

Santiago de Cali,  
Diciembre de 2011

**INFORME FINAL**

# **ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD, ESCENARIOS DE RIESGO Y DISEÑO DE INGENIERÍA Y TRATAMIENTOS DE MITIGACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



## **MUNICIPIO DE SEVILLA-VALLE**

**CONTRATO INTERADMINISTRATIVO 0252 DE 2011**



**Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente**

Departamento de Geografía





Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente  
Hacia una proyección social



## **CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 0252 DE 2011**

**ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD, ESCENARIOS DE  
RIESGO Y DISEÑO DE INGENIERÍA Y TRATAMIENTOS DE  
MITIGACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS BARRIOS  
MONSERRATE Y CAFETERO Y SU ENTORNO DEL MUNICIPIO  
DE SEVILLA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA**

### **INFORME FINAL**

**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO,  
SEVILLA-VALLE DEL CAUCA**

**Santiago de Cali, Diciembre de 2011**

**Este informe en su versión final fue terminado en diciembre de 2011, después de la respectiva revisión y corrección por parte de la Supervisión Interna se obtuvo la presente versión final en el mes de marzo de 2012.**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<b>GENERAL</b>	<b>17</b>
<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>17</b>
<b>PERSONAL PARTICIPANTE</b>	<b>18</b>
<b>1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>20</b>
1.1 <b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>20</b>
1.2 <b>MARCO CLIMÁTICO</b>	<b>21</b>
1.3 <b>SISTEMA HIDROGRÁFICO</b>	<b>21</b>
<b>2 HISTORICIDAD</b>	<b>23</b>
2.1 <b>METODOLOGÍA</b>	<b>23</b>
2.2 <b>RELACIÓN DE FUENTES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS</b>	<b>24</b>
2.2.1 Hemerográficas	24
2.2.2 Comunicados Oficiales	29
2.2.3 Documentos Oficiales	31
2.2.3.1 Plan Básico de Ordenamiento Territorial	31
2.2.3.2 Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres – CLOPAD.	31
2.2.3.3 Oficios de Planeación Municipal, CLOPAD y Otros.	32
2.2.3.4 Memorandos	42
2.2.3.5 Actas de Reunión y Visita	44
2.2.3.6 Informe de Visitas	47
2.2.3.7 Demandas o Acciones Populares.	50
2.2.3.8 Proyectos y Convenios	51
2.2.3.9 Informes Técnicos	53
2.3 <b>EVENTOS DE REMOCIÓN EN MASA RELEVANTES EN LOS BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO</b>	<b>70</b>
2.3.1 Evento del 19 de noviembre de 1988.	71
2.3.2 Evento del 2 de abril de 1994.	72
2.3.3 Evento del 19 de noviembre de 2010.	73

<b>3</b>	<b>TOPOGRAFÍA</b>	<b>78</b>
<b>3.1</b>	<b>LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA</b>	<b>78</b>
<b>3.2</b>	<b>RED DE CONTROL GPS PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	<b>81</b>
3.2.1	Puntos de control geodésico	81
3.2.2	Materialización de puntos	82
3.2.3	Asignación de las coordenadas planas cartesianas mediante el posicionamiento diferencial estático	83
<b>3.3</b>	<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	<b>86</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>89</b>
<b>4.1</b>	<b>RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA BÁSICA Y TEMÁTICA</b>	<b>89</b>
<b>4.2</b>	<b>ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y GEOGRÁFICA</b>	<b>98</b>
<b>4.3</b>	<b>GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA</b>	<b>99</b>
4.3.1	Mapa Básico	99
4.3.2	Mapa Geológico	102
4.3.3	Mapa de unidades superficiales	102
4.3.4	Mapa Geomorfológico y Morfodinámico	103
4.3.5	Mapa de Cobertura de Uso	104
4.3.6	Mapa de Uso de Suelo Urbano	105
4.3.7	Mapa de isoyetas mensuales multianuales y Precipitación máxima con periodos de 24, 48 y 72 horas	106
4.3.8	Mapa de Eventos Históricos	106
4.3.9	Modelo Digital de Elevación	107
4.3.10	Mapas de Amenaza	109
4.3.11	Mapa de Vulnerabilidad	109
4.3.12	Mapa de Afectación	110
<b>5</b>	<b>GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>112</b>
<b>5.1</b>	<b>MARCO GEOLÓGICO REGIONAL</b>	<b>112</b>
5.1.1	Formación Amaime (Ka)	113
5.1.2	Depósitos cuaternarios movimientos en masa (Qm)	113
5.1.3	Depósitos de llenos antrópicos (Qla)	113
<b>5.2</b>	<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b>	<b>113</b>
<b>5.3</b>	<b>GEOLOGÍA LOCAL</b>	<b>115</b>
5.3.1	Suelos Residuales de Basaltos y diabasas (Q/srbd)	115
5.3.2	Llenos antrópicos (Stla)	117
<b>5.4</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>119</b>
5.4.1	Formas de origen denudacional	120
5.4.1.1	Zonas Escarpadas (Dle)	120
5.4.1.2	Laderas Denudacionales moderadas (Dlm)	121
5.4.1.3	Laderas Denudacionales Suaves (Dls)	121

5.4.1.4	Lomos Denudacionales (Dla)	121
5.4.1.5	Zonas con movimiento en masa (Dmm)	122
5.4.2	Formas de origen antrópico	122
5.4.2.1	Zona Explanada (Aze)	122
5.4.2.2	Llenos Antrópicos (Ala):	122
<b>5.5</b>	<b>MOVIMIENTOS EN MASA</b>	<b>124</b>
<b>6</b>	<b>HIDROLOGÍA</b>	<b>128</b>
<b>6.1</b>	<b>CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS</b>	<b>128</b>
6.1.1	Conformación de la base de datos hidrometeorológica	128
<b>6.2</b>	<b>ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN</b>	<b>130</b>
6.2.1	Análisis espacial de la precipitación	130
6.2.2	Análisis temporal de la precipitación	143
6.2.2.1	Régimen de humedad	143
6.2.2.2	Precipitaciones máximas	144
6.2.2.3	Curvas de intensidad – Frecuencia - Duración	147
<b>6.3</b>	<b>PRUEBAS DE INFILTRACIÓN</b>	<b>148</b>
6.3.1	Descripción de las pruebas de infiltración	148
6.3.2	Descripción de los resultados	155
<b>6.4</b>	<b>USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO</b>	<b>156</b>
6.4.1	Uso actual del suelo	156
6.4.2	Cobertura del suelo	162
6.4.3	Conflicto de uso	165
<b>7</b>	<b>GEOFÍSICA Y GEOTECNÍA</b>	<b>170</b>
<b>7.1</b>	<b>EXPLORACIÓN INDIRECTA - ENSAYOS DE REFRACCION SÍSMICA</b>	<b>170</b>
7.1.1	Método de refracción sísmica	170
7.1.2	Equipo y adquisición de datos	172
7.1.3	Interpretación de resultados	175
<b>7.2</b>	<b>EXPLORACIÓN DIRECTA – APIQUES Y PERFORACIONES</b>	<b>179</b>
7.2.1	Ensayos de laboratorio	183
7.2.1.1	Ensayos de Clasificación	184
7.2.1.2	Ensayos de Resistencia	185
<b>8</b>	<b>EVALUACION DE LA AMENAZA POR REMOCION EN MASA</b>	<b>193</b>
<b>8.1</b>	<b>ANÁLISIS DE ESTABILIDAD</b>	<b>193</b>
8.1.1	Distribución de los materiales en profundidad	194
8.1.2	Parámetros geomecánicos empleados en la modelación	196
8.1.3	Análisis para condición actual sin obras de mitigación	197
8.1.3.1	Condición actual sin sismo	197
8.1.3.2	Condición actual con sismo	201
8.1.4	Análisis para condición con obras de mitigación	205
8.1.4.1	Condición con Obras – sin sismo	206
8.1.4.2	Condición con Obras – con sismo	211

<b>8.2</b>	<b>ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA</b>	<b>215</b>
8.2.1	Metodología	215
8.2.2	Zonificación de la amenaza por remoción en masa	218
<b>9</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN</b>	<b>226</b>
<b>9.1</b>	<b>ASPECTOS CONCEPTUALES</b>	<b>227</b>
9.1.1	Amenaza del contexto	227
9.1.2	Vulnerabilidad del contexto	227
<b>9.2</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>228</b>
<b>9.3</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD</b>	<b>239</b>
9.3.1	Definición del escenario de amenaza crítico evaluado para la zona de estudio	239
9.3.2	Identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos	239
9.3.2.1	Localización y caracterización de los elementos corporales expuestos	240
9.3.2.2	Localización y caracterización de los elementos estructurales expuestos	257
9.3.3	Evaluación del grado de exposición de los elementos estructurales y corporales	265
9.3.3.1	Exposición corporal	265
9.3.3.2	Exposición estructural	268
9.3.4	Evaluación del grado de fragilidad de cada uno de los elementos expuestos	270
9.3.4.1	Fragilidad corporal	270
9.3.4.2	Fragilidad estructural	270
9.3.5	Evaluación de la vulnerabilidad específica y global	273
9.3.5.1	Vulnerabilidad estructural	273
9.3.5.2	Vulnerabilidad corporal	275
9.3.5.3	Vulnerabilidad Física	277
9.3.5.4	Vulnerabilidad global	279
<b>9.4</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN O DAÑO</b>	<b>281</b>
9.4.1	Determinación de los escenarios de afectación diurno y nocturno	283
<b>10</b>	<b>DISEÑO DE OBRAS CORRECTIVAS</b>	<b>285</b>
<b>10.1</b>	<b>MEDIDAS CORRECTIVAS</b>	<b>285</b>
10.1.1	Movimientos de Tierra	285
10.1.2	Rellenos con Material seleccionado	286
<b>10.2</b>	<b>ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN</b>	<b>286</b>
10.2.1	Muros en voladizo	286
10.2.2	Pilotes	291
<b>10.3</b>	<b>OBRAS PARA EL MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES</b>	<b>292</b>
<b>10.4</b>	<b>OBRAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN</b>	<b>299</b>
10.4.1	La Vegetación como Elemento Estabilizador	299
10.4.2	Efectos físicos de la vegetación	300
10.4.3	Selección de las Especies Vegetales	300
10.4.4	Estabilización del Sector con tratamientos de Bioingeniería.	302
10.4.4.1	Concepto de bioingeniería	302
10.4.4.2	Recubrimiento o empradización de los taludes	302

10.4.4.3	Empradización de las bermas _____	302
10.4.4.4	Empradización de las áreas aledañas al muro cantiléver con Pasto Vetiver _____	302
<b>10.5</b>	<b>CANTIDADES DE OBRA _____</b>	<b>303</b>
	<b>CONCLUSIONES _____</b>	<b>306</b>
	<b>RECOMENDACIONES _____</b>	<b>310</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA _____</b>	<b>315</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Coordenadas planas de la zona de estudio _____	21
<b>Tabla 2.1</b> Registros de eventos por movimientos en masa disponibles en la base de datos del inventario de desastres, Desinventar, para el municipio de Sevilla en el periodo entre 1970 y 2011. _____	24
<b>Tabla 2.2</b> Registros de eventos en el catalogo nacional de movimientos en masa de Ingeominas. _____	25
<b>Tabla 2.3</b> Relación de afectados en ola invernal de 2009, en la zona de estudio. _____	31
<b>Tabla 2.3</b> Relación de afectados en ola invernal de 2009, en la zona de estudio (Continuación). _____	32
<b>Tabla 3.1</b> Parámetros del ajuste 3D _____	85
<b>Tabla 4.1</b> Información Cartográfica del POT. _____	89
<b>Tabla 4.1</b> Información Cartográfica del POT (Continuación). _____	90
<b>Tabla 4.1</b> Información Cartográfica del POT (Continuación). _____	91
<b>Tabla 4.1</b> Información Cartográfica del POT (Continuación). _____	92
<b>Tabla 4.2</b> Información Cartográfica Básica CVC. _____	92
<b>Tabla 4.2</b> Información Cartográfica Básica CVC (Continuación) _____	93
<b>Tabla 4.2</b> Información Cartográfica Básica CVC (Continuación) _____	94
<b>Tabla 4.2</b> Información Cartográfica Básica CVC (Continuación) _____	95
<b>Tabla 4.2</b> Información Cartográfica Básica CVC (Continuación) _____	96
<b>Tabla 4.2</b> Información Cartográfica Básica CVC (Continuación) _____	97
<b>Tabla 4.3</b> Información Cartográfica Geovisor Departamento de Planeación _____	98
<b>Tabla 4.4</b> Información Cartográfica Geovisor-Oficina de Planeación Municipal _____	98
<b>Tabla 6.1</b> Estaciones seleccionadas para el análisis de precipitaciones que cumplieron los criterios definidos de selección. _____	128
<b>Tabla 6.2</b> Resumen de la distribución espacial de la precipitación _____	143
<b>Tabla 6.3</b> Resultados del análisis de precipitaciones máximas estaciones cercanas a la zona de estudio _____	145
<b>Tabla 6.4</b> Descripción de los puntos de infiltración _____	150
<b>Tabla 6.4</b> Descripción de los puntos de infiltración (Continuación) _____	151
<b>Tabla 6.5</b> Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990) _____	152
<b>Tabla 6.6</b> Distribución del uso de suelo _____	162
<b>Tabla 6.7</b> Distribución de la cobertura de uso _____	166
<b>Tabla 6.8</b> Reclasificación de la cobertura de uso _____	166
<b>Tabla 6.9</b> Clasificación del conflicto por uso del suelo _____	167
<b>Tabla 7.1</b> Ubicación de las líneas de refracción sísmica realizadas en la zona _____	172
<b>Tabla 7.2</b> Características de las líneas de refracción _____	174
<b>Tabla 7.3</b> Estratos identificados _____	178
<b>Tabla 7.4</b> Ubicación de apiques realizados en el área de estudio. _____	181
<b>Tabla 7.5</b> Principales características de los apiques realizados en el área de estudio. _____	181
<b>Tabla 7.6</b> Parámetros de resistencia obtenidos en ensayo de laboratorio _____	191
<b>Tabla 8.1</b> Clasificación de la amenaza por movimientos en masa de acuerdo a los valores del factor de seguridad _____	194
<b>Tabla 8.2</b> Parámetros geomecánicos _____	197
<b>Tabla 8.3</b> Factores de seguridad de las secciones para la condición sin sismo. _____	206
<b>Tabla 8.4</b> Factores de seguridad para las secciones para la condición con sismo. _____	206
<b>Tabla 8.5</b> Descripción de niveles de amenaza por remoción en masa en la zona de estudio. _____	219
<b>Tabla 9.1</b> Asignación de importancias relativas entre variables. _____	230
<b>Tabla 9.2</b> Ponderación de la exposición estructural _____	232
<b>Tabla 9.3</b> Ponderación de la fragilidad estructural _____	233
<b>Tabla 9.4</b> Ponderación de la exposición corporal _____	235
<b>Tabla 9.5</b> Ponderación de la fragilidad corporal _____	236
<b>Tabla 9.6</b> Escala numérica-grados de vulnerabilidad _____	237
<b>Tabla 9.7</b> Índices de afectación _____	237

<b>Tabla 9.8</b> Modo de daño o afectación por fenómenos de remoción en masa _____	238
<b>Tabla 9.9</b> Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario _____	238
<b>Tabla 9.10</b> Habitantes por escenario y viviendas en riesgo. _____	283
<b>Tabla 10.1</b> Requisitos de los materiales. _____	286
<b>Tabla 10.2</b> Coeficientes de escorrentía. _____	293
<b>Tabla 10.3</b> Parámetros de diseño obras manejo de agua superficial _____	295
<b>Tabla 10.4</b> Pre-dimensionamiento de obras _____	295
<b>Tabla 10.5</b> Cantidades de obra. _____	304

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación geográfica de la zona de estudio en el municipio de Sevilla.	20
<b>Figura 3.1</b> Materialización de puntos con placa de concreto.	82
<b>Figura 3.2</b> Procesamiento GPS1.	83
<b>Figura 3.3</b> Procesamiento GPS2.	83
<b>Figura 3.4</b> Ajuste GPS1.	84
<b>Figura 3.5</b> Ajuste GPS2.	84
<b>Figura 3.6</b> Localización Del Levantamiento Topográfico.	87
<b>Figura 4.1</b> Diagrama de flujo del proceso de generación de cartografía.	99
<b>Figura 4.2</b> Modelo cartográfico para generar el Mapa Básico.	100
<b>Figura 4.3</b> Elaboración del Mapa Geológico.	102
<b>Figura 4.4</b> Elaboración del mapa de Unidades Superficiales.	103
<b>Figura 4.5</b> Elaboración del mapa de Geomorfología.	104
<b>Figura 4.6</b> Elaboración del mapa de Cobertura de Uso	105
<b>Figura 4.7</b> Elaboración del mapa de Uso del Suelo	105
<b>Figura 4.8</b> Elaboración del mapa de Historicidad	107
<b>Figura 4.9</b> Elaboración del Modelo de Elevación Digital	107
<b>Figura 4.10</b> Elaboración del mapa de Amenaza	109
<b>Figura 4.11</b> Elaboración del mapa de Vulnerabilidad	110
<b>Figura 4.12</b> Elaboración del mapa de Afectación	110
<b>Figura 5.1</b> Mapa geológico regional evidencia la amplia distribución de la Formación Amaime (tomado de la plancha 243 Armenia Escala 1:100.000. Ingeominas Versión Digital 2009).	112
<b>Figura 5.2</b> Fotografía aérea número 13 del Vuelo c2758 con la interpretación de las unidades geomorfológicas y procesos.	119
<b>Figura 6.1</b> Estaciones Meteorológicas utilizadas en la zona de estudio barrios Monserrate y Cafetero	129
<b>Figura 6.2</b> Distribución Mensual Multianual de la precipitación en la Estación Heraclio Uribe(1972 – 2010)	144
<b>Figura 6.3</b> Curva IFD con periodos de retorno de 10, 30 y 50 años; Estación La Sirena (1986 – 2010).	147
<b>Figura 6.4</b> Velocidad De Infiltración I1 con alta evidencia de movimiento en masa bajo el escarpe.	152
<b>Figura 6.5</b> Infiltración Acumulada I1 con alta evidencia de movimiento en masa bajo el escarpe.	152
<b>Figura 6.6</b> Velocidad De Infiltración I2.	152
<b>Figura 6.7</b> Infiltración Acumulada I2.	152
<b>Figura 6.8</b> Velocidad De Infiltración I3, Zona con alta evidencia de movimiento en masa en la parte baja del deslizamiento.	153
<b>Figura 6.9</b> Infiltración Acumulada I3, Zona con alta evidencia de movimiento en masa en la parte baja del deslizamiento.	153
<b>Figura 6.10</b> Curva de Velocidad De Infiltración Prueba I4.	153
<b>Figura 6.11</b> Infiltración Acumulada Prueba I4.	153
<b>Figura 6.12</b> Velocidad de Infiltración Prueba I5. Hostal El Rancho	153
<b>Figura 6.13</b> Infiltración Acumulada Prueba I5.Hostal El Rancho	153
<b>Figura 6.14</b> Infiltración Acumulada Prueba I6.	154
<b>Figura 6.15</b> Velocidad de Infiltración Prueba I6.	154
<b>Figura 6.16</b> Velocidad de Infiltración Prueba I7	154
<b>Figura 6.17</b> Infiltración Acumulada Prueba I7	154
<b>Figura 6.18</b> Velocidad de Infiltración Prueba I8.	154
<b>Figura 6.19</b> Infiltración Acumulada Prueba I8.	154
<b>Figura 6.20</b> Velocidad de Infiltración Prueba I9.	155
<b>Figura 6.21</b> Infiltración Acumulada Prueba I9.	155
<b>Figura 6.22</b> Clasificación del conflicto por uso del suelo	165
<b>Figura 6.23</b> Pendiente	167

<b>Figura 7.1</b>	Distancia mínima observada para ondas refractadas desde una superficie plana horizontal.	171
<b>Figura 7.2</b>	Seistronix RAS-24	174
<b>Figura 7.3</b>	Visualización RAS-24	175
<b>Figura 7.4</b>	Timebreaks Ondas P	176
<b>Figura 7.5</b>	Timebreaks Ondas S	176
<b>Figura 7.6</b>	Dromocronas Golpe 1 Ondas P	177
<b>Figura 7.7</b>	Dromocronas Golpe 1 Ondas S	177
<b>Figura 7.8</b>	Tomografía del terreno, velocidades de corte (Vs), punto de golpeo 3	179
<b>Figura 7.9</b>	Perfil Estratigráfico P-1.	182
<b>Figura 7.10</b>	Perfil Estratigráfico P-2.	183
<b>Figura 7.11</b>	Carta de Plasticidad	185
<b>Figura 7.12</b>	Resultados Corte Directo Apique 1	187
<b>Figura 7.13</b>	Resultados Corte Directo Apique 2	188
<b>Figura 7.14</b>	Resultados Corte Directo Apique 3	189
<b>Figura 8.1</b>	Secciones definidas la zona del deslizamiento.	195
<b>Figura 8.2</b>	Perfil Geológico – Geotécnico Sección 1.	195
<b>Figura 8.3</b>	Perfil Geológico - Geotécnico Sección 2.	196
<b>Figura 8.4</b>	Perfil Geológico - Geotécnico Sección 3.	196
<b>Figura 8.5</b>	Análisis de estabilidad Condición Actual sin Sismo – Sección 1.	198
<b>Figura 8.6</b>	Análisis de estabilidad Condición Actual sin Sismo – Sección 2.	199
<b>Figura 8.7</b>	Análisis de estabilidad Condición Actual sin Sismo – Sección 3.	200
<b>Figura 8.8</b>	Análisis de estabilidad Condición Actual con Sismo – Sección 1.	202
<b>Figura 8.9</b>	Análisis de estabilidad Condición Actual con Sismo – Sección 2.	203
<b>Figura 8.10</b>	Análisis de estabilidad Condición Actual con Sismo – Sección 3.	204
<b>Figura 8.11</b>	Análisis de estabilidad Condición Con Obras sin Sismo, Sección 1.	207
<b>Figura 8.12</b>	Análisis de estabilidad Condición Con Obras sin Sismo, Sección 2.	208
<b>Figura 8.13</b>	Análisis de estabilidad Condición Con Obras sin Sismo, Sección 3.	209
<b>Figura 8.14</b>	Análisis de estabilidad Condición Con Obras con Sismo, Sección 1.	211
<b>Figura 8.15</b>	Análisis de estabilidad Condición Con Obras con Sismo, Sección 2.	212
<b>Figura 8.16.</b>	Análisis de estabilidad Condición Con Obras con Sismo, Sección 3.	213
<b>Figura 8.17</b>	Datos que se comportan normalmente.	217
<b>Figura 8.18</b>	Distribución de porcentaje de área amenazada, Escenario 1.	220
<b>Figura 8.19</b>	Distribución de porcentajes de área amenazada, Escenario 2.	220
<b>Figura 8.20</b>	Distribución de porcentajes de área amenazada, Escenario 3.	221
<b>Figura 9.1</b>	Diagrama conceptual para la evaluación de la afectación	229
<b>Figura 9.2</b>	Comportamiento de la edad del jefe de hogar con respecto a los niveles de fragilidad.	243
<b>Figura 9.3</b>	Distribución porcentual de la edad del jefe de hogar.	244
<b>Figura 9.4</b>	Distribución porcentual del género del jefe de hogar.	246
<b>Figura 9.5</b>	Relación positiva entre el nivel educativo e ingresos económicos.	248
<b>Figura 9.6</b>	Distribución porcentual de la escolaridad del jefe del hogar.	249
<b>Figura 9.7</b>	Distribución porcentual de dependencia infantil.	251
<b>Figura 9.8</b>	Distribución porcentual del estado de salud del jefe de hogar	253
<b>Figura 9.9</b>	Distribución porcentual del nivel de ingresos económicos familiares percibidos.	255
<b>Figura 9.10</b>	Distribución Porcentual del tipo de material empleado	259
<b>Figura 9.11</b>	Distribución porcentual del tipo de material empleado en las cubiertas de las viviendas	261
<b>Figura 9.12</b>	Distribución porcentual del estado de conservación estructural de las viviendas.	263
<b>Figura 9.13</b>	Distribución porcentual de la exposición corporal.	265
<b>Figura 9.14</b>	Distribución porcentual de la exposición estructural.	268
<b>Figura 9.15</b>	Distribución porcentual de la vulnerabilidad estructural.	273
<b>Figura 9.16</b>	Distribución porcentual de la Vulnerabilidad Corporal.	275
<b>Figura 9.17</b>	Distribución porcentual de la Vulnerabilidad Global	279
<b>Figura 10.1</b>	Muro en voladizo típico.	287
<b>Figura 10.2</b>	Resultados de análisis para el Muro Tipo 1.	290

<b>Figura 10.3</b>	Resultados de análisis para el Muro Tipo 2. _____	290
<b>Figura 10.4</b>	Análisis y revisión a carga lateral para pilote superior. _____	291
<b>Figura 10.5</b>	Curva IDF con periodos de retorno de 10, 30 y 50 años. Estación La Sirena (1986-2010). ____	294
<b>Figura 10.6</b>	Obras hidráulicas propuestas. _____	296
<b>Figura 10.7</b>	Detalle típico de cuneta trapezoidal. _____	297
<b>Figura 10.8</b>	Detalle típico de cuneta trapezoidal. _____	298
<b>Figura 10.9</b>	Detalle típico canales escalonados. _____	298
<b>Figura 10.10</b>	Resultados de análisis para el Muro en gaviones. _____	299

## CONTENIDO DE MAPAS

<b>Mapa 2.1</b> Eventos Históricos _____	76
<b>Mapa 3.1</b> Delimitación del área de estudio. _____	80
<b>Mapa 4.1</b> Mapa Básico barrios Monserrate Y Cafetero _____	101
<b>Mapa 4.2</b> Modelo Digital de Elevación _____	108
<b>Mapa 5.1.</b> Mapa Geológico _____	114
<b>Mapa 5.2</b> Mapa de Unidades Superficiales. _____	118
<b>Mapa 5.3</b> Mapa Geomorfológico _____	123
<b>Mapa 6.1</b> Mapa de Isoyetas Mes Enero _____	131
<b>Mapa 6.2</b> Mapa de Isoyetas Mes Febrero _____	132
<b>Mapa 6.3</b> Mapa de Isoyetas Mes Marzo _____	133
<b>Mapa 6.4</b> Mapa de Isoyetas Mes Abril _____	134
<b>Mapa 6.5</b> Mapa de Isoyetas Mes Mayo _____	135
<b>Mapa 6.6</b> Mapa de Isoyetas Mes Junio _____	136
<b>Mapa 6.7</b> Mapa de Isoyetas Mes Julio _____	137
<b>Mapa 6.8</b> Mapa de Isoyetas Mes Agosto _____	138
<b>Mapa 6.9</b> Mapa de Isoyetas Mes Septiembre _____	139
<b>Mapa 6.10</b> Mapa de Isoyetas Mes Octubre _____	140
<b>Mapa 6.11</b> Mapa de Isoyetas Mes Noviembre _____	141
<b>Mapa 6.12</b> Mapa de Isoyetas Mes Diciembre _____	142
<b>Mapa 6.13</b> Mapa de Precipitaciones Máximas _____	146
<b>Mapa 6.14</b> Localización de los Puntos de Infiltración _____	149
<b>Mapa 6.15</b> Mapa de Uso del Suelo _____	161
<b>Mapa 6.16</b> Mapa de Cobertura de Suelo _____	164
<b>Mapa 6.17</b> Mapa de Conflicto por Uso del Suelo _____	168
<b>Mapa 7.1</b> Localización de las Líneas de Refracción _____	173
<b>Mapa 7.2</b> Ubicación de puntos de apiques y perforaciones para exploración directa del subsuelo. _____	180
<b>Mapa 8.1</b> Zonificación de Amenazas por Fenómenos de Remoción en Masa, Escenario 1. _____	222
<b>Mapa 8.2</b> Zonificación de Amenazas por Fenómenos de Remoción en Masa, Escenario 2. _____	223
<b>Mapa 8.3</b> Zonificación de Amenazas por Fenómenos de Remoción en Masa, Escenario 3. _____	224
<b>Mapa 9.1</b> Número de personas por predio. barrios Monserrate Y Cafetero _____	242
<b>Mapa 9.2</b> Distribución espacial de la edad del jefe del hogar. _____	245
<b>Mapa 9.3</b> Distribución espacial de la jefatura del hogar por género. _____	247
<b>Mapa 9.4</b> Distribución espacial de la escolaridad del jefe del hogar. _____	250
<b>Mapa 9.5</b> Distribución espacial del indicador de dependencia económica. _____	252
<b>Mapa 9.6</b> Distribución espacial del estado de salud del jefe de hogar. _____	254
<b>Mapa 9.7</b> Distribución espacial del nivel de ingresos económicos familiares percibidos. _____	256
<b>Mapa 9.8</b> Número de estructuras por predio en la zona de estudio. _____	258
<b>Mapa 9.9</b> Distribución espacial del tipo de paredes exteriores. _____	260
<b>Mapa 9.10</b> Distribución espacial del tipo de cubierta. _____	262
<b>Mapa 9.11</b> Distribución espacial del estado de conservación estructural de las viviendas. _____	264
<b>Mapa 9.12</b> Distribución espacial de la exposición corporal _____	267
<b>Mapa 9.13</b> Distribución espacial de la exposición estructural. _____	269
<b>Mapa 9.14</b> Fragilidad corporal en los barrios Monserrate y Cafetero. _____	271
<b>Mapa 9.15</b> Fragilidad estructural en los barrios Monserrate y Cafetero. _____	272
<b>Mapa 9.16</b> Vulnerabilidad estructural en los barrios Monserrate y Cafetero. _____	274
<b>Mapa 9.17</b> Vulnerabilidad corporal en los barrios Monserrate y Cafetero. _____	276
<b>Mapa 9.18</b> Vulnerabilidad Física en los barrios Monserrate y Cafetero. _____	278
<b>Mapa 9.19</b> Vulnerabilidad Global en los barrios Monserrate y Cafetero. _____	280
<b>Mapa 9.20</b> Grado De Afectación en los barrios Monserrate y Cafetero ante Deslizamientos. _____	282

## CONTENIDO DE FOTOS

<b>Fotos 3.1 y 3.2</b> Intensa destrucción de viviendas manzana 262 ocasionada por el movimiento en masa y progresivo del terreno, afectando fuertemente la cimentación de las viviendas. _____	67
<b>Fotos 3.1 y 3.2</b> Reconocimiento del área de estudio. _____	79
<b>Fotos 3.3 y 3.4</b> Segunda visita a la zona del proyecto. _____	79
<b>Foto 3.5 y 3.6</b> Vértice Geodésico GPS-V-T-32. _____	81
<b>Foto 3.7</b> Levantamiento y control con GPS del punto IGAC. _____	82
<b>Fotos 3.8</b> Materialización de los puntos en la zona del proyecto. _____	82
<b>Fotos 3.9 y 3.10</b> Materialización de puntos con estación total. _____	86
<b>Foto 5.1</b> Suelos residuales de los basaltos y diabasas en uno de los taludes del barrio Monserrate donde se observa el característico color naranja rojizo y el espesor que puede superar los 10 metros. _____	115
<b>Foto 5.2</b> Suelos limo arcillosos de color pardo originados a partir de cenizas volcánicas cubriendo la capa de suelos residuales rojizos de la Formación Amaime. _____	116
<b>Foto 5.3</b> Bloques de basaltos de la Formación Amaime. en la margen izquierda del caño aguas negras por la continuación de la carrera 49 hacia el sur _____	116
<b>Foto 5.4</b> Basaltos meteorizados de la Formación Amaime y suelos residuales de color naranja rojizo en el cuerpo del deslizamiento del barrio Monserrate _____	117
<b>Foto 5.5</b> Zona escarpada (dle) y con movimiento en masa (dmm) en la corona del deslizamiento del barrio Monserrate. _____	120
<b>Foto 5.6</b> Vista hacia el sur oriente donde se observan las unidades ladera moderada (dlm), ladera suave (dls) y deslizamiento activo (dmm) _____	121
<b>Foto 5.7</b> Lomo denudacional (Dla) en el barrio Cafetero, tiene baja pendiente y no presenta procesos de inestabilidad. _____	122
<b>Foto 5.8</b> Panorámica general del movimiento que afecta al barrio monserrate, se observa la corona principal en la parte alta, un muro de gavión destruido a media ladera y varios escarpes Secundarios que evidencian movimientos de diferentes épocas. _____	125
<b>Foto 5.9</b> Corona del movimiento donde se observan niveles de cenizas volcánicas cubriendo los suelos residuales de color rojo. Las viviendas están a escasos 10 metros del escarpe. _____	125
<b>Foto 5.10</b> Vista general de un movimiento que se presenta al sur oriente del barrio Monserrate donde queda al descubierto la capa de suelos residuales de color rojo. _____	126
<b>Foto 6.1</b> Anillos Infiltrómetros y la botella de Mariotte _____	148
<b>Foto 6.2</b> Panorámica zona del proceso barrio Monserrate. _____	157
<b>Foto 6.3</b> Actividad agrícola predominante en la zona del barrio Monserrate. _____	157
<b>Foto 6.4</b> Panorámica tomada desde la parte inferior del deslizamiento en el barrio Monserrate _____	159
<b>Foto 6.5</b> Zona del deslizamiento, tomada desde la parte de arriba del escarpe. _____	159
<b>Foto 6.6</b> Zona alta del deslizamiento, se caracteriza por uso residencial. _____	159
<b>Foto 6.7</b> Zona Norte del deslizamiento, vía principal Sevilla-Uribe uso mixto y comercial. _____	160
<b>Foto 6.8</b> Zona Norte del deslizamiento, uso mixto y comercial (parqueadero). _____	160
<b>Foto 6.9</b> Zona baja del deslizamiento, uso agrícola y residencial. _____	160
<b>Foto 6.10</b> Zona sur del deslizamiento, uso residencial y agrícola (cultivo mixto de plátano y café). _____	160
<b>Foto 6.11</b> Bosque de guadua _____	162
<b>Foto 6.12</b> Bosque plantado _____	162
<b>Foto 6.13</b> Café _____	163
<b>Foto 6.14</b> Cultivos Mixtos _____	163
<b>Foto 6.15</b> Pastos _____	163
<b>Foto 6.16</b> Plátano _____	163
<b>Foto 6.17</b> Plátano-Café _____	163
<b>Foto 6.18</b> Rastrojo _____	163

## **AGRADECIMIENTOS**

La Universidad del Valle, específicamente el Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano, expresa su agradecimiento a todas las entidades y personas que en una u otra forma aportaron en la ejecución y desarrollo del proyecto, logrando con ello, el estricto cumplimiento de los objetivos propuestos.

A la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC por la confianza depositada en la Universidad del Valle, representada en el Observatorio Sismológico al asignarle la ejecución del estudio y el apoyo que todas sus dependencias en todo momento prestaron.

De manera particular a los funcionarios de la Alcaldía Municipal del municipio, a CENICAFE por su colaboración al facilitarnos información de sus estaciones hidrológicas, a los líderes comunitarios de los Barrios Monserrate y Cafetero por su acompañamiento permanente y la hospitalidad que nos prestaron durante los trabajos de campo y son buena disponibilidad en las reuniones de socialización.

A los directivos y funcionarios de la Universidad del Valle que en el cumplimiento de su labor hicieron posible los tramites administrativo internos necesarios para el desarrollo del proyecto.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las amenazas y riesgos debe establecerse como el punto de partida hacia la intervención en los municipios del Valle del Cauca; sin embargo, la falta de soporte para proyectar el ordenamiento territorial ha generado que hoy en día existan, en términos cualitativos y cuantitativos, un alto número de viviendas en zonas de riesgo, muchas de ellas no mitigables. A pesar de tal situación, en ocasiones por falta de estudios técnicos pertinentes, no se toman las medidas decisorias de reubicar a la población que habita bajo el riesgo y peor aún, se sigue proyectando el crecimiento de centros urbanos y poblaciones sin conocer las condiciones de riesgo en las que se establecen.

Para contrarrestar esta realidad presente a la mayoría de los municipios del Valle del Cauca, la CVC a través de organizaciones idóneas, viene adelantando estudios técnicos confiables que, por un lado identifiquen las condiciones naturales que generan los posibles fenómenos peligrosos por la comunidad, y, en segundo lugar, las características intrínsecas de la población que se convierten en vulnerabilidad ante los diversos peligros naturales a los que se encuentran expuestos, para definir los posibles niveles de afectación que pueda sufrir.

Conociendo que la vulnerabilidad frente a los desastres se genera a partir de la concentración de la población, sin referentes de prevención, las cabeceras municipales son las que presentan mayor incidencia en los desastres naturales, tal como lo confirman las estadísticas.

En este caso, los barrios Monserrate, Cafetero y su entorno en el Municipio de Sevilla en el Valle del Cauca han sido incluidos dentro de las prioridades de atención a las amenazas por parte de la CVC, con el fin de que mancomunadamente con la administración municipal se realicen los estudios técnicos y científicos para establecer las condiciones del riesgo que se presentan por movimientos en masa. Lo anterior, en razón a que se han registrado históricamente y se registran en la actualidad procesos de inestabilidad relacionados con la condición geológica del sector enmarcada por el origen de la cuenca a partir de un sistema de fallas regional bien reconocido, el cual ha afectado el suelo y roca, sin desconocer en ese ámbito la intervención del hombre con el urbanismo formal o no sobre dicha área y sobre todo la implicación que tiene el manejo de agua por escorrentía y de los alcantarillados.

A pesar de que para la ejecución del presente proyecto la administración municipal no aportará recursos económicos, debe quedar expreso el compromiso de que su parte se suministrará toda la información que el municipio posea en cuanto a cartografías prediales, catastrales, estudios, información SISBEN, POT, información de eventos históricos, etc., al igual que el acompañamiento que deberán prestar para todo lo relacionado con el trabajo de campo pertinente que tenga el cuerpo de bomberos, el CLOPAD, Defensa Civil, etc.

A partir de los estudios señalados y con el uso de la cartografía base, se han generado los mapas temáticos, de amenaza por remoción en masa, vulnerabilidad y escenarios de

afectación para los barrios Monserrate y Cafetero; y los respectivos diseños de obras constructivas en la zona del deslizamiento.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Realizar el estudio de evaluación de la amenaza y escenarios de riesgo por movimientos y diseñar las posibles obras de ingeniería necesarias para el control de la situación de amenaza resultante en los barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla perteneciente al departamento del Valle del Cauca.

### **ESPECÍFICOS**

- Recolectar y clasificar la información existente en el Municipio para la realización del estudio de evaluación de la amenaza por movimientos en masa.
- Realizar el levantamiento cartográfico detallado de la zona de afectación por movimientos en masa dentro de la zona de estudio.
- Preparar la información cartográfica y geográficas resultante de este estudio conforme las políticas y estándares que tiene establecida la CVC para garantizar que la información generada en el estudio pueda ser incorporada al SIG de la Institución.
- Realizar la evaluación y modelamiento de la susceptibilidad a movimientos en masa.
- Determinar el factor de seguridad ante movimientos en masa en la zona de estudio, considerando las lluvias y los sismos como posibles factores detonantes de eventos peligrosos.
- Realizar el estudio de evaluación de los posibles escenarios de afectación o daño (riesgo) por movimientos en masa en la zona de estudio.
- Determinar los modos y niveles de afectación y daño de los elementos expuestos en las zonas de amenaza alta y media dentro de la zona de estudio.
- Formular de manera general algunos lineamientos y esquemas particulares para elaborar los planes de prevención y atención de desastres y de contingencia y emergencia a partir de los resultados de los estudio de los estudios de amenaza y escenarios de afectación o daño.
- Elaborar el diseño de las obras requeridas para el control de la situación de amenaza del presente estudio.
- Socializar los resultados del estudio ante las autoridades municipales y la comunidad afectada por posibles movimientos en masa en la zona de estudio.
- Elaborar los informes parciales y final del presente estudio.

## PERSONAL PARTICIPANTE

Para la ejecución del proyecto, la Universidad del Valle seleccionó un grupo de profesionales interdisciplinarios conformado por docentes, contratistas y estudiantes de los últimos años de diferentes programas académicos, quienes integran los distintos grupos de trabajo que han desarrollado las actividades que conforman el proyecto, así:

No	NOMBRE	PROFESION	CARGO
<b>DIRECCION Y ADMINISTRACION</b>			
1	ELKIN SALCEDO HURTADO	Ph.D. en Física-Matemáticas	Director
2	OLGA LUCIA BAQUERO	Ms.c en Geofísica	Coordinadora Técnica y Administrativa
3	KARINA CASTILLO	Ing. Agrícola	Asistente Administrativa
4	ALBA CASTAÑO CASTAÑO	Estudiante Geografía	Auxiliar Administrativa y en vulnerabilidad
<b>GRUPO DE HISTORICIDAD</b>			
5	NATHALY DE LOS ANGELES MAZO	Geógrafa	Historicidad
<b>GRUPO DE GEOLOGIA Y GEOFISICA</b>			
6	JORGE CASTRO	Geólogo	Asesor en Geología
<b>GRUPO DE GEOTECNIA</b>			
7	JESUS RAFAEL GARCIA	Ing. Civil	Coordinador
8	ELKIN FABIAN ULLOA	Ing. Civil Especialista Geotécnista	Ingeniero
9	MARGARITA MONTOYA	Ing. Civil	Ingeniera Auxiliar
<b>GRUPO DE SIG</b>			
10	JIBER QUINTERO SALAZAR	Ing. Topográfico	Coordinador en SIG y Topografía
11	YURY ALEJANDRA CARVAJAL	Ing. Topográfica	Auxiliar en SIG y Topografía
<b>GRUPO TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA</b>			
12	JULIAN ANDRES ESCOBAR	Ing. Topográfico	
<b>GRUPO DE HIDROLOGÍA</b>			
13	JUAN PABLO URREGO	Ing. Agrícola	Ingeniero
<b>GRUPO DE VULNERABILIDAD</b>			
14	ELKIN SALCEDO HURTADO	Ph. D. en Física-Matemáticas	Coordinador
15	OLGA LUCIA BAQUERO	Ms.c en Geofísica	Vulnerabilidad
16	ANDRES FELIPE TORRES	Geógrafo	Vulnerabilidad
17	JORGE ANDRES VELEZ CORREA	Ms.c en	Vulnerabilidad
18	NATHALY DE LOS ANGELES MAZO	Geógrafa	Asistente en Vulnerabilidad
19	CLAUDIA MARCELA PEÑA	Ingeniera Civil	Vulnerabilidad Estructural
20	NATHALIE GARCIA MILLAN	Estudiante de Geografía	Monitora

El acompañamiento del proyecto por parte de la CVC ha estado a cargo del Geólogo Harbey Millán, adscrito a la Dirección Técnica Ambiental.

# **1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

# 1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

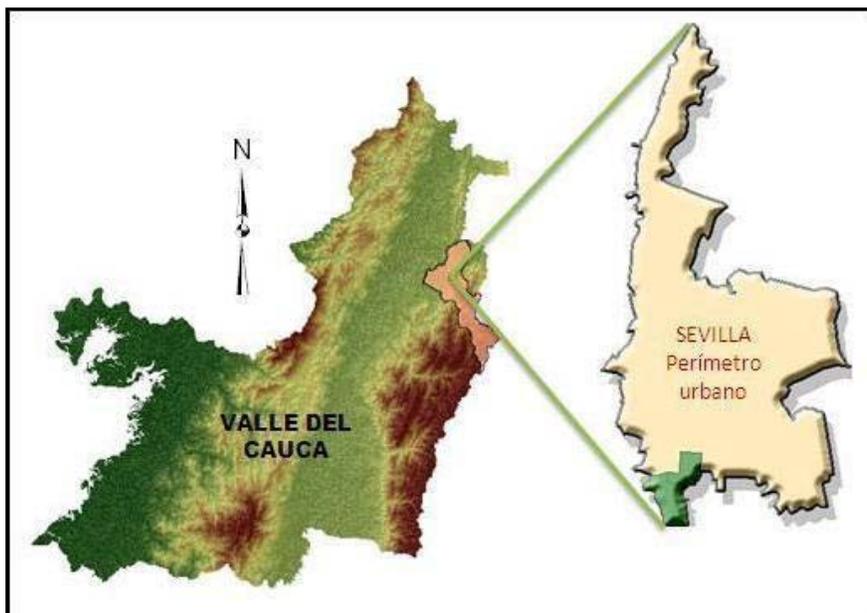
## 1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Municipio de Sevilla está localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central, al NE del Departamento del Valle del Cauca, a una distancia de 152 kilómetros de la ciudad de Santiago de Cali. Limita al norte con los Municipios de La Victoria y la Tebaida (Quindío), al sur con los Municipios de Bugalagrande y Tulúa, al oriente con Caicedonia, Génova (Quindío) y Roncesvalles (Tolima) y al occidente con Bugalagrande y Zarzal.

El Municipio tiene una extensión aproximada de 587,5 Km<sup>2</sup>, de los cuales 3,89 Km<sup>2</sup> corresponden a la cabecera municipal, la cual cuenta una trama octogonal desarrollada sobre una topografía quebrada en su mayor extensión, que por su localización en la cordillera es considerado uno de los municipios con balcones incomparables hacia el Valle del Cauca y Quindío, a 1.612 m.s.n.m.

La división política del área urbana y rural está definida por los Acuerdos No. 026 de noviembre 24 1.998, los cuales definen el perímetro urbano, y los Acuerdos No. 001 de enero 29 de 1.981 y 035 de diciembre 11 de 1.987, por los cuales se definen la división política del área rural.

Los barrios Monserrate y Cafetero, correspondientes a la zona de estudio, se encuentran localizados al Sur del municipio de Sevilla, dentro del perímetro urbano (Figura 1.1)



*Figura 1.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio en el Municipio de Sevilla.*

Los límites de la zona de estudio son, al Norte con la calle 50 y la quebrada La Alhambra; al Sur por la intersección del río Popal con la vía La Uribe-Sevilla; al Oeste limita con la vía La Uribe-Sevilla (elevación 1850 m.s.n.m.) y al Este con la carrera 47; en las coordenadas planas Magna con origen Oeste y el área mostradas en la siguiente Tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Coordenadas planas de la zona de estudio

	<i>Norte</i>		<i>Este</i>		<i>Area Ha</i>
	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
Coordenadas planas	962568	963180	1126634	1127120	15

## 1.2 MARCO CLIMÁTICO

La zona de estudio presenta una amplia diversidad de climas debido a la variación de alturas (1000- 3800 m.s.n.m.), con pisos térmicos desde el cálido hasta el muy frío. La humedad relativa es alta, lo mismo que la nubosidad, siendo mayor en la zona centro y sur del Municipio. La temperatura media anual del Municipio es de 18.6°C, se presenta la máxima en el mes de agosto 20,2°C y la mínima en noviembre 16,7°C.

En el Municipio de Sevilla se presentan dos periodos lluviosos (abril a junio y octubre-noviembre) y dos periodos secos (enero a marzo y julio a agosto); septiembre y diciembre son considerados como de lluvias intermedias.

## 1.3 SISTEMA HIDROGRÁFICO

Por su posición geográfica en el flanco occidental de la Cordillera Central, Sevilla conforma una estrella hídrica donde convergen o se forman tres sistemas hidrográficos importantes, pertenecientes regionalmente a la cuenca del río del Cauca y a su vez hacen parte de tres Unidades de Manejo de Cuencas: Sistemas Hidrográficos Río Bugalagrande, Río La Vieja, Río La Paila y Quebrada Las Cañas.

La cabecera municipal cuenta con 10.5 Km. de cobertura hídrica, perteneciente a la *Microcuenca Quebrada San José*: quebradas La Sanabria, Brasil, Santander, Villa Linda, Aguas Claras y otros ramales sin nombre y *Microcuenca Quebrada Saldaña*: quebradas Aguas Sucias, Municipal, San Luis, Gaitán, Belén y Las Ferias.

## **2 HISTORICIDAD**

## **2 HISTORICIDAD**

El objetivo de este informe es establecer la historicidad de eventos naturales por deslizamientos ocurridos en la zona de estudio correspondiente a los barrios Monserrate y Cafetero, en el área urbana del municipio de Sevilla. El estudio está encaminado a evidenciar los factores de ocurrencia de eventos, la frecuencia y consecuencias; además, las respuestas de instituciones como el CLOPAD y entidades oficiales para tales eventos.

Entre los documentos consultados se obtuvieron registros de eventos, Informes Técnicos sobre Inestabilidad en la zona de estudio (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC), Actas oficiales del CLOPAD, fuentes hemerográficas de diarios regionales y nacionales (El País, El Tiempo), bases de datos e inventarios de desastres (Inventario de Desastres, DesInventar), entre otros.

Se consultaron documentos asociados a movimientos en masa disponibles en las entidades gubernamentales como Planeación Municipal (Plan de Ordenamiento Territorial), entidades de apoyo (Bomberos, Defensa Civil, Cruz Roja), organizaciones comunitarias y medios de comunicación locales.

### **2.1 METODOLOGÍA**

La búsqueda de información se realizó con base en el método intensivista, el cual consiste en un previo conocimiento de la ocurrencia de un evento determinado y mediante la búsqueda de diversas fuentes, nos permite precisar datos de hora, lugar de ocurrencia, efectos, daños causados, para así establecer parámetros de medición acerca de la magnitud o intensidad de estos fenómenos. Las fuentes usadas pueden ser primarias o secundarias.

Una aproximación inicial consiste en datar eventos históricos asociados a fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio y recopilar dichas fuentes mediante fichas para su organización archivística, para su complementación y análisis posterior. Una vez obtenido el registro hemerográfico se contrasta la información con otras fuentes primarias, como testimonios de la comunidad, y secundarias, como actas, oficios e informes técnicos, que se constituyen en insumo importante para conocer el proceso asociado a la atención de las emergencias en la zona afectada. del riesgo.

La recopilación de información se apoyó en actividades como visitas de campo y socialización en la zona de estudio, donde se estableció contacto con los habitantes mediante la indagación y reconocimiento de la problemática de afectación (taller de cartografía social). Estas actividades llevadas a cabo permiten obtener una multiplicidad de escenarios y versiones acerca de los eventos históricos que afectan a la población y así evidenciar una primera aproximación a las zonas de riesgo asociadas a los eventos de remoción en masa.

## 2.2 RELACIÓN DE FUENTES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS

### 2.2.1 Hemerográficas

En la actualidad se disponen de inventarios de desastres no solo a escala global sino también a escala local y regional; entre estas herramientas útiles accesibles encontramos el Sistema de Inventario de Efectos de Desastres, *Desinventar*, el cual presenta una base de datos preexistente que organiza los eventos en diferentes escalas y los registra por fecha, lugar y daños asociados a las ocurrencia de estos, entre otros aspectos. Esta información sirve de base para iniciar la investigación de los documentos hemerográficos (noticias, artículos de revistas o periódicos) que hayan registrado la ocurrencia de eventos por remoción en masa en el pasado.

La consulta realizada en la base de datos de *Desinventar*, asociada a fenómenos por remoción en masa en el municipio de Sevilla, arrojó la siguiente información sintetizada (Tabla 1):

**Tabla 2.1** Registros de eventos por movimientos en masa disponibles en la base de datos del Inventario de Desastres, *Desinventar*, para el Municipio de Sevilla en el periodo entre 1970 y 2011.

Fecha Inicio	Tipo de evento	Nombre Geografía	Sitio	Fuente
06/03/1971	Deslizamiento	Valle del Cauca/Sevilla	N.D.	EL TIEMPO 1971-03-07 Pág. 9
19/11/1988	Deslizamiento	Valle del Cauca/Sevilla	Bs. Monserrate Cafetero	BDOSSO
04/07/1999	Deslizamiento	Valle del Cauca/Sevilla	Vía Cto. San Antonio - Vda. Ceballos	EL TIEMPO
03/11/1999	Deslizamiento	Valle del Cauca/Sevilla	Cto. San Antonio	EL TIEMPO
03/03/2000	Deslizamiento	Valle del Cauca/Sevilla	Zona urbana de Sevilla	DNPAD 2000-03-01/EL TIEMPO 00-03-04
21/07/2000	Deslizamiento	Valle del Cauca/Sevilla	N.D.	EL PAIS 2000-07-22
10/03/2001	Avenida torrencial	Valle del Cauca/Sevilla	N.D.	DNPAD

Fuente: *Desinventar*, 2011.

Otra fuente que relaciona registros de estos eventos es el Catalogo Nacional de Movimientos en Masa (INGEOMINAS, 2002), en donde se referencia, en el Catalogo de Desastres de la C.O.R. (Centro Operativo Regional) de Cali, los eventos asociados al fenómeno de estudio los cuales datan desde el año 1900 a 1995.

**Tabla 2.2** Registros de eventos en el Catalogo Nacional de Movimientos en Masa de INGEOMINAS.

Municipio	Sitio	Fecha evento	Fecha reporte	Vidas	Heridos	Infraestructura vial	Fuente de información
Sevilla	N.D.	N.D.	18/06/29	37	100	-	OSSO
Sevilla	N.D.		10/03/50	-	-	X	OSSO
Sevilla	N.D.	25/03/61	26/03/61	-	-	X	EL PAIS
Sevilla	N.D.	13/04/70	14/04/70	-	-	X (Edif. Cultivos. Bosques)	EL PAIS
Sevilla	La Cuchilla. Qda. nueva	05/10/92	06/10/92	-	-	X (Edif. Cultivos)	EL PAIS
Sevilla	Qda. Nueva y Corozal	03/06/94	04/06/94	-	-	X	EL PAIS

Fuente: INGEOMINAS, 2002

A continuación se relaciona una de las noticias más importantes asociadas con el fenómeno por remoción en masa que afecta los barrios Monserrate y Cafetero, en el municipio de Sevilla, Departamento del Valle del Cauca, donde es evidente la preocupación sobre el riesgo que existe en todo el Municipio

### **EL TIEMPO, Nación, DE PLAZO EN PLAZO REUBICACIÓN EN SEVILLA, febrero 23 de 1998**

“María Helena Rodríguez y Socorro López, no se conocen entre sí aunque los problemas de pobreza que padecen son idénticos y sus viviendas están distantes tan solo a 120 metros.

Ellas, viven en los barrios Monserrate y Cafetero, respectivamente, en el sur de Sevilla, en donde por años han escuchado las promesas de reubicación por encontrarse en una zona de alto riesgo. La última vez que se prepararon para salir de sus casas fue hace cuatro años cuando un deslizamiento en el sector destruyó diez casas y dejó graves averías en siete más.

Sus ranchos están en el aire sostenidos por viejas guaduas y gorgojeados maderos. La primera, de 40 años, desde hace 20, cuando llegó a la carrera 50A # 44-06 ha escuchado que le van a ayudar para otra casita y la segunda, de 50 años, oye la misma promesa desde hace seis, cuando llegó a Sevilla a la carrera 49 # 44-17.

Pero el drama de estas dos familias no es el único. Es una situación general para las 141 viviendas de Monserrate y las 50 de Cafetero, en donde habitan hasta cuatro familias por inmueble. Ahora, además de permanecer en riesgo constante de un desplome del terreno empezaron a sufrir el rigor de no contar con energía.

La Empresa de Energía del Pacífico (EPSA) empezó el desmonte de las redes de energía por tratarse de una zona de alto riesgo.

Monserate nació hace 36 años cuando una firma privada vendió lotes con servicios a familias del sur de Sevilla que vivieron en el plan una solución a sus problemas de vivienda. En tanto que Cafetero, a pocos metros, surgió como un asentamiento subnormal al lado de un canal de aguas negras.

La actual Administración dice que requiere del apoyo de los gobiernos Nacional y Departamental para solucionar la situación de las familias.

Una solicitud sin respuesta, Belarmino Díaz, desde hace cuatro años presidente de la Junta de Acción Comunal de Monserate, dice que no ha descansado en solicitar permanentemente la reubicación de las familias en peligro.

Recuerda que en 1988 se presentó el primer deslizamiento que afectó 14 casas de Monserate. Estas familias fueron reubicadas en el barrio Bello Horizonte, en la administración de Elí González, quien hasta ahora ha sido el único Alcalde interesado por la suerte de las familias que habitan el sector, dice el líder comunal.

Pero la más grave situación, se presentó en noviembre de 1994, cuando un deslizamiento se llevó diez viviendas y ocasionó averías en siete más.

Recuerda que el deslizamiento de tierra se produjo porque en la casa de una de las habitantes de la carrera 40 B entre calles 45 y 44, se hizo una mala instalación del acueducto. El daño generó una filtración que unida al caño sin canalizar que bordea el barrio, desestabilizó el terreno y provocó la destrucción de las casas.

Tras la emergencia unas nueve familias aceptaron ser trasladadas a una escuela, pero el resto de los habitantes se negó a acatar las recomendaciones de los organismos de socorro hasta que no se les asignara un nuevo sitio de vivienda.

En esa época el alcalde, Fernando Botero Jaramillo, se comprometió en la primera semana de gestión a adelantar la construcción de soluciones habitacionales en el barrio Los Alpes, pero su propósito no se cristalizó porque fue asesinado a los dos meses de mandato. Su sucesor, Carlos Cardona Vargas, no siguió con el proyecto. Aunque mucho habló nunca movió un dedo para solucionar el problema, por eso en Monserate y Cafetero las esperanzas quedaron brocadas, dice Díaz.

El actual alcalde Wilson Antonio Patiño, quien durante la primera reunión de alcaldes con el gobernador, Gustavo Álvarez Gardeazábal planteó la situación de las familias es ahora la esperanza de los moradores del lugar.

Fernando Barrera, secretario de Gobierno de Sevilla, dice que se adelantan gestiones ante el INURBE y el Ministerio de Desarrollo para lograr recursos que permitan el desarrollo de programa de reubicación. Tengo que admitirlo, pero no ha existido el interés gubernamental por superar esta situación. Pero hoy 23 de febrero de 1998 puedo garantizarle que el compromiso de Wilson Patiño como alcalde de Sevilla, es hacer la reubicación, señala Barrera.

Hasta el momento no se ha definido el sitio de reubicación. No obstante, el funcionario precisó que se adelantarán los estudios legales y de impacto ambiental para determinar que terrenos se utilizarán.

Por ahora, los organismos de socorro realizarán un censo para identificar las viviendas que amenazan más peligro. El Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Sevilla, declaró los barrios Monserrate, sector de ladera, y Cafetero, parte baja, en el sur de Sevilla, zonas no aptas para la construcción de viviendas. La CVC y la Unidad de Control Físico de Sevilla también catalogaron los sectores como zona de alto riesgo.

Ante esta determinación, dice el capitán Raúl Jaramillo, comandante de los Bomberos, la recomendación puntual para evitar una tragedia de incalculables consecuencias es la reubicación inmediata de las familias localizadas en las zonas de riesgo.

A esto se suma continuó que la época invernal es caótica en la región porque además de afectar el terreno de Monserrate genera crecientes en el caño que ponen en peligro a Cafetero.

Para los habitantes de Monserrate la situación empieza a complicarse con la decisión de la Empresa de Energía del Pacífico (EPSA), de suspender el servicio de energía. El anunció, conocido por la población en diciembre del año pasado, empezó a hacerse efectiva el pasado 9 de enero con el levantamiento de las redes de energía. Martha Osorio, administradora de EPSA, dijo que la medida se adopta por razones de orden técnico ya que la zona fue declarada como de alto riesgo. Hemos solicitado tomar medidas necesarias para la reubicación de esas familias pues nuestro propósito es evitar una emergencia, que nos causaría problemas legales por la prestación de servicio en zona de alto riesgo, dijo Osorio. A la fecha 40 contadores han sido retirados. El desmonte será paulatino hasta terminar con todo el sector”.

**EL TIEMPO, Nación, SEVILLA, EN CONSTANTE AMENAZA. Julio 13 de 1999.**

“Los 65.000 habitantes de Sevilla temen una tragedia similar a la vivida en Argelia el pasado 15 de abril, cuando la tierra se tragó a 40 personas.

El temor no es infundado. La amenaza está latente en los cuatro puntos cardinales de este municipio del nororiente del Valle y se concentra en la inestabilidad de los suelos, lo que tiene en peligro a los pobladores de las zonas rural y urbana, (...) asociada con la riqueza hídrica del municipio, cuyas quebradas surten a los acueductos de Caicedonia, Zarzal, Bugalagrande y otras poblaciones del centro del Valle del Cauca.

De acuerdo con el secretario de Gobierno municipal, Fernando Barrera López, el problema de las filtraciones en la población se ha agudizado porque, además del exceso de agua que hay en la ladera de Sevilla, buena parte de los propietarios de predios rurales ha descuidado el mantenimiento de las cunetas. Por eso, según el funcionario, si no se toman medidas el municipio se enfrenta a una tragedia de incalculables proporciones.

El pasado domingo se dio la primera voz de alerta sobre lo que puede pasar en Sevilla. El labriego Efraín Patiño Ospina, de 26 años, y su hijo de cuatro murieron sepultados por un deslizamiento de tierra ocurrido en cercanías del corregimiento Cebollal, ubicado en el suroccidente del municipio.

La otra hija del campesino, una niña de seis años, no fue atrapada por el alud porque alcanzó a correr. Los tres se dirigen a pie hacia su vivienda en Cebollal.

No hay maquinaria, pero además de la descompactación de los suelos, los habitantes de Sevilla, que en su mayoría viven en el campo, se enfrentan a otro problema: la escasa maquinaria de obras públicas del municipio no se encuentra en buen estado.

Además, el departamento no puede prestar ayuda porque no tiene equipos ni maquinaria y los pocos elementos con los que cuenta se encuentran fuera de servicio.

La crisis económica del departamento tampoco ayuda mucho. La directora regional de la Oficina de Atención y Prevención de Desastres, Melba Leiner, dijo que la Secretaría de Hacienda no ha autorizado el último desembolso de Paquete Anual de Caja, pues los recursos en el Valle son escasos.

Entre tanto, los habitantes de apartadas zonas rurales de Sevilla como La Cuchilla, en el norte; La Melba y Las Margaritas, en el suroriente, así como La María y Totoró, en el noroccidente, temen quedarse aislados por vía terrestre,

pues los deslizamientos son continuos, según denuncia el secretario de Gobierno municipal.

El preocupante cuadro lo completa la vía que comunica a Sevilla con Caicedonia. Buena parte de los 20 kilómetros entre las dos poblaciones presenta serios agrietamientos. Pero los problemas de Sevilla no son solo de la zona rural; el casco urbano también afronta serios inconvenientes.

El secretario de Gobierno reiteró la queja de la ciudadanía sobre el peligro en el que viven los habitantes de barrios como El Brasil, La Inmaculada, Providencia y San Luis, considerados como zonas de alto riesgo. El problema en esos sitios es la deficiencia en la canalización de las aguas negras, dijo Barrera.

Hasta ahora, los únicos que han solucionado el problema son unas 35 familias de los barrios Monserrate y Cafetero, en la salida a Cali, que fueron reubicadas en Las Ferias, en el noroccidente de Sevilla. En los suelos de Monserrate y Cafetero se han presentado constantes deslizamientos en los últimos 10 años”.

**EL TIEMPO, Información General, VALLE TIENE 108 ZONAS DE RIESGO. Marzo 24 de 2000.**

“Ciento ocho zonas de alto riesgo en 37 de los 42 municipios vallecaucanos fueron identificadas en un estudio adelantado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).

El informe presentado (...) en Tuluá se constituye en un anticipo de la exposición que se realizará ante la Asamblea, que anunció una citación para el director general de CVC con el fin de que explique las acciones adelantadas por la entidad para prevenir y mitigar riesgos.

El informe consta de los lugares identificados en los municipios con mayor riesgo de deslizamientos, inundaciones, crecientes torrenciales o erosiones.

(...)Uno de los puntos que más preocupa a la CVC es el riesgo inminente que persiste en los barrios Monserrate y Cafetero de Sevilla. El barrio Monserrate en Sevilla es uno de los municipios con zonas de mayor riesgo de deslizamiento, en el Departamento”.

### **2.2.2 Comunicados Oficiales**

Es importante evidenciar cual ha sido el tratamiento a los eventos ocurridos por parte de las autoridades locales, en este caso la Alcaldía Municipal de Sevilla, el CLOPAD; por ende

se presenta los documentos correspondientes a la declaración de estados de emergencia, información, comunicados oficiales y demás relacionados.

Comunicados/ [www.sevilla.gov.co](http://www.sevilla.gov.co)

### **Soluciones para las familias del Barrio Monserrate y Cafetero**

Publicado el Sábado, 22 de mayo de 2010

“Gracias a las gestiones adelantadas por el alcalde Gerardo Gómez Díez se logró firmar el acuerdo número 024 de 2010 entre la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca) y la Fundación CORVESA para la ejecución del proyecto denominado “ESTABILIZACIÓN DE LAS ÁREAS DEGRADADAS DEL BARRIO MONSERRATE Y CAFETERO DEL MUNICIPIO DE SEVILLA VALLE DEL CAUCA”...”.

En esta publicación, además, se menciona la fecha de la socialización de ese proyecto cuyo impacto beneficiaría a los habitantes de estos barrios, donde asistieron el Interventor del Proyecto, Ing. Carlos Arturo Falla; el Director de Obra, Jorge Humberto Torres y el Ing. Carlos Villamil, funcionario de la CVC.

Comunicados/ [www.sevilla.gov.co](http://www.sevilla.gov.co)

### **S.O.S. Por emergencia Invernal en Sevilla Valle**

Publicado el Jueves, 04 de diciembre de 2008

(...) En la actualidad tenemos graves problemas en materia de conectividad vial hacia los Departamentos del Valle y el Quindío con pérdida de la banca y deslizamientos que amenazan con dejar incomunicado nuestro municipio con ciudades como Cali y Armenia principales capitales para el desarrollo de nuestras actividades como la comercialización de productos agropecuarios, el traslado de pacientes a centros hospitalarios de mayor complejidad entre otras actividades.

Comunicación dirigida al Presidente de la República por la Alcaldía Municipal, con referencia a la situación de Emergencia Invernal en Sevilla, donde se mencionan eventos de deslizamientos y pérdida de la banca en las vías que comunican el área rural y urbana; además, se mencionan los efectos de las fuertes lluvias, que han ocasionado inundaciones en el área urbana, dejando 300 familias damnificadas, para esa fecha, y de suma importancia se menciona:

“(...) Los deslizamientos y viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo obligan a tomar medidas urgentes para la reubicación de cerca de 350 viviendas de la municipalidad (...)”.

## 2.2.3 Documentos Oficiales

### 2.2.3.1 Plan Básico de Ordenamiento Territorial

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del Municipio de Sevilla (2000) en el tema de riesgos naturales plantea en Capítulo 4 UR (Diagnóstico), como tercer aspecto estructurante: las áreas expuestas a amenazas y riesgos, haciendo mención a:

“Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa: 5% de la cabecera municipal está expuesto a amenaza alta, 15% amenaza moderada y 80% amenaza baja a muy baja”.

Además de lo anterior, se presenta el mapa de amenazas en el Municipio donde se detalla las manzanas, identificadas con código catastral, que se encontraban afectadas por el fenómeno de remoción en masa, para el año de elaboración del PBOT. Para ese momento existían en el barrio Monserrate, 13 viviendas en zona de amenaza y en el barrio Cafetero, 35 viviendas amenazadas.

Conforme a lo estipulado en el Documento en estas zonas amenazadas se debe realizar un “replanteamiento de la planificación de la parte construida del área urbana del Municipio, lo cual conlleva a la aplicación de Tratamientos de Consolidación y de Recuperación o Mejoramiento Ambiental, que incluye asentamientos donde el riesgo no es mitigable, por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa e inundaciones, los cuales serán reubicados de manera inmediata, en terrenos sometidos a Tratamiento de Desarrollo Progresivo y Diferido (y los terrenos libres serán declarados como suelo de protección)”.

### 2.2.3.2 Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres – CLOPAD.

Dentro de los documentos consultados en el CLOPAD se relacionan las viviendas afectadas ante los distintos fenómenos en la temporada invernal, en el municipio de Sevilla.

**Tabla 2.3** Relación de afectados en ola invernal de 2009, en la zona de estudio.

Consolidado Censo Urbano		Evento Vendaval		Fecha	26/08/2009
Municipio	Dirección	Nombre del jefe de hogar	Nombre miembros del Hogar	Forma de tenencia	Urbana
Sevilla	CRA 51 A # 42-52	AMPARO MARIN	JAIME FERNANDO SEPULVEDA	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA # 45-73	HENRY HERRERA SANCHEZ	YOLANDA MONTENEGRO	Arrendatario	Averiadada
Sevilla	CL 46 # 51-33	MARIA LUISA CASTAÑO CASTRO	LIGNORA ARANA CASTAÑO	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 50B # 44-15	ANA LEDA BEDOYA	RUBEN DARIO BEDOYA	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 50B # 41-43	CARMEN LUCIA MONTOYA	FRANCINED ENRIQUEZ	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 51 # 43-14	ARGENIS SEPULVEDA	FABIAN ANDRES SEPULVEDA	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 51 # 44-68	MARIA CECILIA ACEVEDO	MONICA ZAPATA COLORADO	Propietario	Averiadada

**Tabla 2.3** Relación de afectados en ola invernal de 2009, en la zona de estudio (Continuación).

Sevilla	CL 42 # 50-50	JAIRO CORREA	LUZ MILA CEBALLOS	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 50B # 43-25	MARIA LILIA GOMEZ VALENCIA	YULIANA PEREZ	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 50 B # 43-37	ABSALON CARDONA	MARIA MELVA CUBILLOS	Arrendatario	Averiadada
Sevilla	CRA 50B # 43-40	JUAN RAMON VALENCIA VILLADA		Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 50 # 43-40	MARIA ERNESTINA PEREZ RODAS	JOSE HERNAN PEREZ	Propietario	Averiadada
Sevilla	CRA 50 B #43-55	CENELIA DE JESUS GALLEGO	ARGEMIRO DE JESUS VARGAS	Propietario	Averiadada
Sevilla	CL 46 # 51-37	MARIA CONSUELO HERNANDEZ	DIANA MARCELA ZAPATA	Propietario	Averiadada
Sevilla	CL 43ª #51-24	JUAN GRANADA	MARIA GIL	Propietario	Averiadada
Sevilla	CL 43ª # 51-23	MILENA SERRATO	YULIAN ARTURO GALEANO	Propietario	Averiadada
Sevilla	C.31 MONSERRATE 2Eta	JOHANA KATERINE ORTIZ	ALEXANDER ALVAREZ	Poseedor	Averiadada

**Censo único de registro de hogares afectados por situación de desastre, calamidad o emergencia vivienda urbana y rural afectada a nivel municipal y departamental.**

El Censo de Hogares afectados por situación de desastre, calamidad o emergencia en el Municipio de Sevilla, elaborado por el CLOPAD- Sevilla y CREPAD del Departamento del Valle del Cauca, lista las personas afectadas por viviendas ante los distintos fenómenos por remoción en masa e inundación en el periodo de ola invernal 2010-2011.

**Sevilla, CLOPAD, Comité Local de Prevención y Atención de Desastres. CONSOLIDADO EMERGENCIA, OLA INVERNAL 2011 -AFECTACION ZONA URBANA. Oscar Andrés Ospina Arcila**

Según el informe Consolidado Emergencia Ola Invernal 2011, que evalúa la afectación en la zona urbana de Sevilla, afirma que una vez concluido el análisis de los datos de los censos, donde cabe anotar que en cuanto la afectación de las viviendas en el municipio, es inminente la evacuación de 35 viviendas del Barrio Monserrate debido al riesgo de colapso por el deslizamiento del terreno.

**2.2.3.3 Oficios de Planeación Municipal, CLOPAD y Otros.**

- Oficio. BMP-Banco de Proyectos de Inversión Pública, diciembre 15 de 2000. Dirigida a Dirección General - CVC. Se informa sobre el estado de las familias que residen en los Barrios Monserrate y Cafetero, anexas copias de manzanas que a la fecha deben ser reubicadas.

- Oficio. Control Físico – Planeación Municipal, febrero 18 de 2002.

Dirigida a Jefe Oficina de integración con la sociedad civil – CVC. Se relaciona informe sobre avances de reubicación de los barrios Monserrate y Cafetero.

Se relaciona conforme al informe 56-1-007-2000 elaborado por la CVC y el diagnóstico realizado por Ingenieros y Geólogos contratados por el Municipio, investigadores de CENICAFÉ, grupo consultor de ingeniería GCI contratado por ACUAVALLE S.A., los siguientes puntos a tratar:

1. Adecuación del alcantarillado: Queda en manifiesto que ACUAVALLE estaba realizando reposición del alcantarillado en el Barrio Monserrate desde el año 1987, las fechas de intervención son: febrero de 1987, noviembre de 1996, enero de 1999, abril de 1999, noviembre de 1999.
2. Sobre peso por las construcciones (reubicación): En el Municipio, desde el año 1992 se vienen realizando reubicaciones de familias, de las cuales en el barrio Monserrate se reubicaron en total tres (3) manzanas 261,259, 262, a la fecha quedò una sola familia por reubicar, además, la manzana 260, considerada en riesgo moderado (según informe de INGEOMINAS), no se reubicó a corto plazo. En el barrio Cafetero, en la manzana 3251, se reubicaron 25 familias quedando 7 por reubicar. Las familias que estaban en ese momento por reubicar se encontraban inscritas en un programa de reubicación del INURBE.
3. Remodelar las pendientes o perfilar taludes: Con base en recomendaciones de Informes: Geóloga Haxia Clemencia Martínez, 1999; Grupo consulto de Ingeniería GCI, 1995.
4. Ubicar barreras vivas detención de aguas: Recomendaciones de los Informes: Diagnóstico y control sobre el deslizamiento Barrio Monserrate y Cafetero, CENICAFE, 1999; Geóloga Haxia Clemencia Martínez, 1999.
5. Canalización de la quebrada aguas sucias: Debido a la socavación se recomienda según el Informe de la Geóloga Haxia Clemencia Martínez, Canalizar con muros en ciclópeo la rivera de la quebrada, no se toca lecho, recomienda filtro detrás del muro.

- Oficio. Control Físico –OAP-348. Planeación Municipal, agosto 27 de 2007.

Dirigida a Secretaria General, Concejo Municipal. Se relaciona inquietudes de reubicación de los barrios Monserrate y Cafetero.

Se mencionan con respecto a los antecedentes los informes de visitas técnicas realizadas por el INGEOMINAS (1994), el estudio de suelo realizado por ACUAVALLE, con la firma INGENIEROS CONSULTORES (1995), y la Zonificación de amenazas geológicas para los municipios del eje cafetero realizado por INGEOMINAS (1999). Declaración de Alto Riesgo por Decreto desde el mismo año en que se iniciaron los deslizamientos aprox. entre 1994 y 1995. A partir del 1999 se logro zonificar los riesgos, con la dirección técnica de INGEOMINAS y la Geóloga Haxia Martínez, logrando en el mismo año declarar las zonas de riesgo bajo el Decreto 139 del 31 de diciembre, y contemplarlo en el PBOT de

Sevilla (2000) especificando las manzanas en riesgo de todo el municipio, incluyendo las del barrio Monserrate (En el PBOT, las manzanas en riesgo van desde la Cra 50 B, Cra 45 hasta la Cra 42, siendo las 361, 261, 262, 260.

- Oficio. Hogar Infantil San Vicente de Paul-Sevilla, diciembre 4 de 2008.

Dirigida a Alcaldía Municipal de Sevilla. Se hace solicitud sobre concepto técnico sobre situación de riesgo del Hogar Infantil San Vicente de Paul.

En mención de la temporada invernal y la intensificación de los deslizamientos de tierra en la zona de estudio, se hace un llamado al CLOPAD para orientación mediante concepto técnico sobre las medidas a tomar, frente a la ubicación de la planta física del Hogar Infantil San Vicente de Paul, el cual prestaba atención a 95 menores, puesto que existe alarma frente a la ocurrencia de una emergencia.

- Oficio. Gobierno Municipal, diciembre 12 de 2008.

Dirigida a Hogar Infantil San Vicente de Paul de Sevilla. En respuesta sobre concepto técnico sobre situación de riesgo del Hogar Infantil San Vicente de Paul.

Como medida preventiva se recomienda la evacuación del hogar Infantil San Vicente de Paul, debido a su localización esta sobre la vía que es la corona del talud que se encuentra fallado sobre la Cra 50 B, según concepto técnico del Ing. Geólogo Carlos Avendaño, quien estaba realizando estudio sobre Estabilización del Barrio Monserrate.

- Oficio. Planeación Municipal – OPA 085, diciembre 21 de mayo de 2009.

Dirigida a Comité de Cafeteros. Autorización para intervenir obras de mitigación barrio Monserrate y Cafetero.

Se remite la autorización de los propietarios de los terrenos donde se van a realizar las obras de mitigación en la zona de estudio. Para la manzanas 262, 261, 259 está la Sociedad San Vicente de Paul; la firma Panamericana de Inversiones Rojas y Patiño Ltda. Además, se acuerda recorrido de señalización informativa y preventiva en la zona de las obras.

- Oficio. Planeación Municipal – OPA 126, junio 30 de 2009.

Dirigida a Dirección CVC. Referencia de informe de viviendas en zona de riesgo en el municipio de Sevilla.

Se informa sobre la situación y escenarios de riesgos en el Municipio de Sevilla, se referencia documentos que exponen con detalle la situación, siendo el Plan de Emergencia y Gestión del Riesgo (2007), el cual contiene los escenarios de riesgo y los elementos para la elaboración del plan de contingencia, además de la cartografía de los escenarios de riesgo del municipio, contemplado en el PBOT. Se realiza informe de viviendas de zona de riesgo, y se menciona que en cuanto a los programas de reubicación a la fecha, durante los últimos 10 años, se han beneficiado aproximadamente 300 familias. Se ha avanzado en las reubicaciones de las manzanas más críticas del barrio Monserrate (4 viviendas), donde hay

necesidad de mayores recursos, ya que el presupuesto no es suficiente para ejecutar las obras proyectadas.

- Oficio. Comunidad Barrio El Cafetero, octubre 26 de 2009.

Dirigida a Planeación Municipal. Solicitud de corregir problema de aguas residuales que se presentó por la ruptura de tubería y el mal estado de la recámara receptora desestabilizando el talud de la calle 46 y carrera 50 donde se realizó un derecho de petición a la empresa ACUAVALLE, nueve (9) meses atrás, sin alternativa de solución alguna.

- Oficio. Interventoría Estudio Geológico y Geomorfológico - Universidad Militar Nueva Granada, marzo 02 de 2009.

Dirigida a Supervisión Convenio CVC No. 181 de 2006. En referencia al Estudio Geológico y Geomorfológico para el rediseño de las obras de estabilización de la quebrada Aguas Sucias Barrios Cafetero y Monserrate, Municipio de Sevilla, departamento del Valle del Cauca.

Se relacionan los motivos técnicos del Consultor con respecto al estudio en mención:

- El mayor problema en el Municipio ha sido históricamente los deslizamientos de las vertientes, los cuales han causado cuantiosos daños a viviendas e infraestructura.
- Revisando el comportamiento hidráulico de la Quebrada Agua Sucia, para el presente periodo se observa que la socavación es leve, ya que el transporte de material es fino y el mayor aportante es la descarga de aguas lluvias y negras de la red de alcantarillado municipal, las viviendas aledañas al canal descargan sus aguas residuales en la quebrada.

- Oficio. Planeación Municipal, abril 15 de 2010.

Dirigida a Secretaria de Gobierno. Referencia Viviendas para desalojo por alto riesgo en el barrio Monserrate, Proyecto de Estabilización.

Se hace referencia que en el Municipio de Sevilla desde hace 20 años se han realizado reubicaciones en los barrios Monserrate y Cafetero por la declaratoria de Zona de Alto Riesgo, el cual está soportado en el PBOT y estudios de INGEOMINAS y CVC. Actualmente está aprobado en el Plan Trienal de 2007-2011 con la CVC el “Proyecto de las Obras de estabilización de la Quebrada Aguas Sucias del barrio Cafetero y Monserrate del Municipio de Sevilla”.

Con recursos del FOREC se reubicaron las familias de la manzana 260 y otras tres manzanas, hoy en día se ha observado la invasión de tres familias en predios ya reubicados, las cuales están a pocos metros del talud de inestabilidad sobre la carrera 50B N° 44-15 que tiene nomenclatura de las tres, la construcción en esterilla.

- Oficio. Dirección General CVC, mayo 04 de 2009.

Dirigida a Alcaldía Municipal de Sevilla Valle. Referencia: información necesaria para construir la línea base de información en el Valle del Cauca sobre viviendas en condiciones de Alto Riesgo.

Se solicitó copia digital de los documentos del PBOT del Municipio de Sevilla, donde debió estar contemplada la información relativa de las amenazas y riesgos naturales para la consolidación de una base departamental confiable.

- Oficio. Sociedad San Vicente de Paúl, mayo 07 de 2009.

Dirigido a Planeación Municipal. Referencia: Autorización Ejecución de obras Barrio Monserrate

Se adjunta autorización para realizar los trabajos de estabilización de los terrenos del barrio Monserrate en los predios de la Sociedad San Vicente de Paúl.

- Oficio. Planeación Municipal, mayo 04 de 2010.

Dirigida a la Personería Municipal. Referencia: Convenio 024 del 2010 CVC-CIORVESA, para obras de estabilización barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla.

Invitación para la socialización del convenio N° 024 en la caseta comunal del barrio Monserrate el día viernes 07 de mayo de 2010.

- Oficio. Planeación Municipal, mayo 07 de 2010

Dirigido a la CVC. Referencia: Convenio 024 del 2010 CVC-CIORVESA, para obras de estabilización barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla.

Se le agradece por la colaboración y apoyo en el proyecto citado.

- Oficio. CORVESA, mayo 09 de 2010.

Dirigido a Planeación Municipal. Se solicita copia de las actas que se hicieron en el mes de diciembre haciendo referencia que del Convenio 024 del 2010 CVC-CIORVESA, para obras de estabilización barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla se encuentra suspendido y con orden de suspensión.

- Oficio. Planeación Municipal. mayo 10 de 2010.

Dirigido a Asesor Jurídico. Referencia: Proyecto Estabilización del barrio Monserrate y Cafetero convenio CVC-CORVESA. Se le informa que el día 07 de mayo se realizó la socialización del proyecto de estabilización de áreas degradadas del barrio Monserrate y Cafetero y que después de 10 años de estar radicado en al CVC se logra su financiación.

- Oficio. CVC - 0732-105-2010, mayo 28 de 2010.

Dirigido a Planeación Municipal. Dar respuesta a las inquietudes realizadas en la audiencia ambiental celebrada en el municipio de Andalucía el 22 de abril de 2010 informan que el avance de las obras de estabilización barrios Monserrate y El Cafetero del Municipio de Sevilla de las etapas I,II y III, la CVC realizó las actualizaciones de diseño y replanteo de obras para iniciar las labores de recuperación de las áreas degradadas de los barrios

mediante convenio 014 de 2010 suscrito con CORVESA, se contrato la interventoría externa mediante contrato 024 de 2010 con la Fundación Adelante por Colombia.

- Oficio. INGTEC LT, julio 30 de 2010.

Dirigida a CORVESA. Referencia: Obra de estabilización de taludes y construcción de muros en Gaviones en el Municipio de Sevilla. Se informa retraso en el traslado de la excavadora por culminación de trabajos en el Municipio de Tulúa, además por fuertes lluvias en la zona.

- Oficio. Planeación Municipal, agosto 27 de 2010.

Dirigido a Planeación Municipal. Referencia: Obra de Monserrate Convenio N° 014 de 2010 CORVESA-CVC, situación de riesgo URGENTE. Se informa de la reunión que se realizó en horas de la mañana para la conformación del Comité Técnico, en el cual se reporta la situación más crítica es la necesidad de realizar el desalojo de las viviendas en situación de riesgo y que el 15 de abril de 2010 se notificó a la Secretaria de Gobierno la situación de riesgo anexándole el informe de visitas de años atrás y después se presento el avalúo de las mejoras en el despacho del Alcalde. De toda esta situación durante la reunión de la conformación del Comité Técnico el contratista manifestó que si no se da solución al problema de desalojo y las mejoras se suspenderá la obra.

Se hace la reflexión acerca de que la obra es esperada por más de 20 años y que por unas pocas personas que han invadido zonas de riesgo a pleno conocimiento, los cuales no son habitantes del barrio de Monserrate, pongan en peligro la construcción la obra, igualmente la negligencia de los funcionarios en tomar las medidas necesarias para el desalojo de los habitantes de la zona que se encuentran en situación de riesgo.

- Oficio. CVC - 0670-11225-2010, septiembre 01 de 2010.

Dirigido a Alcaldía Municipal. Referencia: Convenios de Asociación CVC N° 014 y N° 024 de 2010. Se solicita al Gobierno Municipal la necesidad en la menor brevedad reubicar las familias localizadas en la corona del talud que está siendo intervenido con la obra, de lo contrario se suspendería las actividades, lo que conllevaría a retrasos y sobrecostos de la misma.

- Oficio. Planeación Municipal, septiembre 15 de 2010.

Dirigido a la Secretaría de Gobierno Municipal. Referencia: Informe avance Comité Técnico obra de Monserrate. Se informa sobre la posible suspensión de la obra por retrasos en la toma de decisiones para el desalojo y el pago de la mejora de plantaciones de plátano y café.

- Oficio. JAC Barrio Cafetero, octubre 05 de 2010.

Dirigido a Planeación Municipal. Se pide realizar una visita al barrio Cafetero por represamiento de las aguas negras debió a las obras de estabilización en el barrio Monserrate causando malos olores y presencias de vectores.

- Oficio. Planeación Municipal, noviembre 11 de 2010.

Dirigido a ACUAVALLE S.A.E.S.P. Referencia: Obras de estabilización de la quebrada Agua Socia en los Barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla, Valle del Cauca. Se le informa de acuerdo a estudios realizados por CVC- Comité de Cafeteros convenio N° 181 y INGEOMINAS –CVC la causa de la inestabilidad del terreno no se debe a fallas estructurales , sino a fugas de los alcantarillados y las redes existentes. Se recibió una solicitud de un habitante sobre los daños en una recamara; al hacer la visita se solicita de construcción y reposición de las redes, del cual ha transcurrido 9 meses de la respuesta y las obras requerida no se han acometido.

Se requiere que ACUAVALLE apropie los recursos para la ejecución de las obras, puesto que el Municipio no cuenta con los recursos necesarios.

- Oficio. Planeación Municipal, noviembre 16 de 2010.

Dirigido a Dirección general CVC. Referencia: Convenio de Asociación CVC N° 014 del 2010 Celebrado entre la CVC-CORVESA. Se solicitó de manera urgente la presencia de la CVC, puesto que la obra está casi paralizada desde el mes de octubre, los taludes perfilados quedaron descubiertos sin ninguna cobertura vegetal u otro material de protección ocasionando lavado de material , ocasionando el represamiento de la quebrada Agua Sucia. Se presenta situación de Alto Riesgo en cinco viviendas del barrio Monserrate de la manzana 262 ubicadas en la corona del talud, siendo urgente su evacuación.

Se necesita la presencia de la interventoría por parte de la CVC, de la obra y de la Fundación Adelante por Colombia, ya que el contratista ingresó con maquinaria pesada a un predio privado aledaño ocasionando un acelerado corte de falla, su vibración ocasionó fisuras de gran magnitud en las viviendas. Se solicita la presencia de la CVC –CORVESA ante la comunidad ya que la obra esta inconclusa, por tal motivo la comunidad como el Gobierno Municipal necesitan saber acerca de la culminación de la obra.

- Oficio. Dirección General - CVC, noviembre 19 de 2010.

El geólogo presenta las conclusiones, informa que se evidencia un movimiento en masa de mecanismo rotacional de carácter progresivo y rápida evolución, a favor de la pendiente y en el talud inferior y la corona de la manzana 262 del barrio Monserrate, en el que se ha deteriorado muros, techos, pisos de las viviendas, estas se encuentran completamente inhabitables y en riesgo inminente de colapso total.

