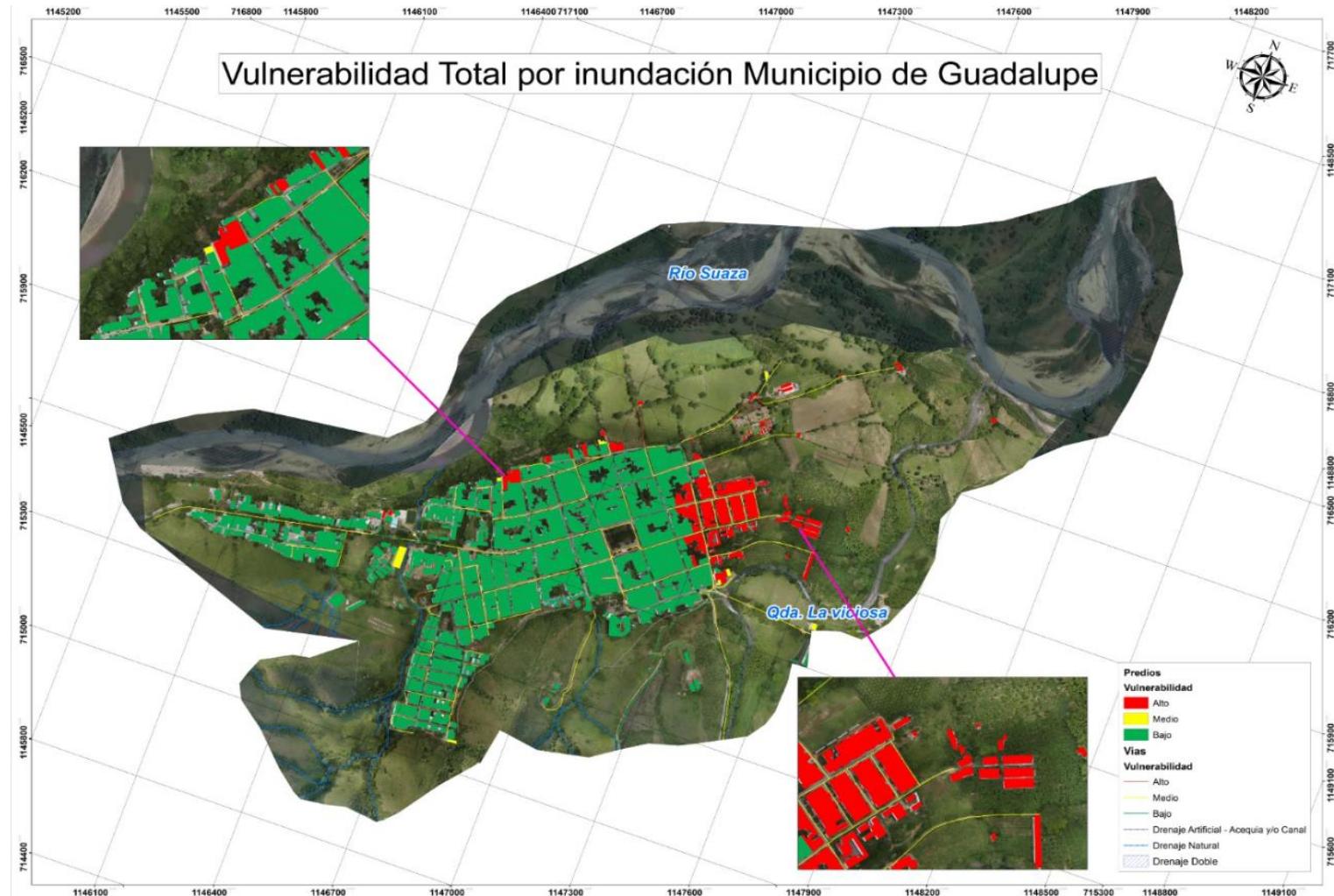


Ilustración 225. Vulnerabilidad Total predios municipio de Guadalupe- inundación.

Fuente: Geocinc S.A.S.

Los resultados correspondientes a vulnerabilidad social se encuentran de manera detallada en el Anexo 5.

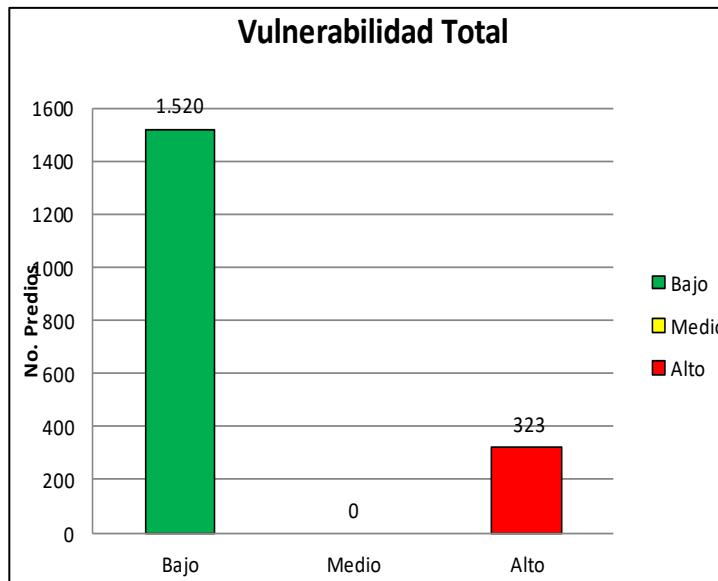


**Ilustración 226. Mapa de vulnerabilidad total por inundación municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocinc S.A.S.

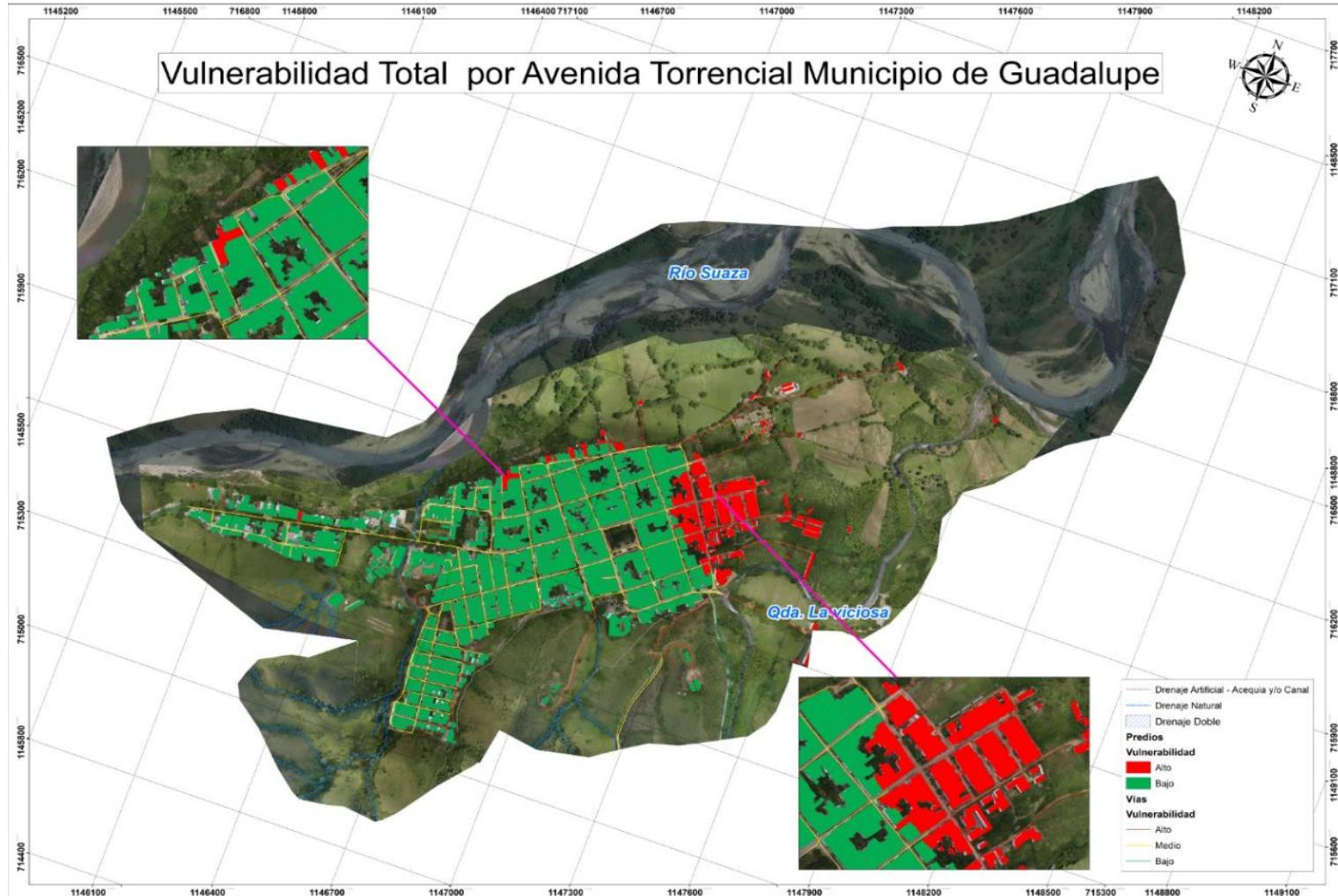
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

#### **13.4.4 Análisis de resultados vulnerabilidad total por avenida torrencial**

Se establece el valor correspondiente a la vulnerabilidad total, según la ecuación propuesta por Soler et al (1999). Como se logra identificar en la Ilustración 227 predominan los predios con vulnerabilidad total baja con el 82,5% (1.520 predios) del total ubicado en el municipio, esto debido a los resultados correspondientes a vulnerabilidad física donde predomino esta categorización dada la ubicación de los predios respecto al río Suaza y quebrada La Viciosa, ya que dentro de la categorización de vulnerabilidad social no se presentan cambios representativos, el restante 17,5% se encuentran categorizado en vulnerabilidad total alta correspondiente a 323 predios que se ubican aledaños a estos drenajes y dadas las condiciones estructurales de la construcción son vulnerables a verse afectados ante una avenida torrencial. Los resultados correspondientes a cada predio se presentan de manera detallada en el Anexo 5.



**Ilustración 227. Vulnerabilidad Total predios Guadalupe- Avenida Torrencial.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.



**Ilustración 228. Mapa de vulnerabilidad total por avenida torrencial en el municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing SAS

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 14. RIESGO

### 14.1. GENERALIDADES

El riesgo es el grado de pérdidas de toda índole (pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y afectación a la economía) debido a la ocurrencia de un desastre en un sitio específico vulnerable con una amenaza particular (Chardon & González, 2002). Igualmente, Cardona O.D. (1993) escribe que el riesgo “es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado”.

#### **14.1.1 Costo directo de los elementos en riesgo**

Como se mencionó y desarrolló anteriormente en el capítulo de Vulnerabilidad, existen elementos en riesgo (elementos expuestos) los cuales se podrán ver afectados en el momento en que se materializara una amenaza tanto por movimientos en masa como de inundación.

Resumiendo lo presentado en el capítulo de vulnerabilidad física, se identificaron 2 tipos de elementos expuestos:

- Edificios o construcciones de diferentes categorías y tipologías.
- Infraestructura Vial.

Siguiendo este orden de ideas y con el objetivo de calcular el riesgo económico directo (valor de las pérdidas económicas esperadas), se hace necesario calcular el valor o costo de los elementos expuestos. En las siguientes secciones se presenta la metodología utilizada.

#### **• Costo por Construcción**

Para calcular el costo de las construcciones se parte del inventario de predios obtenido por la consultoría por medio de las encuestas realizadas en la zona de estudio y de esta información se extrae el número de pisos y estrato que poseen las viviendas. Por otro lado, por medio del programa ArcGIS se calculó el área que le correspondía a cada construcción.

Para el cálculo del costo estimado de la construcción se obtuvo el valor del metro cuadrado de la edificación y del terreno por medio del método de mercado de la zona de estudio en el cual se indagaron tipologías, áreas, números de pisos y localización. De la información antes mencionada, se obtuvo un valor por metro cuadrado y este fue el que se empleó para el cálculo del costo por cada construcción.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

La fórmula del costo de la construcción se muestra a continuación:

$$\text{Costo Construcción} = x * A * \text{pisos}$$

Donde

**x** = precio del metro cuadrado (pesos/ m<sup>2</sup>)

**A** = área de la construcción (m<sup>2</sup>)

**Pisos** = número de pisos que tiene la construcción

- **Costo por infraestructura Vial**

El costo de la infraestructura vial es una variable que tiene en cuenta la característica de construcción de la estructura, ya que es diferente el método de construcción de una vía nacional (VU1-Primer Orden) a una vía interveredal (VU3-Tercer Orden), la cual no cuenta con todas las características y especificaciones de una vía Nacional, de acuerdo a su importancia.

El sistema de infraestructura Nacional está constituido por la interconexión de cuatro mallas clasificadas de acuerdo a su centralidad, volumen de tránsito y conectividad entre las mismas. La siguiente tabla indica las especificaciones para cada tipo de sistema vial:

A continuación se establecen las especificaciones para el sistema vial primario municipal, el cual está conformado por el conjunto de vías o malla que permite la intercomunicación vial al interior y exterior del municipio, hacen parte de este sistema las siguientes vías nacionales, departamentales y municipales.

Para la zona urbana se tiene la siguiente clasificación:

**VÍA URBANA DE PRIMER ORDEN (VU-1):** Interconecta los centros donde discurren las principales actividades urbanas con los diferentes barrios.

- ✓ Ancho total: 15 metros mínimos.
- ✓ Ancho y número de calzadas: 2 calzadas de 7 metros cada una.
- ✓ Ancho separador central: 1 metro.
- ✓ Ancho de andenes: 3 metros mínimo en las zonas centrales y comerciales; 2 metros en zona de vivienda.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: en zonas comerciales 2 metros mínimo.
- ✓ En zonas de Vivienda: 5 metros a partir del paramento propuesto para ante jardín.
- ✓ Se permite estacionamiento en un solo costado.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

**VÍA URBANA DE SEGUNDO ORDEN (VU-2):** Penetra en los diferentes sectores urbanos y los límites de comunidades.

- ✓ Ancho total: 10 metros mínimos.
- ✓ Ancho y número de calzadas: 1 calzada de 7 metros.
- ✓ Ancho de andenes: 1.50 metros mínimo.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: en zonas comerciales 2 metros mínimo.
- ✓ Se permite estacionamiento en un solo costado.

**VÍA URBANA DE TERCER ORDEN (VU-3):** Interconecta los barrios entre sí.

- ✓ Ancho total: 9 metros mínimos.
- ✓ Ancho y número de calzadas: 1 calzada de 6 metros.
- ✓ Ancho de andenes: 1.50 metros.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: 2 metros mínimo a partir del paramento.
- ✓ Se permite estacionamiento en un solo costado.

**VÍA URBANA PEATONAL (VU-4):** Cuya función es permitir el desplazamiento peatonal dentro de las diferentes zonas de un mismo barrio.

- ✓ Ancho total: 6 metros mínimos.
- ✓ Ancho de andenes: 1.50 metros.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: en zonas comerciales 2 metros para voladizos.
- ✓ No se permite estacionamientos.

Así mismo, el tipo de pavimento de la vía también influye en el costo de la misma dado que el costo de construcción de una misma clase de vía por ejemplo, malla de vía local, es diferente para una vía en pavimento flexible que una en pavimento rígido. Los tipos de pavimentos considerados son: flexible, rígido y sin pavimento.

Como se logra identificar en la Ilustración 255 predominan los predios con vulnerabilidad total baja con el 82,5% (1.520 predios) del total ubicado en el municipio, esto debido a los resultados correspondientes a vulnerabilidad física donde predomina esta categorización dada la ubicación de los predios respecto al río Suaza y quebrada La Viciosa, ya que dentro de la categorización de vulnerabilidad social no se presentan cambios representativos, el restante 17,5% se encuentran categorizado en vulnerabilidad total alta correspondiente a 323 predios que se ubican aledaños a estos drenajes y dadas las condiciones estructurales de la construcción son vulnerables a verse afectados ante una

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

avenida torrencial. Los resultados correspondientes a cada predio se presentan de manera detallada en el Anexo 5.

**Tabla 166. Costo estimado para las vías (Valor en m/l)**

SISTEMA VIAL PRIMARIO	TIPO DE VÍA	CONVENCIÓN	COSTO ESTIMADO POR M/L
Vías nacionales	Vías de primer orden	VU1	\$ 2,500,000.00
Vías departamentales	Vías de segundo orden	VU2	\$ 1,500,000.00
Vías municipales interveredales	Vías de tercer orden	VU3	\$ 1,000,000.00
Vías urbanas	Vías de cuarto orden	VU4	\$ 500,000.00
Vías veredales o ramales	Vías de quinto orden	VU5	\$ 400,000.00

Fuente: INVIAS (2015)

Los costos de la Tabla 166 muestran valores aproximados de los costos de los diferentes tipos de vías que se encuentran en la zona de estudio y fueron estimados con base en los costos públicos por kilómetro lineal de las vías construidas suministrados por el Instituto Nacional de Vías (INVIA) y por medio de investigación de diferentes proyectos de licitación tipo INVIA.

#### 14.2. MÉTODO DE ANÁLISIS

La calificación del riesgo se realiza mediante una evaluación cualitativa que tiene en cuenta el índice de riesgo total de los elementos expuestos y lo clasifica en las categorías de riesgo aceptable, tolerable o inaceptable. En esta sección se presenta la metodología y análisis del cálculo del índice de riesgo, riesgo económico directo y su categorización.

El denominado riesgo (económico, social o ambiental, según sea el sector que represente al usuario) se puede simular mediante el modelo dinámico del tipo integral (Rivera, 2001):

$$R_{E, S, A} = \int P(e) P_{(E, S, A)}$$

En donde,

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

<b>R<sub>E, S, A</sub></b>	Es el riesgo, sea económico (E), social (S) o ambiental (A).
<b>P(e)</b>	Es la probabilidad cuantitativa del evento que se pronostica; se denomina también amenaza (H).
<b>P<sub>(E, S, A)</sub></b>	Es la pérdida en el sector, sea económico (E), social (S) o ambiental (A), que se relaciona con el evento natural que se predice; también se suele denominar vulnerabilidad (V).

Para el caso en estudio, y una vez obtenida la amenaza y la vulnerabilidad, se puede estimar el riesgo físico individual de cada elemento expuesto definiendo el índice de riesgo (IR) para el escenario actual como:

$$IR = P(Dz)_{50} \cdot IVT$$

La probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años,  $P(Dz)_{50}$ , de la anterior fórmula se encuentra definida por la siguiente ecuación:

$$P(Dz)_{50} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{T_D}$$

Donde

$\frac{1}{T_r}$  = probabilidad de ocurrencia de determinado evento/desastre natural, o amenaza bajo la que se encuentra el elemento expuesto ( $P_f$ ).

$T_D$  = periodo de diseño que para cuestión de este estudio corresponde a 50 años

Finalmente, el riesgo económico directo (R) se encuentra definido como el producto de la vulnerabilidad física por la probabilidad de ocurrencia y por el costo de los elementos expuestos.

$$R = \sum_{i=1}^n (P_f \times IVF_i \times C_i)$$

Dónde:

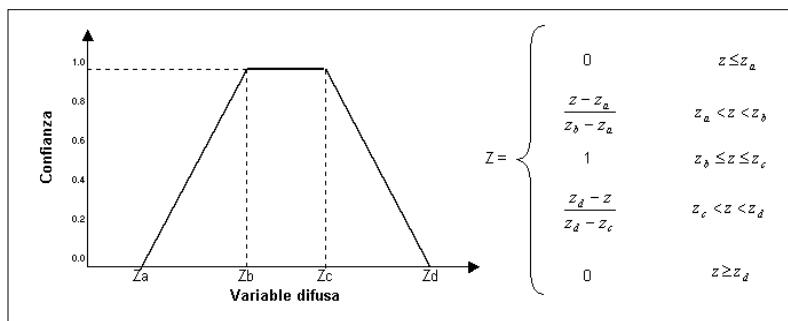
$P_f$ : Probabilidad de falla

$IVF_i$ : Índice de Vulnerabilidad Física del elemento expuesto

$C_i$ : Costo del elemento expuesto

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería SAS	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Teniendo en cuenta que la amenaza se definió como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y la vulnerabilidad como un índice de pérdidas, representado como un conjunto difuso, el índice de riesgo también es un conjunto difuso que, para el caso utilizado de conjuntos difusos trapezoidales, se puede representar por la función presentada en la Ilustración 229.



**Ilustración 229. Conjuntos difusos trapezoidales.**

Los números difusos trapezoidales (Ver Ilustración 229) presentan algunas de las siguientes ventajas sobre otros tipos de números lineales o no lineales. En primer lugar, los números difusos trapezoidales constituyen la familia más general de números difusos que presentan una función de pertenencia lineal. Esta característica implica que tiene propiedades más generales y por lo tanto tiene mayor aplicación en la modelación de incertidumbre lineal. Su forma  $(z_a, z_b, z_c, z_d)$  es mejor que cualquier otra forma como  $(z_a, z_b, z_\alpha, z_\beta)$  debido a que es operacional y conceptualmente simple (Bansal, 2011). De igual manera, se puede observar que cuando  $z_b = z_c$ , el número trapezoidal se transforma en el número difuso triangular.

El índice de riesgo representado como una variable difusa no se puede utilizar, ni interpretar directamente por lo que primero se debe convertir en un número real. Con el fin de realizar este proceso, se sigue la metodología que permite el cálculo de la media y desviación estándar, tal y como se muestra a continuación:

Se puede determinar la esperanza y la varianza del factor de seguridad como el primer momento y el radio de giro con respecto a la media de la función difusa, respectivamente; es decir,

- Media

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} z \cdot f(z) dz, \text{ para la esperanza o media.}$$

Para el conjunto difuso trapezoidal se tiene que:

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

$$\mu = z_a + \frac{1}{A} \left[ \frac{4 A_1^2}{3} + A_2 \left( \frac{A_2}{2} + 2 A_1 \right) + A_3 \left( A_2 + 2 A_1 + \frac{2 A_3}{3} \right) \right]$$

Donde,

$$A_1 = \frac{z_b - z_a}{2}$$

$$A_2 = z_c - z_b$$

$$A_3 = \frac{z_d - z_c}{2}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

- Varianza

$$V(z) = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (z - \mu)^2 \cdot f(z) dz$$

Para el conjunto difuso trapezoidal

$$\sigma^2 = \frac{I_\mu}{A} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{A}$$

Donde,

$$I_1 = \frac{(z_b - z_a)^3}{36} + A_1 \left[ \mu - \left( \frac{2 z_b + z_a}{3} \right) \right]^2$$

$$I_2 = \frac{(z_c - z_b)^3}{12} + A_2 \left[ \mu - \left( \frac{z_c + z_b}{2} \right) \right]^2$$

$$I_3 = \frac{(z_d - z_c)^3}{36} + A_3 \left[ \mu - \left( \frac{z_d + 2 z_c}{3} \right) \right]^2$$

Con la esperanza (o media) y la desviación estándar del IR, se puede calcular el valor del índice de riesgo para un nivel de confianza del 90%, al ser ajustado a una función de distribución de probabilidad (se debe a la de mejor ajuste, ya bien sea normal, log-normal, beta, etc).