Recomienda realizar urgentemente la evacuación de los habitantes y el plantear un programa de reubicación de las viviendas de la manzana 262 y evitar la pérdida de vidas humanas. Así mismo prohibir el tránsito de tráfico pesado entre la Cra 51 entre Cll 44 y 45.

- Oficio. Planeación Municipal, noviembre 20 de 2010.

Dirigida a ACUAVALLE S.A. Referencia: Urgente situación de Alto Riesgo. Debido a la situación de inestabilidad que se presenta en Cra 51 entre Cll 44 y 45 del barrio Monserrate, el cual ya se presentó asentamiento y hundimiento de 5 viviendas, se solicita revisar las

redes de acueducto y alcantarillado que pueda presentar fuga y estén acelerando el proceso de inestabilidad.

- Oficio. Gobierno Municipal- CLOPAD, noviembre 2010.

Certifica que desde el mes de noviembre del año 2010 el barrio Monserrate se vio afectado por una remoción en masa, que se presentó en la parte inferior del barrio y como consecuencia se destruyeron 7 viviendas y se dio la declaratoria de zona de alto riesgo y alerta roja al sector. De acuerdo al informe 0660-90409-2010 de la CVC, se presenta un diagnóstico y se hace las siguientes recomendaciones:

Considerando las consecuencias del movimiento en masa y su radio de acción, las cuales fueron destruidas y dañadas unas viviendas de la manzana 262, por prevención se deben incluir las ubicadas en la manzana siguiente correspondiente al Hogar Infantil San Vicente de Paúl y las ubicadas en la Cra50 con Cll 44 y 43 construidas con materiales ligeros. Según el censo realizado por el CLOPAD y Acción Social el consolidado preliminar es de 120 familias (700) personas afectadas, se debe esperar el consolidado final del DANE.

- Oficio. Alcaldía Municipal, noviembre 30 de 2010.

Reunión de ejecución de obras convenio N° 014 CVC- CORVESA. Situación actual de las actividades. Se informa sobre los acontecimientos ocurridos en el barrio Monserrate en la zona donde se realiza las obras de estabilización del terreno, en ella asisten representantes de la CVC, CORVESA, Fundación Adelante por Colombia, de la administración Municipal y representantes de la comunidad con el abogado, donde rinden su apreciaciones con respecto a la situación actual del terreno y lo concerniente a la reanudación de las obras de estabilización, además tomar las medidas necesarias del estado actual de la zona para que la comunidad pueda tener tranquilidad y le den solución al problema de deslizamiento que se viene presentando desde hace más de 20 años, igualmente ponerse al día del pago con el personal que labora en la obra.

Se concreta una nueva reunión el día jueves 02 de diciembre de 2010 para rendir informe acerca de las evoluciones desarrolladas por las diferentes entidades implicadas en las actividades de las obras de estabilización del terreno de los barrios Monserrate y Cafetero.

- Oficio. Alcaldía Municipal, diciembre 02 de 2010.

Reunión Ejecución de obras Convenio CVC N° 014 de 2010 CVC-CORVESA. Reunión con la comunidad del barrio Monserrate en ella asistieron todos los representantes Contratista, Interventoría, CVC y Alcaldía Municipal, dando la cara y explicar a la comunidad lo sucedido y las medidas que se van a tomar ante la situación y el futuro de las obras de estabilización del terreno.

El representante de la CVC expresa que la entidad va a invertir los recursos necesarios para cumplir con el Municipio con las obras de estabilización. Informa que se presentan dos situaciones una zona relativamente estable en la parte baja y en la parte alta una zona de

asentamiento e inestabilidad, además se tomaron decisiones para iniciar con el Plan de Contingencia que orientaron los Geólogos.

Las actividades a realizar son: Detener los flujos de agua , revisar los alcantarillados por parte de ACUAVALLE aislar con plástico y sellar las fisuras y posibles filtraciones, realizar estudios de vulnerabilidad y riesgo, realizar nuevamente los rediseños , estudios de inversión y estabilidad con el Geólogo que ha realizado los estudios años anteriores y por ultimo asignación de recursos necesarios.

El representante de la comunidad manifiesta que CORVESA no continúe con las obras. El representante de CORVESA manifiesta que en ocho días se cancelaran los dineros adeudados a las personas que laboran en las obras y el día 03 de diciembre reanudarán las actividades en la obra. Y que se debe realizar un monitoreo en la quebrada por parte de Planeación Municipal.

- Oficio. INGECICAM, diciembre 09 de 2010.

Dirigido a Planeación Municipal. Referencia: Contrato de recuperación del talud en el barrio Monserrate. Se hace recomendaciones para el plan de contingencia post deslizamiento en la temporada invernal.

Las recomendaciones técnicas y de manejo de emergencia de aplicación inmediatas: 1) Buscar nuevo sitio seguro para el hogar infantil. 2) Para el agrietamiento en muros de hormigón que no tienen juntas de retracción hidráulica se recomienda efectuar ranura en V para determinar la guía de la fisura a intervenir de 5 mm a cada uno de los lados y de 10 mm de profundidad y sellar la sección en V aplicando conglomerante orgánico (resinas). 3) Se encontró dos tipos de fisuras en los pisos de las canchas, escuela y hogar infantil. El primer tipo de fisura es por la desintegración del hormigón por erosión, decir ya cumplió su ciclo de vida útil exposición agua, sol y aire y el segundo tipo de fisura presenta desintegración del hormigón por efectos de la abrasión. La solución es colocarle capa asfáltica de 2.5-3 cm. 4) Construcción sistema de cunetas para el manejo de aguas lluvias y darle salida a las aguas al sistema sanitario en todo el barrio Monserrate. 5) Sellamiento del tanque por fisuras. 6) demoler vestigios de viviendas. 7) demoler los muros en gavión y almacenar el material rocoso en sitio seguro. 8) Mantener monitoreo y control en espina de pescado para la evacuación de aguas lluvias a la quebrada Agua Sucia y retirar material cerca de los gaviones y la fuente hídrica. 10) evitar el arrojado de residuos sólidos. 11) se debe desalojar inmediatamente por reptación del terreno que se ha incrementado. 12) se recomienda realizar estudios de suelos y topografía cuando este despejada el área.

Las recomendaciones del geólogo es que se pueden hacer unos rediseños optimizados que establezcan la ladera, pero se debe comprometer ACUAVALLE ESP, para el manejo de las aguas residuales sanitarias, es su responsabilidad más aun cuando no se han tenido un manejo ambientalmente sostenible. El éxito de concluir la construcción y adecuación de los taludes, es una tarea de mucho compromiso de parte del constructor e interventoría donde

prima el compromiso, programación y organización en la ejecución de las obras ya que si la parte operativa no optimiza la ejecución el proyecto fracasa.

- Oficio. EPSA E.S.P, diciembre 14 de 2010.

Dirigido a Planeación Municipal. Referencia: Revisión de las redes del barrio Monserrate. Se informa del traslado del transformador 6874 con poste secundario ubicado en zona de Alto Riesgo de deslizamiento, el cual se reubica a 25 m, los costos generados son asumidos por la empresa.

- Oficio. Planeación Municipal, diciembre 15 de 2010.

CERTIFICADO DE RIESGO. Se realizó visita por los diferentes especialistas al barrio Monserrate debido a los problemas de inestabilidad en los terrenos que afectó varias viviendas del sector, el cual emitieron recomendaciones.

El informe del Geólogo, en la visita del noviembre 24 de 2010, “Informe vista técnica deslizamiento barrios Monserrate y Cafetero Municipio de Sevilla, Valle del Cauca”, se emitió recomendaciones de Alerta Roja: manzanas 262 y 264; Alerta Amarilla: manzanas 260 y 385 del barrio Monserrate.

El informe del Geólogo CVC, en la vista en diciembre 01 de 2010. Bajo el título “Deslizamiento y destrucción de viviendas en el barrio Monserrate, Municipio de Sevilla. Se hace referencia del colapsos de de la manzana 262.

El informe de los dos especialistas en suelos de la Fundación Adelante por Colombia en la visita en noviembre 30 de 2010. Denominado “Diagnóstico geotécnico deslizamiento del día 22 de noviembre de 2010 barrio Monserrate, Sevilla, Valle”. Estableció el desalojo de las viviendas ubicadas en la Cra 51 entre Cll 44 y 45 de forma inmediata. Atendiendo las recomendaciones de los Geólogos, se declara en ALTO RIESGO por Remoción en Masa - colapso total de 7 viviendas.

- Oficio. Planeación Municipal, diciembre 15 de 2010

CERTIFICADO DE RIESGO. Se realizó visita por los diferentes especialistas al barrio Monserrta debido a los problemas de inestabilidad en los terrenos que afectó varias viviendas del sector, el cual emitieron recomendaciones.

- Oficio. Alcaldía Municipal, diciembre 23 de 2010

Reunión. Ejecución de obras Convenio CVC N° 014 de 2010 CVC-CORVESA. Situación actual de las actividades. La reunión tiene por objeto la evaluación de las acciones adelantadas para disminuir los impactos que se presentan en el barrio Monserrate y se están desarrollando en la zona afectada, se informa que se ha tenido dificultad con la remoción de escombros y hasta que el sitio no esté limpio no se pueden desarrollar los diseños pertinentes, pero el clima no colabora con las actividades. Igualmente los habitantes no están realizando las evacuaciones de la zona lo que se hace necesario un desalojo. Sin embargo, se manifiesta que los desalojos son de manera preventiva, puesto que no se cuenta

con los estudios de vulnerabilidad que indique las zonas de riesgo para decretarlo. Por tal motivo, se solicita apoyo a la CVC para realizar los estudios de vulnerabilidad no solo de la zona, sino del Municipio.

Se informa que todos los estudios y diseños se aplazan hasta el año 2011 para ejecutarse. ACUAVALLE no ha presentado informe de las solicitudes hechas acerca de los flujos de agua que se presentan en la zona, si son por problemas de las redes de acueductos y alcantarillado o son afloramientos de agua. La EPSA aun no ha dado solución al poste en riesgo de colapso.

- Oficio. DAR - Centro Norte, febrero 01 de 2011

Dirigido a Alcaldía Municipal con el fin de ordenar desalojo de las viviendas que aún no han colapsado para evitar pérdidas humanas.

- Oficio. Planeación Municipal, febrero 16 de 2011

Dirigido a CLOPAD. Referencia: Desalojo manzanas 260, 385 del barrio Monserrate. Se informa que ha personas que se les ha dado la orden de desalojo y los cuales se les han asignado subsidio y aún permanecen en las viviendas, se adjunta plancha catastral donde se hace relación de los predios. De la manzana 260 se dio orden de desalojo a los predios 001 al 007 de las cuales 5 familias ya tienen resolución de subsidio y no han desalojado. Manzana 385 los predios 0008, 0016, 0009 están desalojados, para desalojar los predios 007, 006, 017, 005, 004, 003 y 002 y se recomienda incluir en novedades todas las manzanas de Monserrate 265, 264, 263, 389, 378 son invasión y 361 del barrio Cafetero; las manzanas 259, 261, 260, 262, y 385 ya fueron afectadas las manzanas 259, 261 y 262 ya no existen.

#### **2.2.3.4 Memorandos**

- Memorando SGA-I-2404-99, CVC- Grupo de Infraestructura, Octubre 14 de 1999.

En respuesta a la referencia: Documento "Recuperación, estabilización y protección de las áreas degradadas de los barrios Monserrate y Cafetero en el municipio de Sevilla".

Se realizan precisiones respecto al estudio de suelos de la firma GCI (marzo de 1995). Dada la fecha del estudio en mención, debe reevaluarse el esquema de obras por la dinámica de los deslizamientos. Se resalta un elemento importante, recomendación tanto de CVC como de INGEOMINAS, la necesidad de reubicar las viviendas más comprometidas en el área del problema (CVC 1988, 1994 en dos oportunidades - INGEOMINAS 1991, 1993 Y 1994), lo cual especifica que debe hacer primero, la reubicación de viviendas y luego construir obras de mitigación para recuperar el paisaje del sector.

- Memorando SGA-1.0408.2000, CVC- Grupo de Infraestructura, Febrero 16 de 2000.

Remisión Informe Técnico No. SGA-I-007-2000: Inestabilidad del terreno en los barrios Monserrate y Cafetero en el municipio de Sevilla.

Se realizan las siguientes precisiones o conclusiones:

- Cualquier proyecto de mitigación de procesos de inestabilidad en dichos barrios no garantiza estabilidad para las viviendas más cercanas al problema y propuestas para la reubicación.
  - En algunos sectores de los dos barrios deben necesariamente realizarse programas de reubicación, como se observa en los planos del informe remitido.
  - Que las reubicaciones deben realizarse antes de la construcción de cualquier obra de mitigación concebida para las áreas que por ahora pueden continuar ocupando sectores cercanos al problema, como lo muestra el plano del informe.
  - Por ahora el municipio únicamente cuenta con un esquema de obras, por lo tanto no hay un proyecto en concreto.
- Memorando 1130-09-028-085-178-2001, CVC- Grupo de Infraestructura, Junio 4 del 2001.

Concepto técnico sobre Evaluación de condiciones para proyectos en el municipio de Sevilla - Barrios Monserrate y Cafetero y en el corregimiento de Villa Rodas en el municipio de Obando.

Se realizó visita el día 31 de mayo de 2001 a los barrios Cafetero y Monserrate, donde se realizaron las siguientes precisiones y conclusiones:

En el barrio Monserrate, la reubicación que es la pauta que define la posibilidad de comenzar un proyecto de mitigación de la inestabilidad del sector, aun quedan 20 viviendas por reubicar. Proceso lento, donde al menos hay cuatro viviendas que no están incluidas en ningún plan de reubicación; el municipio aclara que todas deben ser reubicadas. Al respecto del sector, la CVC recomendó reubicar, (informe de enero del 2000), problema que data de más de 10 años y tan solo desde el año 2000 se puede decir que hay evidencias concretas de reubicación.

En los dos últimos años el deslizamiento principal que amenaza el barrio destruyó la banca de la carrera 5OB en un tramo de 15 metros, donde se verificó que había una vivienda que estaba siendo reconstruida por los dueños en la zona que requería la reubicación.

Bajo las condiciones del terreno es muy difícil que obras de ingeniería ofrezcan la estabilidad que se requiere para el caso de viviendas. El día 31 de mayo, el jefe de Control Físico de Sevilla mencionó que existe un acuerdo del Concejo municipal en el que se declara como zona de alto riesgo a este barrio y se plantea consecuentemente su reubicación, en consecuencia puede interpretarse el caso como de riesgo no mitigable para vivienda.

El proceso de reubicación de las viviendas del barrio Cafetero está más atrasado que el caso del barrio Monserrate, aunque ya se han dado las primeras reubicaciones. El Fondo de Solidaridad del Valle son los organismos que actualmente trabajan en procesos de reubicación de las viviendas de los barrios en mención.

- Memorando COAT -PI-09-072-2003, CVC, Subdirección COAT Proceso de Propuestas de Intervención. Octubre 10 de 2003.

Revisión de Subproyectos o Proyectos, Fichas correspondientes al subproyecto - 0793 Intervención social mediante el empleo de bioingeniería en la restauración de procesos erosivos severos en los barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla. Concluyen que la propuesta para tratar el caso del barrio Monserrate y Cafetero tiene razones adecuadas para que en él se conciban inversiones para mitigar los procesos erosivos y de inestabilidad dentro de una política de gestión del riesgo y de control de erosión, en especial porque están en juego las viviendas y las vidas de los moradores en el entorno a este barrio; de ahí que la CVC, al tenor de la legislación referida al riesgo puede y debe colaborar en la cofinanciación de este tipo de proyecto.

- Memorando 1100-09-0153-2004, CVC, febrero 13 de 2004.

Remisión de antecedentes proyecto de recuperación de áreas degradadas- barrios Monserrate y Cafetero en el Municipio de Sevilla.

Se menciona que el proyecto estuvo en la Sociedad Civil donde se exploró la alternativa de realizar el estudio y diseño para la recuperación de las áreas mencionadas a través de la Corporación Autónoma Regional de Caldas, luego paso a manos de la Regional del Norte (CVC), seguido por el CIPAV para que este se encargará de ejecutar el proyecto de bioingeniería de acuerdo con la concepción de un asesor del CIPAV. Sin embargo, con la reestructuración de la entidad, el proyecto por jurisdicción quedó cobijado por el OGAT Centro Norte en Tuluá.

#### **2.2.3.5 Actas de Reunión y Visita**

- Acta de reunión. Comité de Cafeteros, abril 6 de 2009.

Obras de Estabilización de la Quebrada Aguas Sucias del Barrio Monserrate.

Se establecer compromisos y responsabilidades para cada una de las partes de acuerdo al alcance del proyecto. Igualmente se hace una presentación general del alcance estudio realizado, sus diseños y las principales causas del problema, haciendo énfasis que la desestabilización del terreno es la filiación de las redes de alcantarillado combinado, por rotura de la tubería por la poca capacidad hidráulica.

Se comprometieron a: 1) Adelantar campañas de manejo de residuos sólidos y jornada de limpieza. 2) Censo de viviendas e incorporar y reubicar a la población en los proyectos de viviendas. 3) Desarrollar estrategias en cuanto a los temas de asentamientos. 4) Señalización de avisos preventivos y educativos en la zona de desestabilización. 5) Certificación de los predios a intervenir que no son privados y 6) Consecución de los recursos adicionales para garantizar la culminación del proyecto.

- Acta de reunión. Comité de Cafeteros, abril 21 de 2009.

Obras de Estabilización de la Quebrada Aguas Sucias del Barrio Monserrate.

Se estable que se presente informe de los compromisos adquiridos en la reunión del 6 de abril de 2009, el cual se realizó visita de reconocimiento al barrio Monserrate, el 14 de abril

de 2009, donde se manifestó la urgencia del manejo de las aguas lluvias, además que el Municipio tome medidas en cuanto a las redes de alcantarillado, siendo esto una prioridad para evitar que se continúe con los vertimientos a campo abierto. Se propuso realizar el levantamiento topográfico y solicitar apoyo técnico al Comité de Cafeteros para diseñar la red de alcantarillado y aguas lluvias.

Se anexa copia de bosquejo de lo que serían las redes.

- Acta de reunión. Comité de Cafeteros, mayo 05 de 2009.

Obras de Estabilización de la Quebrada Aguas Sucias del Barrio Monserrate.

Se estable que se presente informe de los compromisos adquiridos en la reunión del 21 de abril de 2009, se realizó la actualización de los predios del barrio Monserrate quedando pendiente el cruce de información con Planeación. Se sugiere que no se inicien obras por parte del Comité de Cafeteros hasta que no se garantice: 1) los permisos con los propietarios de los predios donde se ejecutarán las obras, 2) Asegurar los recursos faltantes con ACUAVALLE y la Administración Municipal y 3) asegurara la financiación total de la fase I. Se está realizando el levantamiento topográfico para diseñar las redes y evitar que se continúe vertiendo las aguas servidas y aguas lluvias directamente a la quebrada que están ocasionando nuevos deslizamientos.

- Acta de reunión. Comité de Cafeteros, junio 16 de 2009.

Obras de Estabilización de la Quebrada Aguas Sucias del Barrio Monserrate. Se da respuesta a compromisos a tratar durante la reunión, entre los cuales se encontraban: obtener los permisos correspondientes con los propietarios de los predios donde se van a ejecutar las obras; asegurar con ACUAVALLE y la Administración Municipal de los recursos faltantes para la ejecución de las obras de alcantarillado y recolección de agua lluvias (en la Cra 50 B entre las calles 42 a 45); asegurar la financiación total de la fase I del proyecto.

- Acta de Vista. Oficina Asesora de Planeación Municipal, noviembre 06 de 2009.

Se realizó vista ocular en la Cll 46 N° 50.03 por motivo de una recámara y una socavación producida por la fractura de los alcantarillados sobre la Cll 46 y Cra 50, AUAVALLE ya tiene conocimiento se requiere construcción inmediata, reposición de las redes, lo cual se observa que el daño está desestabilizando más los terrenos de Monserrate.

- Acta de reunión. Socialización Convenio de Asociación N° 014 de 2010- CVC-CORVESA, mayo 07 de 2010.

Se dio a conocer a los asistentes el convenio CVC-CORVESA para la ejecución del proyecto Estabilización de las Áreas Degradadas del barrio Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla Valle del Cauca. Se informa que hace más de 20 años que en los barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla se han presentado deslizamientos y desestabilidad de los taludes, ante esta situación de riesgo se reubicó cuatro manzanas de vivienda; sin embargo, se necesitan obras de mitigación al problema de inestabilidad y dar seguridad. El convenio N°024 de 2010, su objetivo es aunar esfuerzos y recursos técnicos y

económicos para realizar la construcción de las obras de control de erosión en los barrios en mención.

- Acta de reunión. Alcaldía Municipal. Avance de obra del barrio Monserrate y situaciones de riesgo, agosto 27 de 2010.

El tema a tratar es el Convenio de Asociación N° 014 de 2010 CVC-CORVESA, Creación del comité técnico de la obra. Se informa que la obra está proyectada para 9 meses de los cuales van 5 meses con un avance del 24 % y que en 15 días se logre un 40%, esto debido a que las condiciones climáticas han mejorado. Se recomienda desalojar las viviendas a borde de talud y dar solución a las mejoras de plátano y café que existe en la zona. Se manifiesta que el 15 de abril de 2010 se oficio a la Secretaría de Gobierno la situación de riesgo de las familias de los asentamientos ilegales en la zona, así mismo se convocó reunión para el 14 de julio de 2010 a las personas que fuesen también afectadas, en esa reunión se realizó el avalúo de las mejoras que existen en la zona. Se concluye tomar medidas urgentes para evitar riesgos a las viviendas y dar solución a las mejoras, reprogramación de la obra y reajuste de los diseños hidráulicos.

- Acta de Visita. Planeación Municipal, noviembre 18 de 2010.

Se realizó vista técnica del geólogo solicitada por la CVC atendiendo requerimiento hechos por el Gobierno Municipal el día 16 de noviembre de 2010 , el recorrido es realizado por los funcionarios de la CVC, Alcaldía Municipal del CLOPAD y Planeación, también asiste la Comunidad y representante de la JAC. El geólogo realiza recorrido por cada una de las viviendas afectadas y en general a la obra. La vista era de conocimiento superficial, ver daños de las viviendas por el movimiento del terreno. Se recomienda desvío de tráfico pesado y concepto para declarar en riesgo la manzana 262. .

- Acta de Visita. Planeación y Desarrollo Municipal, noviembre de 2010.

Se realizó recorrido en la obra de estabilización con el geólogo se hace registro fotográfico y se solicitó la presencia de ACUAVALLE para suspensión de servicios sobre la Cll 50B.

- Acta de Visita. Planeación Municipal, noviembre 24 de 2010.

Se realizó vista ocular con el ingeniero Sanitario solicitada por el CLOPAD se levantan tapas del alcantarillado de la Cra 51 entre Cll 43,44 y 45 se revisaron sumideros y estos estaban colmatados de arena, piedra y otros estaban sin repellar.

- Acta de Visita. Planeación Municipal - CLOPAD, noviembre 24 de 2010

Se realizó vista ocular se encontró predio en zona privada y construcciones en zona de riesgo Cll 42 N° 50B-04.

- Acta de Visita. Planeación Municipal, noviembre 15 de 2010.

Se realizó vista ocular con el contratista de CORVESA e Ingeniero especialista en suelos, en el barrio Monserrate a 4 viviendas, igualmente se hizo recorrido en la obra de estabilización del terreno, el motivo de la visita es por el agrietamiento en pisos y paredes de las viviendas, además un diagnóstico para futura toma de decisiones.

- Acta de Visita. Planeación Municipal, noviembre 19 de 2010.

Se realizó vista ocular al barrio Monserrate solicitada por la Fundación Adelante por Colombia Interventora de la obra, por la situación de emergencia que se presenta en la zona, esta fue realizada por el Ingeniero interventor y la ingeniera consultora especialista en suelos informan que la falla se fracturó en 50 cm aproximadamente indicando que la zona es encuentra en Alto Riesgo.

- Acta de Reunión Extraordinaria. Comité Local de Prevención y Atención de Desastres-CLOPAD, Julio 12 de 2011.

Se realizó reunión con el objetivo de acatar las recomendaciones, directrices y lineamientos de la Dirección de Gestión del Riesgo, del Ministerio del Interior y el Fondo Nacional de Calamidades - Subcuenta Colombia Humanitaria, donde se define una comisión para que confronte el consolidado de las 1264 familias damnificadas que recibieron la ayuda humanitaria. Se menciona de manera importante lo siguiente: “Cabe aclarar que hasta el momento no se ha realizado el Estudio de Vulnerabilidad solicitado al barrio Monserrate, como consecuencia de ello no es posible estimar cuantas familias se deberá reubicar de este sector”, por lo cual se observa especial expectativa y atención a estudios adelantados actualmente.

#### **2.2.3.6 Informe de Visitas**

- Informe de visita. Planeación y Desarrollo Municipal, julio 02 de 2010.

Dirigido a EPSA –Zarzal. Referencia: Informe de visita de barrio Monserrate– Obra de estabilización de Monserrate – **Urgente**. Se manifiesta la reubicación urgente de dos postes de energía ubicados en suelos inestables en la Cra 50ª con Cll 45 del barrio Monserrate, ya que este fue declarado Zona de Alto Riesgo desde hace más de 20 años, y se ha observado que existe acometidas de energía en asentamientos no legales.

- Informe de Visita. Planeación Municipal, julio 07 de 2010.

Dirigido a director de Planeación Municipal. Referencia: Informe de visita ocular del barrio Monserrate. Se realizó la visita a la obra el día 01 de julio de 2010, la cual informan que se encuentra en la quinta semana de ejecución, donde se ha culminado con la primera etapa preliminar de replanteo, topografía, movimientos de tierra , localización de ejes y que actualmente se está en la construcción de gaviones. En la visita ocular se observó inestabilidad en el terreno y que está en peligro un poste de la EPSA.

Se recomienda una reunión con las diferentes entidades para tratar asuntos como: tomar medidas necesarias como desalojo de las viviendas, el caso de la mejora de Plátano y Café y demás situaciones que se vayan presentando. Por último recuperar la señalización preventiva que fue sustraída del lugar.

- Informe de Visita. Planeación Municipal, octubre 11 de 2010.

Dirigido al Director de obra, CORVESA. Referencia: Visita Ocular del día 09 de octubre de 2010 del barrio Cafetero. Se le informa que de acuerdo a la denuncia hecha por la JAC del barrio Cafetero donde solicita el retiro del material suelto que se ha estado extrayendo

de las obras en el barrio Monserrate puede causar el represamiento de las aguas en la quebrada Las Cañas, en ella se deposita el 20% del alcantarillado del Municipio. Se recomienda que en la menor brevedad se tomen los correctivos y evitar un desastre.

- Informe de Visita. Convenio de Asociación N° 024 de 2010 Fundación Adelante por Colombia – CVC, noviembre 30 de 2010.

Dirigido a CLOPAD. Diagnóstico Geotécnico. Deslizamiento del día 22 de noviembre de 2010 del barrio Monserrate. En el informe elaborado por la CVC – Fundación Adelante por Colombia presenta un informe de lo siguiente:

Descripción del sitio y antecedentes: El barrio Monserrate está ubicado al costado sur del Municipio y el día 22 de noviembre de 2010 ocurrió un deslizamiento en la ladera, esta presenta una altura de 30m respecto a la quebrada Agua Sucia y con un terraceo, el cual en el momento de la visita se encontraba completamente fallado; los sectores adyacentes a la ladera presenta inestabilidad en la que se venía construyendo obras para darle estabilidad. Se observó grietas de tracción hasta de 1 m, además hay señales de anteriores deslizamientos.

Descripción del problema, el deslizamiento ocurrió tras una temporada de intensas lluvias que se prolongan desde días anteriores provocando el colapso de las viviendas localizadas en la corona del talud, aunque según la versión del ingeniero interventor, el deslizamiento ocurrió de manera paulatina, ya que desde el 5 de noviembre se observaron grietas que evolucionaron hasta el día 22 de noviembre que se produjo el desastre. Las características del deslizamiento fue en la parte superior de tipo rotacional, sobre una superficie de deslizamiento de forma cóncava de aproximadamente de 70 m de longitud x 60 m de ancho y 15 m de espesor. La Alcaldía Municipal dispuso la evacuación por seguridad y traslado de los habitantes de la manzana afectada.

Diagnóstico del problema. El deslizamiento ocurrido se puede deducir que un factor detonante fue el incremento de las presiones de agua en el interior de la masa de suelo al existir grietas de tracción en la corona facilitando la saturación de la masa. A esto se suma otros factores hallados que constituyen en la inestabilidad del terreno. En el estudio realizado en el año 2008 donde se manifiesta la presencia de fallas geológicas en el sector de N-S, la falla satélite Silvia – Pijao y la Falla Sevilla, estas áreas generan rocas y suelos residuales, los cuales tienen pobres condiciones geotécnicas, lo que favorece los procesos erosivos y remoción en masa. Igualmente, el uso inadecuado de los terrenos y vertimiento inadecuado de aguas residuales.

Las recomendaciones preliminares: 1) Desalojar las viviendas de manera inmediata, 2) Manejo de flujos de agua superficiales y descargas de aguas servidas de las redes de alcantarillado, 3) Retirar material de suelo producto del deslizamiento que se encuentra en la pata del talud, 4) Establecer rutina de observación de la aparición de nuevas o expansión de grietas, 5) Establecer red topográfico para monitoreo de movimientos del talud, 6) Establecer sistema de alerta de deslizamientos detonados por incremento de la presión de

poros debido a la infiltración de lluvia, consistente en un piezómetro tipo Casagrande, instalado en la zona cercana a la base de la ladera.

Las recomendaciones son de manera preliminar, ya que se debe realizar un estudio detallado que involucre las situaciones actuales del terreno. En la descripción de los eventos ocurridos durante el proceso de construcción de las obras de estabilización, en la construcción de los gaviones se encontró flujos de agua subsuperficiales, donde quedó la duda si era de un nacimiento de agua o era procedente del acueducto o alcantarillado.

- Informe de Visita. Planeación Municipal, diciembre 03 de 2010.

La visita de seguimiento a las obras de mitigación después del colapso de 7 viviendas, de acuerdo a los compromisos hechos ante la emergencia el día jueves 02 de diciembre de 2010 por parte de los representantes de CVC y CORVESA a reiniciar labores y realizar el plan de contingencia según recomendación del geólogo.

Durante la visita se observó: 1) No había personal laborando después de compromiso de reiniciar labores. 2) El poste a cargo de la EPSA y el cual se reportó se encontraba en riesgo de colapsar y hay conexiones del poste. 3) Algunos habitantes están extrayendo tejas de las casa desocupadas, siendo un peligro para las personas, lo cual se dio a conocer a la policía la situación con el fin de que haya vigilancia y seguimiento. En las horas de la tarde se encontró laborando dos personas limpiando la quebrada en la parte de abajo.

Se realizaron visitas de seguimiento:

El 04 de diciembre de 2010. Se observó el plástico sobrepuesto en la corona del talud para evitar lavado de material en la zona del colapso de viviendas. Se encuentran laborando.

El 06 de diciembre de 2010. Se observó plástico en la Cra 51 entre Cll 44 y 45, había 5 personas laborando de CORVESA, los cuales se encontraban preparando material para sellar fisuras en las cunetas de borde de la Cra 51. Se manifestó por parte de la comunidad que se presentó robo en la madrugada del domingo.

El día 09 de diciembre de 2010. No se encontró personal laborando, aunque el maestro contratista manifestó que se encontraban desayunando. Las condiciones del poste de energía son críticas.

Se realizó recorrido por el barrio Monserrate con los geólogos de la CVC y el Director Interventor.

El 11 de diciembre de 2010. Se observó construcción de sardinel para evitar más aguas lluvias y resane de las fisuras en la vía de la Cll 45. Se realiza vista a 4 viviendas y un lote cerrado en esterilla, de las viviendas cuales a una de ellas se notifica desalojar a la familia con 7 integrantes (Cra 50B N° 43-80), la segunda vivienda con 4 integrantes (Cra 50B N° 43-76) quienes son arrendatarios y la tercera vivienda (Cra 50B N° 43-76) se encuentra desocupada con acometidas de energía y acueducto.

El 11 de diciembre de 2010. Se observó construcción canales de drenaje en la tierra cubiertos con plásticos y sostenidos con piedras para permitir la evacuación de aguas lluvias, se observa correr agua limpia por posible fuga de acueducto. Hay personas trabajando en la parte baja de la quebrada.

El 23 de diciembre de 2010. Se realiza reunión en la Administración Municipal de Planeación por parte de CORVERSA monitoreo.

El 15 de marzo de 2011 se realizó visita en al barrio Monserrate Cra 50B con el Director CVC – DAR Centro Norte y funcionarios de Planeación Municipal con el fin de hacer un nuevo reconocimiento del área.

#### **2.2.3.7 Demandas o Acciones Populares.**

- Acción Popular. Comunidad del barrio Monserrate, 2010

Dirigido a Juez Civil del Circuito, Sevilla. Referencia: Acción de Protección de Derechos e intereses colectivos de la comunidad del barrio Monserrate de Sevilla, Valle del Cauca. Contra la CVC con el fin de que sean protegidos los derechos fundamentales a una vivienda digna, a la vida y el colectivo a la seguridad y prevención de desastres previsibles técnicamente, consagrado en el art 80 de la Constitución Política y el art 4º, literales a y d de la Ley 472 de 1998.

Se hace un recuento histórico con referencia al número de veces que se ha intentado tratar el problema de inestabilidad del terreno de los barrios Monserrate y Cafetero desde el año 1999 hasta el año 2010.

El primero, el Acuerdo CD 39 de 1999 primer Plan de Estabilización de los Suelos; el cual fue abandonado por la imposibilidad del Municipio en lograr un desalojo de las personas que habitan en la zona.

El segundo, entre el años 2004 a 2006, la CVC en convenio con el Comité de Cafeteros. Sin embargo, al iniciar labores encuentran que el diagnóstico es completamente distinto a la realidad, lo que conllevó la suspensión de los trabajos adelantados, debido a que los costos superaban lo inicialmente contratado, conllevando a la cancelación del mismo.

Tercero y último, el 27 de enero del año 2010 la CVC en convenio con CORVESA, invita mediante oficio 0101-014262 a CORVESA a efectuar la obra; en 24 horas se lee y comparte las conclusiones del Proyecto 1053 “Diseño y Construcción de obras de control de erosión en los barrios Monserrate y Cafetero, del municipio de Sevilla” y acepta los términos económicos, dejando en depósito como aportes para la CVC el 10% del valor del convenio. Dos días después de la invitación, el 29 de enero de 2010, se celebró el convenio N° 014 de 2010 con el objeto: “Aunar esfuerzos y recursos técnicos y económicos para realizar la construcción de las obras de control de erosión en los barrios Monserrate y Cafetero, Municipio de Sevilla – Valle del Cauca”, sin que CORVESA haya hecho algún estudio previo de la zona antes de celebrar el convenio. Este contrato se paralizó debido a la

falta de actualización de los estudios técnicos, provocando el derrumbamiento de 7 viviendas y poner en riesgo el hogar infantil en el que se albergaban 125 infantes los cuales son atendidos por ICBF.

#### **2.2.3.8 Proyectos y Convenios**

##### ***1999. Recuperación, estabilización y protección de las áreas degradadas en los barrios Monserrate y Cafetero del municipio de Sevilla-Valle Fase 1.***

El 15 de diciembre de 1999 en el municipio de Sevilla, se presentó el primer proyecto relacionado con la mitigación del riesgo latente ante deslizamientos en la zona de estudio, el cual se denominó “Recuperación, estabilización y protección de las áreas degradadas en los barrios Monserrate y Cafetero del municipio de Sevilla-Valle Fase 1”, en el cual se diagnosticó los principales problemas asociados a los movimientos en masa y la degradación asociada en la zona de estudio.

Se realizó un diagnóstico que evidenció algunos problemas a nivel de barrios:

##### **Barrio Monserrate:**

- Desestabilización de la pata de taludes de la quebrada que conduce aguas negras.
- Talud totalmente desprotegido de vegetación.
- Mala conducción de aguas sobre el talud.
- Aguas provenientes de caminos y carreteras sin conducción disipada.
- Alcantarillas que depositan las aguas sobre el terreno en la mitad de la ladera.
- Viviendas con problemas de alcantarillado y conducción de aguas provenientes de los techos.
- Viviendas con patios en tierra, convirtiéndose en focos de captación e infiltración de aguas.
- Terreno cultivado en yuca y desyerbas drásticas con azadón.

Estas causas sumadas a la época de alta precipitación han provocado represamientos de la quebrada que amenazan las viviendas del barrio descrito.

##### **Barrio Cafetero:**

- La quebrada que conduce las aguas negras, presenta una dinámica alta en la desestabilización de los taludes.
- En la parte baja del Barrio Cafetero se presenta una cárcava remontante activada por los procesos de socavamiento lateral de la base del talud, por efecto de la quebrada en épocas de lluvias y la presencia de agua abundante de escorrentía, sin control, proveniente de la parte alta del talud, donde se encuentran ubicadas algunas viviendas.

Se debe tener en cuenta que en el momento de ocurrir un movimiento de grandes proporciones en el Barrio Monserrate, la mayor parte de las casas del barrio Cafetero son susceptibles a ser alcanzadas por el material desprendido como ha ocurrido en otras ocasiones.

En el informe queda latente la inestabilidad por socavación y amenaza por deslizamiento y movimientos rotacionales, en los barrios en mención. Se establecieron como alternativas para mitigar los impactos asociados al fenómeno de amenaza, recuperar, estabilizar y proteger las áreas degradadas en los barrios Monserrate y Cafetero bien sea mediante tratamiento biológico y con obras civiles.

La justificación del proyecto sustenta la importancia de implementar obras de mitigación en esta zona que viene siendo afectada durante los últimos 20 años, mencionando entre aspectos claves, lo siguiente:

Los Barrios Monserrate y Cafetero han sido afectados continuamente por problemas de movimientos de remoción en masa, según INGEOMINAS durante los años 1989, 1990, 1993 y según CVC 1988, 1992, 1993. Durante los últimos años ha sido evidente la reactivación de los movimientos rotacionales, degradando en forma severa las condiciones físicas del terreno; acelerándose a partir de 1999, por causa del terremoto. Al problema geológico ambiental se suma el problema de salubridad que generan las aguas servidas, constituyendo una amenaza para los habitantes de estos barrios.

En este proyecto se escogió como alternativa de mitigación obras de tratamiento biológico, por razones de costo y viabilidad. Entre los principales factores que favorecen la formación de cárcavas y degradación de las tierras en la zona de estudio, encontramos:

- Desagües defectuosos de las viviendas construidas.
- Falta de canales para aguas lluvias en el área.
- La saturación del subsuelo en la base del talud motivada por pozos sépticos de las viviendas.
- Encharques continuos de tubería de aguas negras y de lavado producidas por algunas casas.
- El intenso invierno en la zona satura los posibles planos de debilidad, permitiendo grietas verticales de tensión.
- La falta de vegetación adecuada que permite la infiltración de aguas en la masa.

**2010. Convenio de Asociación CVC No. 014 de 2010 – Celebrado entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC – Corporación Social y Ambiental Redes Verdes – CORVESA, Entidad Privada Sin Ánimo de Lucro.**

Objeto: “Aunar esfuerzos y recursos técnicos y económicos para realizar la construcción de las obras de control de erosión en los barrios Monserrate y Cafetero, Municipio de Sevilla – Valle del Cauca”.

### **2.2.3.9 Informes Técnicos**

#### **INFORME DE VISITA TECNICA. INGEOMINAS, Unidad Operativa, Ing. Geóloga Teresa Duque Duque, marzo de 1996.**

El objeto de la visita fue dar un concepto técnico sobre el lote escogido para la construcción de la urbanización Fernando Botero, donde se reubicarán las viviendas afectadas desde hace ya varios años por eventos de remoción en masa, barrios Monserrate y Cafetero.

Antecedentes: Desde el año 1988 el municipio de Sevilla y específicamente los barrios Monserrate y Cafetero han sido objeto por parte de CVC e INGEOMINAS de visitas técnicas. En los años 1988, 1990 y 1992 la CVC atendió problemas puntuales en zonas de deslizamientos del barrio Monserrate.

INGEOMINAS en 1989 incluyó al municipio de Sevilla en el Inventario de amenazas geológicas de algunos municipios del Valle del Cauca. En 1991, el Comité Regional de Emergencias del Valle (CREV) realizó visita técnica de reconocimiento. En 1993 el INGEOMINAS realiza visitas en el área rural y urbana, conceptuándose sobre la estabilidad en estas, debido a los movimientos de remoción en masa ocurridos el 2 y 3 de abril, se realiza una visita para conceptuar sobre la situación.

Emite concepto técnico sobre lote donde se desarrollará el proyecto urbanístico Fernando Botero.

#### **CENICAFÉ, Centro Nacional de Investigaciones del Café- Visita: Diagnóstico y control sobre deslizamientos en los Barrios Monserrate y Cafetero, 26 de octubre de 1999.**

Se realizó visita a la zona del problema, en presencia de funcionarios e investigadores de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Ingenieros Civiles y Agrícolas de la Oficina de Planeación Municipal, en la cual se diagnosticó e identificó el inventario de deslizamientos. Se realizaron las siguientes observaciones:

Barrio Cafetero:

- La quebrada que conduce las aguas negras de los barrios Cafetero y Monserrate presenta una dinámica alta en la desestabilización de los taludes
- En la parte baja del barrio cafetero se presenta una cárcava remontante activada por procesos de socavamiento lateral de la base del talud, por efecto de la quebrada en épocas de lluvia; presencia de agua abundante de escorrentía, sin control, proveniente de la parte alta del talud, donde se encuentran ubicadas algunas viviendas.

Barrio Monserrate:

- Desestabilización de la pata de los taludes de la quebrada que conduce aguas negras.
- Talud totalmente desprotegido de vegetación.

- Mala conducción de aguas sobre el talud.
- Aguas provenientes de caminos y carreteras sin conducción disipada.
- Alcantarillas que depositan las aguas sobre el terreno en la mitad de la ladera.
- Viviendas con problemas de alcantarillado y conducción de aguas provenientes de los techos.
- Terreno cultivado en yuca y desyerbas drásticas con azadón.

Control:

- En el barrio Cafetero, es necesario recorrer la parte alta y revisar la estructura de las viviendas, su estado, los servicios públicos. Las aguas lluvias deben ser recogidas y conducidas en forma disipada hasta el drenaje natural.
- Evitar la entrada de aguas de escorrentía al sitio de la cárcava, desviándolas hacia el otro lado en forma disipada, además de evitar la entrada libre y sin control de aguas sobre la ladera, la cual debe ser conducida mediante tubería o trinchos escalonados, hasta el drenaje natural.
- Las aguas provenientes de caminos y carreteras, se deben recoger en cajas colectoras y conducidas de forma disipadas con trincho vivos o canales de concreto escalonados hasta el drenaje natural.
- Construir en la cárcava, filtros vivos en espina de pescado, desde la parte alta de la cárcava hasta el drenaje natural (quebrada), con estos filtros se persigue la evacuación inmediata de las aguas saturantes de la cárcava.
- Proteger la pata de los taludes de la quebrada, en aquellos sitios donde el agua choca contra el talud, especialmente en las curvas. Tal protección se puede hacer recostando piedras grandes en el sitio del choque del agua o construyendo gaviones en piedra, o colocando trinchos vivos escalonados en forma de empalizada, las cuales deben complementarse con la siembra de estacas vivas.
- Las viviendas que se encuentran al lado de la quebrada, se les debe orientar en la canalización, y los patios, deben ser impermeabilizados, bien sea mediante planchas en concreto o con engramado, mas no en tierra.

En este informe concluyen que el problema de deslizamientos en los barrios visitados, están relacionados al mal manejo de las aguas de escorrentía y la mala conducción de las aguas del alcantarillado.

**INFORME TECNICO SGA-1-007-2000. Inestabilidad del terreno en los barrios Monserrate y Cafetero, Municipio de Sevilla. CVC, Geólogo Harbey Millán Rodríguez, enero 19 de 2000.**

A solicitud de revisión del estudio de suelos y la contratación de los diseños de las obras del proyecto de recuperación, estabilización y protección de las áreas degradadas de los barrios Monserrate y Cafetero en el Municipio de Sevilla, se realiza este informe con el objeto de realizar un diagnóstico geológico sobre los problemas de inestabilidad en los

barrios mencionados, y plantear recomendaciones mas consecuentes con las situación existente.

En relación al problema presentado se manifiesta incertidumbre respecto a garantizar la estabilidad de los terrenos afectados, ya sea con obras civiles o tratamientos biológicos, sin antes haber reubicado las viviendas más amenazadas por la remoción en masa en el barrio Monserrate, existiendo daños en las viviendas, desbordamiento de la quebrada Agua Sucia, y amenaza alta de algunas viviendas ante el fenómeno.

#### Contextualización del Informe:

Los barrios Monserrate y Cafetero se encuentran localizados en el sur del casco urbano del municipio de Sevilla, en una superficie ondulada con cambios de pendiente, cuyas viviendas están situadas en las márgenes de la Quebrada Agua Sucia o El Cafetero, que a su vez colecta una parte de las aguas residuales de Sevilla.

Una serie de factores tales como las características geológico-estructural del substrato, pendiente fuerte e intervención antrópica del terreno, han posibilitado la ocurrencia de deslizamientos en las márgenes de la Quebrada Agua Sucia.

Este estudio recoge una serie de antecedentes importantes<sup>1</sup> para abordar el fenómeno en la zona de estudio, y detalla aspectos esenciales, como se indica brevemente a continuación:

- Alberto Rojas, funcionario de la Secretaria Municipal de Obras Publicas de Sevilla (1999) manifiesta que una parte del Barrio Monserrate se asienta sobre un relleno de tierra sobrante de las explanaciones realizadas hace muchos años, cuando se adecuaba el Alto de Monserrate para su urbanización. Posteriormente se dio el fallamiento del sistema de alcantarillado del barrio hace unos 12 años, ocasionando los deslizamientos iniciales en el Barrio Monserrate.
- Ricaurte Campo (1999) propietario de un predio en la parte alta del Barrio Cafetero, señala que las explanaciones del cerro Monserrate se realizaron hace más de 20 años y el material sobrante fue depositado hacia la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia; igualmente comunica que el cauce original de la Quebrada fue taponado en su parte alta y en su lugar se hicieron las instalaciones del alcantarillado existente con sus descoles correspondientes. Otros habitantes del Barrio Cafetero, asocian el inicio de los deslizamientos en el Barrio Monserrate con la apertura del descargue de aguas residuales en la Quebrada Agua Sucia o El Cafetero.
- Zonificación de Amenazas Geológicas para la Recuperación del Eje Cafetero. Convenio Interadministrativo. Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero. FOREC-INGEOMINAS. Diciembre de 1999.

---

<sup>1</sup> Algunos de estos documentos se referenciados anteriormente, por lo cual no se citaron nuevamente.

El informe describe la geología regional del área. Se sugiere investigar la actividad reciente de la Falla de Sevilla (Sistema de Fallas de Romeral). La geología local se compone de una cubierta meteorizada de unos 20 metros de espesor, sobre la cual reposan cenizas volcánicas de tres a cuatro metros.

Gran parte de la cabecera municipal de Sevilla se ubica en una planicie remanente de una antigua superficie de erosión rodeada por colinas aisladas y un escarpe erosivo en el borde de la superficie del levantamiento. Los deslizamientos ocurren en la zona de escarpe a causa de la fuerte pendiente, los vertimientos de aguas, los rellenos mecánicos, el uso del suelo y la socavación de los drenajes. El tipo de suelos de los Barrios Monserrate y Cafetero se consideran como suelos residuales de topografía empinada. En los cerros ubicados al sur la pendiente es moderada, pasando a ser fuerte a media ladera.

Según la zonificación propuesta por FOREC - INGEOMINAS gran parte del Barrio Monserrate se ubica en una zona de amenaza baja ante procesos de remoción en masa; en cuanto a la aptitud del terreno para la construcción se considera como aceptable con algunas restricciones tales como realizar las cimentaciones tres metros por debajo de las capas de ceniza volcánica. El área más afectada por procesos de remoción en masa esta zonificada como de amenaza alta. La zona que comprende el Barrio Cafetero se califica como de amenaza media.

En relación a la aptitud del terreno para la construcción se califica de baja aceptación aun siguiendo las normas sismoresistentes, por tanto se recomienda en caso de construcción amarrar las cimentaciones a cinco metros por debajo de las capas de ceniza volcánica.

- Aportes para el Conocimiento de la Amenaza Geológica en la Cabecera Urbana del Municipio de Sevilla. Haxia Clemencia Martínez. Alcaldía de Sevilla. Enero de 1999

El informe presenta las unidades geológicas del área urbana, correspondientes a la Formación Amaime, diabasas y basaltos alterados a suelos lateríticos de color amarillo a rojo ladrillo. También incluyen depósitos de carda piroclástica, compuestos por cenizas de tamaño variado.

La unidad geomorfológica donde se localizan los Barrios Monserrate y Cafetero se compone por laderas de topografía irregular hacia las márgenes de la Quebrada Agua Sucia y montañas de laderas asimétricas y regulares cuyas cimas fueron aplanadas.

El informe reporta alta amenaza (de difícil mitigación) por procesos de remoción en masa para el Barrio Monserrate entre las carreras 50A y 50B, y la calle 44; se trata de un movimiento rotacional activo registrado desde 1988. Como consecuencia de dicho movimiento se han destruido 10 viviendas. El escarpe del deslizamiento tiene una altura oscilante de 10 a 15 metros y escarpes secundarios con bloques de movimiento independiente.

Las causas del proceso son: explanación de la parte superior del cerro Monserrate, aguas superficiales sin control, aguas de infiltración, exceso de carga por las construcciones del lugar y socavamiento de la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia.

En el Barrio Cafetero también se localizan movimientos en masa de tipo durmiente en cenizas volcánicas y suelos residuales de la Formación Amaime.

Las recomendaciones sugieren obras de estabilización de las laderas, manejo de aguas, obras de alcantarillado. Particularmente se recomienda canalizar y tratar la Quebrada Agua Sucia, reubicar las construcciones afectadas, remodelar las pendientes y ubicar barreras vivas de detención del agua superficial.

- Informe Técnico CVC- Subdirección Técnica, Junio 29 de 1994

En Noviembre de 1988 se presentaron deslizamientos hacia la vertiente derecha de la Quebrada Agua Sucia, afectando catorce (14) viviendas del Barrio Monserrate y obligando a evacuar siete (7) viviendas del Barrio Cafetero, Municipio de Sevilla (V).

El 2 de Abril de 1994, se presentó un deslizamiento sobre la misma vertiente derecha, el cual alcanzo a afectar una zona comprendida entre la corona del deslizamiento en la carrera 50A y el cauce de la Quebrada Agua- Sucia. El deslizamiento provocó la destrucción de algunas viviendas del sector más cercano a la esquina entre la carrera 50A con calle 45.

Como causas de los deslizamientos referidos se tienen:

- Perfiles de meteorización espesos en terrenos de pendiente fuerte.
- Vertimiento de aguas servidas y filtraciones de agua del sistema de acueducto y alcantarillado del Barrio Monserrate.
- Erosión lateral de la Quebrada Agua.
- Carga de las construcciones sobre el terreno.

Las recomendaciones a mediano plazo del informe incluyen reubicar el Barrio Monserrate entre la carrera 51 y la quebrada y entre las calles 43 y 45, también reubicar el Barrio Cafetero.

- Informe de la Visita Técnica Realizada al Municipio de Sevilla (Valle). INGEOMINAS Regional Pacífico Abril de 1994.

Los Barrios Monserrate y Cafetero han sido afectados continuamente por problemas de movimientos de remoción en masa. Los deslizamientos que han actuado son de carácter retrogresivo evidenciado en grietas paralelas a la corona y que afectan viviendas del Barrio Monserrate.

El origen de la inestabilidad se debe a varios factores tales como terrenos de pendientes altas desprotegidos de vegetación nativa, talud sobrecargado con construcciones deficientes de adobe, concreto y guadua, socavamiento basal del talud por parte de la Quebrada Aguas Negras (Agua Sucia) y en general infiltración de aguas servidas y de precipitación.

El barrio Cafetero también presenta amenaza por movimiento de masa de las laderas adyacentes y por inundación al darse represamiento de la Quebrada. Al problema geológico - ambiental se suma el problema de salubridad que generan las aguas servidas. El informe concluye sobre la alta amenaza por deslizamiento que sufren las viviendas ubicadas entre las carreras 50B y 50A y las calles 45 y 43 del Barrio Monserrate y las 37 viviendas del Barrio Cafetero entre la Quebrada Aguas Sucias y la carrera 49. Igualmente se considera la necesidad de reubicar las viviendas en el sector del Barrio Monserrate comprendido entre la carrera 51 y la Quebrada Aguas Sucias, y en el Barrio Cafetero las 53 viviendas limitadas por el puente sobre la Quebrada El Popal, la Quebrada Aguas Sucias y la carrera 49.

También se recomienda:

- Mejorar el sistema de alcantarillado en toda la zona
- Desestimular la construcción de viviendas en las zonas de cicatrices de deslizamiento.
- Informe Visita a los Barrios Monserrate y Cafetero Sevilla – Valle Comisión de Geotecnia CVC. Abril 14 de 1994.

El problema consiste en la reactivación de un deslizamiento en la ladera este del Barrio Monserrate, se presentan en la corona del deslizamiento, grietas de tensión en un radio hasta de 12 metros, afectando la primera y segunda hilera de casas del Barrio Monserrate (Carrera 50A y 50B). El deslizamiento se reactivó a causa de la saturación por agua del terreno conformado por material meteorizado y cenizas volcánicas, además de la pendiente fuerte y la deficiencia en el sistema de evacuación de aguas servidas en el Barrio Monserrate.

Como recomendaciones específicas del informe se citan las siguientes:

- Evacuar y reubicar las casas del Barrio Monserrate de la carrera 50A y las de la carrera 50B hasta la calle 44.
- Evacuar y reubicar el Barrio Cafetero, aledaño a la Quebrada Agua Sucia.
- Garantizar la adecuada instalación del alcantarillado del Barrio Monserrate.
- Sellar las grietas de tensión hacia la parte sur del Barrio Monserrate.
- Reparar los gaviones deteriorados en la parte trasera del Barrio Monserrate.
- Informe de la Visita Técnica realizada al Municipio de Sevilla (Valle) INGEOMINAS - Regional Pacífico. Junio de 1993

El informe hace un reconocimiento de sitios con problemas geológicos, ambientales, en los cuales se incluyen los barrios Monserrate y Cafetero, afectados por procesos de remoción en masa. El diagnóstico concluye sobre una posibilidad alta de reactivación de los deslizamientos a causa del manejo deficiente de las aguas servidas. Recomienda hacer un buen tratamiento con un sistema de alcantarillado adecuado, así como desestimular proyectos urbanísticos en zonas de cicatrices de deslizamiento.

- Informe Sobre Reconocimiento Geológico- Zona Sur del Municipio de Sevilla- Barrio Monserrate Manzanas 263 y 378. Wilson Giraldo. C.V.C. Sin fecha.

La zona está constituida por suelos limo - arcillo - arenosos, derivados de la alteración de cenizas volcánicas, con espesores variables de 4 a 10 metros, cubriendo rocas diabásicas algo fracturadas.

El área comprendida dentro de los predios en estudio presenta focos erosivos ocasionados por agua de escorrentía y anomalías en las alcantarillas, los deslizamientos afectan principalmente el predio de la manzana 378 del Barrio Monserrate.

Las recomendaciones del informe sugieren realizar estudios de suelos pertinentes, reforestación de las vertientes, diseño de acueducto y alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

- Informe Técnico de la Visita Ocular al Barrio Monserrate. Municipio de Sevilla - Deslizamiento de Tierra. Omar Chaves - Carlos Encinales. C.V.C. Noviembre 25 de 1988.

Los días 14 y 17 de Noviembre correspondientes a un invierno severo, se presentaron deslizamientos de tierra a lo largo de la Quebrada Agua Sucia en el tramo que cruza por los Barrios Monserrate y Cafetero.

El material deslizado colmató parcialmente el cauce de la Quebrada del Barrio Monserrate. Las viviendas presentaban daños indicadores de deslizamientos activos, tales como fracturas de pisos y muros, corrimientos laterales de viviendas y deformación de estructuras.

Las causas de inestabilidad en la zona son principalmente:

- Alta humedad de los suelos por infiltración en temporadas invernales.
- Mal uso del suelo en cultivos limpios e inadecuado manejo de las aguas residuales.
- Pendiente fuerte en las márgenes de la Quebrada Agua Sucia.
- Erosión lateral de la Quebrada.

Las recomendaciones a que dio lugar el informe se referían a la revisión de los tramos de alcantarillado cercanos a los deslizamientos, sellamiento de las grietas existentes, construcción de pequeñas presas de control torrencial en el cauce de la Quebrada Agua Sucia o El Cafetero y acondicionamiento de un sistema de alcantarillado idóneo.

También se recomendaba no urbanizar el área sur de Sevilla y la consideración de reubicar las viviendas afectadas de los Barrios Monserrate y Cafetero. Según comunicación de la Oficina de Planeación del Municipio de Sevilla (diciembre de 1999), las recomendaciones de los informes descritos se han aplicado en lo referente a reubicar los habitantes de las viviendas afectadas, para los deslizamientos ocurridos hace diez años en el barrio Nuevo Horizonte, para el año 1999 se tenía previstas 36 soluciones de vivienda en la Urbanización Fernando Botero Jaramillo, destinadas a los damnificados del Barrio Monserrate.

## ***Descripción Del Sector***

### ***Barrio Monserrate***

El área afectada por deslizamientos activos abarca cerca de 1,2 hectáreas en el Barrio Monserrate sobre la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia. Los deslizamientos activos se suceden en especial hacia las laderas del cerro Monserrate y en las vertientes de las Quebradas Agua Sucia y El Popal.

Las viviendas del Barrio Monserrate han sido construidas con materiales diversos tales como ladrillo, cemento, madera, guadua, esterilla, hojalata y teja de barro. En una zona de un deslizamiento anterior en el barrio Monserrate se observan caña brava, arbustos y plantas rastreras. Las vías del sector están parcialmente pavimentadas; existe servicio de energía y acueducto; el alcantarillado se presta a través de tuberías de concreto que conducen las aguas servidas hacia el cauce de la Quebrada Agua Sucia.

ACUAVALLE adelantaba trabajos de reposición y reparación del alcantarillado de la zona sur de Sevilla, teniendo en cuenta la antigüedad del mismo y daños ocurridos a finales de 1999. En el Barrio Monserrate no se observan trabajos de ese tipo. Cerca de la calle 46, sobre un lote de pendiente moderada, se localizan los descoles de una parte del alcantarillado de Sevilla (20%) que caen desde cierta altura transvasando estas aguas residuales a la Quebrada Agua Sucia, que a su vez las conduce a la Quebrada El Popal.

La entrega de las aguas se efectúa por medio de un cabezal con dos tuberías de un diámetro algo superior a 24 pulgadas cada una. El área cercana al desagüe del alcantarillado del barrio Monserrate ha sido utilizada para pastoreo de ganado ocasionalmente. Las viviendas más cercanas al área del deslizamiento en el Barrio Monserrate están aproximadamente a 20 metros del cauce de la Quebrada.

Cerca de la carrera 50B se observan grietas profundas que indican los movimientos que ha tenido el deslizamiento del barrio Monserrate. En ambos barrios se observan viviendas que han sido evacuadas por parte de sus habitantes, dada la proximidad a los deslizamientos. El lote sur del Barrio Monserrate ubicado a unos 40 metros del deslizamiento principal, también está afectado por un deslizamiento activo en el cual se observan grietas de tensión.

La población que se encuentra en las áreas más expuestas a la remoción en masa en el Barrio Monserrate, se puede afirmar que es de escasos recursos económicos.

### ***Barrio Cafetero***

En el Barrio Cafetero los deslizamientos se suceden en la vía que conduce hacia la Vereda La Milonga, en el trayecto que va desde El Barrio hacia el puente sobre la Quebrada El Popal.

El Barrio Cafetero tiene una fila de viviendas sobre la berma externa de la vía que conduce hacia la Milonga, las casas son en su mayoría de bahareque y teja de barro; la parte

posterior soportada por estructuras de guadua apoyadas sobre la ladera que da a la Quebrada Agua Sucia.

El manejo de las aguas servidas del Barrio Cafetero se hace a cielo abierto hasta la entrega sobre la Quebrada, en algunos casos por tubería. Las viviendas del Barrio Cafetero se ubican a una altura que oscila entre 8 metros a menos de 2 metros del cauce de la Quebrada Agua Sucia, a medida que se desciende desde la calle 46 por la vía a La Milonga. Las laderas aledañas al barrio Cafetero son utilizadas en cultivos limpios de café, tomate y plátano, también se observan guaduales y algunos árboles leñosos.

En un cafetal ubicado cerca al barrio Cafetero se presenta un deslizamiento que involucra cenizas volcánicas y suelos residuales de los basaltos de la Formación Amaime, en dicho lugar se observan las plantas de café dispuestas en eras siguiendo las curvas de nivel, sin sombrío y con un buen control de malezas.

En la panorámica desde el puente peatonal cercano al Hospital (barrio Centenario), se observa la situación de los Barrios Monserrate y Cafetero, y el uso del suelo consistente en plataneras, guaduales, cultivos y matorrales.

### ***Definición del problema***

El grupo de viviendas comprendido entre las carreras 50 B y 50 A y las calles 43, 44 y 45, se encuentra expuesto ante la progresión del deslizamiento sobre la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia. Este grupo de viviendas presenta evidente deterioro, cuyas manifestaciones son grietas en muros y deformación de vigas y columnas. En el mismo sector también se nota un muro de contención, cuyos agrietamientos han sido sellados con cemento. Otras construcciones de materiales ligeros, situadas en el mismo grupo de viviendas ya descrito, no presentan daños manifiestos pero se ubican en laderas de fuerte pendiente hacia la Quebrada.

La carrera 50 B desde la esquina con la calle 45, presenta socavación hacia la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia o El Cafetero, en una longitud de unos 20 m, lo cual la expone a un colapso total, más aun si se tiene en cuenta que ya existe corrimiento de la losa del pavimento. Dicho despegue de la losa es continuamente sellado con cemento.

La fila de viviendas de la carrera 50B situadas a la derecha en sentido Norte-Sur desde la esquina de la carrera con la calle 45 hasta la calle 43, también se ubican en el área expuesta a deslizamiento.

Las viviendas localizadas sobre la carrera 51 entre calles 45 y 44, hacia la izquierda en sentido Norte-Sur, se aprecian aparentemente estables, pero, en caso de persistir los procesos de remoción en masa del Barrio Monserrate, existe la posibilidad que la progresión del deslizamiento afectase en un futuro dichas viviendas.

Las viviendas del Barrio Cafetero en su parte baja, están expuestas a inundaciones de agua lodosa, proveniente del desbordamiento de la Quebrada Agua Sucia o El Cafetero, también presentan amenaza media ante procesos de remoción en masa. Una parte de estas viviendas hacia la parte alta han sido construidas en una zona de fuerte pendiente, que en la actualidad se presenta aparentemente estable.

La Quebrada Agua Sucia causa de los vertimientos de aguas residuales, ocasiona condiciones insalubres para los habitantes del Barrio Cafetero. Las aguas lluvias también afectan las viviendas del Barrio Cafetero, cuando buscan drenar hacia la Quebrada Agua Sucia, desde la parte alta del Barrio (calle 46).

**Causas:** Alta susceptibilidad del substrato geológico ante procesos de remoción en masa por causa de condiciones intrínsecas de fracturación y permeabilidad debido a su ubicación dentro de la zona de la falla de Sevilla; modificación de laderas de urbanización; inadecuada disposición de aguas residuales que posibilitan la saturación de los suelos, socavación de taludes por la quebrada Agua Sucia o El Cafetero; aguas superficiales sin control, uso y manejo de terreno no apto para sus condiciones.

**Recomendaciones:** Reubicación de las viviendas más expuestas a los deslizamientos, demolición de construcciones, recuperación del sistema de alcantarillado de los barrios Monserrate y Cafetero, manejo integral de todo tipo de aguas; posterior a las reubicaciones sugeridas, implementación de métodos de recuperación ajustados a la problemática: estabilización de los taludes sujetos a deslizamiento, suspensión de los vertimientos de aguas lluvias y residuales, o en su defecto construcción de estructuras de entrega de alcantarillado de la zona sur de Sevilla y canalización de la Quebrada Agua Sucia.

**INFORME DE PROPUESTA. Intervención social mediante el empleo de la bioingeniería en la restauración de procesos erosivos severos en los barrios Monserrate y Cafetero del municipio de Sevilla, Valle del Cauca. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV, agosto de 2003.**

El objetivo general de la propuesta es implementar una estrategia de apropiación tecnológica, social, cultural e institucional que promueva a la Bioingeniería como alternativa de solución para la restauración de suelos erosionados y la prevención de desastres a través del desarrollo de un programa de Formación Tecnológica Especializada que capacite a los beneficiarios y permita su intervención directa en la resolución de las problemáticas ambientales que los afectan.

Se recomienda trabajos de estabilización de movimientos en masa, instalar un caballón de tierra que borde el derrumbe y construir Sistemas Centrales de Drenaje instalando Filtros Vivos Interconectados en forma de espina de pescado, reforestación tanto en el caso anterior como en la cárcava de la parte baja del barrio Cafetero se deben realizar aislamientos y proteger los hundimientos originados por las remociones sembrándolos con

Guadua y Nacedero; estabilización de la quebrada, para lo cual se debe reforzar y proteger los taludes sembrando al menos 10 metros de cada margen con Guadua y Nacedero y realizando Aislamientos de estas áreas para evitar el acceso de los animales hasta los controles atraídos por los rebrotes del material vegetal vivo establecido.

En los sitios donde el cauce de la quebrada choca directamente contra el talud, particularmente en las curvas, se deben adecuar estructuras de protección en las cuales se pueden emplear los recursos disponibles tales como piedras grandes y materiales de escombros.

**INFORME FINAL. Diseños de Obras de Estabilización Q. Agua Sucia, Barrio Monserrate Municipio de Sevilla. Orden de trabajo No 1218 DE 2005, CVC. Diciembre de 2005.**

El objetivo principal del estudio, es la identificación y evaluación de los Procesos erosivos y movimientos de remoción en masa que afectan el Barrio Monserrate, con el propósito de diseñar las obras que se estimen necesarias para garantizar la estabilidad del sector en mención. El estudio está enfocado principalmente a la identificación de los diferentes procesos tanto naturales como inducidos, que ha afectado los Barrios Cafetero y Monserrate, en el costado sur del Municipio de Sevilla, haciendo énfasis en los procesos exógenos que han ocurrido y su relación con la estabilidad de las laderas naturales y taludes de corte de la vía afectados por diferentes tipos de movimientos en masa.

**Conclusiones y recomendaciones:**

Las actuales vivienda ubicadas en el barrio Monserrate, en la carera 51 entre calles 44 y 43, están en amenaza alta, ya que se encuentran muy cerca de los sitios donde se presentó el deslizamiento.

Las actuales viviendas del barrio Monserrate, ACUAVALLE las debe dotar de un sistema de alcantarillado de aguas negras y lluvias, esto para evitar que las aguas servidas corran libremente por el terreno.

En el barrio El Cafetero, además de la amenaza presentada por los movimientos de masa de las laderas adyacentes (barrio Monserrate), hay presencia de inestabilidad por socavamiento lateral de las vertientes de la Quebrada Aguas Negras descarga del 20% de la red de alcantarillado del Municipio de Sevilla.

ACUAVALLE debe diseñar y continuar con la construcción de la red, de alcantarillado, a partir de la descarga en el barrio Monserrate.

La descarga del 20% de la red de alcantarillado municipal en proximidades al sitio donde se presentó el deslizamiento, genera un problema de salubridad, estas aguas hacen que en el sitio se presenten malos olores y la presencia de zancudos y roedores. De ahí que es urgente

la construcción de la red de alcantarillado y descarga en un lugar distante a 200 metros de los barrios Monserrate y El Cafetero.

El deslizamiento es originado por una combinación de factores como: erosión en pendientes altas desprotegidas de vegetación nativa, facilitando arrastre de suelos causado por aguas superficiales, lluvias y aguas negras del barrio Monserrate. Dichas aguas no corren por una red de alcantarillado, discurriendo directamente sobre el talud, sobresaturando el suelo y sobrecargado con el peso de las viviendas del barrio Monserrate, dichas viviendas fueron construidas en forma deficiente y por ultimo sobre la base del talud, discurre la descarga de aguas negras del suroccidente del Municipio de Sevilla, en donde ya se presenta el fenómeno de socavación lateral, sumémosle a esto una época invernal, si no se toman las medidas, se podría volver a repetir los movimientos en masa.

El tipo de movimiento presentado en los barrios Cafetero y Monserrate del Municipio de Sevilla, es un movimiento de masa producto de la reactivación de un antiguo deslizamiento rotacional, en suelos derivados de cenizas volcánicas que suprayacen, los limos arcillosos derivados de diabasas y basaltos de la formación Amaime. El movimiento es de carácter retrogresión, evidenciado por grietas paralelas a la cabeza y afectaron las viviendas de las carreras 50B y 51 entre calles 43 y 44 del barrio Monserrate.

La quebrada Aguas Sucias, es utilizada como sitio de depósito de basuras y desechos sólidos, por parte de los moradores del barrio El cafetero; lo que ocasiona mas contaminación y puede haber un taponamiento del cauce, que es muy estrecho (0.90 a 1.20 m, ancha y 0.60 m de profundidad).

Sobre toda el área del deslizamiento se encuentra un limo de alta compresibilidad (MH) de color raja con vetas blancas, producto de la descomposición de la roca ígnea volcánica diabasa, su espesor es variable de 4.0 a 6.0 m. En la parte alta, en la parte media y baja hay un suelo residual, producto de la descomposición de la diabasa.

Sobre el escarpe de la corona se encuentra un suelo orgánico, de color café oscuro con aporte de cenizas volcánicas. A ambos márgenes de la Quebrada Aguas Sucias, se encuentran unos limos de alta compresibilidad (MH) Para cimentar el muro en gaviones hay que retirar el material aluvial existente, a una profundidad de 1.5 m ahí ya se encuentra el saprolito de roca ígnea diabasa, y 0.5 m mas de profundidad aparece la roca ígnea apta para cimentar el muro de gaviones. Los suelos existentes en el sector estudiado en este caso limos arcillosos de color rojo y saprolito de roca ígnea (diabasa) por las características de su formación y los parámetros geomecánicos de los suelos limosos se consideran de bajo potencial expansivo, eso para los suelos de la parte media y baja de los tres (3) deslizamientos, en cambio los suelos cercanos al escape de los deslizamientos, los cuales tienen aportes de cenizas volcánicas son de potencial expansivo medio. Esta circunstancia no ha tenido injerencia en la generación del deslizamiento.

Sobre el área de derrumbe no existe nivel freático superficial, sin embargo el remoldeo de la masa de suelo sobre el derrumbe, hace que se retenga gran cantidad de agua. En el área de la quebrada el nivel freático coincide con el nivel de aguas de esta.

**INFORME VISITA TÉCNICA. Deslizamiento barrios Monserrate y Cafetero Municipio de Sevilla Departamento del Valle del Cauca, Ingeniero Geólogo Carlos Avendaño, noviembre 23 de 2010.**

El Ing. Geólogo Carlos Avendaño, a petición de la Oficina de Planeación Municipal realizó visita técnica al deslizamiento presentado en el barrio Monserrate, el día 23 de octubre de 2010, con la finalidad de conocer de primera mano la situación; en el cual se hizo la revisión de todos los documentos de los estudios realizados por diversas entidades en los años que sirvieran de antecedentes para comprender el fenómeno.

En los antecedentes presenta:

“ (...) se concluye que para la época se presentaron unos estudios muy completos, cumplen con las especificaciones técnicas que requiere un trabajo de este tipo, fueron revisados por el comité de Cafeteros del Valle del Cauca y el Interventor del convenio la Universidad Militar Nueva Granada, fueron entregados a satisfacción, se socializaron con la comunidad, entidades comprometidas, como CVC, Universidad Militar Nueva Granada, Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca, Municipio de Sevilla y ACUAVALLE (como responsable del manejo de las redes de acueducto y alcantarillado sanitario). Además, se levantaron para la fecha actas de vecindad. En estas socializaciones se hizo énfasis en lo fundamental de realizar las labores de manejo de aguas lluvias y aguas residuales, antes de emprender el desarrollo de la obra.

No sobra aclarar que desde el momento de realizar los diseños y ser aprobados por parte de la Universidad Militar Nueva Granda y el Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca (2008) a la ejecución del contrato transcurrieron dos (2) años y cuatro (4) meses, en donde se presentaron varios movimientos en masa, que de una u otra forma modificaron las condiciones de estabilidad de los suelos y por ende su topografía, en el momento de emprender las obras el constructor. En este tipo de obras de mitigación de riesgos, los tiempos entre los diseños de las obras y su construcción no pueden pasar de más de dos (2) años, más aún donde en este periodo hubo varios fenómenos de estabilización, lo lógico, era realizar una revisión a los diseños y ajustarlos a las realidades del 2010”.

En cuanto a la visita realizada, el informe referencia textualmente:

“(…) se realizó una visita técnica al deslizamiento, que se presentó en el barrio Monserrate, el día 23 de octubre de 2010, en compañía de los funcionarios del Municipio de Sevilla, Ingeniera Civil María del Rocío Agudelo, Doctor Boris Ceballos y el Ingeniero Sanitario John Jader Cardona. Se realizó el recorrido por la zona afectada y por toda el área colindante, para conocer de primera mano, las condiciones geológicas y geotécnicas de los Barrios Cafetero y Monserrate.

La Visita se inicio sobre la carrera 51 entre calles 44 y 45 manzana 262, encontrándose dos (2) primeras viviendas derrumbadas, las siguientes tres (3) viviendas con presencia igualmente de grietas de gran tamaño todas estas viviendas para el día de la vista estaban desocupadas, por ende no hubo víctimas al momento del movimiento en masa, luego nos adentramos a la carrera 51 manzana 264, nos adentramos a ver si existían grietas de gran ancho y profundidad y se encontraron grietas pequeñas sobre la esquina de la manzana, en éste sector inspeccionamos la vivienda donde se encuentra el Jardín Infantil San Vicente de Paul y no se encontraron, fisuras en el día de la vista, en los pisos y muros de mampostería de ladrillo. Es de anotar que las viviendas, estaban en el sector que mayor riesgo a deslizamiento presentaban, luego nos adentramos hacia la carrera 50B entre calles 44 y 43 manzanas 260 y 385, allí pudimos observar que no se había demolido una vivienda, hecha en guadua y bahareque (Manzana 385, es donde en los estudios de 2008, se advierte de las grietas en los pisos), en cuanto a la manzana 260 se observó que detrás de ésta apenas se estaba desocupando las viviendas hechas en guadua, allí se observó sobre el lote cultivado con café y plátano (acumulador de bolsas de agua, que desfavorecen la estabilidad del terreno) un tanque en concreto abandonado y no se había demolido, en el lote no se observaron grietas a la fecha de la vista noviembre 23 de 2010”.

El informe evidencia que el factor detonante que reactivó el movimiento en masa (de tipo planar), son las altas precipitaciones que coadyuvaron con la sobresaturación de los suelos, ocasionando compactación de este como un fluido viscoso (flujo no newtoniano) el cual se caracteriza por arrasar lo que encuentre en su paso, causando grietas y fisuras en el muro de gaviones, que estaba armado, lo cual afectó las cimentaciones y causaron su colapso.

#### Recomendaciones Técnicas y Constructivas:

- Después del movimiento en masa producido, es fundamental replantear y ajustar los diseños a las nuevas realidades geotécnicas del sector y realizar un nuevo levantamiento topográfico.
- Diseñar y ajustar las obras que permitan tener un manejo adecuado de las aguas lluvias.
- Concertar con ACUAVALLE ESP, un plan de choque que permita encontrarle la salida Al manejo ambiental y técnico de las aguas residuales que se descargan a la fuente Agua Sucia.
- Solicitar como autoridad municipal a ACUAVALLE ESP, que se realice un plan de monitoreo a la red de acueducto, descargas a fuentes hídricas (Quebrada Agua Sucia) y alcantarillado, que permita detectar a tiempo, posibles fugas del fluido o fugas por las cámaras.
- Es fundamental que el constructor-Interventor-Supervisor CVC, encuentre una salida a la emergencia y que por ende se replanteen las actividades que permitan culminar con éxito la obra.
- Se debe elaborar un nuevo calendario de actividades, en donde se prioricen actividades a ejecutar, lo primero que se debe hacer es un plan de manejo de aguas lluvias, segundo manejo de material sobrante (material vegetal, tierra negra y escombros), que debe retirarse del sitio de las obras inmediatamente. Seguidamente

realizar las obras de terraceo cuando se tengan las terrazas conformadas en material arcilloso, se dé comienzo a las obras que permitan evacuar las aguas lluvias (disipadores de energía, cunetas, alcantarillas de descole) y, por último, el proceso de revegetación de taludes.

- Se deberá monitorear por parte de la DAPAD (Desastres Municipio de Sevilla), el lote colindante con el descole de las aguas residuales.

Recomendaciones Tipo de Alertas:

- Para el Barrio Monserrate, en la Carrera 51 entre Calles 44 y 45, Manzanas 262 y 264, El Municipio de Sevilla, deberá decretar “ALERTA ROJA” y solicitar desalojo de las viviendas, incluido el Hogar Infantil San Vicente de Paul de manera inmediata. Igualmente se deberá demoler y desalojar las viviendas de la carrera 50B manzana 385 casa de bahareque y la vivienda colindante).
- Para el Barrio Monserrate, en la Carrera 50B entre Calles 44 y 43, Manzanas 260 y 385, Municipio de Sevilla, deberá decretar “ALERTA AMARILLA” y solicitar monitoreo permanente, en caso de presentarse grietas, se deberá pasar a la alerta roja y se procederá al desalojo de las viviendas.

**INFORME PRELIMINAR 0660-86854-2010, Deslizamientos y afectación de viviendas en el barrio Monserrate, municipio de Sevilla. CVC, Geólogo Harbey Millán Rodríguez, noviembre 19 de 2010.**

El objeto de este informe fue realizar una valoración previa sobre los procesos de deslizamientos y daños en las viviendas reportadas del Barrio Monserrate. Entre los problemas identificados se presentaron las siguientes situaciones:

Fuertes agrietamientos del terreno indicando superficies de fallamiento y deslizamiento del terreno del talud inferior a la corona donde se ubican las viviendas de la manzana 262, las cuales presentan graves daños en muros, mampostería y elementos estructurales que definitivamente no son recuperables y conducen hacia el colapso total de las edificaciones (Fotografías 1 y 2).



*Fotos 3.1 y 3.2 Intensa destrucción de viviendas manzana 262 ocasionada por el movimiento en masa y progresivo del terreno, afectando fuertemente la cimentación de las viviendas. Fuente: Informe CVC, 2010*

Las causas principales del fenómeno son:

- Susceptibilidad de las formaciones de suelos residuales que son limos arcillosos rojizos derivados de rocas diabásicas.
- Características de la pendientes con longitudes mayores a 20 metros y grados de 25 al 30%, lo cual favorece la acción de la gravedad.
- Precipitaciones intensas sucedidas.

Conclusiones: Se evidencia claramente un movimiento en masa de mecanismo rotacional de carácter progresivo y rápida evolución, a favor de la pendiente en el talud inferior y corona de la manzana 262 del Barrio Monserrate, el cual ha destruido muros, techos, pisos de las viviendas que se encuentran completamente inhabitables y en riesgo inminente de colapso total por los deslizamientos, por tanto el municipio debe declarar la fila de viviendas de la manzana 262 en riesgo inminente y monitorear permanentemente las viviendas de la otra margen en la carrera 51 con calles 44 y 45 del Barrio Monserrate.

Recomendaciones: Considerando el riesgo inminente en las viviendas que ya están fuertemente deterioradas por el movimiento en masa y las viviendas contiguas a éstas y que a pesar de no presentar fisuras y hundimientos todavía, más por el principio de precaución también deben ser incluidas, se recomienda con urgencia la evacuación de los habitantes y el planteamiento de un programa de reubicación de la totalidad de las viviendas en la manzana 262 de la carrera 51 calles 44 y 45, para evitar el riesgo de pérdida de vidas de los habitantes. Además, prohibir el tráfico pesado en el sector afectado de la carrera 51 entre calles 44 y 45.

**INFORME DE VISITA TÉCNICA. INGTEC LTDA. Asesoría Geotécnica - Problema de inestabilidad de ladera del barrio Monserrate – Municipio de Sevilla. Julio 25 de 2010**

El informe Geotécnico presenta la descripción del problema, donde se informa de la inestabilidad consiste en un deslizamiento de tipo rotacional de forma semiesférico típico de suelos cohesivos, cuya superficie de deslizamiento se encuentra cubierta por el material inestable que se ha deslizado a través de las superficiales de falla. En la vista se observa la construcción del primer nivel de dos muros de los gaviones, se utilizan como estructuras de contención dando apoyo a la ladera, aunque se pudo observar un afloramiento de agua que podría contribuir al problema de inestabilidad del terreno.

La geomorfología, localizándose el área de estudio en una zona de altas pendientes, de relieve montañoso con una delgada capa vegetal, esto permite la infiltración de aguas de escorrentía superficial y saturación del suelo, la zona de estudio se encuentra en la parte superior de la ladera.

Las Unidades Geotécnicas Básicas. 1) Suelo residual: son limos de mediana a alta plasticidad, presenta consistencias naturales blandas y medias. 2) Saprolito: subyacente al suelo residual que predomina en la zona, este material conforma el perfil de meteorización de formaciones ígneas con una consistencia semirrígida. 3) Suelo de origen volcánico: es

un material limo arcilloso de muy baja plasticidad, esos suelos son derivados de las cenizas volcánicas característico del eje cafetero.

El Diagnóstico Geotécnico presentado es que la inestabilidad de las laderas, del barrio Monserrate es un caso de carcavamiento, el cual ha generado un deslizamiento de tipo rotacional y planar. La zona del deslizamiento al encontrarse en la divisoria de aguas no existe la posibilidad de que se genere problemas de erosión remontante. El afloramiento de agua es producto del flujo del agua a través de las discontinuidades del macizo rocoso que aún conserva el saprolito y que el afloramiento de agua aumenta en días de altas precipitaciones.

Se recomienda diseñar sistemas de conducción del agua por filtros o cunetas revestidas. Se considera viable la construcción de los gaviones como estructura de contención y demoler los muros localizados en la zona aledaña, puesto que se encuentran en mal estado.

**INFORME 0660-90409-2010. Deslizamientos y destrucción de viviendas en el barrio Monserrate, municipio de Sevilla. CVC, Geólogo Harbey Millán Rodríguez, diciembre 1 de 2010**

Informe final sobre el evento de deslizamientos y destrucción de viviendas en el barrio Monserrate, Sevilla. El objeto de este informe fue realizar una valoración previa sobre los procesos de deslizamientos y daños en las viviendas reportadas del Barrio Monserrate.

Antecedentes: Durante los meses de Octubre y Noviembre de 2010 se presentaron lluvias intensas en el área del Municipio de Sevilla. Los daños en las viviendas se agudizaron en el mes de noviembre y el día 23 de noviembre ocurrió el colapso total de unas dos viviendas sobre la carrera 51 con calles 44 y 45.

Entre las situaciones que se presentan están:

- Deslizamiento intenso del terreno a través de superficies de fallamiento y colapso total de viviendas en la manzana 262, las cuales fueron destruidas completamente.
- Agrietamientos fuertes del terreno y posteriores desplazamientos verticales del orden de unos cinco a seis metros, flujos de lodo en el área, daño considerable de unas obras construidas en gaviones los cuales han tendido al desprendimiento y volcamiento, inestabilidad general de la zona.

Causas:

- Susceptibilidad de las formaciones de suelos residuales que son limos arcillosos rojizos derivados de rocas de la Formación Amaime.
- Características de las pendientes con longitudes mayores a 20 metros y grados de 25 al 30%, lo cual favorece la acción de la gravedad.
- Desprotección de los taludes en el proceso constructivo de las obras que se están realizando en la zona.
- Precipitaciones intensas sucedidas.

- Potenciales zonas de infiltración ubicadas en la parte alta del Cerro Monserrate y que drenan hacia la zona de la ladera en el Barrio Monserrate.
- Escorrentía superficial en el área no controlada.

Conclusiones: Se evidencia claramente un movimiento en masa de mecanismo rotacional de carácter progresivo y muy rápida evolución, a favor de la pendiente en el talud inferior y corona de la manzana 262 del Barrio Monserrate, el cual ha destruido las viviendas en el sector, que se encuentran completamente inhabitables y en riesgo inminente de colapso total por los deslizamientos, por tanto el municipio debe declarar la fila de viviendas de la manzana 262 en riesgo inminente.

Las obras en gaviones construidas a media ladera en un contrato de obra de la CVC se encuentran seriamente afectadas como consecuencia del movimiento en masa de mecanismo compleja en la ladera del cerro Monserrate.

Recomendaciones: Considerando las consecuencias generadas por el movimiento en masa dinámico en cuyo radio de acción ya fueron destruidas y dañadas unas viviendas de la manzana 262, más por el principio de precaución también deben ser incluidas las ubicadas en la manzana siguiente correspondiente a la ubicación del Hogar Infantil San Vicente, al igual que las ubicadas en la carrera 50 B calles 44 y 43 (construidas con materiales ligeros), también se debe incluir la manzana correspondiente a la Caseta Comunal y la Escuela del Barrio Monserrate, se recomienda en esos sectores con urgencia la evacuación de los habitantes de esas manzanas, hasta que no se tenga la certeza que ha cesado el movimiento en masa del Cerro Monserrate, para evitar el riesgo de pérdida de vidas de los habitantes. Además, se recomienda prohibir el tráfico en el sector afectado de la carrera 51 entre calles 44 y 45.

### **2.3 EVENTOS DE REMOCIÓN EN MASA RELEVANTES EN LOS BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

Los fenómenos de remoción en masa se denominan como aquellos procesos o eventos que se dan en la superficie de la Tierra, generan el desplazamiento o movimiento lento o rápido de grandes volúmenes de material rocoso o suelo desde los niveles altos de una ladera hasta sitios más bajos, siendo el principal mecanismo de activación, la fuerza de gravedad. En zonas de altas precipitaciones la lluvia actúa como factor detonante para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

En la zona de estudio, los eventos históricos asociados al fenómeno por remoción en masa se dan en unas condiciones geomorfológicas específicas y la distribución espacial de los barrios, evidenciando una afectación directa que está relacionada con el proceso de ocupación de los pobladores en terrenos que antiguamente fueron rellenos.

Como se menciona en el informe elaborado por la firma INGTEC (2010), en detalle, la geomorfología del área de estudio indica una zona de altas pendientes, de relieve montañoso que permite la formación de espesores delgados de suelo residual cubierto a su vez por una delgada capa vegetal, lo cual los hace inestables, permitiendo la infiltración de aguas de escorrentía superficial y la saturación del suelo, que generan problemas de inestabilidad y además, que posibilita la ocurrencia de movimientos en remoción en masa.

Los deslizamientos que han actuado son de carácter retrogresivo evidenciando grietas paralelas a la corona en el barrio Monserrate, y en el barrio Cafetero, también se presenta amenaza por movimiento de masa de las laderas adyacentes y represamiento de la quebrada Aguas Sucias.

El problema actual consiste en la reactivación de deslizamientos en la ladera este del barrio Monserrate, presentándose en la corona del deslizamientos grietas de tensión. Los principales focos de los eventos, han sido la saturación por agua del terreno conformado por material meteorizado y cenizas volcánicas, la fuerte pendiente y la deficiencia en el sistema de evacuación de aguas servidas de estos dos barrios.

Todas las recomendaciones sugieren obras de estabilización de las laderas, manejo de aguas y obras de alcantarillado, principalmente las orientadas a canalizar la Quebrada de Aguas sucias, reubicar las construcciones afectadas, remodelar las pendientes y ubicar barreras vivas para la detención del agua superficial.

En los barrios Monserrate y Cafetero se han presentado tres (3) eventos históricos asociados al fenómeno de remoción en masa, los cuales han evidenciado importantes daños y afectación directa en viviendas, equipamientos, infraestructura y hogares, fundamentalmente, tal como se evidencia en el Mapa 2.1 de Historicidad de Eventos, donde se observa las áreas afectadas correspondiente a las manzanas catastrales.

### **2.3.1 Evento del 19 de noviembre de 1988.**

El primer deslizamiento se presentó en noviembre 19 de 1988 hacia la vertiente derecha de la Quebrada Agua Sucia, el cual afectó 14 viviendas en el Barrio Monserrate y obligando a evacuar 7 viviendas del Barrio Cafetero.

Los primeros pobladores de estos barrios afirman que una de las principales causas asociadas a la ocurrencia de estos eventos, guardan relación con explanaciones realizadas en el Cerro Monserrate hace más de 30 años, afirmando que el material sobrante fue depositado hacia la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia o Cafetero, y además que el cauce original de la Quebrada fue taponado en su parte alta y en su lugar se hicieron las instalaciones del alcantarillado existente. Por ende, asocian el inicio de los deslizamientos en el Barrio Monserrate con la apertura del descargue de aguas residuales en la Quebrada.

### **2.3.2 Evento del 2 de abril de 1994.**

Unos años más tarde, en el 1994, algunos documentos datan diferentes eventos, 2 de abril del mismo año se presentó otro deslizamiento sobre la vertiente derecha de la Quebrada Agua Sucia, que ocasionó una situación mucho más grave, ocasionando el desplome de 10 viviendas y averías en 7 más. Este se originó por la mala instalación del acueducto en una vivienda localizada en la carrera 50 B entre calles 44 y 45, cuyo daño generó una filtración que unida al ‘caño’ sin canalizar, que bordea el barrio, desestabilizó el terreno y provocó la destrucción de las viviendas.

En esa fecha se realizaron unas recomendaciones a mediano plazo (Informe de Visita Técnica CVC, 1994) en las cuales se incluía reubicar las viviendas localizadas entre la carrera 51 y la Quebrada entre calles 43 y 45, del barrio Monserrate, además de reubicar el barrio Cafetero. Estableciéndose zonas de amenaza alta por deslizamiento, ubicadas entre las carreras 50 A y 50 B y las calles 45 y 43 del barrio Monserrate y las viviendas del barrio Cafetero entre la Quebrada Aguas Sucias y la carrera 49.

En el Informe Técnico, Inestabilidad del Terreno en los barrios Monserrate y Cafetero, Municipio de Sevilla (CVC, 2000) se detalla claramente la problemática de estabilización de los terrenos afectados por los continuos deslizamientos. Se evidencia una clara preocupación por los terrenos afectados, principalmente al ejecutar obras civiles o tratamientos biológicos sin antes haber reubicado las viviendas amenazadas por remoción en masa.

A ese año, las viviendas localizadas en el sector afectado anteriormente, se encuentran expuestas ante la progresión del deslizamiento sobre la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia, las cuales evidencian un deterioro (grietas en muros y deformación de vigas y columnas); en la carrera 50 B con calle 45, esquina, a la fecha se presentaba socavación hacia la margen derecha de la Quebrada Agua Sucia, cuya longitud era de 20 m, lo cual la exponía al colapso total, presentando en la corona del deslizamiento grietas de tensión en un radio de hasta 12 m. Se menciona un despeque de la losa del pavimento en esa zona, que había sido sellada con cemento.

Con respecto a las viviendas localizadas entre la carrera 50 B entre calles 45 y 43, se encuentran expuestas al deslizamiento, las localizadas sobre la carrera 51 entre calles 45 y 44, se aprecian aparentemente estables, pero con la posibilidad de afectación por la progresión del fenómeno.

En la parte baja del barrio Cafetero, las viviendas están expuestas al desbordamiento de la Quebrada Agua Sucia, ocasionando la socavación de la ladera, por la fuerte pendiente, señalando el problema de vertimientos de aguas residuales y el drenaje de las aguas lluvias que afectan las viviendas.

En el informe final de la Orden de Trabajo No 1218 de 2005, Diseños de Obras de Estabilización Q. Agua Sucia, barrio Monserrate, Municipio de Sevilla, se señala como

aspectos determinantes en la zona de estudio, la existencia de cicatrices de antiguos deslizamientos, presentados al levantarse el Barrio Monserrate y además, la presencia de cultivos de plátano que desestabiliza la ladera, retiene agua y aporta carga al suelo.

Es evidente que existen condiciones que propician la expansión de la zona afectada por los deslizamientos, siendo estos rasgos morfológicos como cicatrices, cárcavas, surcos y taludes que evidencian deslizamientos antiguos y actuales, y la socavación lateral y de lecho, que se presentan en el caño de aguas negras llamado Agua Sucia, que descarga el 20% de la red de alcantarillado del Municipio, produciendo el represamiento por material removido y el material que aporta la zona del deslizamiento, ocasionando el desplome de varias viviendas.

Además, coloca en evidencia, nuevamente, la explanación en el lote ubicado sobre la carrera 45 con calle 49, que anteriormente fue sitio de disposición de escombros, luego condicionado para ser lavadero de vehículos; sobre este lote había un cruce de red de alcantarillado y una cámara construida con ladrillo, presentando infiltración de aguas lluvias y que contribuyen a descargar el caño de aguas negras.

### **2.3.3 Evento del 19 de noviembre de 2010.**

En el año 2010, con la creciente ola invernal, en el mes de abril se alertó sobre la situación de riesgo inminente de la zona de estudio. Para la misma fecha se comenzaron a efectuar obras de estabilización de las laderas sobre la Quebrada Agua Sucia, ejecutadas por CORVESA S.A., que unos meses después ocasionaron mayores afectaciones sobre las viviendas localizadas en la corona del deslizamiento, el desplome de algunas y la evacuación de otras como medida de prevención.

Para entender la problemática de la reactivación de los deslizamientos es necesario colocar en contexto la ejecución de las obras del Convenio de Asociación CVC No. 14 de 2010, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y la Corporación Social y Ambiental Redes Verdes-CORVESA S.A.

El proyecto fue socializado a la comunidad y los medios de comunicación el 7 de mayo de 2010. El objetivo del proyecto era “aunar esfuerzos y recursos técnicos y económicos para realizar la construcción de las obras de control de erosión en los barrios Monserrate y Cafetero”.

El proyecto, ejecutado por CORVESA S.A, comienza obras a inicios del mes de mayo de 2010. Al primero (1) de julio del mismo, la dependencia de Control Físico de la Oficina de Planeación Municipal constata que se había culminado la etapa preliminar de replanteo, topografía, movimientos de tierra, localización de ejes; a la fecha se estaba adelantando la construcción de gaviones.

Al mes de octubre la obra estaba casi paralizada. Se observó que los taludes perfilados en la obra quedaron descubiertos sin ninguna cobertura vegetal u otro material de protección,

produciendo lavado de material constantemente, lo cual ocasionaba el represamiento de la Quebrada Agua Sucia.

La misma dependencia, en comunicado oficial del 16 de noviembre de 2010 (D.A.P.D-206-471), manifiesta que se presenta situación de ALTO RIESGO en cinco (5) viviendas ubicadas en el barrio Monserrate, en la carrera 51 entre calle 44 y calle 45, manzana catastral 262, estas ubicadas en la parte superior del talud (corona) donde se perfilaron los taludes para la estabilización, los daños (fisuras) en infraestructura de las casas determinaban la necesidad de evacuación, las cuales unos días más tardes presentaron asentamiento y hundimiento.

El 22 de noviembre de 2010, en el barrio Monserrate ocurrió un deslizamiento en la ladera donde se estaban ejecutando las obras de estabilización, provocando grietas de tracción de 1 m, con una altura de 30 a 35 m con respecto a la Quebrada Agua Sucia. Se observaron señales de anteriores deslizamientos. Este movimiento en masa es de tipo rotacional de forma semiesférico, típico de suelos cohesivos, cuya superficie de deslizamiento se encuentra cubierta por el material inestable que se ha deslizado a través de las superficies de falla.

Este evento ocurrió tras una intensa temporada de lluvias prolongadas, las cuales provocaron el colapso de siete (7) viviendas localizadas en la corona del talud, como se mencionó en párrafos 8 anteriores. Según los informes técnicos, el evento ocurrió paulatinamente, el 5 de noviembre se observaron grietas que evolucionaron hasta el 22 del mismo mes. El factor detonante de este evento fue el incremento de las presiones de agua en el interior de la masa de suelo al existir grietas de tracción en la corona del talud. Una vez ocurrido el evento, se recomendó el inminente desalojo de las viviendas próximas, entre otras importantes directrices como el manejo de los flujos de agua superficiales y descargas de aguas servidas, necesidad latente de varios años sin alternativa de solución efectiva.

Tras la ejecución de las obras de estabilización, se encontraron flujos de agua subsuperficiales, donde subyace el interrogante y preocupación sobre su procedencia, bien sea un nacimiento de agua o vertimiento del acueducto o alcantarillado.

Conforme a algunas observaciones sobre la reunión realizada en la Alcaldía Municipal de Sevilla, el 30 de noviembre de 2010, resulta evidente e importante la realización de estudios posteriores y medidas efectivas para reducir el riesgo latente en la zona de estudio, puesto que no se disponía de un diagnóstico actualizado para la identificación de las causas de la situación; además, la incertidumbre frente al riesgo para las estructuras y población actual, puesto que todas las acciones mencionadas en el presente informe, han evidenciado ineffectividad en el tratamiento de la amenaza.

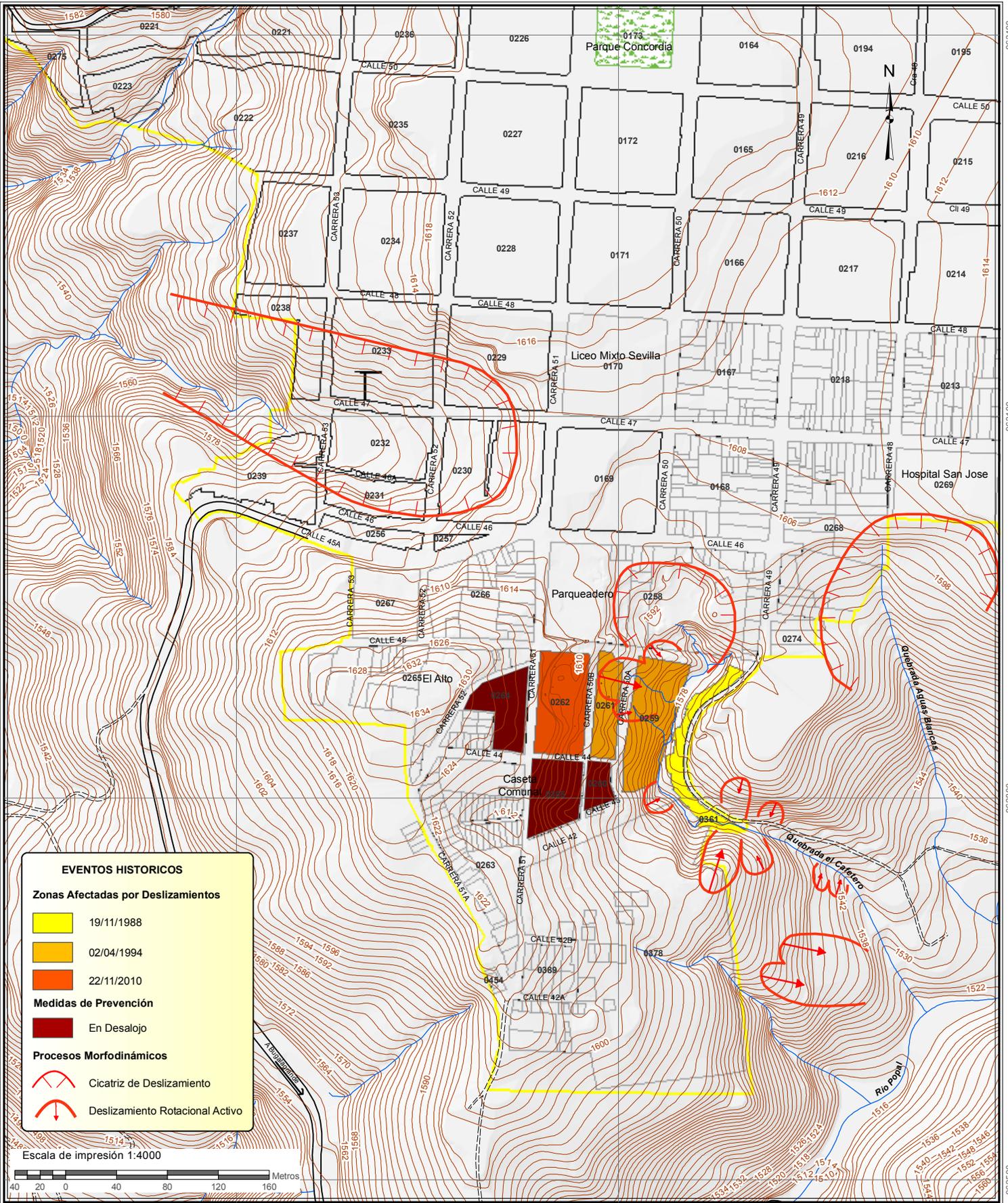
Cabe mencionar que días antes a la ocurrencia del evento, específicamente el 23 de octubre de 2010 se realizó una visita técnica a la zona del deslizamiento (AVENDAÑO, 2010), en la cual inspeccionaron la zona de afectación señalándose los siguientes aspectos:

En la manzana 262, carrera 51 entre calles 44 y 45, había 2 viviendas derrumbadas, otras 3 viviendas con grietas de gran tamaño, que se encontraban evacuadas. En la manzana 264, sobre la carrera 51, no se evidenciaron grietas considerables, observando unas pequeñas sobre la esquina de la manzana, e inspeccionando el Hogar Infantil San Vicente de Paul, no se encontraron fisuras en los pisos y muros de mampostería de ladrillo.

Este último aspecto, con respecto a la afectación de la estructura del Hogar Infantil, durante una visita realizada por el Grupo de Historicidad de Estudio de amenaza, vulnerabilidad, escenarios de riesgo y diseño de ingeniería y tratamientos de mitigación ante movimientos en masa en los barrios Monserrate y Cafetero y su entorno del municipio de Sevilla, departamento del Valle del Cauca, en septiembre de 2011, se encontraron grietas en muros y losas de piso y entrepiso.

Es probable que la caída de tierra del deslizamiento haya generado un esfuerzo de tensión provocando las pequeñas grietas que se presentan en algunos muros y el piso observados recientemente en estructuras como el Hogar Infantil y algunas viviendas ubicadas en cercanías a la corona del deslizamiento. Cabe anotar que estas grietas no fueron detectadas en la visita mencionada en párrafos anteriores, previa a la ocurrencia del deslizamiento.

Se espera que las mediciones y resultados de los estudios geofísicos y geotécnicos comprueben el actual estado de tensión y si el deslizamiento puede ser remontante, lo cual pondría en mayor riesgo las estructuras existentes.



**CONVENCIONES**

	Perímetro Urbano		Camino
	Perímetro Barrio		Drenaje sencillo
	Perímetro de Manzana		Curva De Nivel
	Parques		
	Carretera principal		
	Vía Secundaria o sin pavimentar		



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 2.1**  
**EVENTOS HISTORICOS**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### **3 TOPOGRAFÍA**

### **3 TOPOGRAFÍA**

En el marco del contrato interadministrativo CVC-UNIVALLE 252 de 2011, correspondiente al Estudio de amenaza, vulnerabilidad, escenarios de riesgo y diseño de ingeniería y tratamientos de mitigación ante movimientos en masa en los barrios Monserrate y Cafetero y su entorno del municipio de Sevilla, departamento del Valle del Cauca, se desarrollaron las siguientes actividades:

- Visita a la zona de estudio
- Recopilación de la información cartográfica secundaria disponible en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC y en la Oficina de Planeación del Municipio de Sevilla.
- Localización, solicitud y certificación de los puntos geodésicos de la red pasiva Magna Eco del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, para el diseño de la red y la materialización de los puntos de control para el levantamiento topográfico.
- Materialización y ajuste de dos puntos de control para el levantamiento topográfico barrios Monserrate y Cafetero.
- Levantamiento topográfico de la zona de estudio.
- Cálculos, ajustes y edición de la información levantada en campo.
- Producto final: curvas de nivel cada 50 cm de la zona de estudio
- Informe final de actividades.

#### **3.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA**

La primera visita de reconocimiento para el levantamiento topográfico se realizó durante las actividades de presentación y socialización inicial del Proyecto ante la comunidad de la zona afectada, permitiendo establecer criterios sobre las particularidades topográficas de los movimientos en masa; se realizó un recorrido en los barrios Monserrate y Cafetero donde participaron también, miembros del CLOPAD y funcionarios de la Alcaldía Municipal (Fotos 3.1 y 3.2).



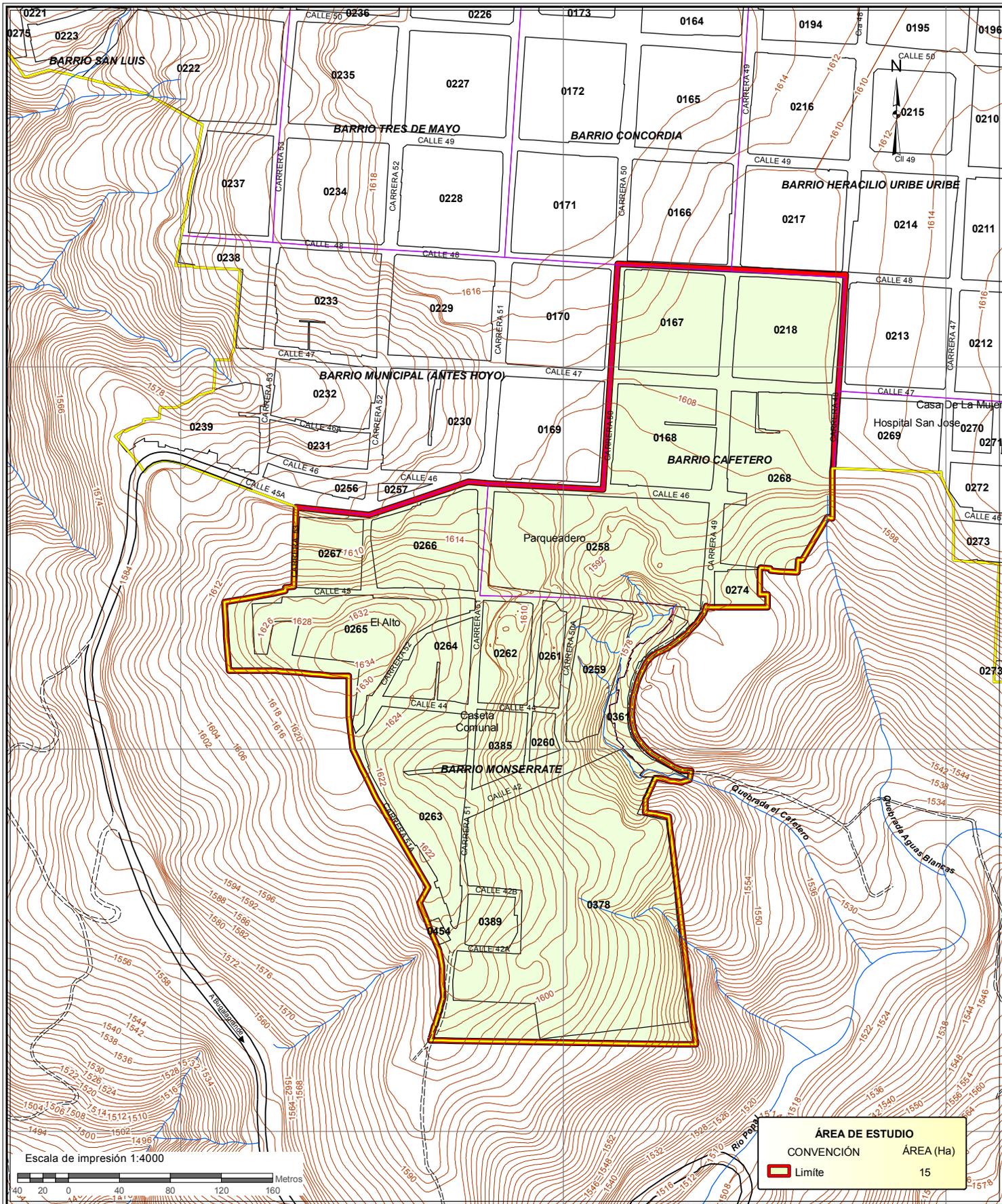
*Fotos 3.1 y 3.2 Reconocimiento del área de estudio.*

Posteriormente se realizó una segunda visita que permitió delimitar el área de estudio y concretar los requerimientos técnicos para el levantamiento topográfico (Fotos 3.3 y 3.4).



*Fotos 3.3 y 3.4 Segunda visita a la zona del proyecto.*

A partir de la segunda visita se organizó la información recolectada y se preparó la cartografía básica que sirve de apoyo para el trabajo de campo (Mapa 3.1).



ÁREA DE ESTUDIO	
CONVENCIÓN	ÁREA (Ha)
Limite	15

- CONVENCIÓNES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Drenaje sencillo
  - Curva De Nivel
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**MAPA 3.1**  
**LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

**FECHA:** Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

## 3.2 RED DE CONTROL GPS PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

### 3.2.1 Puntos de control geodésico

Para esta actividad se planteó como metodología, el diseño y la construcción de dos puntos de control GPS de precisión de 1 a 5 cm, para el amarre de los levantamientos en la zona del proyecto. Los puntos se ubicaron de forma estratégica, teniendo en cuenta su permanencia en el tiempo.

El punto de control que se utilizó hace parte del vértice geodésico de la red Magna Eco pasiva del IGAC **GPS-V-T-32** (Fotos 3.5 y 3.6), del cual se anexa su certificación por parte del IGAC (Anexo 3.1) localizado en la zona rural del municipio a una distancia de 1.7 Km de la zona de estudio.



*Foto 3.5 y 3.6 Vértice Geodésico GPS-V-T-32.*

Las líneas bases generadas estuvieron por el orden de 1 a 3.5 km, por lo tanto las observaciones admiten receptores de mono-frecuencia y periodos entre 1 y 2 horas de observación.

Los tiempos de rastreo se calcularon a partir de la formula:

$$T = 5' * D + 25'$$

Donde  $T$  es el tiempo calculado para los puntos de control y  $D$  la distancia en kilómetros a la base, que para este caso fue de 35 minutos. Para efectos de precisión y resolución de ambigüedades se tomaron rastreos de 1 hora para cada punto de control.

Para la georeferenciación de los puntos de control con GPS se utilizaron dos receptores GPS 4600LS geodésicos de la casa Trimble Navigation, en el Anexo 3.2 se presentan las fichas técnicas de este equipo.

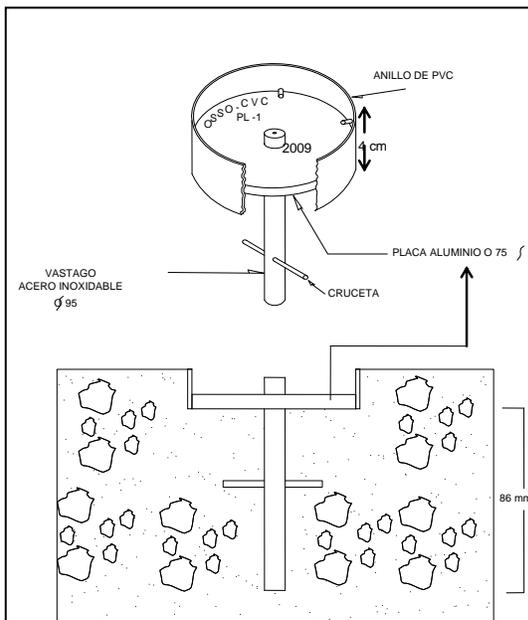


*Foto 3.7 Levantamiento y control con GPS del punto IGAC.*

### 3.2.2 Materialización de puntos

La materialización de los puntos se adelanto mediante placas de aluminio según diseño descrito en la Figura 3.1 y Foto 3.8, proceso que se realizó en lugares que garantizaran la estabilidad y acceso de los puntos.

Por tanto, las placas de los puntos de control quedaron ubicadas en el parqueadero reconocido, en el Barrio Monserrate, como Las Vallas, donde se garantiza el fácil acceso y su permanencia en el tiempo.



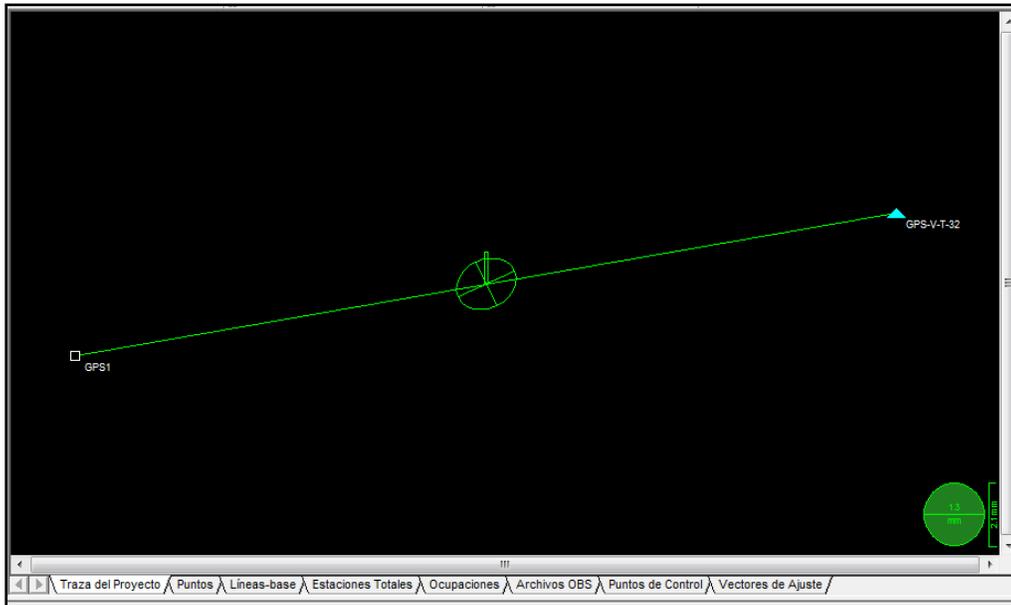
*Figura 3.1 Materialización de puntos con placa de concreto.*



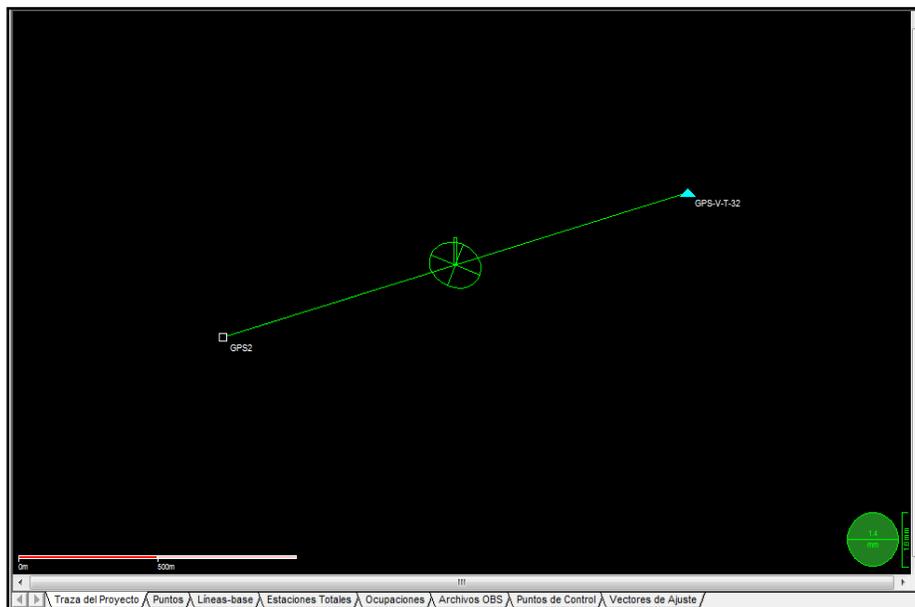
*Fotos 3.8 Materialización de los puntos en la zona del proyecto.*

### 3.2.3 Asignación de las coordenadas planas cartesianas mediante el posicionamiento diferencial estático

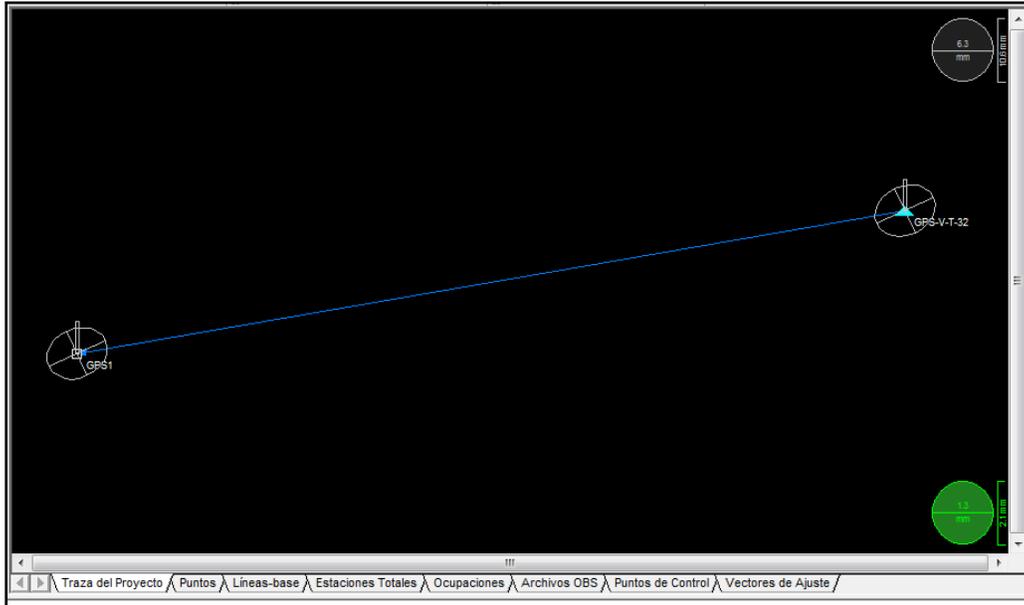
Los puntos de control fueron calculados a partir de medidas de disparo lateral, procesados y ajustados con el software Trimble Total Control, en las Figuras 3.2 a 3.5, a continuación, se presentan las imágenes del procesamiento de los datos; y la Tabla 3.1 muestra los parámetros de ajuste 3D.



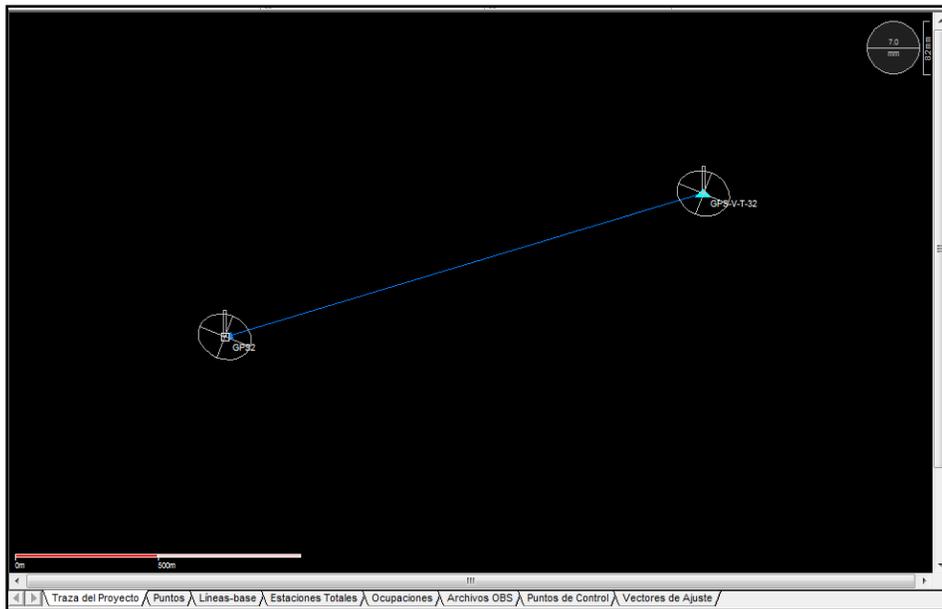
*Figura 3.2 Procesamiento GPS1.*



*Figura 3.3 Procesamiento GPS2.*



*Figura 3.4 Ajuste GPS1.*



*Figura 3.5 Ajuste GPS2.*

**Tabla 3.1 Parámetros del ajuste 3D**  
WGS84 - Coordenadas Cartesianas Geocéntricas

Nombre de Punto	X	Y	Z
<a href="#">GPS-V-T-32</a>	1547795.6003m	-6171202.1392m	471037.7361m
<a href="#">GPS1</a>	1546171.8689m	-6171540.4443m	470747.3218m
<a href="#">GPS-V-T-32</a>	1547795.6004m	-6171202.1395m	471037.7360m
<a href="#">GPS2</a>	1546162.4486m	-6171559.7264m	470529.5650m

WGS84 Coordenadas Geográficas

Nombre de Punto	Latitud	Longitud	Altitud
<a href="#">GPS-V-T-32</a>	N 4° 15' 45.38493"	O 75° 55' 12.42039"	1735.9250m
<a href="#">GPS1</a>	N 4° 15' 36.12020"	O 75° 56' 06.14843"	1647.8748m
<a href="#">GPS-V-T-32</a>	N 4° 15' 45.38493"	O 75° 55' 12.42039"	1735.9253m
<a href="#">GPS2</a>	N 4° 15' 29.01276"	O 75° 56' 06.59660"	1648.0724m

Entrada de Líneas-base en WGS84 (Componentes y Desv. Típica)

Observación	$\Delta X$ m	$\sigma$ mm	$\Delta Y$ m	$\sigma$ mm	$\Delta Z$ m	$\sigma$ mm	Solución
<a href="#">GPS-V-T-32-GPS1</a>	-1623.7315	11.1	-338.3050	22.2	-290.4143	9.5	Dif. Doble / Fija / L1
<a href="#">GPS-V-T-32-GPS2</a>	-1633.1518	14.3	-357.5869	15.6	-508.1710	12.3	Dif. Doble / Fija / L1

Líneas-base Ajustadas en WGS84 (Componentes y Desv. Típica)

Observación	$\Delta X$	$\sigma$	$\Delta Y$	$\sigma$	$\Delta Z$	$\sigma$
<a href="#">GPS-V-T-32-GPS1</a>	-1623.7315m	11.1mm	-338.3050m	22.2mm	-290.4143m	9.5mm
<a href="#">GPS-V-T-32-GPS2</a>	-1633.1518m	14.3mm	-357.5869m	15.6mm	-508.1710m	12.3mm

Elipses de Error de los Puntos Ajustados

Punto	Eje Semimayor	Eje Semiminor	Ángulo	95% confidence radius
<a href="#">GPS-V-T-32</a>	6.3mm	4.9mm	65.8°	14.0mm
<a href="#">GPS1</a>	6.3mm	4.9mm	65.8°	14.0mm
<a href="#">GPS-V-T-32</a>	7.0mm	5.8mm	-68.3°	15.8mm
<a href="#">GPS2</a>	7.0mm	5.8mm	-68.3°	15.8mm

### 3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se desarrollaron levantamientos topográficos mediante procedimientos de Poligonometría con estación total; esta actividad se caracterizó por la gran dificultad que se presentó para desarrollar el trabajo de campo, pues el invierno retrasó el cronograma inicialmente establecido. A continuación, se observa las imágenes sobre la materialización de los puntos en la estación total (Fotos 3.9 y 3.10).



*Fotos 3.9 y 3.10 Materialización de puntos con estación total.*

En el desarrollo de los levantamientos se construyeron poligonales de geometría cerrada, los datos de campo se capturaron en formato digital con cartera electrónica las cuales fueron procesadas con el software Topcon Link 7.5 con el método de los mínimos cuadrados, estos puntos se importaron en el software AUTOCAD LAND 2009 donde se interpolaron y se generaron curvas de nivel cada 50 cm; los archivos resultantes del proceso son los siguientes:

1. Archivos de carteras electrónicas de campo de estación total (Anexos en formato digital).
2. Archivos crudos de campo GPS (Archivos Rinex).
3. Archivo de registro fotográfico.
4. Localización x,y,z de los puntos topográficos.

Para el levantamiento se utilizó una estación total TOPCON de la serie GTS230W, cuya ficha técnica se referencia en el Anexo 3.2.

#### **Sistema de Referencia**

El sistema de referencia que se adoptó para los levantamientos topográficos fue el sistema de referencia MAGNA oficializado por el IGAC para Colombia con los siguientes parámetros:

Sistema de referencia: Magna

Elipsoide: GRS80

Proyección Cartográfica: Gauss-Kruger

Origen de la Zona: Oeste

Coordenadas Geográficas Latitud: 4° 35'46.32" N; Longitud: 77°04'39.03" W

Coordenadas Planas: Norte: 1'000.000 Este: 1'000.000 m

### Control Vertical

Para el control vertical se utilizó como punto de apoyo el Np del IGAC 40-TW-3, ubicado en el Parque Concordia del Municipio de Sevilla

A continuación en la Figura 3.6 se observa el área levantada con la nube de puntos que permitieron generar curvas de nivel cada 0.5 m.

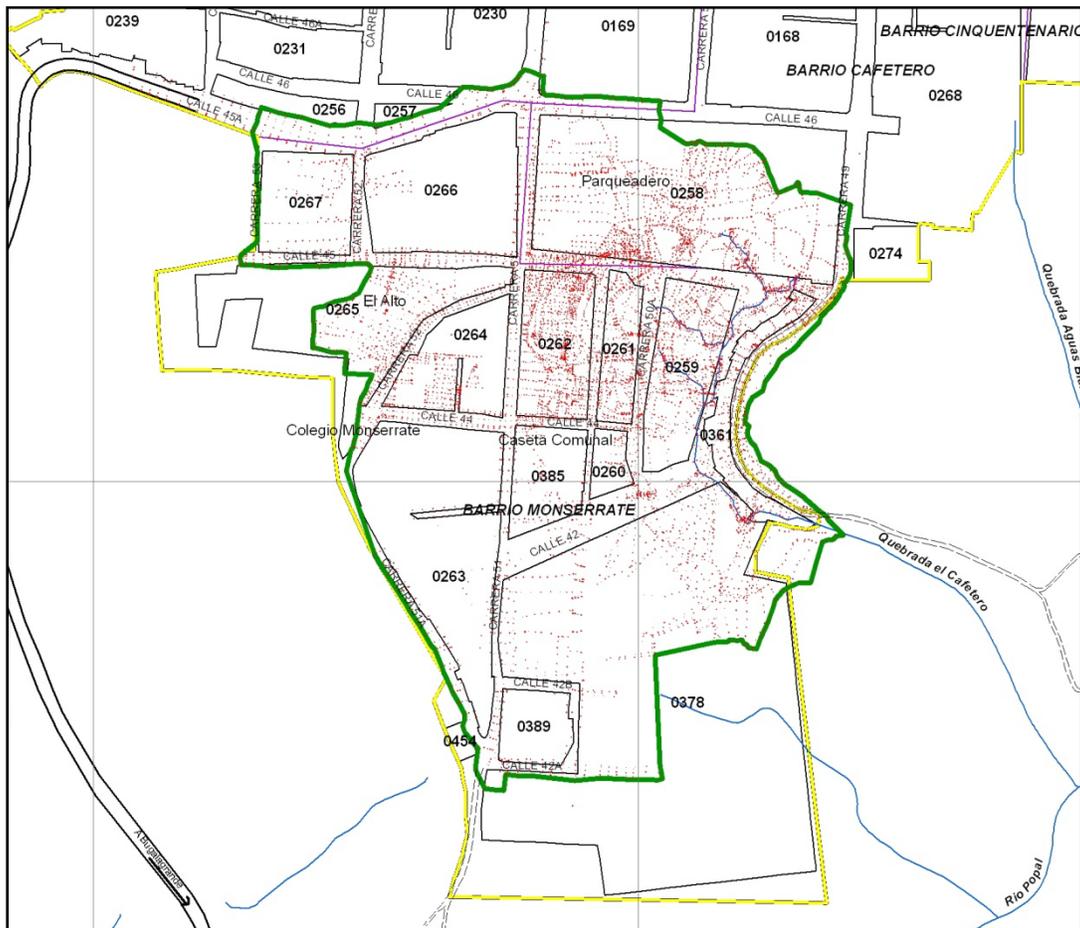


Figura 3.6 Localización del levantamiento topográfico.

## **4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

## 4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

### 4.1 RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA BÁSICA Y TEMÁTICA

La información cartográfica recopilada y disponible en formato digital es la correspondiente al plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio, la suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y aquella que se encuentra en un geovisor del IGAC que contiene la información catastral de la zona urbana las cuales se describen en las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3.

La información cartográfica del POT se encuentra disponible en formato DWG y a escala de impresión a 1:5.000 del año 2000.

La información cartográfica disponible en CVC a escala 1:5.000 es producto de la restitución fotogramétrica realizada en el año 1999 con la utilización de las fotografías aéreas de los vuelos FAL 407 F-01 a escala 1:12.500 del año 1998 y FAL 180 F-E a escala 1:10.000 del año 1995.

La información obtenida del geovisor se encuentra disponible a escala 1:2.000, el cual es producto de la restitución fotogramétrica realizada por el IGAC utilizando fotografías aéreas correspondientes al vuelo C-2758 F-1 Y F-2 a escala 1:10.000 del año 2005.

**Tabla 4.1 Información Cartográfica del POT.**

TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
GEOLOGIA	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene unidades geológicas qc, qal, qsr y llenos antropicos.
GEOMORFOLOGIA	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene unidades geomorfológicas ug-i, ug-ii, ug-iii, ug-iv.
MORFOLOGIA	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene morfología dividida en cimas, laderas, valles y otros.
USO DE SUELO	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene cobertura vegetal, cobertura núcleo urbano y cobertura hídrica.
AMENAZA REMOCION EN MASA	POR DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la zonificación de amenaza alta, media y baja, por fenómenos de remosion en masa.
AMENAZA ALTA INUNDACIONES	POR DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene áreas de amenaza alta por inundaciones, tanto por desbordamiento de cauce natural, como por deficiencia de drenaje o alcantarillado.
AMENAZA INCENDIOS	POR DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene amenaza baja, moderada y alta por incendios estructurales y amenaza moderada a alta y alta por incendios superficiales.

**Tabla 4.1 Información Cartográfica del POT (Continuación).**

TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
ZONAS DE ALTO RIESGO GEOLOGICO	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene zonas de alto riesgo, producto de análisis cualitativo por solapamiento de mapas de amenaza y la infraestructura existente.
ESTRATIFICACION SOCIOECONOMICA	DWG	LINEA	BOGOTA	Contiene la zonificación de estrato 1, estrato 2, estrato 3, estrato 4, respectivamente.
ACUEDUCTO CABECERA MUNICIPAL.	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene las áreas de distribución clasificadas en zona 1,2,3,4,5, áreas de reposición propuestas clasificadas en zona prioridad 1,zona prioridad 2 y áreas de expansión de redes zona prioridad 1,zona prioridad 2.
ALCANTARILLADO CABECERA MUNICIPAL	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene zonas de influencia por área de descarga de aguas residuales, clasificadas por microcuenca quebrada san José, microcuenca quebrada Saldaña o popal y áreas de reposición de redes.
DISEÑO RED DE GAS CABECERA MUNICIPAL	DWG	LINEA	BOGOTA	Contiene las características de los tipos de tuberías.
	DWG	POLIGONO	BOGOTA	
	DWG	POLIGONO	BOGOTA	
EQUIPAMIENTO URBANO EQUIPAMIENTO URBANO	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene infraestructura de industria, zonas verdes, cementerios, educación, recreación entre otras.
CLASIFICACION DEL SUELO CABECERA MUNICIPAL	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene suelo de protección, suelo desarrollado, suelo para desarrollo y patrimonio arquitectónico y cultural.
DIVISION POLITICO URBANA CABECERA MUNICIPAL	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene numero de barrio / asentamiento, situación y mapa plan.
MAPA DE APTITUD PARA LA CONSTRUCCION	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación de la aptitud en media, baja, aceptable con restricciones, y aceptable.
MAPA DE TRATAMIENTOS CABECERA MUNICIPAL	DWG	POLIGONO	BOGOTA	contiene la clasificación y el tipo de tratamiento para cada zona.
INFRAESTRUCTURA VIAL PROYECTADA	DWG	LINEA	BOGOTA	Contiene proyectos de obras públicas, proyectos planteados P.B.O.T., otros proyectos y propuestas vía inter-regional.
ASOCIACIONES DE SUELO	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene las unidades climáticas, unidades cartográficas, conjuntos, fases y áreas.
USO ACTUAL	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación del uso del suelo actual con sus áreas asociadas.

**Tabla 4.1 Información Cartográfica del POT (Continuación).**

TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
USO POTENCIAL	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene las clases de tierras divididas en tierras cultivables, tierras para praderas, tierras forestales, tierras para reserva natural r , zona poblada y sus respectivas áreas.
CONFLICTO POR USO	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación del conflicto en alto, moderado, en equilibrio.
AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación de la amenaza en muy alta, alta, moderada y baja.
GRADO DE EROSION	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene los grados de erosión clasificados muy severo, severo, moderado, ligero, sin o con erosión natural y zona poblada.
AMENAZA POR INUNDACIONES	DWG	POLIGONO	BOGOTA	contiene las zonas con amenaza alta
UNIDADES CLIMATICAS	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene las unidades climáticas divididas en cálido, medio, frío, muy frío, paramo y su ámbito de elevación en metros sobre el nivel del mar.
PROVINCIAS DE HUMEDAD	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación de las provincias en superhúmedo, perhúmedo, húmedo y su rango r/n ettp/ppa.
ISOLINEAS DE PRECIPITACION MEDIA	DWG	LINEA	BOGOTA	Contiene las isolíneas de precipitación media.
SISTEMAS HIDROGRAFICOS	DWG	LINEA	BOGOTA	Contiene cuenca hidrográfica y subcuenca hidrográfica.
GEOLOGICO ESTRUCTURAL	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene depósitos y rocas sedimentarias, rocas ígneas, rocas metamórficas, minerales metálicos y no metálicos, fallas, lineamiento, entre otras.
GEOMORFOLOGICO Y DE PROCESOS EROSIVOS	DWG	POLIGONO	BOGOTA	contiene unidades geomorfológicas qab, qra, c2, c3a, c4a, c5, c6a,c7, mppg, mfg, mg.
AMENAZA DE INCENDIOS FORESTALES Y DE LADERAS	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación de la amenaza en muy alta, alta, media y baja.
VULNERABILIDAD DE INCENDIOS FORESTALES Y DE LADERAS	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación de la vulnerabilidad muy alta, alta, media y baja.
RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES Y DE LADERAS FORESTALES Y DE LADERAS	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene la clasificación del riesgo en muy alto, alto, medio y bajo.
ESTADO DE VIAS	DWG	LINEA	BOGOTA	Contiene la clasificación de las vías buen estado, regular estado, mal estado.
EQUIPAMIENTO RURAL	DWG	PUNTO	BOGOTA	contiene el equipamiento rural como por ejemplo iglesia, puesto de salud, cementerio etc.
SISTEMAS DE PRODUCCION	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene c-u, mb-a, mb-m, mb-mex, r-i, r-m, mb-ad, mb-ex, mb-i.

**Tabla 4.1 Información Cartográfica del POT (Continuación).**

TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
PROPUESTA AMBIENTAL DE CLASIFICACION DEL SUELO	DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene las clases de tierras divididas en tierras productoras, tierras protectoras productoras, tierras protectoras y zona poblada.
OFERTA ZONIFICACION AMBIENTAL	DE DWG	POLIGONO	BOGOTA	Contiene las clases de tierras divididas en tierras cultivables, tierras para praderas, tierras forestales, tierras para reserva natural, zona poblada.

**Tabla 4.2 Información cartográfica Básica CVC.**

PLANCHA	TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
243IIIC1D	c4201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: árbol, planta perenne de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo.
243IIIC1D	c3420	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: poste, pilar de hierro o de hormigón colocado verticalmente para servir de apoyo o señal.
243IIIC1D	c5124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Drenaje sencillo, corriente de agua continua que va a desembocar en otra. incluye ríos, quebradas, arroyos, etc.
243IIIC1D	c5128	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Jaguey (aljibe).
243IIIC1D	c6101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Curva de nivel, línea imaginaria que une puntos del terreno que tienen la misma altura con respecto al nivel del mar.
243IIIC1D	c3414	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Red de alta tensión, elemento metálico que permite la conducción de energía eléctrica de alto voltaje.
243IIIC1D	c3411	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: puente, construcción que permite a vehículos, ferrocarriles o peatones, el paso o cruce de los ríos, pozos, vías u otros similares.
243IIIC1D	c3125	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC1D	c3124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC1D	c3121	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC1D	c3108	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC1D	c3102	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC1D	c2311	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: cerca, obstáculo o barrera que se coloca en un terreno para delimitarlo, protegerlo o aislarlo.
243IIIC1D	c2310	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: muro, estructura permanente que sirve como elemento de contención o de reparación.
243IIIC1D	c1001	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	grilla
243IIIC1D	c5101	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: drenaje doble, corriente de agua continua, más o menos caudalosa, que va a desembocar en otra o en el mar, incluye ríos y quebradas.
243IIIC1D	c5112	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: laguna, depósito natural de agua generalmente dulce y de poca profundidad.
243IIIC1D	c4107	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: bosque, área extensa cubierta de árboles perennes que muestran alturas mayores a 3mts. y densidad mayor del 50%.
243IIIC1D	c3120	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: separador, obra civil que separa las calzadas de una vía.
243IIIC1D	c2341	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: tanque, depósito que sirve para almacenar agua u otros líquidos y gases.

**Tabla 4.2 Información cartográfica Básica CVC (Continuación)**

PLANCHA	TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
243IIIC1D	c2301	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: edificación (unidad de construcción), construcción consolidada de carácter permanente destinada a proteger contra la intemperie a personas, animales o bienes.
243IIIC1D	c2110	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: manzana, espacio geográfico donde se ubica un conjunto de predios urbanos delimitados generalmente por espacio público.
243IIIC2C	c3420	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: poste, pilar de hierro o de hormigón colocado verticalmente para servir de apoyo o señal.
243IIIC2C	c4201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: árbol, planta perenne de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo.
243IIIC2C	c6101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Curva de nivel, línea imaginaria que une puntos del terreno que tienen la misma altura con respecto al nivel del mar.
243IIIC2C	c1001	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	grilla
243IIIC2C	c2124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC2C	c2311	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: cerca, obstáculo o barrera que se coloca en un terreno para delimitarlo, protegerlo o aislarlo.
243IIIC2C	c3101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC2C	c3102	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC2C	c3108	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC2C	c3121	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC2C	c3124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC2C	c3411	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: puente, construcción que permite a vehículos, ferrocarriles o peatones, el paso o cruce de los ríos, pozos, vías u otros similares.
243IIIC2C	c5124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Drenaje sencillo, corriente de agua continua que va a desembocar en otra. incluye ríos, quebradas, arroyos, etc.
243IIIC2C	c2301	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: edificación (unidad de construcción), construcción consolidada de carácter permanente destinada a proteger contra la intemperie a personas, animales o bienes.
243IIIC2C	c2307	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: zona deportiva, zona destinada a la práctica de deportes.
243IIIC2C	c2341	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: tanque, depósito que sirve para almacenar agua u otros líquidos y gases.
243IIIC2C	c4107	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: bosque, área extensa cubierta de arboles perennes que muestran alturas mayores a 3mts. y densidad mayor del 50%.
243IIIC2C	c5112	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: laguna, depósito natural de agua generalmente dulce y de poca profundidad.
243IIIC3B	c3420	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: poste, pilar de hierro o de hormigón colocado verticalmente para servir de apoyo o señal.
243IIIC3B	c4201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: árbol, planta perenne de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo.
243IIIC3B	c6101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Curva de nivel, línea imaginaria que une puntos del terreno que tienen la misma altura con respecto al nivel del mar.

**Tabla 4.2 Información cartográfica Básica CVC (Continuación)**

PLANCHA	TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
243IIC3B	c1001	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	grilla
243IIC3B	c2110	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: manzana, espacio geográfico donde se ubica un conjunto de predios urbanos delimitados generalmente por espacio público.
243IIC3B	c2310	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: muro, estructura permanente que sirve como elemento de contención o de reparación.
243IIC3B	c2311	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: cerca, obstáculo o barrera que se coloca en un terreno para delimitarlo, protegerlo o aislarlo.
243IIC3B	c3102	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC3B	c3108	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC3B	c3109	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC3B	c3121	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC3B	c3124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC3B	c3125	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC3B	c3411	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: puente, construcción que permite a vehículos, ferrocarriles o peatones, el paso o cruce de los ríos, pozos, vías u otros similares.
243IIC3B	c3414	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Red de alta tensión, elemento metálico que permite la conducción de energía eléctrica de alto voltaje.
243IIC3B	c5103	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Canal sencillo, cauce mediante el cual se conduce el agua para riegos y otros afines.
243IIC3B	c5124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Drenaje sencillo, corriente de agua continua que va a desembocar en otra. incluye ríos, quebradas, arroyos, etc.
243IIC3B	c2301	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: edificación (unidad de construcción), construcción consolidada de carácter permanente destinada a proteger contra la intemperie a personas, animales o bienes.
243IIC3B	c2307	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: zona deportiva, zona destinada a la práctica de deportes.
243IIC3B	c2309	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: parque, área destinada al esparcimiento y la recreación.
243IIC3B	c2330	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: área sin construir, terreno sin construir, con acceso a una o más zonas de uso público o comunal.
243IIC3B	c2332	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: limite de manzana, área dentro de un trazado urbano, delimitado por el sardinel de la vía.
243IIC3B	c2339	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: piscina, depósito de agua utilizado para la práctica de natación y la recreación.
243IIC3B	c3120	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: separador, obra civil que separa las calzadas de una vía.
243IIC3B	c4107	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: bosque, área extensa cubierta de arboles perennes que muestran alturas mayores a 3mts. y densidad mayor del 50%.
243IIC3B	c5101	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: drenaje doble, corriente de agua continua, más o menos caudalosa, que va a desembocar en otra o en el mar, incluye ríos y quebradas.
243IIC3B	c5114	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: pantano, terreno ocupado por una capa de agua estancada, generalmente superficial e invadido de vegetación acuática.

**Tabla 4.2 Información cartográfica Básica CVC (Continuación)**

PLANCHA	TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
243IIIC3D	c1001	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Grilla
243IIIC3D	c1201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: punto de aerotriangulación, punto foto identificable al cual se le han establecido coordenadas instrumentales en el proceso de densificación del control existente.
243IIIC3D	c1999	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	anotaciones
243IIIC3D	c2301	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: edificación (unidad de construcción), construcción consolidada de carácter permanente destinada a proteger contra la intemperie a personas, animales o bienes.
243IIIC3D	c2310	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: muro, estructura permanente que sirve como elemento de contención o de reparación.
243IIIC3D	c2311	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: cerca, obstáculo o barrera que se coloca en un terreno para delimitarlo, protegerlo o aislarlo.
243IIIC3D	c3102	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC3D	c3108	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC3D	c3121	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC3D	c3124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC3D	c3420	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: poste, pilar de hierro o de hormigón colocado verticalmente para servir de apoyo o señal.
243IIIC3D	c4107	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: bosque, área extensa cubierta de árboles perennes que muestran alturas mayores a 3mts. y densidad mayor del 50%.
243IIIC3D	c4201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: árbol, planta perenne de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo.
243IIIC3D	c5101	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: drenaje doble, corriente de agua continua, más o menos caudalosa, que va a desembocar en otra o en el mar, incluye ríos y quebradas.
243IIIC3D	c5103	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Canal sencillo, cauce mediante el cual se conduce el agua para riegos y otros afines.
243IIIC3D	c5124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Drenaje sencillo, corriente de agua continua que va a desembocar en otra. incluye ríos, quebradas, arroyos, etc.
243IIIC3D	c5128	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Jaguey (aljibe).
243IIIC3D	c6101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Curva de nivel, línea imaginaria que une puntos del terreno que tienen la misma altura con respecto al nivel del mar.
243IIIC4A	c1001	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	grilla
243IIIC4A	c1002	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	
243IIIC4A	c1103	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: punto estereoscópico, punto foto identificable cuyas coordenadas han sido determinadas en terreno, para hacer ajustes fotogramétricos.
243IIIC4A	c1201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: punto de aerotriangulación, punto foto identificable al cual se le han establecido coordenadas instrumentales en el proceso de densificación del control existente.
243IIIC4A	c1202	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: punto de cota fotogramétrica, punto identificable cuya altura se ha determinado en un instrumento de restitución por medio de lectura directa.

**Tabla 4.2 Información cartográfica Básica CVC (Continuación)**

PLANCHA	TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
243IIC4A	c1999	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	anotaciones
243IIC4A	c2110	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: manzana, espacio geográfico donde se ubica un conjunto de predios urbanos delimitados generalmente por espacio público.
243IIC4A	c2301	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: edificación (unidad de construcción), construcción consolidada de carácter permanente destinada a proteger contra la intemperie a personas, animales o bienes.
243IIC4A	c2307	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: zona deportiva, zona destinada a la práctica de deportes.
243IIC4A	c2310	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: muro, estructura permanente que sirve como elemento de contención o de reparación.
243IIC4A	c2311	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: cerca, obstáculo o barrera que se coloca en un terreno para delimitarlo, protegerlo o aislarlo.
243IIC4A	c2330	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: área sin construir, terreno sin construir, con acceso a una o más zonas de uso público o comunal.
243IIC4A	c2332	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: limite de manzana, área dentro de un trazado urbano, delimitado por el sardinel de la vía.
243IIC4A	c2339	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: piscina, depósito de agua utilizado para la práctica de natación y la recreación.
243IIC4A	c2341	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: tanque, depósito que sirve para almacenar agua u otros líquidos y gases.
243IIC4A	c3101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC4A	c3102	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC4A	c3108	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC4A	c3121	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC4A	c3124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC4A	c3125	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIC4A	c3411	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: puente, construcción que permite a vehículos, ferrocarriles o peatones, el paso o cruce de los ríos, pozos, vías u otros similares.
243IIC4A	c3420	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: poste, pilar de hierro o de hormigón colocado verticalmente para servir de apoyo o señal.
243IIC4A	c4107	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: bosque, área extensa cubierta de arboles perennes que muestran alturas mayores a 3mts. y densidad mayor del 50%.
243IIC4A	c4201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: árbol, planta perenne de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo.
243IIC4A	c5103	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Canal sencillo, cauce mediante el cual se conduce el agua para riegos y otros afines.
243IIC4A	c5112	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: laguna, depósito natural de agua generalmente dulce y de poca profundidad.
243IIC4A	c5114	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: pantano, terreno ocupado por una capa de agua estancada, generalmente superficial e invadido de vegetación acuática.

**Tabla 4.2 Información cartográfica Básica CVC (Continuación)**

PLANCHA	TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
243IIIC4A	c5124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Drenaje sencillo, corriente de agua continua que va a desembocar en otra. incluye ríos, quebradas, arroyos, etc.
243IIIC4A	c6101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Curva de nivel, línea imaginaria que une puntos del terreno que tienen la misma altura con respecto al nivel del mar.
243IIIC4C	c1001	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	grilla
243IIIC4C	c1103	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: punto estereoscópico, punto foto identificable cuyas coordenadas han sido determinadas en terreno, para hacer ajustes fotogramétricos.
243IIIC4C	c1201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: punto de aerotriangulación, punto foto identificable al cual se le han establecido coordenadas instrumentales en el proceso de densificación del control existente.
243IIIC4C	c1999	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	anotaciones
243IIIC4C	c2301	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: edificación (unidad de construcción), construcción consolidada de carácter permanente destinada a proteger contra la intemperie a personas, animales o bienes.
243IIIC4C	c2310	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: muro, estructura permanente que sirve como elemento de contención o de reparación.
243IIIC4C	c2311	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Objeto: cerca, obstáculo o barrera que se coloca en un terreno para delimitarlo, protegerlo o aislarlo.
243IIIC4C	c2341	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: tanque, depósito que sirve para almacenar agua u otros líquidos y gases.
243IIIC4C	c3102	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC4C	c3108	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC4C	c3124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	
243IIIC4C	c3420	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: poste, pilar de hierro o de hormigón colocado verticalmente para servir de apoyo o señal.
243IIIC4C	c4107	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: bosque, área extensa cubierta de árboles perennes que muestran alturas mayores a 3mts. y densidad mayor del 50%.
243IIIC4C	c4201	Interoperability(E00)	PUNTO	BOGOTA	Objeto: árbol, planta perenne de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo.
243IIIC4C	c5103	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Canal sencillo, cauce mediante el cual se conduce el agua para riegos y otros afines.
243IIIC4C	c5112	Interoperability(E00)	POLIGONO	BOGOTA	Objeto: laguna, depósito natural de agua generalmente dulce y de poca profundidad.
243IIIC4C	c5124	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Drenaje sencillo, corriente de agua continua que va a desembocar en otra. incluye ríos, quebradas, arroyos, etc.
243IIIC4C	c6101	Interoperability(E00)	LINEA	BOGOTA	Curva de nivel, línea imaginaria que une puntos del terreno que tienen la misma altura con respecto al nivel del mar.

**Tabla 4.3 Información cartográfica Geovisor Oficina de Planeación**

PLANCHA	TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
<b>Manzanas</b>	Manzanas	SHAPE	POLIGONO	BOGOTA	Contiene las manzanas para los barrios Tres de Mayo, Concordia, Heracilio, Uribe Uribe, Municipal, Cincuentenario, Cafetero y Monserrate con la numeración catastral suministrada por la oficina de planeación.
<b>Predios</b>	Predios	SHAPE	POLIGONO	BOGOTA	Contiene los predios legales y constituidos en la base catastral de municipio de Sevilla con la numeración catastral por manzana
<b>Toponimia</b>	Toponimia	SHAPE	PUNTO	BOGOTA	Contiene la numeración vial vigente para el casco urbano.

## 4.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y GEOGRÁFICA

La información geográfica y cartográfica generada en el proyecto a través de las diferentes actividades realizadas se estructura conforme a las políticas y estándares establecidos tanto a nivel nacional por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, como por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC.

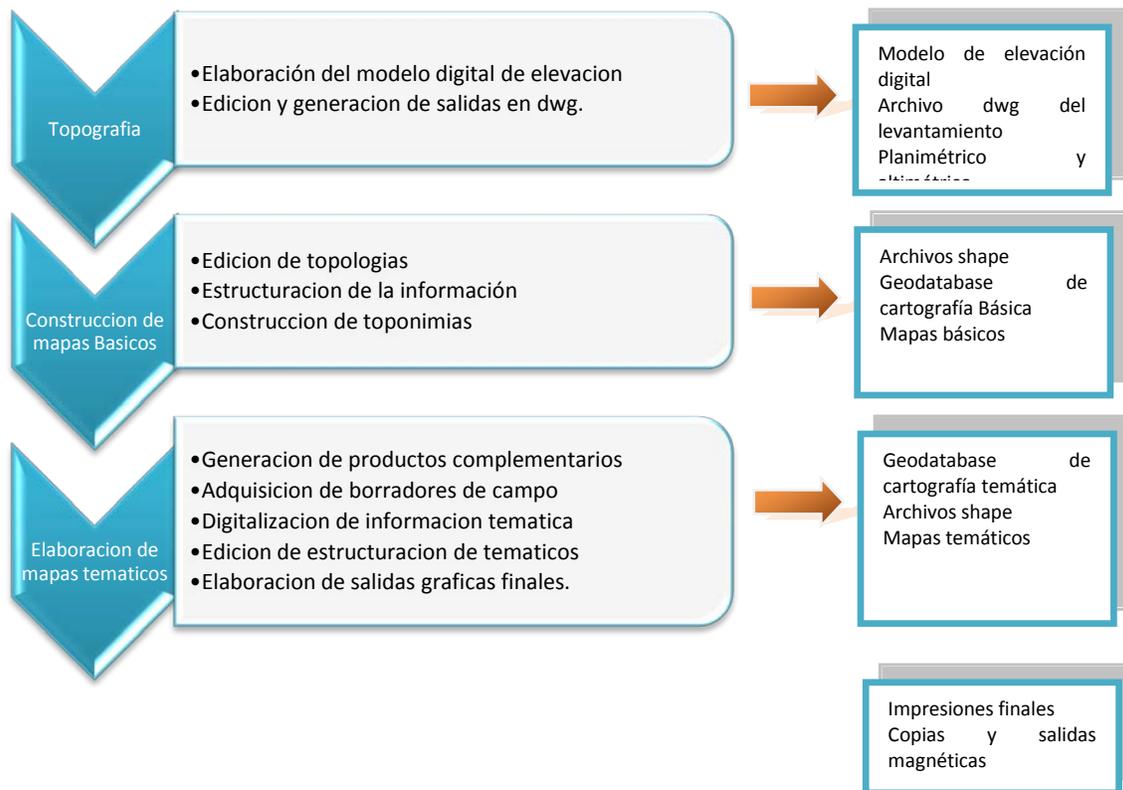
La información cartográfica obtenida y generada en el sistema de referencia con datum Bogotá es migrada al nuevo sistema de Referencia Nacional MAGNA, conforme a la política nacional se utiliza el modelo Molodensky Badekas y los parámetros de transformación de la región VI.

**Tabla 4.4 Información cartográfica Geovisor-Oficina de Planeación Municipal**

REFERENCIA ESPACIAL		
<i>Sistema de Coordenadas</i>	Coordenadas Planas	
<i>Proyección Cartográfica</i>	Gauss - Kruger origen Oeste	
<i>Red Geodesica de Apoyo</i>	Red Magna	
<i>Parámetros</i>	Longitud del Meridiano Central	77° 04' 39.03"
	Latitud de Origen de Proyección	4° 35' 46.32"
	Falso Este	1'000.000
	Falso Norte	1'000.000
	Factor de Escala	1
	Elipsoide	GRS80
	Datum Vertical	Buenaventura

### 4.3 GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA

En el presente trabajo se ha establecido un flujo de procesos que parten de la captura de información primaria a través de levantamientos topográficos y levantamientos de los profesionales de diferentes grupos como historicidad, geología, geotecnia e hidrología, toda esta información se integra para su posterior edición y estructuración SIG para finalmente obtener los mapas temáticos con las especificaciones solicitadas por la CVC. En la siguiente figura se muestra a través del diagrama de flujo aquellos procesos y productos cartográficos que se desarrollan en el proyecto (Figura 4.1).



*Figura 4.1* Diagrama de flujo del proceso de generación de cartografía.

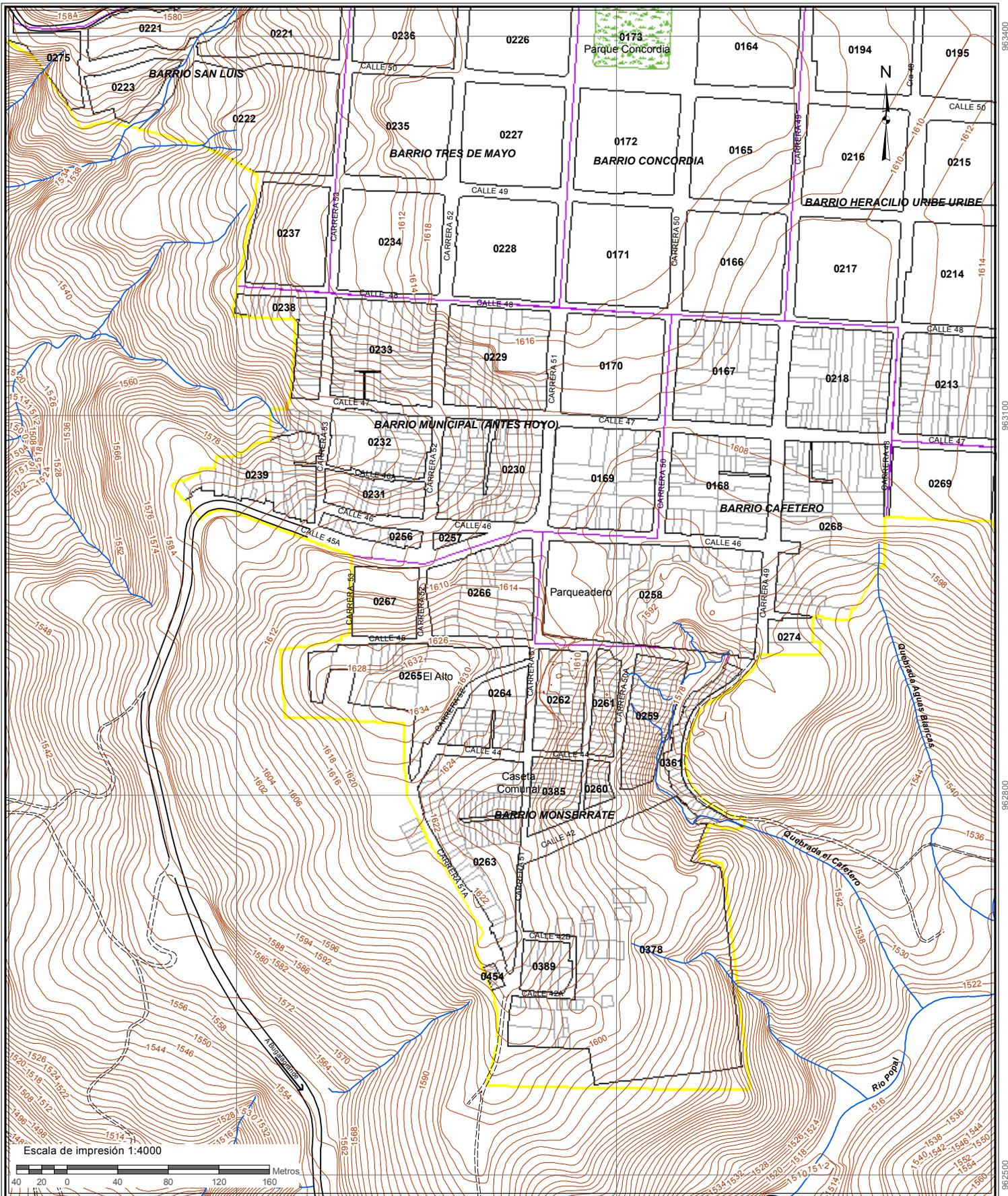
#### 4.3.1 Mapa Básico

El mapa básico de los barrios Cafetero y Monserrate de la zona urbana del municipio de Sevilla se presenta a escala de impresión 1:1000 y se realizó a partir de la información secundaria cartográfica a escala 1:200, 1:2.000 y 1:5.000, la información primaria que se encuentra contenida en el área de estudio fue generada producto de un levantamiento topográfico detallado a escala 1:200 y la información georeferenciada que se encuentra alrededor de la misma fue tomada a partir de las planchas a escala 1:5000 del IGAC. Para la generación de las curvas de nivel se integraron los puntos topográficos (cogo) generados a partir de los levantamientos topográficos realizados en el área de estudio y las curvas de

nivel a escala 1:5.000 de CVC, esto con el propósito de generar el modelo digital a resolución espacial de 0.5 m, el cual a su vez nos permitió generar curvas de nivel cada 0.5 metros representadas en el mapa básico cada 2 metros.



**Figura 4.2** Modelo cartográfico para generar el mapa básico.



963400  
963100  
962800  
962500

**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Predios
- Parques
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino
- ~ Drenaje sencillo
- ~ Curva De Nivel



**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 4.1**  
**BÁSICO BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### 4.3.2 Mapa Geológico

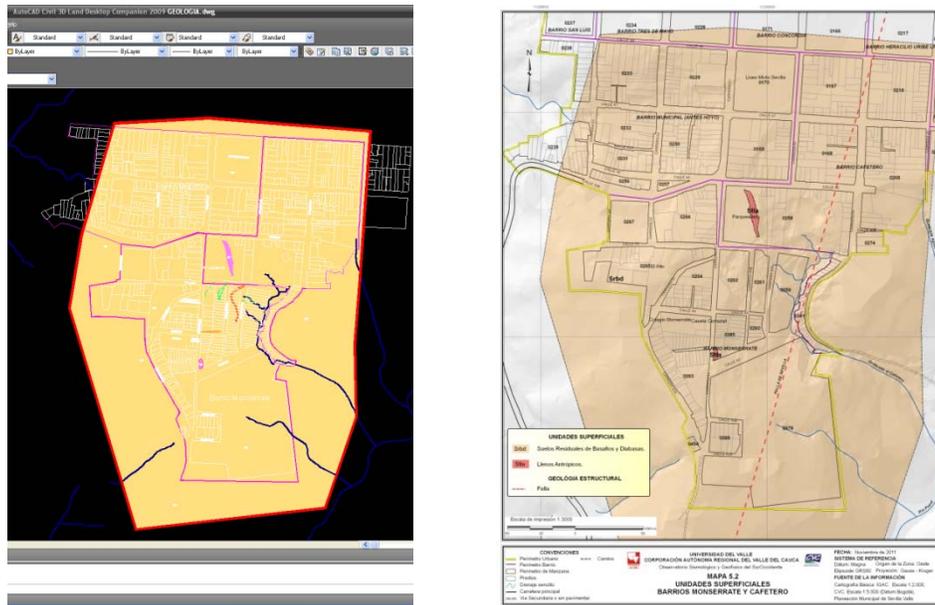
Este mapa ha sido elaborado incluyendo las unidades geológicas identificadas por el grupo de geología, la representación geométrica de ésta temática se realizó a partir de la conversión y edición de la cartografía digital en formato dwg que posteriormente fue transformada a formato shape (shp) realizada por este grupo, a esta información georeferenciada se le hizo control topológico de Gaps y Overlaps necesarios para asegurar la calidad de las entidades geométricas, posterior a ello realizar la asignación de atributos, producto del trabajo de campo y fotointerpretación de fotografías aéreas disponibles del año 2005 (IGAC) y modelo digital de elevación de 0.5 metros de resolución. Este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica a escala 1:200 (topografía) e impreso a escala 1:1.000 por ser la escala del trabajo de campo.



Figura 4.3 Elaboración del mapa geológico.

### 4.3.3 Mapa de unidades superficiales

Con base en el mapa geológico el grupo de geología establece las unidades geológicas superficiales dentro de las cuales se identifican suelo residual de basaltos y diabasas, y suelos de llenos antrópicos, los cuales coinciden con las unidades geológicas identificadas previamente. Este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica a escala 1:2.000 e impreso a escala 1:1.000 por ser la escala del trabajo de campo.



*Figura 4.4 Elaboración del mapa de unidades superficiales.*

#### 4.3.4 Mapa Geomorfológico y Morfodinámico

Partiendo de la compilación realizada por el grupo de geología de la información de interés sobre deslizamientos, erosión, reptación entre otros; este grupo realizó la fotointerpretación de los procesos morfodinámicos y su verificación con trabajo de campo realizando la cartografía de ésta temática, integrando estos procesos a las unidades geomorfológicas identificadas por el grupo de geología. Al igual que el mapa de geología a la cartografía se le hace edición y control topológico para tener una mayor precisión de la información georeferenciada. Este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica a escala 1:200 (topografía) e impreso a escala 1:1.000 por ser la escala del trabajo de campo.

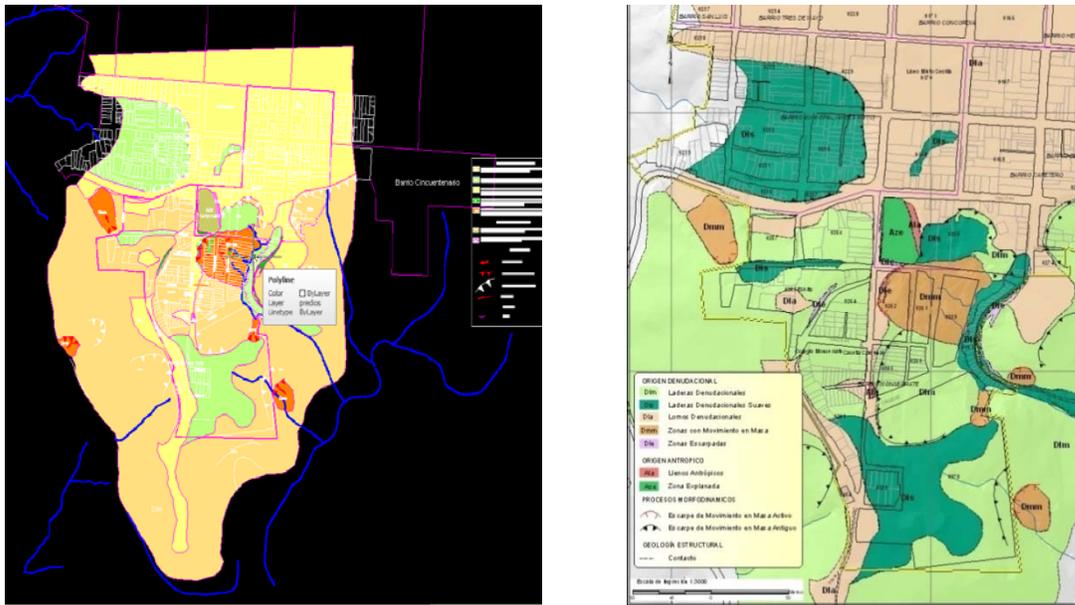


Figura 4.5 Elaboración del mapa de geomorfología.

#### 4.3.5 Mapa de Cobertura de Uso

Este mapa es el producto del trabajo de campo del grupo de Hidrología, la representación georeferenciada se tomó a partir de la digitalización de los mapas realizados a escala 1:3000, en estos mapas se utilizó la información catastral suministrada por la oficina de planeación de Sevilla y se adjuntaron zonas a partir de los levantamientos de campo que habían sido ocupadas para afinar y precisar más el análisis de los usos del uso y cobertura. Cabe anotar que en este estudio se digitalizó la información correspondiente a los barrios Monserrate y Cafetero e información del barrio municipal y zona rural para que esta cartografía sirviera como insumo importante en los análisis de vulnerabilidad. Este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica digital a escala 1:200.



Figura 4.6 Elaboración del mapa de cobertura de uso

#### 4.3.6 Mapa de Uso de Suelo Urbano

Al igual que el mapa de cobertura de uso, para la generación de la cartografía de uso se tomó el trabajo de campo realizado por el grupo de hidrología y se procedió a digitalizar esta información en el sistema de referencia magna sobre la cartografía digital a escala 1:200 (topografía), luego se hizo control de topología para posteriormente generar estos usos a nivel predio y ser impresos a escala 1:1.000.

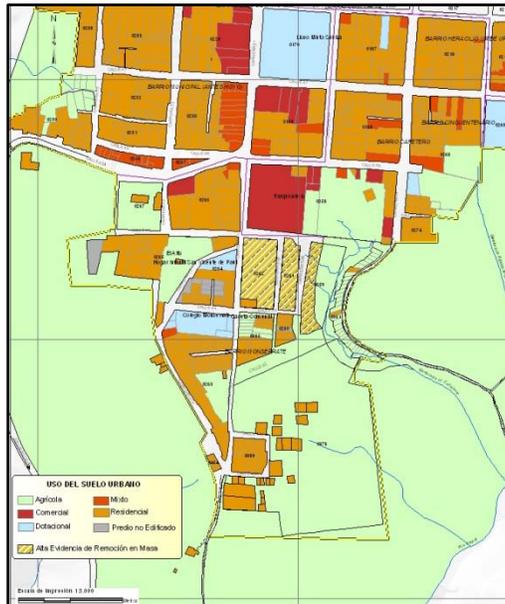


Figura 4.7 Elaboración del mapa de uso del suelo

#### **4.3.7 Mapa de isoyetas mensuales multianuales y Precipitación máxima con periodos de 24, 48 y 72 horas**

Para la generación de esta temática, el grupo de Hidrología recopiló la información necesaria de las estaciones, las cuales se encontraban en coordenadas geográficas, y fue necesario hacer la conversión a coordenadas planas, tomando como Dátum de coordenadas geográficas el de Bogotá y origen de proyección el Oeste.

Con la información compilada, el grupo de hidrología generó las isoyetas mensuales, anual e isolíneas con valores de precipitación máxima de períodos de 24, 48 y 72 horas, cada uno con tasas de retorno de 10, 30 y 50 años en el sistema de referencia magna, esta información fue generada como geometría de tipo línea y fue necesario generar entidades con geometría de tipo polígono para representar regiones con promedio de precipitación entre isolíneas.

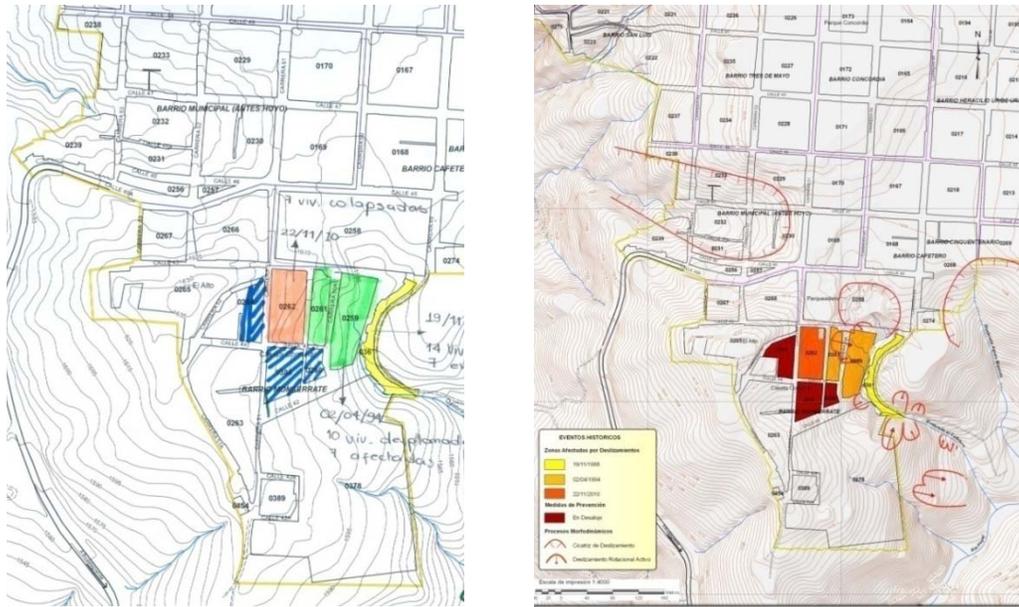
Las isolíneas de precipitación máxima cubren toda la cabecera municipal de Sevilla, de manera que se extrajeron las correspondientes al área de estudio de los barrios Monserrate y cafetera con una un área de influencia aproximada de 300 metros.

Los mapas de isoyetas mensuales y anual se realizaron sobre la base cartográfica previamente migrada al dátum Magna e impresos a escala 1:4.000.

Los mapas de precipitaciones máximas de 24, 48 y 72 horas se presentan por período con las tasas de retorno de 10, 30 y 50 años en tamaño doble carta a escala 1:10.000, en el sistema de referencia Magna.

#### **4.3.8 Mapa de Eventos Históricos**

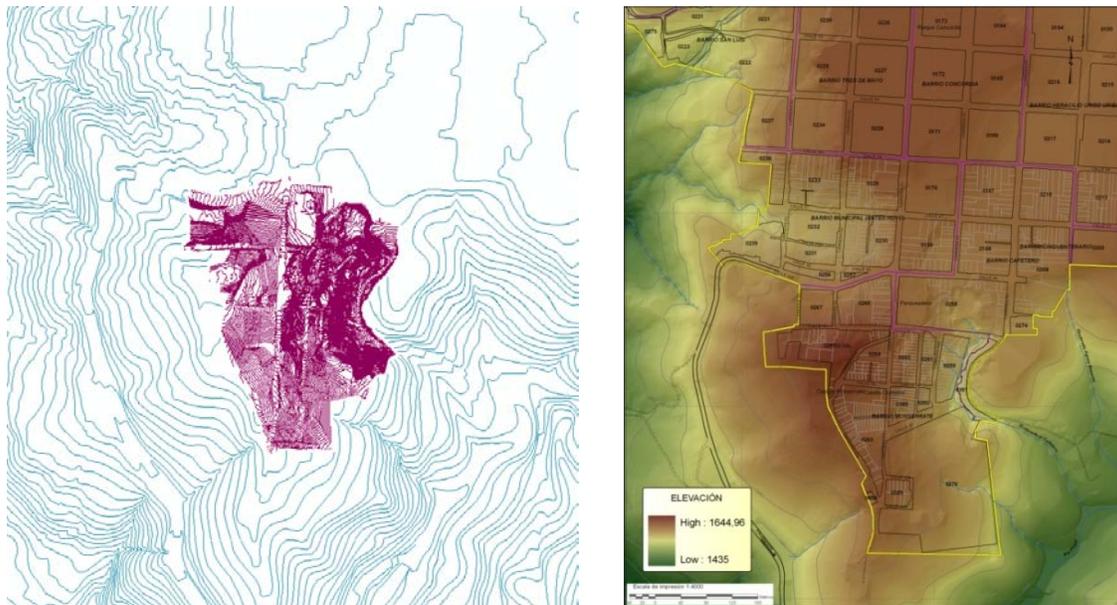
Este mapa contiene los sitios identificados por el grupo de historicidad, en los cuales se tiene evidencias y registros de zonas afectadas por deslizamientos en diferentes épocas, también se muestran aquellas manzanas que por medidas de prevención del gobierno local se han declarado como aéreas en desalojo. Se evidencia algunos elementos que hacen parte de procesos morfodinámicos y que permiten desarrollar un análisis multitemporal de la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. Este mapa está impreso a escala 1:1.000.



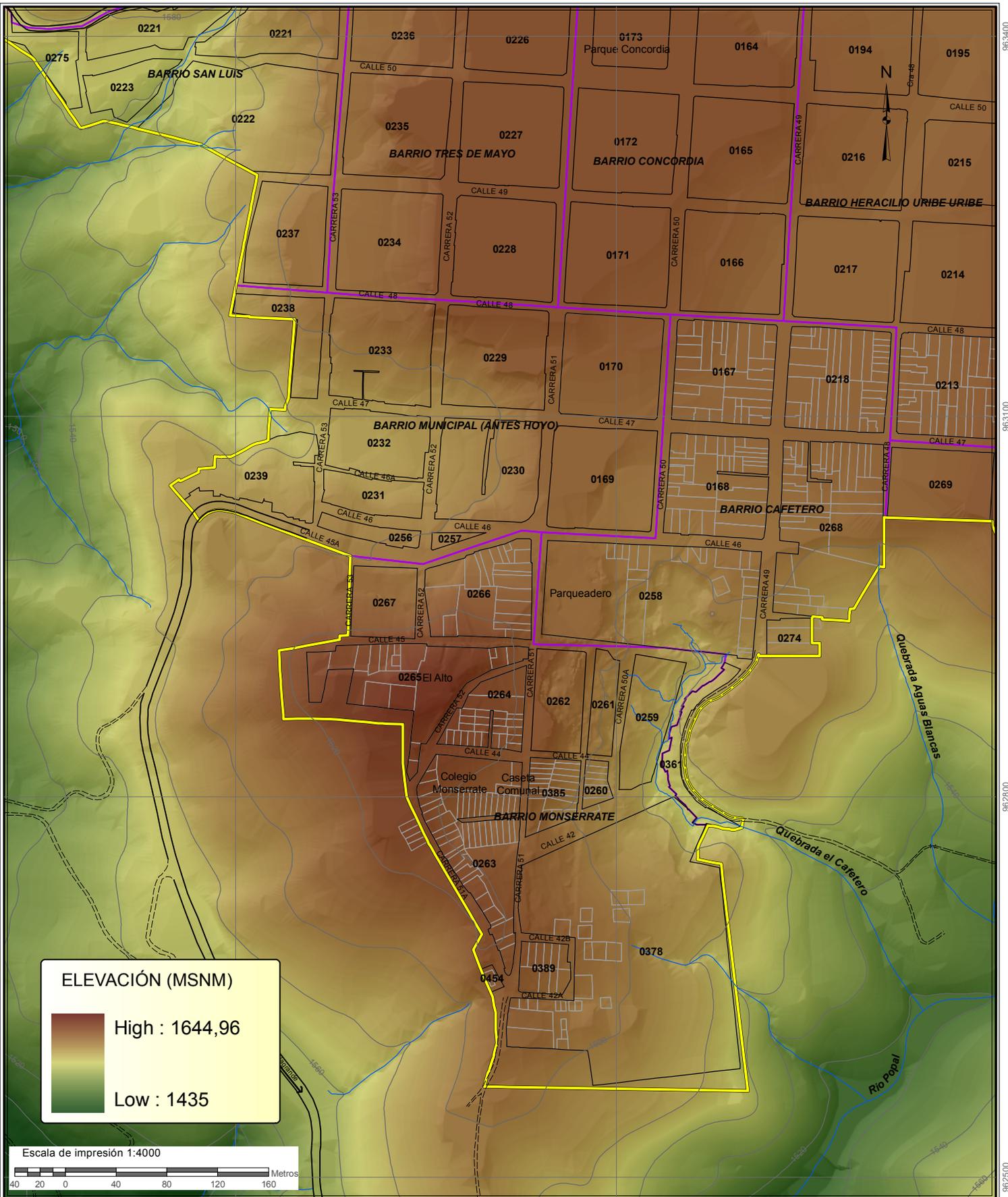
**Figura 4.8** Elaboración del mapa de historicidad

#### 4.3.9 Modelo Digital de Elevación

El modelo digital de elevación que se presenta en el mapa es producto de la integración de las curvas de nivel generadas como producto de los levantamientos topográficos a detalle de la zona de estudio y aéreas de influencia y las curvas de nivel de las planchas 1:5000 de CVC, con resolución de 0.5 metros; este MDE es utilizado como insumo para los grupo de geología y geotecnia para los respectivos análisis para la determinación de la amenaza por fenómenos de movimientos en masa.