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### 14.3. CÁLCULO DEL RIESGO GLOBAL POR ZONA

Para poder realizar el análisis es necesario el cálculo del índice de riesgo ( $IR_Z$ ) por zona de estudio. Este cálculo se realiza mediante la utilización de un promedio ponderado del índice de riesgo (IR) de los elementos expuestos que se encuentran en dicha zona. La fórmula se muestra a continuación:

$$IR_Z = \frac{\sum IR_i * Ce_i}{\sum Ce_i}$$

Donde,

$IR_i$  = índice de riesgo de los diferentes elementos expuestos

$Ce_i$  = costo de cada elemento expuesto

Con la anterior fórmula es posible asignarle una categoría de riesgo a la zona, sin embargo, para asignar la categoría lingüística es necesario contar también con el índice de vulnerabilidad total (IVT) y la amenaza total (probabilidad de ocurrencia acumulada total a 50 años,  $[P(Dz)_{50}]_T$ ) de dicha zona.

El índice de vulnerabilidad total ( $IVT_Z$ ) se halla de manera similar que el  $IR_Z$ . La fórmula utilizada es la siguiente:

$$IVT_Z = \frac{\sum IVT_i * Ce_i}{\sum Ce_i}$$

Donde,

$IVT_i$  = índice de vulnerabilidad total de los diferentes elementos expuestos

$Ce_i$  = costo de cada elemento expuesto

Una vez se conocen los valores del  $IVT_Z$  e  $IR_Z$  se despeja la probabilidad de ocurrencia acumulada total a 50 años  $[P(Dz)_{50}]_Z$  para la zona de la fórmula para el cálculo del índice de riesgo.

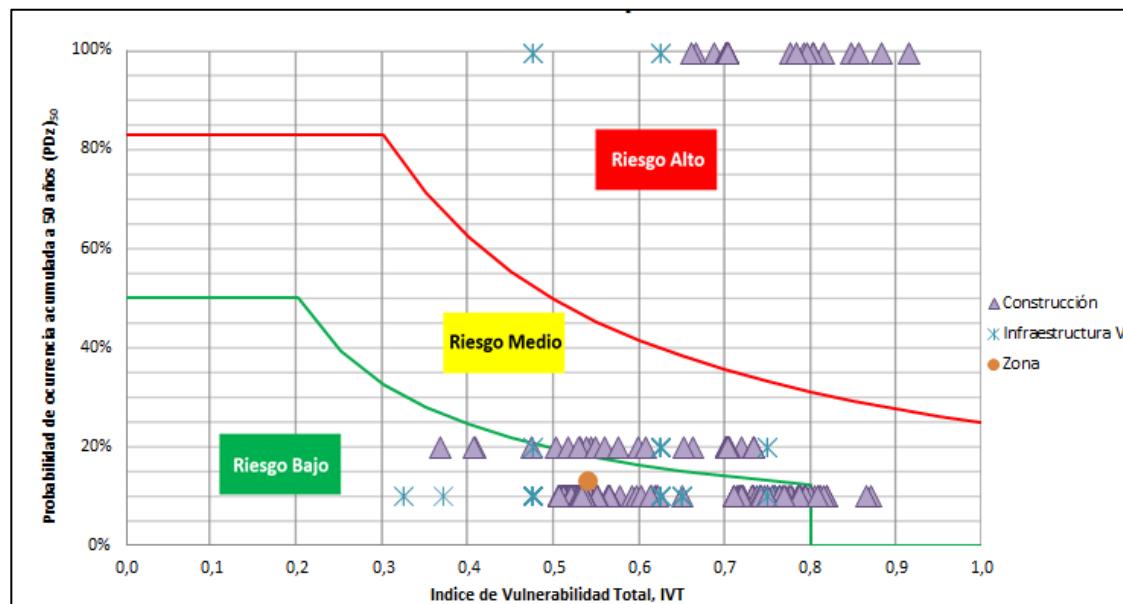
$$P(Dz)_{50Z} = \frac{IR_Z}{IVT_Z}$$

### 14.4. CRITERIOS APLICADOS

Para la categorización del IR se utiliza la Ilustración 230. Esta gráfica enseña de forma visual el criterio de decisión adoptado para asignar el nivel de riesgo. Asimismo, la Tabla 167 muestra el nivel de riesgo, su descripción y los rangos que encierran cada criterio de decisión. Como se observa en la Ilustración 230, el

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

índice de vulnerabilidad física (IVF) se ubica en el eje *x* y la probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años ( $P(Dz)_{50}$ ) en el eje *y*.



**Ilustración 230. Categorización del nivel de riesgo el cual depende del índice de vulnerabilidad total en el eje x y la probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años en el eje y.**

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 167. Categorización del riesgo.

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	CRITERIO
Alto	Situación que requiere desarrollar acciones prioritarias e inmediatas para su gestión debido al acto impacto que tendría. Se deben estudiar medidas tanto estructurales (disminución de la amenaza mediante obras de control) como no estructurales (disminución de la vulnerabilidad).	$Si IVF < 0.30 \text{ y } P(Dz)_{50} \geq 83\%$ $Si IRT \geq 0.25, \text{ para } IVF \geq 0.30$
Medio	Se deben desarrollar actividades para la gestión sobre el riesgo con una prioridad de segundo nivel. Puede encaminarse a medidas no estructurales (disminución de vulnerabilidad), sin descartar medidas preventivas para disminución de la amenaza (obras); se deben contemplar medidas de instrumentación geotécnica periódicas (inclinómetros, piezómetros, etc.) que puedan determinar la activación de un evento	$Si 50\% \leq P(Dz)_{50} < 80\% \text{ y } IVF < 0.20$ $Si 0.10 \leq IRT < 0.25, \text{ para } 0.125 \leq IVF < 0.85$ $Si IRT \leq 0.25, \text{ para } IVF \geq 0.85$

 <b>CAM</b> CORTA TU NATURALEZA!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	CRITERIO
Bajo	Zonas en este nivel significa que la convolución amenaza - vulnerabilidad no representa un peligro significativo, por lo que no amerita la inversión inmediata en acciones específicas para la gestión sobre el riesgo.	$\text{Si } P(Dz)_{50} < 50\% \text{ y } IVF < 0.20$ $\text{Si } IRT < 0.10, \text{ para } 0.20 \leq IVF < 0.80$ <i>N.A., para </i> $IVF \geq 0.80$

Fuente: Geocinc S.A.S.

#### 14.5. RESULTADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

De acuerdo a la distribución de los índices de riesgo de los elementos expuestos presentados en la Ilustración 231 se logra identificar que las construcciones y vías se encuentran categorizadas en las tres categorías de riesgo (Bajo, medio y alto), esto sirve como referencia visual de la distribución de los elementos, pero no es un complemento que permita establecer de manera cuantitativa los elementos por cada categoría, ya que algunos elementos pueden presentar el mismo valor de riesgo lo cual se ilustraría como un único punto.

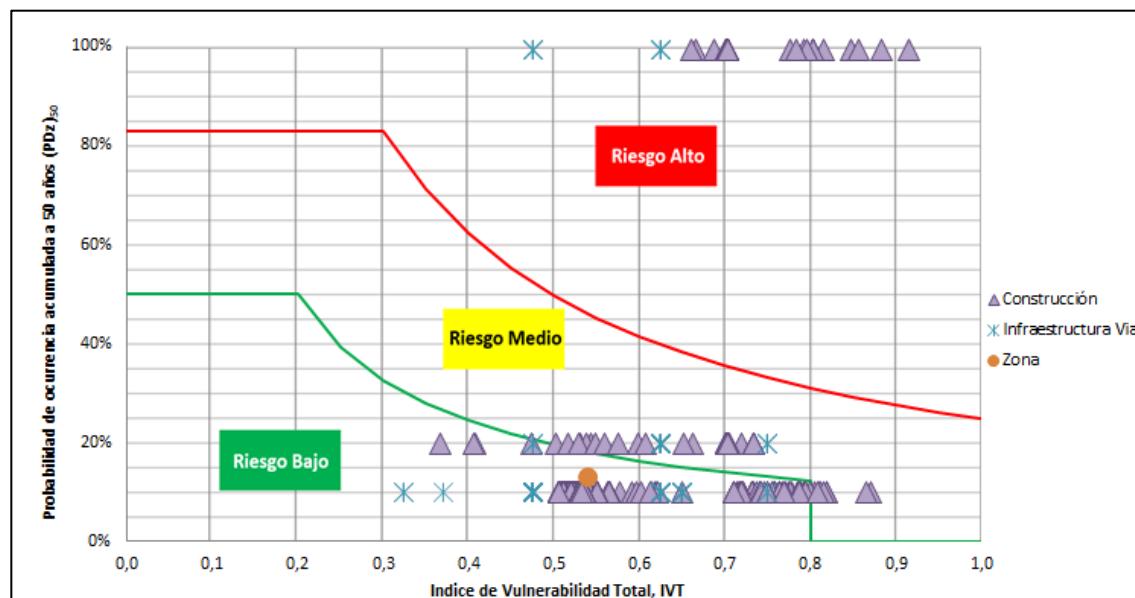


Ilustración 231. Categorización del nivel de riesgo por movimientos en masa de los elementos expuestos para el escenario actual.

Fuente: Geocinc S.A.S.

A partir de los resultados correspondientes a amenaza, vulnerabilidad y riesgo obtenidos para los elementos expuestos ubicados en el municipio de Guadalupe

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

fueron calculados los valores de  $IVT_z$ ,  $(P(Dz)_{50})_z$  e  $IR_z$ , los cuales representan el valor total para el municipio y permiten estimar el riesgo total del mismo, como se logra identificar en la Tabla 168.

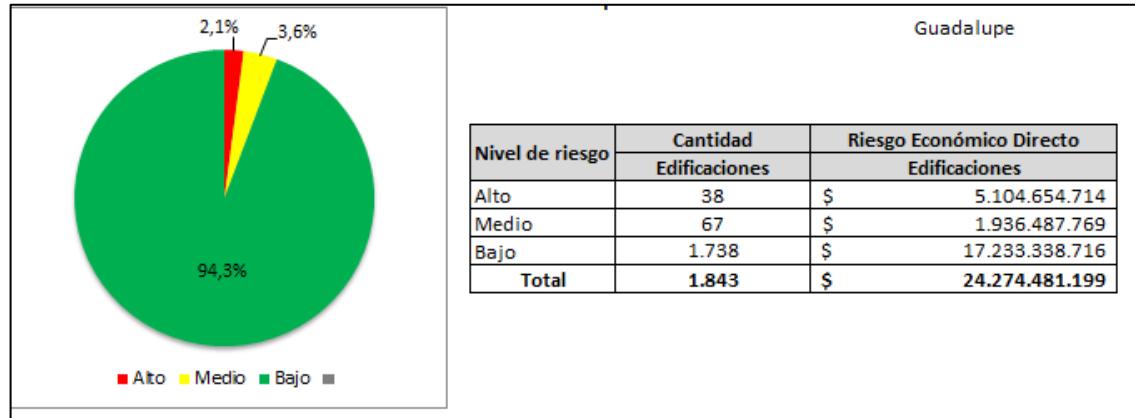
**Tabla 168. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por movimientos en masa del municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	$IVT_z$	$(P(Dz)_{50})_z$	$IR_z$
Municipio de Guadalupe	0,54	0,13	0,07

Fuente: Geocinc S.A.S.

El municipio de Guadalupe se encuentra categorizado con riesgo bajo por movimientos en masa, debido a que la mayor parte de los elementos expuestos se encuentran en la misma categoría de riesgo. El nivel de riesgo bajo implica que para el municipio no se requieren acciones de manera inmediata pero si es necesario evaluar de manera prioritaria y puntual los elementos expuestos respecto al riesgo correspondiente ante movimientos en masa y las correspondientes perdidas económicas que implicarían. Respecto al riesgo económico que representan las construcciones categorizadas con riesgo por movimientos en masa, se establecen unas posibles pérdidas de \$24.274'481.199, como se logra identificar en la Ilustración 232. Cabe resaltar que a pesar que los predios en riesgo alto representan el 2,1% (38 predios) del total de predios en riesgo, estos representan el 20,05% del riesgo económico directo en el municipio de Guadalupe, esto debido a que en medida que el riesgo es mayor se esperan pérdidas superiores ya que las construcciones presentarán una mayor afectación; el restante correspondiente al 97,94% del riesgo económico se encuentra distribuido en un 94,30% en el riesgo bajo con \$ 17.233'338.716 y un total de 1.738 predios y finalmente el 3,64% en riesgo medio con pérdidas esperadas de \$1.936'487.769 correspondientes a 67 viviendas que se encuentran en esa categoría de riesgo.

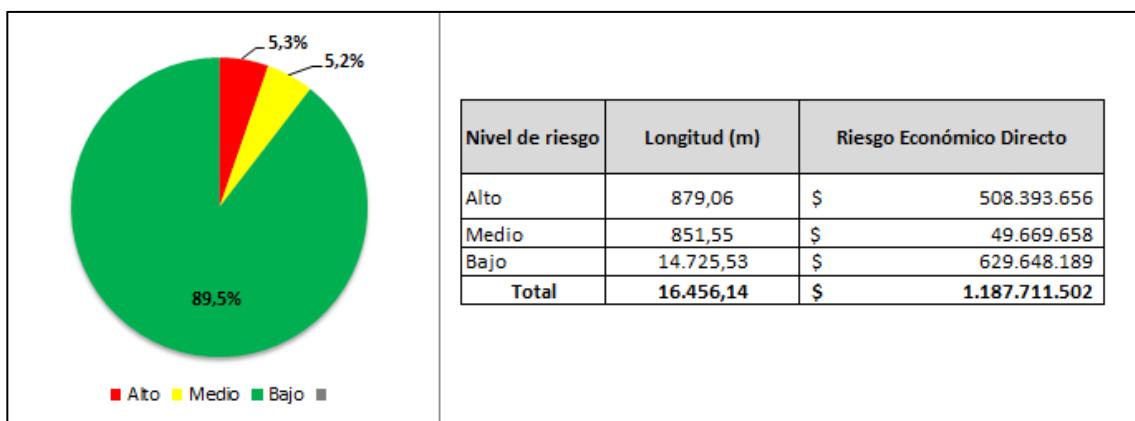
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 232. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Movimientos en Masa.**

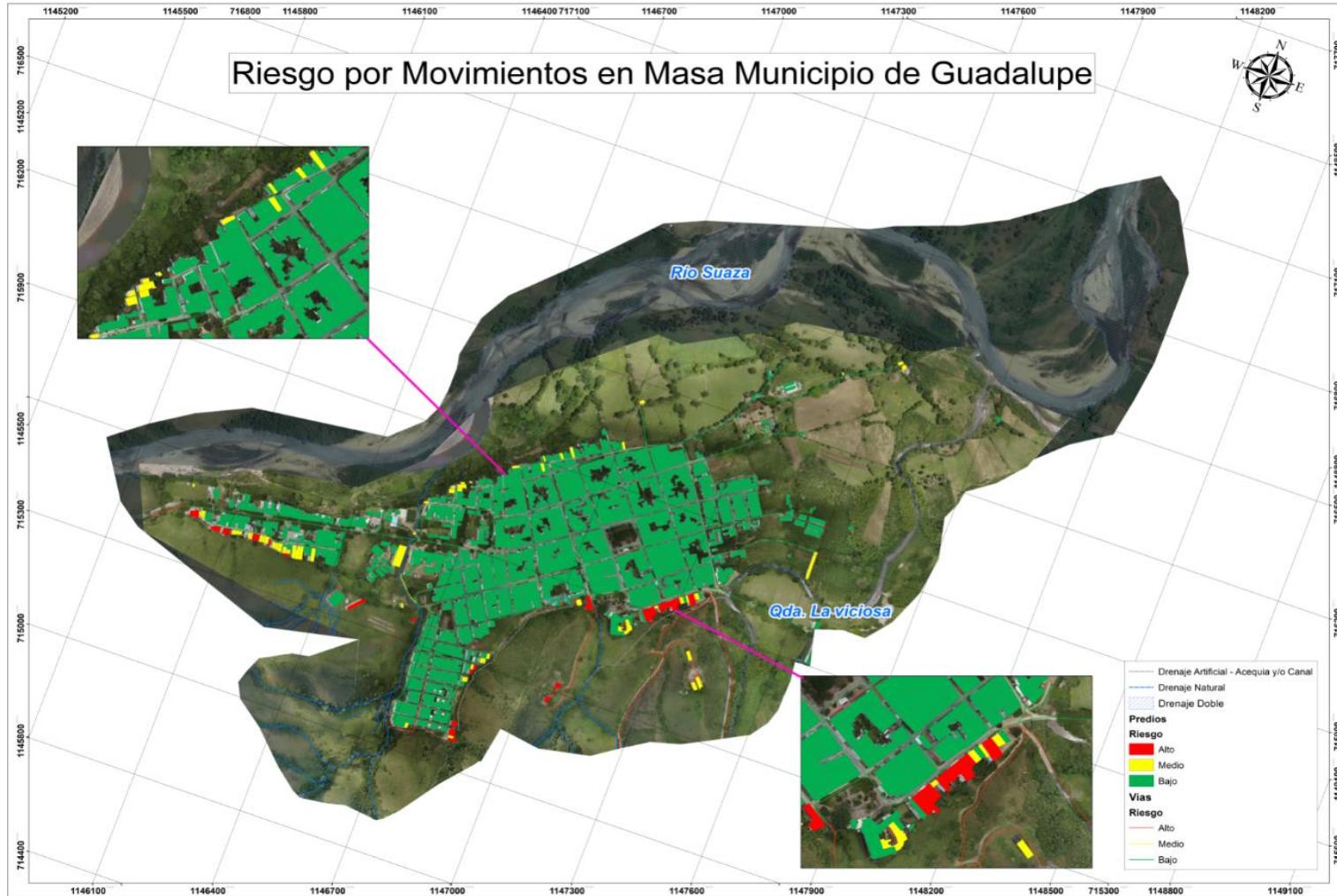
Fuente: Geocinc S.A.S.

El total de las vías se encuentra categorizado con riesgo ante movimientos en masa; se identificó un tramo de vía de 14,7 Km el cual tiene unas pérdidas económicas esperadas de \$629'648.189 las cuales están asociadas a riesgo bajo. El restante de infraestructura vial corresponde a 1,7 Km; los cuales se encuentran distribuidos en categoría de riesgo alto y medio. Para el riesgo alto se identificó 0,9 Km de tramo vial las cuales representan unas pérdidas económicas de \$508'393.656 y un tramo de vía de 0,9 Km se encuentran en riesgo medio y tiene unas perdidas económico directas de \$49'669.658 (Ver Ilustración 233).



**Ilustración 233. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Movimientos en Masa.**

Fuente: Geocinc S.A.S.



**Ilustración 234. Mapa de riesgo por movimientos en masa municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 14.6. RESULTADOS POR INUNDACIÓN

Como se logra identificar en la Ilustración 235 se presenta la distribución de los predios y vías ubicados en el municipio de Guadalupe dentro de las diferentes categorías de riesgo por inundación, esto a partir de los resultados obtenidos por amenaza y vulnerabilidad total, estableciendo que la distribución de estos elementos expuestos no es homogénea debido a que todos presentan una diferente categorización por amenaza, las diferentes características físicas de los predios, las condiciones socioeconómicos y características culturales de la población. Esta distribución no representa cuantitativamente los elementos expuestos en cada categoría de riesgo debido a que algunos de estos presentan el mismo índice.

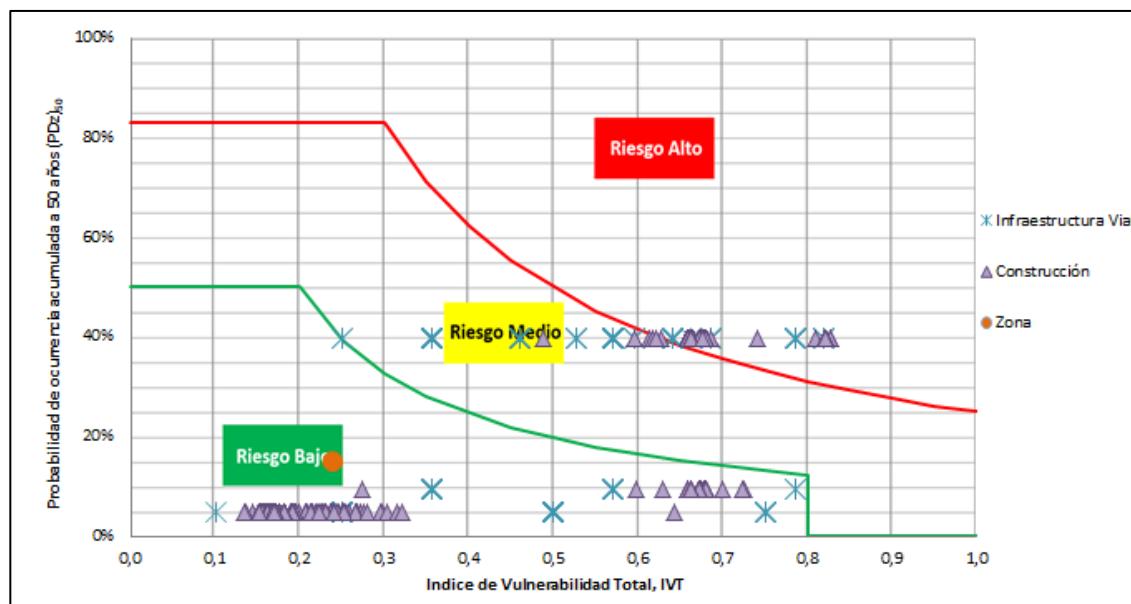


Ilustración 235. Categorización del nivel de riesgo por inundación de los elementos expuestos para el escenario actual.

Fuente: Geocinc S.A.S.