**Figura 4.9** Elaboración del modelo de elevación digital

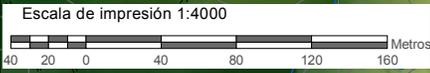


963400  
963100  
962800  
962500

**ELEVACIÓN (MSNM)**

High : 1644,96

Low : 1435



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Parques
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino
  - Drenaje sencillo
  - Curva De Nivel



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**MAPA 4.2**  
**MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

#### 4.3.10 Mapas de Amenaza

Estos mapas contienen las zonas identificadas por el grupo de geotecnia, a las cuales se les asigna diferentes niveles de amenaza según la modelación del terreno ante tres escenarios distintos, tales como:

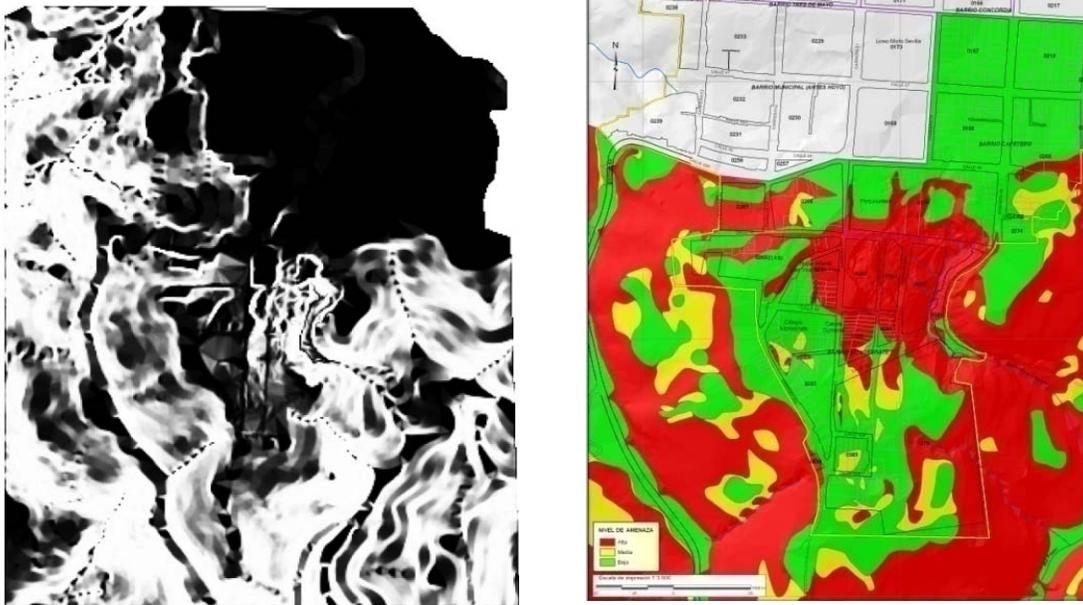
Escenario 1: Sin sismo y saturado

Escenario 2: Con sismo y parcialmente saturado

Escenario 3: Con sismo y saturado

Una vez modelado el terreno, se generan archivos en formato raster que posteriormente se exportaron a formato vectorial para procesos de validación topológica con el objetivo de una mejor caracterización de la zona de estudio.

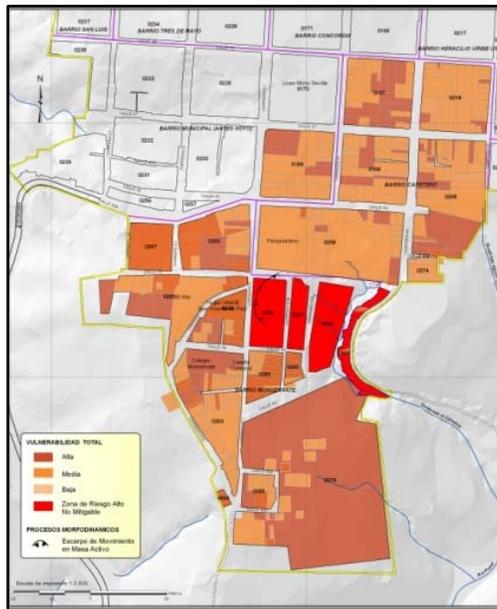
Este mapa está impreso a escala 1:1.000.



*Figura 4.10 Elaboración del mapa de amenaza*

#### 4.3.11 Mapa de Vulnerabilidad

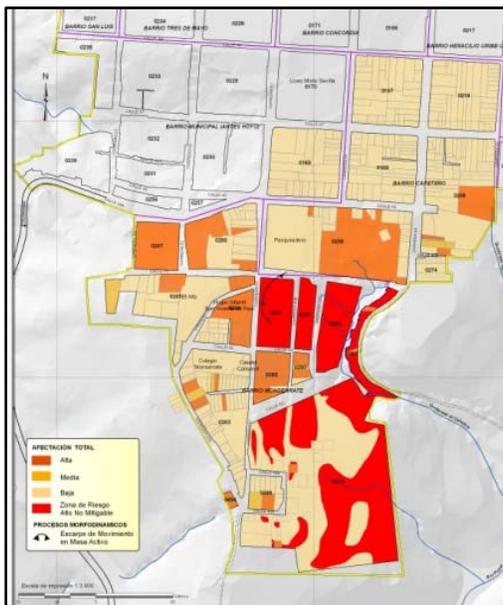
Este mapa contiene los predios de la zona de estudio con su respectivo nivel de vulnerabilidad ante el evento de remoción en masa. Para la generación de este mapa fue necesario realizar la intersección espacial ante la amenaza por remoción para el escenario 3 (escenario más crítico) y los predios, de tal forma que se obtuvieron datos de vulnerabilidad física que fueron sumados a la vulnerabilidad corporal y estructural dando como resultado la vulnerabilidad global por predio como la unidad de estudio. Este mapa está impreso a escala 1:1.000.



*Figura 4.11* Elaboración del mapa de Vulnerabilidad

#### 4.3.12 Mapa de Afectación

Este mapa contiene los predios de la zona de estudio con su respectivo nivel de afectación ante remoción en masa. Este mapa fue generado gracias a la evaluación de la vulnerabilidad global y el nivel de amenaza que poseía cada predio, de tal forma que se logró determinar el nivel de afectación para cada predio en las categorías alta, media y baja. Este mapa está impreso a escala 1:1.000.



*Figura 4.12* Elaboración del mapa de Afectación

## **5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

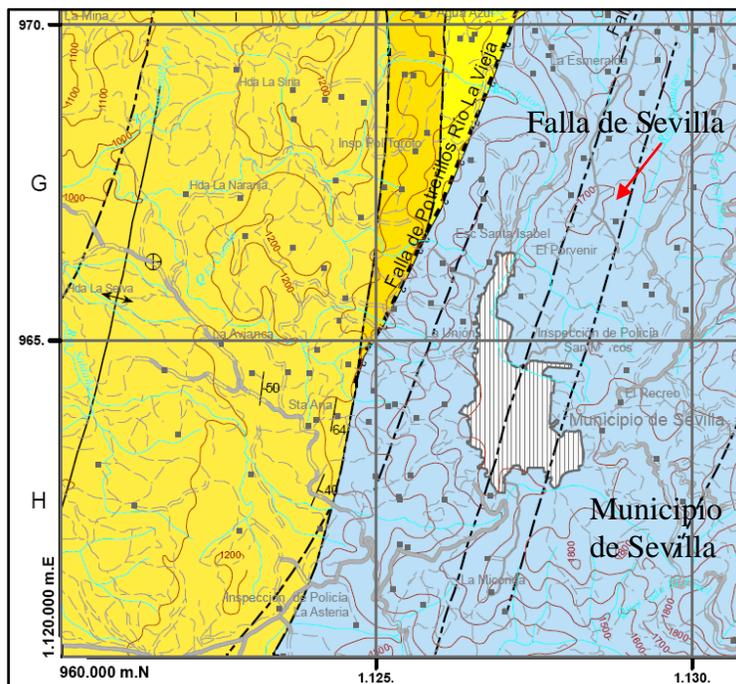
## 5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La topografía del municipio de Sevilla es montañosa con ondulaciones y pequeños escarpes producto de movimientos en masa recientes y antiguos que han modelado los depósitos de cenizas volcánicas y capas gruesas de suelos residuales originados por la meteorización de rocas basálticas.

Los barrios Monserrate y Cafetero se ubican al sur del casco urbano del Municipio de Sevilla, los cuales están siendo afectados por un movimiento de tipo rotacional que ya ha destruido varias viviendas y amenaza con avanzar hacia la parte alta donde existe otra infraestructura (vías, jardín infantil y escuela) y varias viviendas.

### 5.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

En el casco urbano del municipio de Sevilla, localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central, aflora una faja amplia de rocas basálticas que pertenecen a la Formación Amaime. Estas rocas son afectadas por varias fallas que han formado varios sistemas de diaclasas con densidad mayor a 5 por metro, producto de esfuerzos regionales muy intensos (Figura 5.1).



**Figura 5.1** Mapa geológico regional evidencia la amplia distribución de la Formación Amaime (Tomado de la plancha 243 Armenia escala 1:100.000. INGEOMINAS versión Digital 2009).

A continuación se describen las unidades geológicas en la zona de estudio (Mapa 5.1).

### **5.1.1 Formación Amaime (Ka)**

Este nombre fue propuesto para denominar las vulcanitas básicas de edad cretácica que afloran a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central. La unidad consiste en una serie de basaltos toleíticos masivos con abundantes horizontes de lavas almohadilladas ampliamente distribuidos al oriente del departamento del Valle del Cauca. Esta serie volcánica, está limitada en sus costados por fallas regionales de tendencia NNE, se extiende aproximadamente 140 Kilómetros hasta los municipios de Sevilla y Caicedonia al norte del departamento del Valle con un ancho que varía entre 5 y 15 kilómetros y ha desarrollado suelos residuales de varios metros de espesor.

El límite oriental de estas rocas volcánicas corresponde a la falla principal del Sistema de Fallas Cauca- Almaguer que define el borde occidental del cinturón de esquistos paleozoicos.

Se ha interpretado que esta Formación puede hacer parte de una serie discontinua de secuencias oceánicas que ocurren a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central asociadas con la Falla Cauca- Almaguer. Al sur, en el Departamento del Cauca, correspondería con las lavas almohadilladas, picritas, basaltos picríticos (ricos en olivino), tobas y brechas que forman el tope de los complejos ofiolíticos de El Encenillo, Los Azules (Espinosa, 1980) y Lerma.

### **5.1.2 Depósitos cuaternarios movimientos en masa (Qm)**

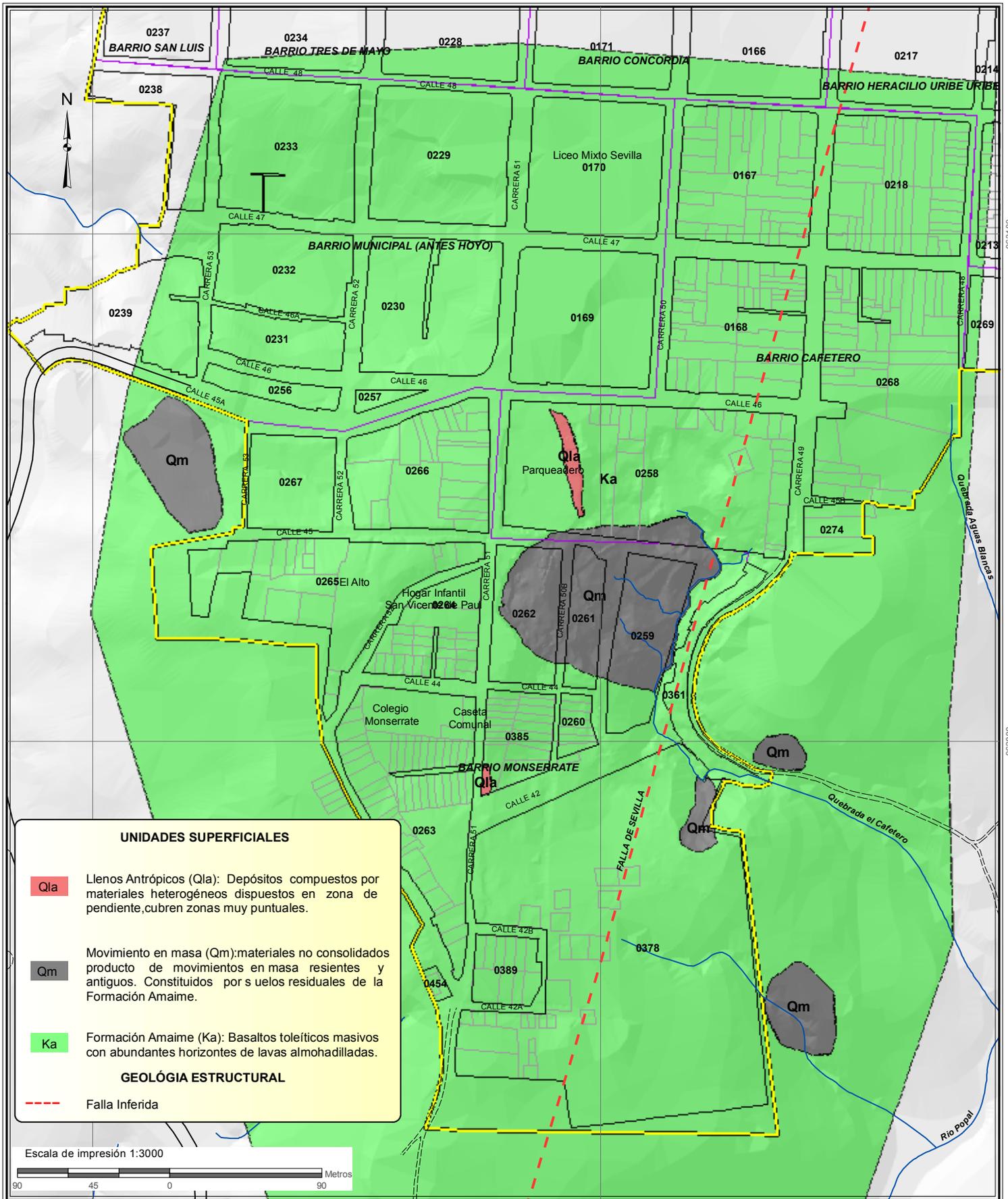
Corresponde a depósitos no consolidados originados por movimientos en masa recientes y antiguos que se han acumulado en zonas de media ladera. Están constituidos por suelos residuales de la formación Amaime; su espesor puede variar entre uno y cinco metros.

### **5.1.3 Depósitos de llenos antrópicos (Qla)**

Corresponde a depósitos no consolidados que han sido formados por el hombre en zonas de media ladera con el fin de adecuar terreno. Están constituidos por materiales de corte, escombros y basuras.

## **5.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

La geología estructural regional es compleja y no ha sido estudiada a detalle, las fallas de mayor importancia que afectan las rocas de la región, corresponde a la Falla de Sevilla cuyo trazo atraviesa el casco urbano en dirección SW-NE. Esta falla ha generado esfuerzos regionales que han fracturado los basaltos de la formación Amaime. La falla de Sevilla tiene una dirección aproximada de N. 45° E, y de acuerdo a los estudios de INGEOMINAS pasa por el barrio Monserrate donde es cubierta por una espesa capa de suelos residuales, y otras fallas que afectan las rocas del sector como la de Quebrada Nueva, que pasa 3 kilómetros al occidente, y las de Caicedonia y Romeral cuyos trazos se han definido aproximadamente a 10 y 15 kilómetros.



**UNIDADES SUPERFICIALES**

- Q1a** Llenos Antrópicos (Q1a): Depósitos compuestos por materiales heterogéneos dispuestos en zona de pendiente, cubren zonas muy puntuales.
- Qm** Movimiento en masa (Qm): materiales no consolidados producto de movimientos en masa recientes y antiguos. Constituidos por suelos residuales de la Formación Amaime.
- Ka** Formación Amaime (Ka): Basaltos toleíticos masivos con abundantes horizontes de lavas almohadilladas.

**GEOLÓGIA ESTRUCTURAL**

- Falla Inferida

Escala de impresión 1:3000



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - ~ Drainaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - === Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
SISTEMA DE REFERENCIA  
Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 5.1  
GEOLÓGICO  
BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### 5.3 GEOLOGÍA LOCAL

La morfología del terreno, estabilidad regional y exposición de las rocas a agentes atmosféricos durante miles de años han dado origen a una espesa cubierta de roca meteorizada y suelo residual, que en algunos sectores del casco urbano puede alcanzar más de 15 m de espesor. Durante el recorrido por el área no se encontraron afloramientos de los basaltos de la Formación Amaime; sin embargo, se observó una espesa capa de suelos residuales generados a partir de basaltos y diabasas que se describe a continuación.

#### 5.3.1 Suelos Residuales de Basaltos y diabasas (Q/srbd)

En los escarpes dejados por movimientos en masa que afectan el barrio Monserrate y Cafetero se observa una espesa capa de suelo residual generado a partir de los basaltos y diabasas de la Formación Amaime, se caracterizan por presentar un color naranja rojizo, textura limo-arcillosa, de consistencia firme; densos y cohesivos producto de la descomposición total de basaltos y diabasas (Foto 5.1). En algunos sectores se alcanzan a observar diques de basaltos muy alterados.



*Foto 5.1 Suelos residuales de los basaltos y diabasas en uno de los Taludes del barrio Monserrate donde se observa el característico color naranja rojizo y el espesor que puede superar los 10 metros.*

En la parte alta de la carrera 51, los suelos residuales están cubiertos por una capa delgada de cenizas volcánicas que al meteorizarse han formado suelos limo-arcillosos (Foto 5.2) de color pardo de hasta 1 metro de espesor observados en el escarpe principal del movimiento. Estas cenizas tienen un espesor variable, que al depositarse se acomodaron a las condiciones topográficas del terreno. También se observan algunos bloques aislados de basaltos en la margen izquierda del caño Aguas Sucias pero no se encontró el afloramiento de donde provienen (Foto 5.3).



*Foto 5.2 Suelos limo arcillosos de color pardo originados a partir de cenizas volcánicas cubriendo la capa de suelos residuales rojizos de la formación Amaime.*



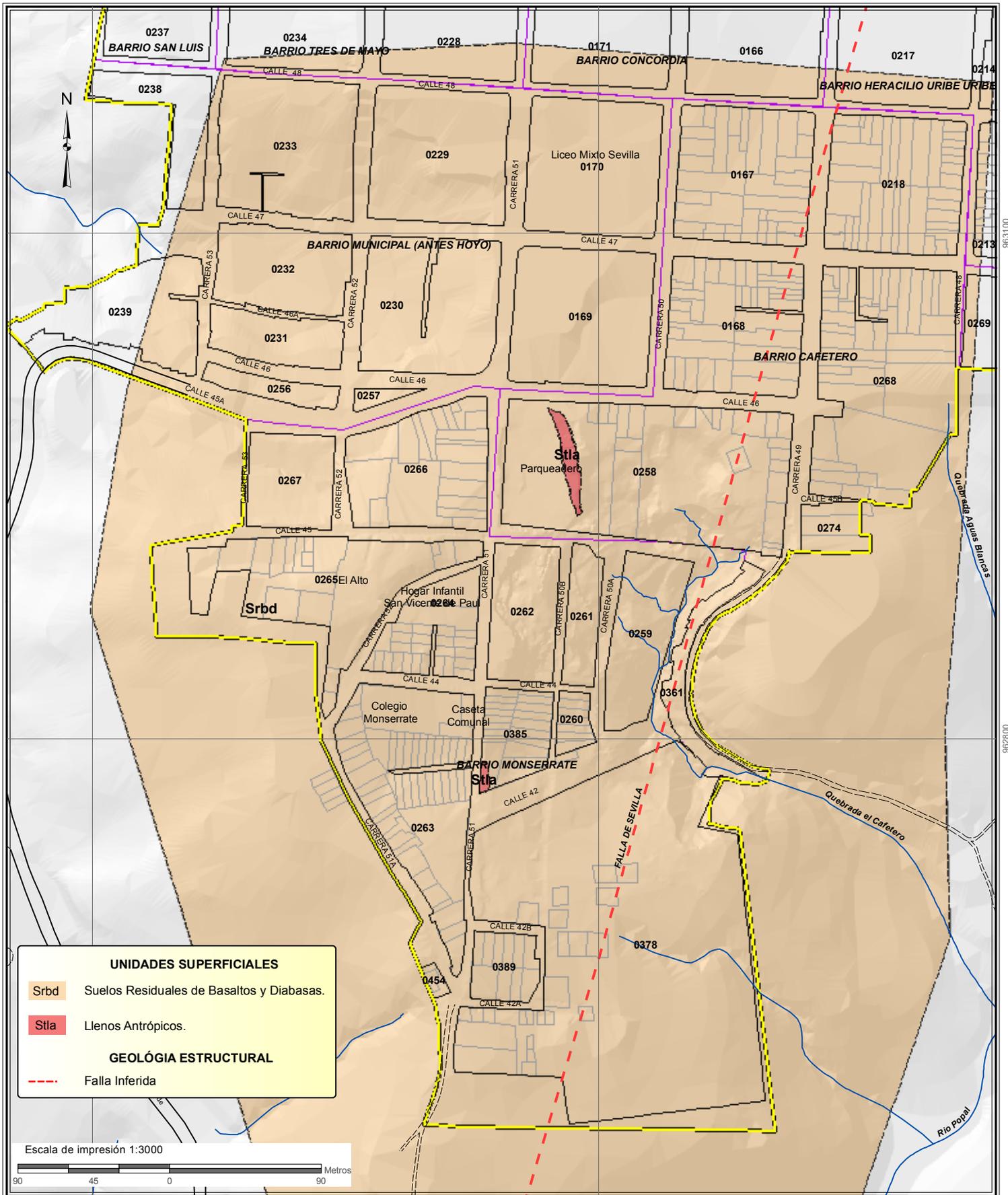
*Foto 5.3 Bloques de basaltos de la Formación Amaime. En la margen izquierda del caño Aguas Negras por la continuación de la carrera 49 hacia el sur*



*Foto 5.4 Basaltos meteorizados de la Formación Amaine y suelos residuales de color naranja rojizo en el cuerpo del deslizamiento del barrio Monserrate*

### **5.3.2 Llenos antrópicos (Stla)**

Están compuestos por materiales heterogéneos dispuestos en zonas de alta pendiente, aunque están cubriendo zonas muy puntuales y no son cartografiables, se mencionan y deben ser tenidos en cuenta dada su importancia e influencia en la ocurrencia de movimientos en masa. Se localizan al oriente de la carrera 51 frente a la calle 43.



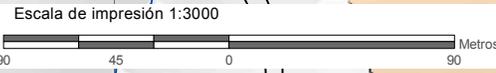
**UNIDADES SUPERFICIALES**

Srbd Suelos Residuales de Basaltos y Diabasas.

Stia Llenos Antrópicos.

**GEOLÓGIA ESTRUCTURAL**

--- Falla Inferida



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



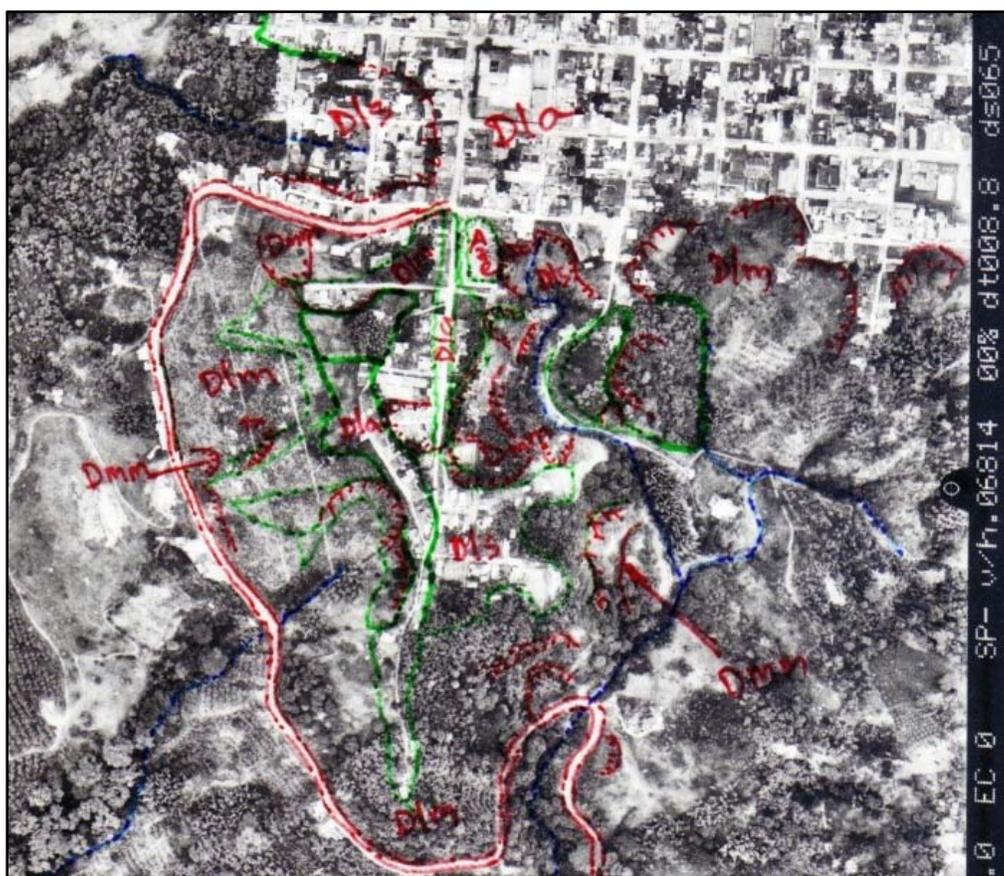
FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 5.2**  
**UNIDADES SUPERFICIALES**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

## 5.4 GEOMORFOLOGÍA

La Geomorfología es el estudio de las formas de la tierra, materiales y procesos relacionados; varía de un lugar a otro y depende en gran medida de la litología, suelos residuales, drenaje y tectónica, entre otros. Los rasgos geomorfológicos son importantes en muchos aspectos de manejo ambiental y pueden contribuir a la evaluación de amenazas naturales ya que juegan un papel importante en la determinación de la evolución del paisaje.

El origen geomorfológico de cada unidad está relacionado a procesos exógenos o endógenos. El mapa geomorfológico que se presenta se basa en la agrupación de las diferentes formas de la superficie del terreno dentro de una variedad de categorías con base en la similitud de las características del terreno y la pendiente. Este mapa se elaboró mediante la interpretación de fotografías aéreas y verificación en campo (vuelo 2758 fotos 12, 13 y 14). Los contactos de las unidades identificadas en la fotointerpretación fueron verificados y ajustados en campo junto con los escarpes y distribución de los movimientos en masa. Figura 5.2.



*Figura 5.2. Fotografía aérea número 13 del vuelo C2758 con la interpretación de las unidades geomorfológicas y procesos.*

Los principales orígenes geomorfológicos que se encuentran en el casco urbano de Sevilla son las de origen denudacional y antrópico y se describen a continuación.

#### **5.4.1 Formas de origen denudacional**

Son geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos, de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial, los cuales han remodelado y dejado remanentes de las geoformas de origen estructural preexistentes. Estos procesos dan origen a nuevas geoformas por acumulación de sedimentos.

Su origen obedece a procesos de meteorización y de denudación diferenciales intensos, que generaron la formación local de suelos residuales de espesor mayor a 10 metros. Las subunidades geomorfológicas de tipo denudativo que se encuentran en el barrio Monserrate son:

##### **5.4.1.1 Zonas Escarpadas (Dle)**

Corresponde a franjas angostas y alargadas de terreno con pendiente entre 45° y 90° que han sido formadas por deslizamientos o por cortes de taludes para adecuar el terreno para construcciones o en la apertura de vías. Se restringen a la corona del deslizamiento reciente del barrio Monserrate, bordeando la carrera 51 y en el talud oriental de la continuación de la carrera 49 al sur en el barrio Cafetero (Foto 5.5).



*Foto 5.5 Zona escarpada (Dle) y con movimiento en masa (Dmm) en la corona del deslizamiento del barrio Monserrate.*

#### **5.4.1.2 Laderas Denudacionales moderadas (Dlm)**

Son formas del terreno bastante regulares con pendientes que varían entre 15° y 30°. Esta geoforma está asociada al escarpe que genera un cambio brusco de pendiente en la zona contigua al lomo denudacional que se encuentra en el sector sur y occidente del área de estudio. Estas zonas son utilizadas para cultivar café, plátano y yuca.

Esta zona es la que presenta la mayor pendiente y cantidad de cicatrices de deslizamientos antiguos y en la que se desarrollan los movimientos actuales del barrio Monserrate. La presencia de una delgada capa de cenizas volcánicas en la zona de quiebre de la pendiente indica que los procesos en las laderas pueden estar más asociados a procesos antrópicos y a movimientos de tipo remontante que se inician en la orilla de la quebrada Sucia y en los cortes hechos para la apertura de la vía.

#### **5.4.1.3 Laderas Denudacionales Suaves (Dls)**

Corresponden a laderas suavemente onduladas (entre 8° y 15°), poco disectadas, generalmente cubiertas por suelos residuales y/o cenizas volcánicas. En el área de estudio se distribuyen hacia la parte media alta de la ladera en los sectores comprendidos entre la calle 42 a 42B y las carreras 50 y 51 del barrio Monserrate donde se encuentran construidas viviendas y cultivos de pancoger y café en el sector sur (Foto 5.6).

#### **5.4.1.4 Lomos Denudacionales (Dla)**

Son formas alargadas que corresponden con divisorias de aguas que presentan terminación en forma de crestas, semi-redondeadas, convexas, aplanadas e incluso llanas, longitudinalmente inclinadas, con pendientes que no superan los 6°. Estas geoformas se encuentran en la parte alta del barrio Monserrate, por la carrera 51A y en el barrio Cafetero (Foto 5.7).



**Foto 5.6** Vista hacia el sur oriente donde se observan las unidades Ladera moderada (Dlm), ladera suave (Dls) y deslizamiento activo (Dmm)



*Foto 5.7 Lomo denudacional (Dla) en el barrio Cafetero, tiene baja pendiente y no presenta procesos de inestabilidad.*

Los suelos residuales que constituyen ésta unidad tienen espesores de 3 a 4 m, con una cubierta de cenizas volcánicas hasta de 1 m de espesor que casi siempre hace parte de los horizontes A y B del suelo.

#### **5.4.1.5 Zonas con movimiento en masa (Dmm)**

Corresponde a suelos que se han sufrido desplazamiento a lo largo de una superficie de falla y en un tiempo relativamente corto o por desgarre de una zona de poco espesor cuya masa movida muestra evidencia de actividad reciente o subreciente (Foto 5.6).

### **5.4.2 Formas de origen antrópico**

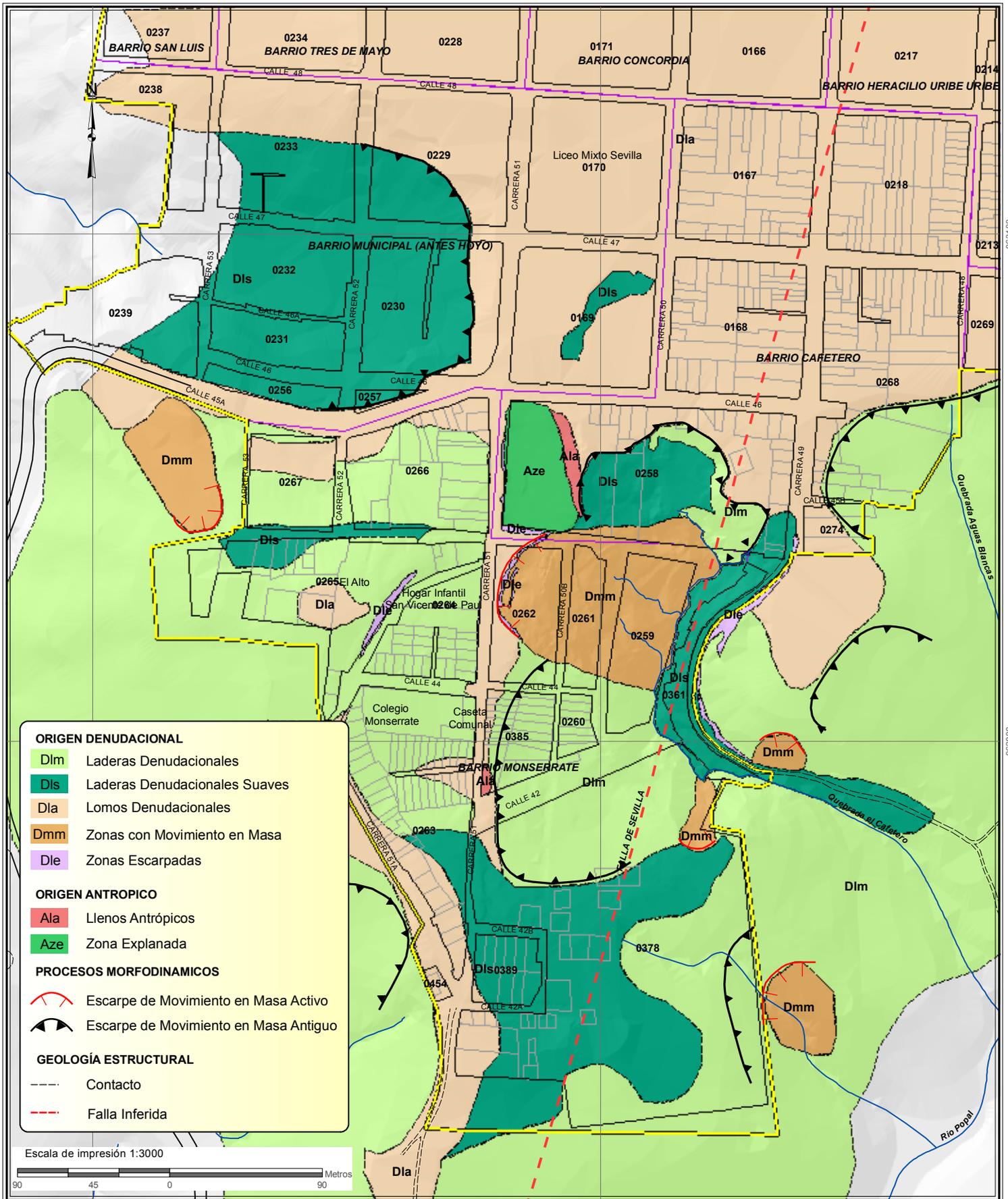
Corresponden a geoformas asociadas a las actividades desarrolladas por el hombre con el propósito de acondicionar los terrenos para establecer infraestructura o actividades comerciales, o para la apertura de vías. Se incluyen también aquellas áreas de disposición de botaderos de estériles provenientes de excavaciones, junto con aquellos terrenos acondicionados, tanto para la construcción de viviendas y obras civiles, como para la disposición de desechos de construcción.

#### **5.4.2.1 Zona Explanada (Aze)**

Corresponde a áreas planas que han sido adecuadas mediante la remoción de material con el fin de utilizarla como zonas de parqueo.

#### **5.4.2.2 Llenos Antrópicos (Ala):**

Zonas de acumulación o relleno de material que corresponde principalmente a materiales de corte de zonas aledañas o basuras. Se localiza en la zona aledaña al parqueadero y en la calle 43 con carrera 51.



963100

962800

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente

**MAPA 5.3  
 GEOMORFOLÓGICO  
 BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

## 5.5 MOVIMIENTOS EN MASA

Históricamente, en el municipio de Sevilla los deslizamientos se han presentado en las vertientes que bordean el municipio, convirtiéndose en el mayor problema de riesgos naturales en vista de que han causado cuantiosos daños en viviendas e infraestructura. Uno de los movimientos identificados con mayor actividad corresponde al del Barrio Monserrate el cual ha mantenido reactivaciones periódicas durante la época de lluvias de los últimos 20 años debido a que las cenizas volcánicas y suelos residuales absorben y retienen agua generando reducción de la resistencia al corte .

De acuerdo a la revisión de información existente en INGEOMINAS, el movimiento que afecta el barrio Monserrate se presenta desde hace mas de 20 años, tiempo en el cual ha avanzado hacia la parte alta destruyendo viviendas y vías que se encontraban en el sector. Los primeros registros de este movimiento datan del año 1988 pero se reportan reactivaciones en los años 1991, 1993,1994 y 1998.

Este movimiento es de tipo rotacional retrogresivo y se presenta en la ladera oriental del barrio Monserrate que hace parte de la microcuenca de la quebrada Sucia que drena parte de las aguas servidas del municipio de Sevilla.

Actualmente el movimiento tiene 110 metros de largo, 90 metros de ancho en promedio y 7 metros de altura en el escarpe principal, la corona del movimiento esta bordeando parte de la carrera 51 entre calles 44 y 45, donde el último evento destruyó varias viviendas del sector. En la esquina de la carrera 51 con calle 45 se observan grietas de tracción que dejan inestable y con alta probabilidad de desprendimiento, un bloque de suelos residuales de cenizas volcánicas y la roca meteorizada de basaltos (Foto 5.8 y 5.9).



*Foto 5.8* Panorámica general del movimiento que afecta al barrio Monserrate, se observa la corona principal en la parte alta, un muro de gavión destruido a media ladera y varios escarpes secundarios que evidencian movimientos de diferentes épocas.



*Foto 5.9* Corona del movimiento donde se observan niveles de cenizas volcánicas cubriendo los suelos residuales de color rojo. Las viviendas están a escasos 10 metros del escarpe.

En estas laderas se presentan otros movimientos activos como el de la zona sur oriental donde se han reactivado deslizamientos antiguos contiguos a la quebrada Sucia y otro a menos de 100 metros de la antena de comunicaciones. Se debe brindar especial atención a estos movimientos ya que están activos y pueden avanzar hacia la parte alta por la saturación ocasionada por aguas de escorrentía y aguas servidas que no están canalizadas de manera adecuada (Foto 5.10).



**Foto 5.10** Vista general de un movimiento que se presenta al sur oriente del barrio Monserrate donde queda al descubierto la capa de suelos residuales de color rojo. La cobertura vegetal comienza a cubrir la zona.

## **6 HIDROLOGÍA**

## 6 HIDROLOGÍA

### 6.1 CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS

#### 6.1.1 Conformación de la base de datos hidrometeorológica

Para el estudio hidrológico se utilizaron datos de registros históricos de precipitación de estaciones pluviométricas, pluviográficas y climatológicas de las redes de medición de CVC, CENICAFE e IDEAM, localizadas en las subcuencas cercanas a la zona de estudio

Usando criterios como cobertura espacial, tiempo de registro (estaciones con 20 o más años de registro) y calidad de la información (% de datos faltantes, gráficas de dispersión, histogramas, análisis de la media y de la varianza), se seleccionaron las estaciones con información de precipitación representativa de la zona de estudio, dentro del período 1980 - 2010. Donde se partió de un total de 13 estaciones y se seleccionaron tan solo 10 de ellas las cuales se relacionan más adelante.

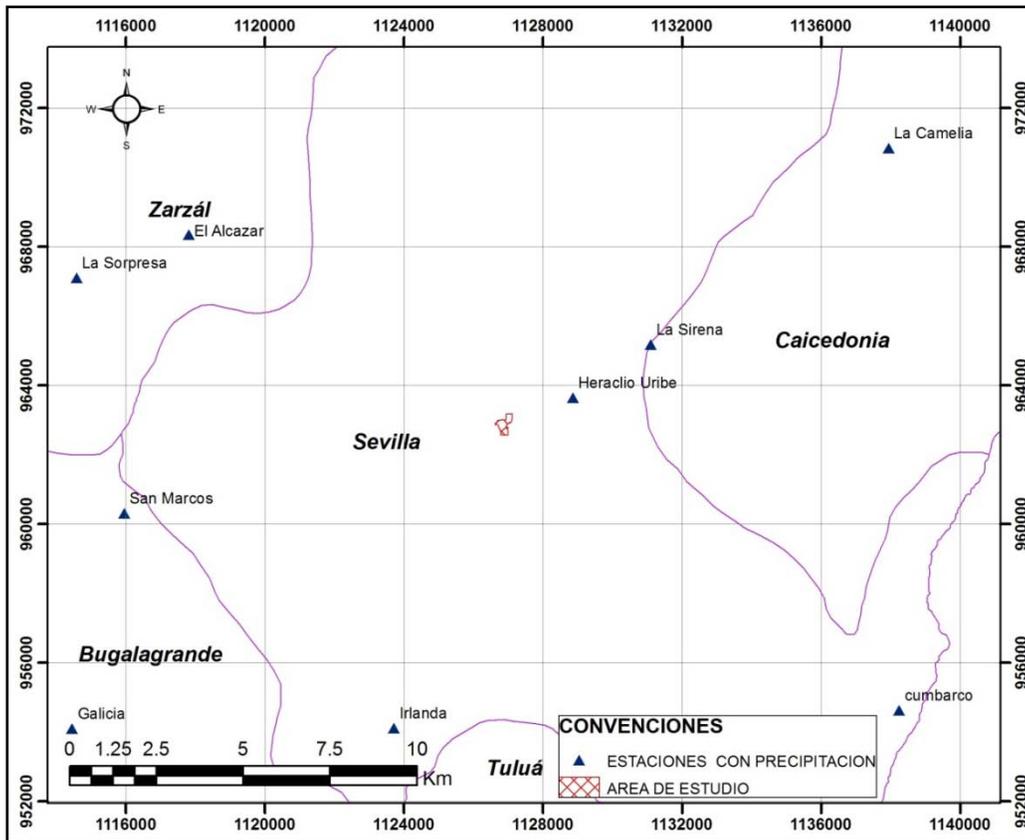
En la Tabla 6.1 se presenta la descripción general de las estaciones utilizadas para la caracterización hidrológica. Los datos faltantes de las series a nivel diario fueron estimados aplicando el método de doble masa a partir de estaciones patrón, cercanas a las estaciones donde se presentan datos faltantes. De esta forma se conformó las bases de datos para la realización del análisis de la precipitación.

*Tabla 6.1 Estaciones seleccionadas para el análisis de precipitaciones que cumplieron los criterios definidos de selección.*

ESTACIÓN	Norte	Este	Altura (msnm)	% Datos Faltantes diarios
Alegrías	943388	1134460	2290	4,05
La Camelia	970848	1137949	1245	0,96
El Corozal	978098	1129238	1158	6,46
Cumbarco	954642	1138253	1740	3,32
El Alambrado	979542	1133439	1100	3,84
Galicia	954104	1114468	1174	1,11
Heraclio Uribe	963657	1128877	1540	22,99
Irlanda	954117	1123722	1663	6,04
San Marcos	960323	1115968	1250	11,25
El Alcázar	968357	1117823	963	11,78

De acuerdo al análisis exploratorio de la información se encontraron algunos datos erróneos los cuales se eliminaron de las bases de datos, además de acuerdo al porcentaje de datos faltantes se descartaron estaciones tales como El Jigal y El Guabito, mientras que otras estaciones como Heraclio Uribe, San Marcos y El Alcázar, que presentan un gran número de datos faltantes a nivel diario no se descartaron debido a la poca disponibilidad

de información de lluvias en la zona. En la Figura 6.1 se muestra el número y la ubicación de estaciones utilizadas.



**Figura 6.1** Estaciones meteorológicas utilizadas en la zona de estudio Barrios Monserrate y Cafetero, Sevilla-Valle del Cauca

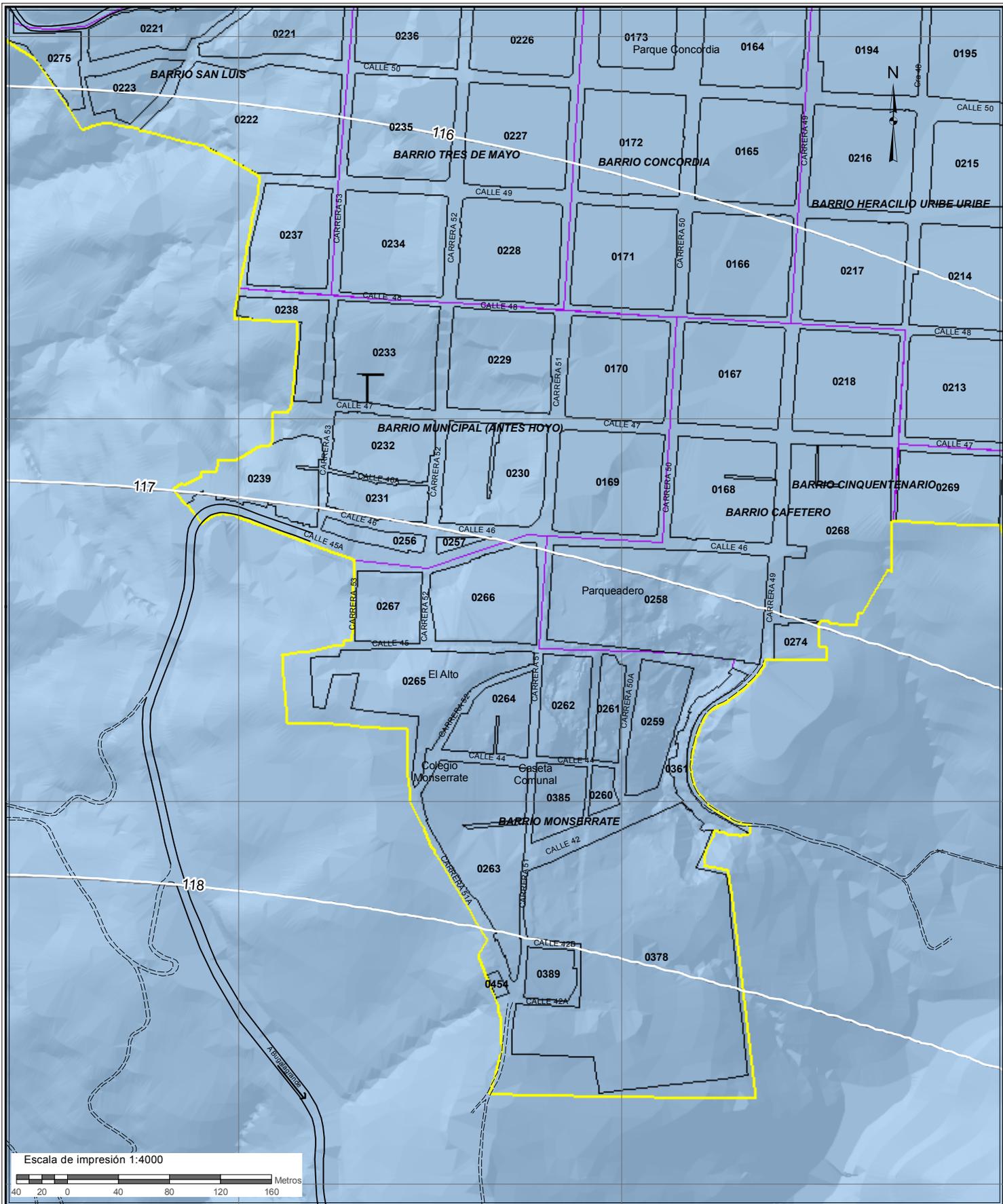
Para completar los datos faltantes a nivel diario se utilizó el método de doble masa, el cual consiste en la acumulación de los registros tanto de una estación patrón como la estación con datos faltantes durante el mismo periodo de tiempo. Como todas las estaciones presentaron datos faltantes, la estación patrón corresponde a la estación o estaciones más cercanas a la estación objeto de análisis; para el análisis se grafican las lluvias acumuladas de la estación patrón (eje x) y las lluvias acumuladas de la estación con datos faltantes (eje y), y se calcula la ecuación lineal de la resultante, para finalmente determinar los datos faltantes a partir de los datos de la estación patrón y la relación lineal entre las dos estaciones (Lobo, 2004).

## **6.2 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN**

A continuación se resume la metodología empleada para el análisis temporal y espacial de la información meteorológica que se desarrolló a partir de las diez estaciones mencionadas anteriormente las cuales son representativas de la zona de análisis y cumplen con parámetros de calidad.

### **6.2.1 Análisis espacial de la precipitación**

La distribución espacial se determinó a partir de interpolaciones por el modelo de Kriging ordinario de la información mensual multianual de cada una de las diez estaciones seleccionadas para representar la precipitación en la zona de estudio, utilizando el mejor ajuste de la autocorrelación para asignar pesos en la interpolación modelos de distribución que generaran un menor error durante el proceso, entre los que se encuentran el exponencial, el esférico y el gaussiano. Los resultados de la distribución espacial para cada uno de los meses se muestran a continuación en los mapas 6.1 a la 6.12.



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino



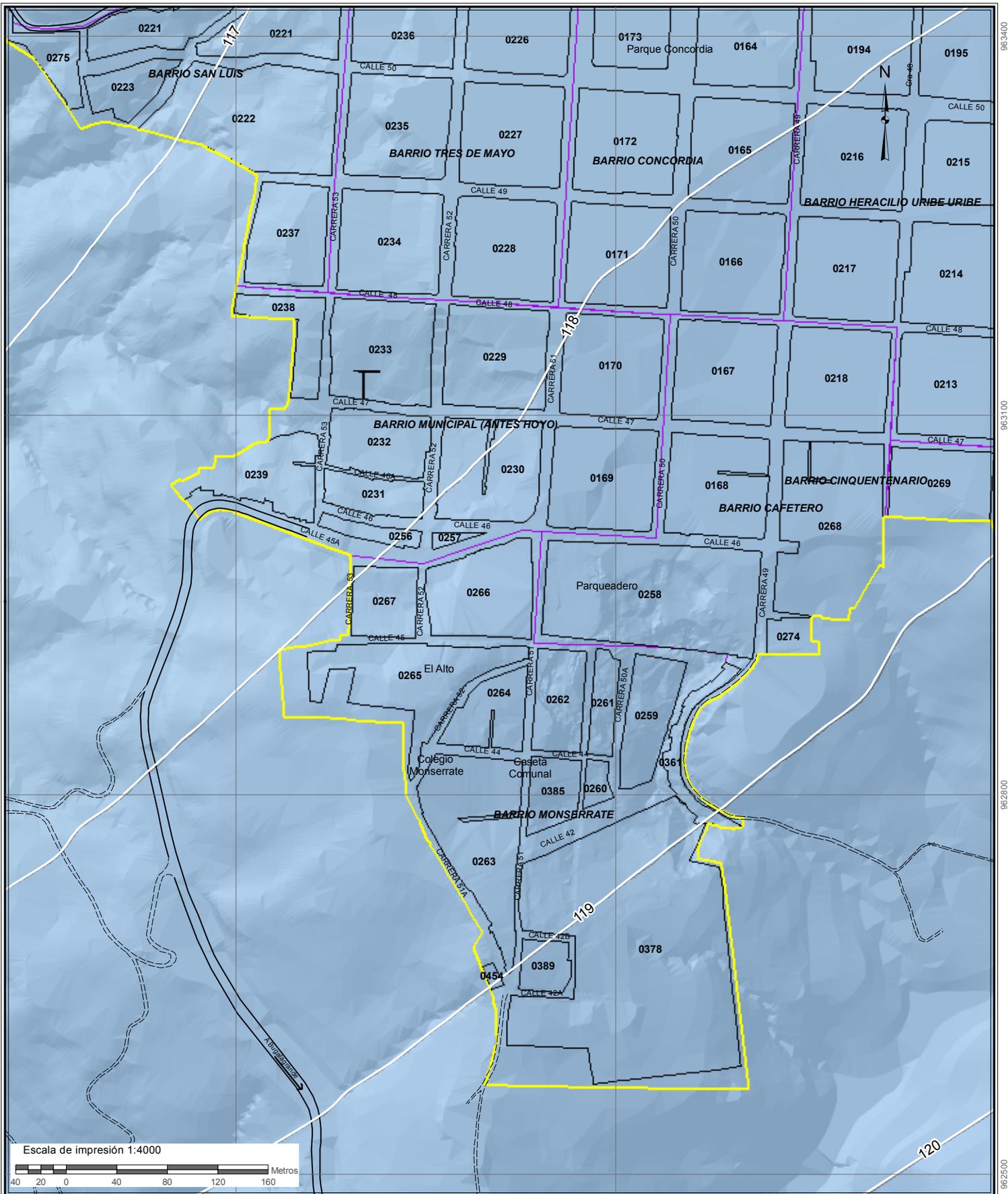
**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.1**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES ENERO**

**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

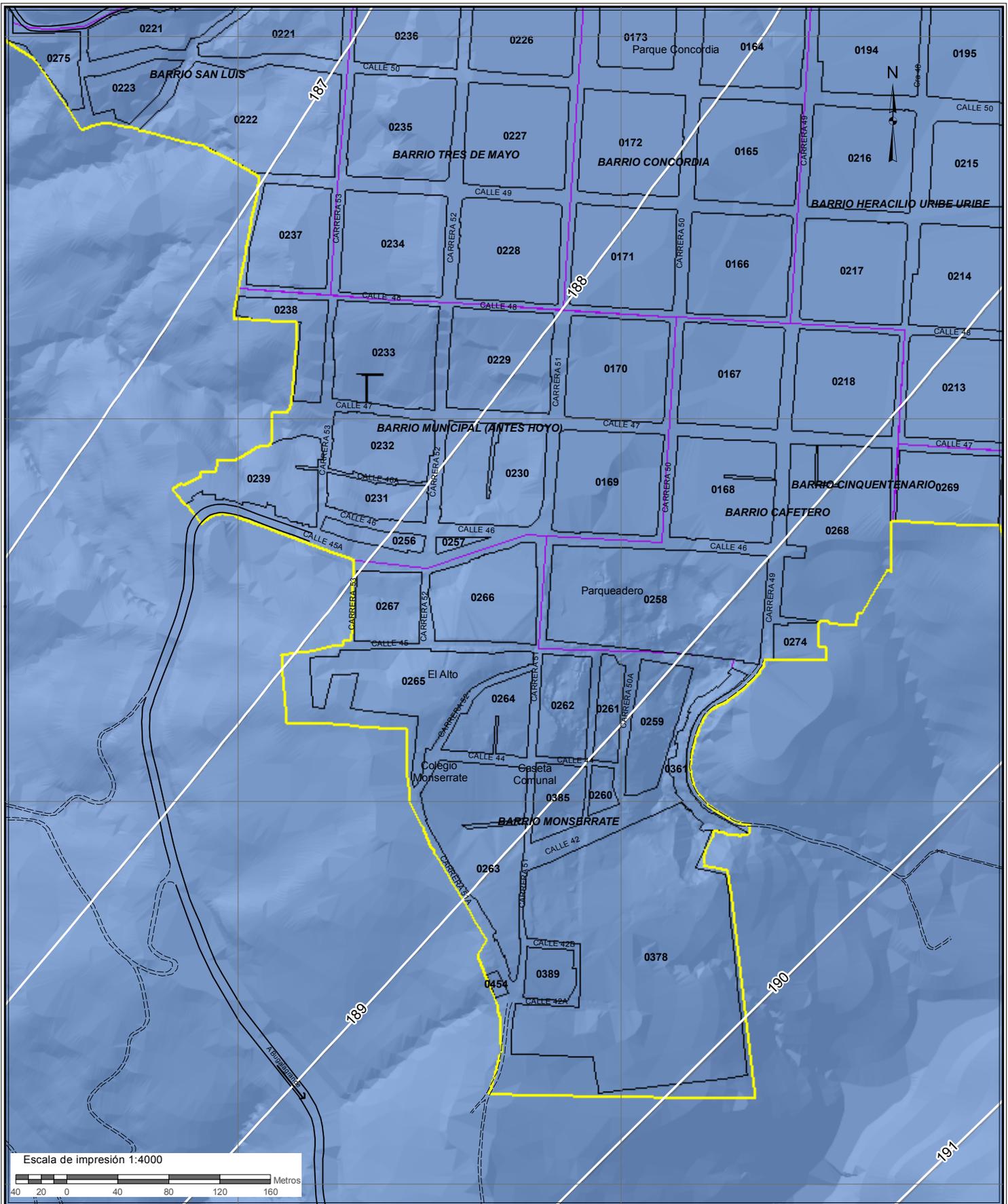


UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.2**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES FEBRERO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino



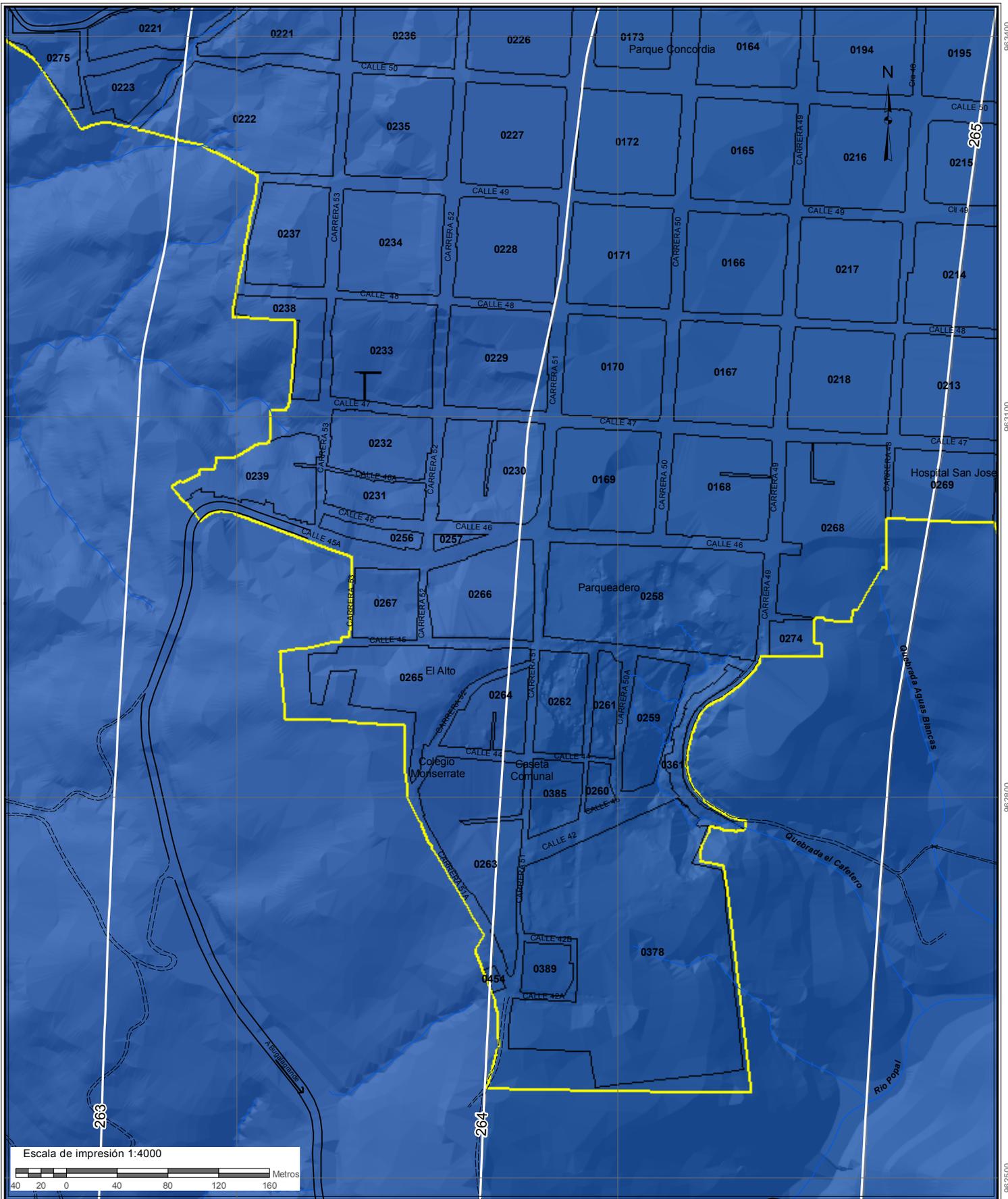
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.3**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES MARZO**

**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

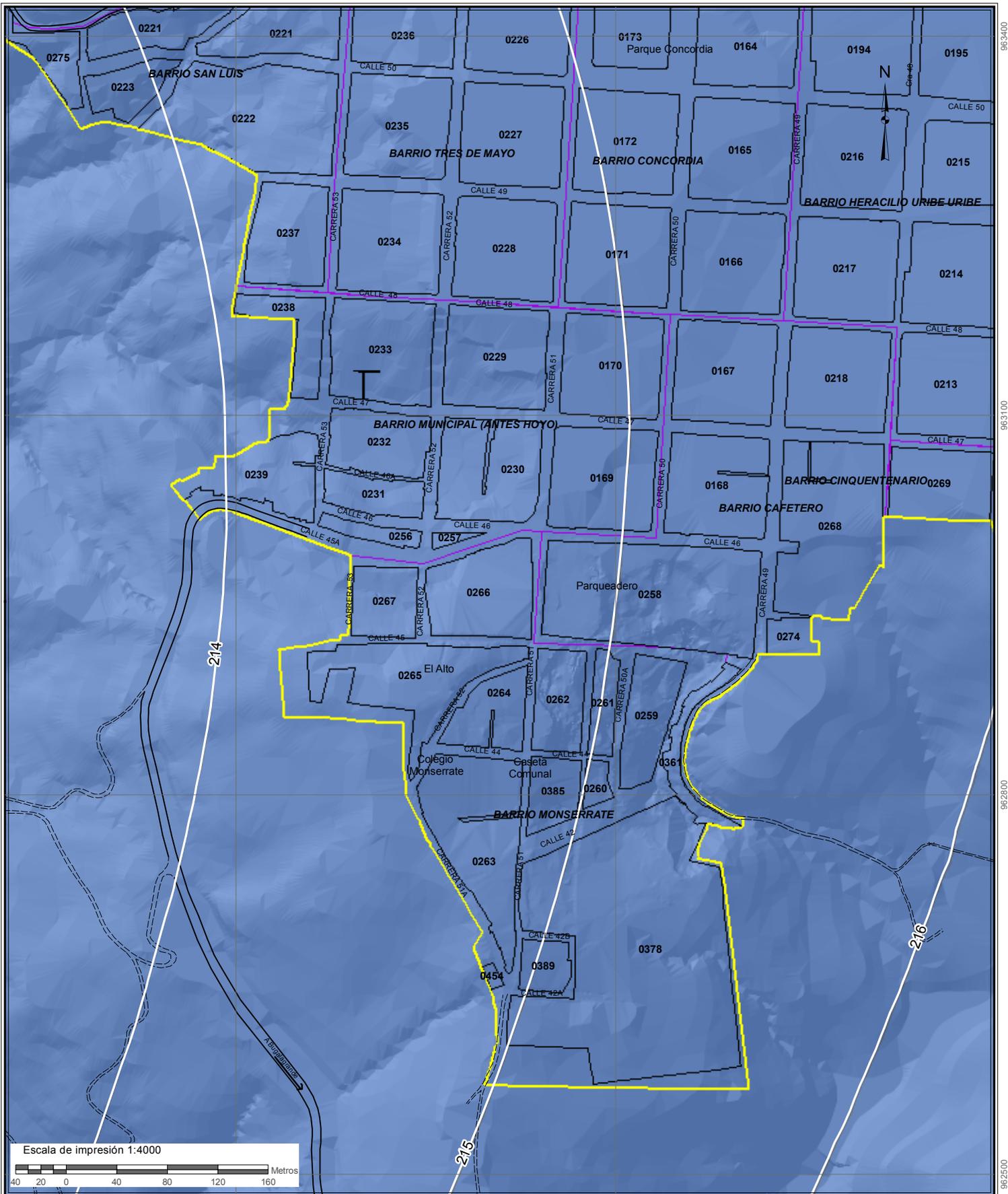


**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.4**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES ABRIL**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

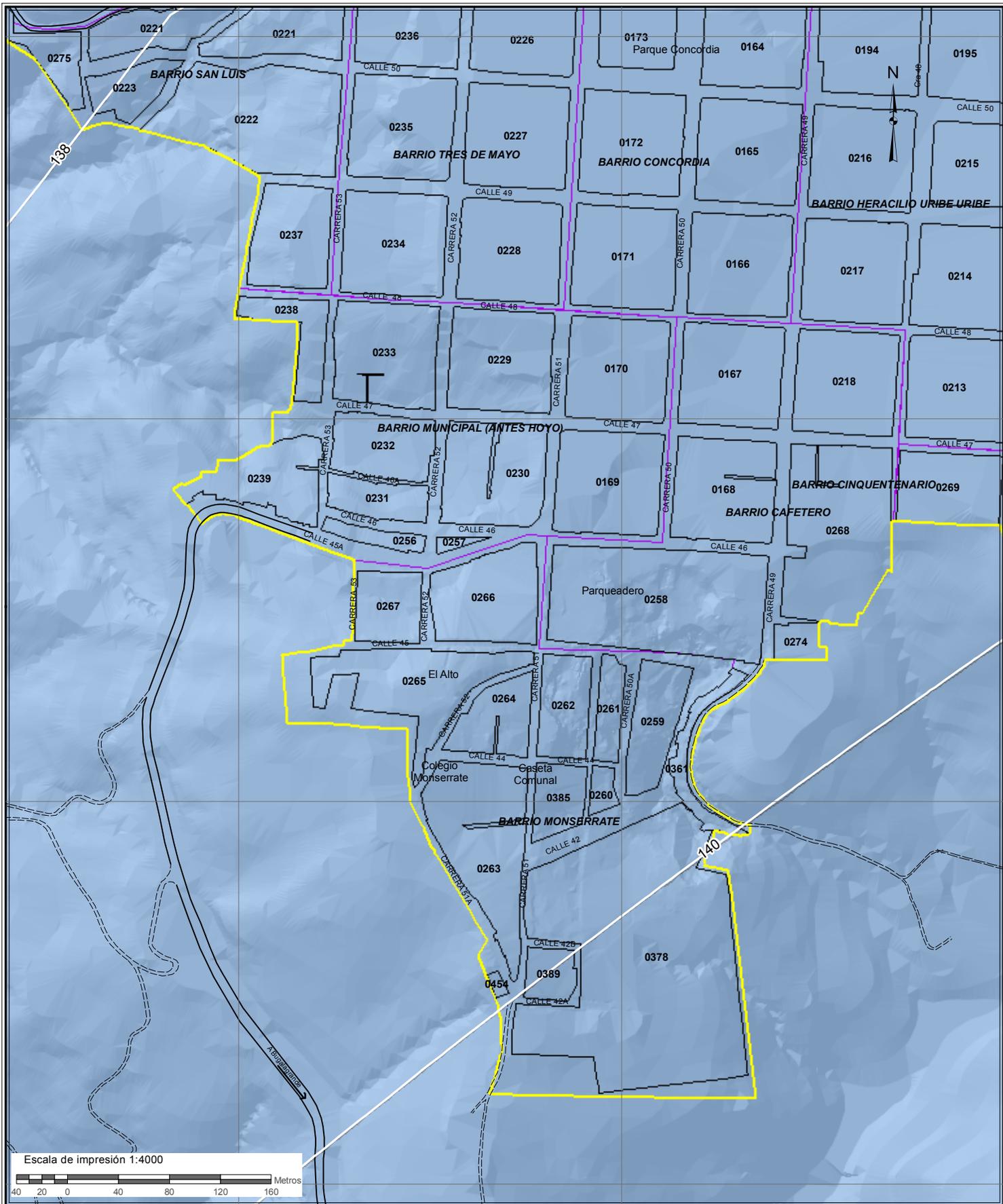


**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Dátum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Dátum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.5**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES MAYO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

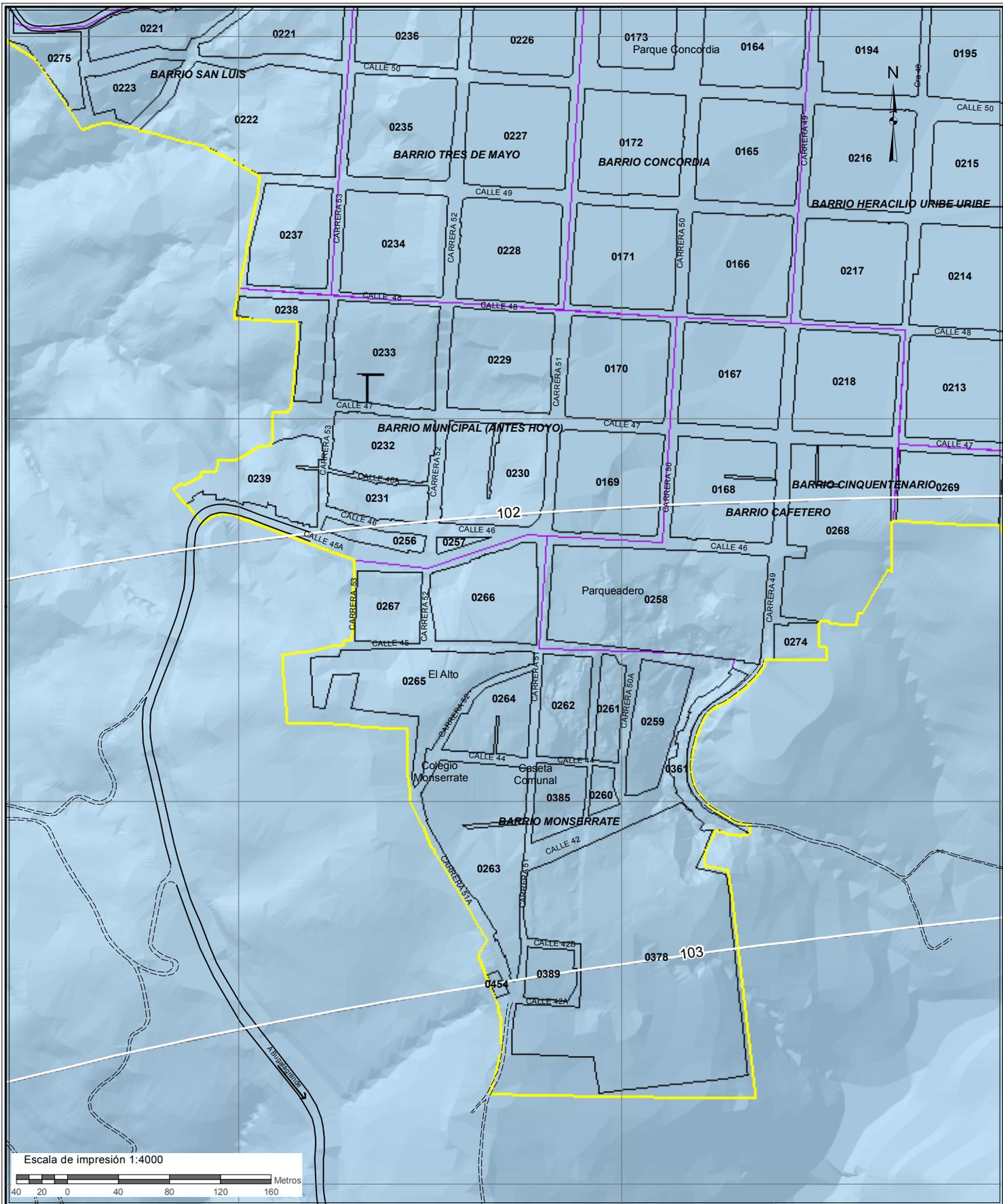


UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.6**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES JUNIO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino



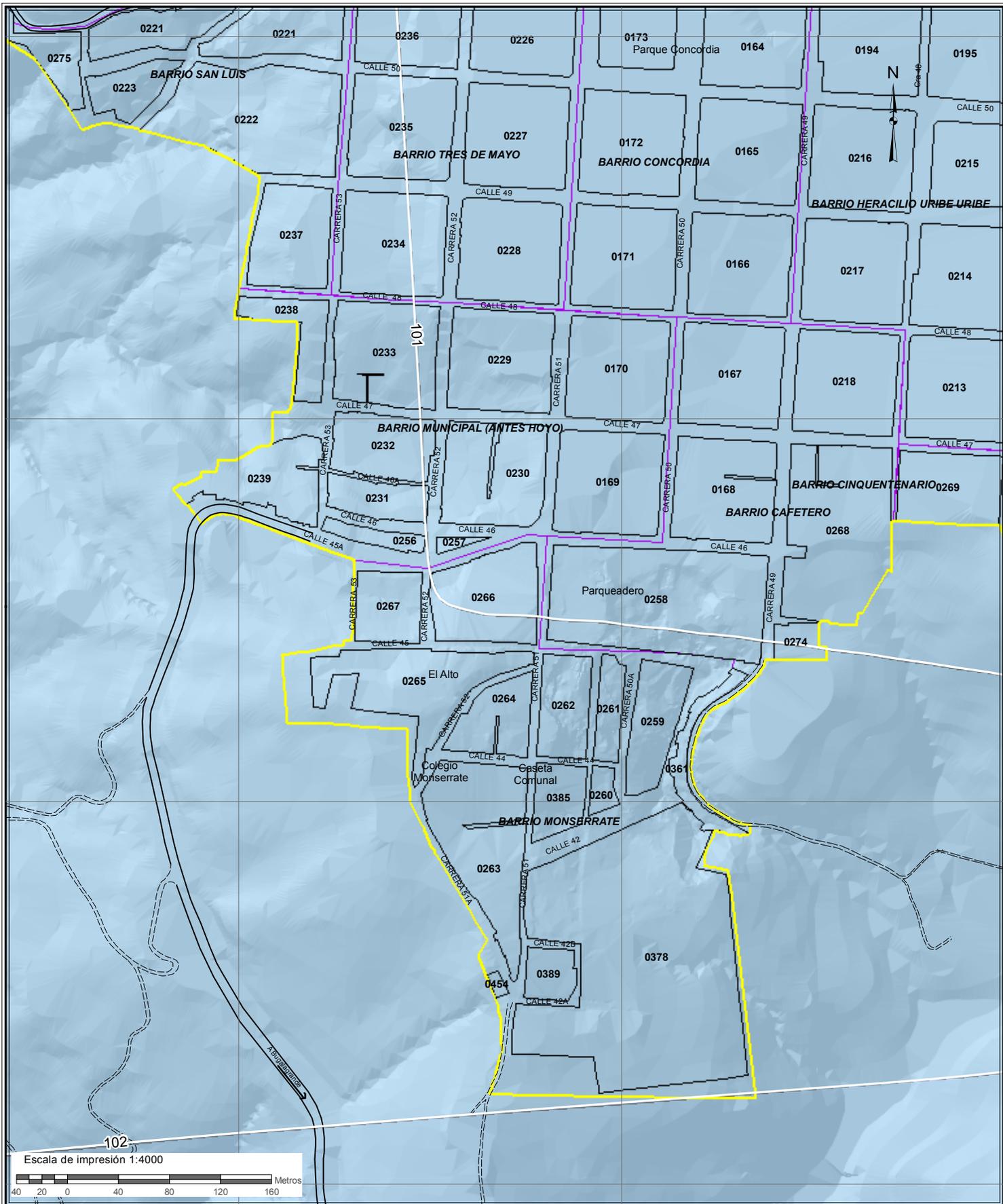
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.7**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES JULIO**

**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

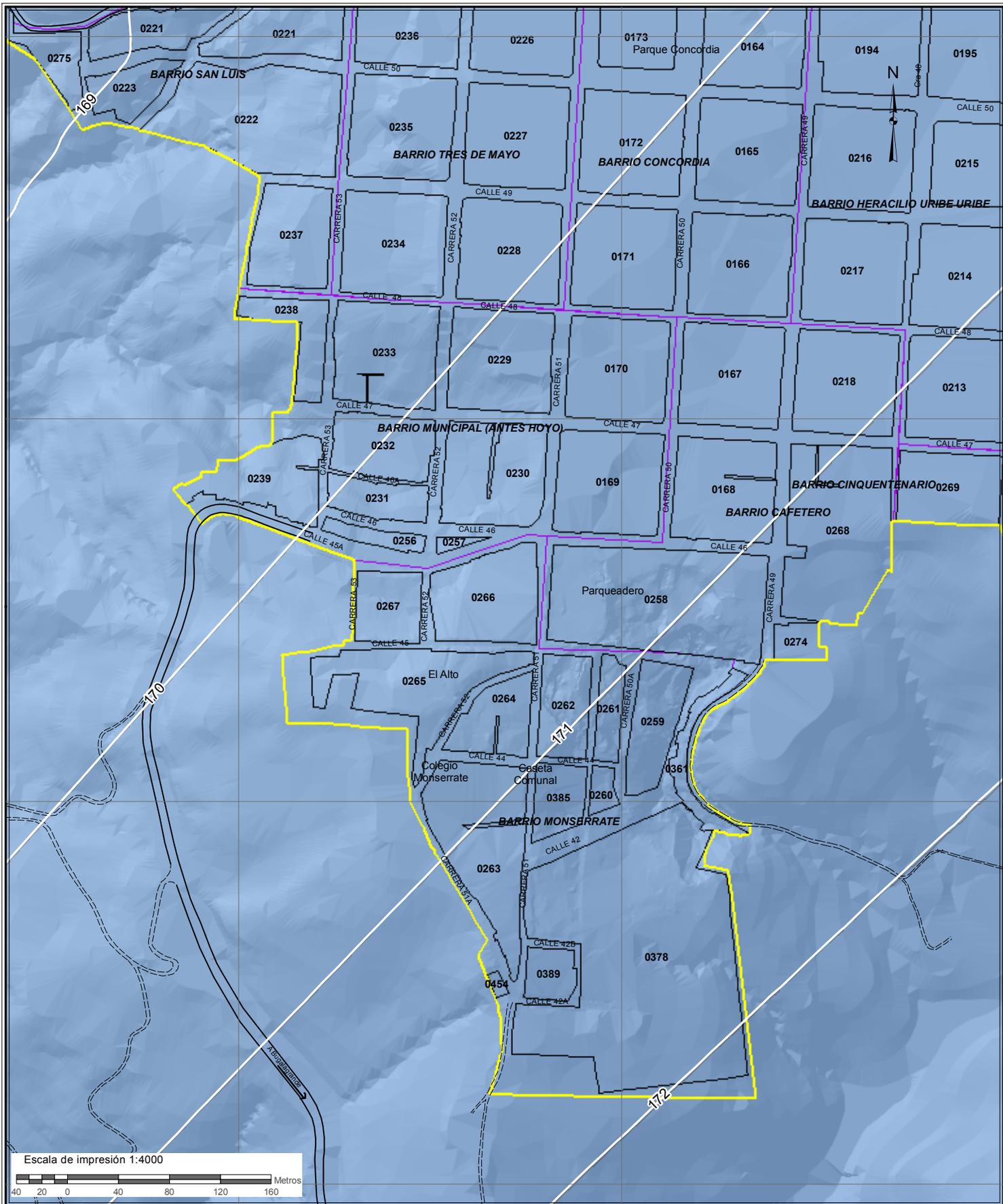


**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**FIGURA 6.8**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES AGOSTO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

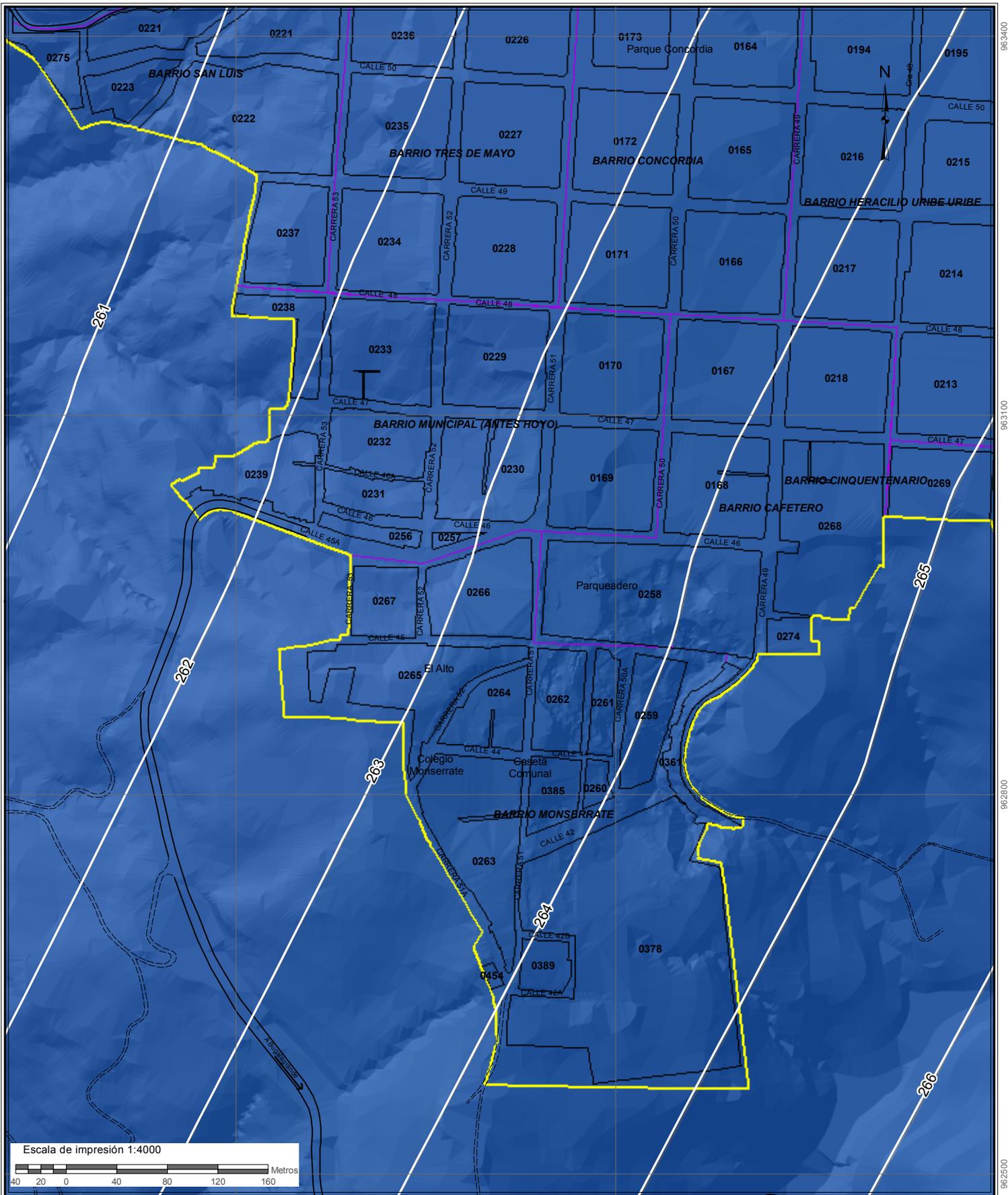


UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.9**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES SEPTIEMBRE**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

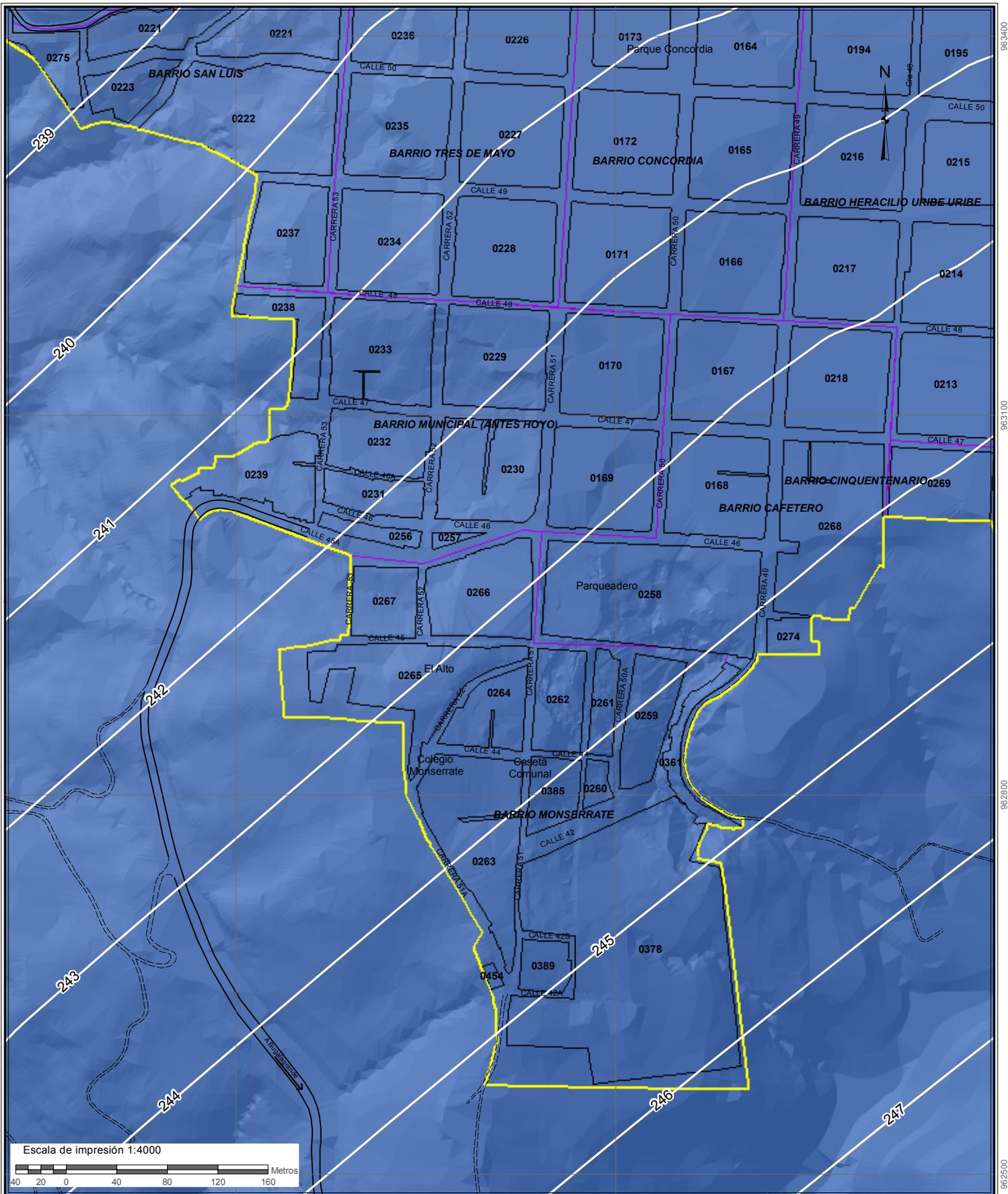


UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.10**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES OCTUBRE**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- ~ Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino

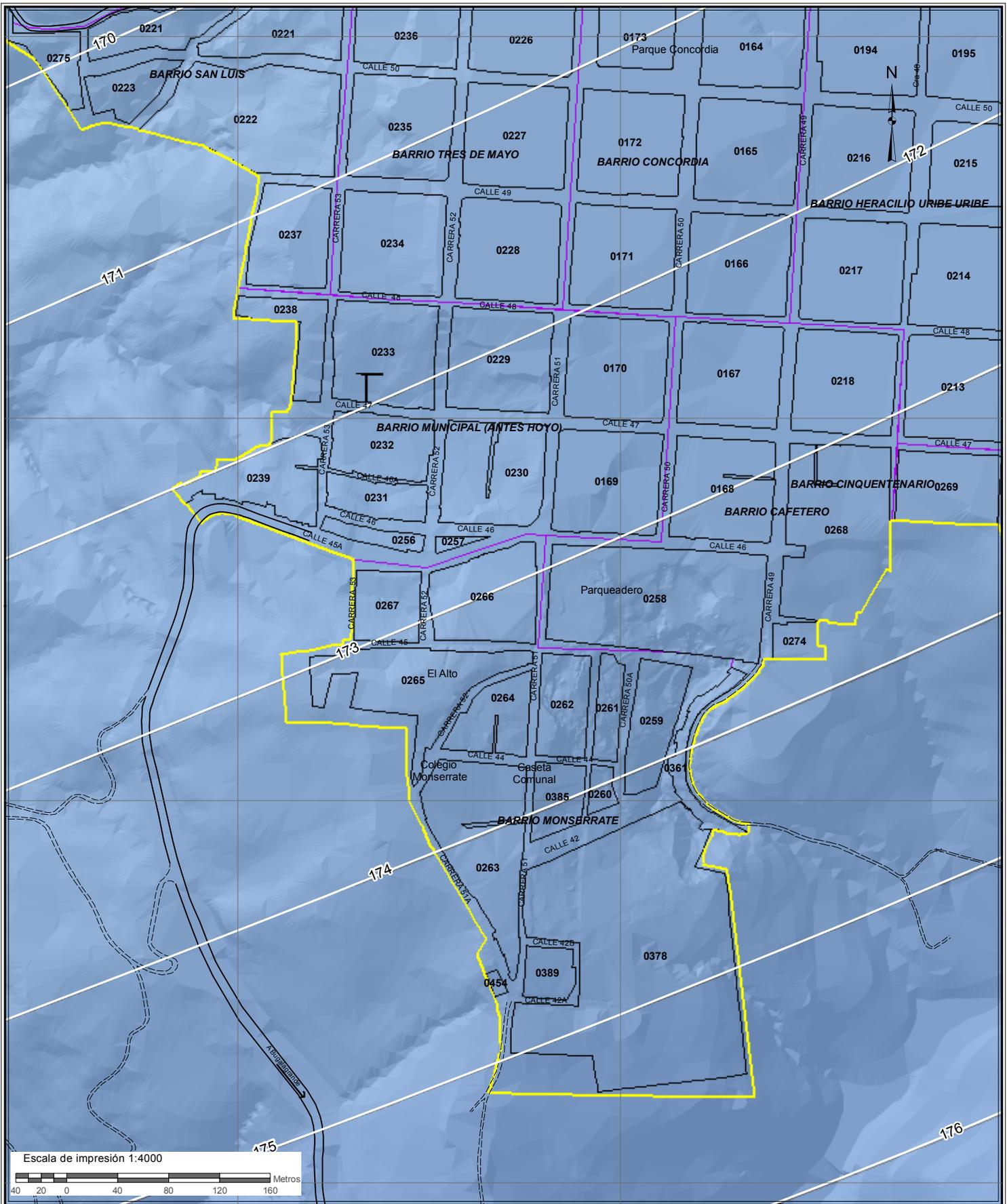


**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Dátum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Dátum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**FIGURA 6.11**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES NOVIEMBRE**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



963400  
963100  
962800  
962500

Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.12**  
**MAPA DE ISOYETAS**  
**MES DICIEMBRE**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

A continuación en la Tabla 6.2 se resume la distribución de las lluvias en la zona de estudio.