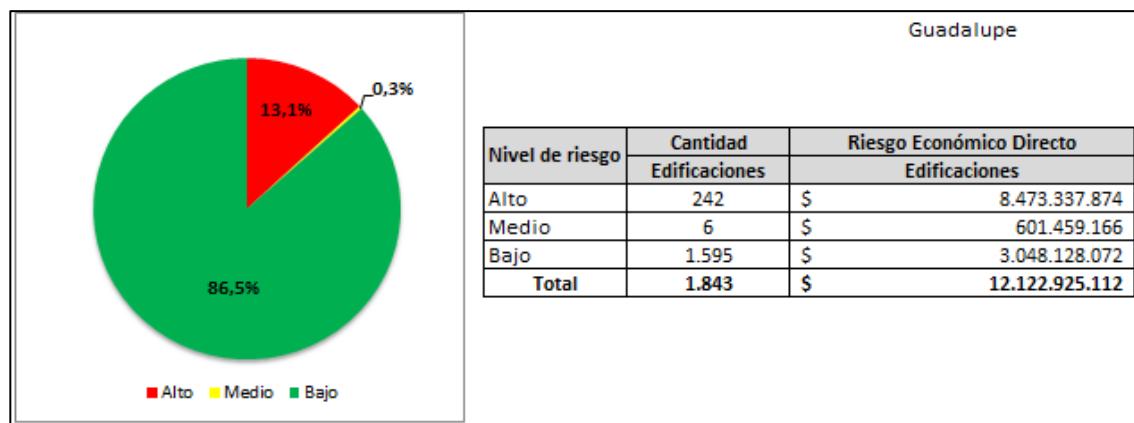
A partir de los resultados obtenidos para los elementos expuestos se categoriza el riesgo para el municipio de Guadalupe según los resultados correspondientes a IVT y  $(P(D_z)_{50})_z$ , obteniendo un índice de riesgo igual a 0,04 lo que categoriza al municipio con un riesgo bajo, tal como se presenta en la Tabla 169, y de manera gráfica en la Ilustración 235 como zona.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

**Tabla 169. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por inundación del municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	IVT <sub>Z</sub>	(P(Dz) <sub>50</sub> ) <sub>Z</sub>	IR <sub>Z</sub>
Municipio de Guadalupe	0,24	0,1	0,04

Fuente: Geocinc S.A.S.



**Ilustración 236. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Inundación.**

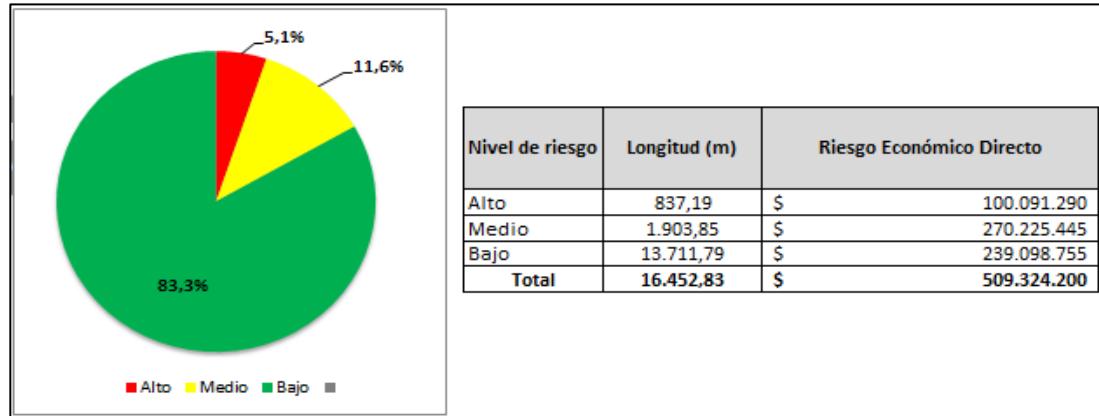
Fuente: Geocinc S.A.S.

En la Ilustración 236 se presentan las pérdidas económicas y cantidad de predios correspondiente a cada categoría de riesgo por inundación, estableciendo que el 13,1% corresponde a riesgo alto con 242 predios y unas pérdidas esperadas de \$8.473'337.874. Para la categoría baja se identificaron unas pérdidas de \$ 3.048'128.072 lo que corresponde a 1.595 predios (86,5%) y para la categoría de riesgo media se identificaron 6 predios (0,3%) los cuales representan unas pérdidas correspondientes a \$ 601'459.166 de consolidarse el riesgo. La variación que representa el número de predios respecto al riesgo económico se debe a que la afectación esperada en riesgo alto, es mucho mayor respecto a las otras por lo tanto el costo de estas será mayor.

Las vías en riesgo presentan un riesgo económico total de \$ 509'324.200 como se presenta en la Ilustración 237, del total de estas pérdidas el riesgo bajo representa el 83,3% de las pérdidas económicas esperadas en el municipio de aproximadamente \$ 239'098.755 (13,7 Km), seguido del 11,6% correspondiente a los tramos viales del municipio categorizados con el riesgo medio con unas pérdidas esperadas de \$270'225.445 (1,9 Km) y el riesgo alto con el 5,1% representando unas pérdidas esperadas de \$100'091.290 (0,8 Km). Al igual que

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

con los predios la relación de longitud contra perdidas, es más representativa en el riesgo alto, debido a que la afectación en estos es mayor y el riesgo económico es directamente proporcional.



**Ilustración 237. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Inundación.**

Fuente: Geocinc S.A.S.



ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.

**GEOCING**  
Geociencias e Ingeniería S.A.S

INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

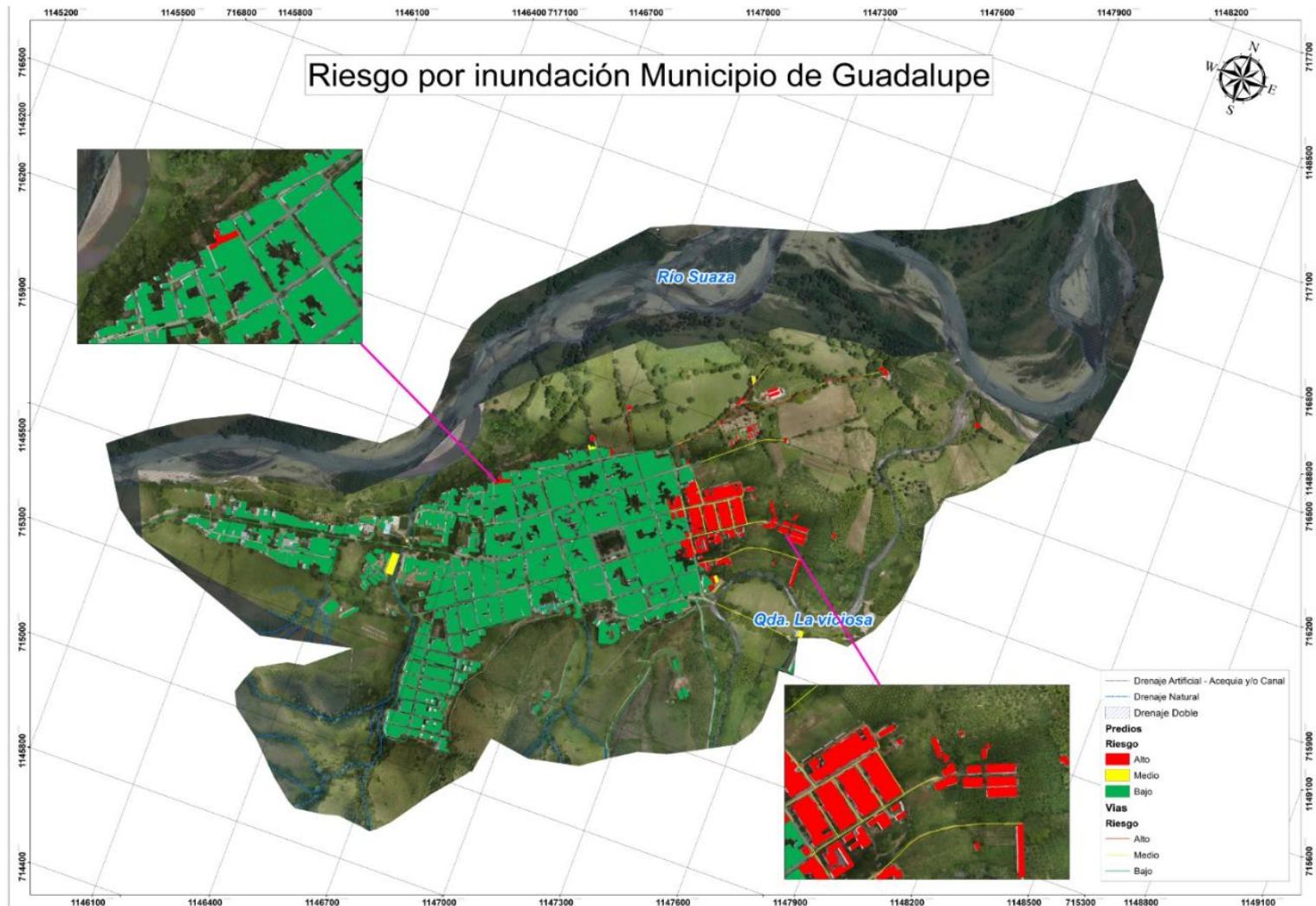


Ilustración 238. Mapa de riesgo por inundación municipio de Guadalupe.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

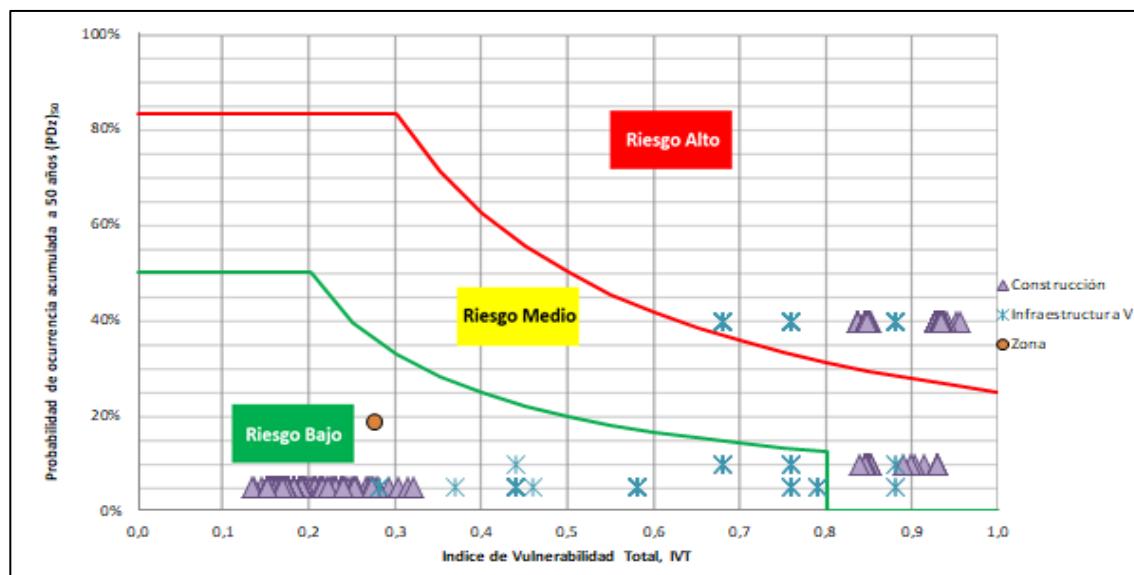
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 381 de 437

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 14.7. RESULTADOS POR AVENIDA TORRENCIAL

En la Ilustración 239 se presenta el comportamiento de los elementos expuestos dentro de las tres categorías de riesgo por avenida torrencial (Baja, media y alta), identificando que estos presentan todas las categorizaciones posibles, esto debido a que no se presenta un comportamiento homogéneo entre la distribución de la amenaza, las condiciones socioeconómicas y características culturales de la población, las características estructurales de los predios y características de la malla vial sirve para identificar de manera visual la distribución de los elementos expuestos en las categorías de riesgo, ya que cuantitativamente no es posible establecer el número de valores ubicados en cada categorización, hay elementos expuestos que presentan el mismo IR.



**Ilustración 239. Categorización del nivel de riesgo por avenida torrencial de los elementos expuestos para el escenario actual.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

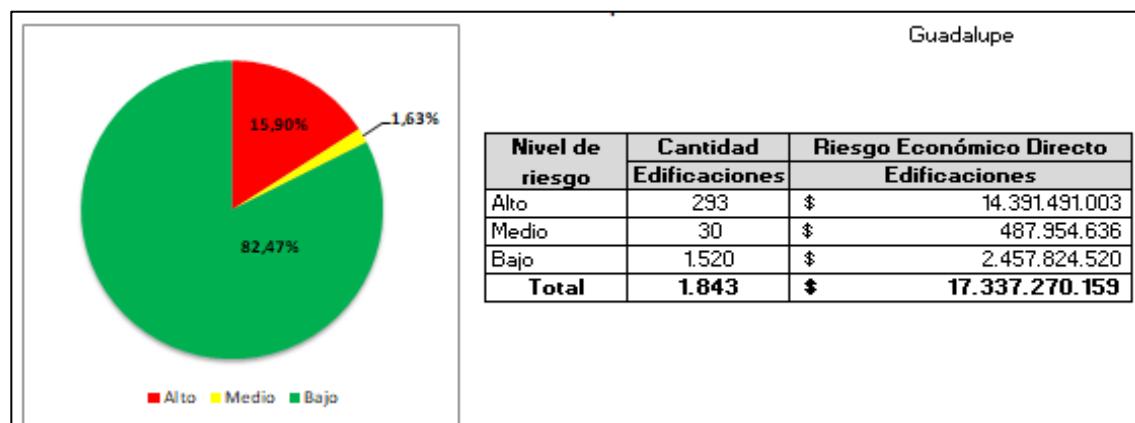
**Tabla 170. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por avenida torrencial del municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	IVT <sub>z</sub>	(P(Dz) <sub>50</sub> ) <sub>z</sub>	IR <sub>z</sub>
Municipio de Guadalupe	0,28	0,18	0,05

**Fuente:** Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

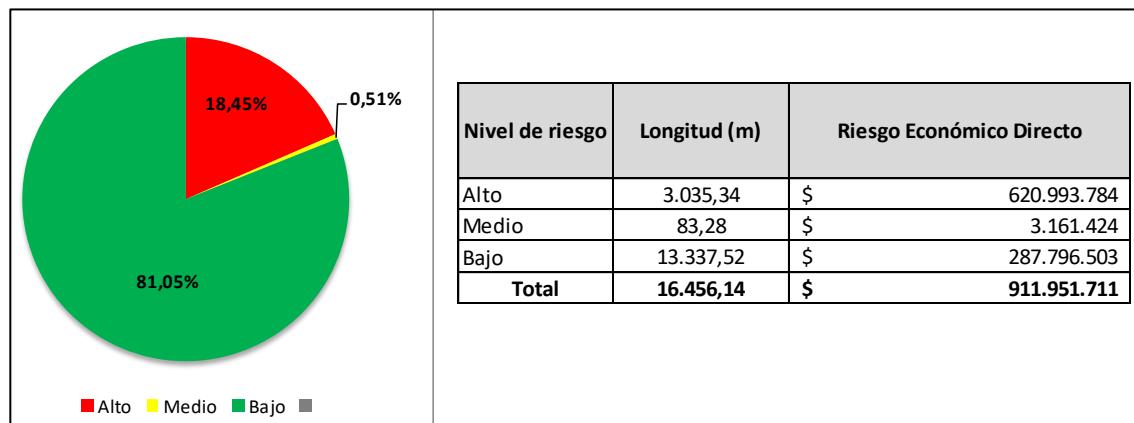
En la Ilustración 240 se representan el valor correspondiente al riesgo del municipio de Guadalupe el cual se encuentra en la Tabla 170, según los cuales Guadalupe tiene todas las categorizaciones de riesgo por avenida torrencial.



**Ilustración 240. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Avenida Torrencial.**  
**Fuente:** Geocinc S.A.S.

Las pérdidas económicas esperadas para los predios son de \$ 17.337'270.159 como se logra identificar en la Ilustración 240, estableciendo que las mayores pérdidas se presentan en los predios con riesgo alto con \$14.391'491.003 lo cual representa el 15,90% de las pérdidas para las construcciones existentes en el municipio, seguido de las pérdidas esperadas para los predios que se encuentran en riesgo bajo (1.520) \$ 2.457'824.520 las cuales representan el 82,5% del total de los predios; a pesar que en riesgo medio se encuentran 30 predios se presenta un riesgo económico de \$ 487'954.636 lo cual corresponde al 1,6% de las pérdidas económicas esperadas. Es importante destacar que las pérdidas esperadas para el riesgo alto son mayores dado a que en esta categoría se presentarían mayores afectaciones a la infraestructura lo que implica una perdida mayor a comparación del riesgo bajo, donde se afectan más predios de forma no considerable.

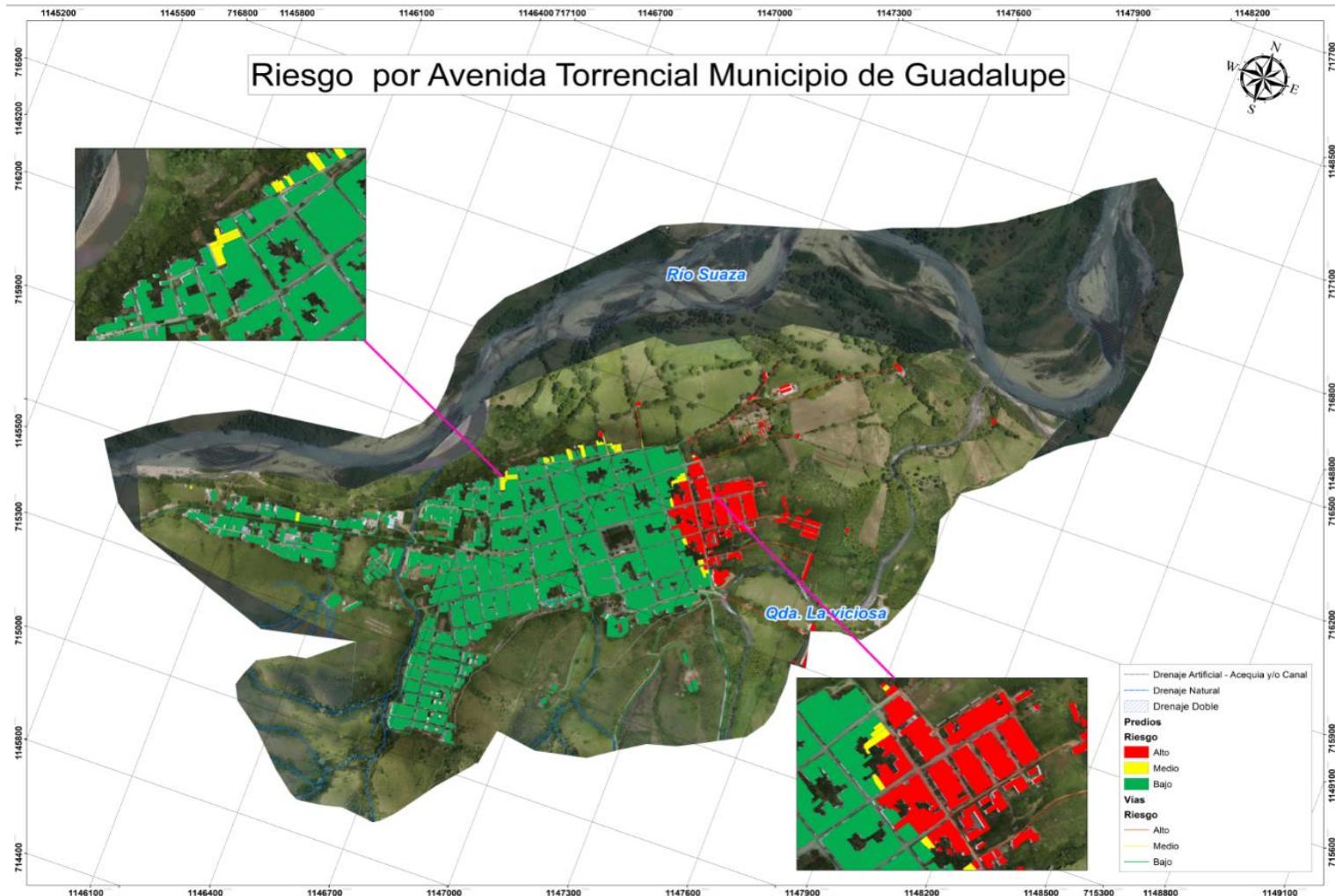
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 241. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Avenida Torrencia.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

El riesgo económico para las vías en el municipio de Guadalupe es igual a \$911'951.711 los cuales se distribuyen en las categorías de riesgo bajo, alto y media. Para los tramos categorizados en riesgo bajo se identificaron 13,3 Km con unas pérdidas de \$287.796.503, seguido de riesgo alto corresponden a un tramo de 3,0 Km los cuales representan el 18,4% del total de las vías y unas pérdidas económicas de \$620'993.784 y para el riesgo medio se identificaron 0,1 Km (0,5%) con unas pérdidas esperadas de \$ 3.161.424. A continuación se presenta el mapa final de avenida torrencia Ilustración 242.



**Ilustración 242. Mapa de riesgo por avenida torrencial municipio de Guadalupe.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 14.8. MITIGABILIDAD DEL RIESGO ALTO

### 14.8.1 *Mitigabilidad por Movimientos en masa*

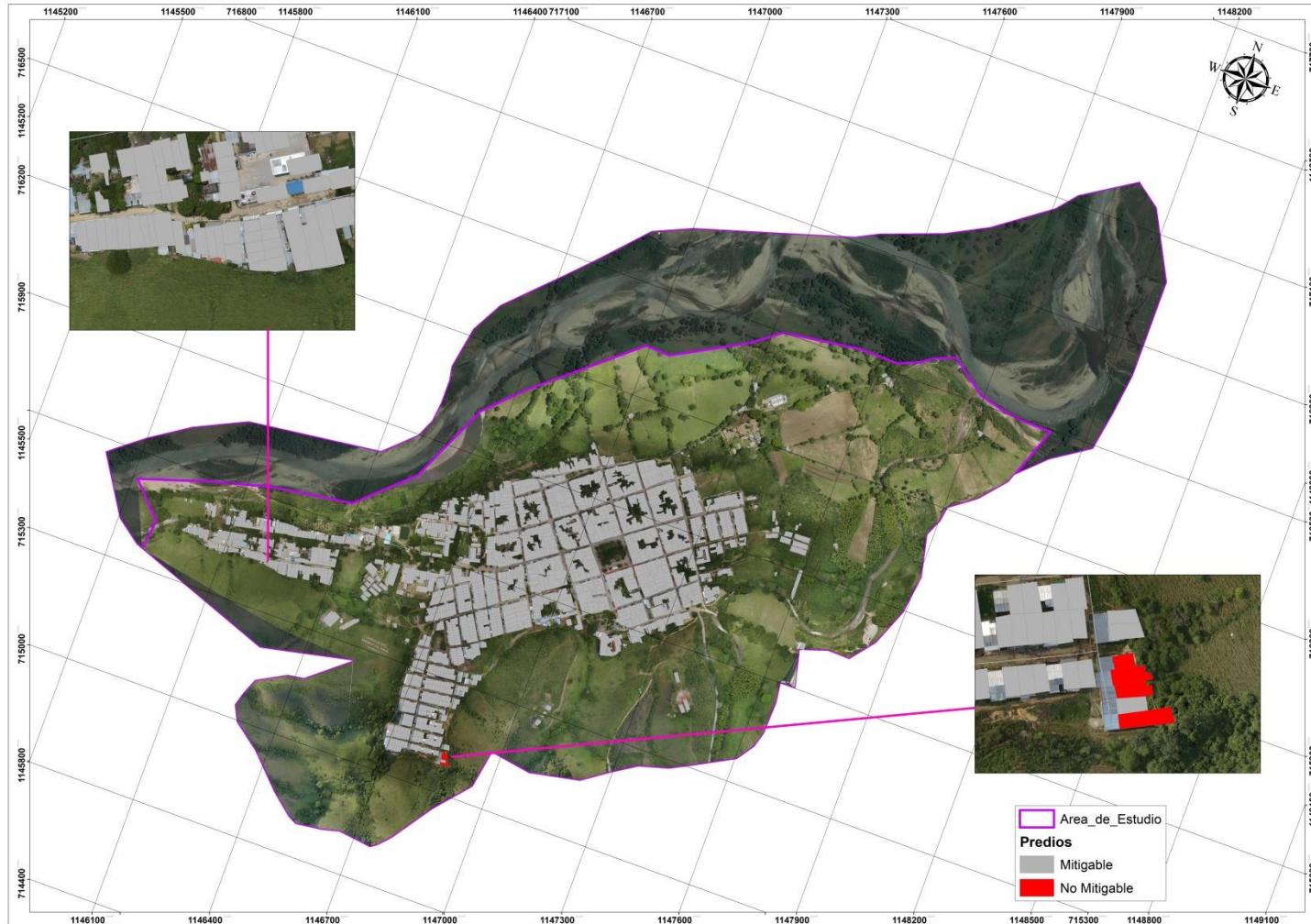
De acuerdo a los análisis de riesgo realizados para este estudio de acuerdo con la amenaza por movimientos en masa, junto con el análisis de riesgo por movimientos en masa, se identificó que el riesgo alto de los predios es mitigable ya que, para la implantación de medidas estructurales y no estructurales no se ve afectada físicamente ninguna vivienda. En la ilustración 199 se logra ubicar la vivienda que presentan riesgo alto no mitigable.