**Tabla 6.2** Resumen de la distribución espacial de la precipitación

MES	VARIACION (mm)	DIRECCION
ENERO	116 – 119	Norte - Sur
FEBRERO	117 -120	Nor Oeste – Sur Este
MARZO	187 – 190	Nor Oeste – Sur Oeste
ABRIL	263 – 265	Oeste - Este
MAYO	214 – 216	Oeste - Este
JUNIO	139 - 141	Nor Este – Sur Oeste
JULIO	102 – 103	Norte - Sur
AGOSTO	101 – 102	Nor Este – Sur Oeste
SEPTIEMBRE	170 – 172	Nor Oeste – Sur Este
OCTUBRE	262 – 266	Nor Oeste – Sur Este
NOVIEMBRE	241 – 246	Nor Oeste – Sur Este
DICIEMBRE	171 - 176	Nor Oeste – Sur Este

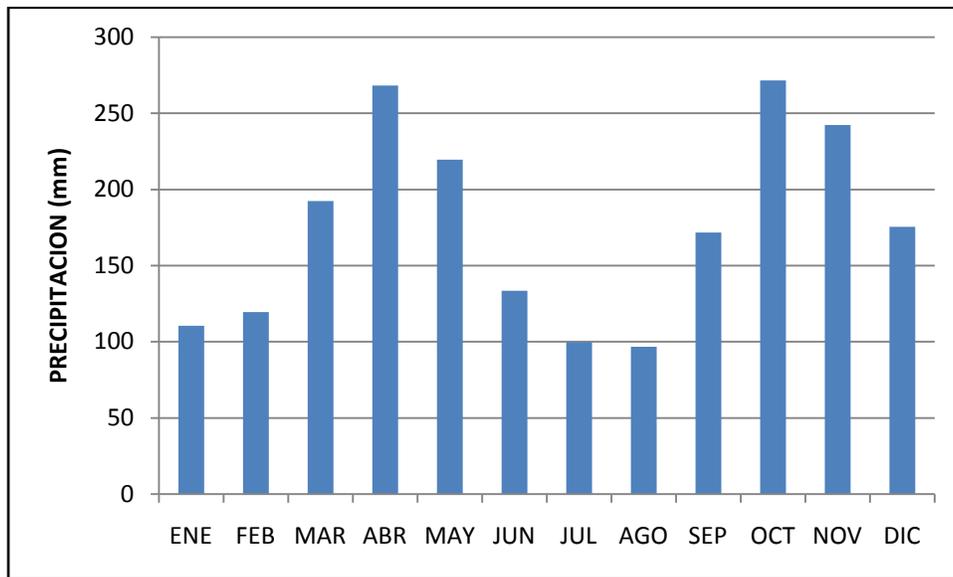
Como se observa en la tabla anterior las menores variaciones de la precipitación ocurren en los meses de julio y agosto mientras que las mayores variaciones ocurren en los meses de octubre noviembre y diciembre. Los meses de febrero, marzo y de septiembre a diciembre las precipitaciones aumentan en dirección Nor Oeste – Sur Este. Los meses de enero y julio la distribución se encuentra de norte a sur y los mese de abril y mayo la precipitación se reducen en dirección Oeste – Este.

## 6.2.2 Análisis temporal de la precipitación

Para el caso de este proyecto el análisis temporal de la precipitación comprende la evaluación del régimen de humedad, el análisis de las precipitaciones máximas y la evaluación de las curvas de intensidad-frecuencia-duración como se presenta a continuación.

### 6.2.2.1 Régimen de humedad

Para el municipio de Sevilla – Valle del Cauca el régimen de humedad fue obtenido con la precipitación media mensual multianual de la estación Heraclio Uribe, ya que es la estación más cercana a la zona de estudio que tiene registros de precipitación. De acuerdo con la Figura 6.2, se puede visualizar comportamiento bimodal de las precipitaciones con dos periodos secos los cuales son enero – febrero y julio - agosto y dos periodos húmedos, marzo – mayo y septiembre - diciembre, siendo agosto el mes más seco, donde las precipitaciones son en promedio multianual iguales a 96,7 mm. Mientras que los meses con más lluvias corresponden a abril y octubre con 268,2 mm y 271,5 m respectivamente.



**Figura 6. 2** Distribución mensual multianual de la precipitación en la estación Heraclio Uribe (1972 – 2010)

#### **6.2.2.2 Precipitaciones máximas**

Para la determinación de las máximas precipitaciones, se parte de la hipótesis de que las precipitaciones son variables aleatorias e indefinidas, sujetas a una distribución estocástica determinada.

Las variables que definen una determinada precipitación son:

- Tiempo de duración del aguacero.
- Período de retorno correspondiente a la lluvia.

En función de los datos de las estaciones suministradas, el procedimiento más indicado consiste en el estudio de las precipitaciones máximas en 24 horas, ambos datos que se obtienen de las estaciones pluviométricas, pluviográficas, climatológicas y en general de cualquier estación donde se monitoree la precipitación.

A partir de los datos de las estaciones seleccionadas en la zona de proyecto, se calculan las precipitaciones máximas en 24 horas para los periodos de retorno de 10, 30 y 50 años aplicando la distribución de Gumbel, debido a que es la que mejor se ajusta a la distribución de los datos. No se evaluó para un periodo de retorno de 100 años debido a que las bases de datos en promedio son de tan solo 34 años.

*Tabla 6.3 Resultados del análisis de precipitaciones máximas estaciones cercanas a la zona de estudio*

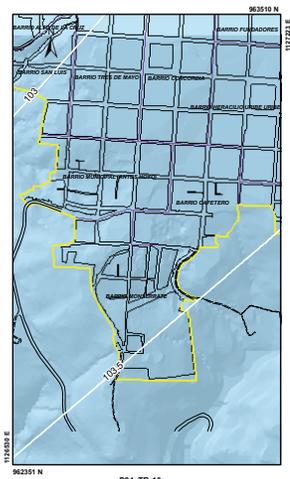
Periodo de Retorno (Años)	10	30	50	10	30	50	10	30	50
Duración (horas)	24			48			72		
ESTACIONES	(mm)								
Alegrías	77.58	91.62	98.03	98.05	113.09	119.96	119.88	139.54	148.52
Camelia	112.98	132.53	141.46	149.05	178.13	191.41	169.45	199.94	213.86
Corozal	107.51	125.66	133.94	122.28	140.21	148.40	139.50	159.60	168.77
Cumbarco	101.89	119.09	126.94	121.50	140.17	148.69	147.50	169.79	179.97
El Alcázar	105.72	125.83	135.01	141.00	171.81	185.88	159.39	194.22	210.12
Galicia	94.66	111.00	118.47	125.43	147.94	158.22	144.68	169.19	180.38
Heraclio Uribe	103.13	127.94	139.27	144.00	181.33	198.38	168.04	201.77	217.17
Irlanda	116.57	137.90	147.64	139.12	161.06	171.07	167.87	195.48	208.08
El Alambrado (ALERT)	94.89	108.67	114.96	114.70	128.70	135.09	153.08	177.60	188.80
San Marcos	90.12	109.50	118.35	117.02	142.55	154.20	139.87	170.26	184.13

Una vez evaluadas las precipitaciones para periodos de retorno de 10,30 y 50 años para cada una de las estaciones, se procede la distribución espacial de la información implementando el modelo de distribución espacial Kriging, además minimizando el error de cálculo evaluando entre los métodos exponencial, esférico y gaussiano. Finalmente se generan las interpolaciones para los periodos de retorno 10,30 y 50 años y se calculan las isoyetas de precipitación máxima como se muestra en el Mapa 6.13, a continuación.

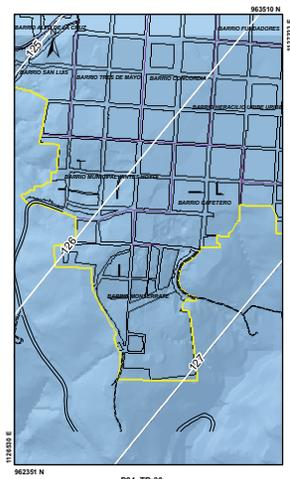
Las precipitaciones máximas en 24 horas para períodos de retorno de 10, 30, y 50 años, aumentan de Nor-Oeste a Sur-Este con aproximadamente 103,5mm, 126,5 mm, y 136,5 mm respectivamente sobre la zona de estudio.

Las precipitaciones máximas en 48 horas para períodos de retorno de 10, 30, y 50 años, aumentan de Sur-Oeste a Nor-Este con aproximadamente 141 mm, 178 mm, y 194 mm respectivamente sobre la zona de estudio.

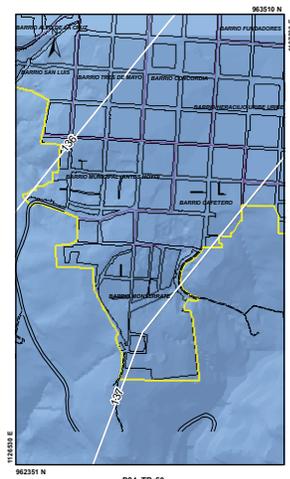
Las precipitaciones máximas en 72 horas para períodos de retorno de 10, 30, y 50 años, aumentan de Oeste a Este con aproximadamente 171 mm, 203 mm, y 218 mm respectivamente sobre la zona de estudio.



P24, TR:10



P24, TR:30



### 6.2.2.3 Curvas de intensidad – Frecuencia - Duración

Las curvas de intensidad-frecuencia-duración para la zona de estudio que hace parte del casco urbano del municipio de Sevilla – Valle del Cauca, se desarrollaron a partir de las bandas pluviográfica de la estación La Sirena la cual pertenece a la red de monitoreo de CENICAFE y se encuentra localizada cercana al casco Urbano. Partiendo de los registros de lluvia cada 10 minutos. Es de reconocer el apoyo de CENICAFE con el suministro de la información de dicha estación.

Con los registros de las lluvias máximas cada 10 minutos, se generaron las alturas máximas de precipitación para tiempos de 10, 20, 30,.....,150 minutos. Luego, se toman los valores de cada una de las series y se dividen por su duración en (minutos), obteniéndose así las intensidades en mm/ min. Cabe mencionar que para cada uno de los periodos de las intensidades máximas analizadas se debe determinar la media y la desviación estándar. Una vez se obtienen los valores de intensidad máxima de precipitación, estos se deben ajustar en función de distribución de probabilidad de Gumbel. Los cuales son evaluados a través de pruebas de ajuste, tales como, el test de Kolmogorov - Smirnov y el Coeficiente de Determinación R2. Para finalmente generar la ecuación de IFD y las curvas para periodos de retorno de 10, 30 y 50 años como se muestra en la Figura 6.3.

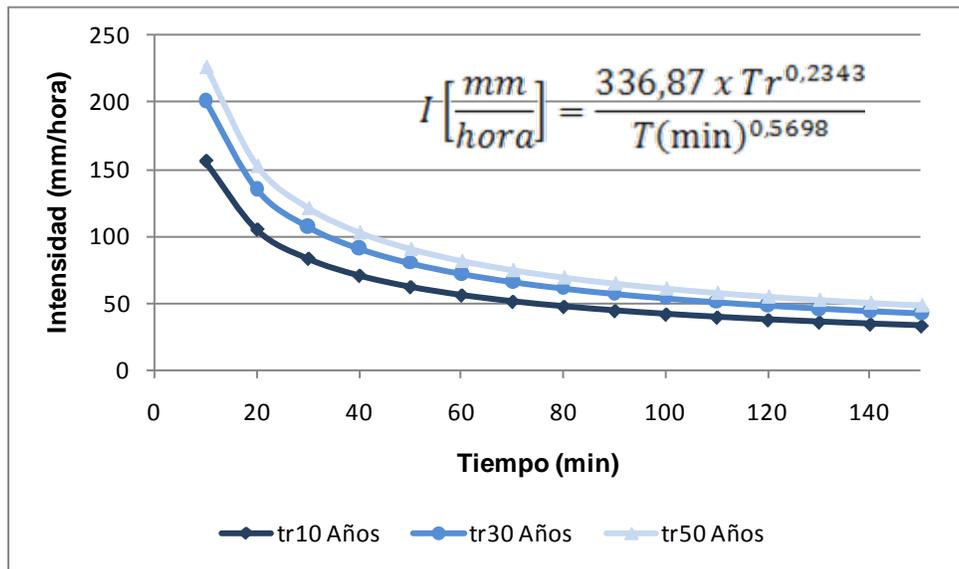


Figura 6.3 Curva IFD con periodos de retorno de 10, 30 y 50 años; Estación La Sirena, Sevilla. (1986 – 2010).

## 6.3 PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

### 6.3.1 Descripción de las pruebas de infiltración

Los días 12 al 18 de noviembre de 2012 se realizaron 9 pruebas de infiltración del suelo en diferentes zonas representativas del área de estudio, con el fin de evaluar la estabilidad de taludes.

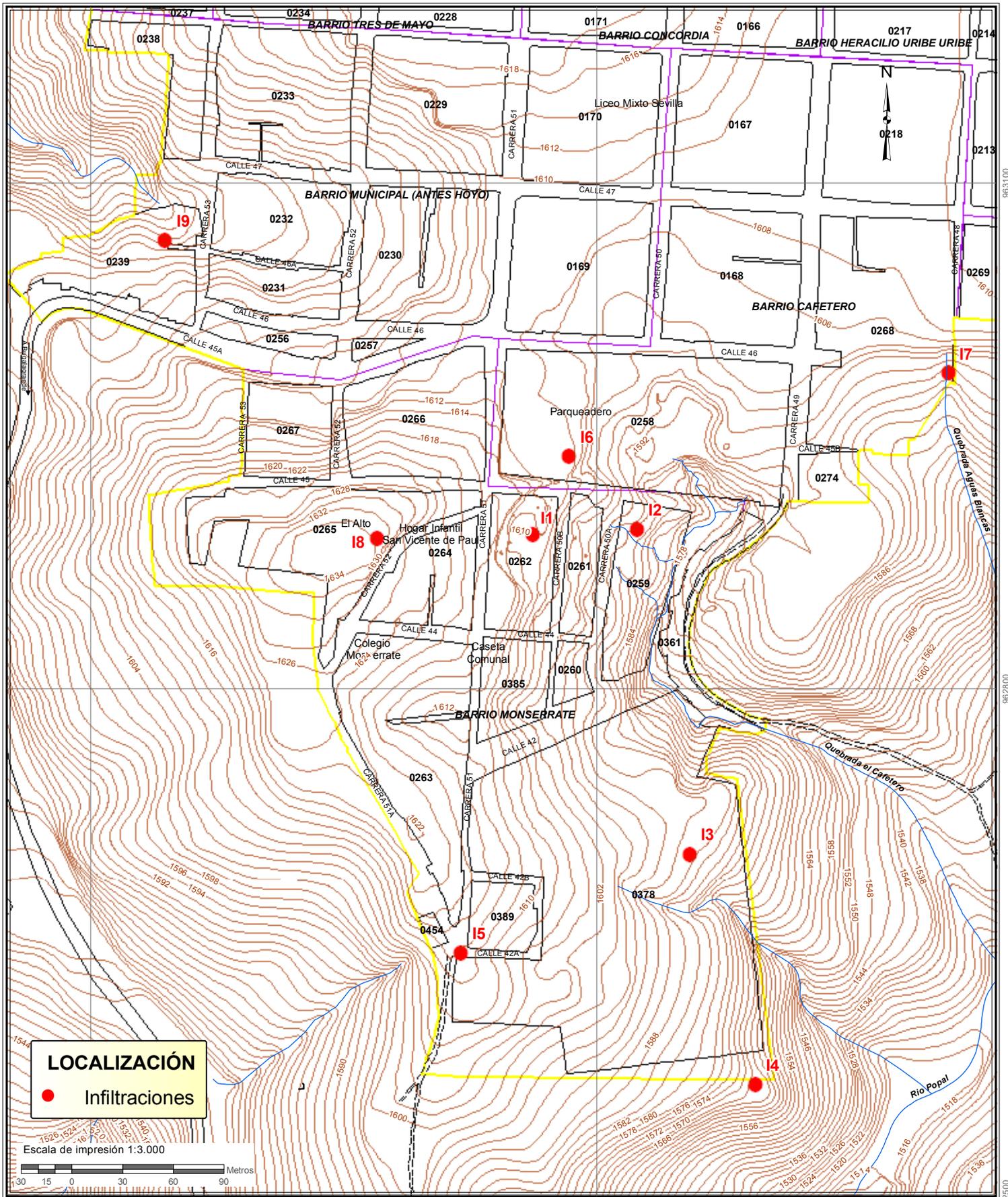
En el siguiente mapa de localización de medidas de infiltración, los puntos rojos representan la ubicación de los sitios donde se realizaron las pruebas de infiltración.

Las pruebas se realizaron con anillos infiltrómetros y la botella de Mariotte, equipo que fue facilitado en préstamo por parte de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, tal como se muestra en la Foto 6.1.



*Foto 6.1 Anillos infiltrómetros y la botella de Mariotte*

Se evaluaron la velocidad de infiltración y la lámina total de infiltración (infiltración acumulada) del suelo los días 12 al 18 de noviembre de 2011, los cuales corresponden a un periodo lluvioso, lo que reduce el tiempo en llegar a la infiltración base.



963100

962800

962500

**LOCALIZACIÓN**  
 ● Infiltraciones

Escala de impresión 1:3.000  
 30 15 0 30 60 90 Metros

- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - ~ Drenaje sencillo
  - ~ Curva De Nivel
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - == Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.14  
 LOCALIZACIÓN DE  
 MEDIDAS DE INFILTRACIÓN**

**Tabla 6.4 Descripción de los puntos de infiltración**

Prueba	I <sub>1</sub>
Lugar	Barrio Monserrate
Fecha	12/11/2011
Cobertura	Rastrojo
X	1126861.22
Y	962891.94

Prueba	I <sub>2</sub>
Fecha	Barrio Monserrate
Lugar	12/11/2011
Cobertura	Terreno desnudo, por movimiento de material
X	1126923.59
Y	962894.93

Prueba	I <sub>3</sub>
Fecha	12/11/2011
Lugar	Barrio Monserrate
Cobertura	Cultivo mixto de café y plátano
X	1126954.49
Y	962702.46

Prueba	I <sub>4</sub>
Fecha	14/11/2011
Lugar	Barrio Monserrate
Cobertura	Cultivo mixto de café y plátano
X	1126993.06
Y	962565.36

Prueba	I <sub>5</sub>
Fecha	16/11/2011
Lugar	Barrio Monserrate, Cercano al Hostal El Rancho
Cobertura	Pastos
X	1126819.19
Y	962643.57

Prueba	I <sub>6</sub>
Fecha	16/11/2011
Lugar	Barrio Monserrate, Parqueadero
Cobertura	Pastos
X	1126883.26
Y	962938.38

**Tabla 6.4 Descripción de los puntos de infiltración (Continuación)**

Prueba	I <sub>7</sub>
Fecha	17/11/2011
Lugar	Barrio El Cafetero
Cobertura	Cultivos mixtos de maíz, café y plátano
X	1127107.63
Y	962987.557

Prueba	I <sub>8</sub>
Fecha	17/11/2011
Lugar	Barrio Monserrate, Sector El Alto
Cobertura	Pastos y bosque de guadua
X	1126769.4
Y	962889.898

Prueba	I <sub>9</sub>
Fecha	18/11/2011
Lugar	Barrio Municipal
Cobertura	Cultivos mixtos de café y plátano
X	1126644.018
Y	963066.54

## Resultados

A continuación se presentan los resultados para la prueba I<sub>1</sub> realizada en el Barrio Monserrate en la zona con alta evidencia de movimiento en Masa bajo el Escarpe.

Una vez obtenidos los datos, se organizó y procesó en Excel para obtener las respectivas ecuaciones y gráficas. Se aplicó el modelo matemático de Kostiakov, cuyos parámetros se determinaron por medio de regresiones de tipo potencial con las cuales fue posible elaborar las curvas de velocidad de infiltración y lámina acumulada en función del tiempo. A continuación se presenta la ecuación de lámina de infiltración acumulada obtenida en las pruebas.

$$L = 5.332 T^{0.4001}$$

Donde:

L: Lámina de infiltración acumulada en mm.

T: Tiempo en minutos.

La siguiente ecuación representa la velocidad de infiltración en función del tiempo, para la prueba I<sub>1</sub>.

$$I = 2.2526 T^{-0.634}$$

Donde:

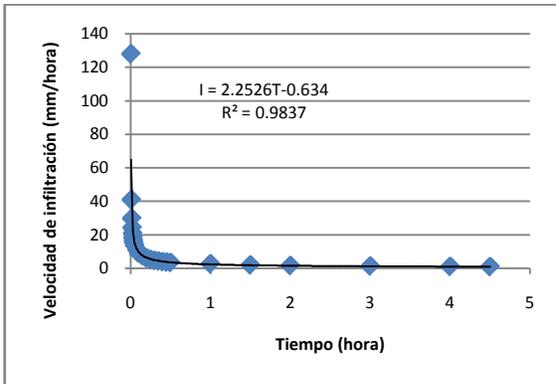
I: Velocidad de infiltración en mm/hora

T: Tiempo en minutos.

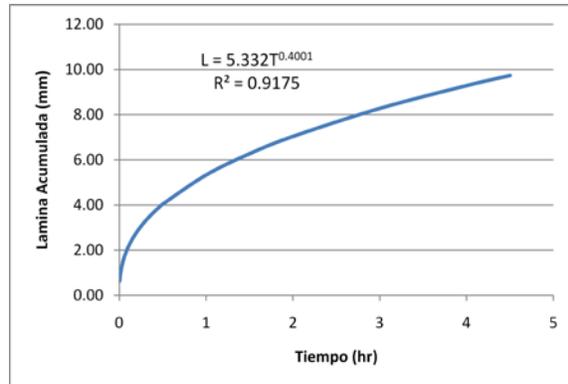
En la Tabla 6.3 se relacionan los valores que permiten clasificar la velocidad de infiltración, según el IGAC.

**Tabla 6.5** Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990)

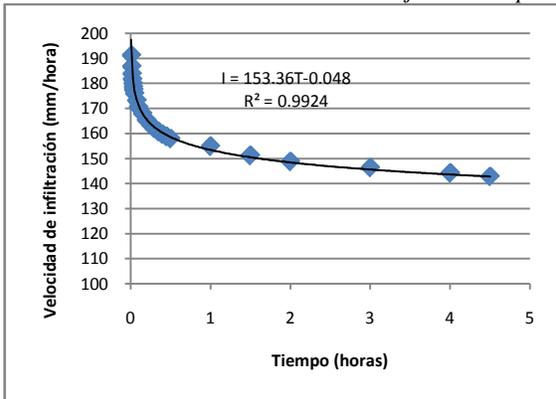
Velocidad de infiltración (mm/hora)	Interpretación
< 1	Muy lenta
1 – 5	Lenta
5 – 20	Moderadamente lenta
20 – 63	Moderada
63 – 127	Moderadamente rápida
127 – 254	Rápida
>254	Muy rápida



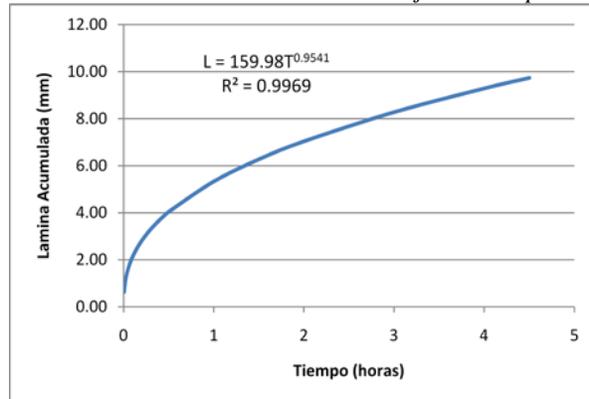
**Figura 6.4** Velocidad de infiltración I1 con alta evidencia de movimiento en masa bajo el escarpe.



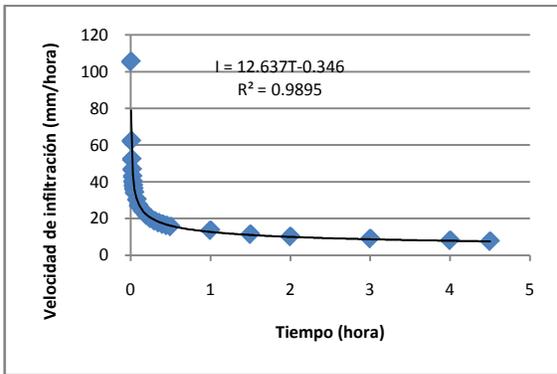
**Figura 6.5** Infiltración acumulada I1 con alta evidencia de movimiento en masa bajo el escarpe.



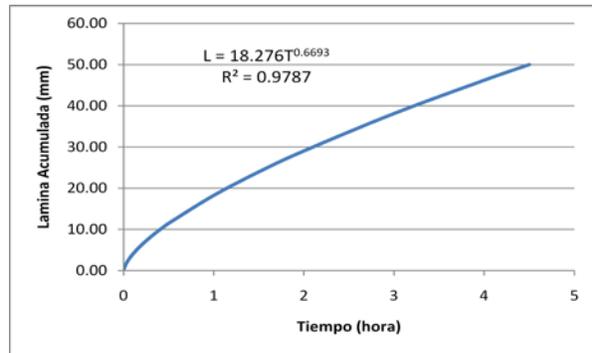
**Figura 6.6** Velocidad de infiltración I2.



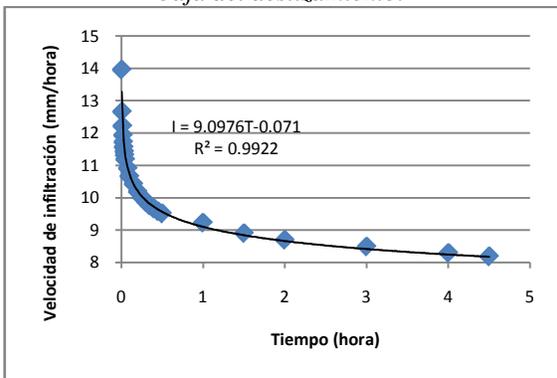
**Figura 6.7** Infiltración acumulada I2.



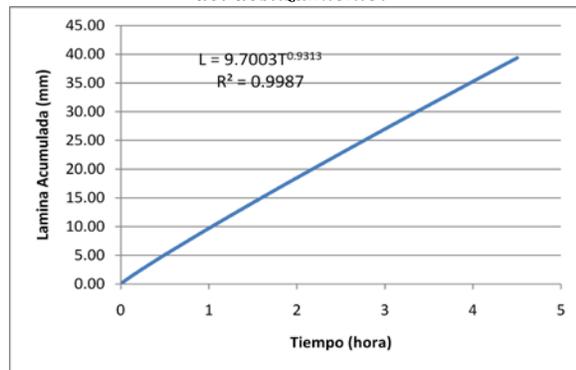
**Figura 6.8** Velocidad de infiltración I3, zona con alta evidencia de movimiento en Masa en la parte baja del deslizamiento.



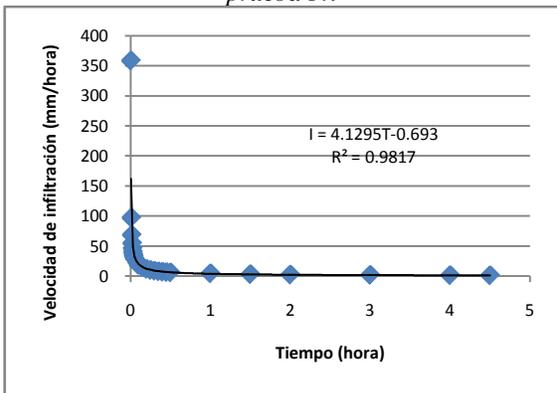
**Figura 6.9** Infiltración acumulada I3, zona con alta evidencia de movimiento en Masa en la parte baja del deslizamiento.



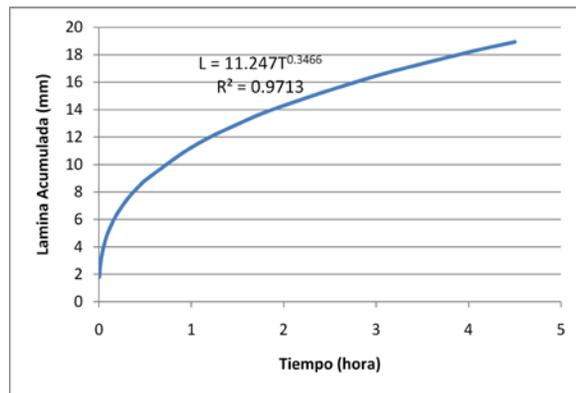
**Figura 6.10** Curva de velocidad de infiltración prueba I4.



**Figura 6.11** Infiltración acumulada prueba I4.



**Figura 6.12** Velocidad de infiltración prueba I5. Hostal El Rancho



**Figura 6.13** Infiltración acumulada prueba I5. hostal El Rancho

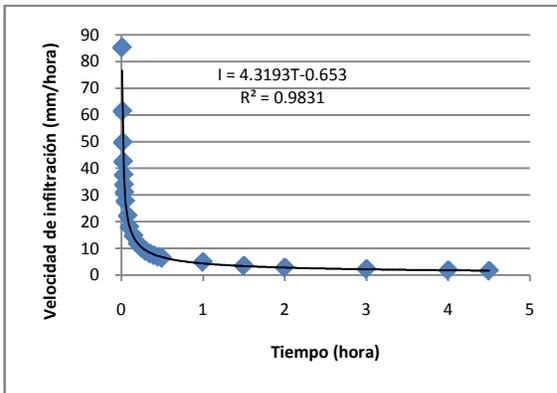


Figura 6.14 Infiltración acumulada prueba 16.

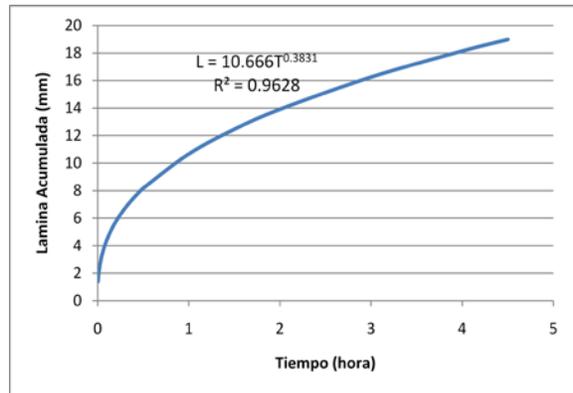


Figura 6.15 Velocidad de infiltración prueba 16.

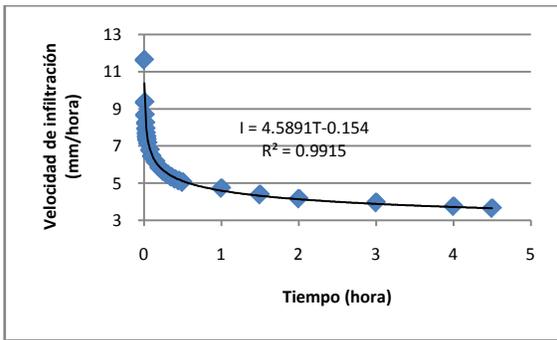


Figura 6.16 Velocidad de infiltración prueba 17

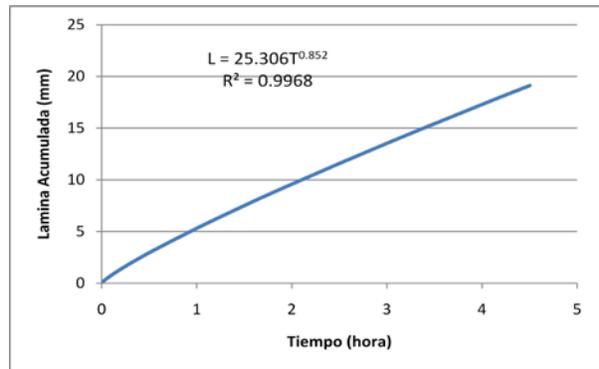


Figura 6.17 Infiltración acumulada prueba 17

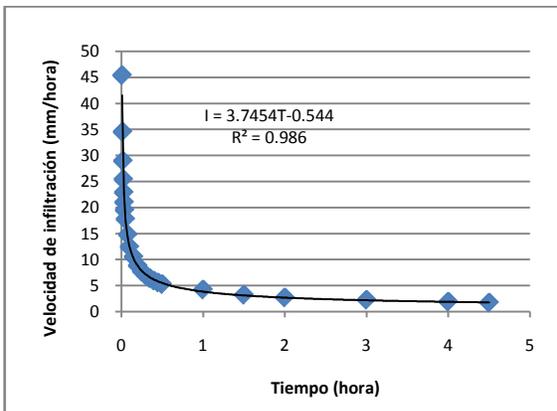


Figura 6.18 Velocidad de infiltración prueba 18.

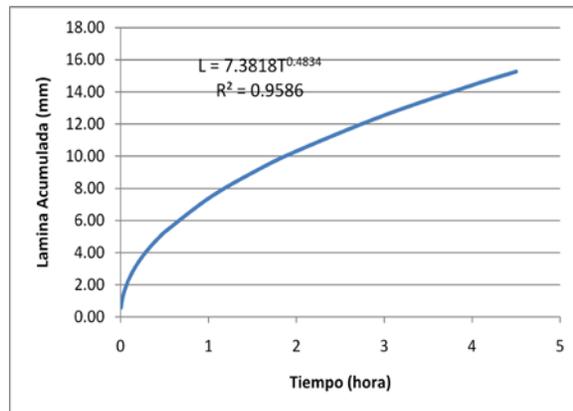


Figura 6.19 Infiltración acumulada prueba 18.

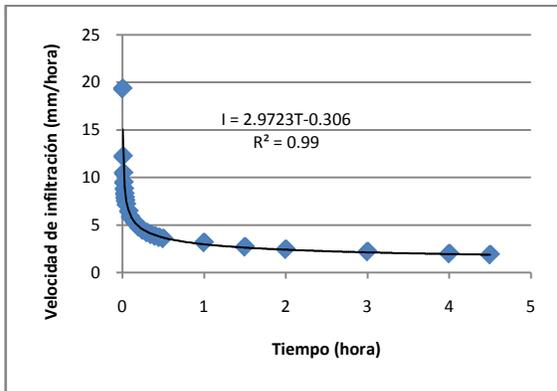


Figura 6.20 Velocidad de infiltración prueba 19.

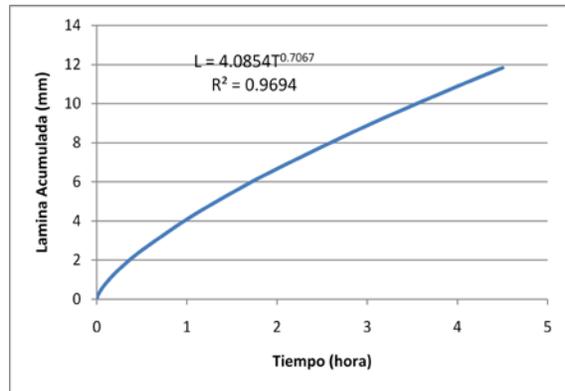


Figura 6.21 Infiltración acumulada prueba 19.

### 6.3.2 Descripción de los resultados

#### Prueba de infiltración I<sub>1</sub>

De acuerdo a las Figuras 6.4 y 6.5 de velocidad de infiltración en el punto I<sub>1</sub> realizada en el barrio Monserrate al interior de la zona con alta evidencia de movimiento en masa bajo el escarpe la velocidad de infiltración básica es igual a 2.2526 mm/h que corresponde a lenta.

#### Prueba de infiltración I<sub>2</sub>

La prueba I<sub>2</sub> realizada en el Barrio Monserrate en las Figuras 6.6 y 6.7 al interior de la zona con alta evidencia de movimiento en masa en la parte baja del deslizamiento la velocidad de infiltración básica es igual a 143.48 mm/h que corresponde a rápida. Este resultado se encuentra relacionado con el tipo de suelo que se encuentra en la zona ya que a partir del apique se observó terreno removido hasta los 2,5 m de profundidad.

#### Prueba de infiltración I<sub>3</sub>

De acuerdo a las Figuras 6.8 y 6.9 de velocidad de infiltración realizada en el barrio Monserrate en el punto I<sub>3</sub> la velocidad de infiltración básica es igual a 7.82 mm/h que corresponde a moderadamente lenta. Lo que se encuentra relacionado con el tipo de suelo que se encuentra en la zona ya que a partir del apique se observó terreno removido y arcillas color café.

#### Prueba de infiltración I<sub>4</sub>

De acuerdo a las Figuras 6.10 y 6.11 de velocidad de infiltración realizada en el barrio Monserrate cerca a la vía principal Sevilla – Uribe en el punto I<sub>4</sub> al Nor – Este de la zona de estudio la velocidad de infiltración básica es igual a 8,24 mm/h que corresponde a moderadamente lenta. Lo que se encuentra relacionado con el tipo de suelo que se encuentra en la zona el cual corresponde a capas de arcilla bien estructuradas.

### **Prueba de infiltración I<sub>5</sub>**

De acuerdo a las Figuras 6.12 y 6.13 de velocidad de infiltración realizada en el barrio Monserrate cerca al hostel El Rancho la velocidad de infiltración inicial es rápida pero la básica es igual a 1,93 mm/h que corresponde a lenta. Lo que se encuentra relacionado con las capas de suelo que se encuentran en la zona, que corresponde a material removido y después de 0,7m de profundidad arcillas.

### **Prueba de infiltración I<sub>6</sub>**

La prueba I<sub>6</sub> al interior del parqueadero en la entrada del pueblo, De acuerdo a las figuras 6.14 y 6.15 la velocidad de infiltración básica es igual a 1,74 mm/h que corresponde a lenta. Lo que se encuentra relacionado con los suelos en este espacio donde se encuentran muy compactados y además la presencia de arcillas mostrando en terreno un gran número de remansos de agua.

### **Prueba de infiltración I<sub>7</sub>**

De acuerdo a las figuras 6.16 y 6.17, la velocidad de infiltración básica es igual a 3,7068 mm/h que corresponde a lenta. Lo que se encuentra relacionado con la presencia de arcillas a partir de los 0,32 m de profundidad.

### **Prueba de infiltración I<sub>8</sub>**

La prueba I<sub>8</sub> realizada en el Barrio Monserrate en el guadual del sector El Alto (Figuras 6.18 y 6.19) , la velocidad de infiltración básica es igual a 1,74 mm/h que corresponde a lenta, relacionado con los suelos en este espacio donde se encuentran arcillas compactadas.

### **Prueba de infiltración I<sub>9</sub>**

A continuación se presentan los resultados para la prueba I<sub>9</sub> realizada en el Barrio Municipal. De acuerdo a las figuras 6.20 y 6.21 la velocidad de infiltración básica es igual a 1,94 mm/h que corresponde a lenta. Lo que se encuentra relacionado con los suelos arcillosos en esta zona.

## **6.4 USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO**

El componente hidrológico incluye la evaluación de la cobertura y usos del suelo, distribución espacial y temporal de las lluvias, análisis de la infiltración del agua en el suelo y la generación de los mapas de uso potencial y conflictos en el uso del suelo.

### **6.4.1 Uso actual del suelo**

Para la evaluación del uso actual del suelo en la zona de estudio correspondiente a los barrios Monserrate y Cafetero (Foto 6.2), localizados en la cabecera del municipio de Sevilla, Valle del Cauca. Se realizó un reconocimiento en campo de las principales coberturas y usos del suelo las cuales se compararon posteriormente con imágenes satelitales del año 2005.



*Foto 6.2 Panorámica zona del proceso Barrio Monserrate.*

Entre las actividades económicas predominantes en la zona se encuentra el cultivo de plátano y café, lo que les da a los pequeños agricultores una producción relativamente continua como se muestra en la Foto 6.3.



*Foto 6.3 Actividad agrícola predominante en la zona del Barrio Monserrate.*

A continuación se caracterizan las principales categorías para la evaluación del uso actual del suelo de acuerdo al estudio MIDAS 2010; donde las categorías fueron previamente establecidas con personal técnico de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca-CVC.

- **Agrícola:** Las tierras, aguas y bosques cuyo uso corresponde a las actividades del sector primario de manera permanente, por lo que son susceptibles de explotación renovable agrícola, pecuaria, piscícola o forestal.
- **Dotación:** Corresponde a las instalaciones donde se desarrollan actividades requeridas para las necesidades de la comunidad. Se consideran como usos condicionados, requiriendo para su aprobación, la revisión de su localización, la determinación de las características del uso propuesto y su compatibilidad con los usos circundantes, asegurándose de que no cause perjuicio a los vecinos.
- **Industria:** Es la unidad económica de producción o transformación de materias primas; propiedad de uno o varios individuos acreditada como tal por constancia o certificación del Ministerio de Industria. Las actividades industriales se clasifican en diferentes categorías, que van desde la industria artesanal hasta la industria pesada.
- **Comercial:** Entiéndase por uso comercial la actividad destinada al intercambio de bienes al por mayor o al detal.
- **Residencial:** Todo terreno que de acuerdo con el concepto general de urbanización se adecue específicamente para el uso principal de la vivienda, constituye un desarrollo urbanístico residencial; éstos se podrán desarrollar en cualquier parte del área urbana, con excepción de las zonas que específicamente se restringen por razones de incompatibilidad con otros usos asignados, inestabilidad, seguridad u otras razones ambientales.
- **Mixto:** En estas zonas se admiten predominantemente las actividades relacionadas con la generación de empleos y comprenden indiscriminadamente al conjunto de actividades heterogéneas como comercio, servicios, industrias no molestas, institucionales e incluso residenciales de mediana y alta densidad, ya sea aisladas o combinadas en una misma parcela.
- **Predio no edificado:** Son predios urbanos cuyas construcciones o edificaciones tengan un área inferior al 20% al área del terreno y un avalúo catastral en el que su valor sea inferior al veinticinco por ciento (25%) del valor del terreno.
- **Predio con alta evidencia de remoción:** Como su nombre lo indica es la zona del área objeto de estudio donde se encuentra una alta evidencia de procesos de remoción en masa.

Ya establecidas las categorías que van a ser asignadas para la realización del mapa de usos de suelo, y con base en las observaciones de la visita a campo donde se desarrolló el levantamiento de información espacial, se obtiene información georeferenciada de asentamientos urbanos con sus respectivos atributos, la cual fue digitalizada para su respectivo análisis.

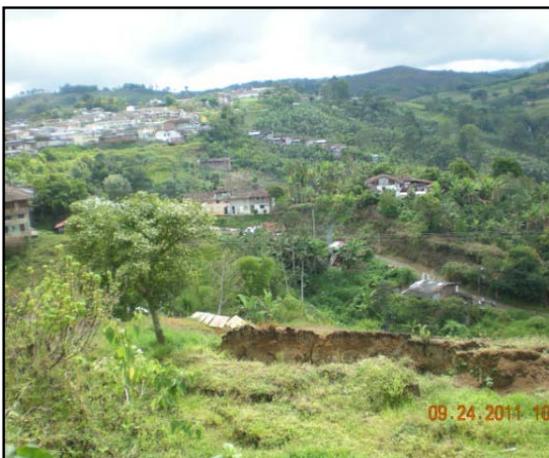
Las fotos 6.4 a 6.10 indican los diferentes usos del suelo presentes en la zona de estudio del barrio Monserrate y Cafetero, y el área aledaña a la zona de estudio.



**Foto 6.4** Panorámica tomada desde la parte inferior del deslizamiento en el barrio Monserrate.

La zona catalogada como de alta evidencia de remoción en masa se encuentra principalmente cubierta de rastrojo (Foto 6.4), en la parte superior del deslizamiento predomina el uso residencial (Foto 6.6), en el extremo norte los suelos son del tipo mixto y comercial (Fotos 6.7 y 6.8), en la parte inferior se caracteriza por usos agrícola y residencial, mientras que el sector sur del movimiento los usos corresponden a residencial y agrícola con cultivos mixtos de café y plátano (Fotos 6.9 y 6.10).

Como resultado del levantamiento de información en campo se generó el mapa de uso del suelo en los barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla (Mapa 6.15).



**Foto 6.5** Zona del deslizamiento, tomada desde la parte de arriba del escarpe.



**Foto 6.6** Zona alta del deslizamiento, se caracteriza por uso residencial.



**Foto 6.7** Zona norte del deslizamiento, vía principal Sevilla-Uribe uso mixto y comercial.



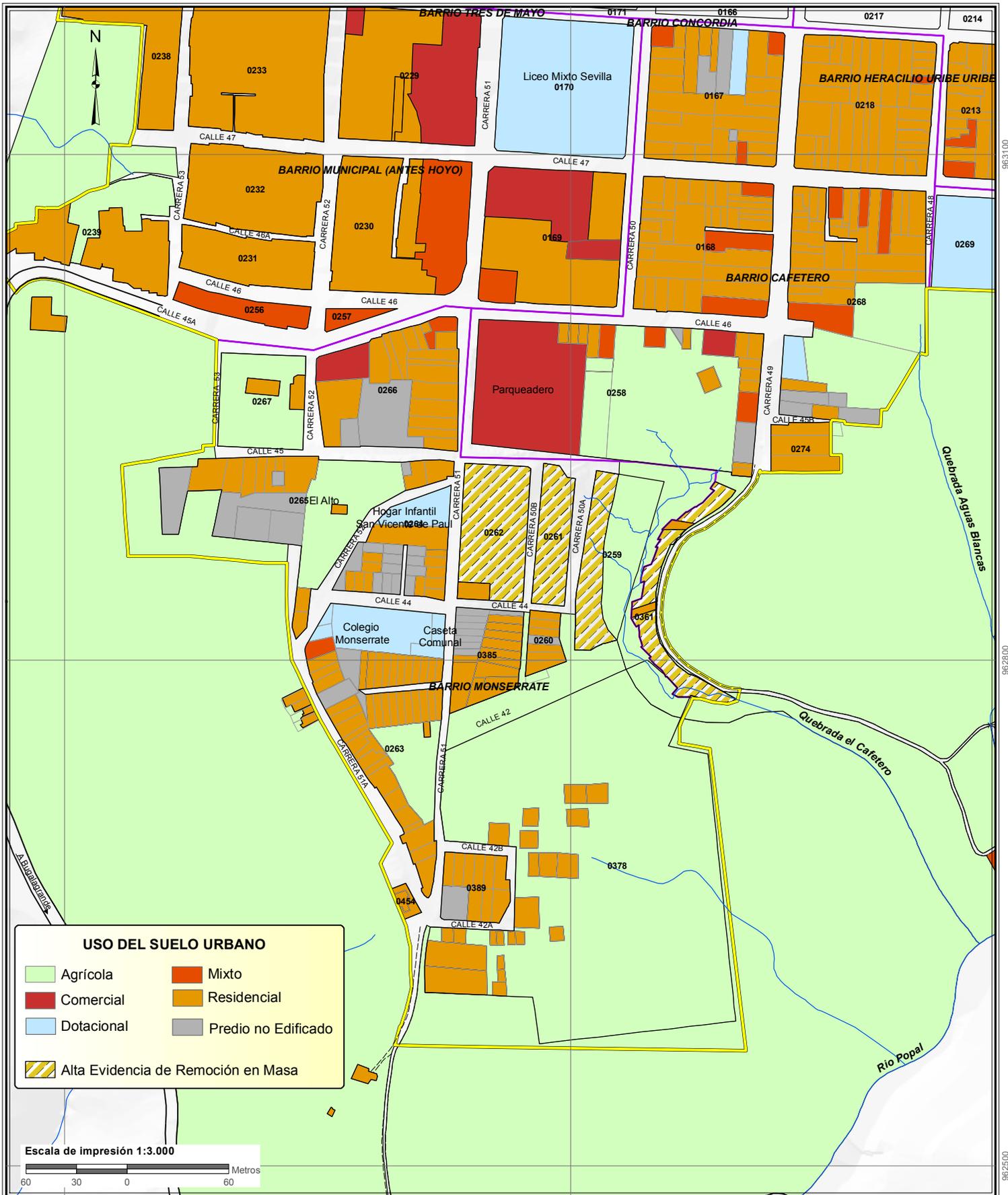
**Foto 6.8** Zona norte del deslizamiento, uso mixto y comercial (parqueadero).



**Foto 6.9** Zona baja del deslizamiento, uso agrícola y residencial.

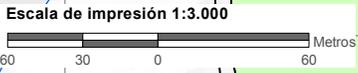


**Foto 6.10** Zona sur del deslizamiento, uso residencial y agrícola (Cultivo mixto de plátano y café).



**USO DEL SUELO URBANO**

Agrícola	Mixto
Comercial	Residencial
Dotacional	Predio no Edificado
Alta Evidencia de Remoción en Masa	



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.15**  
**USO DEL SUELO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

963100  
962800  
962500

En la Tabla 6.4 se muestra los porcentajes de uso del suelo, siendo la de uso agrícola el predominante en la zona objeto de levantamiento con 67,42 %, seguido por el uso residencial con un 21.06 %. Los usos comerciales aparecen en menor porcentaje 3,03%, de igual forma que el uso mixto con 2,94 %.

**Tabla 6.6** Distribución del uso de suelo en los barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla, Valle del Cauca

Uso del suelo	Área (ha)	Porcentaje
Agrícola	25,887	67.42
Alta evidencia de movimiento en masa	0,603	1.57
Comercial	1,164	3.03
Dotacional	1,392	3.62
Mixto	1,130	2.94
Predio no edificado	0,132	0.34
Residencial	8,088	21.06

#### 6.4.2 Cobertura del suelo

De igual forma que para la definición de los usos del suelo, la determinación de la cobertura del suelo se desarrolló a partir de visitas a campo, e imágenes satelitales del año 2005 de la zona de estudio.

Con el fin de caracterizar las coberturas del suelo en la zona de interés, se clasificaron las coberturas del uso de suelo a partir de fotografías levantadas, en los barrios Monserrate y Cafetero durante visita de campo, los días 25 y 26 de septiembre de 2011, tal como se referencian a continuación (Fotos 6.11 a 6.18).

Como producto del levantamiento de información en campo se generó el mapa de cobertura de uso en la zona de interés, barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla y zona aledaña a la misma (Mapa 6.16).



**Foto 6.11** Bosque de guadua

**Foto 6.12** Bosque plantado



**Foto 6.13** *Café*



**Foto 6.14** *Cultivos Mixtos*



**Foto 6.15** *Pastos*



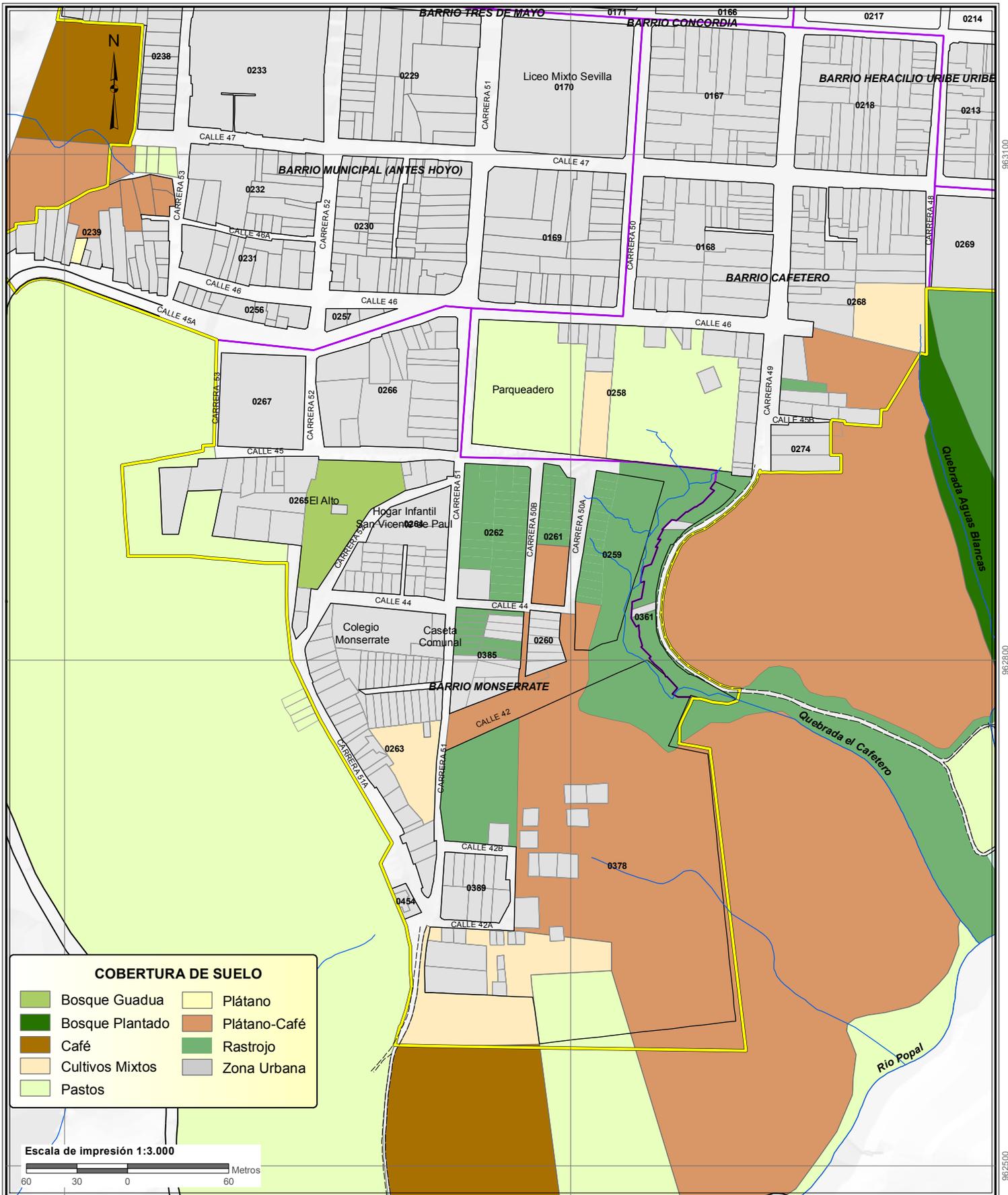
**Foto 6.16** *Plátano*



**Foto 6.17** *Plátano-Café*

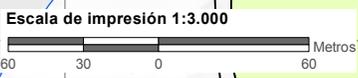


**Foto 6.18** *Rastrojo*



**COBERTURA DE SUELO**

	Bosque Guadua		Plátano
	Bosque Plantado		Plátano-Café
	Café		Rastrojo
	Cultivos Mixtos		Zona Urbana
	Pastos		



**CONVENCIONES**

	Perímetro Urbano		Camino
	Perímetro Barrio		
	Perímetro de Manzana		
	Predios		
	Drenaje sencillo		
	Carretera principal		
	Vía Secundaria o sin pavimentar		



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.16**  
**COBERTURA DEL SUELO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

963100  
962800  
962500

### 6.4.3 Conflicto de uso

El conflicto por uso del suelo se define como la diferencia entre la oferta productiva del suelo y el uso que se le da al suelo en el momento. Para establecer niveles o grados de conflicto y además determinar el lugar donde se da este conflicto se comparan los mapas de oferta productiva del suelo o uso potencial con el de uso actual. La metodología utilizada fue de tipo descriptivo-explicativo ya que no hay a nivel de dicha escala una cartografía con el uso potencial y solo se tuvo en cuenta las pendientes, porque la disponibilidad de información, siendo un indicador de la pérdida de suelo y, además, el tipo de cobertura.

Cabe mencionar que en el área de estudio no hay ningún sistema de riego, la escorrentía es natural y además, no se utiliza maquinaria pesada.

De dicha comparación pueden resultar tres situaciones:

- No hay problema por la pendiente en dicha cobertura. Sin conflicto.
- Hay problema con las pendientes, moderado. Conflicto moderado, existe una subutilización del suelo.
- Las pendientes son muy altas para un tipo de cobertura y es posible que se esté perdiendo suelo en dichas áreas. Conflicto alto.

A continuación en la Figura 6.22 se presenta la clasificación del conflicto por uso del suelo determinado a partir del cruce entre el uso actual o cobertura y la pendiente, metodología suministrada por la el grupo de Sistemas de Información Geográfica de la CVC.

USO ACTUAL COBERTURAS		CONFLICTO POR USO DEL SUELO							
1	VEGETACION DE PARAMO	VP							
2	BOSQUE NATURAL	BN	SIN CONFLICTO						
3	RASTROJO	RA							
4	BOSQUE PLANTADO	BP							
5	CULTIVOS PERMANENTES	CP							
6	SILVOAGRICOLA	SA							
7	SILVOPASTORIL	SP							
9	CULTIVOS SEMIPERMANENTES	CPS							
10	PASTOS	PN							
11	CULTIVOS TRANSITORIOS	CT							
12	PARCELACIONES	PR							
13	CANTERAS	TD							
PENDIENTE			0-3	3-12	12-25	25-50	50-75	>75	
USO POTENCIAL			ZONA PRODUCTORA			PD PT	ZONA PROTECTORA		PROFUNDIDAD
1	PECUARIO	P	Pa	Pb	Pc				< 25 cms
2	AGRICOLA	C	C1	C2	C3	C4			> 25 cms
3	FORESTAL	F	F1a	F1b	F1c	F1d	F2	F3	> 50 cms
4	ZONAS DE RESERVA	R						R	AF

Figura 6.22 Clasificación del Conflicto por uso del suelo

Se tomó la clasificación del uso del suelo en el área de estudio, mencionado en el numeral anterior, se hallaron las áreas de cada cobertura, tal como se indica en la Tabla 6.5.

**Tabla 6.7** *Distribución de la cobertura de uso en los barrios Monserrate y Cafetero del Municipio de Sevilla, Valle del Cauca*

Cobertura de uso	Área (m <sup>2</sup> )
Bosque de Guadua	2625,0034
Bosque Plantado	4809,1236
Café	17170,5629
Cultivos Mixtos	8084,4769
Pastos	120486,8798
Plátano	101,0421
Plátano-Café	83770,8608
Rastrojo	30474,14

La cobertura se reclasificó en cuatro categorías, y a partir de estas se cruzó con las pendientes y se obtiene la clasificación del conflicto de uso.

**Tabla 6.8** *Reclasificación de la cobertura de uso*

Cobertura de uso (reclas)	Área (m <sup>2</sup> )
Bosque	7434,13
Cultivos	109126,94
Pastos	120486,88
Rastrojo	30474,14

Existen áreas que tienen cobertura boscosa, pero no están bajo ningún régimen de protección.

La pendiente se clasificó con base en la Figura 6.22 en seis (6) categorías, de 0 a 3%, 3-12%, 12-25%, 25-50%, 50-75%, >75%.

Pendiente  
aprox. 85%



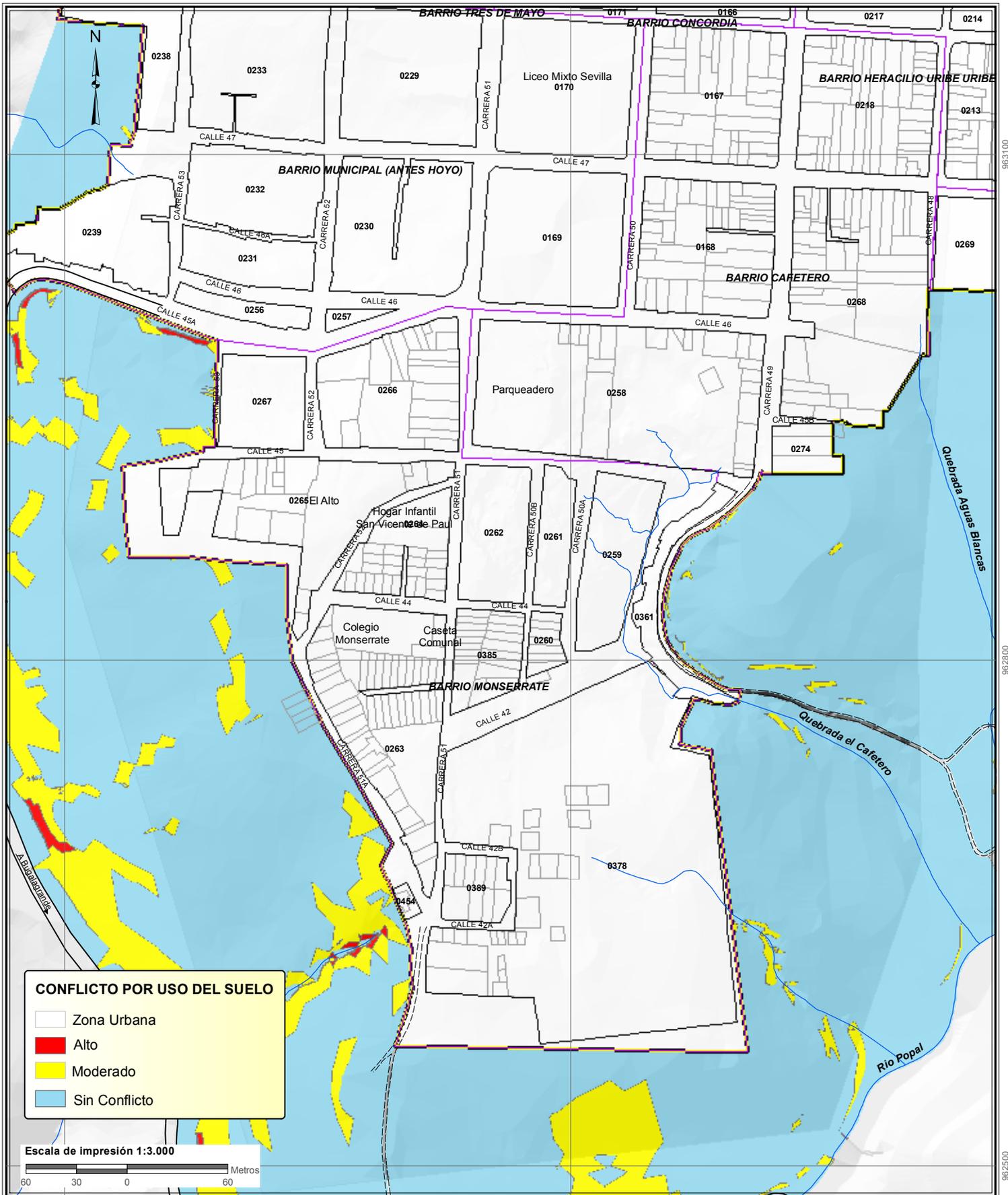
*Figura 6.23 Pendiente*

El conflicto por uso del suelo se presenta cuando las exigencias del uso establecido exceden las posibilidades ofrecidas por el suelo en forma natural, es decir, el uso actual no corresponde con el uso potencial del suelo.

*Tabla 6.9 Clasificación del conflicto por uso del suelo*

CONFLICTO (m <sup>2</sup> )	
Nivel	Área
Alto	1129,6427
Moderado	26660,6687
Sin Conflicto	170959,471

Conforme a la clasificación de la Tabla 6.9, se presenta en el Mapa 6.17 donde se observan las áreas en conflicto por uso del suelo en proximidades al área de estudio.



**CONFLICTO POR USO DEL SUELO**

- Zona Urbana
- Alto
- Moderado
- Sin Conflicto

Escala de impresión 1:3.000



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Noviembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 6.17**  
**CONFLICTO POR USO DEL SUELO**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

## **7 GEOFÍSICA Y GEOTECNÍA**

## 7 GEOFÍSICA Y GEOTECNÍA

### 7.1 EXPLORACIÓN INDIRECTA - ENSAYOS DE REFRACCION SÍSMICA

#### 7.1.1 Método de refracción sísmica

La prospección por refracción estudia la propagación en el subsuelo de una perturbación producida por una explosión. A través de la medida de tiempo de arribo a la superficie determina la variación espacial de propiedades elásticas de las rocas. El dispositivo de medida consta en superficie de una fuente de explosión (S) y una línea de geófonos regularmente espaciados y un sismógrafo).

Este método de exploración se encuentra ampliamente desarrollado en diversos libros (Ramírez y Durán, 1957; Parasnis, 1971; Astier, 1982; Robinson and Çoruh, 1988; Sarria, 1996), de donde se deducen algunas de las características de su aplicación, que se pueden enumerar de la siguiente manera:

- a. Es un método de reconocimiento de poco detalle.
- b. Aunque cuando los registros son claros pueden detectarse fases tardías, generalmente sólo se mide tiempo de arribo de ondas primarias a la superficie.
- c. Su uso es de gran utilidad para el reconocimiento de estructuras donde se presenta una capa de alta velocidad debajo de otra de menor velocidad.
- d. Se usa para determinar la profundidad de la roca dura, por lo cual su uso es muy frecuente en trabajo de ingeniería en la construcción de obras civiles y de infraestructura.

El tiempo de llegada de las fases sísmicas al geófono está relacionado con la distancia al punto de impacto y a la profundidad de la superficie límite donde se presenta el cambio de velocidad de propagación. Una vez que se han determinado las velocidades, el espesor de la capa superior puede hallarse a partir del punto de ruptura en el que se cortan las dos líneas. Si se considera que  $X_c$  es la distancia crítica (Figura 7.1).

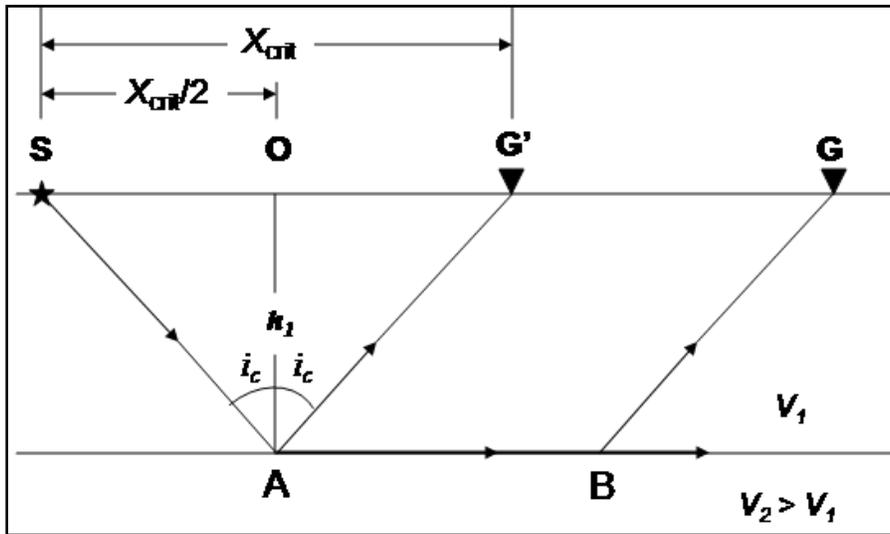


Figura7.1 Distancia mínima observada para ondas refractadas desde una superficie plana horizontal.

Dado que  $V_2 > V_1$ , el rayo crítico desde la fuente (S) es refractado a lo largo de la interface y regresa a la superficie y es registrado por los geófonos G' y G. La onda refractada desde A a G' es la primera onda refractada observada, y la distancia mínima para detección de la onda refractada es llamada distancia crítica. Cualquier punto sobre el refractor ubicado más allá de A refracta rayos a la superficie. La distancia crítica ( $X_{crit}$ ) se expresa como:

$$X_{crit} = \frac{2h_1}{\left[ \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^2 - 1 \right]^{1/2}}$$

Esta ecuación indica que la distancia crítica es directamente proporcional al espesor a la capa superficial de la capa e inversamente proporcional a la razón de las velocidades  $V_2/V_1$ . Para un espesor de la capa dado, mientras mayor sea el contraste de velocidad, menor es la distancia crítica a lo largo de la cual las ondas refractadas no pueden ser detectadas. En este caso, la ecuación de la distancia crítica puede útil para planear el espaciamiento de los geófonos para un estudio de refracción sísmica si es posible realizar una estimación preliminar de la diferencia de velocidades que se espera encontrar. Por ejemplo supóngase que  $V_1 = 1000$  m/s y  $V_2 = 1414$  m/s, por tanto la relación  $V_2/V_1 = \sqrt{2}$ . Para este caso, se tiene que:

$$X_{crit} = 2h_1$$

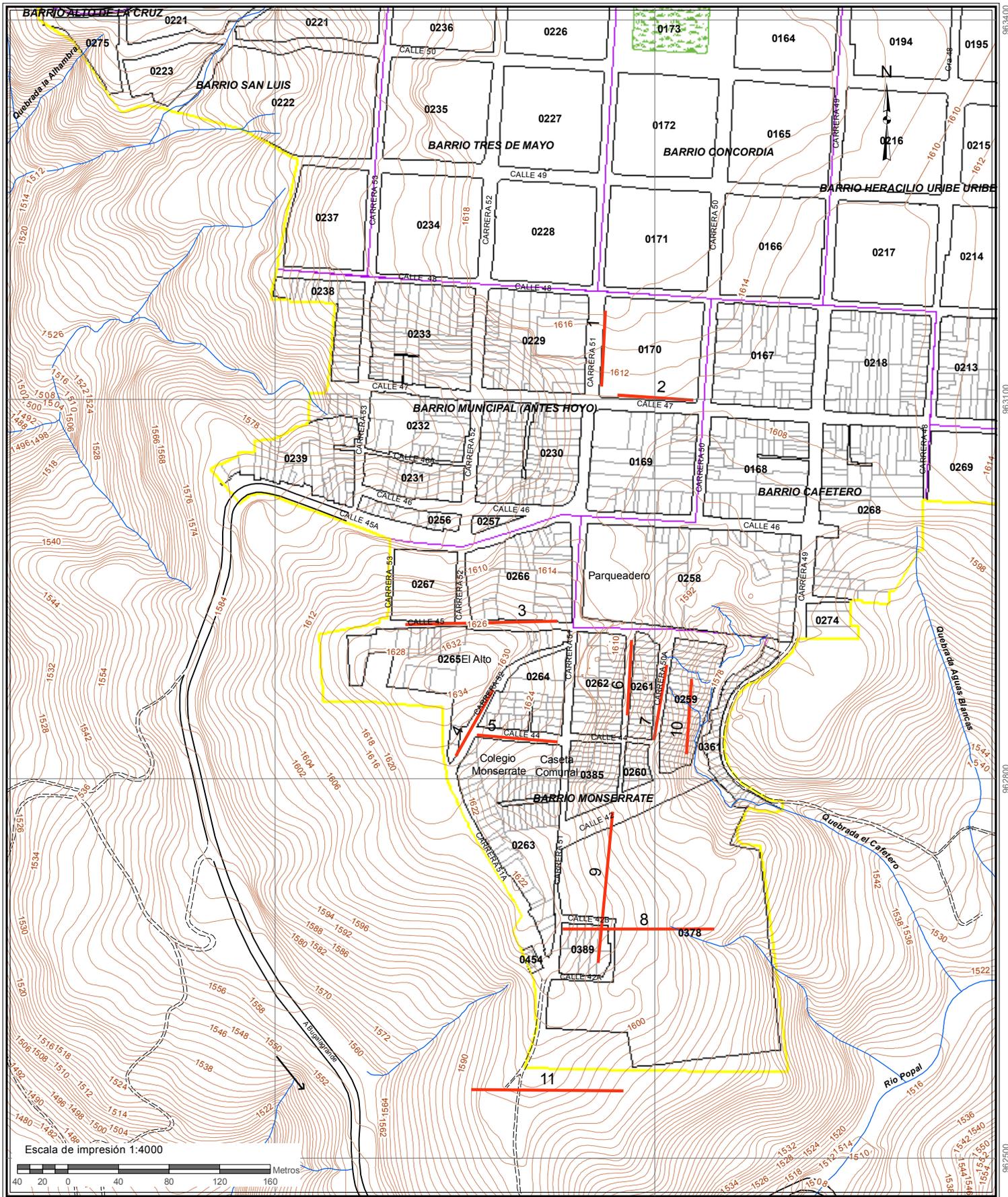
Por lo tanto, se puede esperar detectar una onda refractada si existe una frontera a una profundidad menor que la mitad de la distancia desde la fuente a un geófono (Robinson and Çoruh, 1988).

### 7.1.2 Equipo y adquisición de datos

Se trazaron 11 Líneas Sísmicas cuya distribución cubre el área de estudio, en especial la zona del deslizamiento que ha venido generando críticos problemas a los habitantes del barrio Monserrate (Mapa 7.1); en la Tabla 7.1 se presentan las zonas de ubicación y respectivas coordenadas de cada una de las líneas de refracción sísmicas consideradas.

**Tabla 7.1** Ubicación de las líneas de refracción sísmica realizadas en la zona

LINEA No	UBICACIÓN	INICIO		FIN	
		X	Y	X	Y
1	Liceo Mixto Sevilla	1126857,78	963110,09	1126861,00	963170,00
2	Liceo Mixto Sevilla	1126930,15	963099,50	1126870,27	963103,27
3	Calle 45 entre Carrera 51 y 53	1126702,87	962921,99	1126822,84	962924,49
4	Carrera 51 (Arriba del Hogar Infantil)	1126742,72	92817,99	1126772,13	962870,28
5	Escuela Monserrate (Calle 44)	1126222,49	962830,02	1126761,23	962831,97
6	Bajo el Muro desplomado	1126878,16	962850,80	1126881,53	962909,66
7	Cuerpo del deslizamiento	1126899,23	962830,30	1126909,46	962890,15
8	Calle 42 entre la Carrera 51 y el Cauce	1126827,00	962681,00	1126947,00	962681,00
9	Carrera 50B desde la Calle 43	1126866,74	962773,73	1126855,27	962654,28
10	Pata del Talud, sobre cauce	1126924,86	962819,14	1126929,00	962879,00
11	Carrera 51ª, Mirador de Sevilla	1126755,00	962554,00	1126874,99	962553,00



Escala de impresión 1:4000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Predios
- Parques
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino
- Drenaje sencillo
- Curva De Nivel



**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 7.1**  
**LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

963400  
963100  
962800  
962500

Para la adquisición de los datos sísmicos se utilizó un Sismógrafo de doce canales Modelo RAS-24 (Figura 7.2), con arreglos de 12 y 24 canales en diferentes casos, selección que dependía de la viabilidad de instalar los respectivos arreglos. El equipo utiliza el software RAS-24 para la adquisición de datos, donde los datos de entrada de configuración son el SampleRate, Número de Golpes, la Ganancia, Tiempo de Lectura y sensibilidad del Trigger; en la Tabla 7.2 se presentan las características de cada uno de los arreglos. Para generar las ondas sísmicas, el impacto de los “tiros” se utilizó una platina de hierro de 30 cm x 30 cm y un “mazo” de 30 libras de peso.



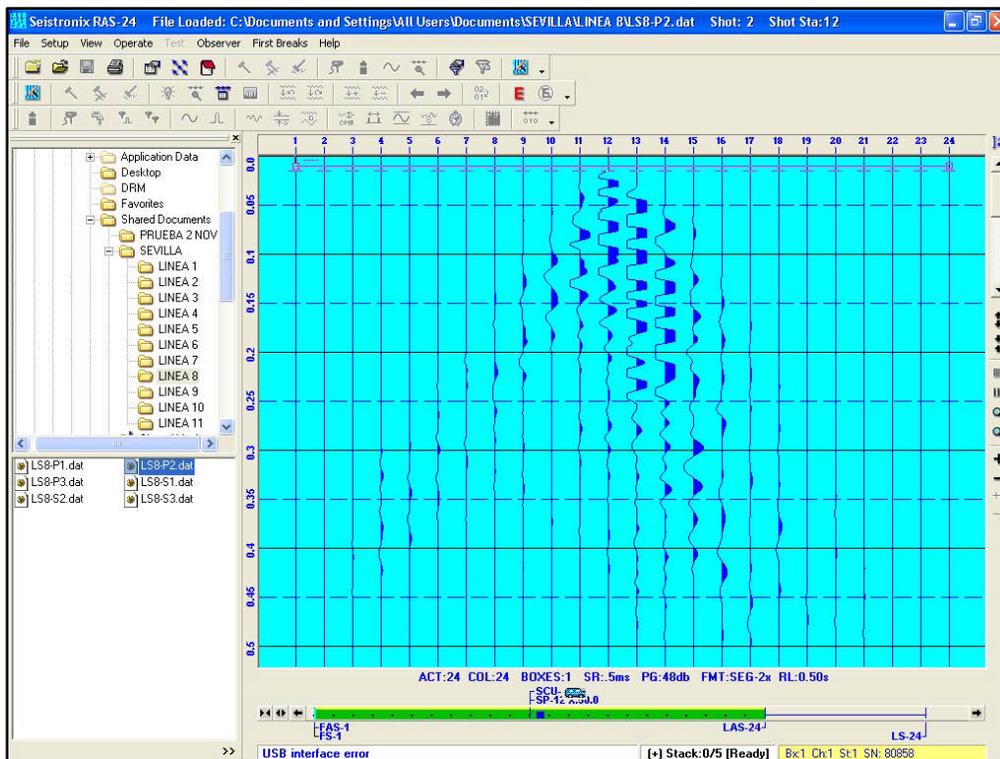
*Figura 7.2 Seistronix RAS-24*

*Tabla 7.2 Características de las líneas de refracción*

<b>LINEA</b>	<b>No. de Canales</b>	<b>No. de Puntos de Golpeo</b>	<b>No. de Golpes</b>	<b>SampleRate [ms]</b>	<b>Ganancia [db]</b>	<b>Tiempo de Lectura [s]</b>	<b>Sensibilidad</b>
1	12	7	10	0.5	36	5	Media
2	12	7	10	0.5	36	5	Media
3	24	15	10	0.5	36	5	Media
4	12	7	10	0.5	36	5	Media
5	12	7	10	0.5	36	5	Media
6	12	7	10	0.5	36	5	Media
7	12	7	10	0.5	36	5	Media
8	24	15	10	0.5	48	5	Media
9	24	15	10	0.5	48	5	Media
10	12	7	10	0.5	36	5	Media
11	24	15	10	0.5	36	5	Media

### 7.1.3 Interpretación de resultados

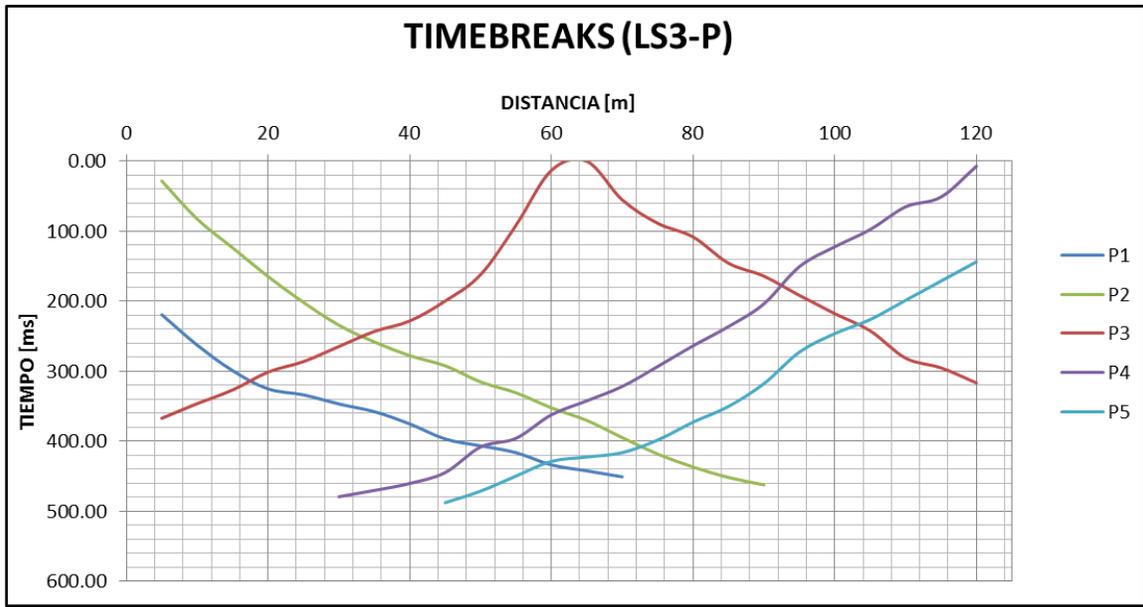
En la Figura 7.3 se presenta un ejemplo de los datos recolectados por el equipo Ras-24. Para la interpretación de los datos recolectados en campo, se hizo uso del software Rayfract, el cual toma los datos procesados por el equipo RAS-24 y a partir de interpolaciones genera tomografías del subsuelo, con las que se pueden determinar los diferentes espesores del suelo a partir de las velocidades de onda. Mediante el software Rayfract, se identifican los primeros puntos de llegada para cada uno de los geófonos en cada golpe, dichos puntos de llegada son utilizados para un análisis de cada una de las líneas, mediante el uso de la metodología propuesta por el Explosive Excavation Research Laboratory Livermore de California, en el documento “Seismic Refraction Exploration for Engineering site Investigations”<sup>2</sup>.



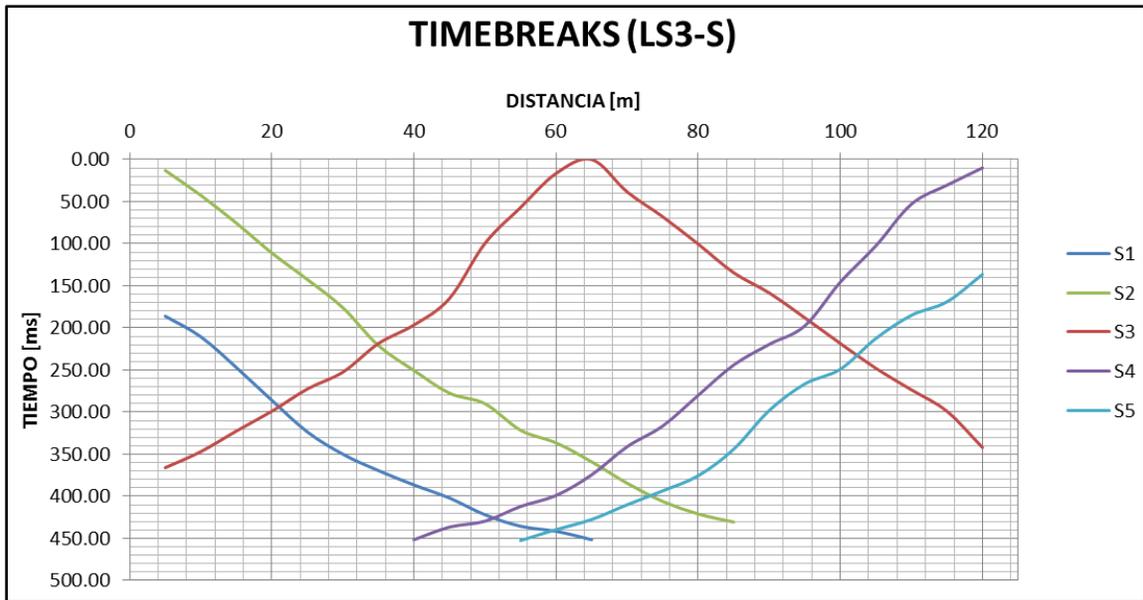
*Figura 7.3 Visualización RAS-24*

En las Figuras 7.4 a 7.7 se presentan las pendientes de los Timebreaks para cada uno de los golpes, y unas Dromocronas para uno de los golpes analizados.

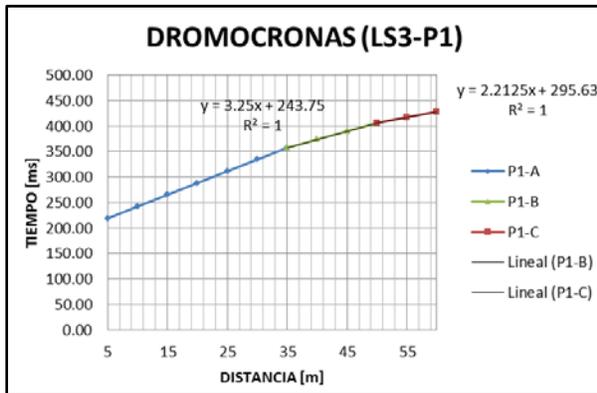
<sup>2</sup> REDPATH Bruce B. Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California. AD-768 710. May 1973.