### 14.8.2 *Mitigabilidad por Inundación*

Según los análisis de riesgo realizados para este estudio de acuerdo con la amenaza de Inundación, se identificó un predio con riesgo alto No mitigable ante la amenaza por Inundación, en razón que no existe alguna medida estructural que mitigue este riesgo sin verse afectado el predio. Esto se debe a que esta vivienda se encuentra inmersa en la ronda hidráulica de la quebrada La viciosa y por lo tanto se ven afectada por el incremento de la lámina de agua en temporada invernal, por lo cual se considera un sitio crítico y se debe reubicar con el propósito de proteger las vidas humanas que día a día se encuentran expuestas a la amenaza por inundación. En la ilustración se logra ubicar la vivienda que presentan riesgo alto no mitigable.

### 14.8.3 *Mitigabilidad por Avenida Torrencial*

Por los análisis de riesgo realizados para este estudio de acuerdo con la amenaza de Inundación, se identificó un predio con riesgo alto No mitigable ante la amenaza por Inundación, en razón que no existe alguna medida estructural que mitigue este riesgo sin verse afectado el predio. La vivienda se encuentra inmersa en la ronda hidráulica de la quebrada ella Viciosa y por lo tanto se ven afectada por el incremento de la lámina de agua en temporada invernal, por lo cual se considera un sitio crítico y se debe reubicar con el propósito de proteger las vidas humanas que día a día se encuentran expuestas a la amenaza por inundación. En la ilustración 200 se logra ubicar la vivienda que presentan riesgo alto no mitigable.



**Ilustración 243. Mapa de mitigabilidad por Movimientos en masa.**  
Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 244. Mapa de mitigabilidad por Inundación.**  
Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 245. Mapa de mitigabilidad por Avenida Torrencial.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 15. RONDA HÍDRICA Y ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

### 15.1. RONDA HÍDRICA

De acuerdo con el artículo 206 (Rondas Hídricas) de la Ley 1450 de 2011 - Plan Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos”, establece que “Corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua (rondas hídricas) y el área de protección o conservación aferente”.

Po lo cual en el presente capítulo contiene los resultados de la Zonificación de Manejo Ambiental y ronda de protección de drenajes para el municipio de Guadalupe.

El enfoque está planteado para ser desarrollado en diferentes fases, entre ellas definición del límite funcional y su caracterización socio-cultural, así como la definición de medidas de manejo ambiental.

Se deberá considerar el resultado de la delimitación física de la ronda hídrica, así como su grado de ocupación y uso de la tierra identificando las zonas urbanas y rurales. Se deberán involucrar las proyecciones que se tienen desde los actores como posibles escenarios de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables dentro de la ronda hídrica haciendo una distinción entre sus dos elementos constituyentes debido a que éstos tienen diferentes grados de condicionamientos para el manejo ambiental. El primer elemento de la ronda hídrica será el más restrictivo desde el punto de vista de la ocupación antrópica, ya que es la zona que se inunda periódicamente y en la que está la vegetación de ribera por lo que la estrategia fundamental será la de preservación, y cuando aplique la de restauración. En los casos particulares de ríos de montaña, donde la estabilidad geotécnica sea un factor detonante de riesgos en personas, bienes y servicios ya expuestos y susceptibles de ser dañados por la ocurrencia de movimientos en masa, tales tramos deben incluirse dentro del primer elemento.

La metodología general se fundamenta en la identificación de áreas que ofrecen diversos niveles de sensibilidad en función de sus propiedades intrínsecas asociadas con la oferta ambiental y la prestación de servicios de orden social y ambiental; es así como, se tienen en cuenta los siguientes criterios, orientados a la identificación y definición de dichas unidades.

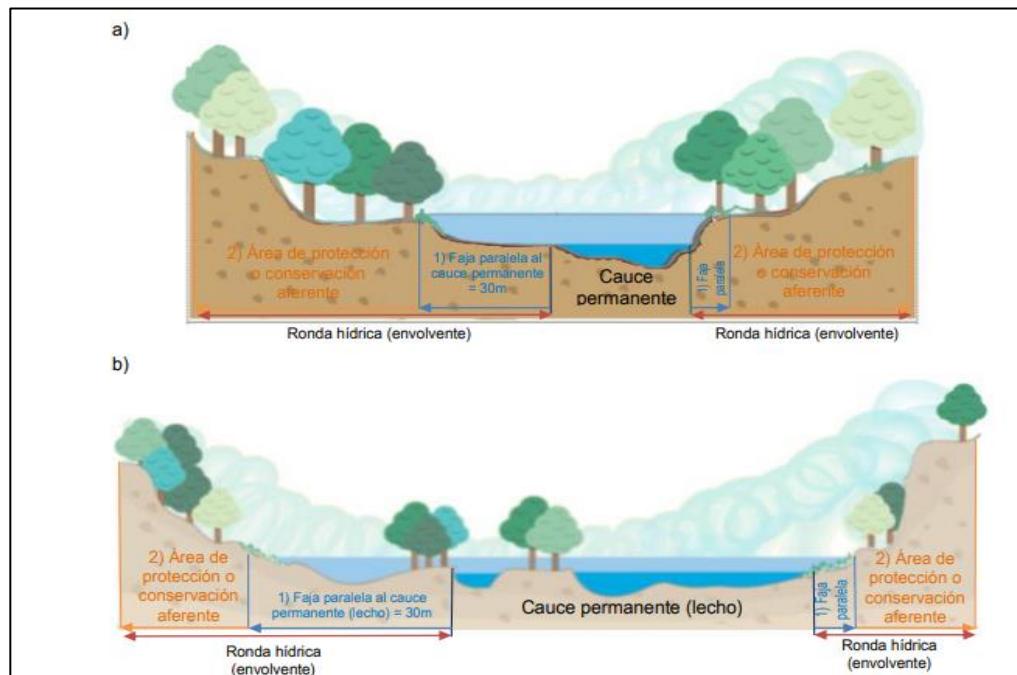
 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Este nivel de sensibilidad de la oferta ambiental, permite definir entonces el nivel de intervención de tal manera que se garantice la sostenibilidad ambiental, en función de los requerimientos de las diferentes actividades proyectadas.

Es importante señalar que de forma general, la sensibilidad presenta un comportamiento inverso a la aptitud del área frente al desarrollo de proyectos, esto es que a mayor sensibilidad menor aptitud, y a menor sensibilidad mayor aptitud.

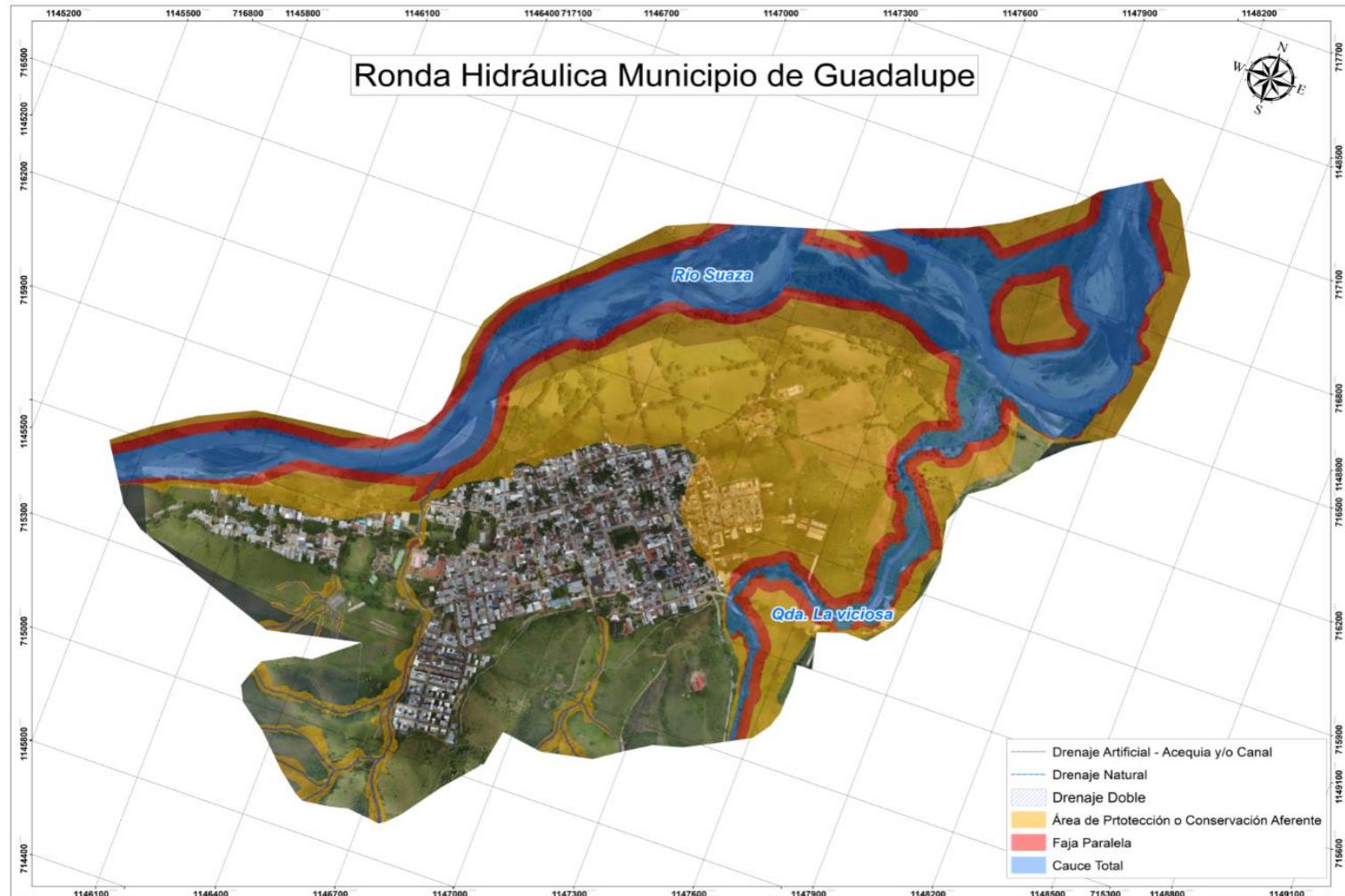
#### **15.1.1 Elementos constituyentes de la ronda hídrica**

Dentro del límite físico de la ronda hídrica se encuentran sus dos elementos constituyentes establecidos en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011: i) “la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974”, ii) “y el área de protección o conservación aferente” (Ver Ilustración 242). La delimitación de dichos elementos y sus atributos definidos desde las estrategias para su manejo ambiental se representarán cartográficamente y se deberán tener en cuenta por parte de las entidades competentes en las actuaciones a que haya lugar.



**Ilustración 246. Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual a 30 metros y el resto es hasta el límite de la envolvente de los tres componentes.**

Fuente: **GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA, BOGOTÁ 2018.**



**Ilustración 247. Delimitación de la ronda hidráulica para los drenajes presentes en el municipio de Guadalupe**

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### **15.1.2 Estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas.**

De acuerdo con lo establecido en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (Minambiente, 2012), "la conservación es un concepto que trasciende la visión asociada exclusivamente a la preservación de la naturaleza; la conservación debe ser entendida y gestionada como una propiedad emergente, generada a partir del balance entre acciones de preservación, uso sostenible, generación de conocimiento y restauración de la biodiversidad, de manera que se mantenga o incremente la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos y con ella el suministro de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano". En tal sentido, para el logro del objetivo de conservación se tienen estrategias relacionadas con la preservación, restauración y uso sostenible.

La preservación se refiere a mantener la composición, estructura y función de la biodiversidad, conforme a su dinámica natural y evitando los posibles disturbios que ocasionen las acciones humanas. En estos casos estarían, por ejemplo, aquellas áreas donde se encuentre bosque de ribera nativo (bosque de galería).

La restauración se enfoca en restablecer parcial o totalmente la composición, estructura y función de la biodiversidad, en áreas de la ronda hídrica que hayan sido alteradas o degradadas que contribuyan a la conectividad ecológica.

El establecimiento de áreas para uso sostenible permite actividades que no afectan la funcionalidad de la ronda hídrica, es decir que las actividades que allí se desarrolle no alteren los atributos actuales identificados en sus tres componentes físico-bióticos.

Considerando lo anterior, se debe propender por el desarrollo de los enfoques de adaptación y mitigación basados en ecosistemas. La adaptación basada en ecosistemas es un enfoque para aumentar y mantener la capacidad adaptativa y reducir el riesgo de degradación o colapso de los socio-ecosistemas al cambio ambiental (incluido el cambio climático) integrando el uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en una estrategia global de adaptación (Minambiente, 2012). La mitigación basada en ecosistemas se fundamenta en la capacidad que tienen todos los ecosistemas, para detener o reducir las causas que amenazan la integridad estructural y funcional de los socio-ecosistemas, poniendo en riesgo la resiliencia de la biodiversidad, y por ende la provisión de los servicios derivados de esta (Minambiente, 2012).

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

## 15.2. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación de manejo ambiental se obtuvo a partir de la categorización de zonas amenaza (alta) y riesgo (alto mitigable y no mitigable), determinación de las rutas hídricas de protección con base en su cota máxima de inundación y protección de la parte superior e inferior de laderas y taludes definida para el presente estudio con base en los resultados de ensayos geotécnicos y análisis de estabilidad de las diferentes laderas que se presentan en los sitios de estudio, garantizando un mayor nivel de detalle y precisión.

La zonificación de manejo ambiental permitió junto con el análisis del mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo, establecer los usos recomendados y ofrecer herramientas técnicas que permitan la definición de áreas de especial significancia ambiental contenidos en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de esta forma, constituirá una herramienta de planificación ambiental para su desarrollo, teniendo en cuenta el nivel de intervención antrópica existente y las características de los proyectos y obras a realizar.

### 15.2.1 Metodología de Zonificación

La metodología general se fundamenta en la identificación de áreas que ofrecen diversos niveles de sensibilidad en función de sus propiedades intrínsecas asociadas con la oferta ambiental y la prestación de servicios de orden social y ambiental; es así como, se tienen en cuenta los siguientes criterios, orientados a la identificación y definición de dichas unidades.

Este nivel de sensibilidad de la oferta ambiental, permite definir entonces el nivel de intervención de tal manera que se garantice la sostenibilidad ambiental, en función de los requerimientos de las diferentes actividades proyectadas. Es importante señalar que de forma general, la sensibilidad presenta un comportamiento inverso a la aptitud del área frente al desarrollo de proyectos, esto es que a mayor sensibilidad menor aptitud, y a menor sensibilidad mayor aptitud. Ilustración 258.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

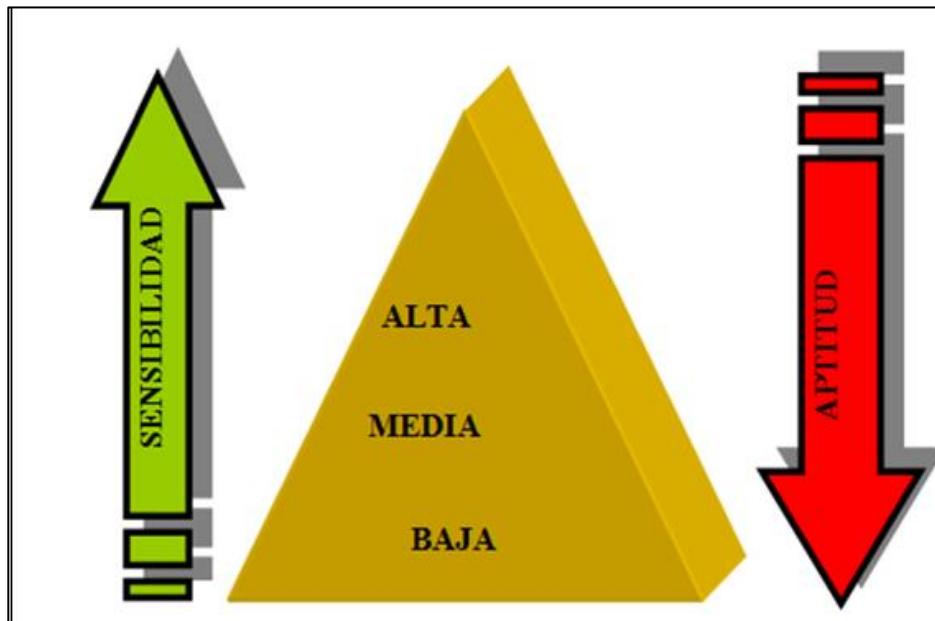


Ilustración 248. Relación Entre Sensibilidad y Aptitud Frente a proyectos  
 Fuente: Geocinc S.A.S.

A partir de lo anterior, fueron definidas las siguientes áreas de manejo ambiental:

• **Área de exclusión (AE) Sensibilidad muy alta**

Son aquellas que ofrecen una sensibilidad ambiental o social elevada impidiendo el desarrollo de ciertas actividades en su interior. Por sus características de vulnerabilidad *no es posible la realización de proyectos*, no solamente desde el punto de vista de ecosistema y social sino desde el punto de vista técnico como construcción de vías de acceso, viviendas; ni como tampoco captaciones de vertimientos. En la Tabla 171 se identifican los diferentes sectores estudiados para la representación final del mapa de zonificación Ambiental.

Tabla 171. Relación de áreas de exclusión zona de estudio

Unidad	Sensibilidad	Descripción
Exclusión	Muy Alta	Rondas de protección de drenajes principales y sus tributarios.
		Rondas de protección de manantiales de carácter permanente o intermitente.
		Zonas de amenaza alta por Inundación, Avenida Torrential y Movimientos en masa
		Zonas que forman parte de corredores ecológicos.

Fuente: Geocinc S.A.S.

Por otra parte, se incluyen dentro de estas áreas de exclusión aquellas con intenso desarrollo de procesos morfodinámicos referidos a erosión y/o

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

movimientos en masa, se incluyen las zonas de laderas natural con pendientes superiores a 45°, zonas intervenidas inestables y zonas de laderas naturales o intervenidas potencialmente susceptibles a inestabilidad. De igual forma, se puede incluir en estas zonas, aquellas áreas en las que la intervención antrópica, como la tala y quema de la cobertura vegetal, construcción de viviendas sin normas técnicas, inadecuada captación y manejo de las aguas residuales domésticas y de escorrentía; y disposición de escombros, entre otros, pueden llegar a crear sectores inestables.

#### • Uso recomendado

Este tipo de área de protección puede ser usada para lo siguiente:

- Pueden ser adecuadas y utilizadas para recreación pasiva o contemplativa mediante la implementación de miradores o senderos ecológicos.
- Obras de servicio público (interceptores de alcantarillado, Sistemas de Tratamiento "PTAR").
- Obras de control y mitigación de riesgo.
- Parques lineales (malecones, áreas arborizadas, paseos, alamedas)

Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM.

#### • Ronda de protección de drenajes

Estas zonas corresponden a los bordes de ríos y quebradas en cuyas márgenes se asocian los últimos relictos de bosque de galería, conformados por especies arbóreas, mezclados con rastrojo alto en zonas de laderas y que en la actualidad se encuentran altamente intervenidos por actividades antrópica. Son áreas potencialmente inundables por las corrientes principales y sus tributarios cuya ronda de protección se determinó a partir de las cotas máximas de inundación para períodos de retorno de 100 años, cuyos resultados se relacionan en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Relación de ronda de protección de drenajes**

Municipio	Drenaje	Período de retorno de 100 años	Zona de protección (m)	Protección desde la corona del talud (m)
Guadalupe	Qda. El Pueblo	100	10	5
	Qda. El Putio	100	10	5
	Qda. Tinajas	25	10	5
	Qda. La Pita	25	5	

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

### • **Aislamientos mínimos en cauces**

Para la determinación de los aislamientos mínimos de cauces, requiere la definición de **Creciente Básica**, la cual corresponde a la creciente que solo tiene 1% de posibilidad de ocurrencia en un año, lo cual equivale a una creciente con periodo de retorno de 100 años, nivel a partir del cual se definieron los aislamientos mínimos entre los proyectos y los cauces de los ríos quebradas o corrientes los cuales se describen a continuación:

#### **1. Cauces principales**

Los cauces principales son definidos como aquellos con crecientes básica superior a 100 metros cúbicos por segundo, para el área de estudio está referido No se presentan cauces principales. El aislamiento o zona de protección entre el proyecto y los cauces principales debe ser superior en todos los casos a más de 20 metros de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años).

#### **2. Cauces secundarios**

Los cauces secundarios son definidos como aquellos con caudales entre **10 y 100** metros cúbicos por segundo. El aislamiento o zona de protección entre los proyectos y los cauces secundarios debe ser superior en todos los casos a más de **10 metros** de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años).

#### **3. Demás cauces**

Para los demás cauces y corrientes permanentes o no permanentes, con caudales máximos para la creciente básica (Período de retorno de 100 años) inferiores a **10** metros cúbicos por segundo, para el área de estudio no se presentan Cauces. El aislamiento debe ser superior en todos los casos a más de **5 metros** de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años). Se presenta a continuación la zona de protección para cada uno de los cauces del municipio de Guadalupe.

**Tabla 172. Área de protección para cauces secundarios.**

Municipio	Drenaje	Período de retorno de 100 años	Cauce promedio (m <sup>3</sup> /seg)	Zona de protección (m)
Guadalupe	Qda. El Pueblo	100	10 -100	10
	Qda. El Putio	100	11 -100	10
	Qda. Tinajas	100	12 -100	10
	Qda. La Pita	100	13 -100	10

Fuente: Geocinc S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

- **Área de Alta restricción (AAR) Sensibilidad alta**

Indica las áreas donde se pueden desarrollar proyectos, pero con restricciones, poniendo en práctica las medidas de control ambiental debido a su alta sensibilidad. Corresponden a las franjas de protección de laderas y aquellos sectores localizados entre cotas de inundación para períodos de retorno de 100, 500 y mayores a 500 años, sobre las cuales sólo se permitirá la intervención con obras lineales y puntuales de baja densidad; las cuales requerirán para su desarrollo la realización de una serie de medidas de prevención, control hidrológico y geotécnico.

- **Zona de protección de laderas**

La definición de esta zona se realiza con base en los aspectos *geomorfológicos* y *geotécnicos*. El primero de ellos establece el grado de inclinación de las laderas y el desarrollo de procesos morfodinámicos y la segunda el comportamiento geomecánico de los materiales que las constituyen, las cuales definen franjas de protección comprendida entre el cambio de la pendiente de estas y la parte horizontal en la parte superior y baja de laderas y taludes.

Las zonas referidas a la parte superior están constituidas de forma general por el depósito no consolidado tipo de abanico aluvial y en algunos sectores por rellenos antrópicos (disposición de escombros); mientras en la parte inferior se registra la presencia de depósitos de planicies aluviales, terrazas, y de ladera (coluviones y derrubios). El comportamiento geomecánico de este tipo de material facilita la erosión pluvial (calvas de erosión) e hídrica (surcos, cárcavas y zanjas) y movimientos en masa de tipo deslizamiento rotacional, reptación, flujos de detritos y terracetas, desarrollados preferencialmente en el cambio de pendiente hacia las laderas de los drenajes principales, situación favorecida por el régimen pluviométrico, al carácter no consolidado del material, pendiente del terreno y el limitado desarrollo de la cobertura vegetal protectora.

La cobertura vegetal predominante en estas zonas está asociada a bosques y áreas seminaturales, pastos naturales y enmalezados, vegetación herbácea o arbustiva, destacando que su uso está referido en algunos sectores al desarrollo de viviendas de barrios *informalmente* establecidos o de construcciones de diferente tipo que constituyen las zonas de asentamientos del municipio.

Con base en lo anterior, se determinó para las diferentes zonas que constituyen el área de estudio una zona de protección de ladera mínima de diez (**10**) metros para la parte superior, que puede ser superior en laderas mayores a 15 m de

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

altura y de acuerdo a los resultados de análisis de estabilidad, y de cinco **(5)** metros para la parte inferior.

• **Uso recomendado**

Zonas de protección ambiental

- Zonas de recreación activa, pasiva y contemplativa (parques, losas deportivas, parques infantiles áreas arborizadas, paseos, alamedas o equipamiento para actividades culturales aire libre).
- Vías urbanas, obras de servicio público

Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM.

• **Aislamiento mínimo de laderas y taludes**

De acuerdo a los análisis realizados para determinar la estabilidad de laderas y taludes, se determinó que la superficie de falla se puede presentar a menos de 5 m de la corona del talud en condiciones estáticas o dinámicas, sin embargo, esta distancia lo es para el caso en que ocurra una superficie de falla con el menor factor de seguridad que se establezca para el talud. Esta se ha determinado para alturas que oscilan entre 5 m y 12 m, pero para alturas superiores puede aumentar dicho rango.

Para los suelos y rocas observados en las diferentes zonas que conforman el área de estudio, en los que predominan ángulos de fricción de 30°, excepto algunos sectores, y donde la cohesión es baja, se podría establecer que en promedio un ángulo relativamente estable para un talud o una ladera es de 60° con respecto a la horizontal. Esto no será válido para los sectores en los que la ladera esté conformada por suelos netamente arcillosos o limosos, en los que el ángulo de inclinación del talud tendrá que ser al menos de 45° o menos. Si consideramos un talud hipotético vertical y le calculamos las cuñas de falla a 60°, 45° y 30° (ángulo respecto a la horizontal), se tendrían los siguientes datos, Tabla 173.

Lo anterior es considerando una proyección geométrica, pero los materiales no obedecen a dichas proyecciones, por lo que sólo se puede sugerir unas distancias de protección para laderas que tengan menos de 15 m de altura, porque como lo muestra la proyección geométrica, las distancias posibles para alturas mayores se hacen también muy grandes y esto podría causar conmoción para quienes administran valores de terreno. De acuerdo a la Tabla 142, si se tuviese un talud de 15 m con una inclinación de 45° en materiales blandos y fallaran alcanzando

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

un ángulo de reposo de 30°, la distancia a la cual ocurriría la superficie de falla sería (25.98 – 15), esto es 10.98, sin considerar falla retrogresiva.

**Tabla 173. Cuñas probables de falla para un talud vertical a diferentes alturas.**

ÁNGULO VERTICAL	ALTURA TALUD (m)	DH CUÑA	OBSERVACIONES
30°	5	2.88	Aplica para taludes en suelos ligeramente consolidados y rocas blandas
	10	5.77	
	15	8.66	
	20	11.54	
45°	5	5	Aplica a taludes en rocas blandas arcillosas y suelos granulares con cierto contenido de finos
	10	10	
	15	15	
	20	20	
60°	5	8.66	Aplica a taludes con suelos arcillosos y limosos
	10	17.32	
	15	25.98	
	20	34.64	

Fuente: Geocinc S.A.S.

Teniendo en cuenta que en el municipio se tienen laderas con alturas que varían entre los 10 y 15 m de altura, el recomendar una distancia mínima de seguridad de **10 m** se considera aceptable, dado que los suelos y rocas no son tan blandos. Para alturas mayores a 15 m, es conveniente la definición de esta distancia por análisis de estabilidad, la cual muy seguramente será mayor de 10 m.

Al realizar el análisis respectivo para la base del talud es conveniente tener en cuenta que el volumen desplazado, la altura del talud y la presencia de obras de contención, y en ellas su altura y tipo. El recomendar como mínimo una distancia de **5 m** de aislamiento entre el talud y una zona de ropa o de descanso, es conveniente, cuando no se tienen obras de protección; pero en ningún momento se debería tener zonas habitadas como habitaciones o zonas de trabajo a menos de dicha distancia. Sin embargo, esta zona debe aumentar en distancia al aumentar la altura del talud o del corte que se realice.

Finalmente, establecer esta distancia, como una receta, no es posible aún, ya que debemos contar con que los suelos y las rocas presentan gran variabilidad tanto en el sentido vertical como en el horizontal, y no podemos por lo tanto, definir su comportamiento de una manera precisa. Las áreas que pueden ser utilizadas para el desarrollo urbanístico condicionadas a lo siguiente:

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

- Estudios geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos detallados
- Previas obras de control y mitigación para las amenazas presentes
- Previo permisos de aprovechamiento forestal
- Cumplimiento a la Norma Sismo resistente y a la normatividad vigente para el desarrollo de proyectos urbanísticos

Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM.

#### • **Área de Mediana restricción (AMR) Sensibilidad Media**

Esta zona de amenaza media se encuentra dada por inundación, avenida torrenciales y por movimientos en masa y área de cobertura vegetal de importancia ambiental.

Zonas de mediana sensibilidad ambiental, en las cuales es posible el desarrollo de proyectos, siguiendo algunas medidas de manejo ambiental.

Esta unidad se encuentra representada por el color amarillo en el Mapa de Zonificación Ambiental

Dentro de estas zonas de mediana exclusión se recomienda diferentes usos en los cuales pueden ser utilizadas estas áreas:

- Zonas de Protección Ambiental
- Zonas de recreación activa, pasiva y contemplativa (parques, losas deportivas, parques infantiles, áreas arborizadas, paseos, alamedas o equipamiento para actividades culturales al aire libre).
- Vías urbanas, obras de servicio público
- Áreas que pueden ser utilizadas para el desarrollo urbanístico condicionadas a los permisos de aprovechamiento forestal ante la CAM.

#### • **Área de Alta restricción (AAR) Sensibilidad alta**

Indica las zonas susceptibles de intervención sin restricciones especiales, distintas de las prácticas de buen manejo ambiental favorecidas por su baja sensibilidad.

Este tipo de áreas corresponden a las de mayor distribución en las diferentes zonas evaluadas, sobre la que se presenta el desarrollo de construcciones e infraestructura en los sectores estudiados, y es representada por el color verde en el Mapa de Zonificación Ambiental.

Dentro de estas zonas pueden ser susceptibles de intervención sin restricciones especiales, en donde se presenta compatibilidad con el desarrollo de proyectos urbanísticos, dado que los impactos potenciales se ven reducidos. Sin embargo,

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

lo anterior obliga al cumplimiento de la Norma Sismo Resistente y a la normatividad vigente para el desarrollo de proyectos urbanísticos. Con base a el análisis de la información de los mapas temáticos de las componentes geoambientales definidas para el presente estudio se agrupan y se definen las áreas que conforman la zonificación ambiental para el área de estudio, las cuales se describen a continuación, relacionando los criterios técnicos que las definen y sus principales usos que se recomiendan con base en la síntesis de resultados de la presente evaluación.

A partir de la diferenciación de las áreas de exclusión se realizó el Mapa de Zonificación Ambiental del municipio de Guadalupe en escala 1:2.000, en los que se puede apreciar la distribución de las unidades encontradas asignándole a cada unidad un color en función del grado de intervención como se indica en la Tabla 174.

**Tabla 174. Áreas de zonificación ambiental para la zona de estudio.**

COLOR	SÍMBOLO	ÁREA	DESCRIPCIÓN	USOS RECOMENDADOS
	AE	Área de exclusión	Rondas de protección de drenajes principales y sus tributarios. Zonas de amenaza alta por inundación, erosión o movimientos en masa, Zonas que forman parte de los corredores ecológicos, Cobertura forestal asociadas a rondas de protección.	Áreas de protección que pueden ser usadas para lo siguiente:- Pueden ser adecuadas y utilizadas para la recreación pasiva o contemplativa mediante la implementación de miradores o senderos ecológicos.- Obras de servicio público (interceptores de alcantarillado, sistemas de tratamiento PTAR).- Obras de control y mitigación del riesgo, parques lineales, áreas arborizadas. Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la CAM.
	AAR	Área de alta restricción	Zona de protección de ladera mínima de diez (10) metros para la parte superior, que puede ser superior en laderas mayores a 15 m de altura y de acuerdo a los resultados de los análisis y de cinco (5) metros para la parte inferior.	Zonas de protección ambiental. Zonas de recreación activa, pasiva y contemplativa (parques, losas deportivas, parques infantiles, áreas arborizadas, paseos, alamedas o equipamientos para actividades culturales). Vías urbanas, obras de servicio público. Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la CAM.
	AMR	Área de mediana restricción	Zona de amenaza media por inundación, avenidas torrenciales y por movimientos en masa. Área de cobertura vegetal de importancia ambiental	Áreas que pueden ser utilizadas para el desarrollo urbanístico condicionadas a lo siguiente: - Estudios geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos detallados. Previas obras de control y mitigación para las amenazas presentes. Previo permisos de aprovechamiento forestal. Cumplimiento a la Norma sismoresistente para el desarrollo de proyectos urbanísticos. Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la CAM.
	ASR	Área sin restricción	Zonas estables ante movimientos en masa e inundaciones y avenidas torrenciales y sin cobertura vegetal que represente importancia ambiental	Áreas susceptibles de intervención sin restricciones especiales, en donde en presente compatibilidad con el desarrollo de proyectos urbanísticos.

Fuente: Geocing S.A.S.

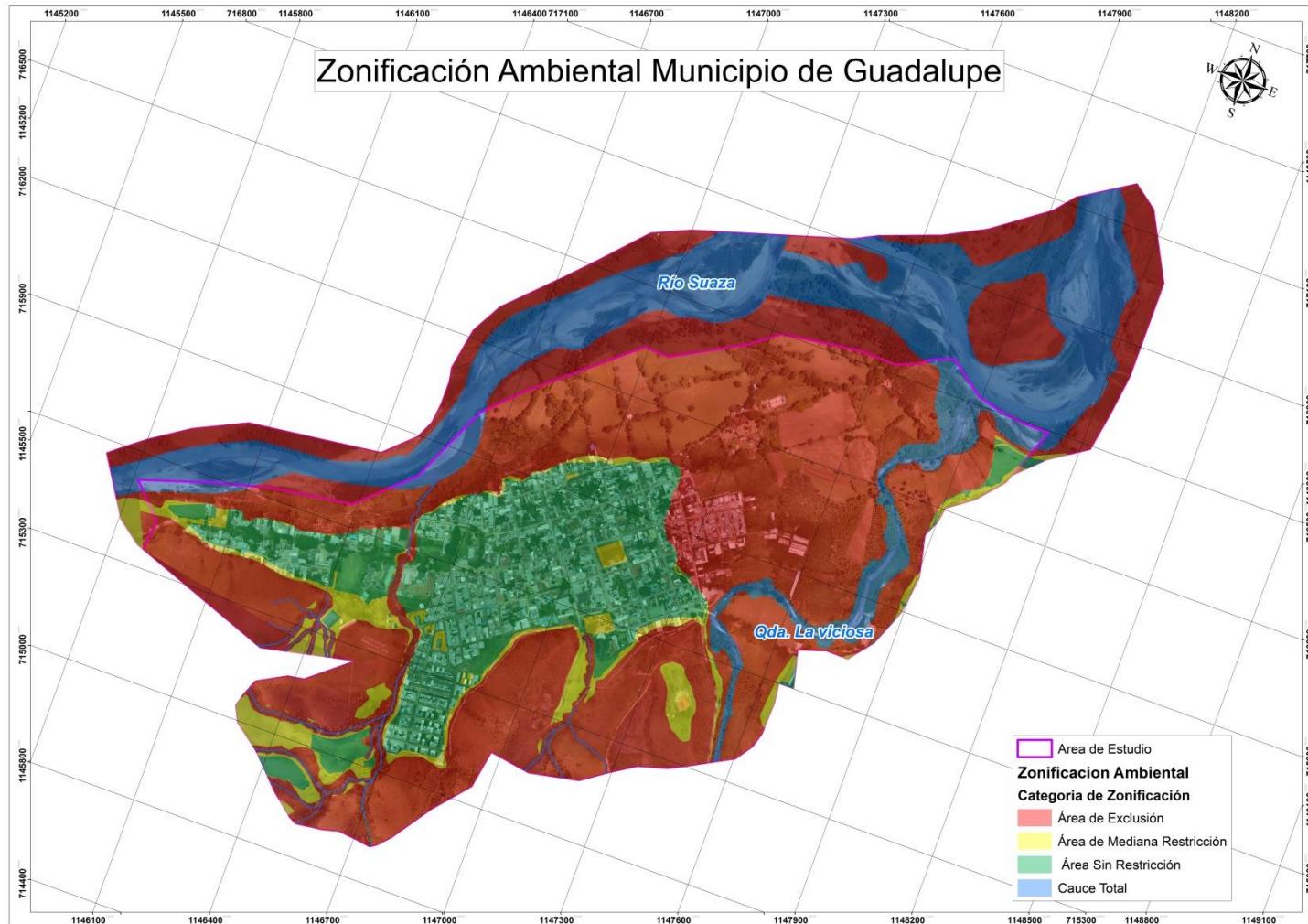
	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

En la Ilustración 260 representa la Zonificación Ambiental final del municipio de Guadalupe está permitirá tener en un documento cartográfico de los elementos que conforman la síntesis ambiental del área evaluada y a la vez indicará los requerimientos en cuanto a la aplicación de planes de manejo específicos encaminados a evitar, mitigar, corregir, compensar y manejar los posibles impactos ambientales generados por las actividades a ser ejecutadas en los diferentes proyectos.

Tabla 175. Resumen de área de la zonificación ambiental

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
AE	Área de exclusión	156.89	71.83%
AMR	Área de mediana restricción	14.55	6.66%
ASR	Área sin restricción	46.985	21.51%
	Total	218.42	100%

Fuente: Geocinc S.A.S.



**Ilustración 249. Mapa de zonificación Ambiental, Municipio de Guadalupe.**

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 16. MEDIDAS DE INTERVENCIÓN

### 16.1. MOVIMIENTOS EN MASA

Como parte del objetivo de mitigación del riesgo, se tiene que, generar la reducción de la categoría de amenaza por movimientos en masa mediante intervenciones en el terreno tendientes a mejorar las condiciones de estabilidad, controlar las variaciones o incremento de humedad del terreno y reducir el efecto de los factores detonantes como el agua, sismo y sobrecargas que actúan en diferentes áreas del municipio.

Por otro lado, está la reducción de la vulnerabilidad de los elementos expuestos en términos de mejorar su resistencia para soportar las acciones que puede genera la amenaza en caso de materializarse. Adicionalmente, está la reducción de la exposición de los elementos mediante el aislamiento con barreras de protección o mediante la modificación de la ubicación de los elementos expuestos con el propósito de alejarlo de la amenaza.

Con respecto a la reducción de la categoría de amenaza por movimientos en masa, las acciones a seguir están orientadas a mejorar las condiciones de estabilidad mediante el refuerzo del suelo con estructuras de contención, abatimiento de niveles piezométricos, descarga del suelo mediante reconformación geométrica del terreno. Adicionalmente, se requiere mitigar la acción de los factores detonantes, en este caso el agua mediante la implementación de obras de drenaje superficial y subsuperficial, los factores de sismo y sobre cargas se considera en este caso que no son controlables dado que el primero es de origen natural con una acción constante y el segundo obedece a las cargas previstas para el proyecto la cuales son de poca variación.

En cuanto a la reducción de la vulnerabilidad, las acciones son restringidas, por lo tanto, el nivel de vulnerabilidad permanece prácticamente constante, pues la resistencia se genera por los diseños estructurales existentes. La exposición también es mínimamente modificable dado que las estructuras tienen una localización específica, que desde el punto de vista espacial y de funcionalidad es muy poco variable. Finalmente se presenta de manera general la localización de las medidas de mitigación, igualmente en el Anexo 7. PLANOS DE OBRAS se encuentran los planos con localizaciones detalladas y los planos de detalles constructivos.

Las obras propuestas fueron el producto de realizar los análisis de estabilidad presentados a lo largo del área de estudio para cada una de las secciones, de acuerdo con las consideraciones anteriores, la distribución de amenaza en el área

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

de estudio y la distribución de la infraestructura proyectada y existente las medidas de mitigación del riesgo se dirigen en un Primer Nivel al manejo adecuado del agua superficial y subsuperficial para evitar incrementos significativos de presión de poros en el suelo y la alteración del suelo expuesto por ciclos de humedecimiento y secado; sumado al posible efecto de reblandecimiento de arcillas de alta plasticidad por incrementos de humedad.

En Segundo Nivel, y como complemento al Primer Nivel, las medidas de mitigación se orientan a la generación de geometrías adecuadas mediante la proyección de taludes de corte o relleno con inclinaciones seguras y mediante bermas intermedias, así como la previsión de aislamientos adecuados de la infraestructura a los bordes de taludes de cortes o rellenos, o al borde de laderas con niveles de amenaza alta y media.

#### **16.1.1 Medidas Estructurales**



**Ilustración 250. Vista de la zona más crítica por movimientos en masa.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

**Punto crítico 1:** como se evidencia en la localización de la zona crítica se encuentran en inmediaciones a movimientos en masa superficial tipo Reptación, las construcciones que tienen mayor afectación son las que se encuentran encerradas en el círculo color amarillo, ya que se realizaron corte en la ladera sin un adecuado manejo de aguas de infiltración. Estas viviendas se deben *reubicar*, dada el riesgo inminente antes la ocurrencia de un deslizamiento puntual tipo flujo de tierras o deslizamiento. Ver Ilustración 251 .

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
<b>GEOCING S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE



Ilustración 251. Viviendas que debe ser reubicada en el Pto. Crítico 1.  
 Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 176. Presupuesto estimado para la reubicación de las viviendas.

<b>GEOCING S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015	 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>			
<b>PRESUPUESTO REUBICACIÓN PTO. CRÍTICO 1</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	<b>GENERALIDADES</b>				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m <sup>2</sup>	1012	\$ 2,076	\$ 2,100,029
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>				
2.1	Demolición de Estructuras	m <sup>3</sup>	2023.50	\$ 130,958	\$ 264,992,683
2.2	Excavación mecánica en material común (incluye cargue)	m <sup>3</sup>	4047.00	\$ 13,177	\$ 53,328,546
2.3	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 28 km)	m <sup>3</sup>	1349	\$ 19,934	\$ 26,890,966
					VALOR OBRAS DE ADECUACIÓN Y DEMOLICIÓN \$ 347,312,224
					AIU 30% \$ 104,193,667
					VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS DE ADECUACIÓN Y DEMOLICIÓN \$ 451,505,892
3	<b>Compra de Viviendas</b>				
3.1	Viviendas de la zona de estudio	m <sup>2</sup>	675.00	\$ 550,000	\$ 371,250,000
					VALOR REPRESENTATIVO ADQUISICIÓN DE VIVIENDAS \$ 371,250,000
					VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO REUBICACIÓN PTO. CRÍTICO 1 \$ 822,755,892

Fuente: Geocing S.A.S.

En la zona aledaña a la curvatura de la vía que comunica a Guadalupe con el corregimiento de San Antonio de Pescado sobre la calle 1, existe un movimiento en masa antiguo que afecta 3 viviendas localizadas en la pata del deslizamiento, ver Ilustración 252.

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 252. Vista de la zona crítica por movimientos en masa sobre la vía que conduce a San Antonio de Pescado.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.



**Ilustración 253. Vista de la zona crítica por movimientos en masa sobre la vía que conduce a San Antonio de Pescado.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S

En razón que la problemática de las dos zonas, radica en la misma situación; se ven afectado por un inadecuado y muy mal manejo de aguas de infiltración además de generarse cortes para la construcción de viviendas sin protección alguna, exponiendo estos taludes a la intemperie. A continuación se describen las obras de mitigación del riesgo para esta zona y posteriormente se adjunta el presupuesto de la medida de mitigación en la tabla:

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 408 de 437

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

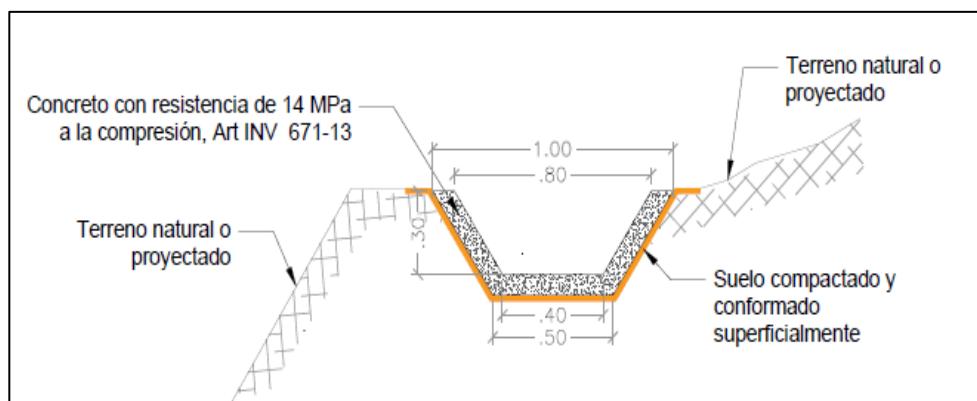
### •Cunetas Trapezoidales

Las obras de drenaje superficial propuestas son cunetas trapezoidales para el manejo adecuado del agua superficial además de servir para recoger las aguas procedentes de las partes altas, con el fin de evitar la infiltración y/o saturación en los taludes y reducir las distancias de viaje del agua superficial reduciendo los procesos erosivos. Los principales criterios de diseño de las cunetas y canales son los siguientes:

1.Si las pendientes longitudinales del terreno son superiores al 2%, se recomienda revestirlas concreto con el fin de evitar la profundización de los mismos.