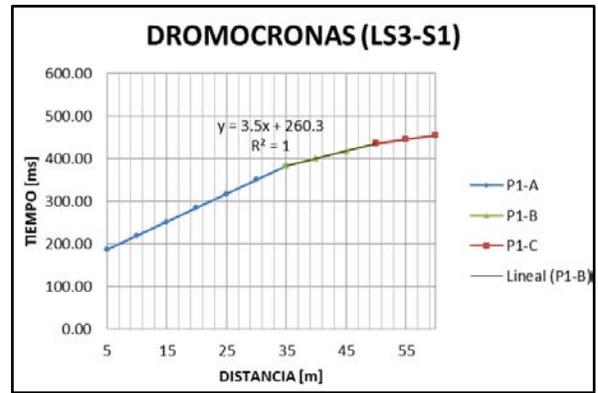
*Figura 7.4 Timebreaks Ondas P*



*Figura 7.5 Timebreaks Ondas S*



*Figura 7.6 Dromocronas Golpe 1 Ondas P*



*Figura 7.7 Dromocronas Golpe 1 Ondas S*

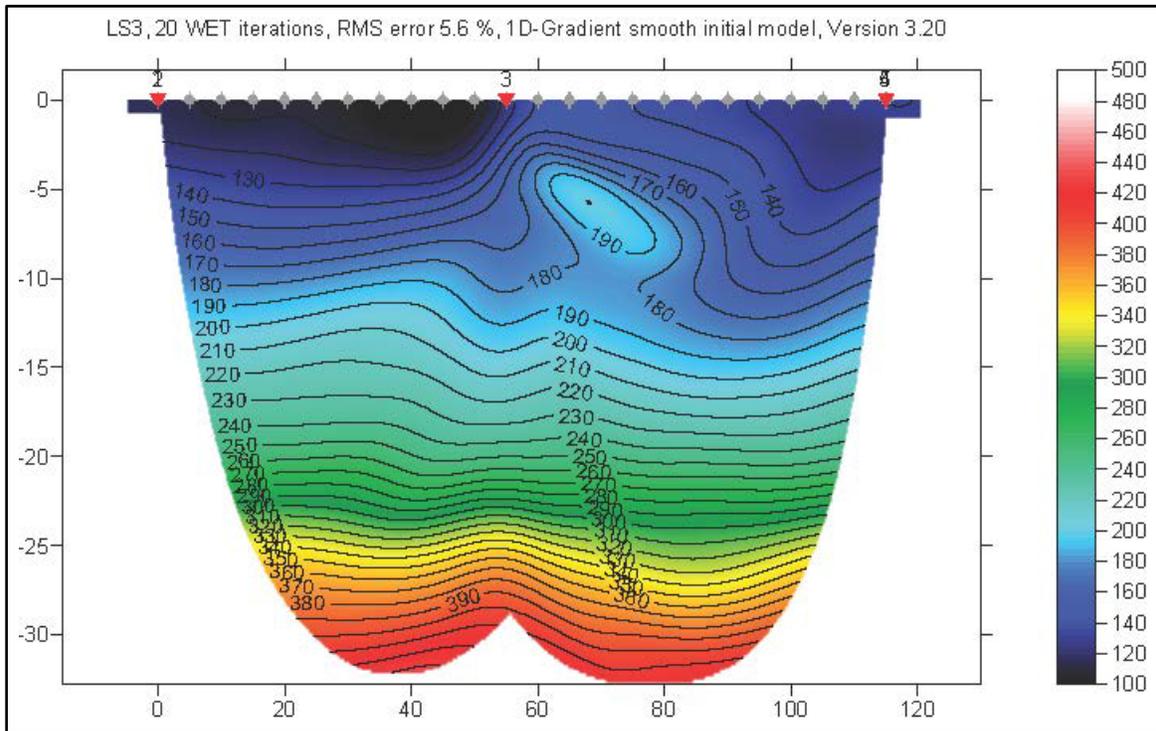
Tanto en la Figura 7.4 y Figura 7.5, se observan los timebreaks de las ondas P y las ondas S del primer punto de medición, donde se observa el tiempo de llegada de la perturbación a cada geófono, diferenciado en distancia (separación de 5.0m entre geófonos); en dichas figuras, se identifican además las pendientes de viaje de las ondas a lo largo del suelo, las cuales son utilizadas para el cálculo de las velocidades de onda en cada caso.

En la Figura 7.6 y Figura 7.7, se observan las graficas de distancia recorrida contra tiempo de viaje para dos diferentes golpes y registros de los geófonos donde se identifican las diferentes tendencias provenientes de las pendientes determinadas a partir de los timebreaks.

Finalmente, el software Rayfract genera la tomografía de las velocidades del subsuelo, las cuales son comparadas con las velocidades obtenidas mediante la metodología de análisis, para así obtener los espesores de los estratos de suelo aflorante en la zona de estudio, identificándolas con las velocidades de ondas planas y velocidades de ondas de corte (ver Tabla 7.2 y Figura 7.8).

**Tabla 7.3 Estratos identificados**

LINEA	ESTRATO	Vp [m/s]	Profundidad [m]	Vs [m/s]	Profundidad [m]	Profundidad media [m]
<b>LS1</b>	1	0 - 160	4	0 - 132	5	4.5
	2	160.1 - 250	15	132.1 - 255	10	12.5
	3	> 250.1	> 15	> 255.1	> 10	> 12.5
<b>LS2</b>	1	0 - 230	4	0 - 160	3	3.5
	2	230.1 - 300	17	160.1 - 310	7	12
	3	> 300.1	> 17	310.1	> 7	> 12
<b>LS3</b>	1	0 - 180	10	0 - 170	10	10
	2	180.1 - 310	26	170.1 - 290	23	24.5
	3	> 310.1	> 26	> 290.1	> 23	> 24.5
<b>LS4</b>	1	0 - 170	3	0 - 125	5	4
	2	170.1 - 320	17	125.1 - 250	15	16
	3	> 320	> 17	> 250.1	> 15	> 16
<b>LS5</b>	1	0 - 220	8	0 - 130	7	7.5
	2	220.1 - 400	15	130.1 - 250	15	15
	3	> 400.1	> 15	> 250.1	> 15	> 15
<b>LS6</b>	1	0 - 220	10	0 - 130	6	8
	2	220.1 - 300	19	130.1 - 250	16	17.5
	3	> 300.1	> 19	> 250.1	> 16	> 17.5
<b>LS7</b>	1	0 - 140	5	0 - 130	5	5
	2	140.1 - 350	18	130.1 - 270	13	15.5
	3	> 350.1	> 18	> 270.1	> 13	> 15.5
<b>LS8</b>	1	0 - 160	7	0 - 140	8	7.5
	2	160.1 - 325	25	140.1 - 340	27	26
	3	> 325.1	> 25	> 340.1	> 27	> 26
<b>LS9</b>	1	0 - 170	10	0 - 155	8	9
	2	170.1 - 250	17	155.1 - 310	2	9.5
	3	250.1 - 530	> 17	310.1 - 500	32	32
	4	> 530.1	> 17	> 500.1	> 32	> 24.5
<b>LS10</b>	1	0 - 160	11	0 - 140	10	10.5
	2	160.1 - 270	18	140.1 - 230	16	17
	3	> 270.1	> 18	> 230.1	> 16	> 17



**Figura 7.8** Tomografía del Terreno, Velocidades de Corte ( $V_s$ ), Punto de Golpeo 3

En la Tabla 7.3 se observan para cada una de las mediciones realizadas, la cantidad de estratos identificados después del análisis de cada línea, y las velocidades identificadas para cada estrato, tanto las velocidades de onda P y las velocidades de onda S; finalmente en la última columna, se presenta la profundidad media determinada para cada uno de los estratos. En la Figura 7.8, se presenta una tomografía el terreno determinada a partir de las velocidades de corte de la línea 3, donde se observan la variación de las velocidades de corte a medida que se aumenta la profundidad.

## 7.2 EXPLORACIÓN DIRECTA – APIQUES Y PERFORACIONES

Con el fin de conocer en detalle el perfil estratigráfico del material aflorante en la zona se realizaron 14 apiques y 2 perforaciones mecánicas por percusión hasta una profundidad de 8 y 10 metros. Mediante los apiques se obtuvieron muestras inalteradas, que fueron la base para la descripción estratigráfica del depósito; las líneas sísmicas fueron utilizadas como complemento, obteniendo las velocidades de onda y para identificar el espesor de los estratos. En el Mapa 7.2 se presenta la ubicación de las perforaciones y los apiques realizados.



- Exploración directa mediante apiques

En la Tabla 7.4, se presentan las coordenadas planas de ubicación de los apiques realizados en el área de estudio.

**Tabla 7.4** Ubicación de apiques realizados en el área de estudio.

APIQUE No	X	Y
AP 1	1126861,22	962891,94
AP 2	1126883,14	962901,6
AP 3	1126923,59	962894,93
AP 4	1126954,49	962702,46
AP 5	1126993,06	962565,36
AP 6	1126827,57	962698,33
AP 7	1126819,19	962643,57
AP 8	1126782,29	962714,05
AP 9	1126843,01	962937,44
AP 10	1126769,4	962889,898
AP 11	1127107,63	962987,557
AP 12	1126857,33	963104,976
AP 13	1126719,48	962959,98
AP 14	1126644,02	963066,54

De cada uno de los apiques realizados se recolectaron muestras correspondientes a cada uno de los estratos encontrados en la exploración. Estas muestras fueron sometidas a pruebas de laboratorio cuyos resultados se presentan en el siguiente numeral.

- Exploración directa mediante perforaciones

La perforación por percusión es una técnica de perforación que consiste en realizar un movimiento alternativo de bajada-subida de una masa pesada que en su caída va fracturando o disgregando la roca, desprendiendo de la misma trozos de variado tamaño, que después se extraen por medio de una válvula o cuchara de limpieza.

En la tabla 7.5, se presentan las principales características de las perforaciones mecánicas, ID, coordenadas, nivel freático.

**Tabla 7.5** Principales características de los apiques realizados en el área de estudio.

Sondeo	X (m)	Y (m)	Nivel Freático	Profundidad
P - 1	1126838.17	962892.77	1	8
P - 2	1126887.61	962929.68	1.5	10

A continuación se presentan los perfiles estratigráficos de las perforaciones realizadas en el área de estudio (Figuras 7.9 y 7.10).

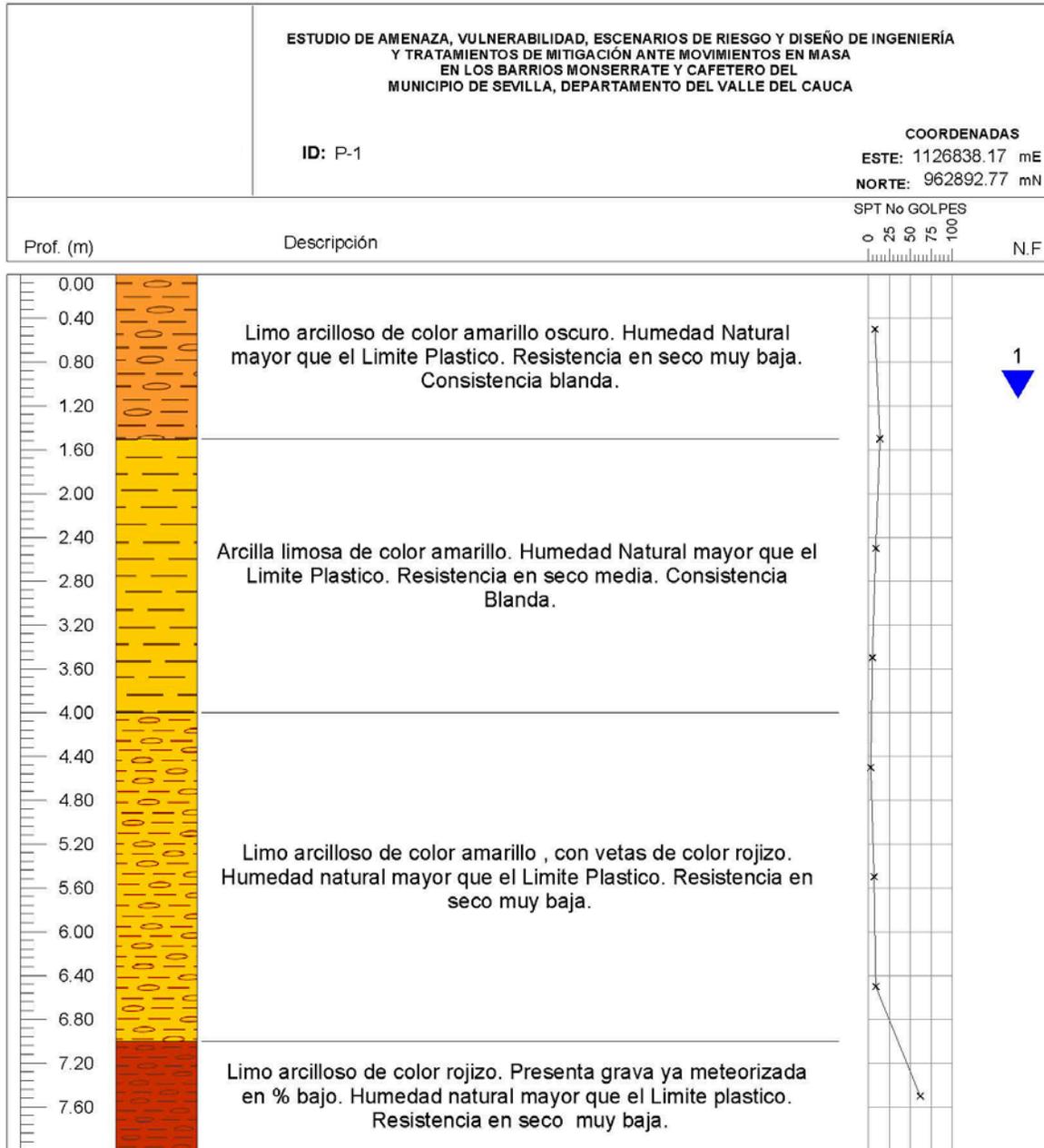


Figura 7.9 Perfil estratigráfico P-1.

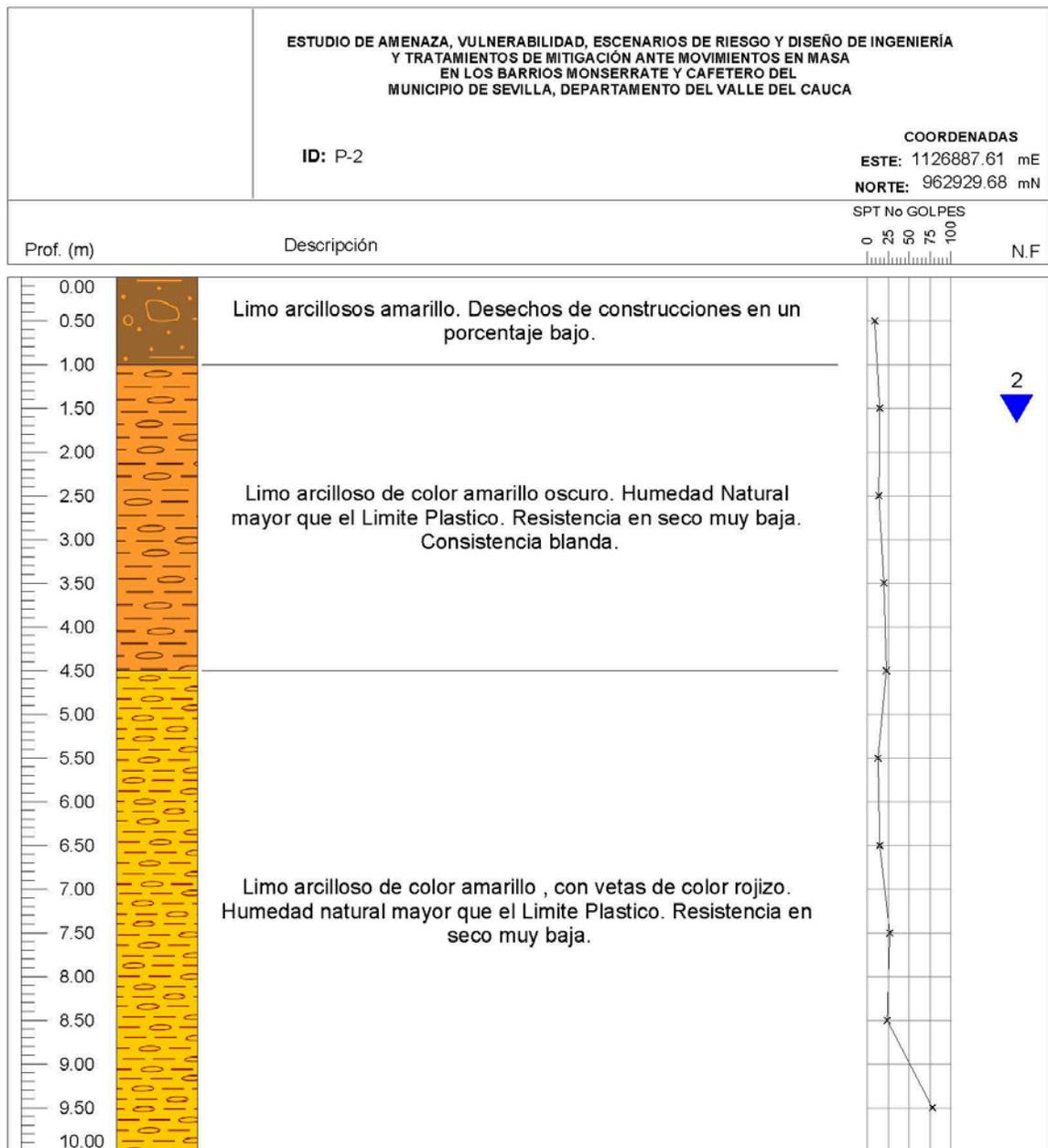


Figura 7.10 Perfil estratigráfico P-2.

### 7.2.1 Ensayos de laboratorio

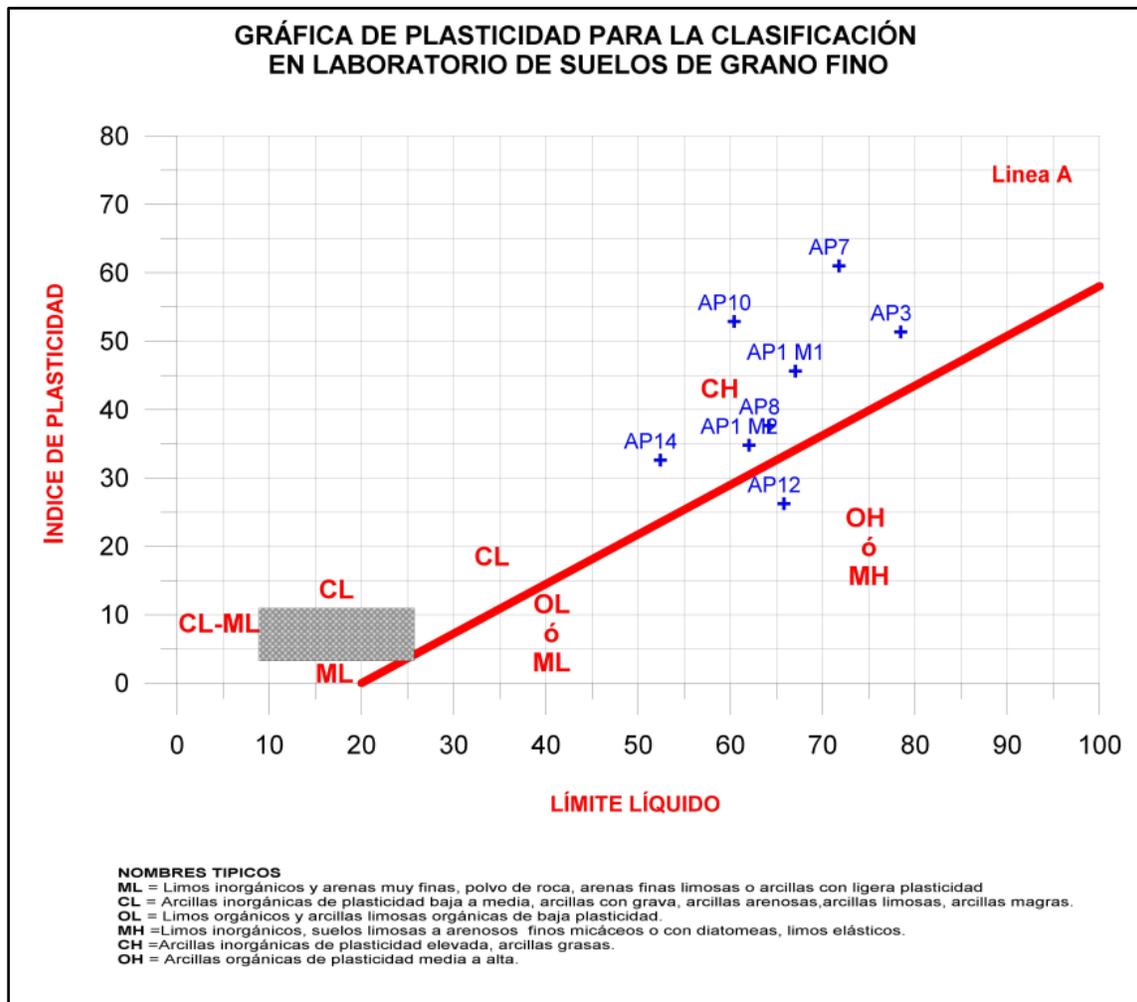
Con el fin de obtener las propiedades geomecánicas del material aflorante en el sector, las muestras obtenidas en la exploración del subsuelo fueron sometidas a pruebas de caracterización, compresibilidad y resistencia. A continuación se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras extraídas de los apiques y sondeos ejecutados en sitio, y las propiedades más relevantes del material aflorante en la zona.

### ***7.2.1.1 Ensayos de Clasificación***

El suelo está compuesto de partículas de dimensiones variables, para cada uno de estos tamaños existen diversas pruebas que permiten su clasificación. El análisis granulométrico se realiza por tamizado o por sedimentación cuando el tamaño de las partículas es muy pequeño, menor de 0.08 mm, con este ensayo se puede determinar la composición de la muestra, elementos gruesos, gravas, arenas, limos y arcillas. Cuando la muestra presenta alta cantidad de finos, como es el caso de las muestras obtenidas en la exploración realizada para la zona de estudio, se debe hacer un ensayo que defina la plasticidad del material. Este ensayo se denomina Límites de Atterberg, que define los contenidos de agua característicos para los que una arcilla alcanza diferentes estados de consistencia relativa. Los resultados de estos análisis se ilustran en la Figura 7.11, mediante la carta de plasticidad de Casagrande<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos.



*Figura 7.11 Carta de Plasticidad*

Como se observa en la figura 7.11, la mayor parte del material aflorante en la zona se caracteriza por ser materiales de fracción fina (arcillas) de alta plasticidad (CH). Este material es el que conforma la matriz del material arcilloso de la zona.

En el Anexo A2 “Ensayos de Laboratorio” se presentan los resultados de las evaluaciones efectuadas durante la fase de exploración.

### **7.2.1.2 Ensayos de Resistencia**

Los parámetros de resistencia utilizados en los Análisis de estabilidad se obtuvieron a partir de ensayos de corte y triaxiales estáticos realizados a las muestras obtenidas en los apiques realizados en campo. En las Figuras 7.12 a 7.14, se presentan los resultados de un corte directo; en el Anexo A2 “Ensayos de Laboratorio”, se presentan los resultados de laboratorio en su totalidad. Finalmente, en la Tabla 7.4, se presenta en forma resumida, los parámetros geomecánicos que caracterizan el material presente en la zona, a partir de los cuales se infiere el comportamiento dúctil del material.

- **Ensayo de Corte Directo**

Este ensayo se realiza para la determinación de la resistencia al corte de una muestra de suelo, sometida previamente a un proceso de consolidación, cuando se le aplica un esfuerzo de corte directo mientras se permite un drenaje completo de ella. El ensayo se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca a un plano de corte determinado por la configuración del aparato de corte.

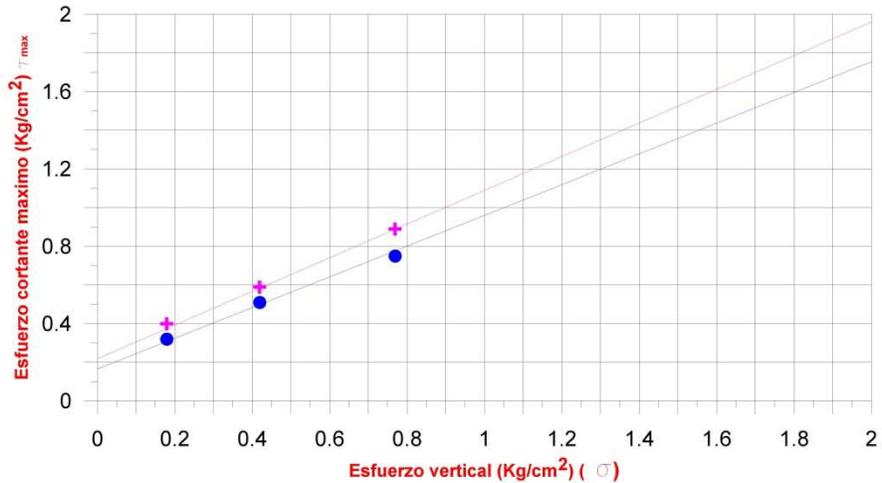
Para las muestras obtenidas de los apiques realizados, se realizaron 3 puntos, variando la carga norma, para determinar su efecto sobre la resistencia al corte y al desplazamiento y las propiedades de resistencia a partir de la envolvente de resistencia de Mohr.

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO



PROYECTO: BARRIO MONSERRATE Y CAFETERO  
SITIO: SEVILLA - VALLE

SONDEO: AP1 MUESTRA: 1  
FECHA: DICIEMBRE DE 2011



punto 1 ———  
punto 2 ———  
punto 3 ———

**CONDICIÓN PICO**

**RESULTADOS**  
 $\phi$  pico = 42.60°,  $c'$  pico = 0.25 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\phi'$  residual = 37.40°,  $c'$  residual = 0.20 Kg/cm<sup>2</sup>

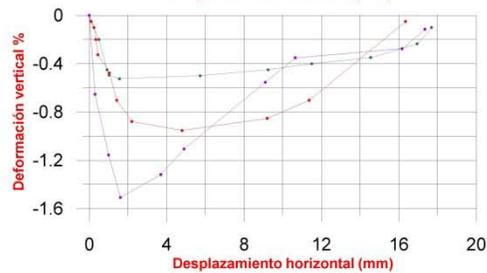
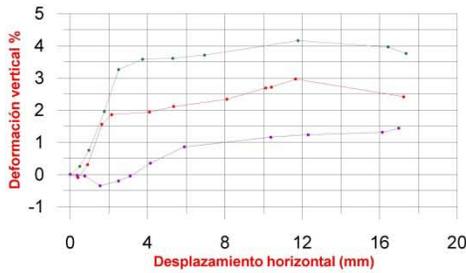
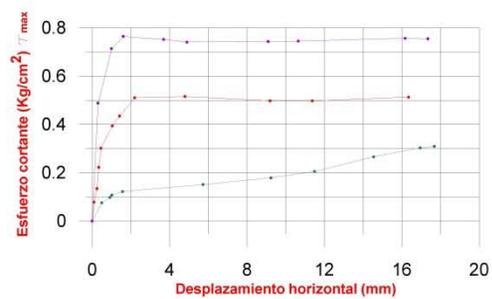
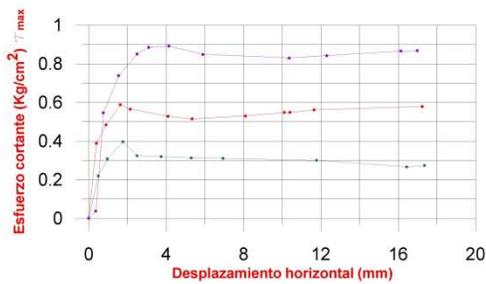


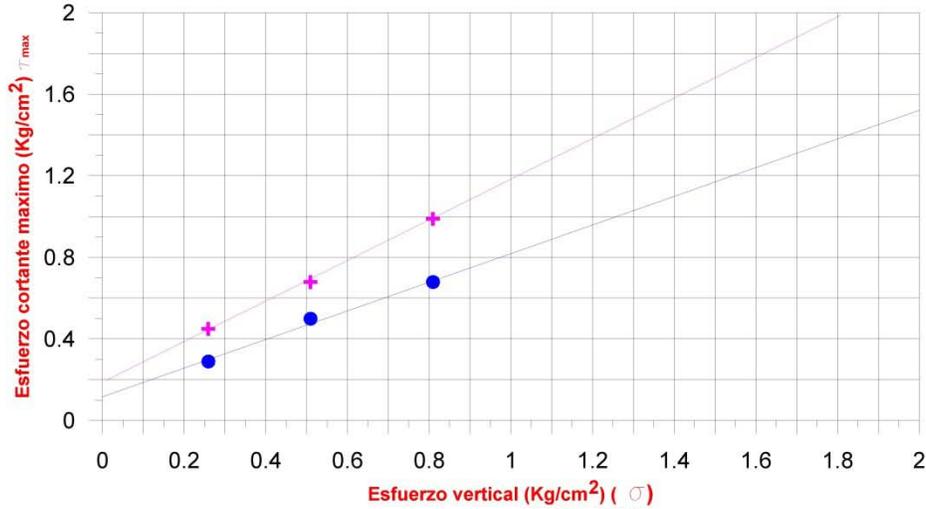
Figura 7.12 Resultados Corte directo Apique 1

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO



PROYECTO: BARRIO MONSERRATE Y CAFETERO  
SITIO: SEVILLA - VALLE

SONDEO: AP2 MUESTRA: 1  
FECHA: DICIEMBRE DE 2011



punto 1 ———  
punto 2 ———  
punto 3 ———  
**CONDICIÓN PICO**

**RESULTADOS**  
 $\phi$  pico = 47.23°,  $c'$  pico = 0.20 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\phi$  residual = 36.10°,  $c'$  residual = 0.15 Kg/cm<sup>2</sup>

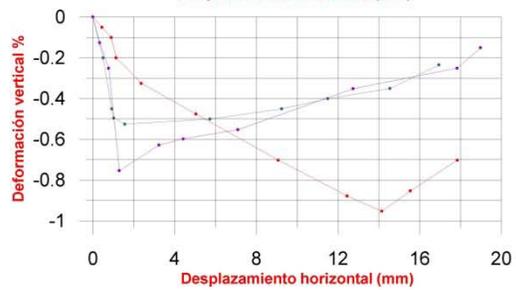
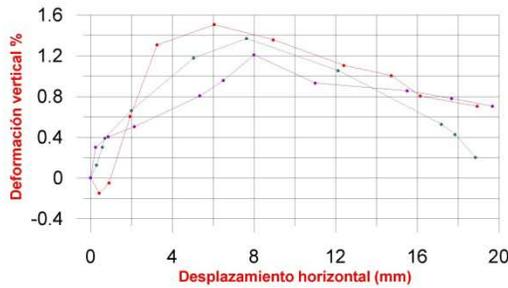
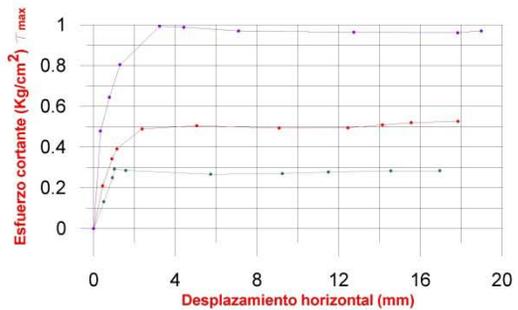
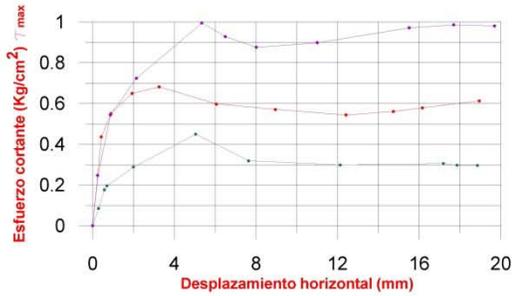


Figura 7.13 Resultados Corte Directo Apique 2

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO



PROYECTO: BARRIO MONSERRATE Y CAFETERO  
SITIO: SEVILLA - VALLE

SONDEO: AP3 MUESTRA: 1  
FECHA: DICIEMBRE DE 2011

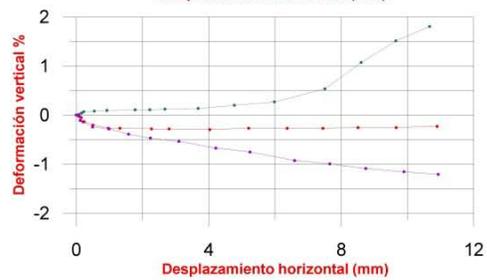
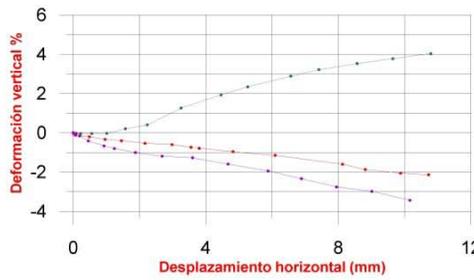
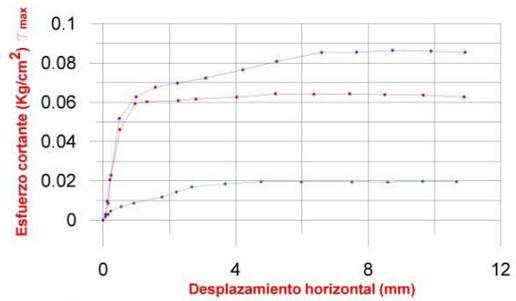
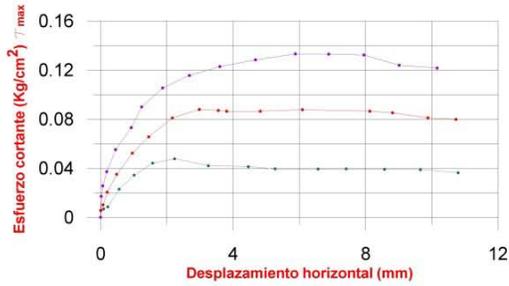
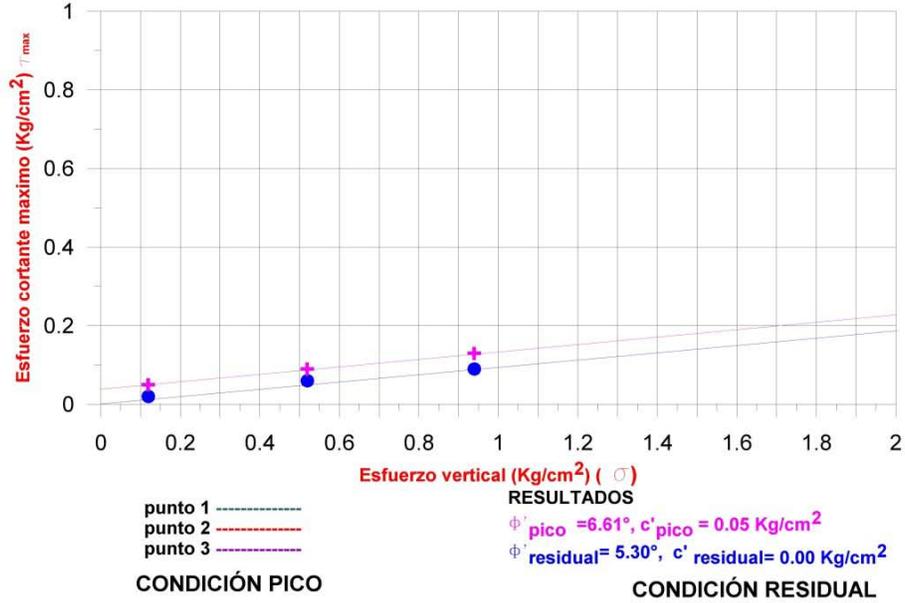


Figura 7.14 Resultados Corte directo Apique 3

La modelación o representación matemática del fenómeno de falla al cortante en un deslizamiento se realiza utilizando las teorías de la resistencia de materiales. Las rocas y los suelos al fallar al cortante se comportan de acuerdo a las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de Coulomb:

$$\tau_f = c' + \sigma'_f \tan(\phi)$$

Donde:

$\tau_f$  = Esfuerzo de resistencia al corte

$c'$  = Cohesión efectiva

$\sigma'_f$  = Esfuerzo normal efectivo

$\phi$  = Angulo de fricción

El análisis de la ecuación de Coulomb requiere predefinir los parámetros, ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo. Los parámetros de resistencia al corte del un suelo son determinados por medio de la prueba de corte directo. Estos parámetros se definen como:

**Angulo de fricción ( $\phi$ )** = El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física.

El ángulo de fricción depende de varios factores (Bilz, 1995) entre ellos algunos de los más importantes son:

- a. Tamaño de los granos
- b. Forma de los granos
- c. Distribución de los tamaños de granos
- d. Densidad

**Cohesión ( $c'$ )** = La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo.

La cohesión en mecánica de suelos es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación, mientras que en la física este término se utiliza para representar la tensión.

En suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a 0 y a estos suelos se les denomina Suelos no Cohesivos.

Desde el punto de vista de la relación esfuerzo – deformación, en estabilidad de taludes se deben tener en cuenta dos tipos de resistencia:

1. Resistencia máxima o resistencia pico:

Es la resistencia al corte máxima que posee el material que no ha sido fallado previamente, la cual corresponde al punto más alto en la curva esfuerzo - deformación. La utilización de la resistencia pico en el análisis de estabilidad asume que la resistencia pico se obtiene simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla.

2. Resistencia residual:

Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla. En arcillas sobreconsolidadas, la resistencia calculada del análisis de deslizamientos después de ocurridos, correspondía al valor de la resistencia residual.

La diferencia entre la resistencia pico y la residual es un indicativo de la fragilidad de los materiales. Otro factor que determina las diferencias entre la resistencia pico y residual es la sensibilidad, la cual está relacionada con la pérdida de resistencia por el remoldeo o la reorientación de las partículas de arcilla.

De acuerdo a estas definiciones, los parámetros utilizados en el análisis de estabilidad, corresponden a los parámetros de resistencia residual, dado que la ladera de la zona de estudio se encuentra en una condición de falla.

*Tabla 7.6 Parámetros de resistencia obtenidos en ensayo de laboratorio*

APIQUE No	$\Phi_{\text{pico}}$	$c' \text{ (kg/cm}^2\text{)}_{\text{pico}}$	$\Phi_{\text{residual}}$	$c' \text{ (kg/cm}^2\text{)}_{\text{residual}}$	TIPO DE ENSAYO
AP1	42.60	0.25	37.40	0.20	CORTE DIRECTO
AP2	47.23	0.20	36.10	0.15	CORTE DIRECTO
AP3	6.61	0.05	5.30	0.00	CORTE DIRECTO

De acuerdo a estas definiciones, los parámetros utilizados en el análisis de estabilidad, corresponden a los parámetros de resistencia residual, dado que la ladera de la zona de estudio se encuentra en una condición de falla.

Las muestras requeridas para los ensayos de corte directo, deben ser muestras grandes inalteradas que deben ser preservadas y transportadas conservando su humedad y condiciones inalteradas. De los 14 apiques realizados en el área de estudio, el ensayo de corte directo fue realizado para 3 muestras. Esto debido a que en 11 de las muestras obtenidas en los apiques no se pudieron conservar las condiciones inalteradas dadas las condiciones del área de estudio.

## **8 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA**

## 8 EVALUACION DE LA AMENAZA POR REMOCION EN MASA

### 8.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para el análisis de estabilidad y se usarán los Métodos de equilibrio límite desarrollados por Bishop y Spencer, bajo diferentes condiciones de contorno como lo son, terreno totalmente saturado, con condiciones de sismo y sin sismo, adicional a las sobrecargas generadas por las viviendas del sector.

El modelo geológico -geotécnico se define como aquel que involucra aspectos geológicos (variación en profundidad de los diferentes depósitos) y geotécnicos (caracterización geomecánicas de los diferentes depósitos). Las anteriores variables son necesarias para la obtención de perfiles geotécnicos que serán utilizados para el definieron 3 (tres) secciones de control consideradas como más críticas en las que el análisis de estabilidad puede representar la situación más desfavorable para el área de estudio.

Para la consideración de la condición con sismo, el coeficiente de aceleración horizontal usado será  $2/3 A_a$ , el valor del coeficiente que representa la aceleración pico efectiva se tomó de la NSR – 10 (Norma Sismo Resistente) del Título A, apéndice A-4 – Valores de  $A_a$ ,  $A_v$ ,  $A_e$  y  $A_d$  y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos. Para el municipio de Sevilla se obtiene a partir de este documento, un coeficiente de aceleración de 0.25g ubicándose este municipio en una zona de amenaza Sísmica Alta.

La evaluación de la ladera se realiza mediante métodos de análisis y cálculo de reconocida validez aplicables a los mecanismos de falla que han sido identificados y cuyos requerimientos de información d entrada deben ser coherentes con los parámetros geotécnicos obtenidos en la exploración y ensayo de las muestras obtenidas.

El software para realizar los análisis se será el programa SLIDE v5.0, desarrollado por la firma Rocscience. Estos análisis se realizan para la condición actual del terreno y para la condición con obras. Básicamente, se pretende modelar el comportamiento del talud, al verse sometido a un ascenso importante del nivel freático, por lo que el análisis para el primer escenario se realiza para condición saturada y un sismo. Y el comportamiento del talud con las obras de contención diseñadas para mitigar el riesgo presentado en la zona de estudio.

Los resultados obtenidos a partir de este análisis, se resumen en superficies de falla con diferentes Factores de Seguridad, definido como:

$$FS = \frac{FUERZAS RESISTENTES}{FUERZAS ACTUANTES}$$

A partir de los resultados de los Factores de Seguridad obtenidos en el análisis se realiza la clasificación de la amenaza a la que está expuesta la ladera, de acuerdo a los siguientes criterios<sup>4</sup> (Tabla 8.1).

**Tabla 8.1** Clasificación de la amenaza por movimientos en masa de acuerdo a los valores del Factor de Seguridad

<b>FS - Escenario 1 – Condición Actual</b>	
Amenaza Baja	>1.9
Amenaza Media	1.2 – 1.9
Amenaza Alta	<1.2
<b>FS - Escenario 2 – Condición extrema</b>	
Amenaza Baja	>1.20
Amenaza Media	1.0 – 1.20
Amenaza Alta	<1.0

Fuente: Dirección de Prevención y Atención de Desastres (2006)

### 8.1.1 Distribución de los materiales en profundidad

De acuerdo a la información obtenida en los registros de los apiques, perforaciones y resultados de las líneas sísmicas realizada, se procedió a definir espesores de diferentes tipos de materiales, agrupándolos de acuerdo a su similitud de características físicas y a partir de la descripción dada en campo principalmente. En la Figura 8.1 se presenta la localización de las tres secciones de análisis descritas con anterioridad denominados secciones 1 a 3.

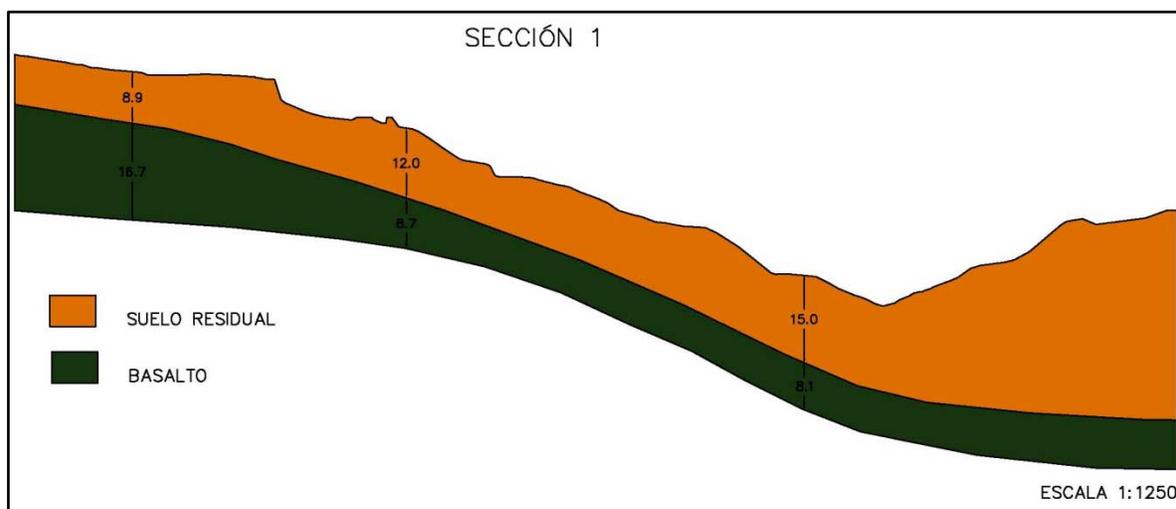
---

<sup>4</sup>Tomado de la Resolución 227 del 13 de Julio de 2006 de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias.

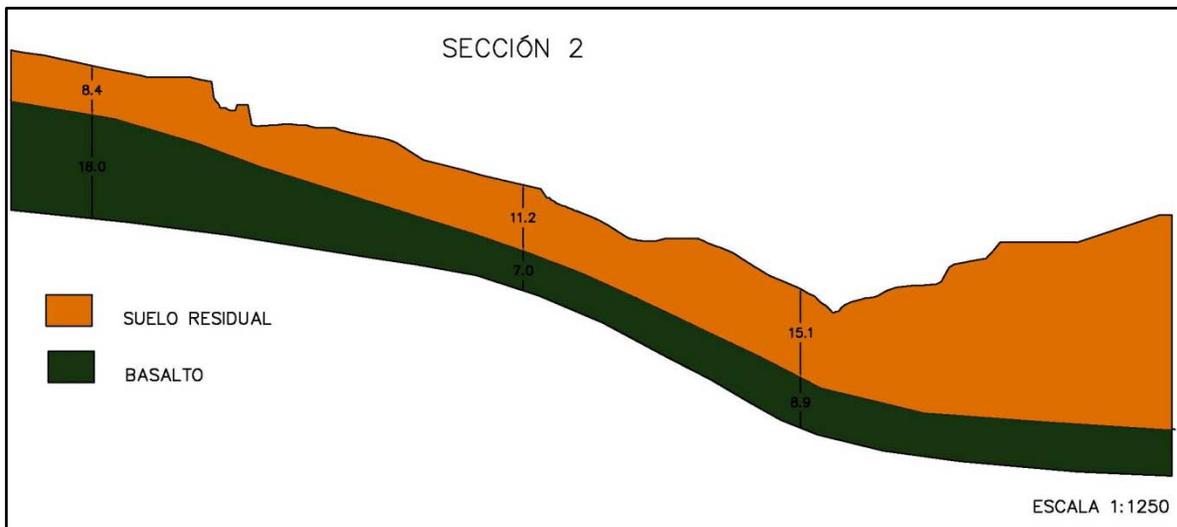


**Figura 8.1.** Secciones definidas la zona del deslizamiento.

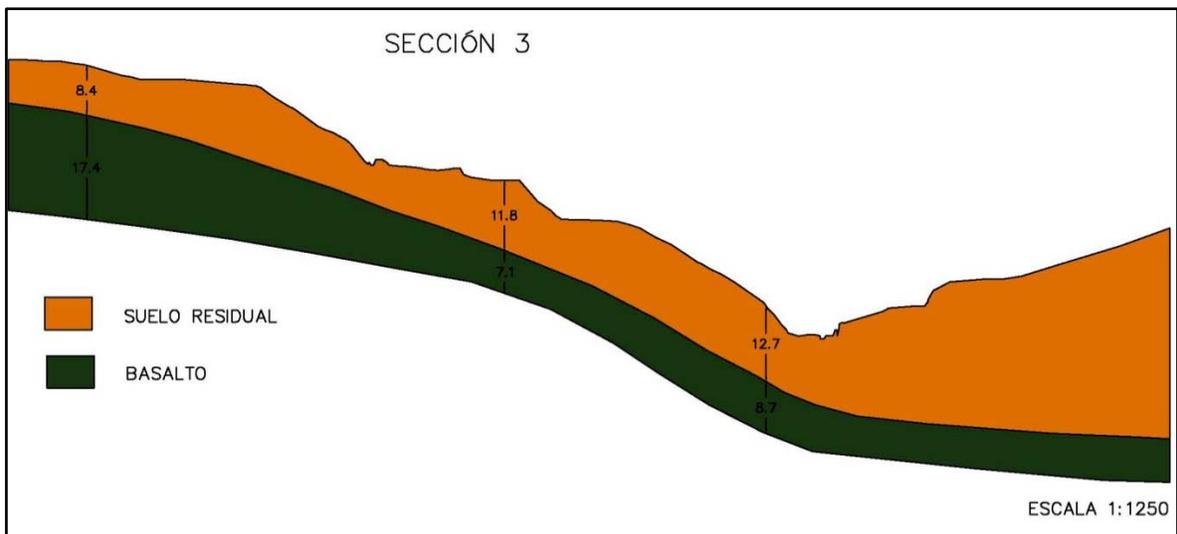
A continuación se presenta cada una de las secciones, Figuras 8.2 a 8.4, observándose el perfil geológico-geotécnico correspondiente a cada una de ellas. Estos perfiles fueron utilizados en la modelación, donde se destacan entre otros aspectos la variación de los diferentes estratos, así como la ubicación del nivel freático. En cada perfil, a su vez, se definieron dos tipos de materiales, que están involucrados directamente en la estabilidad del sector.



**Figura 8.2** Perfil geológico – geotécnico Sección 1.



*Figura 8.3 Perfil geológico - geotécnico sección 2.*



*Figura 8.4. Perfil geológico - geotécnico sección 3.*

### 8.1.2 Parámetros geomecánicos empleados en la modelación

En la Tabla 8.2 se presentan los parámetros de resistencia asignados a los diferentes estratos identificados durante la exploración del subsuelo. Esta caracterización se constituye como la base para los posteriores análisis de estabilidad. Para el material de relleno, se ha optado por trabajar con los parámetros de resistencia residual. Ya que el material presenta estos parámetros debido a que ya ocurrió la falla en el sector.

*Tabla 8.2 Parámetros Geomecánicos*

ESTRATO	$\Phi$ (°)	c' (kN/m <sup>2</sup> )	g (kg/cm <sup>3</sup> )
SUELO RESIDUAL	36.10	10	14.5
BASALTO	35	35	24

### **8.1.3 Análisis para condición actual sin obras de mitigación**

El presente análisis es realizado para la condición actual del terreno. Básicamente se pretende modelar el comportamiento de la ladera al verse sometida a un ascenso importante del nivel freático, que es la causa por la cual la ladera del Barrio Monserrate y Cafetero falló. La razón por la cual se presenta este análisis es para demostrar la incidencia directa que tiene el ascenso del nivel freático. A partir de las visitas decampo y durante el tiempo que se realizó la exploración, se pudo apreciar como la temporada invernal del país afectó la zona de estudio, generando el fenómeno de remoción en masa de tipo rotacional presentado. La zona de estudio carece de obras para el manejo de estas aguas superficiales y flujos subsuperficiales, lo que generó la saturación total del terreno presentándose la falla en la ladera.

Con el fin de determinar la influencia de los diferentes factores detonantes, se analizaron dos escenarios para la condición actual, cada uno con condiciones de contorno diferentes; el primero fue analizado con la condición actual del terreno, es decir, saturación total del terreno y sin sismo, mientras que el segundo, siendo más crítico, se tuvo en cuenta la saturación total del terreno y se adicionó una fuerza sísmica.

En la parte alta de las secciones se ubican las viviendas de los barrios Monserrate y Cafetero; por esta razón fue necesario adicionar a los análisis de estabilidad una sobrecarga debida a las viviendas. La magnitud de la sobrecarga se calculo de acuerdo al avalúo de cargas que presenta la NSR-10 (Norma Sismo Resistente).

El análisis de estabilidad para las secciones definidas se realiza en el flanco izquierdo de la quebrada dado que la parte derecha no hace parte de la zona de estudio.

#### **8.1.3.1 Condición actual sin sismo**

Este análisis es realizado para la condición del terreno bajo las condiciones de contorno actuales de la zona de estudio. Para cada una de las secciones definidas en el presente estudio, se realizó un análisis de estabilidad mediante el software Slide 6.0. Este análisis se realizó con condición de saturación total, teniendo en cuenta lo evidenciado en la zona de estudio y una fuerza de aceleración sísmica  $A_a=0$ , dado que para una condición actual el sismo no es un evento frecuente en la zona de estudio.

De esta manera se modela la situación actual del terreno. A continuación se presentan las graficas que son el resultado del análisis realizado.

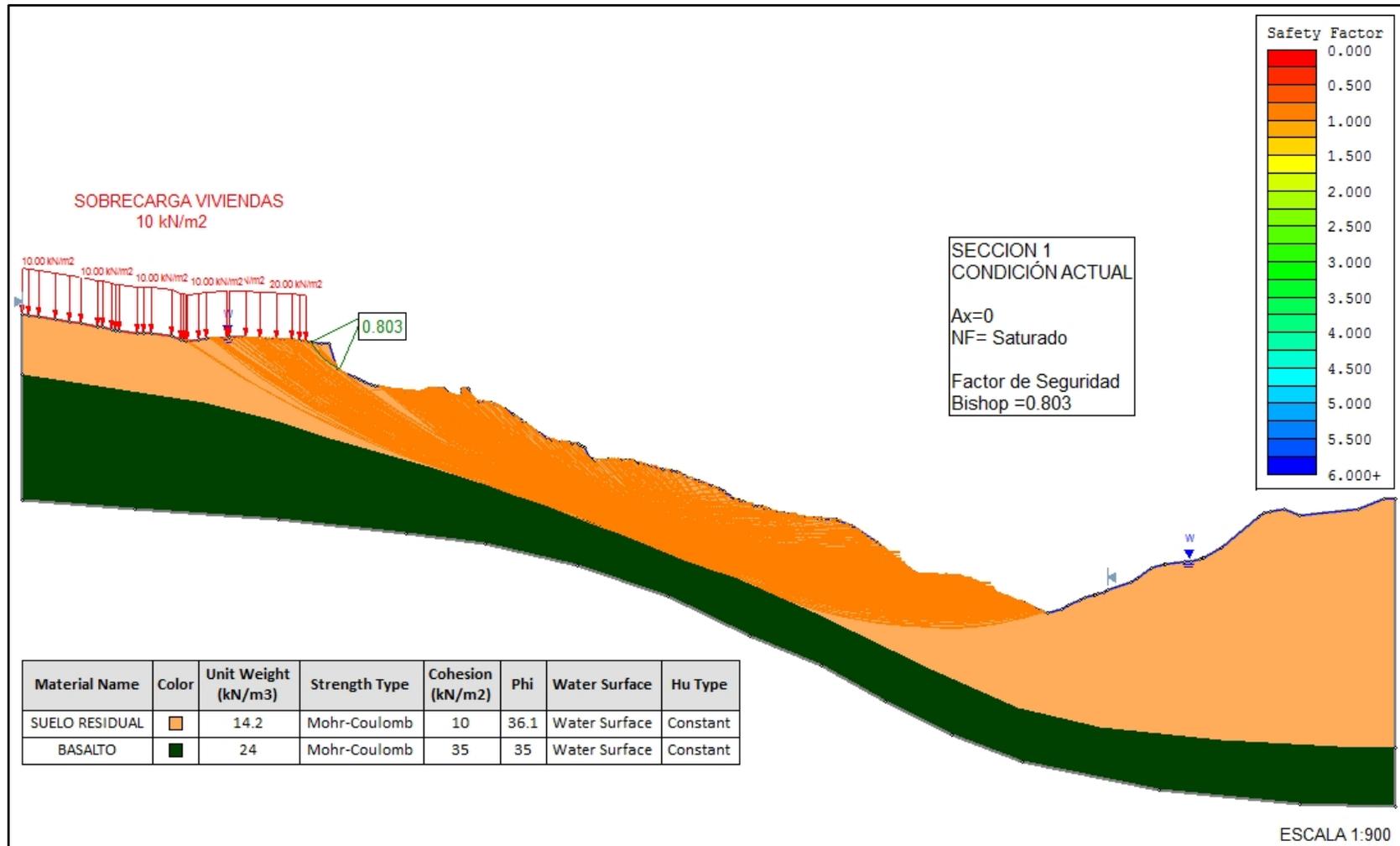
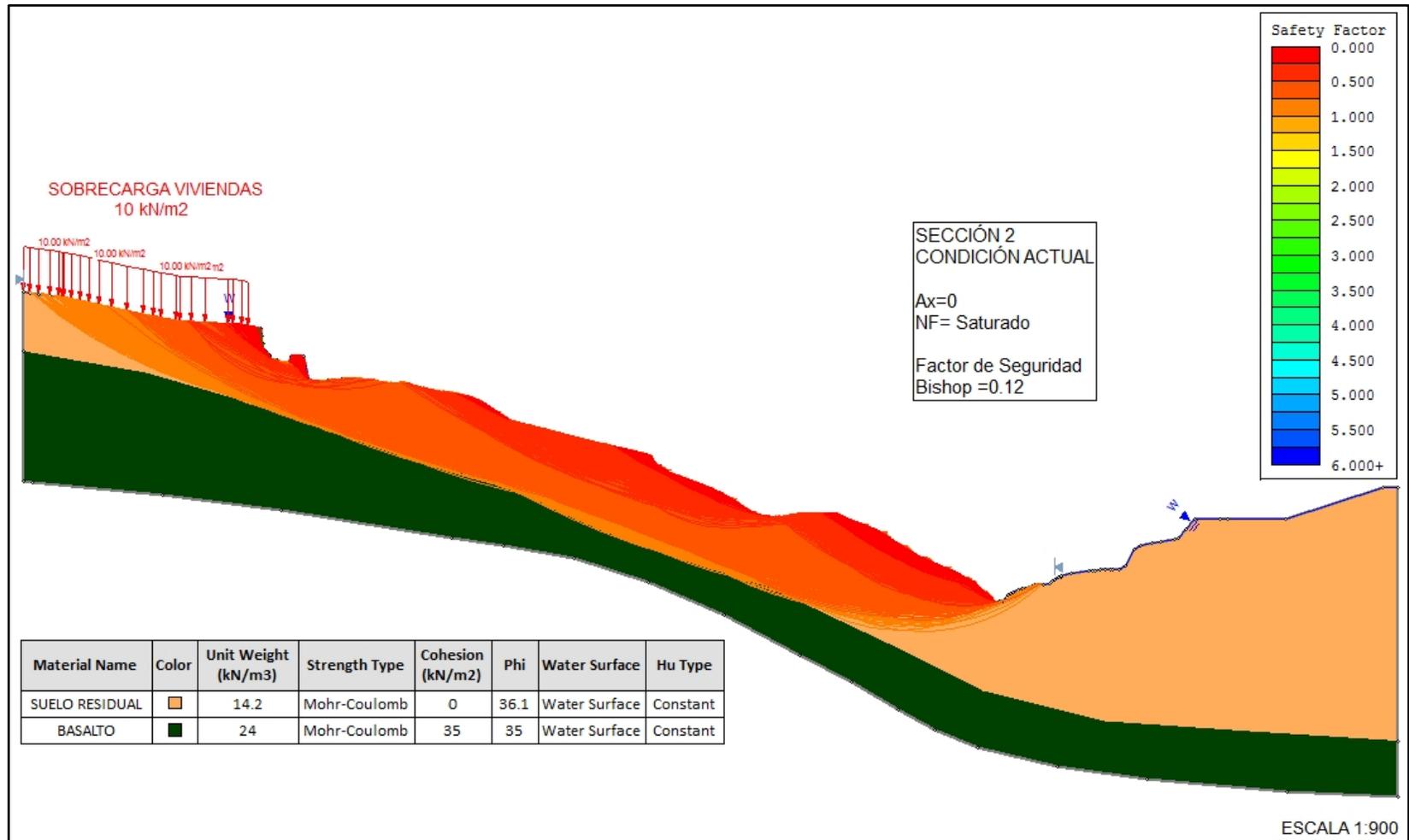


Figura 8.5 Análisis de estabilidad condición actual sin sismo – Sección 1.



*Figura 8.6* Análisis de estabilidad condición actual sin sismo – Sección 2.

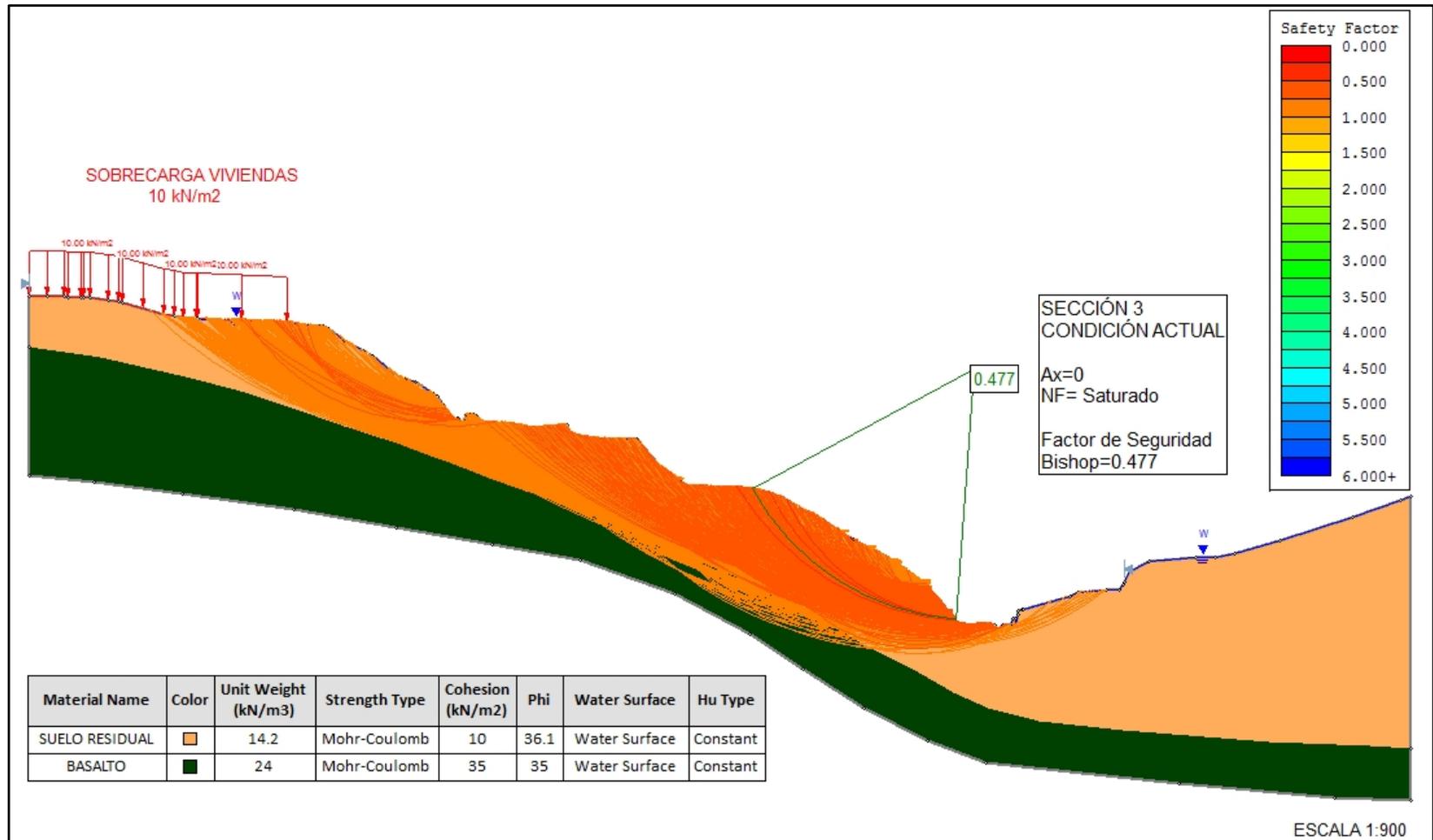


Figura 8.7 Análisis de estabilidad condición actual sin sismo – Sección 3.

El análisis de estabilidad para la condición actual demuestra el terreno falla debido al ascenso del nivel freático y a las bajas propiedades geomecánicas del suelo. El factor de seguridad mínimo calculado por el método Bishop fue de 0.12, lo cual concuerda con la situación actual de la zona de estudio, falla total de la ladera. Es importante destacar el factor detonante que es el ascenso del nivel freático, en este sector se presenta alta ocurrencia de precipitaciones, razón por la cual la modelación de la situación actual del sector se realizó con nivel freático en condición saturada.

Sección 1 - Esta sección se encuentra ubicada en la parte norte del deslizamiento presentado en los barrios Monserrate y Cafetero. A partir del análisis de estabilidad realizado se evidencia una falla en ladera que para este escenario corresponde únicamente al efecto del agua sobre la misma. Estas superficies de falla (Figura 8.5) cuentan con un factor de seguridad menor a 1, lo que clasifica esta zona del área de estudio como en amenaza alta.

Sección 2 – Para la sección 2 se evidencia una falla contundente de la ladera; esta sección se encuentra ubicada en la parte media del deslizamiento, considerándose la sección más crítica, siendo esto corroborado con los resultados del análisis de estabilidad, donde el factor de seguridad mínimo fue de 0.12. Así mismo, igual que la Sección 1, las superficies de falla presentadas en la Figura 8.6, corresponden a superficies de falla con factores de seguridad menor a 1.

Sección 3 – Para la sección 3 se evidencia una actividad un poco menor que la sección 2; sin embargo, el factor de seguridad menor fue de 0.477, este es un valor muy bajo, que representa una amenaza alta en la ladera. Es importante mencionar que las superficies de falla presentadas en la figura 8.7 corresponden a superficies con factores de seguridad menores que 1.

#### **8.1.3.2 Condición actual con sismo**

El presente análisis de estabilidad es realizado para la condición actual adicionando un factor detonante que es el sismo. En este análisis igual que en el anterior, se considera condición saturado. Esta situación representa una condición más desfavorable para la zona de estudio.

El coeficiente de aceleración horizontal usado fue  $\frac{2}{3} A_a$  del coeficiente que representa la aceleración pico efectiva para la zona de estudio. Este valor fue tomado de la NSR – 10 (Norma Sismo Resistente) del Título A, apéndice A-4 – Valores de  $A_a$ ,  $A_v$ ,  $A_e$  y  $A_d$  y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos. Para el municipio de Sevilla se obtuvo, un coeficiente de aceleración de 0.25g por lo que la aceleración utilizada en los análisis de estabilidad fue de 0.16g, que corresponde a  $\frac{2}{3}$  de 0.25g.

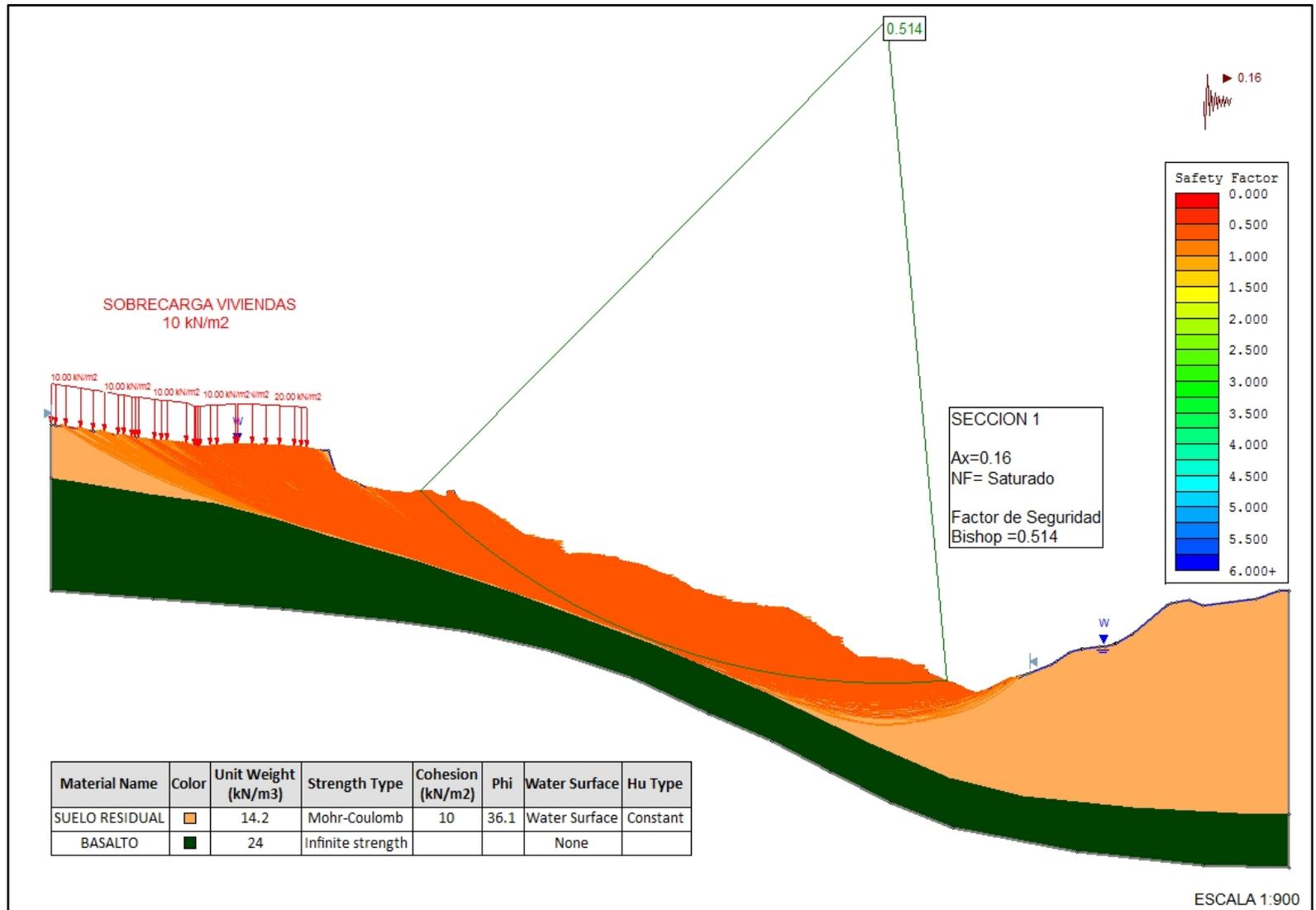


Figura 8.8. Análisis de estabilidad condición actual con sismo – Sección 1.

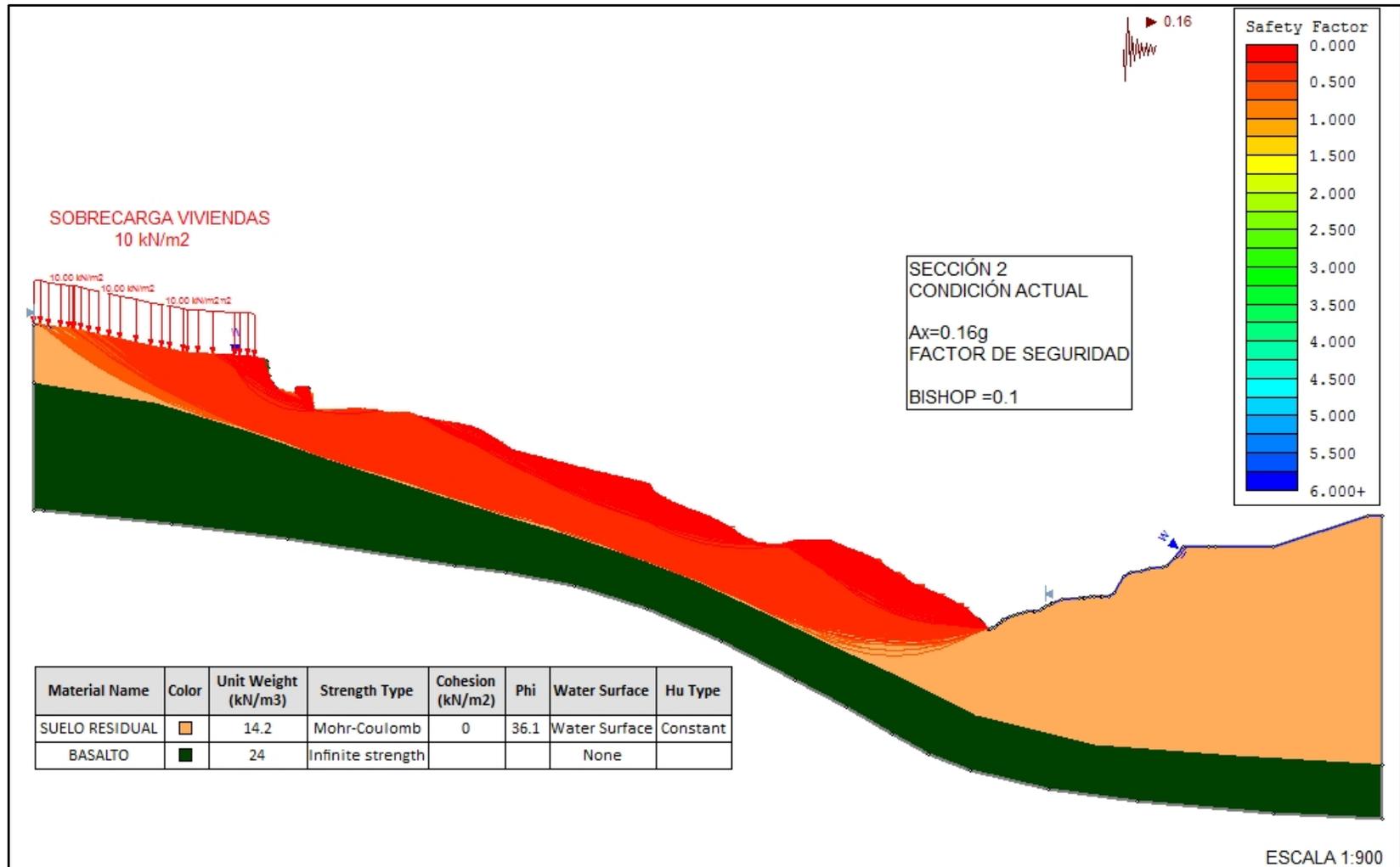


Figura 8.9 Análisis de estabilidad condición actual con sismo – Sección 2.

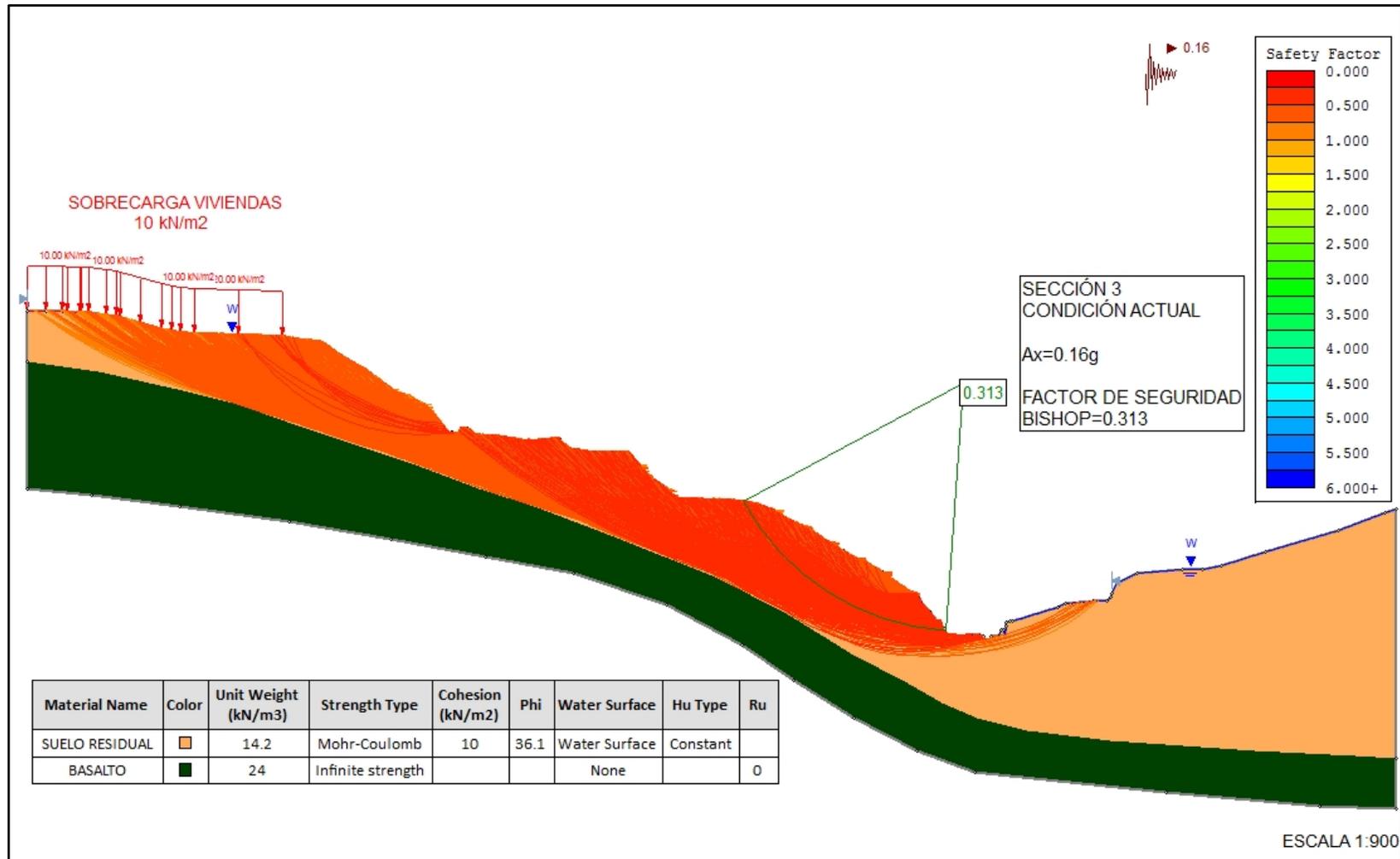


Figura 8.10 Análisis de estabilidad condición actual con sismo – Sección 3.

A partir del análisis de estabilidad para la condición definida por ese escenario se demuestra que el terreno falla debido al ascenso del nivel freático y a las bajas propiedades geomecánicas del suelo, adicional a la saturación de masas de suelo superficiales, lo que aumenta su peso y disminuye las propiedades mecánicas de los materiales más cercanos a la superficie.

La condición de saturación total disminuye la capacidad de respuesta del suelo ante las condiciones de contorno evaluadas, y las masas superficiales saturadas son más pesadas, facilitando el movimiento del suelo superficial sobre una capa de arcillolita estable. A continuación se explica cada una de las secciones analizadas bajo la presente condición.

Sección 1 – Para esta sección es evidente que al adicionar un sismo de 0.16 g los parámetros geomecánicos del suelo disminuyen, ya que los factores de seguridad de la superficie de falla disminuyen y la extensión de superficies de falla con factor de seguridad menor a uno aumentan. De acuerdo a lo anterior, en caso de presentarse un evento sísmico en la ladera se presentaría una falla evidente.

Sección 2 – En esta sección se evidencia un aumento de la amenaza alta a la que se encuentra sometida la ladera; como se observa en la figura 8.9, las superficies de falla, de color rojo, corresponden a superficies de falla con factores de seguridad de 0.5. Esta sección es considerada la más crítica en la zona de estudio teniendo en cuenta que se encuentra en el centro del cuerpo del deslizamiento.

Sección 3 - En esta sección se evidencia un factor de seguridad mínimo de 0.313, dado este factor de seguridad es evidente el efecto del sismo como factor detonante, igual que una saturación total del terreno. Como resultado se observa que las superficies de falla presentan un factor de seguridad menor en esta condición que para la condición sin sismo, así mismo la extensión de las superficies de falla es mayor para esta condición, ampliando la amenaza alta que se presenta en la ladera.

#### **8.1.4 Análisis para condición con obras de mitigación**

Basados en la condición de falla del talud, se diseñaron una serie de medidas de mitigación tendientes a estabilizar el relleno, las cuales en el momento de trabajar de forma integral, logran garantizar la estabilidad del sector en el Barrio Monserrate y Cafetero, en el municipio de Sevilla. Dichas medidas correctivas son:

- Movimiento de tierra
- Muro en cantiléver
- Pilotes en concreto reforzado
- Estructuras para el control de aguas superficiales
- Estructuras para el control de agua subterráneas

La propuesta para los barrios Monserrate y Cafetero, comprende movimiento de tierra, retiro del material de bajas propiedades geomecánicas, construcción de un muro en voladizo en la parte superior del talud cimentado sobre dos hileras de pilotes amarrados por una viga cabezal, y un muro intermedio cimentado de la misma forma. Estas obras de contención van acompañadas de obras de drenaje que permitan abatir el nivel freático de la zona y brindar un manejo de aguas superficiales y subterráneas convenientes para la protección de las mismas. En la parte baja del talud, se recomienda la construcción de un canal en gaviones, este canal recibirá una red de canales y cunetas propuestos para el manejo de aguas. Para la ubicación de las obras propuestas, el terreno debe ser reconformado, se deberán realizar unos rellenos con material seleccionado. Las obras propuestas en el presente documento trabajan de manera integral, por lo anterior es importante la construcción de todas las obras.

Con estas obras propuestas, se realiza de nuevo el análisis para cada una de las secciones definidas como las más críticas, en este nuevo análisis, se tienen en cuenta los movimientos de tierra, la reconformación del terreno, obras de contención y obras de drenaje. Para esta condición se determinaron los factores de seguridad presentados en la Tabla 8.3 y 8.4.

**Tabla 8.3 Factores de Seguridad de las secciones para la condición sin sismo.**

SECCIÓN	BISHOP
1	2.287
2	2.030
3	1.822

**Tabla 8.4 Factores de Seguridad para las secciones para la condición con sismo.**

SECCIÓN	BISHOP
1	1.438
2	1.307
3	1.242

Es importante destacar que en los análisis se tuvo en cuenta la carga transmitida por los vehículos que transitan por la vía.

#### **8.1.4.1 Condición con Obras – sin sismo**

Se realiza el análisis para la condición con obras y condición actual del terreno. El nivel freático considerado, corresponde a un nivel de agua abatido por las diferentes obras hidráulicas propuestas en el presente estudio. Con la red de drenaje planteada, se pretende evitar la condición de saturación de la ladera.

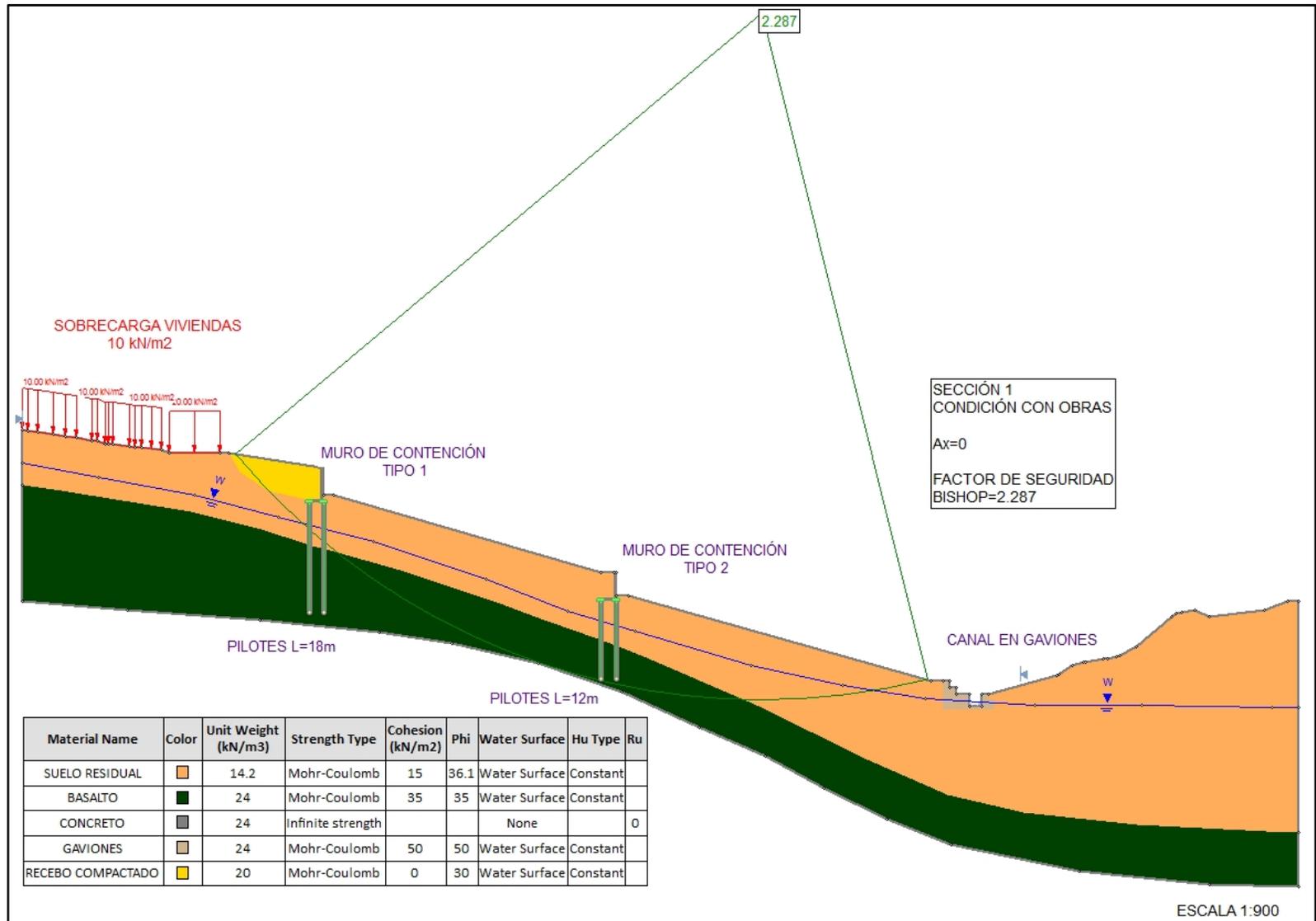


Figura 8.11 Análisis de estabilidad – Condición con obras Sin sismo, Sección 1.