Todas las obras de drenaje superficial proyectadas para el control de escorrentía deben contener sus respectivas obras de descoleos y descargar en el sistema de drenaje pluvial. En lo posible los puntos de descarga o descole se deben proyectar donde los niveles de rasante de vías presenten mínima diferencia con el nivel actual del terreno con el fin de evitar estructuras de drenaje escalonadas. Para tramos de drenajes donde el terreno natural tiene pendientes mayores a las de diseño se deberán generar estructuras de disipación de energía mediante gradas de disipación o resalto de la superficie de los canales.

Todos los canales y estructuras de subdrenaje deben dar cumplimiento con las especificaciones técnicas del Instituto Nacional de vías, especialmente con los Artículos INV-671-13 e INV-6736-13 y sus especificaciones relacionadas. En la Ilustración 258 se presenta el esquema de las cunetas trapezoidales.



**Ilustración 254. Esquema canales trapezoidales.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

 <p><b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <p><b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería</p>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**Tabla 177. Presupuesto estimado para la cuneta**

 <p><b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería</p>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>	 <p><b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>			
<b>PRESUPUESTO CUNETA</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	<b>GENERALIDADES</b>				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales (GAC))	m <sup>2</sup>	2800	\$ 2,076	\$ 5,811,680
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	m <sup>2</sup>	250	\$ 10,300	\$ 2,575,055
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>				
2.1	Excavación en material seleccionado	m <sup>3</sup>	300.00	\$ 13,857	\$ 4,157,213
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m <sup>3</sup>	250.00	\$ 19,934	\$ 4,983,500
3	<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b>				
3.1	Material granular drenante	m <sup>3</sup>	250	\$ 59,200	\$ 14,800,075
3.2	Geotextil No Tejido NT-2500	m <sup>2</sup>	750	\$ 6,205	\$ 4,654,008
<b>VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO CUNETA</b>					\$ 36,981,531
<b>AIU 30%</b>					\$ 11,094,459
<b>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</b>					\$ 48,075,990

Fuente: Geocing S.A.S.

### **16.1.2 Medidas No Estructurales**

Las zonas que se encuentran con riesgo alto, son zonas que presentan elementos expuestos y desprovistas de vegetación, como consecuencia de la erosión hídrica provocado por aguas lluvias, que producen surcos así mismo, estas presentan altas pendientes donde debido a las acciones antrópicas como cortes para viviendas, deforestación, uso inadecuado del suelo, entre otros, ocurren procesos erosivos que sumados con las lluvias intensas producen movimientos en masa; razón por la cual se debe garantizar el control de erosión, y mantenimiento de los taludes cortes para viviendas y viales de mayor magnitud, un adecuado manejo de aguas superficiales y de infiltración, se deben evitar los taludes expuestos garantizando su vegetalización y de esta forma se mitigar la susceptibilidad a presentarse deslizamientos locales. Se recomienda realizar campañas de conservación ambiental en las zonas de la cuenca alta y media de los ríos y de ser posible, declarar zonas de conservación ambiental dichos sectores.

En razón a la dinámica fluvial del río Suaza, y geomorfológicamente se identificó la llanura de inundación razón por la cual se restringe el área de urbanización ya que son altamente susceptible a verse afectadas en temporadas de lluvias e incremento de la lámina de agua del río Suaza, la zona de restricción se logra identificar a continuación:

	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 255. Vista en planta de la zona restringida para urbanización. Área en color amarillo.**  
**Fuente: Geocinc S.A.S.**

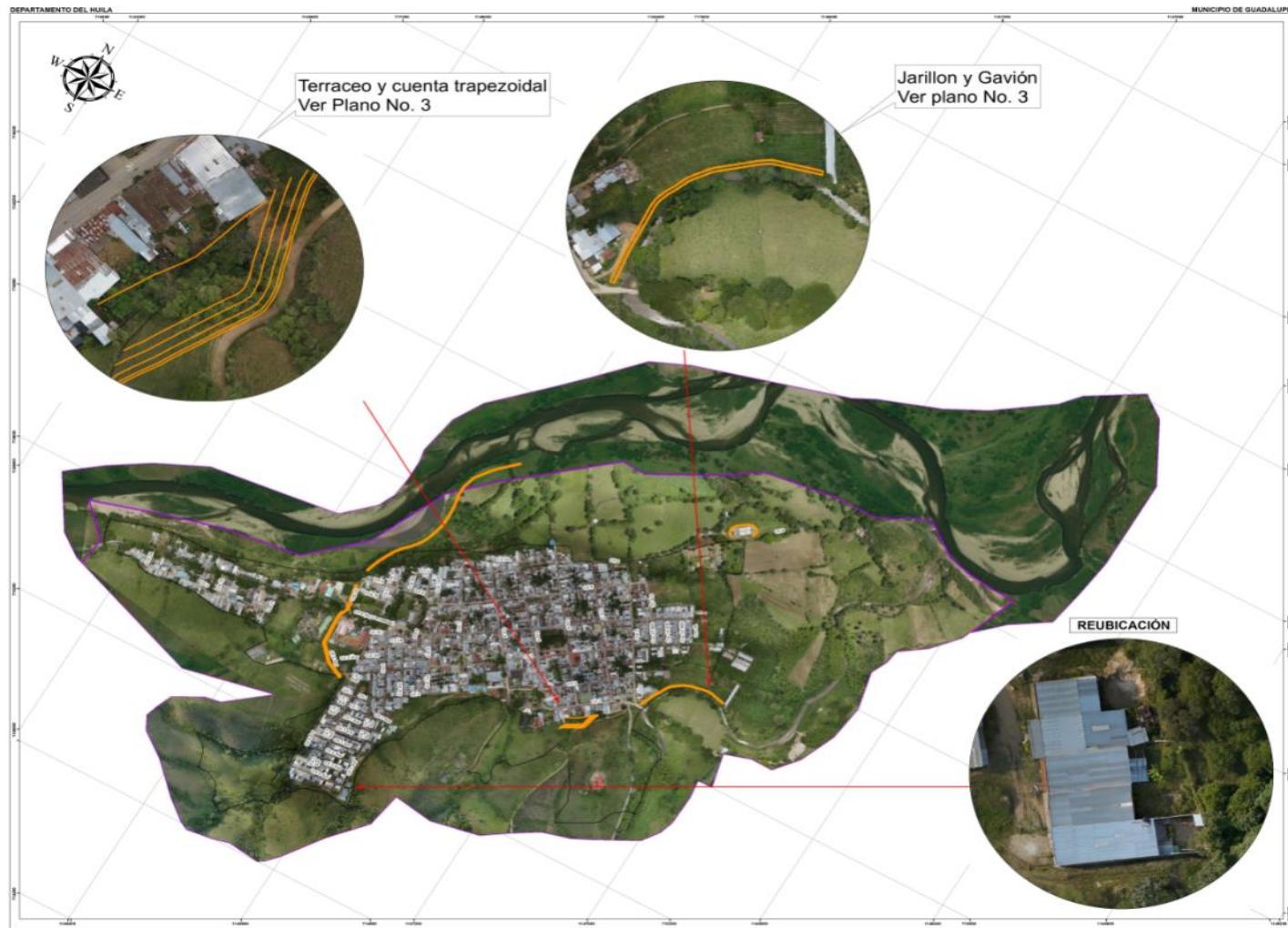


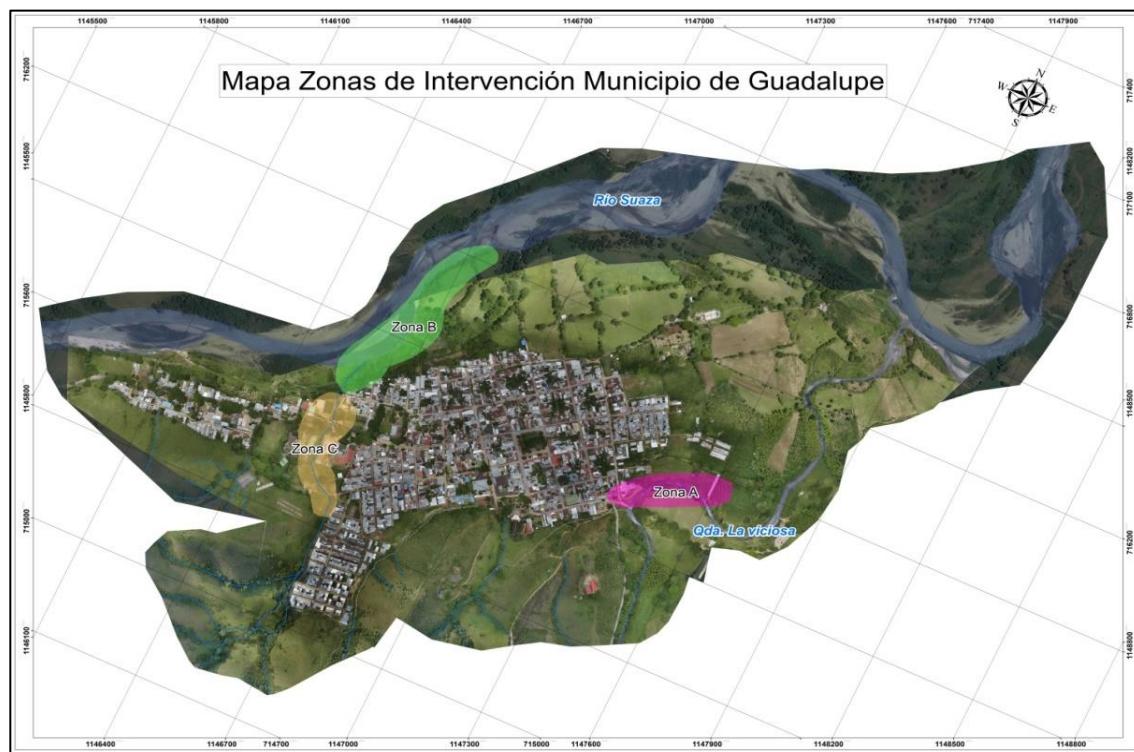
Ilustración 256. Localización en planta de medidas de mitigación por movimientos en masa.

Fuente: Geocing S.A.S.

 <p><b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <p><b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería</p>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

## 16.2. INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL

De acuerdo a los resultados del análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo antes la ocurrencia de eventos de Inundación y avenidas torrenciales, se determina que dentro del casco urbano del municipio existen tres zonas críticas, con el fin de mitigar el riesgo alto al cual están expuestas las construcciones y vidas humanas sobre estas zonas, de acuerdo a esto se proponen medidas estructurales y no estructurales para estas zonas, cabe aclarar que las propuestas se desarrollaron pensando en los dos eventos, tanto inundaciones como torrencial a continuación se describen las medidas estructurales y no estructurales para cada zona:



**Ilustración 257. Identificación de áreas de intervención.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Medidas estructurales**

### 16.2.1 Zona A

Ubicada en la margen izquierda de la curva de la quebrada La Viciosa en el sector que comunica el casco urbano con el centro poblado San Antonio del Pescado, dado que este sector se ve afectado cuando la temporadas invernales se presentan, actualmente existen medidas de mitigación conformado por: la protección del talud del margen de la quebrada con una colchoneta renno

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

dispuesta en un ángulo de inclinación de 1V: 2H y un módulo de gavión de un 1.0 m de altura, dispuestas como se puede ver en la Ilustración 258.



**Ilustración 258. Muro en gaviones sobre la margen derecha de la quebrada la Viciosa.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

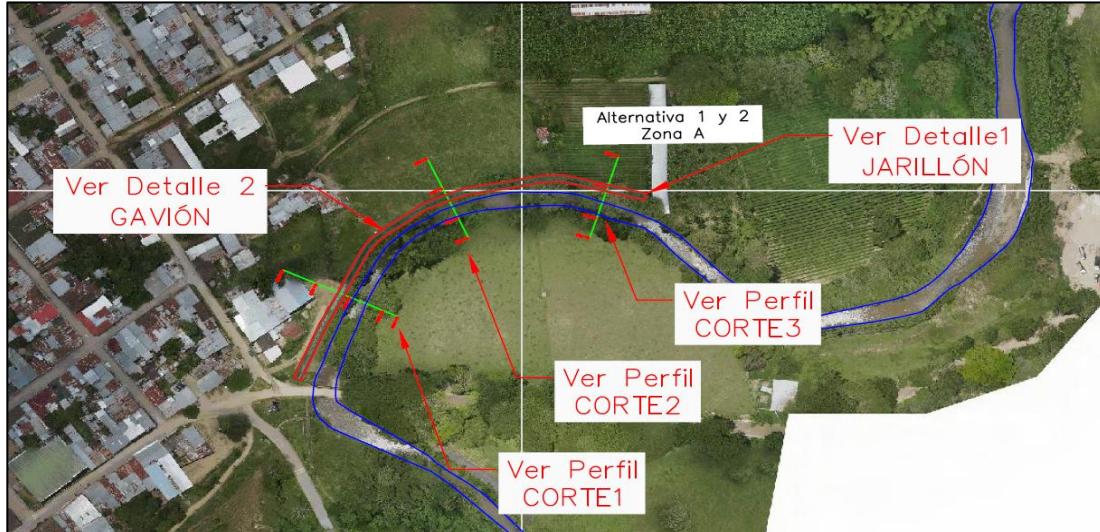
De acuerdo a los análisis y modelaciones realizadas con HEC RAS 2D y FLO 2D se identifica que, para un periodo de retorno de 100 años la estructura existente es insuficiente dado que la lámina de agua sobrepasa 0.50 m la altura de este; razón por la cual se plantan alternativas de medidas de mitigación para controlar la afectación ante un evento de Inundación. En el Anexo 7. PLANOS DE OBRAS, se encuentran los detalles constructivos de las alternativas propuestas.

#### •**Alternativa 1:** Muro en gavión

Se recomienda la optimización de la estructura existente con mayor altura, reutilizando los materiales pétreos existentes, conformada por 3 módulos ubicados en el trasdós del gavión actual en una longitud de 250 m. La implantación de la alternativa 1 se puede ver en la ilustración a continuación.

En la Tabla 175 se presenta el presupuesto estimado para la construcción del muro en gavión sobre el borde de la quebrada La Viciosa, en este se incluye la reconformación del existente cabe aclarar que este presenta la demolición del gavión existente y el relleno sobre la cara posterior del gavión.

 <p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>	
 <p>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</p>	



**Ilustración 259. Localización Alternativa 1. Estructura Flexible.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 178. Presupuesto estimado del muro en gavión de la zona A-Alternativa 1.**

 <p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</p>						
PRESUPUESTO ZONA A ALTERNATIVA 1 GAVIÓN						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	
1	<b>GENERALIDADES</b>					
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m <sup>2</sup>	770	\$ 2,076	\$ 1,598,212	
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	m <sup>1</sup>	560	\$ 10,300	\$ 5,768,123	
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>					
2.1	Excavación en material seleccionado	m <sup>3</sup>	120.00	\$ 13,857.38	\$ 1,662,885	
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m <sup>3</sup>	200.00	\$ 19,934	\$ 3,986,800	
3	<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b>					
3.5	Gavión de Malla de Alambre de Acero Etrelazado Clase 4; recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	m <sup>3</sup>	1600.0	\$ 181,964	\$ 291,141,888	
3.6	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m <sup>2</sup>	1600.0	\$ 6,205	\$ 9,928,551	
VALOR REPRESENTATIVO						\$ 314,086,459
AIU 30%						\$ 94,225,938
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS						\$ 408,312,397

Fuente: Geocing S.A.S.

#### •Alternativa 2: Jarillón

Como segunda alternativa se plantea la construcción de un jarillón con altura del gavión pero ocupara un ancho mayor sobre esta zona, se propone que con una altura de 1.50 m por encima de la cota del terreno de esta zona y un ancho de cresta de 1 m. En la ilustración 253.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

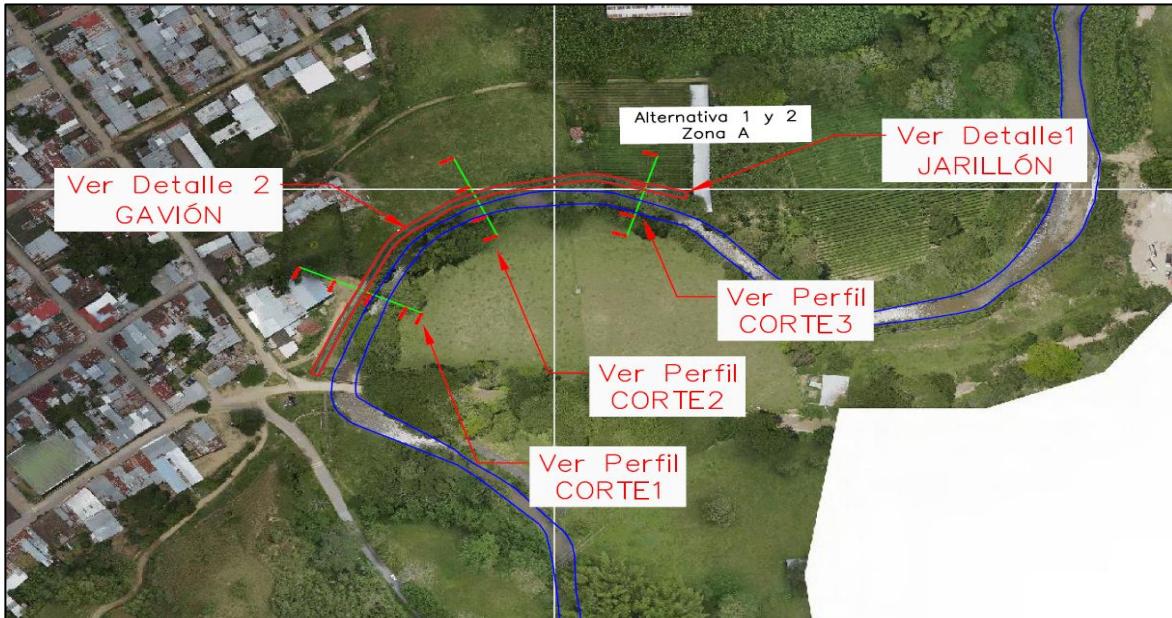


Ilustración 260. Localización Alternativa 2. Estructura Flexible.  
Fuente: Geocing S.A.S.

En la Tabla 179 se presenta el presupuesto estimado para la construcción del jarillón ubicado sobre la margen izquierda de la quebrada La Viciosa.

Tabla 179. Presupuesto estimado del jarillón de la zona A-Alternativa 2.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015				
PRESUPUESTO ZONA A ALTERNATIVA 2 JARILLÓN					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	<b>GENERALIDADES</b>				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m <sup>2</sup>	5334.6	\$ 2,076	\$ 11,072,496
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	571	\$ 10,300	\$ 5,881,426
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>				
2.1	Excavación mecánico en material	m <sup>3</sup>	132.00	\$ 13,177	\$ 1,739,404
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m <sup>3</sup>	200.00	\$ 19,934	\$ 3,986,800
2.3	Demolición de estructuras	m <sup>3</sup>	131.00	\$ 130,958	\$ 17,155,444
2.4	Relleno para estructuras con recebo	m <sup>3</sup>	253.00	\$ 23,237	\$ 5,879,069
2.5	Relleno con material seleccionado( suministro y compactación)	m <sup>3</sup>	1140.0	\$ 118,046	\$ 134,572,925
3	<b>OBRA DE MITIGACIÓN</b>				
3.1	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m <sup>2</sup>	790.0	\$ 6,205	\$ 4,902,222
<b>VALOR REPRESENTATIVO</b>					\$ 185,189,785
<b>AIU 30%</b>					\$ 55,556,935
<b>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</b>					\$ 240,746,720

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

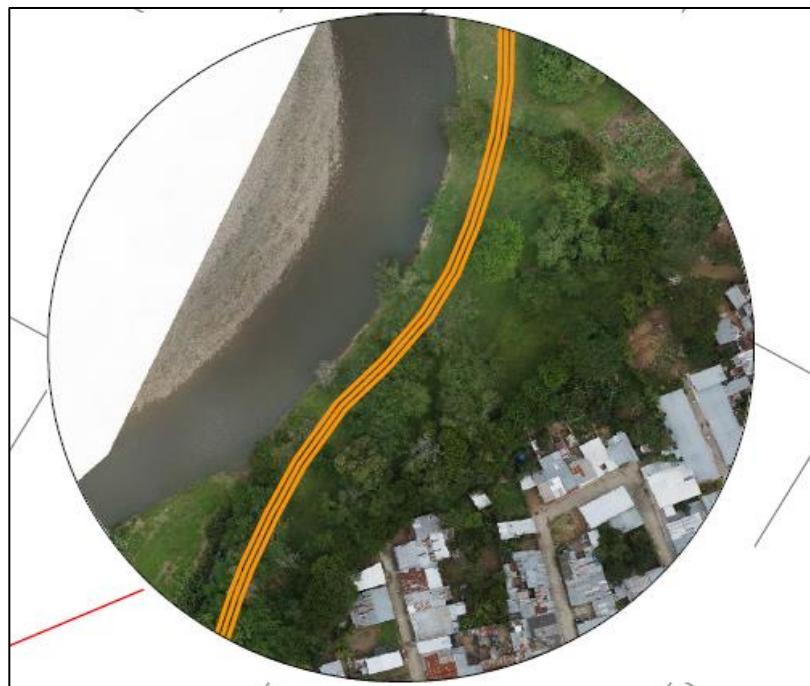
### 16.2.2 Zona B

La zona b se encuentra localizada sobre el límite norte del casco urbano como se ve en la Ilustración 261. De acuerdo con los análisis realizados se evidencia que esta zona se ve afectada ante la ocurrencia de un evento de Inundación, razón por la cual se establece una serie de alternativas con el fin de mitigar la afectación:

- **Alternativa 1: Jarillón**

Sobre la zona B se propone la construcción de un jarillón dispuesto sobre el margen derecho del río Suaza este se divide en dos tramos uno sobre la curva contara con una altura de 1.80 m sobre la cota del terreno en esta zona, la localización de la altura propuesta se identifica en la ilustración 254. Los planos de esta alternativa se presentan en el Anexo 7. PLANOS DE OBRAS.

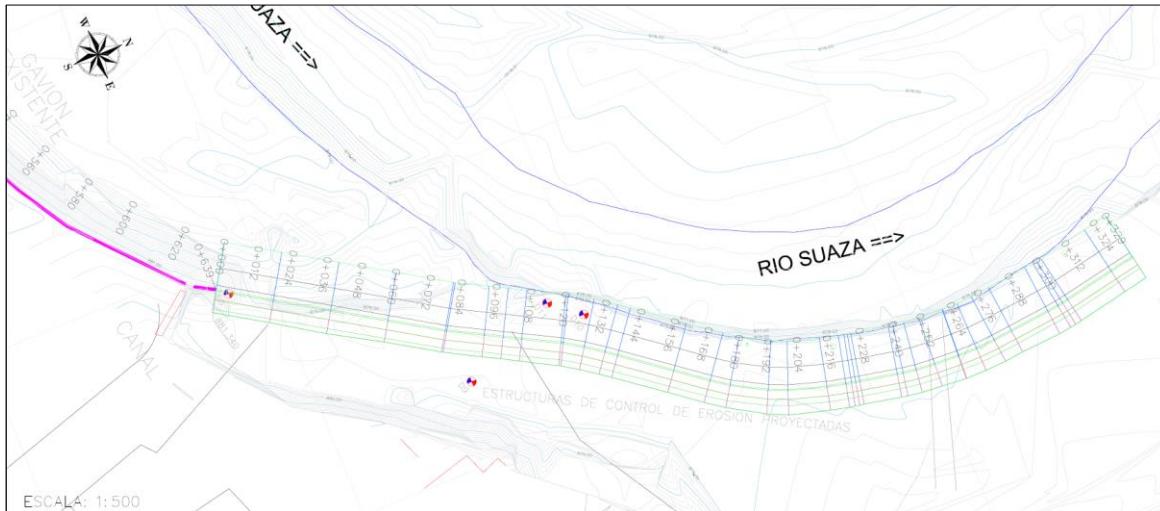
Se debe realizar un recubrimiento para mitigar la velocidad de entrada en el jarillón la elección de este es un material arcilloso de baja permeabilidad, pero encima de este se recomienda un recubrimiento rocoso el cual garantice que la fuerza de arrastre no se lleve el material el cual se encuentra dispuesto de protección.



**Ilustración 261. Localización de jarillón sobre zona B.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

Se indica que, actualmente existe una estructura de control de socavación tipo jarillón, por lo que se sugiere continuar el lineamiento de este a lo largo del margen del río, tal cual como se puede ver en la ilustración a continuación:



**Ilustración 262. Localización de jarillón sobre zona B.**

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Tabla 180 se presenta el presupuesto estimado para la construcción del jarillón ubicado sobre la margen izquierda de la quebrada La Viciosa.

**Tabla 180. Presupuesto estimado del jarillón de la zona B Alternativa 1.**

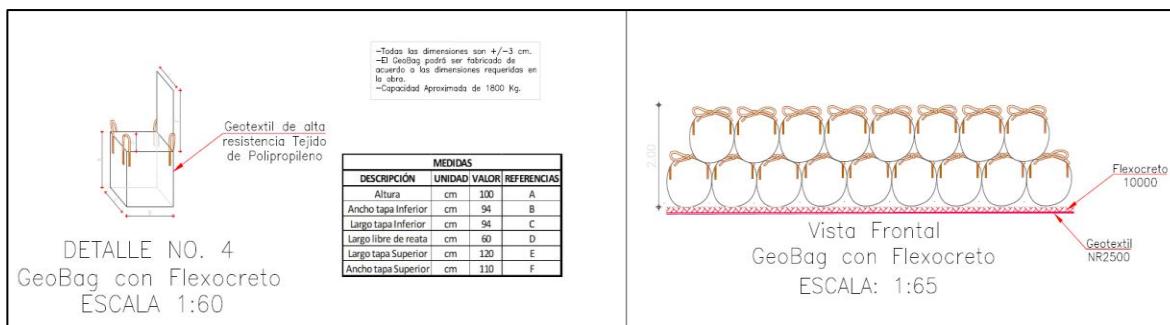
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</b>	 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>			
<b>PRESUPUESTO ZONA B ALTERNATIVA 1 JARILLÓN</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	<b>GENERALIDADES</b>				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m <sup>2</sup>	5334.6	\$ 2,076	\$ 11,072,496
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	571	\$ 10,300	\$ 5,881,426
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>				
2.1	Excavación mecánico en material	m <sup>3</sup>	132.00	\$ 13,177	\$ 1,739,404
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m <sup>3</sup>	158.00	\$ 19,934	\$ 3,149,572
2.3	Demolición de estructuras	m <sup>3</sup>	131.00	\$ 130,958	\$ 17,155,444
2.4	Relleno para estructuras con recebo	m <sup>3</sup>	253.00	\$ 23,237	\$ 5,879,069
2.5	Relleno con material seleccionado( suministro y compactación)	m <sup>3</sup>	1140.0	\$ 118,046	\$ 134,572,925
3	<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b>				
3.1	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m <sup>2</sup>	790.0	\$ 6,205	\$ 4,902,222
			<b>VALOR REPRESENTATIVO</b>	\$ 184,352,557	
			AIU 30%	\$ 55,305,767	
			<b>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</b>	\$ 239,658,324	

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Cuida tu naturaleza!	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
<b>GEOCING S.A.S</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

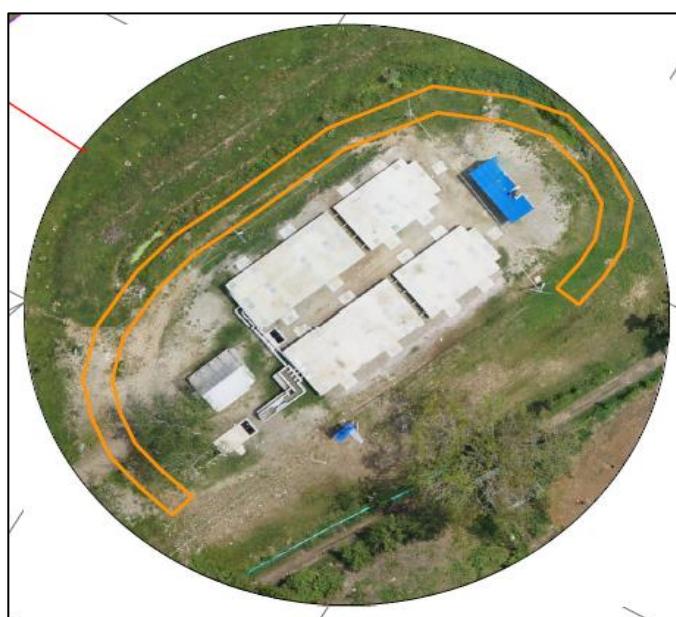
• **Alternativa 2: GeoBag con Flexocreto.**

La alternativa con *GeoBag* se propone para evitar el desbordamiento del río suaza con el objetivo de proteger la *Planta de tratamiento de aguas residuales* y la población que se encuentra sobre la amenaza por inundación, las Geobags son bolsas fabricadas con geotextil tejido de polipropileno que al ser llenadas con material del sitio o de cantera permiten la conformación de barreras de protección, complementada con flexocreto para garantizar el impermeabilidad del elemento; la estructura debe tener una altura de 2 m desde el terreno existente. En la Ilustración 264 se puede identificar la localización donde se propone disponer los Geobags. La dimensión de los Geobags será de 100 cm de alto y ancho de 110 cm dispuestos en dos niveles.



**Ilustración 263. Vista frontal de la implantación de las Geobags.**

Fuente: Geocing S.A.S.



**Ilustración 264. Localización de estructura de protección.**

Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Para garantizar que no halla filtración del agua sobre la estructura, está debe ser cubierta en su cara expuesta con flexocreto, el cual es una formaleta flexible en tela sintética rellena con concreto de agregado fino o mortero fluido; en la ilustración anterior se puede visualizar la disposición de este elemento.

En la Tabla 181 se presenta el presupuesto estimado para la implantación de los Geobaggs.

**Tabla 181. Presupuesto estimado para GeoBaggs de la zona B Alternativa 2.**

 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015	 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>			
PRESUPUESTO ZONA B ALTERNATIVA 2 GEOBAGGS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	<b>GENERALIDADES</b>				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	$m^2$	1720	\$ 2,076	\$ 3,570,032
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir $H= 2,0 m$ en repisa y lona verde	$m^2$	1120	\$ 10,300	\$ 11,536,246
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>				
2.1	Excavación mecánico en material	$m^3$	210.00	\$ 13,177	\$ 2,767,234
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	$m^3$	231.00	\$ 19,934	\$ 4,604,754
2.3	Demolición de estructuras	$m^3$	0.00	\$ 130,958	\$ -
2.4	Relleno para estructuras con recebo	$m^3$	210.00	\$ 23,237	\$ 4,879,859
2.5	Relleno con material seleccionado(Geobaggs)	$m^3$	2500.0	\$ 118,046	\$ 295,116,063
3	<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b>				
3.1	Geotextil tipo no tejido NT-2500	$m^2$	1640.0	\$ 6,205	\$ 10,176,765
VALOR REPRESENTATIVO					\$ 332,650,953
AIU 30%					\$ 99,795,286
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 432,446,238

Fuente: Geocing S.A.S.

### 16.2.3 Zona C

Sobre la zona C existe un canal el cual cuenta con una sección rectangular variable sobre su recorrido y de acuerdo al registro histórico la quebrada se ha desbordado, provocando inundando el coliseo del colegio María Auxiliadora con una altura de lámina de agua de 0.15 m, situación que se evidencia en la Ilustración 265, por la problemática que se presenta en esta zona, a continuación se plantean alternativas de medidas de mitigación ante la ocurrencia del evento de Inundación.

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

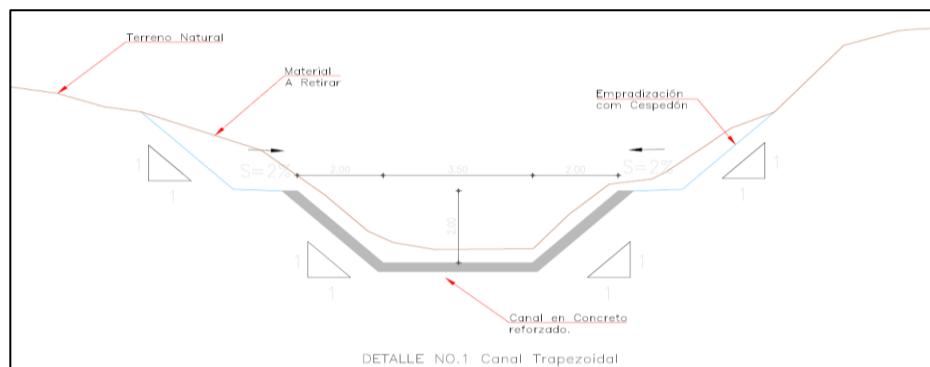


**Ilustración 265. Inundaciones instituto María Auxiliadora.**  
**Fuente:** Registro histórico municipio de Guadalupe.

- **Alternativa 1:** Ampliación de sección de canal

Según los resultados obtenidos a partir de las modelaciones con el software HEC RAS 2D se evidencia desbordamiento para una creciente para un periodo de retorno de 100 años que alcanza una altura de 0.30 m, razón por la cual se propone ampliar la sección hidráulica del canal en una longitud de 310 m, en la Ilustración 267 se identifica la zona a intervenir.

Las dimensiones del nuevo canal tendrá una altura de 2.0 m por un ancho de 3.50 m, dimensiones con la cual se garantiza que no se presente colmatación del cauce además, de una adecuada evacuación del agua en caso de ocurrencia de un evento de inundación; las características del box se presentan en la Ilustración 266.



**Ilustración 266. Box Culvert.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 267. Localización de canal.**  
**Fuente: Geocing S.A.S.**

En la Tabla 182 se presenta el presupuesto estimado para la ampliación del Canal

**Tabla 182. Presupuesto estimado para Alternativa 1 Ampliación del Canal.**

 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>	 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>			
<b>PRESUPUESTO ZONA C ALTERNATIVA 1 AMPLIACIÓN DEL CANAL</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	<b>GENERALIDADES</b>				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m <sup>2</sup>	1670	\$ 2,076	\$ 3,466,252
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	470	\$ 10,300	\$ 4,841,103
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>				
2.1	Excavación en material seleccionado	m <sup>3</sup>	2500	\$ 13,857	\$ 34,643,440
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m <sup>3</sup>	3000	\$ 19,934	\$ 59,802,000
2.3	Rellenos para estructuras con recebo	m <sup>3</sup>	75	\$ 23,237	\$ 1,742,807
3	<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b>				
3.1	Concreto 4000 psi para muros	m <sup>3</sup>	65	\$ 638,037	\$ 41,472,425
3.2	Acero de refuerzo Fy=420 Mpa	kg	11700	\$ 4,358	\$ 50,991,291
<b>VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ZONA C ALTERNATIVA 1 AMPLIACIÓN DEL CANAL</b>					\$ 196,959,318
				AIU 30%	\$ 59,087,795
				<b>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</b>	<b>\$ 256,047,113</b>

**Fuente: Geocing S.A.S.**

- Alternativa 2: Jarillón.**

Sobre esta zona se propone el realce del terreno a los costados del canal existente, dado que se presenta un desbordamiento del cauce con altura de lámina de agua de 0.3 m que afecta el colegio al costado izquierdo y al hospital al costado derecho; para lo cual se propone la implantación de un Jarillón de 1.8 m de altura. Los detalles e implantación de la alternativa se encuentran en el Anexo

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

**7. PLANOS DE OBRAS.** En la Tabla 183 se presenta el presupuesto estimado para el Jarillón.

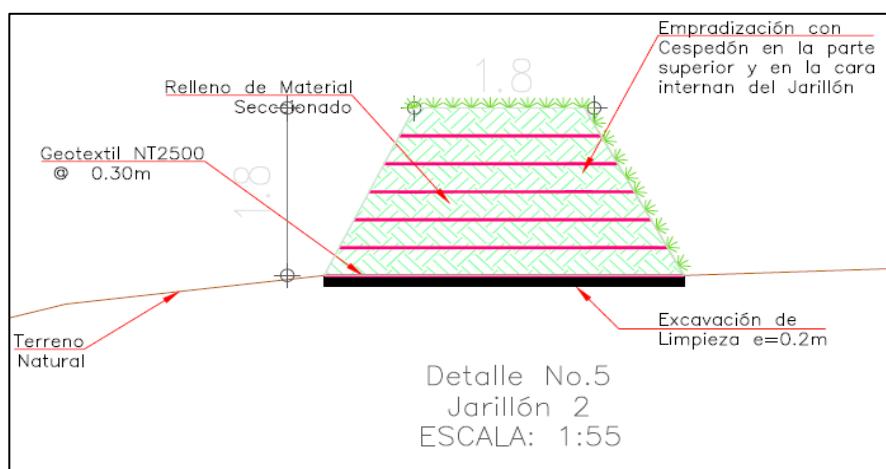
**Tabla 183. Presupuesto estimado Alternativa 2 Jarillón.**

 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</b>					 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Atlántico <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>
<b>PRESUPUESTO ZONA C ALTERNATIVA 2 JARILLÓN</b>						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	
1	<b>GENERALIDADES</b>					
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m <sup>2</sup>	200	\$ 2,076	\$ 415,120	
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	230	\$ 10,300	2,369,050.60	
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>					
2.1	Excavación mecánico en material	m <sup>3</sup>	62.00	\$ 13,177.30	\$ 816,993	
2.2	Relleno con material seleccionado( suministro y compactación)	m <sup>3</sup>	1000.0	\$ 118,046	118,046,425.00	
3	<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b>					
3.1	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m <sup>2</sup>	1790.0	\$ 6,205	11,107,566.43	
<b>VALOR REPRESENTATIVO</b>						\$ 132,755,155
AIU 30%						\$ 39,826,546
<b>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</b>						\$ 172,581,701

Fuente: Geocing S.A.S

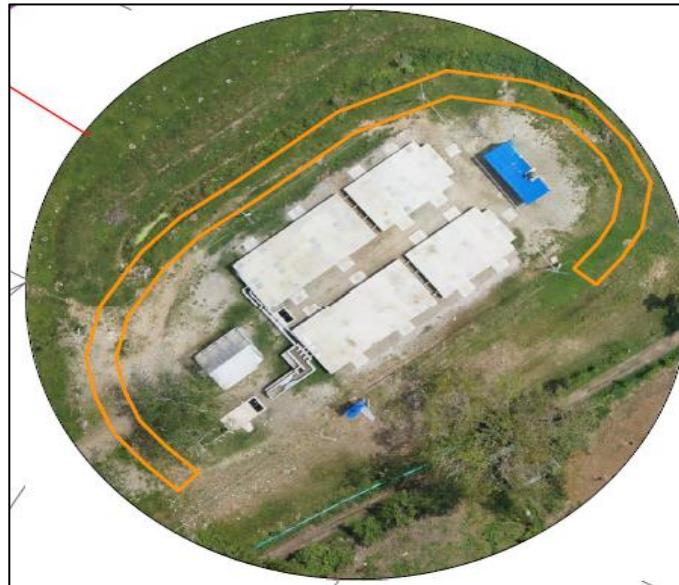
#### 16.2.4 Zona PTAR

En esta zona se propone la construcción de un jarillón perimetral a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicada al límite norte del casco urbano, la PTAR se encuentra en una zona en amenaza alta por inundación para un evento con periodo de retorno de 100 años, con el fin desviar las aguas del río Suaza y evitar la afectación de la planta. Esta estructura debe tener una longitud de 100 m, 1.80 de ancho de cresta y una base de 3.6 m como se puede observar en la Ilustración 268



**Ilustración 268. Detalle de jarillón perimetral sobre PTAR.**  
 Fuente: Geocing S.A.S.

 <p><b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <p><b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S</p>	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>



**Ilustración 269 Localización de planta de tratamiento de aguas residuales.**  
**Fuente:** Geocing S.A.S.

En la Tabla 184 se presenta el presupuesto estimado para el jarillón

**Tabla 184. Jarillón PTAR.**

 <p><b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería S.A.S</p>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</b>	 <p><b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>			
<b>PRESUPUESTO ZONA PTAR ALTERNATIVA 1 JARILLÓN</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	<b>GENERALIDADES</b>				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m <sup>2</sup>	460	\$ 2,076	\$ 954,776
1.2	Asentamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	280	\$ 10,300	\$ 2,884,062
2	<b>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</b>				
2.1	Excavación mecánico en material	m <sup>3</sup>	70.00	\$ 13,177.30	\$ 922,411
2.2	Relleno con material seleccionado( suministro y compactación)	m <sup>3</sup>	660.0	\$ 118,046	\$ 77,910,641
3	<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b>				
3.1	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m <sup>2</sup>	2110.0	\$ 6,205	\$ 13,093,277
<b>VALOR REPRESENTATIVO</b>					\$ 95,765,166
<b>AIU 30%</b>					\$ 28,729,550
<b>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</b>					\$ 124,494,716

**Fuente:** Geocing S.A.S.

#### • **Medidas no estructurales**

Como se pudo evidenciar en los estudios existen ciertas zonas del área de estudio que se encuentra en riesgo asociado a inundaciones y avenidas torrenciales durante épocas de invierno, debido a que a la ocupación en las rondas hídricas y a la baja pendiente que posee el terreno haciéndola propensa a estos eventos. A continuación se presentaran medidas no estructurales

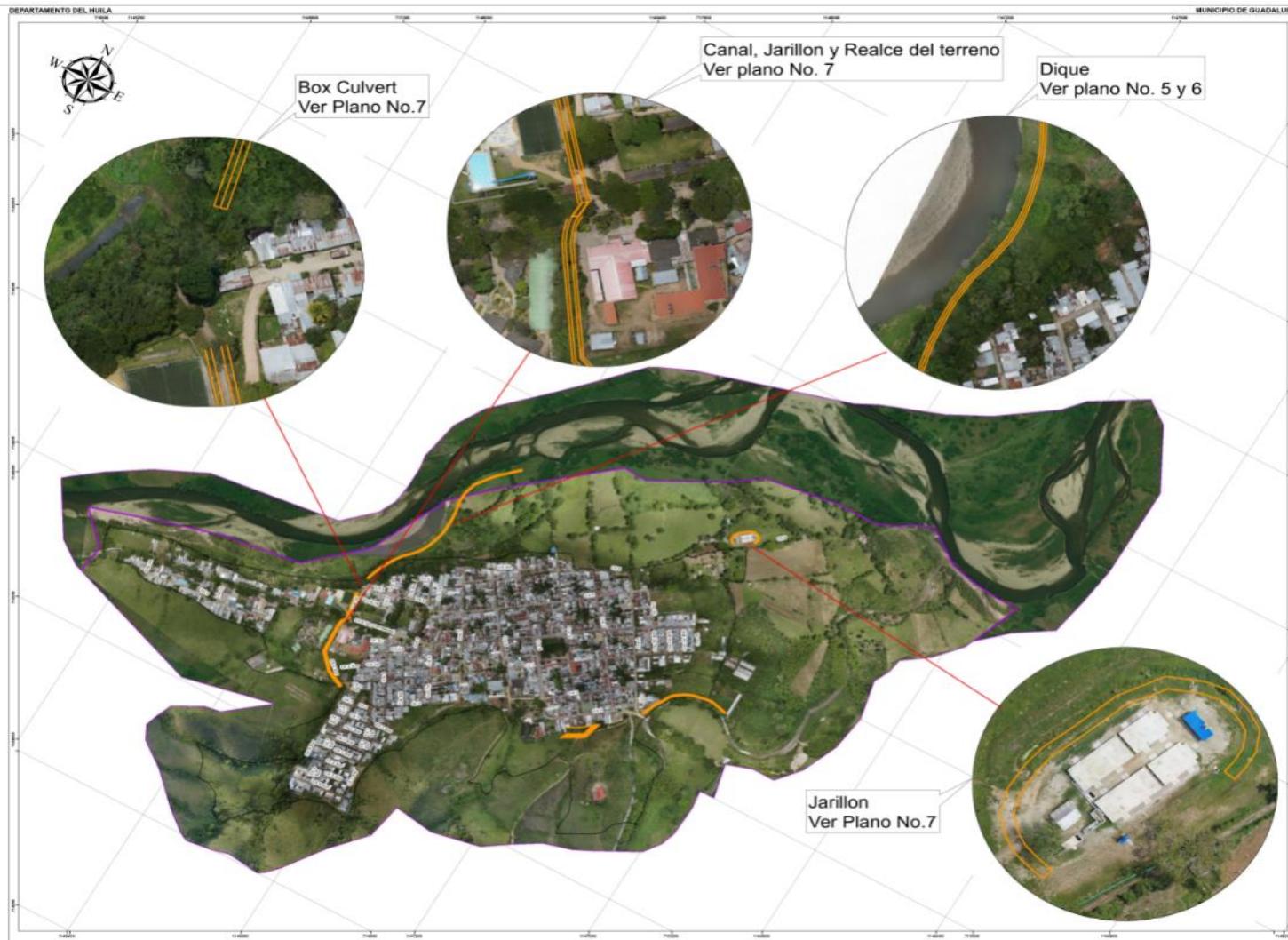
Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 424 de 437

 <b>CAM</b> <small>Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena</small> <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

1. Como primera medida se propone la definición y reglamentación de uso del suelo en zonas no ocupadas con el fin de evitar la urbanización sobre estas zonas y de esta manera en un futuro puedan estar afectadas por una creciente tanto del río suaza, Quebrada La Viciosa y el canal 1. Estas zonas se definirán de acuerdo a las rondas hídricas de cada cauce, teniendo en cuenta tres componentes el hídrico, geomorfológico y ecosistémico y de esta manera preservar y respetar las rondas de los cauces.
2. La segunda medida no estructural se propone dar a conocer a la comunidad el resultado de estos estudios y la importancia de las zonas de ronda de ríos, quebradas y zonas de divagación, además de los peligros que se le asocian cuando se ocupan estos espacios.
3. Desarrollar actividades para la gestión del riesgo del centro poblado con el fin de prepararlo para la respuesta a emergencias y desastres, así como para su recuperación.