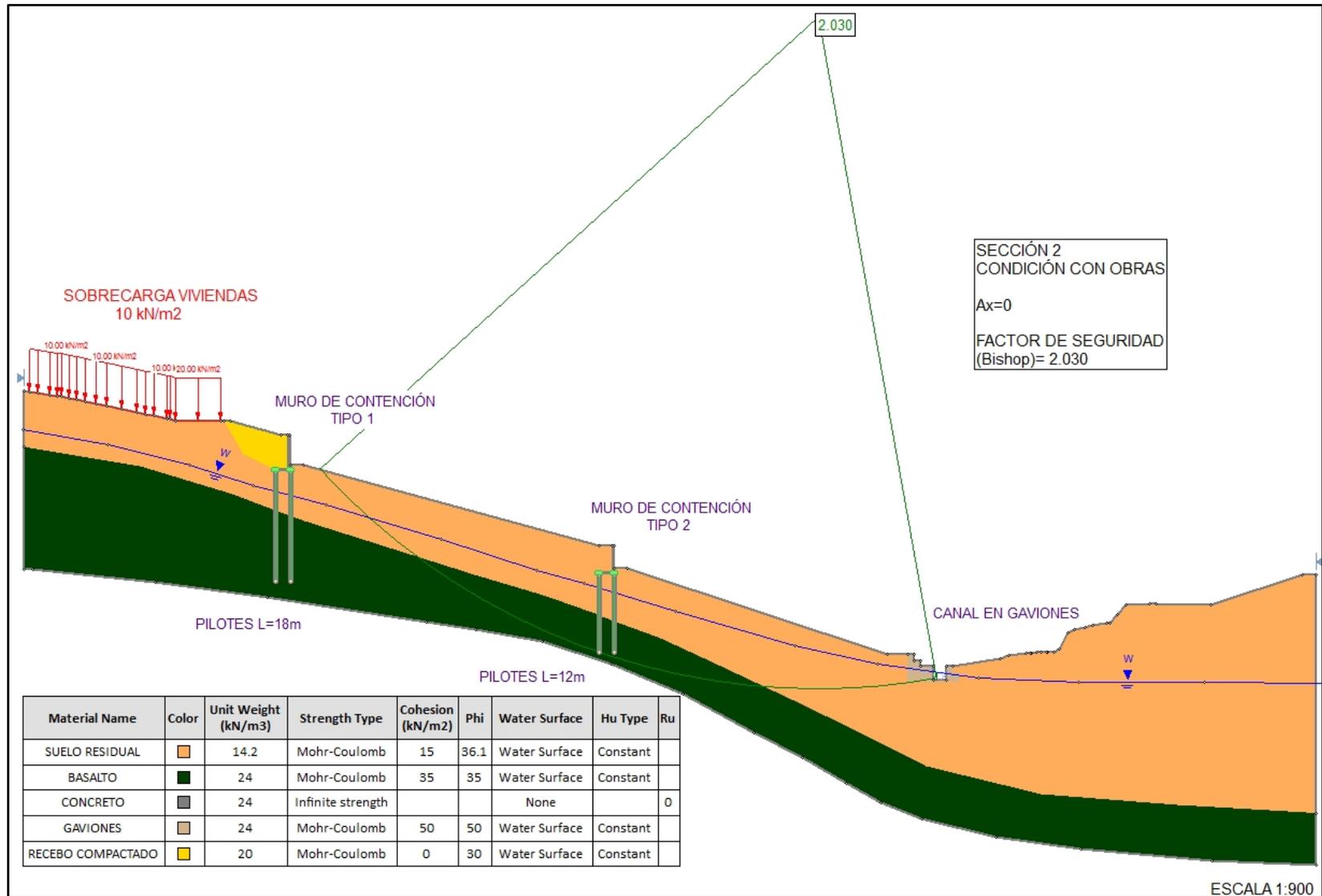


Figura 8.12. Análisis de estabilidad – Condición con obras Sin sismo, Sección 2.

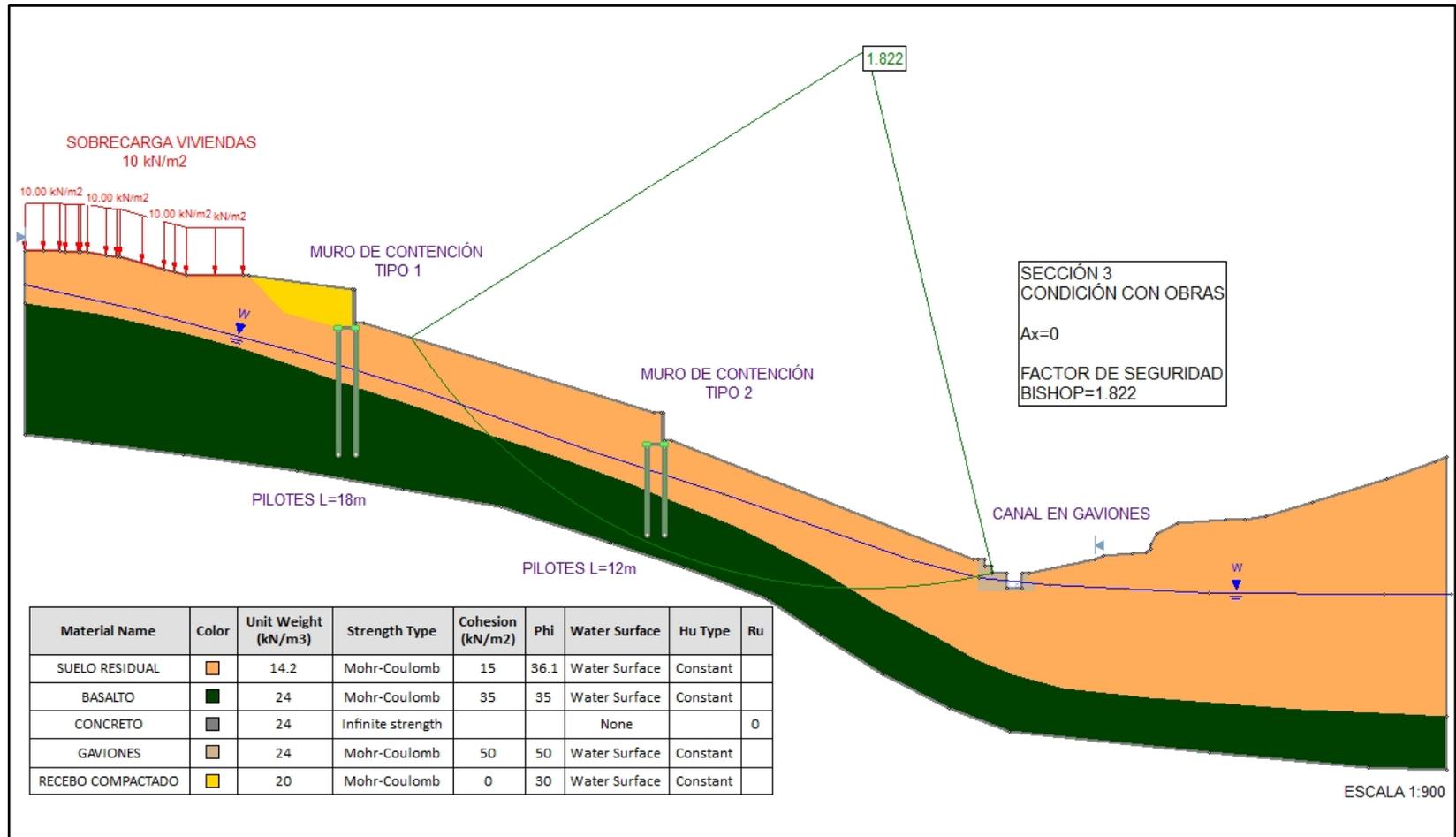


Figura 8.13. Análisis de estabilidad – Condición con obras Sin sismo, Sección 3.

En el análisis de estabilidad realizado para la condición con obras se realiza teniendo en cuenta las obras prediseñadas para la mitigación de riesgo al que se encuentran sometidos los Barrios Monserrate y Cafetero. Las medidas de mitigación que se proponen en el presente estudio se componen de estructuras de contención y estructuras de drenaje que permiten controlar el nivel freático, evitando que este llegue hasta la superficie del terreno. Para esta condición, el análisis de estabilidad se realiza con una fuerza sísmica nula.

Sección 1 – En esta sección se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 2.287, que de acuerdo con los rangos establecidos para la clasificación de la amenaza, la zona se encuentra en amenaza baja, siendo notable la función que desempeñan las obras de contención y la reducción del nivel freático debido a la red de drenaje propuesta para la zona. El factor de seguridad mínimo obtenido en la condición sin obras fue de 0.803, lo que califica como alta la amenaza de la ladera, en este sentido es importante resaltar que las obras de mitigación propuesta en el presente prediseño, le aportan a la ladera la estabilidad que requieren los barrios Monserrate y Cafetero.

Sección 2 – Se observa en la Figura 8.12 que el factor de seguridad mínimo obtenido fue de 2.030, este factor de seguridad garantiza la estabilidad de la ladera para esta condición con obras de mitigación. Para la condición sin obras, el factor de seguridad obtenido fue de 0.12, clasificando esta sección como la más crítica, lo cual coincide con la ubicación de la misma, ya que se encuentra localizada en el centro del deslizamiento. De acuerdo a lo anterior se resalta la importancia de las obras de mitigación prediseñadas en el presente estudio.

Sección 3 – En la sección 3 se observa un factor de seguridad mínimo de 1.822, en esta sección continúan las obras prediseñadas en el área de estudio. Es evidente el efecto estabilizante que producen las obras de contención, ya que en la figura 8.7, condición sin obras el factor mínimo de seguridad fue de 0.477, por esta razón la amenaza en la ladera pasa de alta a baja debido a las obras de mitigación.

8.1.4.2 Condición con Obras – con sismo

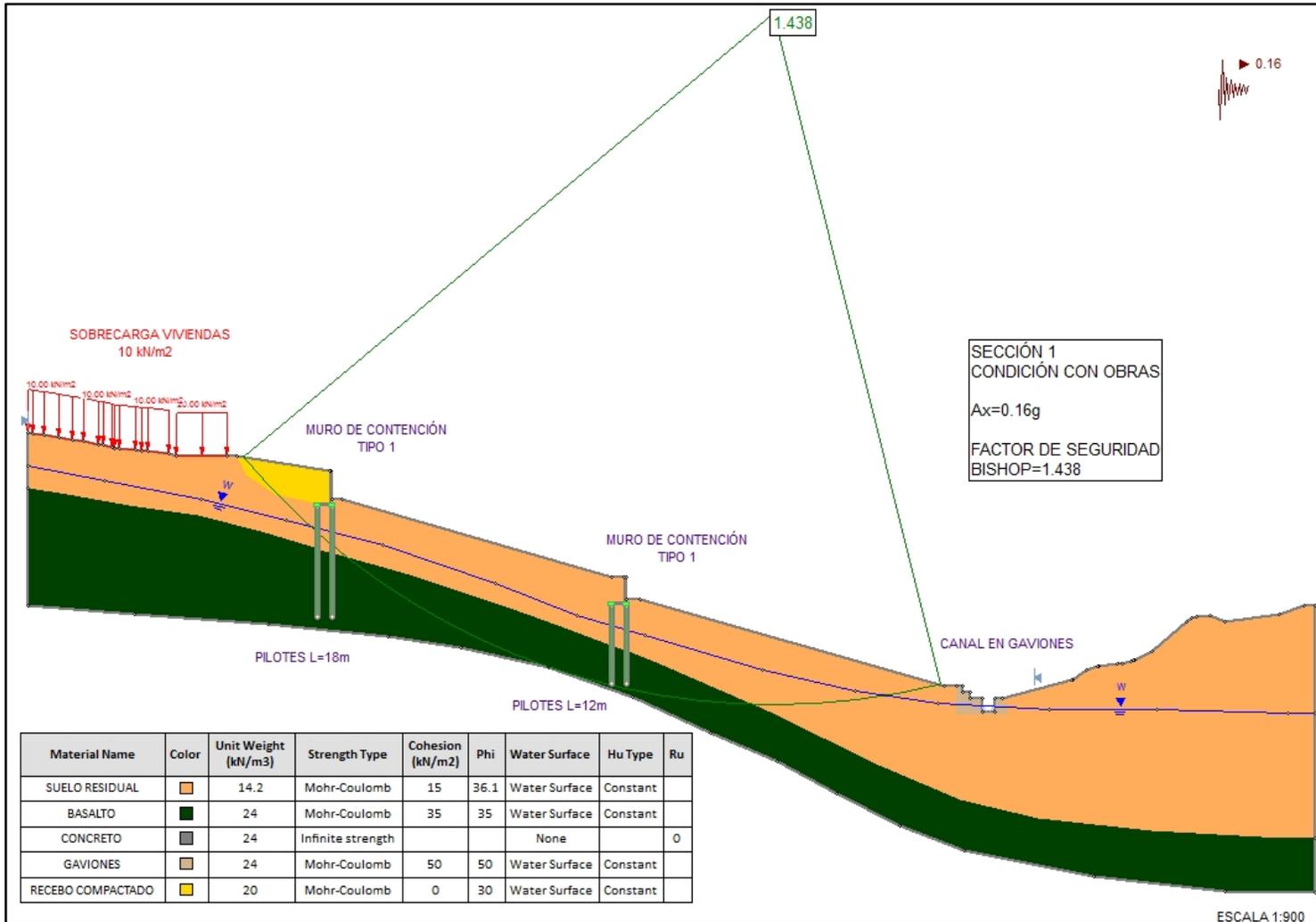


Figura 8.14 Análisis de estabilidad – Condición con obras Con sismo, Sección 1.

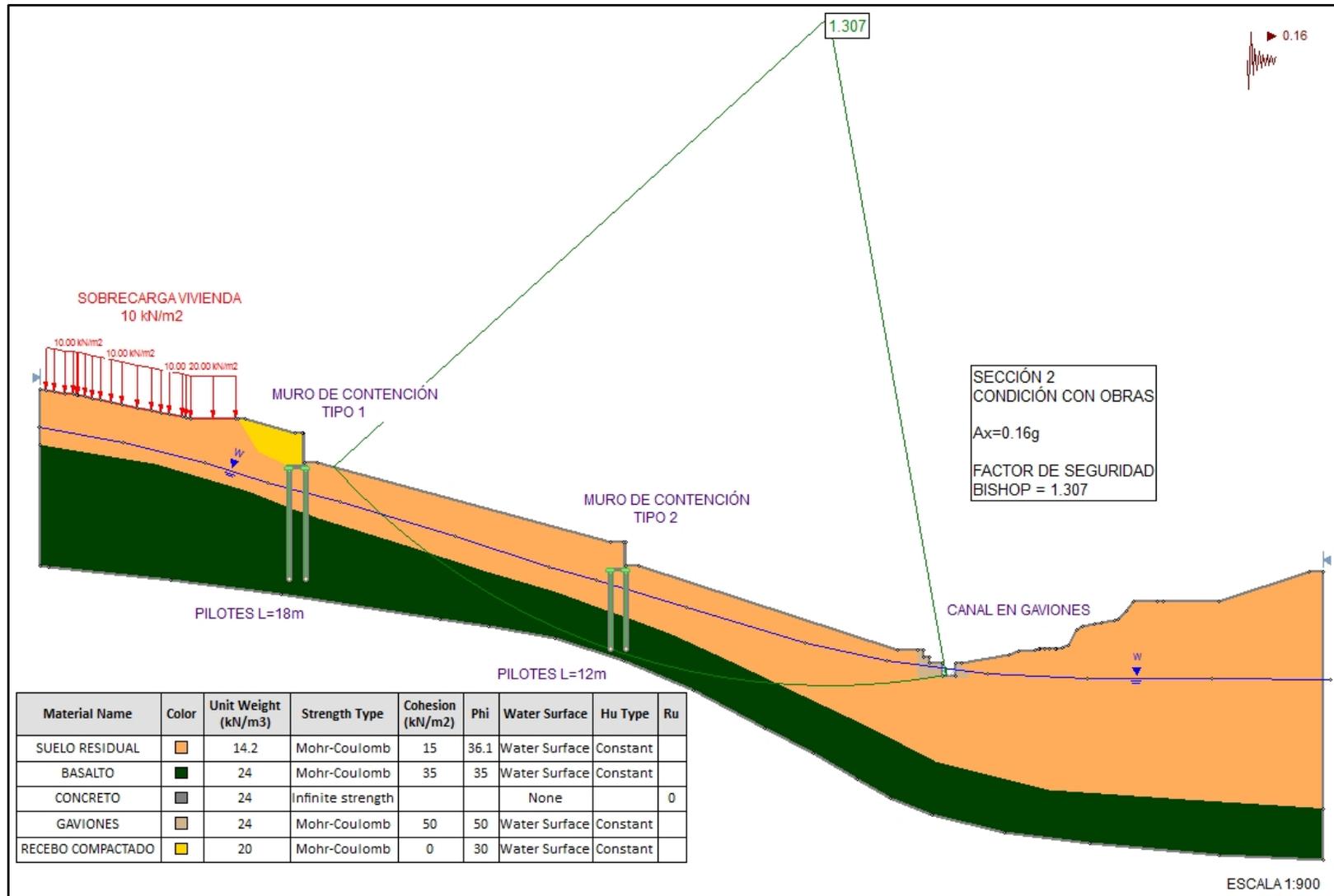


Figura 8.15 Análisis de estabilidad – Condición con obras Con sismo, Sección 2.

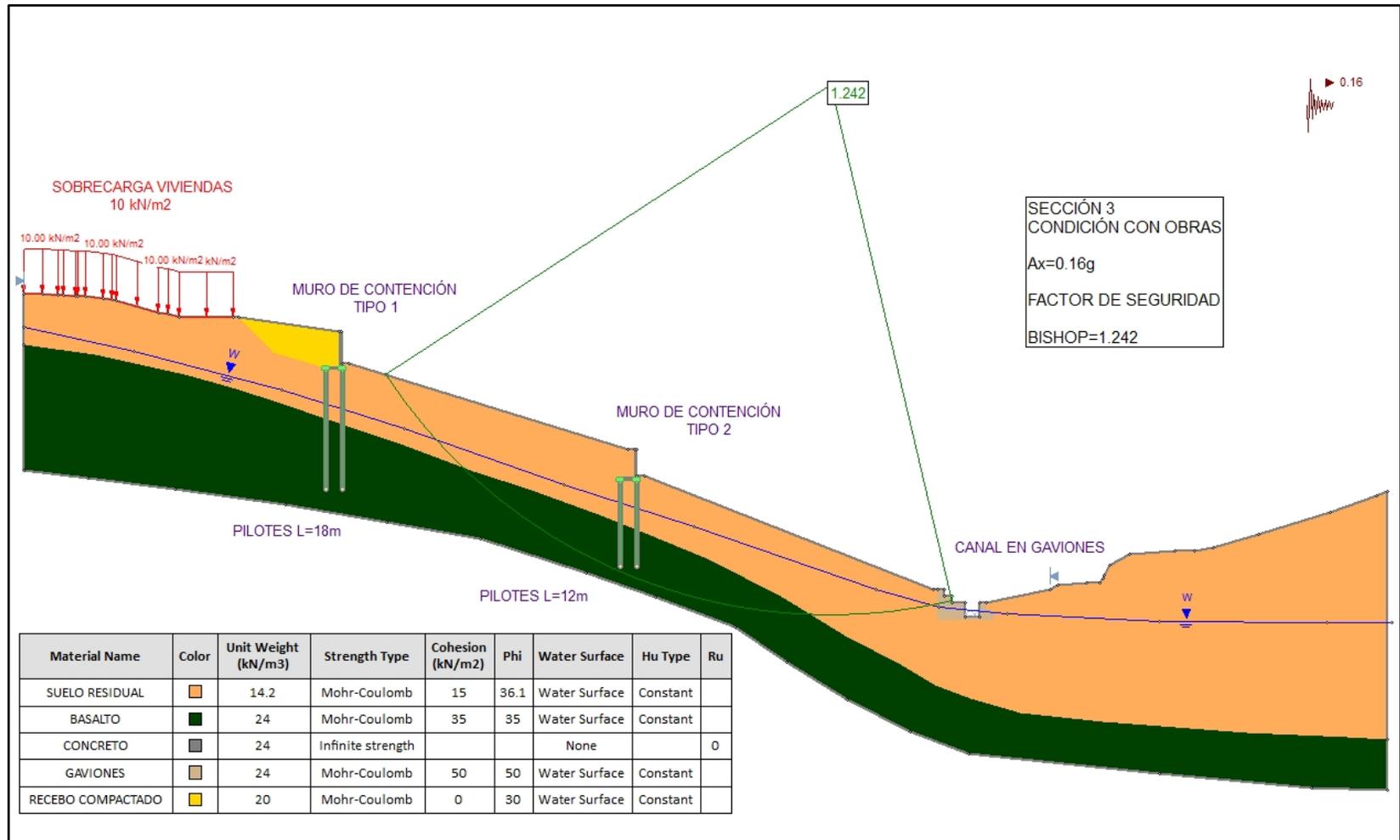


Figura 8.16. Análisis de estabilidad – Condición con obras Con sismo, Sección 3.

En el análisis de estabilidad realizado para la condición con obras se realiza teniendo en cuenta las obras prediseñadas para la mitigación de riesgo al que se encuentran sometidos los Barrios Monserrate y Cafetero. Las medidas de mitigación que se proponen en el presente estudio se componen de estructuras de contención y estructuras de drenaje que permiten controlar el nivel freático, evitando que este llegue hasta la superficie del terreno. Para esta condición, el análisis de estabilidad se realiza con una fuerza sísmica de 0.16 g y con un nivel freático abatido por las obras de drenaje prediseñadas en el presente estudio.

Sección 1 – En esta sección se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 1.438, que de acuerdo con los rangos establecidos para la clasificación de la amenaza, la zona se encuentra en amenaza baja, siendo notable la función que desempeñan las obras de contención y la reducción del nivel freático debido a la red de drenaje propuesta para la zona. El factor de seguridad mínimo obtenido en la condición sin obras fue de 0.514, lo que califica como alta la amenaza de la ladera, en este sentido es importante resaltar que las obras de mitigación propuesta en el presente prediseño, le aportan a la ladera la estabilidad que requieren los Barrios Monserrate y Cafetero.

Sección 2 – Para esta sección se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 1.307, este factor de seguridad garantiza la estabilidad de la ladera para esta condición con obras de mitigación. Para la condición sin obras, el factor de seguridad obtenido fue de 0.1, clasificando esta sección como la más crítica, lo cual coincide con la ubicación de la misma, ya que se encuentra localizada en el centro del deslizamiento. De acuerdo a lo anterior se resalta la importancia de las obras de mitigación prediseñadas en el presente estudio.

Sección 3 – En la sección 3 se observa un factor de seguridad mínimo de 1.242, en esta sección cuenta con las obras prediseñadas en el área de estudio. Es evidente el efecto estabilizante que producen las obras de contención, ya que en la figura 8.7, condición sin obras el factor mínimo de seguridad fue de 0.313, por esta razón la amenaza en la ladera pasa de alta a baja debido al efecto de las obras de mitigación.

En las 3 secciones analizadas para la condición con obra y con una fuerza sísmica, el factor de seguridad obtenido fue menor al obtenido en la condición con obras y con sismo, debido a esto es evidente el efecto desestabilizante que genera un sismo de 0.16 g, este evento puede reducir las propiedades geomecánicas haciendo la ladera más vulnerable ante factores detonantes.

## 8.2 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

Para la zonificación de amenaza se utilizó el método de talud infinito, considerando 3 escenarios: saturado – sin sismo, que representa la situación actual del área de estudio, saturado con sismo, y parcialmente saturado con sismo. Cada una de estas zonificaciones generadas tiene en cuenta los efectos de las sobrecargas que actúan sobre ella, como viviendas, tráfico sobre la vía que se encuentra en la parte alta del deslizamiento y demás acciones presentes en el terreno que generan una sobrecarga en el talud.

La zonificación de amenazas de un territorio es una de las herramientas necesarias para la administración racional de la ocupación de áreas socio-económicamente aprovechables. Permite la toma de decisiones tendiente al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, a cargo de entes territoriales ya que es un insumo para el ordenamiento territorial, la planeación del desarrollo y la gestión de riesgos, entre otros. Es fundamental para determinar bien sea el emplazamiento de vivienda, usos comerciales, industriales, institucionales, recreación, infraestructura, conservación, entre otros. Además, permite restringir y/o condiciona el uso del suelo, en zonas de amenaza alta, de manera que ha futuro se eviten eventuales demandas y problemas asociados a reubicación de viviendas.

Involucra en su evaluación, el conocimiento claro del tipo de movimiento en masa amenazante activo o potencial, así como estimativos de su magnitud, recurrencia y localización geográfica. Esta es una actividad compleja que requiere una gran cantidad de información de aspectos tales como: topografía, cobertura y usos del suelo, geología (geología para ingeniería, estratigrafía, geología estructural) geomorfología, clima, hidrología, hidráulica, parámetros geomecánicos de materiales e intensidad y probabilidad de ocurrencia de factores detonantes tales como lluvias y sismos.

### 8.2.1 Metodología

El desarrollo de un mapa probabilístico de amenaza por deslizamiento toma como referencia el artículo desarrollado por los ingenieros del Servicio Geológico de los Estados Unidos<sup>5</sup> donde manejan la siguiente expresión para el cálculo del factor de seguridad en laderas:

$$FS = \frac{c}{\gamma t \sin \alpha} + \frac{\tan \phi'}{\tan \alpha} - \frac{m\gamma_w}{\gamma \tan \alpha} \text{ ECUACIÓN DEL USGS}$$

---

<sup>5</sup>Randall W. Jibson, A Method for Producing Digital Probabilistic Seismic Landslide Hazard Maps: An Example from the Los Angeles, California Area. Open File Report 98-113, USGS

Donde:

$C'$  = Cohesión efectiva

$\Phi$  = Ángulo efectivo de fricción

$\alpha$  = Ángulo del talud

$\gamma$  = Peso unitario del suelo

$\gamma_w$  = Peso unitario del agua

$t$  = Espesor de estrato deslizante

$m$  = Proporción del estrato deslizante que se encuentra saturado

Para realizar un mapa de amenaza haciendo uso de la Ecuación (8.1), necesitamos desarrollar varias matrices todas de igual tamaño ( $m \times n$ ) las cuales son: matriz de elevación (se obtiene de la topografía desarrollando un modelo digital de elevación), matriz de pendientes (se desarrolla haciendo uso de las herramientas de ArcGIS), matrices de valores de cohesión, ángulo de fricción y peso unitario del suelo.

Una vez obtenidas las matrices y con los valores de  $t$  y  $m$  se hace uso de la Ecuación (8.1), integrando las diferentes matrices en un código desarrollado en Matlab donde se genera una matriz de tamaño ( $m \times n$ ) con los valores de factor de seguridad para cada pixel del mapa.

#### - Uso del Método de Monte Carlo

Como la idea es desarrollar un mapa probabilístico la creación de las matrices de los parámetros del suelo,  $c$ ,  $\phi$  y  $\gamma$  se han desarrollado haciendo uso del método de Monte Carlo utilizando una distribución normal para estos parámetros (los parámetros geotécnicos se comportan normalmente según varios autores). Para el espesor del estrato deslizante se ha tomado una distribución uniforme; estas distribuciones se muestran a continuación:

- Generación de una matriz ( $m \times n$ ) con  $m \times n$  valores a partir de una distribución normal:

$$r = (\text{randn}(m, n) * sd) + mu \quad (8.2)$$

Dónde:

$Sd$  = Desviación estándar del parámetro geotécnico ( $\phi$ ,  $c$  ó  $\gamma$ )

$Mu$  = Media del parámetro geotécnico ( $\phi$ ,  $c$  ó  $\gamma$ )

$Randn$  = función que genera valores aleatorios de 0 a 1

- Generación de una matriz ( $m \times n$ ) con  $m \times n$  valores a partir de una distribución uniforme:

$$r = a + \text{randn}(m, n) * (b - a) \quad (8.3)$$

Donde:

$a$  = valor mínimo del parámetro geotécnico ( $\phi$ ,  $c$  ó  $\gamma$ )

$b$  = valor máximo del parámetro geotécnico ( $\phi$ ,  $c$  ó  $\gamma$ )

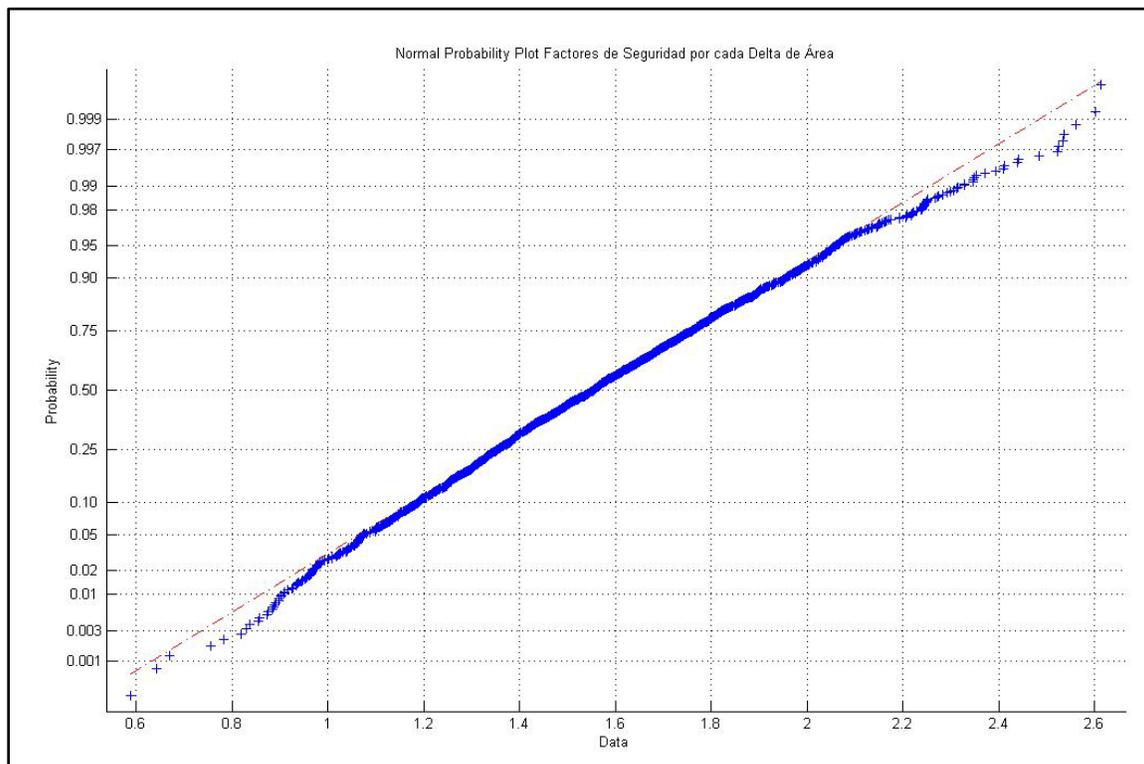
$Randn$  = función que genera valores aleatorios de 0 a 1

Haciendo uso de las expresiones (8.2) y (8.3) en el código desarrollado en Matlab se obtienen las matrices de los parámetros geotécnicos teniendo en cuenta el método de Monte Carlo.

#### - Código Desarrollado en Matlab

A partir del modelo de elevación digital en ArcGIS se desarrolla una matriz o un raster de pendientes haciendo uso de las herramientas de ArcGIS. Tanto la matriz de elevaciones como la matriz de pendientes se exportan a formato ASCII que puede ser leído por Matlab.

Con el fin de aplicar el método de Monte Carlo debemos crear un vector ( $m \times n, 1$ ) con el fin de evaluar la Ecuación 8.1, cada pixel del DEM (Digital Elevation Model) tendrá el número de iteraciones necesarias para llegar a el nivel de confiabilidad deseado (dentro del rango de 2000 a 10000) **Heuveilin (1993)**. Al concluir este último paso, obtenemos una matriz de tamaño ( $m \times n$ , número de iteraciones). Ahora, procedemos analizar los datos de cada fila buscando encontrar que tipo de comportamiento presentan los datos. Se encuentra que los datos se comportan normalmente (Figura 8.17).



*Figura 8.17 Datos que se comportan normalmente.*

Una vez determinado el comportamiento de los valores, calculamos los parámetros estadísticos para cada pixel (sigma, media e intervalo de confianza) en una nueva matriz donde cada columna corresponde a cada parámetro estadístico y cada fila corresponde a un pixel. Una última columna corresponde al cálculo de la probabilidad de falla. Con los parámetros estadísticos calculamos ahora la probabilidad de falla por remoción en masa para cada pixel.

Por último, realizamos operaciones matriciales buscando redimensionar la matriz ( $m \times n$ , probabilidad de falla) en una matriz de tamaño ( $m$ ,  $n$ ) donde cada posición ( $i,j$ ) queda exactamente en el mismo lugar del modelo digital de terreno.

Con el fin de visualizar los valores de probabilidad de falla en ArcGIS, escribimos un archivo ASCII que luego importamos al sistema de información geográfica.

### **8.2.2 Zonificación de la amenaza por remoción en masa**

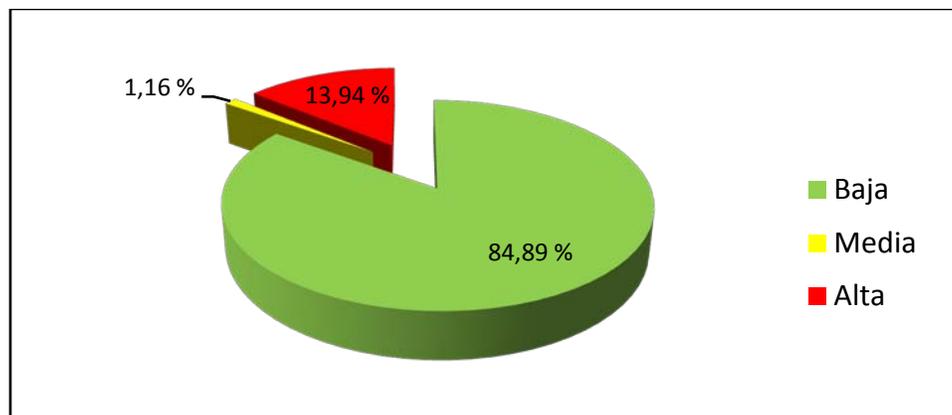
Así el mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa considera tres niveles de amenaza caracterizados por los valores que adquiere el factor de seguridad, los cuales son descritos como se especifica en la Tabla 8.5.

**Tabla 8.5 Descripción de niveles de amenaza por remoción en masa en la zona de estudio.**

NIVEL	AMENAZA
<b>BAJO</b>	<p>Zonas que se localizan dentro del rango de FS mayor o igual a 2.1 dentro del polígono suelo de protección, y 1.9 en las zonas aledañas; estas zonas se caracterizan por presentarse en la parte alta del deslizamiento, con presencia de arcillolitas y areniscas con alta cohesión.</p> <p>En general son zonas estables con pendientes menores a 12 grados, que no presentarán problemas en el evento de un sismo o lluvias fuertes. Debido a la ubicación del municipio de Sevilla en zona de amenaza sísmica alta, se recomienda a las autoridades exigir que las construcciones sean de diseño sismo-resistentes, acorde con la normatividad colombiana.</p>
<b>MEDIO</b>	<p>Zonas que se localizan dentro del rango de FS entre 1.1 y 2.1 (Suelo de protección) o 1.2 y 1.9 (Zonas Aledañas); estas zonas se caracterizan por ser suelos fino-granulares sueltos como areniscas y arcillas, pero en gran medida, son suelos residuales o depósitos fluvio-glaciales o de deslizamientos antiguos; con niveles freáticos cercanos a los 10.0 m de profundidad.</p> <p>Corresponde a zonas con pendientes entre 12 y 25 grados. Es necesario manejar estas zonas con precaución, debido a que a largo plazo se pueden convertir en zonas de amenaza alta. En ellas se recomienda la revisión del estado de acueducto y alcantarillado, ya que hay indicios de que la tubería se encuentra rota, inyectando agua a los depósitos e incrementando los problemas de inestabilidad. En general, no se recomienda el desarrollo de proyectos urbanísticos en estas zonas, a menos que se implementen previamente las obras de estabilización del terreno.</p>
<b>ALTO</b>	<p>Zonas que se localizan dentro del rango de FS menor o igual a 1.1 (Suelo de Protección) o 1.2 (Zonas Aledañas); estas zonas se caracterizan por presentar superficies de falla de grandes radios (en el caso de movimientos del tipo rotacional), y suelos residuales o materiales de deslizamiento, con niveles freáticos en promedio a 15m de profundidad.</p> <p>Corresponden a las zonas más empinadas del sector, con inclinaciones superiores a los 25 grados. Son zonas de deslizamientos activos como el del barrio Monserrate. Estos sectores se caracterizan por la falla de los taludes en el evento de un sismo y lluvia fuerte. En general, se recomienda intervenir estas zonas mediante obras de mitigación para disminuir el nivel de amenaza. Debido a que los depósitos tienen espesores relativamente grandes, las obras de mitigación implican la construcción de estructuras de contención profundas tipo pilotes. La mayor parte de estas zonas han sido intervenidas y los bosques primarios han sido destruidos para la siembra de cultivos limpios acelerando los problemas de erosión. Es importante destacar el efecto negativo de la Quebrada El Cafetero, que ha generado graves problemas de socavación lateral, por tanto es necesario canalizar en el tramo de estudio. Debido a la alta probabilidad de falla de estas zonas ante agentes externos como la lluvia y los sismos se recomienda la restricción del uso del suelo. Es importante revisar todo el sistema de acueducto y alcantarillado de esta zona, ya que se detectaron tuberías rotas que incrementan los procesos de inestabilidad.</p>

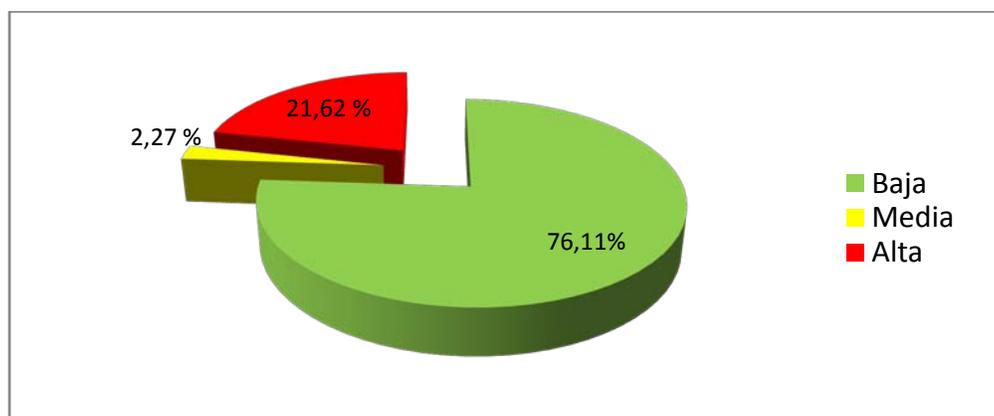
La zonificación de amenaza de los barrios Monserrate y Cafetero, se realizó para 3 escenarios, considerando situación actual de área de estudio, y factores detonantes que generan movimientos en la ladera.

Para el Escenario 1 (Mapa 8.1), se consideró el terreno saturado y sin sismo, donde el mayor porcentaje de la zona (85% aproximadamente) corresponde a amenaza baja, mientras que el siguiente porcentaje es el que corresponde a amenaza alta con un 14 %, y finalmente encontramos una amenaza media con un 1% (Figura 8.18). Aunque la amenaza baja que se presenta en la zona de estudio corresponde a un área muy extensa, es importante mencionar que la amenaza alta presentada en la zona, aunque es muy pequeña, se encuentra en el lugar de ocurrencia del fenómeno de remoción en masa que afecto los barrios Monserrate y Cafetero.



*Figura 8.18 Distribución de porcentaje de área amenazada, Escenario 1.*

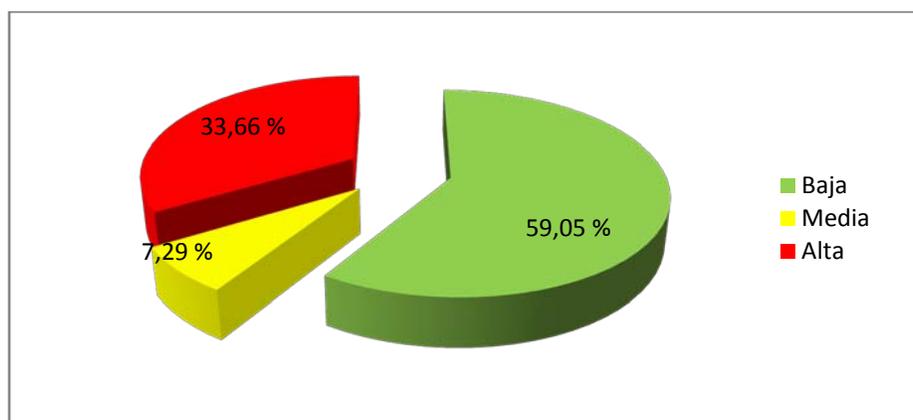
En el siguiente Escenario 2 (Mapa 8.2) se consideró el terreno parcialmente saturado y se adicionó un sismo de 0,16 g que corresponde a 2/3 de la aceleración horizontal pico efectiva para el municipio de Sevilla. En la Figura 8.19 se observa el efecto del sismo en la zona, hay un aumento de la amenaza alta y media, mientras en el escenario 1 la amenaza alta abarcaba un 14% de área de estudio, para el Escenario 2 este porcentaje aumento al 22%, así mismo la amenaza media pasó de 1% a un 2%. Consecuentemente con lo anterior la amenaza baja presentó una disminución del 85% al 76%. De acuerdo a esto se infiere que el efecto de un sismo en el sector aumenta la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa.



*Figura 8.19 Distribución de porcentajes de área amenazada, Escenario 2.*

El escenario 3 es considerado el *más crítico* sobre el cual se deben tomar las medidas de prevención y mitigación por parte de la administración municipal; se plantea como factores detonantes la saturación total del terreno y la ocurrencia de un sismo con aceleración mínima de 0,16 g (Mapa 8.3).

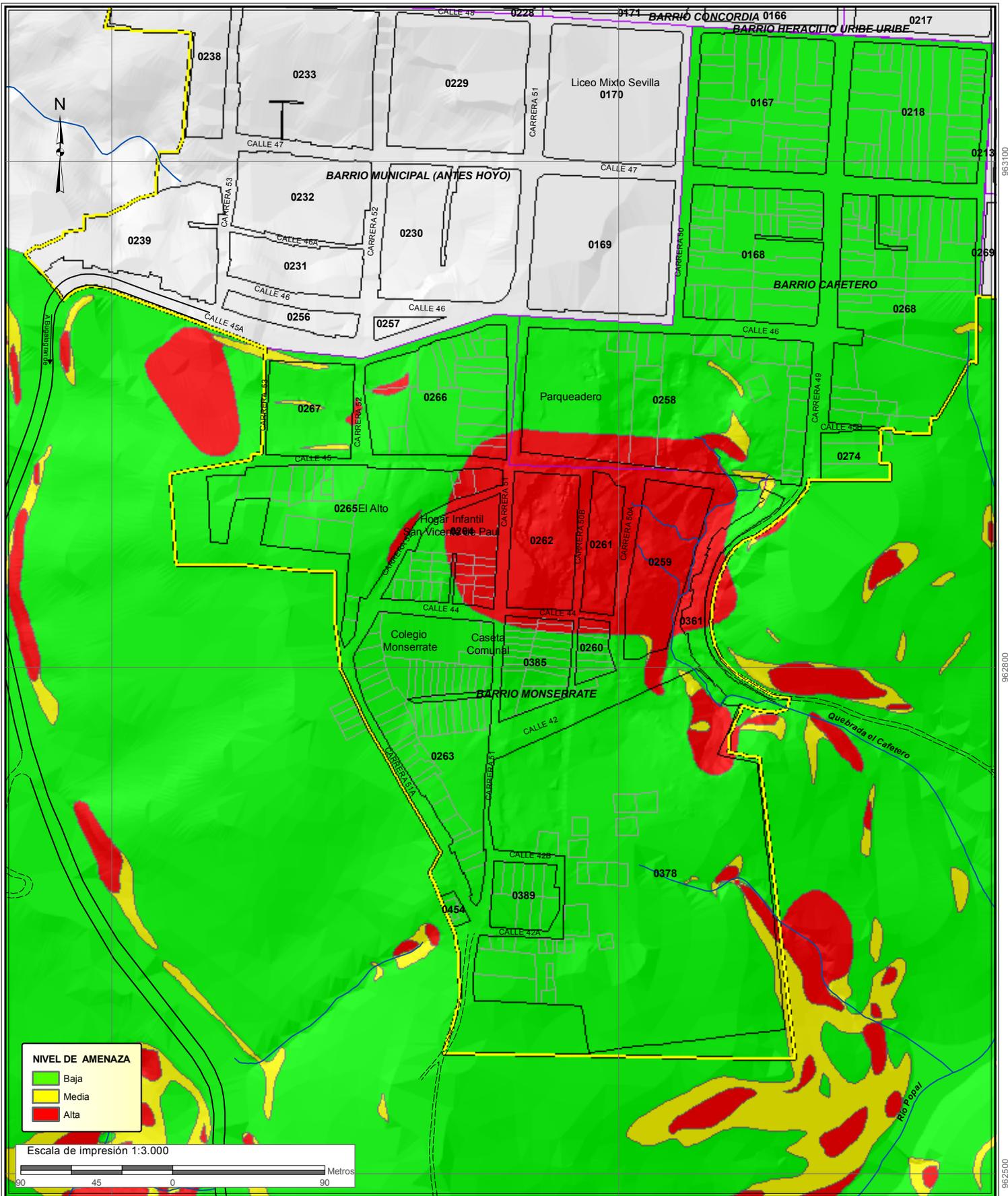
En la Figura 8.20 se esquematiza el porcentaje de área comprometida a los niveles de amenaza aquí definidos. Así se establece que de manera aproximada el efecto que tiene el agua y el sismo en la zona, se observa un aumento de la amenaza alta, pasando de 22% un 33%; de la misma forma la amenaza media aumentó pasando del 2% en los escenarios anteriores al 7,29% en el escenario crítico además de una disminución de la amenaza baja.



*Figura 8.20 Distribución de porcentajes de área amenazada, Escenario 3.*

La zona del deslizamiento ocurrido en el barrio Monserrate se encuentra en amenaza alta, como era de esperarse.

Estos resultados indican que el área bajo estudio tiene fuertes condiciones de inestabilidad del suelo, caracterizado principalmente por las condiciones naturales del suelo, la pendiente de la ladera y el régimen de precipitación local que contribuye al aceleramiento del fenómeno, así como las diferentes actividades humanas presentes que crean sobrecarga, y el mal manejo de las aguas servidas.



**NIVEL DE AMENAZA**

- Baja
- Media
- Alta

Escala de impresión 1:3.000

90 45 0 90 Metros

- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - ~ Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino

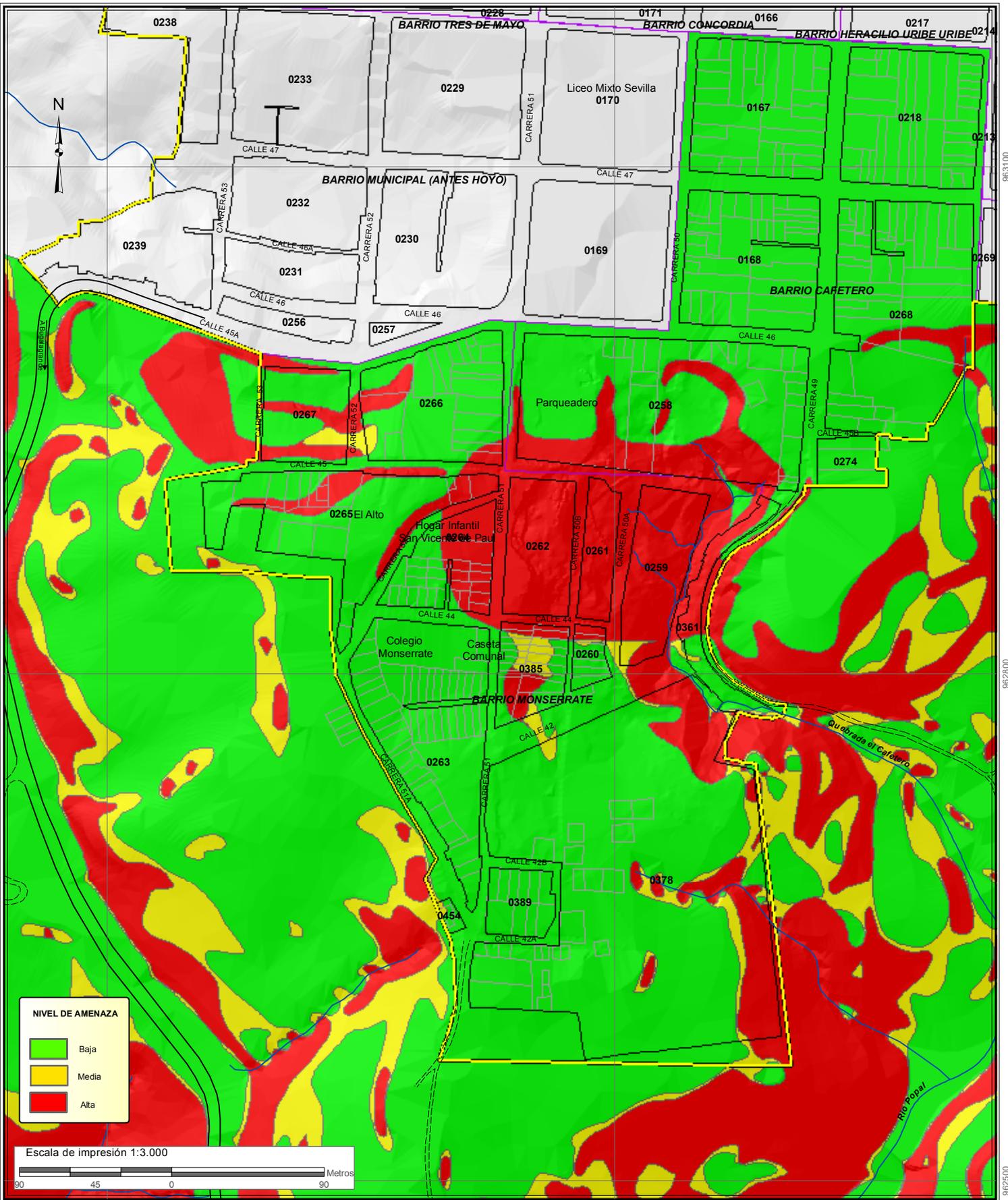


UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**MAPA 8.1**  
**AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA**  
**ESCENARIO 1 (SIN SISMO Y SATURADO)**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.



963100

962800

962500

- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino

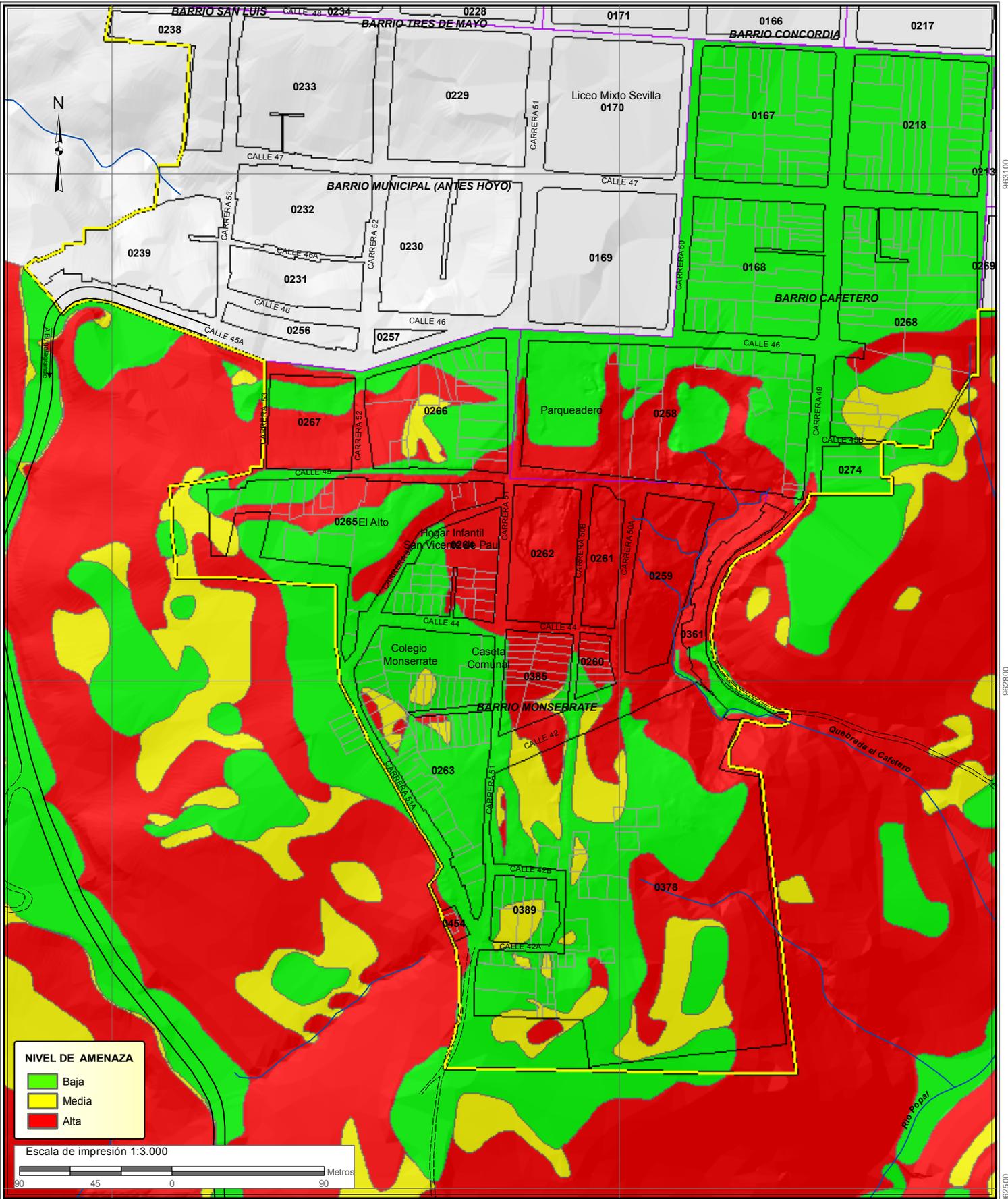


UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**MAPA 8.2**  
**AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA**  
**ESCENARIO 2 (CON SISMO Y**  
**PARCIALMENTE SATURADO)**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.



**NIVEL DE AMENAZA**

- Baja
- Media
- Alta

Escala de impresión 1:3.000

90 45 0 90 Metros

- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - ~ Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 8.3**  
**AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA**  
**ESCENARIO 3 (CON SISMO Y SATURADO)**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

963100  
962800  
962500

## **9 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

## 9 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

Los deslizamientos son fenómenos naturales que pueden ser detonados por diferentes procesos naturales o antrópicos bajo condiciones propensas del terreno que caracteriza la susceptibilidad a este tipo de eventos.

La ocurrencia de estos fenómenos representa un retraso en el desarrollo de las comunidades afectadas y una carga económica significativa para los gobiernos que las respaldan. Esta situación se ve agravada por una condición de vulnerabilidad, en la que amplios sectores de la población carecen de las herramientas necesarias para recuperarse e incluso prepararse adecuadamente para afrontar un desastre. Los fenómenos naturales, como es bien sabido, no constituyen *per se* un riesgo, sino que se transforman en tal cuando interactúan con una comunidad expuesta. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se produzcan daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se genere un aumento de los elementos expuestos (nuevas construcciones y aumento de población), habrá un incremento considerable en los posibles daños provocados.

Queda en evidencia, pues, la necesidad de una correcta evaluación de los daños y pérdidas que se pueden generar a partir de la interacción entre un fenómeno natural y una comunidad expuesta al mismo, con miras a la creación de acciones y políticas para la gestión del riesgo desde el punto de vista del desarrollo, entendido éste como una condición social en la cual las necesidades de una población son satisfechas con el uso racional y sostenible de los recursos de que dispone. Conceptualmente el *Riesgo o Escenarios de Afectación* se considera como una condición social en función de dos factores, a saber: *la peligrosidad ó Amenaza* y *la Vulnerabilidad*, de igual forma éste último factor depende del *grado de exposición* y del *nivel de fragilidad* de los distintos elementos que la conforman; así el riesgo puede expresarse de la siguiente manera:

$$R = A \times V_{(E)}$$

Donde  $R$  es el Riesgo,  $A$  es la amenaza,  $V$  es la vulnerabilidad y  $E$  son los elementos expuestos.

El presente informe pretende aportar elementos de juicio para la toma de decisiones y medidas para la prevención de daños debido a los fenómenos de remoción en masa, para ello se realiza un acercamiento integral al riesgo desde el análisis de la vulnerabilidad y los posibles escenarios de afectación que se presentan en los barrios Monserrate y Cafetero del municipio de Sevilla; para modelar tales factores se hace uso de técnicas y herramientas de análisis espacial de Geoestadística y los Sistemas de Información Geográfica, SIG, los cuales facilitan una mayor comprensión de los resultados enfocados a la gestión local del riesgo.

## 9.1 ASPECTOS CONCEPTUALES

En este estudio se propone un modelo conceptual de la vulnerabilidad y los escenarios de afectación o pérdidas, el cual considera no solamente parámetros o indicadores estructurales, sino también algunos indicadores corporales que permiten un acercamiento mucho más acertado y real a la situación de emergencia de una comunidad.

El grado de afectación se define como el resultado del producto escalado del factor de amenaza y del factor de vulnerabilidad (Cardona, 2001); esto significa que la existencia de un escenario de afectación se debe a que los descriptores de la amenaza y de la vulnerabilidad son condicionantes y concomitantes entre sí. A continuación se definen dichos descriptores y se relacionan sus indicadores y variables asociadas:

### 9.1.1 Amenaza del contexto

Definida como una agregación de valores que expresan un nivel de peligrosidad en función de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un espacio y momento determinado.

### 9.1.2 Vulnerabilidad del contexto

Definida como una suma de valores que expresan aspectos relacionados con la exposición y la fragilidad de un conjunto de elementos estructurales y corporales de un área o comunidad específica. Para su determinación se definen los siguientes componentes:

A) *Exposición*: definida como el volumen y concentración normalizada de viviendas y habitantes en contacto directo con un nivel determinado de amenaza. Dicha exposición está en función de dos indicadores a saber: *número de estructuras por predio* y *número de personas por predio*, entendidas como el número de viviendas y personas, respectivamente, por el área de la unidad de análisis, en este caso el área de la manzana. Un número mayor de elementos significa un nivel de exposición mayor y por lo tanto un nivel de vulnerabilidad también mayor.

B) *Fragilidad*: definida como la debilidad intrínseca de los elementos expuestos, tanto estructurales como corporales, para absorber el impacto de una crisis; en términos generales es la falta de capacidad para responder en casos de emergencias.

Para la determinación de la fragilidad estructural se definen los siguientes indicadores:

- *Material de construcción*: hace referencia al tipo de material empleado para la edificación de las paredes y muros de las viviendas; se definen tres variables: rústico o rudimentario, mampostería y concreto.
- *Tipología de cubiertas*: hace referencia a los materiales empleados para elaborar los techos de las viviendas; se definen tres variables: liviano, tejas de barro y loza.

- *Estado de la vivienda:* hace referencia al estado físico en que se encuentran las paredes y columnas de las viviendas; de acuerdo al grado de deterioro que presentan, el estado puede ser bueno, regular o malo.

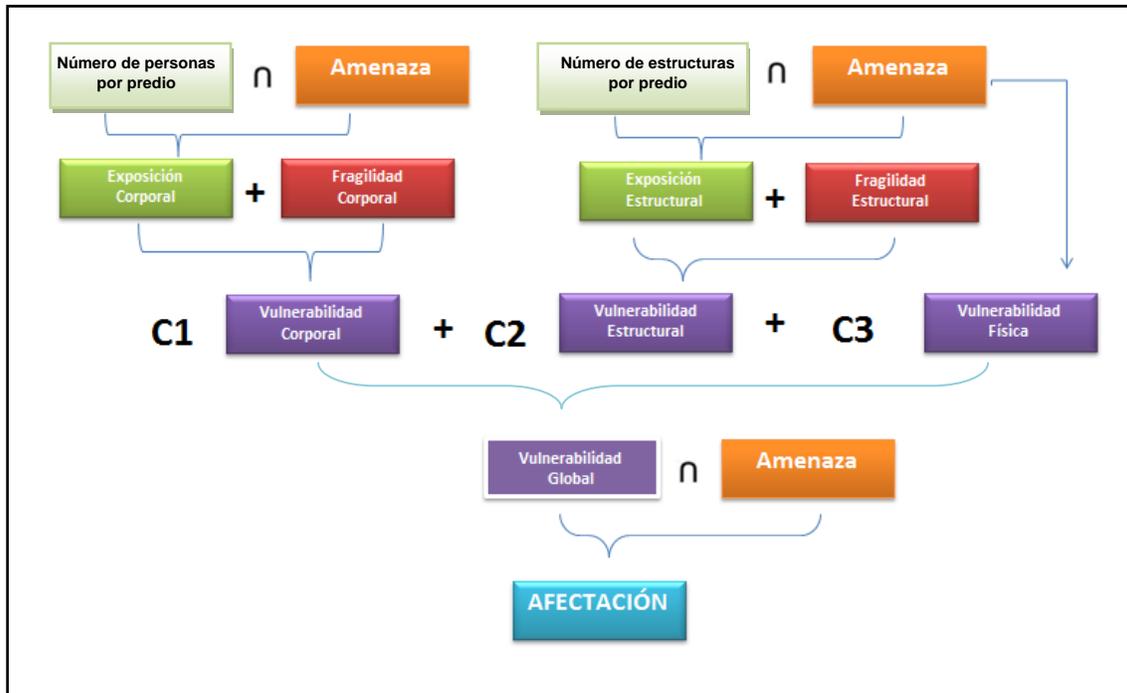
Para la determinación de la fragilidad corporal se definen los siguientes indicadores:

- *Sexo del jefe de hogar:* hace alusión al género del que participa el jefe del hogar bien sea masculino ó femenino.
- *Edad del jefe de hogar:* hace alusión a la edad actual del jefe del hogar, la cual puede agruparse en edades menores a 18 años, 18 a 60 años y mayores a 60 años.
- *Escolaridad del jefe de hogar:* hace referencia al nivel educativo alcanzado por el jefe de hogar, de acuerdo con el último año cursado, que bien puede ser básico primaria, secundaria, técnico, universitario y más.
- *Dependencia económica:* Este indicador establece la proporción que existe entre la población infantil-senil con respecto a la población adulta sobre una base de 100 habitantes, es decir, el número de niños y ancianos que dependen económicamente de un adulto.
- *Estado de salud del jefe del hogar:* Hace alusión a la condición física, mental y fisiológica de la persona en tanto puede ser este un factor importante para la respuesta ante la ocurrencia de eventos y debe valorarse como un aspecto central en la determinación de la fragilidad corporal. Se definen tres variables: Bueno Regular y Malo.
- *Ingresos económicos:* Este indicador permite identificar los ingresos económicos mensuales totales percibidos por el hogar, en tanto que este indicador puede ser importante para estimar la capacidad de recuperación de una familia ante situaciones de emergencia; se definen tres variables: bajo, medio y alto.

## 9.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

La vulnerabilidad ha sido definida en este proyecto como una condición intrínseca de una comunidad en términos del grado de exposición y del nivel de fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino; la exposición hace alusión al grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de peligrosidad dada, es decir la zona de contacto entre el elemento expuesto y la amenaza; por su parte, la fragilidad es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno.

La Figura 9.1 esquematiza el proceso mediante el cual se evaluó la vulnerabilidad y los escenarios en la zona de estudio.



**Figura 9.1** Diagrama conceptual para la evaluación de la afectación

Metodológicamente se ha tomado como punto de partida una expresión lineal que ha sido ampliamente desarrollada y aplicada en otras regiones (Londoño, 2007; Barrenechea et al., 2000; Cardona, 2001), cuyas modificaciones en este estudio conducen a proponer la siguiente fórmula:

$$V = C_1 V_{(est)} + C_2 V_{(corp)} + C_3 V_{(física)}$$

$$V_{(est)} = Exp_{(est)} + Frag_{(est)}$$

$$V_{(corp)} = Exp_{(corp)} + Frag_{(corp)}$$

Donde:

$C_1$  es el coeficiente de importancia para la vulnerabilidad estructural normalizada  $V_{(est)}$ .

$C_2$  es el coeficiente de importancia para la vulnerabilidad corporal normalizada  $V_{(corp)}$ .

$C_3$  es el coeficiente de importancia para la vulnerabilidad física del suelo normalizada  $V_{(física)}$

$Frag_{estr}$  y  $Frag_{corp}$  representan la fragilidad de las estructuras y de la población, respectivamente.

$Exp_{est}$  y  $Exp_{corp}$  corresponden al grado de exposición para las estructuras y la población, respectivamente.

$Vul_{(física)}$  Corresponde a la vulnerabilidad física del suelo, la cual se mide en términos de la probabilidad de falla del terreno.

La normalización de la vulnerabilidad, tanto para los elementos estructurales como corporales y el suelo, se hace necesaria para tener una dimensión proporcional de una con respecto a las otras, es así como, dentro de una escala de importancia relativa de 1 a 10 (ver tabla 9.1), para  $C_1$  y  $C_2$  se asume el valor de 3 mientras que para  $C_3$  se asume el valor 4, lo cual significa que la vulnerabilidad física del suelo es “muy fuertemente más importante”, mientras que la vulnerabilidad estructural y corporal es “moderadamente más importante”; por su parte, la combinación lineal de la exposición y la fragilidad para cada elemento, mediante un análisis multicriterio dentro de un panel de expertos como técnica útil para la asignación de factores de participación o de importancia relativa a través de comparaciones sucesivas entre variables, permite una aproximación integral y sistemática a la vulnerabilidad y el riesgo.

La evaluación de la vulnerabilidad física del suelo se realiza dentro del análisis de la amenaza como uno de los insumos para determinar la probabilidad de desestabilización o falla del terreno bajo unas condiciones determinadas y cuyo producto es un mapa de probabilidad bien sea alta, media o baja. La importancia de un mapa de probabilidad de falla o vulnerabilidad del suelo radica en evitar las construcciones de infraestructuras físicas en terrenos actualmente deshabitados y con una alta susceptibilidad a deslizarse.

**Tabla 9.1** *Asignación de importancias relativas entre variables.*

<i>Juicio de importancia</i>	<i>Puntaje</i>
	10
Extremadamente más importante	9
	8
Muy fuertemente más importante	7
	6
Fuertemente más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igualmente más importante	1

Utilizando la tabla anterior para la asignación de importancias o preferencias se puede asignar un puntaje de importancia por indicador teniendo como referencia qué tanto, de manera comparativa, cada indicador refleja el aspecto que se desea representar.

El método más riguroso para obtener los valores de exposición y fragilidad para cada uno de los elementos involucrados se realiza mediante la siguiente formulación:

$$\boxed{Exp_e = Dens_e \cap A} \quad ; \quad \boxed{Frag_e = \sum (var^* par)}$$

Donde:

*Exp<sub>e</sub>*: Representa la exposición del elemento (bien sea corporal o estructural) en función de la densidad del mismo.

*Dens<sub>e</sub>*: Densidad del elemento sobre la amenaza *A*; cabe mencionar que los escenarios de amenaza para evaluar la exposición corresponden a los casos más críticos que se presentan la zona de estudio con el objetivo de cubrir la mayor área expuesta.

*Frag<sub>e</sub>* Representa la fragilidad del elemento en función de la variable *var* multiplicado por el indicador *ind* que se esté evaluando.

Los indicadores, variables y pesos asociados a ellos para evaluar la exposición y la fragilidad estructural-corporal se obtuvieron a partir de un trabajo de campo en las zonas de interés, el cual se estructuró en un levantamiento predio a predio aplicando la encuesta de elementos expuestos; dichos indicadores y variables aparecen referenciados en las Tablas 9.2, 9.3, 9.4 y 9.5.

Los criterios empleados por los expertos a la hora de asignar los pesos dentro de cada parámetro, tanto estructural como corporal, responden al nivel de importancia relativa que tienen unas variables con respecto a otras en términos de fragilidad; así, para las variables correspondientes al indicador “*material de construcción*” se asignaron determinados pesos que indican que las viviendas cuyas paredes han sido levantadas con materiales rústicos son más frágiles ante la acción provocada por un fenómeno de remoción en masa, en contraste con las viviendas cuyos materiales son de concreto, las cuales son mucho más resistentes a dicha acción. De igual forma sucede con las variables del indicador “*Cubierta*” donde aquellas viviendas cuyos techos están contruidos de materiales livianos o entrepuestos son mucho más frágiles e incapaces de resistir la acción de dicho fenómeno sin percibir ningún tipo de daño, contrario con lo que sucede en las viviendas cuyas cubiertas son mucho más firmes y resistentes, tipo losas de concreto, las cuales pueden resistir mucho más; por su parte, los pesos asignados a las variables del indicador “*Estado de Conservación*” señalan claramente que una vivienda que se encuentra en mal estado es mucho más frágil desde el punto de vista estructural, razón por la cual no tiene la capacidad suficiente de resistir el impacto que caracteriza un fenómeno natural como el estudiado, en contraste con lo que ocurre con viviendas cuyo estado estructural es relativamente bueno, lo que le garantiza una mayor resistencia física ante un fenómeno potencialmente dañino.

**Tabla 9.2 Ponderación de la Exposición Estructural**

	Densidad Viviendas	Amenaza FRM	Condición de exposición	Peso de la condición	Peso Expo Estr
<b>EXPOSICIÓN</b>	Vmin≤Clase1≤ CN1	Alta	<i>alta</i>	6	0,5
		Media	<i>media</i>	5	
		Baja	<i>baja</i>	2	
	Corte1<Clase2≤ CN2	Alta	<i>alta</i>	7	
		Media	<i>media</i>	6	
		Baja	<i>baja</i>	3	
	Clase3>CN2	Alta	<i>alta</i>	8	
		Media	<i>media</i>	7	
		Baja	<i>baja</i>	4	

**V<sub>mín</sub>**: Valor mínimo registrado; **CN**: Corte Natural (ver métodos de clasificación de datos)

**Peso Expo Estr**: peso de la exposición del elemento estructural

**FRM**: fenómeno de remoción en masa.

**Tabla 9.3 Ponderación de la Fragilidad Estructural**

Indicador	Tipo	Variable	Peso_var	Condición de vulnerabilidad	Peso_Ind
			FRM		FRM
Material de construcción	I	Rústico	10	Alta para madera burda, desechos, zinc, cartón, esterilla, guadua	0,25
	II	Mampostería	7	Moderada para adobe, ladrillo, piedra, roca pulida, cantos	
	III	Concreto	5	Baja para armado, en masa, ordinario	
Cubierta	I	Liviana	10	Alta para materiales livianos y entrepuestos	0,1
	II	Teja de barro	8	Moderada	
	III	Loza	5	Baja para techos	
Estado de la vivienda	I	Mal estado	10	Alta para Avanzado estado de afectación de los elementos portantes, inclinación y agrietamiento	0,15
	II	Regular estado	8	Moderada por ligero envejecimiento de los elementos portantes con leves fisuras	
	III	Buen Estado	5	Baja para Los elementos portantes no presentan fisuras, ni agrietamiento	

*Peso\_var: Peso de la variable; peso\_ind: peso del indicador*

De igual forma, y bajo los mismos criterios se asignaron pesos de importancia relativa a las variables correspondientes a cada indicador de fragilidad corporal; así, para las variables correspondientes al indicador “*Sexo del jefe de hogar*” se asignaron determinados pesos que indican que en las mujeres jefes de hogares monoparentales la vulnerabilidad tiende a aumentar en términos socioeconómicos puesto que ante situaciones de emergencia les cuesta un poco más de trabajo desplazarse con sus hijos o personas a cargo y huir fácilmente del peligro; por lo general son hogares donde se dan los casos de viudez o separaciones. En términos de fuerza física, un hombre puede resistir mucho más el impacto de un fenómeno natural que una mujer. En cuanto al indicador “*Edad del jefe de hogar*” los pesos de las variables señalan que un joven menor de edad cabeza de hogar es mucho más frágil o vulnerable que un adulto, puesto que no tiene ni la solidez económica ni la experiencia o madurez necesaria para afrontar situaciones de emergencia en las cuales deba tomar decisiones determinantes para resguardar su vida y la de los suyos. En cuanto al indicador “*Dependencia infantil*” los pesos altos sugieren que hogares cuyos índices de dependencia se encuentran por encima de 75 son muchos más vulnerables o mucho más frágiles debido a la “carga” social y económica que ello representa para un adulto a cargo; en otras palabras, es mucho más difícil resguardar y proteger la vida de 3 niños o más que la de 1 o dos niños durante situaciones de emergencia. Los pesos asignados a las variables del Indicador “*escolaridad del jefe de hogar*” sugieren que los más altos corresponden a hogares cuyos jefes no han alcanzado los niveles educativos básicos necesarios que le garanticen una fácil comprensión y entendimiento de las distintas situaciones de emergencia que puedan presentarse para, y de esta forma, lograr una buena respuesta ante las mismas. Los pesos asignados a las variables del indicador “*Estado de salud del jefe del hogar*” señalan que los hombre o mujeres cabezas de hogar son muchos más frágiles cuando su estado de salud es malo, es decir, cuando la persona posee una o varias enfermedades o discapacidades que afectan de manera determinante sus habilidades físicas y mentales y, además, no se encuentra bajo tratamiento o supervisión médica. Por último, el indicador “*Ingresos del hogar*” sugieren que los hogares que perciban en total uno o menos de un salario mínimo mensual legal vigente (s.m.m.l.v.), se consideran muy frágiles debido a la falta de recursos con que cuentan para sobreponerse ante una situación de emergencia dada.

**Tabla 9.4 Ponderación de la Exposición Corporal**

	Densidad Habitantes	Amenaza FRM	Condición de exposición	Peso de la condición	Peso Expo Corpo
<b>EXPOSICIÓN</b>	$V_{\min} \leq \text{Clase 1} \leq \text{CN1}$	Alta	<i>alta</i>	6	0,2
		Media	<i>media</i>	5	
		Baja	<i>baja</i>	2	
	$\text{Corte 1} < \text{Clase 2} \leq \text{CN2}$	Alta	<i>alta</i>	7	
		Media	<i>media</i>	6	
		Baja	<i>baja</i>	3	
	$\text{Clase 3} > \text{CN2}$	Alta	<i>alta</i>	8	
		Media	<i>media</i>	7	
		Baja	<i>baja</i>	4	

*V<sub>mín</sub>*: Valor mínimo registrado; *CN*: Corte Natural (ver métodos de clasificación de datos)

*Peso Expo Estr*: peso de la exposición del elemento estructural

*Peso Expo Corpo*: peso de la exposición del elemento corporal

*FRM*: fenómeno de remoción en masa.

**Tabla 9.5 Ponderación de la Fragilidad Corporal**

Indicador	Tipo	Variable	Peso_var	Descripción	Peso_ind
Sexo del jefe de hogar	I	Mujer	10	Por su importancia se propone una mayor vulnerabilidad cuando el jefe es mujer	0,1
	II	Hombre	8	Se propone una menor vulnerabilidad cuando el jefe es hombre	
Edad del jefe de hogar	I	< 18 años	10	Se Propone alta vulnerabilidad cuando el jefe es menor de edad	0,1
	II	18-60 años	6	se propone baja vulnerabilidad cuando el jefe es adulto	
	III	> 60 años	8	Se propone moderada vulnerabilidad cuando el jefe es adulto mayor de 60 años	
Dependencia económica	I	[Vmin-25]	2	Se propone baja vulnerabilidad cuando la razón es de 25 o menos niños-adultos mayores por cada 100 adultos	0,1
	II	(25-75]	6	Se propone moderada vulnerabilidad cuando está entre 25 y 75 niños-adultos mayores por cada 100 adultos	
	III	(75-Vmax]	8	Se propone alta vulnerabilidad cuando la razón está por encima de los 75 niños-adultos mayores por cada 100 adultos	
Escolaridad del jefe del hogar	I	Estudios superiores	4	Se propone baja vulnerabilidad para jefes de hogar técnicos-universitarios y mas	0,1
	II	Bachiller	8	Se propone vulnerabilidad moderada para jefes de hogar que han terminado el bachillerato	
	III	Primaria	10	Se Propone Vulnerabilidad alta para jefes con nivel de educación primaria y menos	
Estado de salud del jefe de hogar	I	Bueno	2	Se propone baja vulnerabilidad para jefes de hogar sin enfermedades crónicas o discapacidades físicas y mentales permanentes	0,2
	II	Regular	6	Se propone moderada vulnerabilidad para jefes de hogar con alguna enfermedad o discapacidad física y mental que se encuentren en tratamiento médico	
	II	Malo	10	Se propone alta vulnerabilidad para jefes de hogar con una o varias enfermedades y discapacidades físicas y mentales y no estén bajo tratamiento médico	
Ingresos del hogar	I	Alto	2	Se propone vulnerabilidad baja cuando el hogar percibe 4 o más smmlv	0,2
	II	Medio	7	Se propone vulnerabilidad moderada cuando el hogar percibe 2 o 3 smmlv	
	III	Bajo	10	Se propone vulnerabilidad alta cuando el hogar percibe menos de 1 smmlv	

Una vez obtenida la vulnerabilidad, se adopta una escala numérica que indica los grados de vulnerabilidad, lo cual nos permitirá realizar la clasificación de la misma, de la siguiente manera (Tabla 9.6).

**Tabla 9.6 Escala numérica-Grados de Vulnerabilidad**

<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Rango</b>	<b>Descripción</b>
Baja (I)	[0-30]	Elementos que presentan un nivel de exposición relativamente bajo ante un determinado fenómeno, con una condición de fragilidad baja caracterizada por una tipología estructural resistente y en buen estado y una población socioeconómicamente capaz de recuperarse ante un cambio drástico en su medio.
Media (II)	(30-60]	Elementos que presentan un nivel de exposición moderado ante la amenaza, con unos niveles de fragilidad intermedio caracterizados por elementos estructurales cuyo estado físico y resistencia son aceptables y una población con limitaciones desde el punto de vista socioeconómico para responder y adaptarse a los cambios generados por un evento.
Alta (III)	(60-100]	Elementos que presentan un nivel de exposición elevado ante una amenaza y condiciones de fragilidad elevadas caracterizadas por elementos estructurales poco dúctiles, sistemas constructivos inadecuados y estado de deterioro avanzado y una población incapaz de sobreponerse por sí mismos a los efectos provocados por un fenómeno.

Posteriormente, se procede a la determinación de los niveles y modos de afectación; esta labor permite evaluar los modos de daño o grados de afectación esperados para los elementos expuestos según el nivel o grado de amenaza dado. Se proponen tres opciones (ver Tablas 9.7, 9.8 y 9.9).

**Tabla 9.7 Índices de afectación**

		<b>Grado de vulnerabilidad</b>			
		I	II	III	
<b>Grado de Amenaza</b>	I	I	I	II	<b>Modo de daño ó Afectación</b>
	II	I	II	III	
	III	II	III	III	

**Tabla 9.8** Modo de daño o afectación por Fenómenos de Remoción en Masa

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO o AFECTACIÓN
HABITANTES	I	Heridas leves sin secuelas
	II	Heridas importantes (fracturas, invalidez)
	III	Fallecimiento en el sitio
CONSTRUCCIONES (viviendas)	I	Daños ligeros no estructurales (estabilidad no afectada)
	II	Daños importantes Fisura y agrietamiento
	III	Daños graves, destrucción parcial y/o total de las estructuras

El siguiente paso es la modelación de escenarios de afectación, cuantificación de daños y pérdidas potenciales. Esta etapa recoge la información necesaria para modelar los escenarios de afectación y cuantificar los daños y pérdidas esperadas para un fenómeno ya caracterizado. Debido a la complejidad de los fenómenos de remoción en masa que se presentan en el municipio, y la dinámica que presentan los elementos corporales expuestos en función del espacio-tiempo, puede existir una variedad de posibilidades de manifestación del daño. En este sentido se adopta la propuesta de complementar el análisis mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que permite un acercamiento al daño específico en función del número y porcentaje de personas damnificadas y viviendas afectadas. Para generar dicho modelo se efectúa el cruce de información correspondiente al modo de daño con la densidad de personas en la vivienda por escenario (diurno y nocturno), tal como se muestra en la Tabla 9.9.

**Tabla 9.9** Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario

		DENSIDAD DE POBLACIÓN/ESCENARIO D-N		
		ALTA	MEDIA	BAJA
MODO DE DAÑO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
	MEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO
	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO
		ESCENARIO DE AFECTACIÓN		

## **9.3 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

### **9.3.1 Definición del escenario de amenaza crítico evaluado para la zona de estudio**

Tal como se ha planteado conceptualmente, la evaluación del riesgo o escenario de afectación requiere de una correcta evaluación de los fenómenos naturales que se traducen en amenaza para una comunidad expuesta.

La evaluación de la amenaza presente en este municipio, fue realizada dentro del proyecto para caracterizar el comportamiento del fenómeno de remoción en masa.

Los mapas de amenaza representan para los estudios de vulnerabilidad y afectación, uno de los insumos principales a partir de los cuales se puede determinar cuáles son las áreas y los elementos que se encuentran expuestos ante los distintos niveles de peligrosidad determinados; de igual manera, permite estimar los efectos o daños esperados sobre cada uno de los elementos involucrados en el análisis.

### **9.3.2 Identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos**

El modelo conceptual y metodológico planteado, sugiere que la estimación del riesgo o afectación implica necesariamente la incorporación y la evaluación de los distintos elementos que se consideran expuestos o que se encuentran localizados dentro del área de influencia de un determinado fenómeno; por tal motivo, es importante realizar un inventario que facilite la localización espacial y una caracterización de dichos elementos, como base para la estimación de la exposición y la fragilidad previas al análisis y zonificación de la vulnerabilidad y el riesgo. De acuerdo con los alcances del proyecto, los elementos expuestos se clasifican en dos grupos: los corporales (los habitantes), y los estructurales (las viviendas); sin embargo, se hace una breve mención del grado de exposición de otros elementos estructurales de tipo institucional-dotacional tal como colegios públicos.

El análisis de la información sobre los elementos citados se obtuvo de diferentes fuentes, entre ellas la Oficina de Hacienda, Planeación Municipal y SISBEN-2011; dicha información fue complementada con un completo trabajo de campo planificado en el que se recopiló la información pertinente para caracterizar y localizar los distintos elementos expuestos dentro del área de estudio.

Entre otras actividades, el trabajo de campo contempló la inspección ocular de las viviendas identificando su estructura física y estado de conservación, y la entrevista con un informante idóneo por cada vivienda, capaz de suministrar la información necesaria para el análisis.

En los Anexos 9.1 y 9.22 se describe en detalle el trabajo de campo realizado y sus principales resultados obtenidos.

En el Anexo 9.1 correspondiente al censo de evaluación de la vulnerabilidad, donde se caracterizan los elementos expuestos, tanto corporales como estructurales, se describe el proceso de levantamiento del mismo y sus respectivos resultados.

Se realizó una caracterización de la población y una aproximación del estado estructural de las viviendas encuestadas en toda el área de estudio.

En el Anexo 9.2 correspondiente a la evaluación técnica del estado estructural de las viviendas. Se realizó una revisión de antecedentes relacionados a la ocurrencia de eventos por remoción en masa, conforme al informe de Historicidad, que pudieran afectar las estructuras en la zona de estudio.

Se describe la inspección visual técnica del estado estructural de las viviendas, observando las diferentes problemáticas en materiales, modos de construcción en muros portantes, disposición de cubiertas, etc. La inspección minuciosa se realizó en las viviendas que se encontraban en regular y mal estado según el censo realizado, conforme al Anexo 1, relacionándose entonces la manzana catastral, número de predio inspeccionado, material de muros y cubierta, estado estructural y observación, apoyado con registro fotográfico. Además, se inspeccionó el Liceo Mixto Sevilla donde se observaron grietas (fallas por cortante) y otras fisuras entre las uniones de los muros, y fisuras en la losa de la cancha deportiva.

Por último, se diagnosticaron las patologías detallando los tipos de cimentación encontrados en las estructuras, el estado de las conexiones entre miembros estructurales, las causas de la aparición de humedades en muros, fallas en muros de mampostería y las respectivas propuestas de intervención de las patologías.

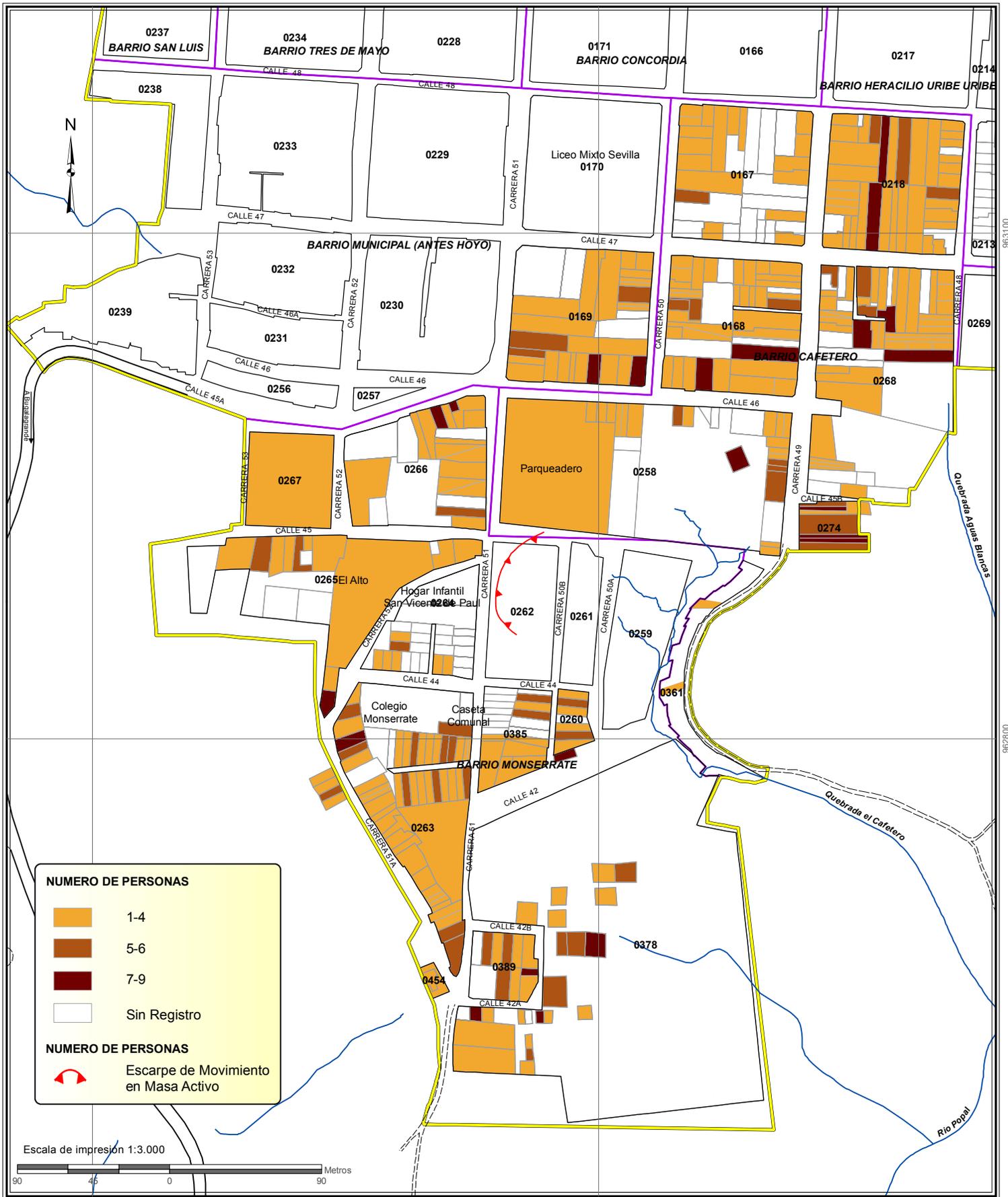
### ***9.3.2.1 Localización y caracterización de los elementos corporales expuestos***

#### *A) Número de personas por predio*

La cantidad de población por predio es un indicador descriptivo muy importante para el nivel de exposición al que se encuentra sometida la comunidad, en la medida en que permite evaluar el grado de concentración o dispersión de las personas en el territorio frente a la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural que caracteriza una amenaza. Se asume la hipótesis de que existe una fuerte correlación espacial positiva entre este indicador y los niveles de exposición, para lo cual encontramos niveles de exposición elevados cuando existe una alta densidad de población en el área de influencia de una amenaza. A partir de los datos obtenidos, se pudo caracterizar demográficamente la población en función del número de personas por predio.

El mapa 9.1 representa las áreas con mayor población permanente; en ella se puede apreciar claramente que las manzanas 260 y 274 de los barrios Monserrate y Cafetero respectivamente, presentan niveles altos de densidad población, lo que sugiere unos niveles de exposición relativamente altos a la amenaza; paradójicamente la manzana 260 ya ha presentado anteriormente afectación por deslizamientos históricos, razón por la cual el

gobierno municipal había decretado la orden de evacuación y demolición de las viviendas en dicha manzana; sin embargo, aún se encuentra habitada por personas que se niegan a desocupar sus habitaciones. Por su parte, en las manzanas 263, 385, 389 y 454 del barrio Monserrate y las manzanas 168 y 268 del barrio Cafetero presentan niveles de densidad de habitantes relativamente moderados en comparación con el resto de manzanas propias del área de estudio.