**Ilustración 270. Localización general de medidas de mitigación por Inundación.**  
Fuente: Geocing S.A.S.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Huila <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 17. CONCLUSIONES

### 17.1. AMENAZA

- Amenaza por movimientos en masa

Las zonas de amenaza alta se concentran al sur oriente en el límite del casco urbano donde se presentan zonas con movimientos superficiales de tipo reptación, con relieve montañoso y pendientes mayores a 45°. Adicionalmente, las pendientes de los taludes son altas, situación que potencia el efecto de los principales factores detonantes de los movimientos en masa, como son las lluvias y las fuerzas sísmicas.

Existe un movimiento en masa generado por un corte antrópico para la adecuación de la construcción de la vía que comunica al municipio con la ciudad de Florencia, Caquetá, como se logra evidencia el mismo esta desprovisto de vegetación, y junto con los efectos erosivos del agua de lluvia, es potencial a generarse inestabilidad que afecta la transitabilidad y el confort en la vía.

Las márgenes de taludes adyacentes del Río Suaza son susceptibles a socavación lateral producto del poder erosivo de las corrientes, profundizando los cauces (erosión de fondo e inestabilizando los taludes aledaños. En épocas de lluvias, el proceso de socavación aumenta por el aumento del caudal de los ríos y aumentando la cantidad de material transportado. Así mismo, el mapa muestra que las laderas adyacentes a la quebrada La Viciosa tiene una probabilidad de falla alta, especialmente en épocas de invierno cuando la lluvia genera la saturación del suelo y la consecuente reducción de los esfuerzos efectivos y la resistencia al corte del terreno afectan la estabilidad de los taludes de los cauces. Debido a la intervención antrópica, se presenta erosión en surcos, formando pequeños canales por los cuales se arrastran partículas de suelo, éste tipo de erosión se presenta en los depósito aluviales, generados por el río Suaza.

Por otro lado, los taludes dentro de la zona de estudio presentan inestabilidad superficial, reptación, debido a los cortes que se realizaron con el fin de conformar la infraestructura vial de la zona. Además de esto, también existe una susceptibilidad en los taludes de corte sobre la terraza aluvial subcreciente, debido a erosión, ya que la matriz se pierde y quedan expuestos los bloques a la acción de la gravedad.

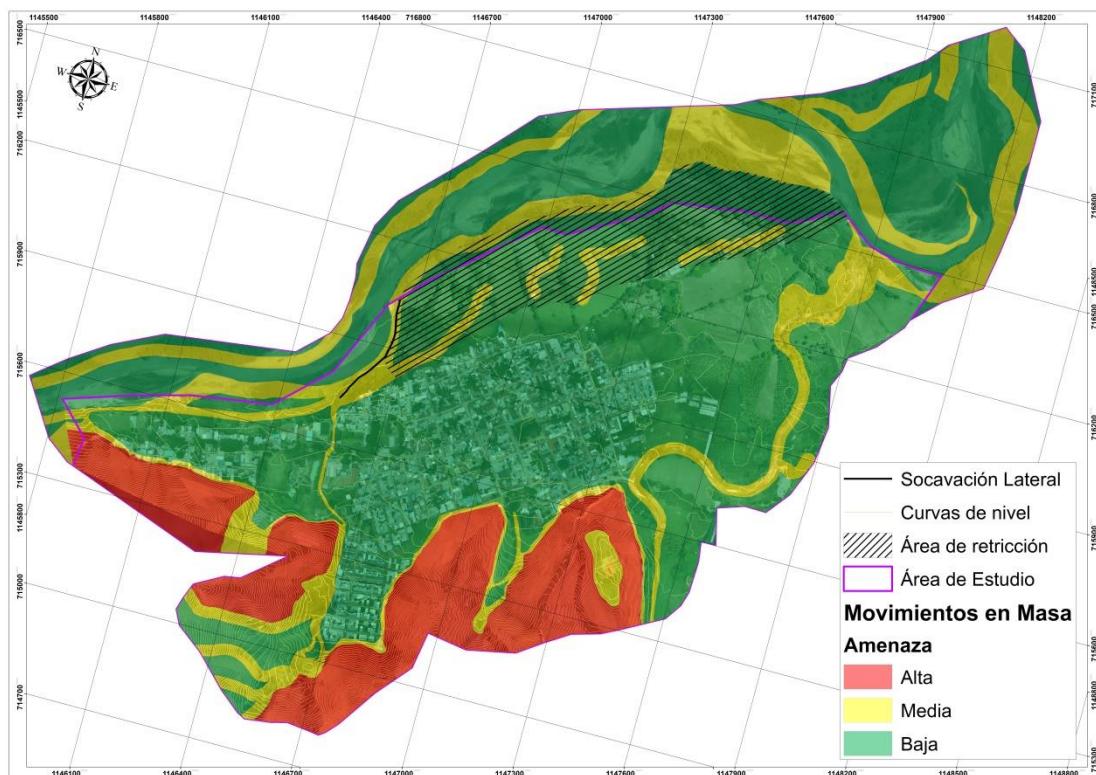
Otra zona de amenaza alta, donde se evidencia la inestabilidad generada por el inadecuado manejo de aguas de infiltración, además de la construcción de vivienda adyacente al talud, sin ninguna medida de estabilización se presenta aprox. entre la Calle 3 y 5 entre Carreras 11 a 14 evidenciada la invasión del talud

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>
 <b>Geocinc S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	<b>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE</b>

con la construcción, los cuales debido a las características bajas de los materiales generará falla e inestabilidad local.

Las zonas de amenaza media (áreas amarillas) indican los lugares en los cuales, en caso de generación de un evento de inestabilidad el material movilizado afectaría estas zonas, ubicadas en el pendientes medias- menos de 30° donde el terreno se caracteriza por tener pendientes medias, estas definen sectores compuestos por suelos aluviales subreciente, en donde es posible la ocurrencia de movimientos en masa, cuando se presentan precipitaciones que elevan los niveles freáticos y en condiciones sísmicas.

Las zonas de amenaza baja está localizada de manera general en el casco urbano donde la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa es inferior al 0.20%, debido a la baja inclinación del terreno, además de pendientes bajas que no favorecen a la generación de inestabilidad. Sin embargo es importante aclarar que, de acuerdo con el análisis multitemporal de la dinámica fluvial del río Suaza se recomienda una zona de restricción por las afectaciones generadas en épocas de invierno, el área se presenta a continuación como parte del Mapa generado por movimientos en masa:



**Ilustración 271. Mapa de amenaza por movimientos en masa y área de restricción por eventos de socavación lateral provocada por la dinámica fluvial del Río Suaza.**

Fuente: Geocinc S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C. Página 428 de 437

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

- **Amenaza por Inundación**

La amenaza por inundación está asociada a la afectación y confluencia generada por un río, quebradas y drenajes, en este caso sobre el casco urbano del Municipio Guadalupe traduce que son terrenos que se pueden ver afectados por amenazas de inundación.

El mapa de amenaza por Inundación, permite observar el río Suaza, la quebrada La Viciosa y canal 1 que drenan sobre los límites del casco urbano, jerarquizada en virtud de la posibilidad de ocurrencia de una inundación a partir de sus características hidrológicas e hidráulicas.

De acuerdo con los resultados el 62.32% (174.67Ha) del área de estudio del casco urbano del municipio Guadalupe se encuentra bajo la amenaza por inundación. En el 167.99% del territorio se encuentra expuesto al evento amenazante de inundaciones predomina el nivel de amenaza alta, también presenta sectores con niveles de amenaza media con un 2.38% (6.68 Ha), el mayor porcentaje de área lo ocupa los terrenos aledaños al río Suaza el cual se presenta un valle de inundación el cual se encuentra ocupado por pastos y cultivos de plátano y banano, estos ubicados al norte de los límites del casco urbano.

Por otra parte se encuentran categorizada como amenaza alta los barrios ubicados sobre el oriente (El progreso, Santa Lucía) vecinos de la quebrada La Viciosa el cual presenta un histórico de inundaciones sobre este sector, subiendo la lámina hasta alcanzar los 20 cm según las modelaciones realizadas con los programas Hec Ras y Flo 2D. Se origina el análisis de la modelación hidráulica que presentan desbordamientos sobre las áreas aledañas al río Suaza, la quebrada La Viciosa y el canal 1 dentro y al límite del casco urbano del municipio. De acuerdo al análisis de la modelación hidráulica, se observa que el gavión construido sobre la curva de la Q La Viciosa es útil para la socavación que se presenta en el sitio pero no para evitar el desbordamiento bajo la ocurrencia de crecientes con un periodo de retorno superior a la de 100 años por el cual se recomienda la construcción de una estructura que permita disminuir la amenaza sobre esta población.

Sobre los puentes y box culvert que se encuentran sobre el canal 1, presentan algún tipo de afectación bajo las ocurrencias de crecientes con periodos superiores a 100 años, lo cual no tienen la capacidad hidráulica para transportar los caudales pico para cada periodo. Finalmente, la topografía de la zona de estudio se caracteriza por presentar bajas pendientes sobre las zonas inundables haciendo susceptible a presentarse extensas áreas de ocupación de la mancha

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO HUILA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCINC</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

de inundación en donde el flujo transita con velocidades bajas por la baja pendiente de la zona.

- *Amenaza por Avenida Torrencial*

Se concluye que dentro del casco urbano se presenta amenaza por avenida torrencial por el río suaza y la quebrada La Viciosa las cuales se encuentran localizadas al norte y al oriente del casco urbano, los barrios que se encuentra en mayor amenaza por las aguas de la quebrada la viciosa es el barrio el progreso y el barrio Santa Lucia pues estos barrios se encuentran por debajo de la cota máxima del borde de la quebrada lo cual al presentarse una avenida torrencial sobre pasa este límite y llegue a estos sectores como se puede observar en el mapa de amenaza por avenida torrenciales.

La amenaza por avenida torrencial está asociada a la afectación y confluencia generada por un río, quebrada y drenajes, en este caso sobre el casco urbano que traduce que son terrenos que se pueden ver afectados por amenazas de inundación.

## 17.2. VULNERABILIDAD

- Vulnerabilidad por movimientos en masa

Se categoriza con vulnerabilidad media con un valor de 0,54, el 92,3% de los predios presentan vulnerabilidad total media y el 49,6% de la infraestructura vial se encuentran en vulnerabilidad total media, esto debido a que el grueso de la población presenta una vulnerabilidad social y física media debido a las condiciones socioeconómicas de la comunidad, y el sistema estructura y longevidad de las construcciones; las vías presentan esta categorización debido al tipo, ya que predominan las vías terciarias, sin pavimentar y de carril sencillo (Ver Tabla 185).

**Tabla 185. Valor de la vulnerabilidad total por movimientos en masa para el municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	IVT <sub>z</sub>	Categoría Riesgo
Municipio de Guadalupe	0,54	Media

Fuente: Geocinc S.A.S.

- Vulnerabilidad por inundación

A partir de los resultados correspondientes a la vulnerabilidad total de los elementos expuestos (Predios, puentes y vías), se obtuvo la vulnerabilidad total, la cual indica que este se encuentra categorizado con vulnerabilidad baja, tal como

 <b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>Geocinc S.A.S.</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b>

se presentan en la Tabla 181, esto debido a que se categorizan en vulnerabilidad baja el 84% de los predios y el 57,0% de la malla vial.

**Tabla 186. Valor de la vulnerabilidad total por inundación para el municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	IVT <sub>z</sub>	Categoría Riesgo
Municipio de Guadalupe	0,24	Baja

Fuente: Geocinc S.A.S.

- Vulnerabilidad por avenida torrencial

Como se logra identificar en la Tabla 187 se categoriza con vulnerabilidad baja con un valor de 0,28 los elementos expuestos (vías, predios y puentes) se encuentran categorizados principalmente en la categoría de vulnerabilidad total baja; esto debido a la vulnerabilidad física donde el 82,5% de los predios se categorizaron con vulnerabilidad baja, por la ubicación de los mismos respecto a la quebrada La Viciosa y el río Suaza y la infraestructura vial se identificó que la categoría de la vulnerabilidad total que más predomina es la media con el 68,1%

**Tabla 187. Valor de la vulnerabilidad total por avenida torrencial para el municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	IVT <sub>z</sub>	Categoría Vulnerabilidad
Municipio de Guadalupe	0,28	Baja

Fuente: Geocinc S.A.S.

### 17.3. RIESGO

- Riesgo por movimientos en masa

Se encuentra categorizada con riesgo bajo, con un índice de 0,07, debido a que los resultados de vulnerabilidad total y amenaza del municipio también se encuentran en categoría baja.

**Tabla 188. Valor del riesgo por movimientos en masa para el municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	IR	Categoría Riesgo
Municipio de Guadalupe	0,07	Baja

Fuente: Geocinc S.A.S.

En la Tabla 189 y Tabla 190, se presenta la categorización correspondiente a predios y vías categorizados por riesgo ante movimientos en masa en el municipio de Guadalupe, identificando que existe un riesgo económico total de \$25.462'192.702, de los cuales \$24.274'481.199 corresponden a las pérdidas de

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

predios y \$ 1.187'711.502 de vías. De los 1.843 predios ubicados en el municipio, la totalidad presenta riesgo por movimientos en masa; el mayor porcentaje presenta riesgo bajo los cuales representan unas pérdidas de consolidarse el riesgo de \$ 17.233'338.716, esto debido a que la zona de mayor afectación en caso de un movimiento en masa es al occidente del mismo donde se ubican menos construcciones. La malla vial de Guadalupe corresponde a 16,5 Km de los cuales el 14,7 Km se encuentran en riesgo bajo, 0,98 Km en riesgo medio y finalmente 0,9 Km se identificaron con riesgo alto.

**Tabla 189. Categoría de riesgo por movimientos en masa de las construcciones y sus pérdidas esperadas.**

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo construcciones (N°)		
		Bajo	Medio	Alto
Municipio de Guadalupe	\$ 24.274'481.199	1.738	67	38

Fuente: Geocing S.A.S.

**Tabla 190. Categoría de riesgo por movimientos en masa y sus pérdidas esperadas.**

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo vías (m)		
		Bajo	Medio	Alto
Municipio de Guadalupe	\$ 1.187'711.502	14.725,53	851,55	879,06

Fuente: Geocing S.A.S.

A pesar que el municipio no presenta un riesgo algo, es necesario evaluar de manera detallada la situación correspondiente para los 38 predios y los 0,9 Km que se encuentran categorizados con riesgo alto ante movimientos en masa, para desarrollar acciones prioritarias que reduzcan su correspondiente impacto y riesgo económico directo ( \$ 5.613'048.370).

- Riesgo por inundación

El municipio de Guadalupe se encuentra categorizado con riesgo bajo por inundación tal como se presenta en la Tabla 191 con un índice de 0,04, debido a que los resultados de vulnerabilidad total y amenaza del municipio también se encuentran en categoría baja.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Tabla 191. Valor del riesgo por Inundación para el municipio de Guadalupe.

Zona de Estudio	IR	Categoría Riesgo
Municipio de Guadalupe	0,04	Baja

Fuente: Geocinc S.A.S.

Para los 1.843 predios y 16,46 Km viales las pérdidas económicas esperadas de consolidarse el riesgo corresponde a \$12.632'249.312, las cuales se encuentran distribuidas en riesgo alto, medio y bajo. En los predios se identificó que el 86,5% se encuentra en categoría de riesgo bajo con 1.595 predios los cuales corresponden a unas pérdidas de \$ 3.048'128.072, para riesgo alto las pérdidas son \$8.473'337.874 (242 predios) y para riesgo medio se identificaron un total de 6 predios con unas pérdidas esperadas de \$601'459.166 las cuales representan el 0,3% del total de las pérdidas esperadas en las construcciones. Adicionalmente de la infraestructura vial identificada en el municipio el 83,3% (13,7 Km) se encuentra categorizadas en riesgo bajo, el 11,6% (1,90 Km) se encuentra el riesgo medio y el 5,1% (0,8 Km) se encuentra el riesgo alto, como se puede observar en las Tabla 192 y Tabla 193.

Tabla 192. Categoría de riesgo por Inundación de las construcciones y sus pérdidas esperadas.

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo construcciones (Nº)		
		Bajo	Medio	Alto
Municipio de Guadalupe	\$ 12.218'525.393	1.595	6	242

Fuente: Geocinc S.A.S.

Tabla 193. Categoría de riesgo por Inundación de las vías y sus pérdidas esperadas.

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo vías (m)		
		Bajo	Medio	Alto
Municipio de Guadalupe	\$ 509'324,200	13.711,79	1.903,85	837.19

Fuente: Geocinc S.A.S.

Es importante resaltar que aunque el municipio se encuentra categorizado con riesgo bajo y no se requieren implementar medidas de manera inmediata, es necesario evaluar de manera puntual los 244 predios y los 0,84 Km de infraestructura vial que están categorizados con riesgo alto, para evitar las perdidas asociadas a estos que corresponden a \$8,660'568,578.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

- Riesgo por avenida torrencial

Como se logra identificar en la Tabla 194 presento una categorización de riesgo bajo por avenidas torrenciales con un valor de 0,06, esto debido a los resultados de amenaza y vulnerabilidad para el mismo con valores de 0,18 y 0,28 respectivamente.

**Tabla 194. Valor del riesgo por avenida torrencial para el municipio de Guadalupe.**

Zona de Estudio	IR	Categoría Riesgo
Municipio de Guadalupe	0,05	Baja

Fuente: Geocing S.A.S.

Según los resultados presentados en la Tabla 195 y Tabla 196, se identifican el número de predios y los tramos viales para las correspondientes categorías de riesgo para avenidas torrenciales en el municipio de Guadalupe y el riesgo económico asociado a este evento; estableciendo que se presenta un riesgo económico total de \$ 18.249'221.871, de los cuales el 95,0% está asociado a las perdidas correspondiente a predios (\$17.337'270.159) y el restante 5,00% a las perdidas viales (\$ 911'951.711) De los 1.843 predios ubicados en Guadalupe 1.520 predios se ubican en riesgo bajo, debido a la ubicación de los mismos respecto al río Suaza y la quebrada La Viciosa, junto con la condiciones estructurales, y las características socioeconómicas y culturales de la población. Para las vías predominan las categorizadas con riesgo bajo con una longitud de 13,3 Km debido a la ubicación de la amenaza baja, que corresponde al 81,0 % del área total del municipio; el resto de vías se encuentra identificado en riesgo alto y medio; el 18,4% (3,0 Km) con unas pérdidas \$ 620'993.784 se encuentran las vías en categoría alta y con el 0,5% (0,1Km) y unas pérdidas de \$ 3'161.424 se identificó las vías en categoría media.

**Tabla 195. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las construcciones y sus pérdidas esperadas.**

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo construcciones (N°)		
		Bajo	Medio	Alto
Municipio de Guadalupe	\$ 17.337'270.159	1.520	30	293

Fuente: Geocing S.A.S.

	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

Tabla 196. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las vías y sus pérdidas esperadas.

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo vías (m)		
		Bajo	Medio	Alto
Municipio de Guadalupe	\$ 911'951.711	13.337,52	83,24	3.035,34

Fuente: Geocing S.A.S.

A pesar que el municipio no se encuentra categorizado con riesgo alto se hace necesario evaluar de manera puntual los elementos expuestos que presentan riesgo alto con el fin de contemplar medidas para evitar las pérdidas asociadas a estos que corresponden a \$ 15.012'484.787, los cuales corresponden a 293 predios y un tramo de 3,0 Km viales.

 <b>CAM</b> Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena <i>¡Cuida tu naturaleza!</i>	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENTIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.
 <b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO DE GUADALUPE

## 18. BIBLIOGRAFÍA

- Andes, U. d., Refugiados, A. C., & Social, A. (2008). *Protegiendo la Población desplazada colombiana: El papel de las Autoridades Locales*. Bogotá, Colombia: El proyecto Brookings-Berna sobre el Desplazamiento Interno.
- Chardon, A.-C., & González, J. L. (2002). *Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación, Prevención: Primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Dane. (2005). *Censo General del Dane*. Obtenido de [http://www.dane.gov.co/censo/files/discapacidad/marco\\_teorico.pdf](http://www.dane.gov.co/censo/files/discapacidad/marco_teorico.pdf)
- Gracia, A., Godé, L., Crego, E. A., Guirado, V., García, G., Lobera, C., y otros. (2014). Riesgos y Cuantificación de Daños por inundación.
- Lee Hua, J., Mak Chee, M., & Chin Wen, C. (2006). Web Based Fuzzy Multicriteria Decision Making Tool. *International Journal of The Computer, the Internet and Management*, 14 (2) 1-14.
- Nadal, N., Zapata, R., Pagán, I., López, R., & Agudelo, J. (2010). Building Damage due to Riverine and Coastal Floods. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 327-336.
- PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN. (2010). *La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y Municipales*: UNICEF.
- Retnan, R., & Natarajan, C. (2013). Vulnerability of Reinforced Concrete Structures Subjected to Flood. En *Natural Disasters - Multifaceted Aspects in Management and Impact Assessment* (pág. 1-30).
- Sagala, S. (2006). *Analysis of flood physical vulnerability in residential areas, M.Sc. Thesis*. International Institute of Geo-Information Science and Earth Observation,.
- Vrouwenvelder, A. (1997). Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard. *Voorbereiding TA W-advies, Evaluatie schade/slachtofferberekening*.
- Wilches-Chaux, G. (1989). *Desastres, Ecologismo y Formación Profesional: Herramientas para la crisis*. Popayan: Servicio Nacional de Aprendizaje.

 <p><b>CAM</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA <i>¡Cuida tu naturaleza!</i></p>	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GUADALUPE EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>
 <p><b>GEOCING</b> Geociencias e Ingeniería</p>	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO DE <b>GUADALUPE</b></p>