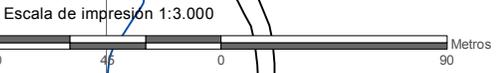


**NUMERO DE PERSONAS**

- 1-4
- 5-6
- 7-9
- Sin Registro

**NUMERO DE PERSONAS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.1**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL NUMERO DE PERSONAS**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### B) Edades del jefe del hogar

Este es un indicador social el cual permite identificar el rango de edades correspondientes a los jefes cabeza de hogar. Al considerar éste indicador y su relación con la vulnerabilidad y el riesgo, se muestra como los niveles de fragilidad social presentan un comportamiento en forma de campana invertida (ver Figura 9.2), lo que nos permite inferir que en los hogares cuyos jefes son menores de edad los niveles tienden a ser altos, en comparación con los hogares en que los jefes son adultos y se presentan niveles relativamente bajos, mientras que en los hogares cuyos jefes de hogar son adultos mayores (65 años y más) los niveles de fragilidad tienden a aumentar.

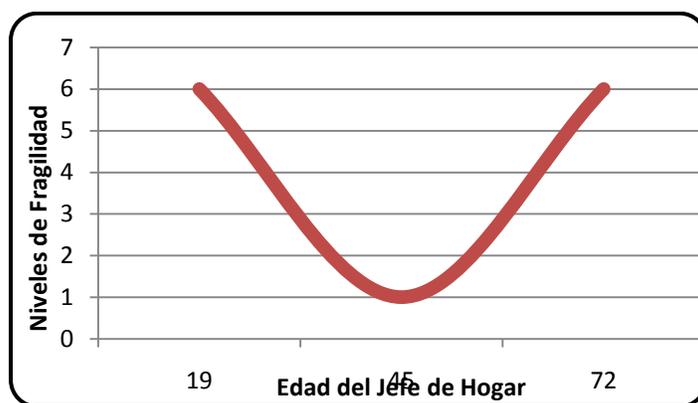
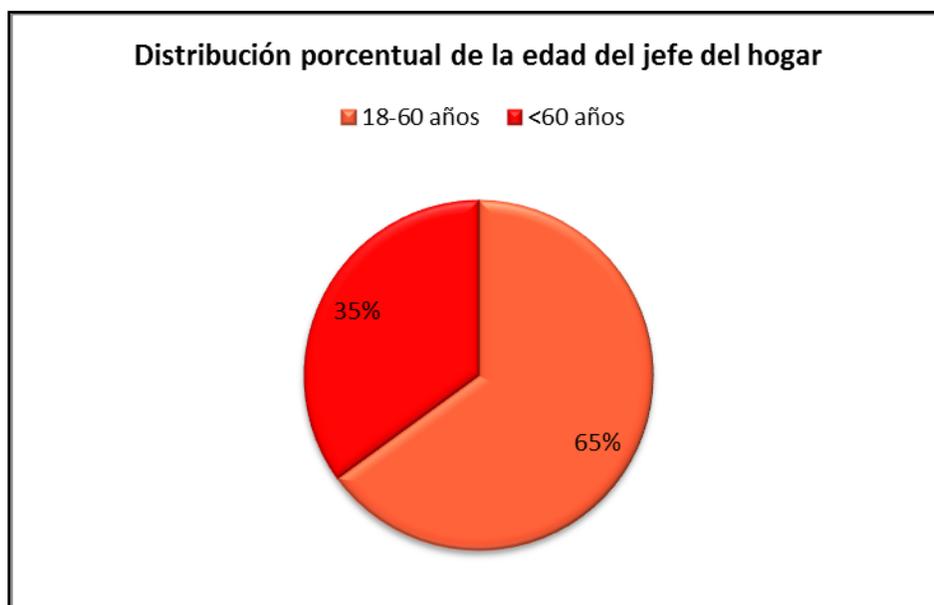


Figura 9.2. Comportamiento de la edad del jefe de hogar con respecto a los niveles de fragilidad.

Ahora bien, esta situación adquiere mucho más sentido cuando la edad del jefe del hogar se considera como una variable proxy<sup>6</sup> de variables como el sexo del jefe de hogar, por lo cual se puede interpretar que la fragilidad social tiende a aumentar para los hogares cuyos jefes de hogar son madre-adolescentes.

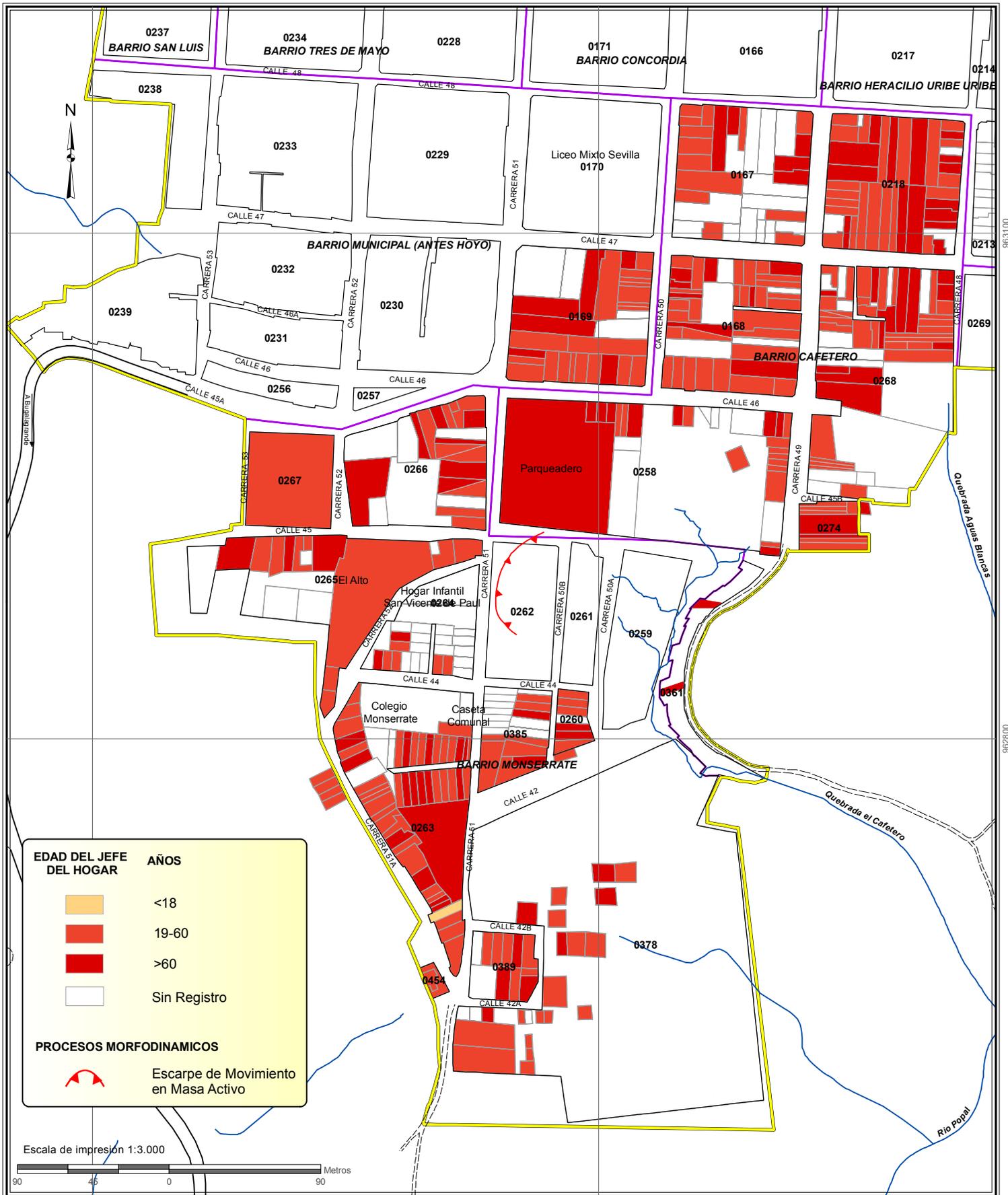
La Figura 9.3 representa la distribución porcentual de las edades de los jefes de hogar encuestados. Cerca del 65% de las cabezas de familia se encuentran en un rango entre 18 y 60 años de edad, en el cual una persona, en condiciones normales, aún conserva la fuerza física y la estabilidad mental suficiente como para responder ante una situación de emergencia dada. De otra parte cerca del 35% de las cabezas de familia del área de estudio se encuentran por encima de los 60 años; rango en el cual se considera a la persona como parte del grupo del adulto mayor.

<sup>6</sup> Una variable **proxy** de por sí no tiene gran interés, pero de la cual se pueden obtener otras de mucho interés. Para que esto sea posible, la variable proxy debe poseer una fuerte correlación, pero no necesariamente lineal o positiva, con el valor inferido. No tiene ningún valor si los datos no ajustan a alguna relación (los datos se representan en una nube de certidumbre).



*Figura 9.3* Distribución porcentual de la edad del jefe de hogar.

El mapa 9.2 representa la distribución espacial de los rangos de edades de los jefes de hogar a nivel predial. Los datos no evidencian un patrón de distribución regular dentro del área de estudio. Aquellas viviendas donde no existen registros debe principalmente a que se encontraban deshabitadas en el momento de hacer el censo.

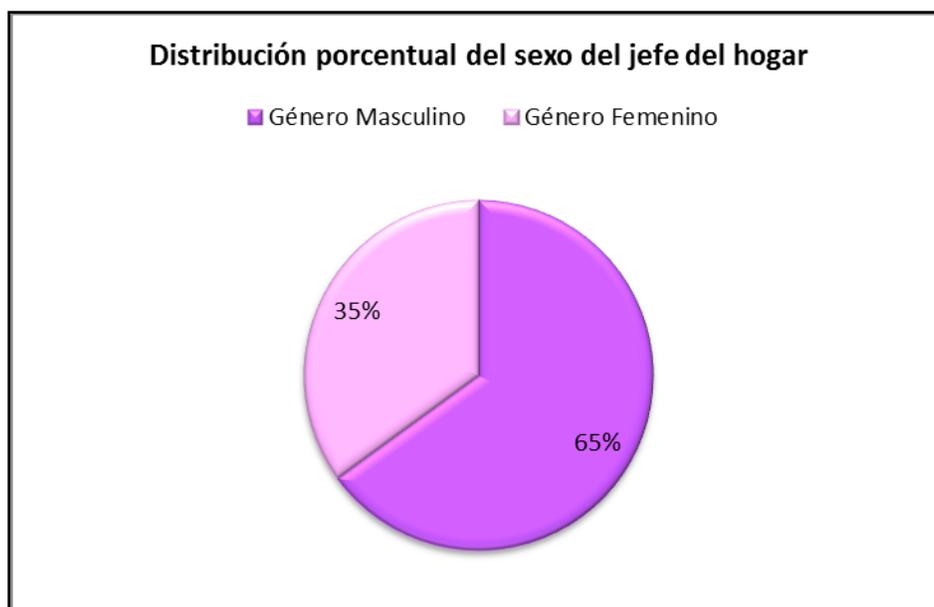


<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Perímetro Urbano</li> <li> Perímetro Barrio</li> <li> Perímetro de Manzana</li> <li> Predios</li> <li> Drenaje sencillo</li> <li> Carretera principal</li> <li> Vía Secundaria o sin pavimentar</li> <li> Camino</li> </ul>	<p><b>UNIVERSIDAD DEL VALLE</b>  <b>CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA</b>          Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente</p>	<p><b>CVC</b>          Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca</p>	<p><b>FECHA:</b> Diciembre de 2011  <b>SISTEMA DE REFERENCIA</b>          Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste          Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  <b>FUENTE DE LA INFORMACIÓN</b>          Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,          CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),          Planeación Municipal de Sevilla Valle.</p>
--	--	--	---

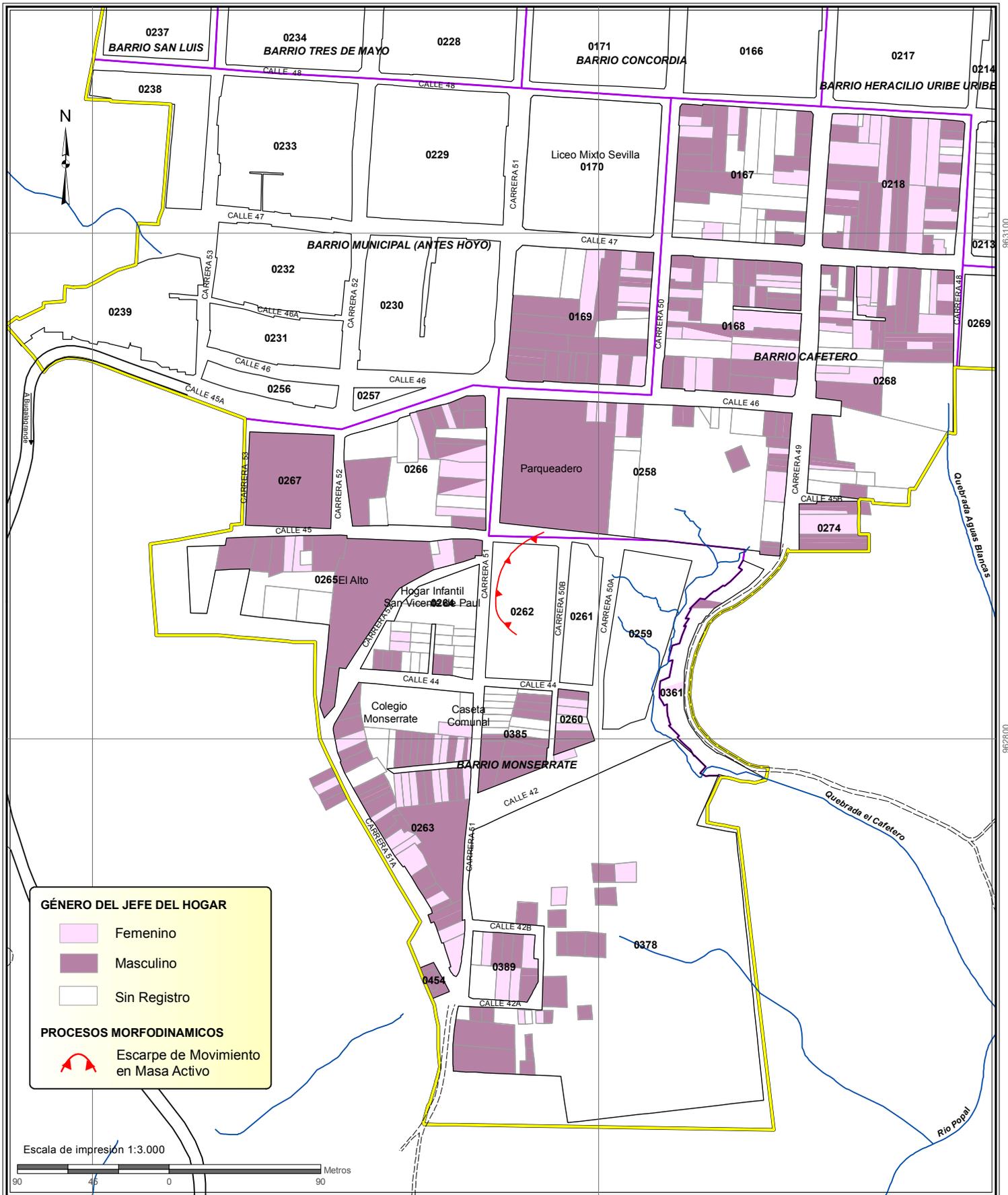
**MAPA 9.2**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA EDAD DEL JEFE DEL HOGAR**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### *C) Sexo del Jefe del Hogar.*

Con relación a la condición de género del jefe de hogar se tiene que, en los hogares donde el jefe es de sexo masculino los niveles de fragilidad son relativamente menores que en los hogares cuyo jefe participa del sexo femenino, donde la fragilidad tiende a aumentar considerablemente. Esto indica, de acuerdo con los modelos propuestos, una mayor prevalencia de la vulnerabilidad en los hogares cuyo jefe es mujer. Las principales razones del por qué la mujer cabeza de hogar se ha transformado en un grupo vulnerable son el hecho de que ésta con una familia o un hogar a cargo se ve mucho más limitada en cuanto a su movilidad y capacidad de respuesta, puesto que ante eventos extremos le cuesta un poco más de trabajo desplazarse y huir fácilmente del peligro; igualmente, y pese a que es un juicio relativo, las condiciones de desventaja que presenta la mujer en términos de fuerza física respecto al hombre determinan en gran medida la posibilidad de salvar su vida y la de los suyos dada una situación de emergencia; en términos de gestión del riesgo, los programas de atención y prevención de desastres deben tener claridad sobre cuáles grupos se debe actuar y apoyar de manera prioritaria, es el caso del grupo social de las mujeres cabezas de hogar el cual debe darse mayor importancia dentro de dichos programas. Este indicador cobra más importancia cuando se le asocian los niveles de dependencia económica del hogar; una mujer con mayor cantidad de niños y ancianos a cargo manifiesta claramente niveles de vulnerabilidad relativamente altos. En el mapa 9.3 se puede apreciar, pese a que no existe un patrón definido, la distribución de la jefatura del hogar según el género. Sin embargo, la distribución porcentual (Figura 9.4) sugiere que la razón de hombres con respecto a mujeres es de 2, es decir que por cada tres viviendas hay dos hombres al mando de la misma.



**Figura 9.4** Distribución porcentual del género del jefe de hogar.



**GÉNERO DEL JEFE DEL HOGAR**

- Femenino
- Masculino
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo

Escala de impresión 1:3.000



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**MAPA 9.3**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL GÉNERO DEL JEFE DEL HOGAR**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

C) *Escolaridad del jefe del Hogar.*

El analfabetismo o la desescolarización es uno de los rasgos característicos de los colectivos sociales más vulnerables, cuyas posibilidades de acceso al sistema escolar o su permanencia, son inciertas. Esta grave carencia del *saber social* influye negativamente en la educación escolarizada de sus hijos, lo cual añade una desventaja más a sus posibilidades reales de educación. Desarrollar una determinada habilidad durante la niñez puede determinar en gran parte la organización funcional de un cerebro adulto, por lo menos así lo demuestran numerosos estudios realizados con personas ilustradas y personas analfabetas (Briceño, 2000). Al cruzar esta variable con otras que guardan una estrecha relación como la ocupación y el nivel de ingresos; la relación no afecta en la misma medida a quienes han obtenido distintos grados de escolaridad. Existen, en efecto, evidencias locales de que quienes adquieren mayor escolaridad desempeñan ocupaciones de mejor calidad que las de aquellas personas que se encuentran en la situación de desventaja y por lo tanto perciben ingresos diferenciados. (Ver Figura 9.5)

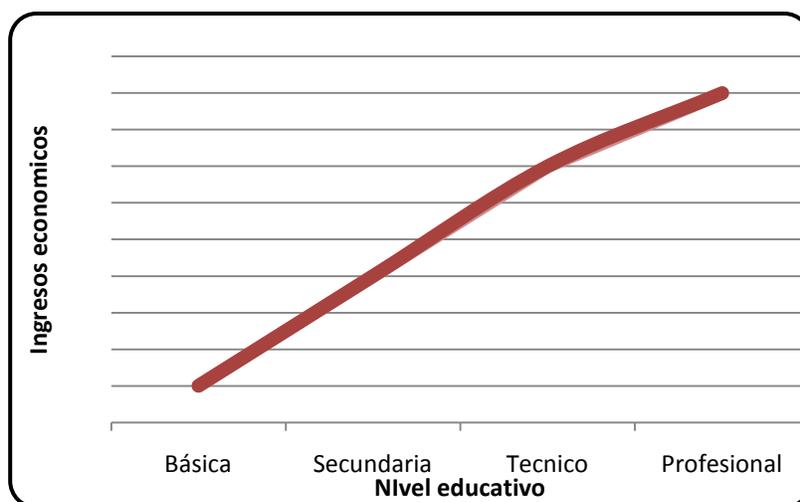
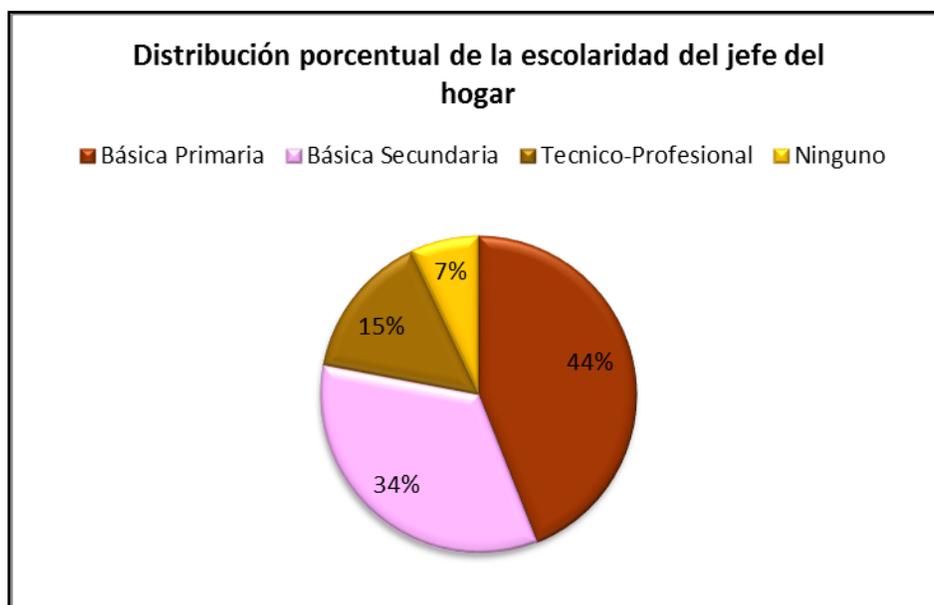


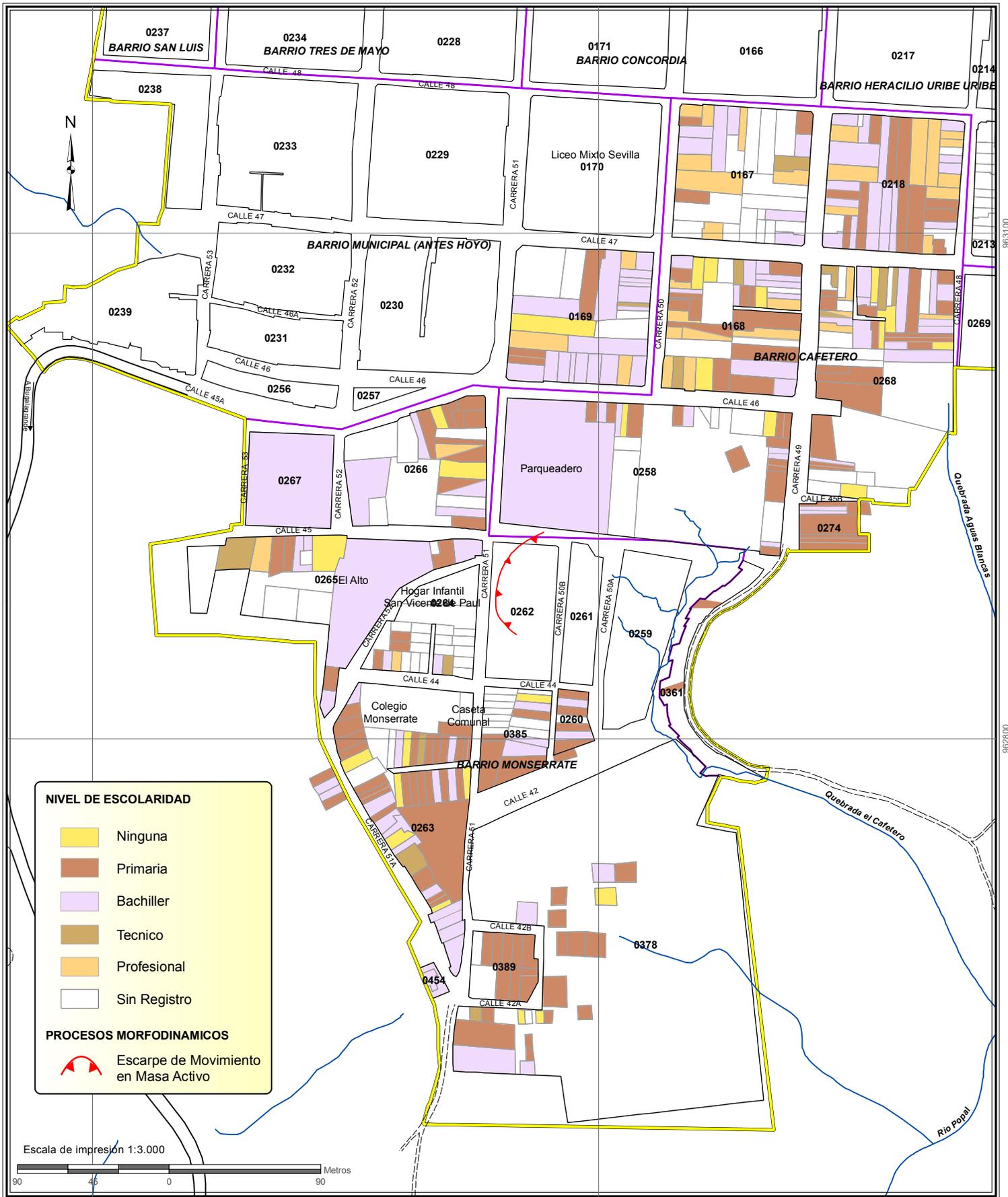
Figura 9.5 Relación positiva entre el nivel educativo e ingresos económicos.

La distribución porcentual muestra que el 78% de los jefes de hogar encuestados han alcanzado niveles de educación básicos (primario y secundaria); tan solo el 15% tienen estudios técnicos y superiores; y por último, el 7 % no ha alcanzado ningún tipo de educación formal.



*Figura9.6* Distribución porcentual de la escolaridad del jefe del hogar.

En el mapa 9.4 se puede apreciar, aunque no exista un patrón definido, la distribución de la jefatura del hogar según el grado de escolarizado alcanzado. Sin embargo, claramente se evidencia un predominio de los niveles educativos de básica, primaria y secundaria, en el área de estudio, lo que sugiere niveles de fragilidad relativamente superiores.

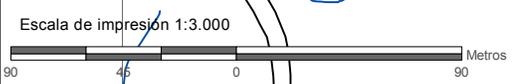


**NIVEL DE ESCOLARIDAD**

- Ninguna
- Primaria
- Bachiller
- Tecnico
- Profesional
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**MAPA 9.4**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESCOLARIDAD**  
**DEL JEFE DEL HOGAR**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

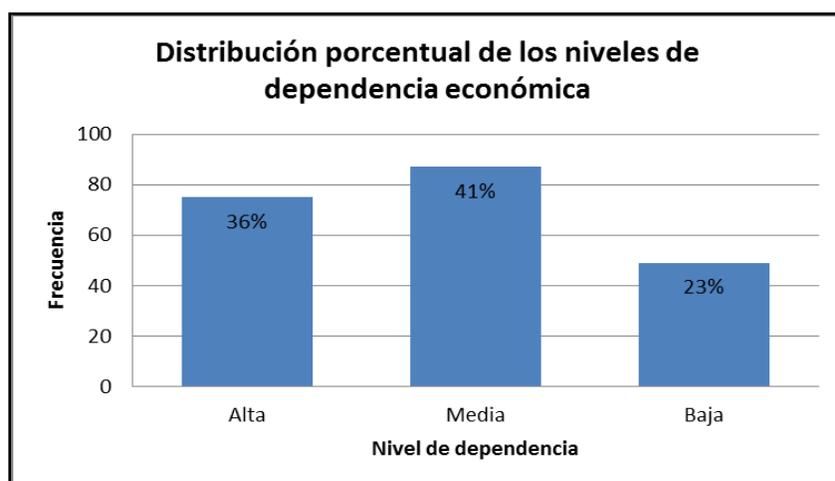
**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

### *E.) Dependencia Económica.*

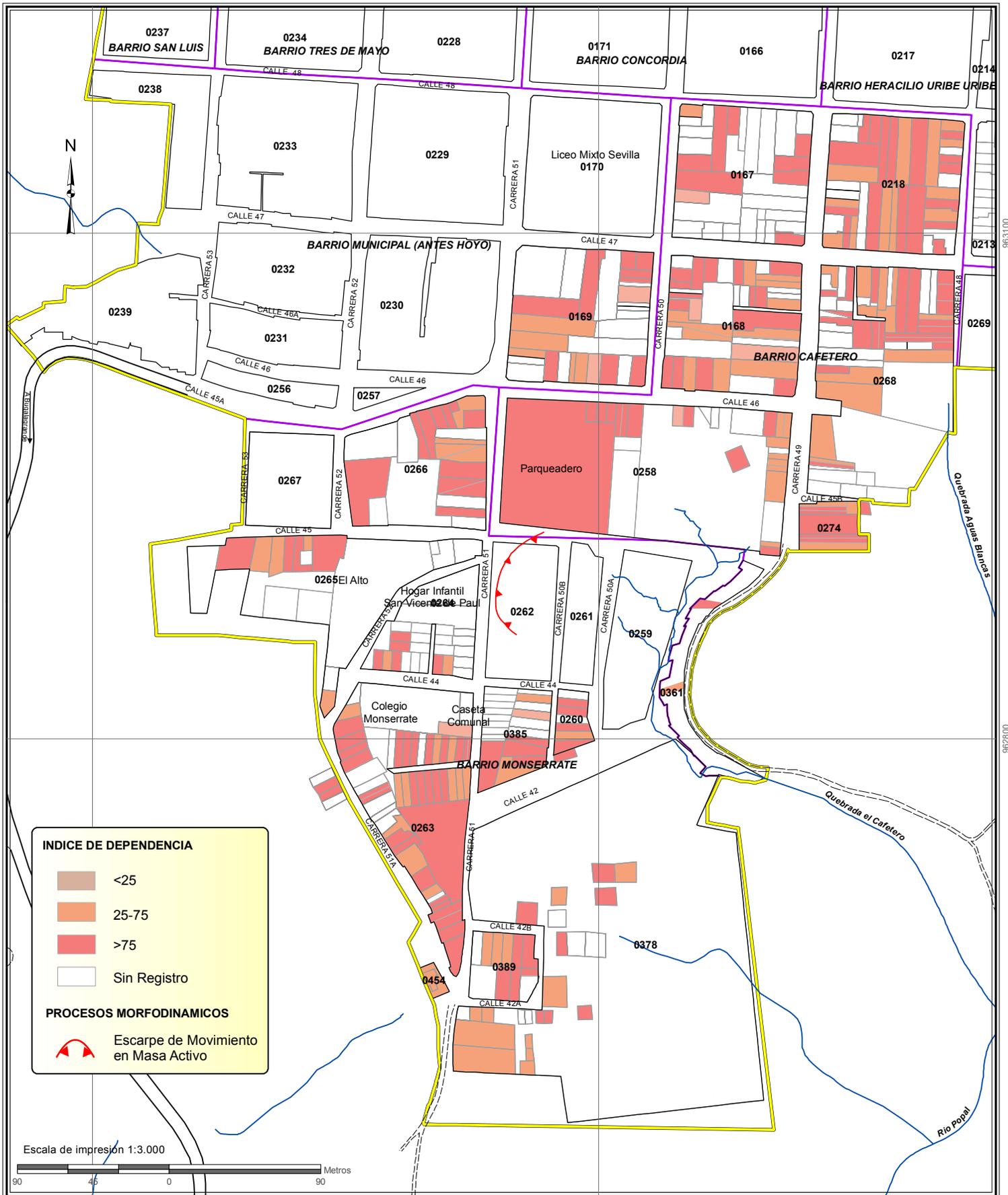
Este indicador establece una proporción entre la población económica no activa laboralmente con respecto al total de la población activa. El índice final indica qué cantidad de personas menores de 18 años y mayores de 60 años están a cargo de una persona de 18 a 60 años referido a cada 100 adultos. Esto refleja la “carga” sobre la disponibilidad de adultos de una determinada población y su relevancia en el diagnóstico de la fragilidad social, tiene que ver con que se trata de un dato síntesis o de relación entre los tres grupos de edad. En este caso una mayor dependencia económica (niños y ancianos) será señal de una mayor vulnerabilidad. En términos operativos, desde el punto de vista de la gestión del riesgo en sus diferentes etapas (prevención, respuesta, recuperación, reparación, etc.), estimar cuántas personas están a cargo de otra, resulta ser un dato de gran utilidad en la toma de decisiones al momento de plantear programas de emergencia.

La discriminación por dependencia infantil para el área de estudio (Mapa 9.5) se realizó de acuerdo con los datos obtenidos en tres clasificaciones, a saber: valores de dependencia infantil menores o iguales a 25, valores mayores de 25 y menores o iguales a 75 y valores mayores de 75. Dicha discriminación en tres grupos etáreos (niños, adultos, adultos mayores) supone un rasgo de heterogeneidad poblacional respecto de las debilidades y capacidades potenciales de cada uno de ellos para afrontar las situaciones peligrosas. Se supone que un adulto combina dos aspectos necesarios para afrontar tales situaciones: la energía física y la experiencia que le otorga una mayor capacidad para tomar decisiones; el estrato poblacional transitorio de niños y ancianos supone de antemano la falta de éstas aptitudes. Estos datos son válidos para el diseño de campañas educativas y de comunicación, pero las estrategias varían si se trata de niños, adultos o ancianos.

La Figura 9.7 refleja la distribución porcentual de los datos de dependencia infantil-senil obtenidos por predio, cuyo comportamiento representa una distribución normal asimétrica hacia los niveles altos de dependencia o carga económica.



*Figura 9.7 Distribución porcentual de dependencia infantil.*

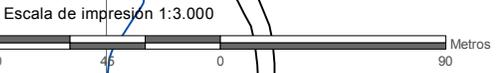


**INDICE DE DEPENDENCIA**

- <25
- 25-75
- >75
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo

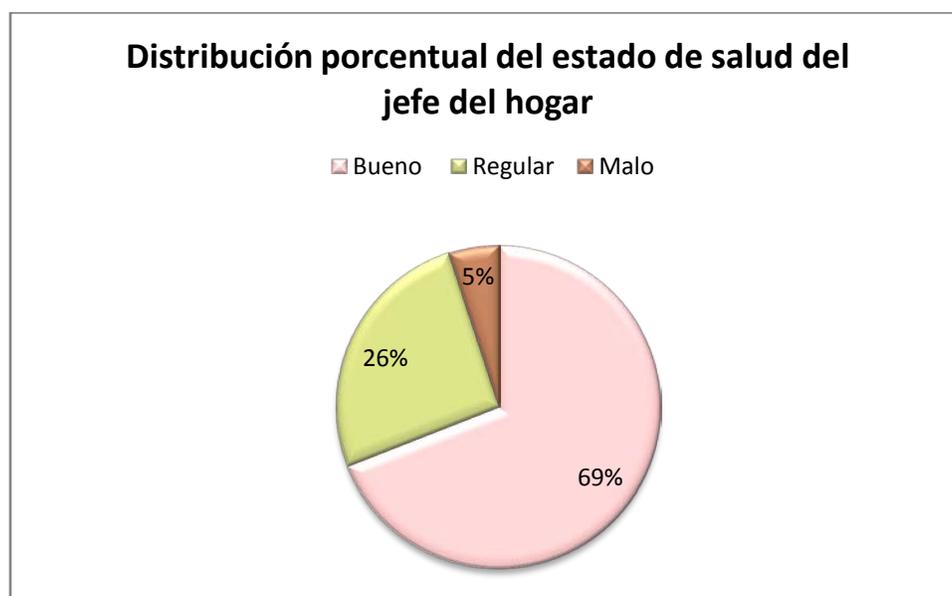


<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 2px solid yellow; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Perímetro Urbano</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid purple; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Perímetro Barrio</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid black; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Perímetro de Manzana</li> <li><span style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Predios</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Drenaje sencillo</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid blue; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Carretera principal</li> <li><span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Vía Secundaria o sin pavimentar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 2px dashed black; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Camino</li> </ul>	<p><b>UNIVERSIDAD DEL VALLE</b>  <b>CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA</b>          Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente</p> <p><b>MAPA 9.5</b>  <b>DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR DE DEPENDENCIA ECONOMICA</b>  <b>BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO</b></p>	<p><b>FECHA:</b> Diciembre de 2011  <b>SISTEMA DE REFERENCIA</b>          Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste          Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  <b>FUENTE DE LA INFORMACIÓN</b>          Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,          CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),          Planeación Municipal de Sevilla Valle.</p>
---	--	--	---

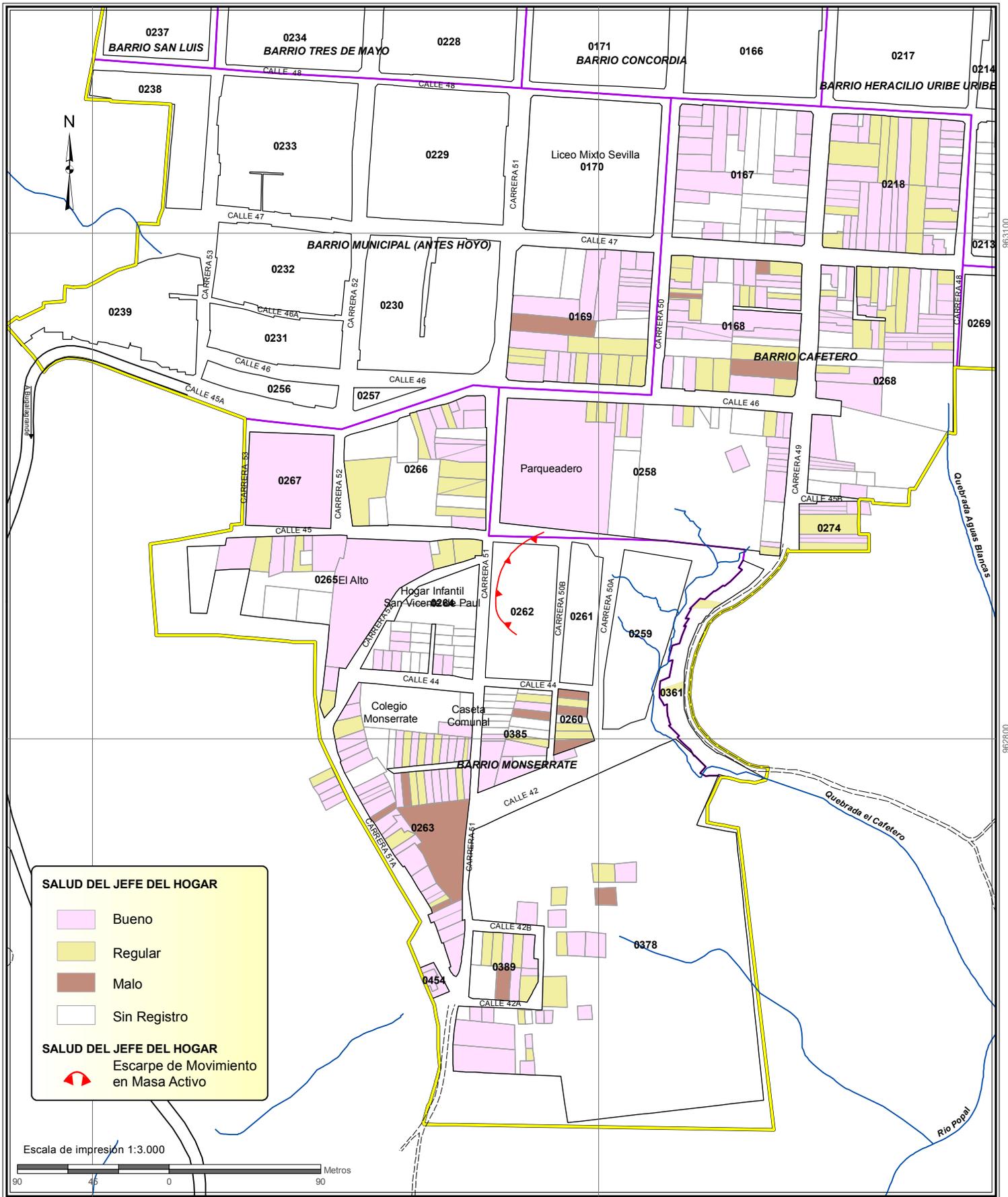
#### *F) Estado de Salud del Jefe de Hogar*

El estado de salud del jefe del hogar es un factor determinante para la respuesta ante cualquier evento que pueda presentarse en zonas de amenaza. El mapa 9.6 muestra como en la zona de estudio la mayoría de los hogares cuentan con jefes de hogar que gozan de buena salud, en menor medida se puede evidenciar algunos hogares en los que la salud del jefe es regular y de manera aislada y casi ausente se encuentran casos de mal estado de salud. Es importante destacar que ante una mala condición de salud la respuesta del jefe del hogar frente a una evacuación urgente sería prácticamente imposible, lo cual definitivamente no ocurre en la zona de estudio donde las condiciones de salud son buenas en términos generales. Sin embargo es necesario continuar acompañando de manera permanente a la comunidad con programas preventivos de salud que fortalezcan este indicador y eviten la aparición de enfermedades que puedan cambiar de manera drástica el panorama.

Por su parte, la Figura 9.8 representa el porcentaje de habitantes jefes de hogar en cada uno de los estados de salud evaluados. Aproximadamente el 69% de los jefes de hogar encuestados no presentan ningún tipo de problema de salud grave, discapacidades mentales o físicas ni enfermedades permanentes. El 26% presentan al menos una enfermedad permanente bajo tratamiento médico; mientras que tan solo el 5% presentan más de una enfermedad con el agravante de que no se encuentran bajo tratamiento médico.



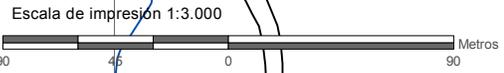
*Figura 9.8 Distribución porcentual del estado de salud del jefe de hogar*



**SALUD DEL JEFE DEL HOGAR**

- Bueno
- Regular
- Malo
- Sin Registro

**SALUD DEL JEFE DEL HOGAR**  
 Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**MAPA 9.6**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ESTADO DE SALUD DEL JEFE DE HOGAR**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

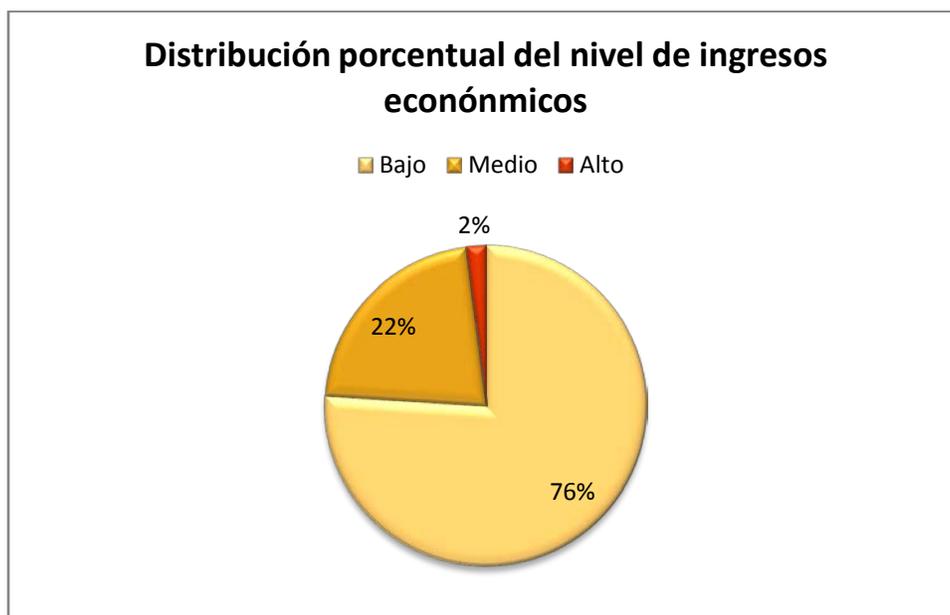
**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

### G) Nivel de Ingresos económicos familiares

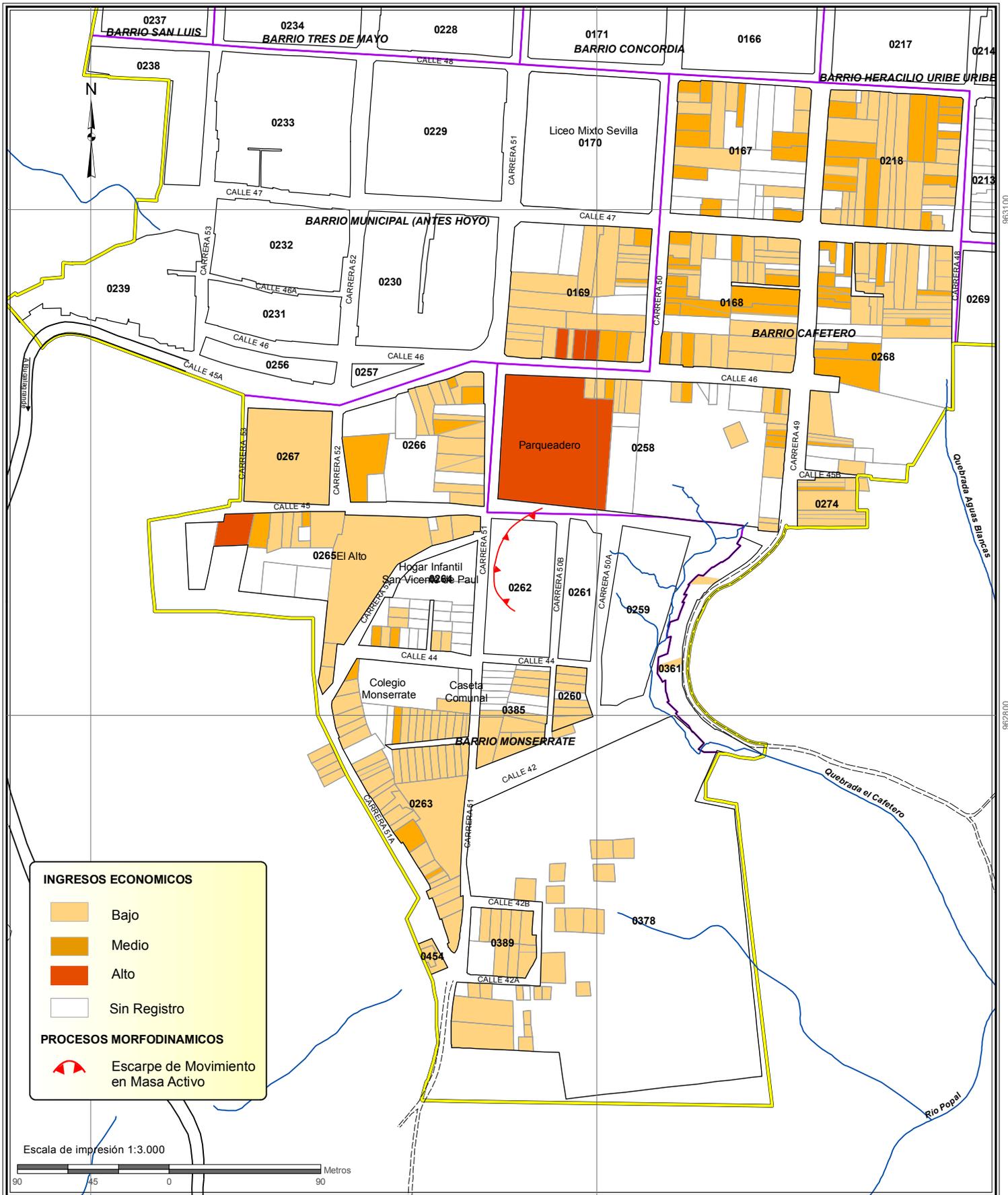
En el mapa 9.7 que representa el nivel de ingresos económicos familiares del área de estudio se evidencia que un elevado número de sus habitantes tienen bajos ingresos, lo que constituye un factor importante en la compleja estructura de la vulnerabilidad, que no solo se define por los niveles de exposición y organización, sino en gran medida por los recursos que en determinada emergencia puedan ser requeridos por la población. Cuando ocurre un fenómeno como los deslizamientos en muy poco tiempo se pierden años de inversión en vivienda y equipamientos, es por ello que durante la reconstrucción aquellas personas que cuentan con los recursos (ahorros, acceso a crédito, otras viviendas, etc.) pueden retornar a la normalidad en menor tiempo que aquellos que siendo damnificados carecen de recursos. Puede observarse también, que la población que se encuentra en el rango medio de los ingresos es mayor en proporción a la población que presenta ingresos altos.

Esto implica que en los barrios Monserrate y Cafetero la población se encuentra desprovista de recursos para atender cualquier emergencia que pueda presentarse, lo que demanda una mayor atención por parte de las autoridades, cuyas acciones no deberán reducirse a desarrollar obras de mitigación, sino que tendrán que adelantar programas sociales que permitan incrementar las capacidades y cubrir las necesidades básicas de la población.

La Figura 9.9 muestra que cerca del 76% de las familias encuestadas perciben al menos un salario mínimo mensual legal vigente ( $\geq 1$  SMMLV); por su parte, cerca del 22% de las familias perciben entre 1 y 2 SMMLV; mientras que tan solo el 2% perciben más de dos (2) SMMLV.



**Figura 9.9** Distribución porcentual del nivel de ingresos económicos familiares percibidos.

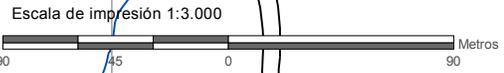


**INGRESOS ECONOMICOS**

- Bajo
- Medio
- Alto
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.7**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL NIVEL DE INGRESOS FAMILIARES PERCIBIDOS BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### ***9.3.2.2 Localización y caracterización de los elementos estructurales expuestos***

#### ***A) Número de estructuras por predio***

Este indicador se generó a partir de los datos obtenidos en la etapa de recolección y levantamiento de información predial, necesaria para determinar los niveles de exposición estructural. El mapa 9.8 representa la distribución espacial del área construida en el área de estudio.

A partir de los datos obtenidos, se pudo caracterizar la zona de estudio en función del área construida y habitada por cada manzana; los datos se expresan en número de viviendas construidas y habitadas por cada  $6000 m^2$ , que corresponde al área promedio de una manzana en el municipio de Sevilla.

El barrio Monserrate presenta cuatro manzanas con altos niveles de área construida, a saber: la manzana 0389, 0250 y 0385, de las cuales las dos últimas ya han presentado daños estructurales y se han demolido algunas viviendas. Por su parte en el barrio Cafetero existen dos manzanas con altos niveles de densidad relativa, a saber: la manzana 0168 y 0274.



**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente

**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

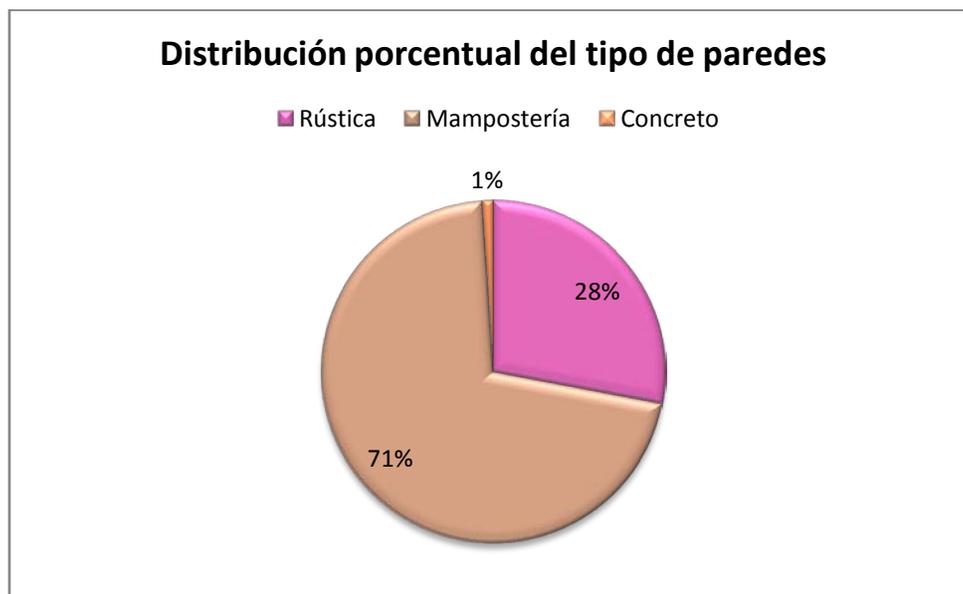
**MAPA 9.8**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ÁREA DE LOS PREDIOS**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### *B) Tipología estructural.*

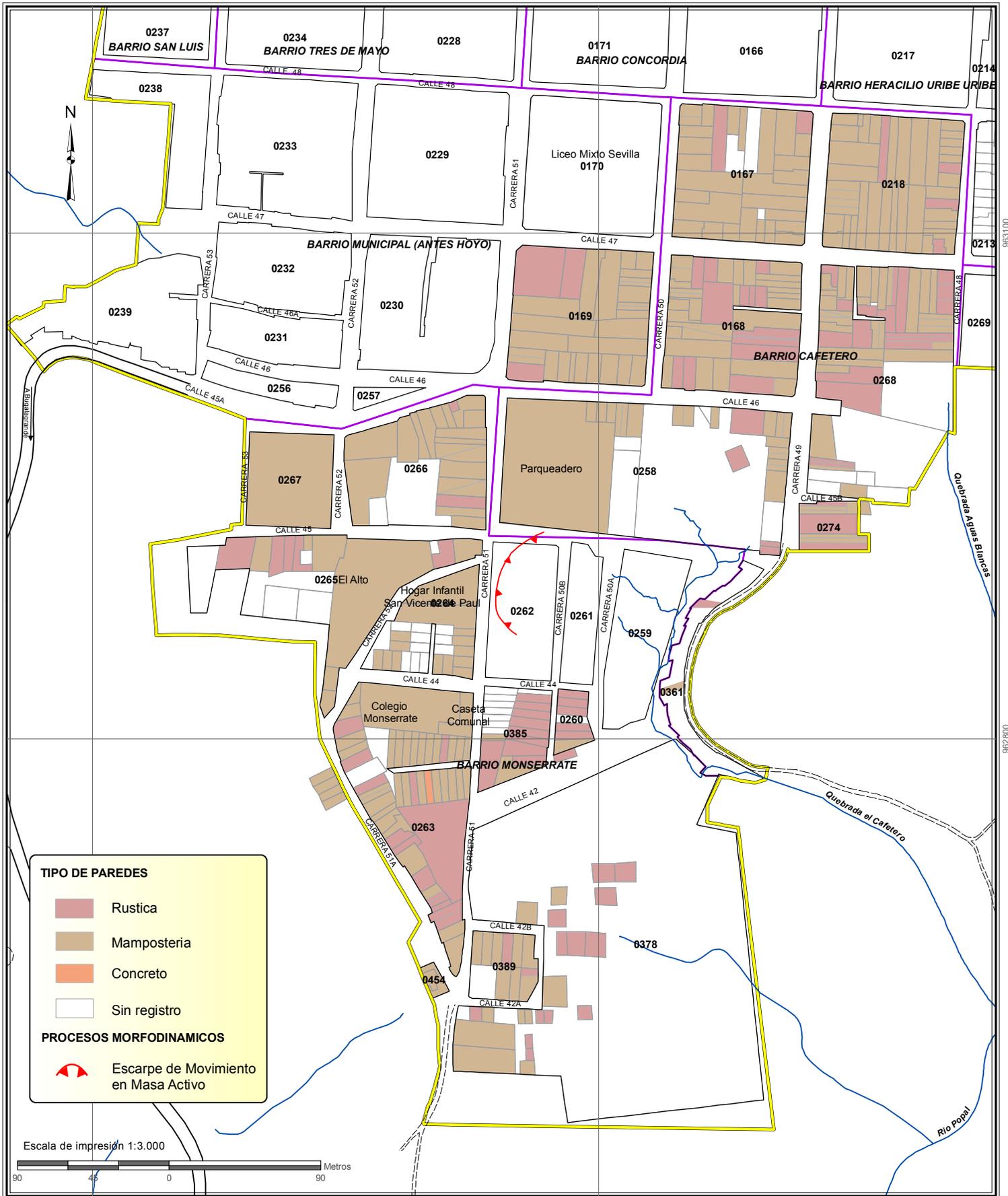
Los diferentes fenómenos naturales ocasionan daños masivos y graves en las viviendas; particularmente, las viviendas del área de estudio pueden sufrir daños al producirse un fenómeno de remoción en masa, y el nivel del daño estará en función del tipo de material empleado en la edificación de las mismas. Dependiendo de factores como el agente detonante del fenómeno y la intensidad con que se presente el mismo, los daños se manifestaran de manera diferenciada. Ante un deslizamiento de tierra de proporciones considerables, el material con que estén edificadas las viviendas no tendrá mayor relevancia puesto que fallaran si se encuentran sobre el suelo deslizado. Por otro lado, un deslizamiento ocasionado por un sismo leve o una lluvia poco intensa puede desencadenar desplazamientos o corrimientos de tierra igualmente leves, por lo tanto las viviendas cuyas paredes hayan sido levantadas con materiales más resistentes sufrirán menos los daños ocasionados y darán más tiempo de respuesta a las personas para que evacuen la zona afectada.

El mapa 9.9 representa espacialmente la distribución del tipo de material empleado en la edificación de las viviendas de la zona de estudio. En ella se puede apreciar que la mayoría de las viviendas son de mampostería en las que se han empleado materiales como ladrillo y mortero. Por otra parte, el número de viviendas construidas a partir de materiales burdos o rústicos como esterilla, madera burda, desechos, o bahareque es bastante considerable.

La Figura 9.10 muestra el porcentaje de cada uno de los materiales empleados en la construcción de las viviendas en la zona de estudio. Evidentemente, el 71% de las viviendas evaluadas fueron construidas en mampostería; el 28% en materiales rústicos y tan solo el 1% en material de concreto reforzado.



*Figura 9.10* Distribución porcentual del tipo de material empleado en la Construcción de las viviendas

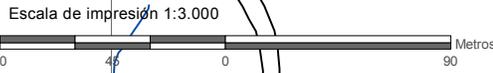


**TIPO DE PAREDES**

- Rustica
- Mamposteria
- Concreto
- Sin registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Predios
- Drenaje sencillo
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



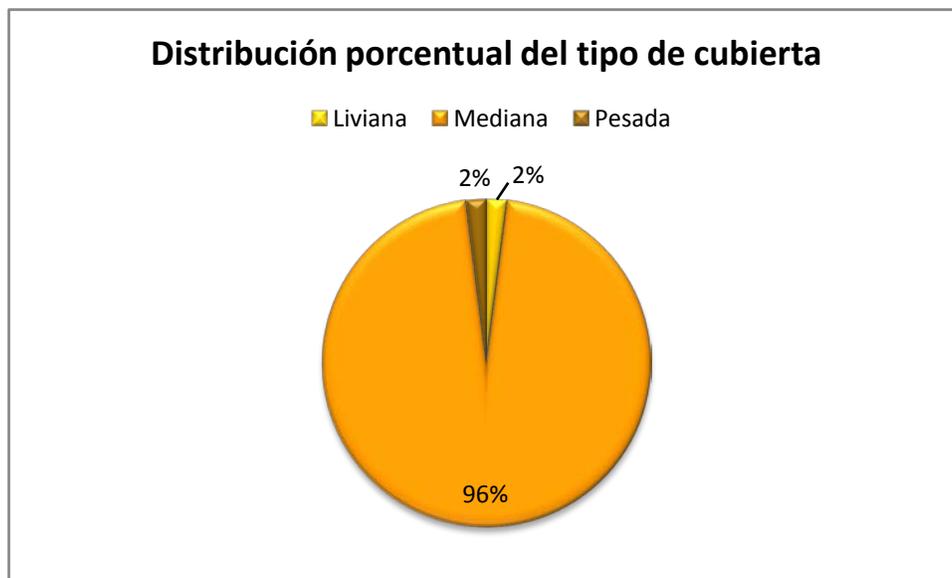
**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.9**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL TIPO DE PAREDES EXTERIORES.**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### C) Tipo de cubiertas.

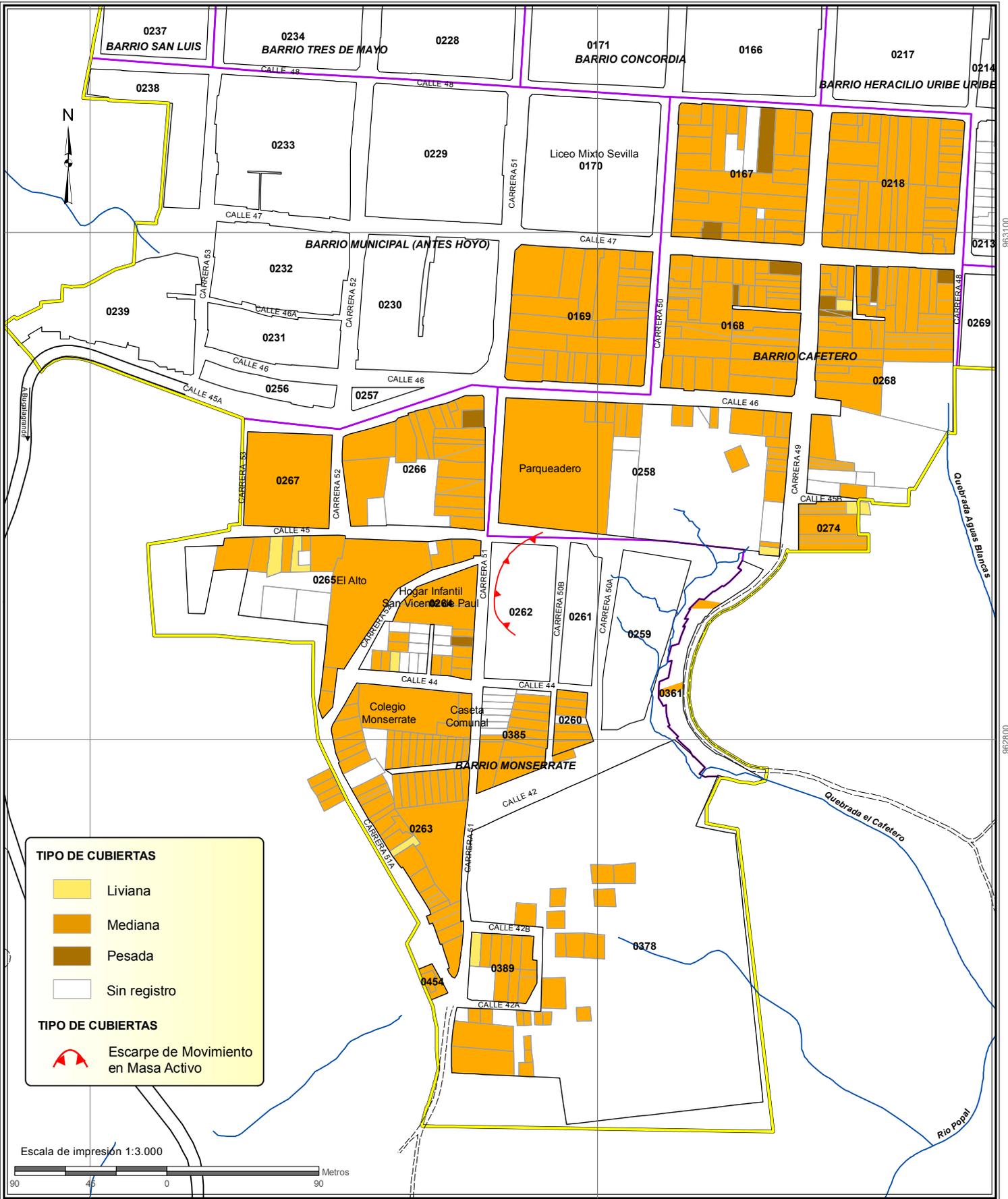
Dentro de la vulnerabilidad estructural, éste parámetro señala la importancia que tiene el tipo de material con el cual están construidos los techos de las viviendas, puesto que en determinadas circunstancias la cubierta deberá soportar cualquier efecto provocado por el impacto de un deslizamiento o cualquiera de sus agentes detonantes, bien sea un sismo o una lluvia intensa y prolongada. Materiales blandos o livianos empleados para la cubierta significa niveles de fragilidad superlativos, mientras que viviendas cuyas cubiertas están hechas de materiales más resistentes como tejas de barro que han sido amarradas sobre el artesonado<sup>7</sup> para garantizar mayor firmeza o losas de cemento indican niveles relativamente bajos de fragilidad. Sin embargo, ante un deslizamiento de grandes proporciones el tipo de material empleado puede transformarse en un peligro para los habitantes de una vivienda en la medida en que les recae mayor peso sobre sus cuerpos.

El mapa 9.11 representa de manera espacializada la distribución del tipo de las cubiertas empleadas en las viviendas; mientras que la Figura 9.10 representa de manera porcentual la distribución de las mismas. Se puede apreciar que el 96% de las cubiertas son de tipo Mediana, es decir, materiales como asbesto cemento y tejas de barro. Por su parte, el 2% de las cubiertas son livianas, es decir materiales como lamina suelta, madera delgada, materiales de desechos, plásticos, etc. Y, por último, el 2% de las viviendas tienen cubierta pesada, es decir en losa de concreto.



*Figura 9.11 Distribución porcentual del tipo de material empleado en las cubiertas de las viviendas*

<sup>7</sup> Estructura hecha de maderas o vigas situadas sobre las paredes o muros de una vivienda cuyos espacios son cubiertos por tejas de barro, láminas, zinc, etc.

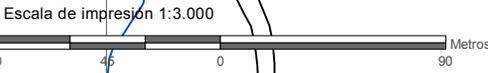


**TIPO DE CUBIERTAS**

- Liviana
- Mediana
- Pesada
- Sin registro

**TIPO DE CUBIERTAS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo

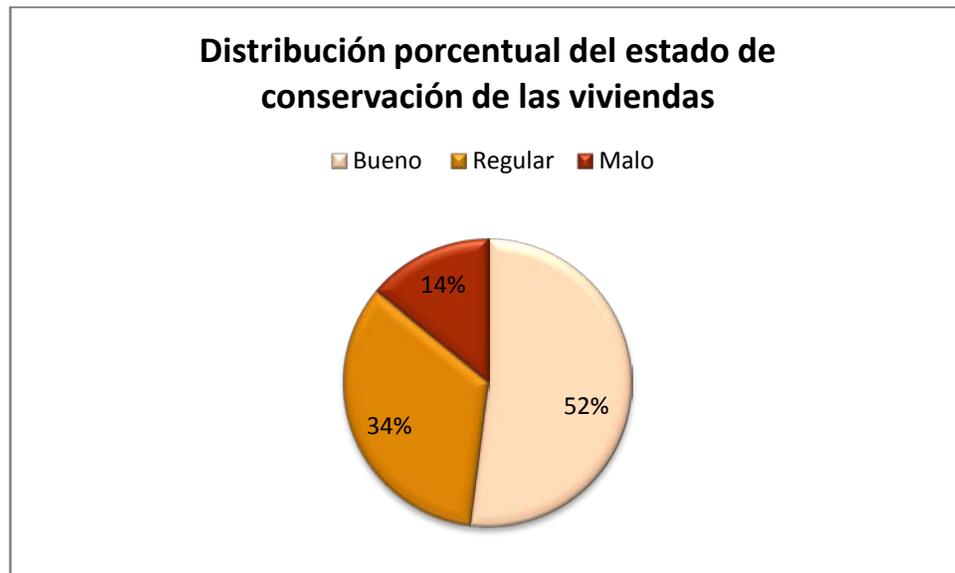


<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid yellow; margin-right: 5px;"></span> Perímetro Urbano</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid purple; margin-right: 5px;"></span> Perímetro Barrio</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid black; margin-right: 5px;"></span> Perímetro de Manzana</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Predios</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed blue; margin-right: 5px;"></span> Drenaje sencillo</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid blue; margin-right: 5px;"></span> Carretera principal</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px dashed black; margin-right: 5px;"></span> Vía Secundaria o sin pavimentar</li> </ul>	<p>== Camino</p> <p><b>UNIVERSIDAD DEL VALLE</b>  <b>CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA</b>      Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente</p>	<p><b>FECHA:</b> Diciembre de 2011  <b>SISTEMA DE REFERENCIA</b>      Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste      Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger</p> <p><b>FUENTE DE LA INFORMACIÓN</b>      Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,      CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),      Planeación Municipal de Sevilla Valle.</p>	<p style="text-align: center;"><b>MAPA 9.10</b>  <b>DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL TIPO DE CUBIERTA</b>  <b>BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO</b></p>
---	---	---	--

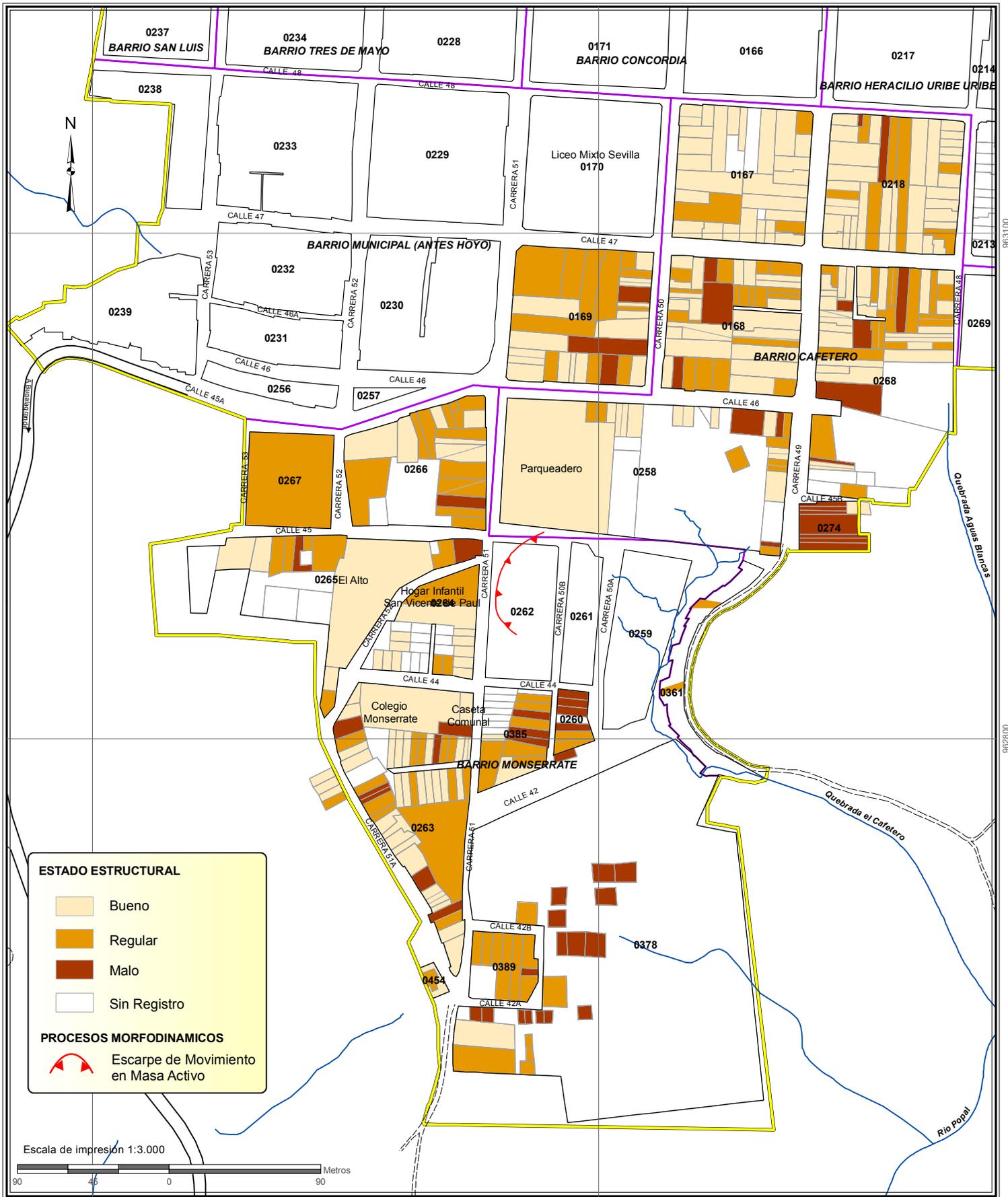
*D) Estado de conservación estructural de las viviendas.*

El estado estructural en el que se encuentran las viviendas resulta ser un indicador relevante para determinar el grado de fragilidad intrínseco de las mismas, ya que aquellas viviendas que se encuentren o presenten un estado avanzado de deterioro en sus elementos principales como paredes o muros serán las que perciban mayores daños como consecuencia de la acción de un fenómeno como la remoción en masa.

El mapa 9.11 muestra la distribución espacial del estado de conservación estructural en que se encuentran las viviendas del área de estudio. Por su parte la Figura 9.12 representa la distribución porcentual de dicho indicador; en ella se aprecia que más de la mitad de las viviendas se encuentran en buen estado, pues no presentan agrietamientos, problemas de humedad o deterioro avanzado en sus elementos estructurales. El resto, que representa casi la mitad de las viviendas se encuentran en regular y mal estado con un 34% y 14%, respectivamente.



*Figura 9.12 Distribución porcentual del estado de conservación estructural de las viviendas.*



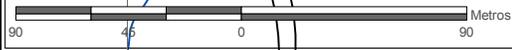
**ESTADO ESTRUCTURAL**

- Bueno
- Regular
- Malo
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo

Escala de impresión 1:3.000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Predios
- Drenaje sencillo
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar
- Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



**FECHA:** Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.11**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS VIVIENDAS BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### 9.3.3 Evaluación del grado de exposición de los elementos estructurales y corporales

En términos generales, la exposición o concentración hace referencia a los elementos, tanto estructurales como no estructurales de una determinada área geográfica, que por su localización son potencialmente afectables ante la ocurrencia de un evento amenazante. Algunos autores introducen un concepto independiente, el concepto de *exposición*, para designar el conjunto de elementos (personas y bienes) que se encuentran en el área de influencia de una determinada amenaza. La exposición es entendida en este proyecto como una relación entre la peligrosidad y la densidad de los elementos en contacto directo con la misma, es decir aquellas viviendas y personas asentadas sobre áreas con un cierto nivel de amenaza. Uno de los principales insumos para determinar el grado de exposición de una zona, es la zonificación de la amenaza (en su escenario más crítico); a partir de un modelo de exposición a la amenaza para los diferentes elementos involucrados, es posible determinar cuántos y en qué medida tales elementos se encuentran expuestos. Desde el punto de vista de la planificación y gestión del riesgo, es necesario contar con el aporte de la exposición de los elementos para determinar quienes, qué, cuántos y dónde están distribuidos dichos elementos y bajo qué condición de amenaza se encuentran, a fin de tomar decisiones y medidas concretas de mitigación.

Así pues, se logró obtener un mapa de exposición de cada elemento para la zona de estudio en donde se representa las áreas geográficas más expuestas ante deslizamientos.

#### 9.3.3.1 Exposición corporal

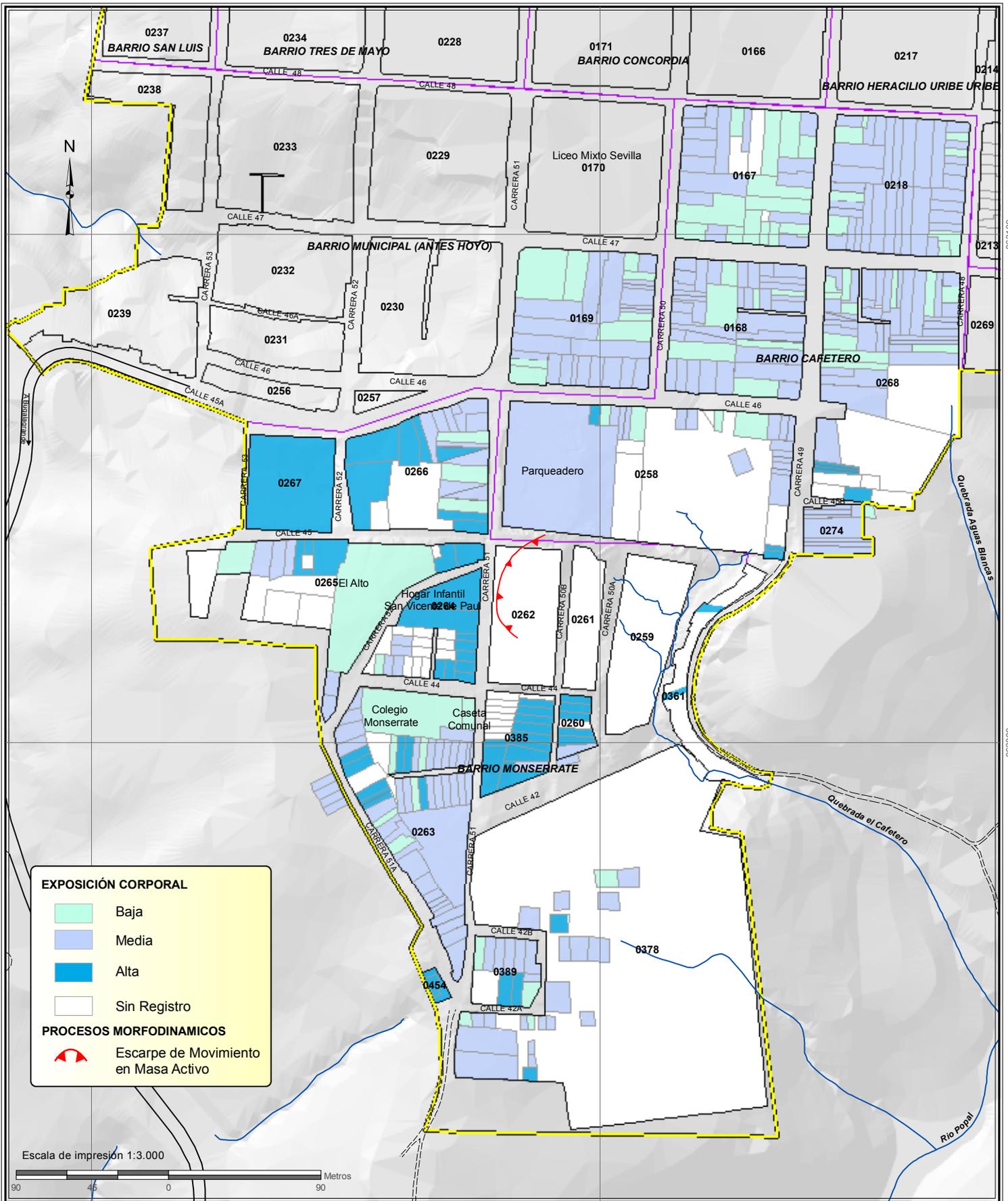
De acuerdo con los datos obtenidos, el 50% de la población se encuentra mayormente expuesta a fenómenos de remoción en masa mientras que el otro 50% se divide en niveles de exposición media y baja por partes iguales (ver Figura 9.13).



Figura 9.13 Distribución porcentual de la exposición corporal.

El mapa 9.12 muestra la distribución geográfica de los niveles de exposición de las personas a la amenaza; claramente se ve un patrón espacial definido donde los niveles altos se asocian a las zonas que han presentado deslizamientos anteriormente. El barrio Monserrate por localizarse más cerca de esta zona, se encuentra mayormente expuesto.

Aproximadamente encontramos 230 familias expuestas a la amenaza para un total de 540 personas de las cuales 190 son niños y 57 son adultos mayores. De las 230 familias expuestas, encontramos 35 mujeres cabezas de hogar. 111 familias que se encuentran mayormente expuestas no cuentan con los ingresos económicos suficientes para satisfacer sus necesidades básicas; esto representa un 48% del total.



963100

962800

**EXPOSICIÓN CORPORAL**

- Baja
- Media
- Alta
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

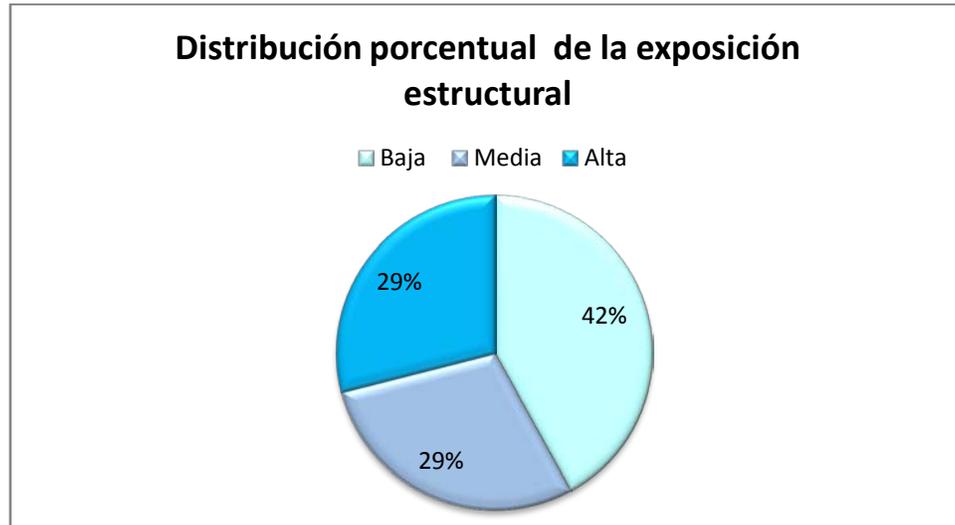
- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 2px solid yellow; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Perímetro Urbano</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid purple; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Perímetro Barrio</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid black; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Perímetro de Manzana</li> <li><span style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Predios</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Drenaje sencillo</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid blue; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Carretera principal</li> <li><span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Vía Secundaria o sin pavimentar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 2px dashed black; width: 20px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Camino</li> </ul>	<p><b>UNIVERSIDAD DEL VALLE</b>  <b>CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA</b>          Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente</p>	<p><b>FECHA:</b> Diciembre de 2012  <b>SISTEMA DE REFERENCIA</b>          Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste          Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  <b>FUENTE DE LA INFORMACIÓN</b>          Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,          CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),          Planeación Municipal de Sevilla Valle.</p>
<p><b>MAPA 9.12</b>  <b>EXPOSICIÓN CORPORAL POR REMOCIÓN EN MASA</b>  <b>BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO</b></p>			

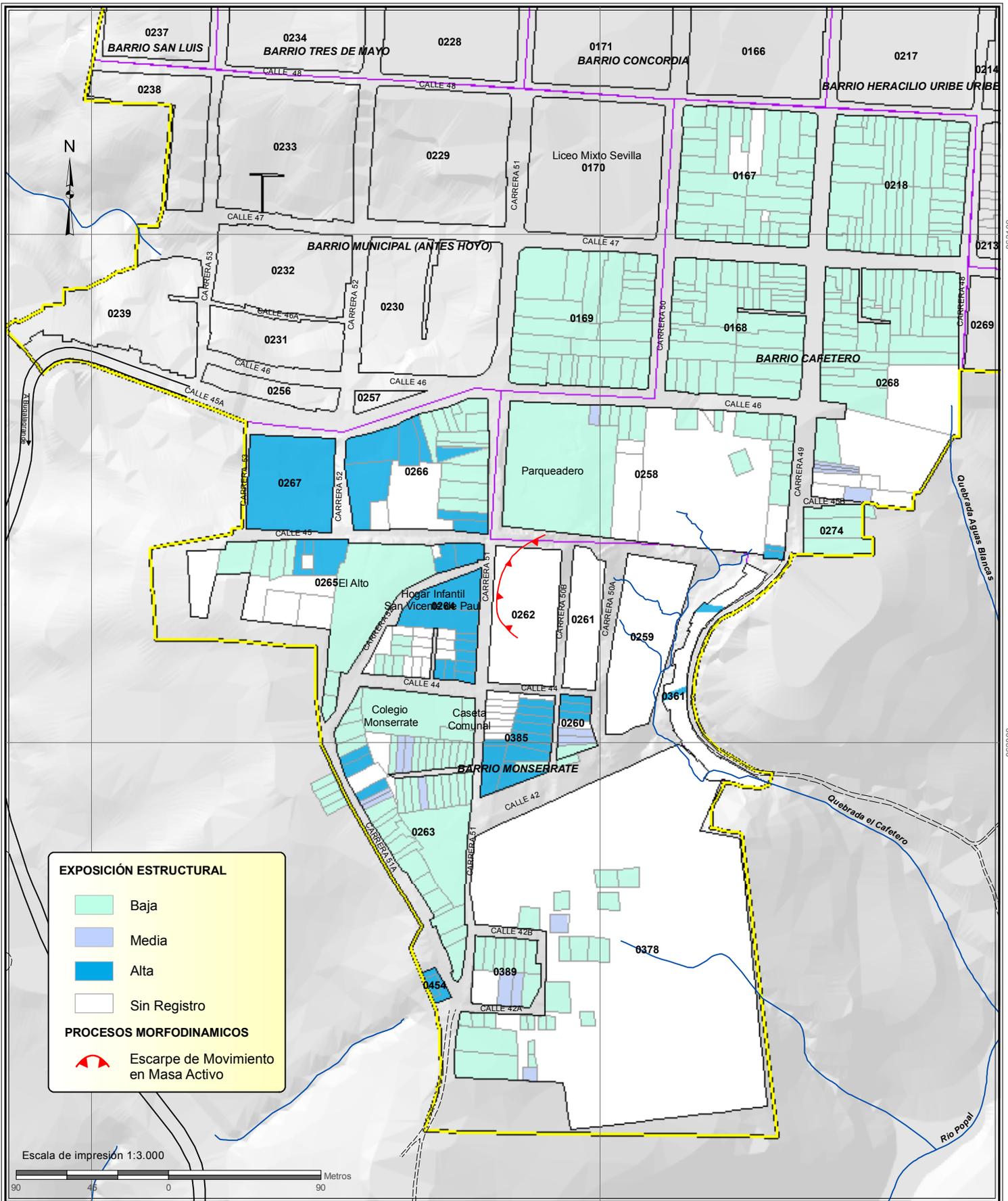
### 9.3.3.2 Exposición estructural

En cuanto a las viviendas, tenemos que la exposición de las mismas a la amenaza tiende a equilibrarse; el 42% de las viviendas se encuentran en exposición baja, el 29% en exposición media y el otro 29% restante en exposición alta (ver Figura 9.14).



*Figura 9.14* Distribución porcentual de la exposición estructural.

La distribución espacial de los niveles de exposición estructural a la amenaza es mucho más evidente; las viviendas con niveles altos se localizan sobre terrenos que ya han sido afectados y que tienen una alta probabilidad de deslizarse en el futuro (mapa 9.13).



<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 2px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> Perímetro Urbano</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid purple; width: 20px; display: inline-block;"></span> Perímetro Barrio</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Perímetro de Manzana</li> <li><span style="border: 1px solid black; width: 10px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Predios</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span> Drenaje sencillo</li> <li><span style="border-bottom: 2px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Carretera principal</li> <li><span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Vía Secundaria o sin pavimentar</li> </ul>	<p>=== Camino</p>	 <p><b>UNIVERSIDAD DEL VALLE</b> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente</p>	 <p><b>CVC</b> Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca</p>	<p><b>FECHA:</b> Diciembre de 2012 <b>SISTEMA DE REFERENCIA</b> Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger <b>FUENTE DE LA INFORMACIÓN</b> Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000, CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá), Planeación Municipal de Sevilla Valle.</p>
---	-------------------	---	---	--

**MAPA 9.13**  
**EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL POR REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### **9.3.4 Evaluación del grado de fragilidad de cada uno de los elementos expuestos**

Como se ha mencionado anteriormente, la fragilidad es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno; para ello es importante determinar cuáles son las características propias que hacen que un elemento sea débil o no. La combinación lineal de los parámetros ponderados y presentados en la metodología permitió identificar claramente el grado de fragilidad o debilidad tanto de las viviendas como de los habitantes del área de estudio frente al fenómeno de remoción en masa.

En las figuras que se adjuntan en las siguientes páginas se muestran los resultados de la fragilidad estructural y corporal, cuyos criterios fueron desarrollados y justificados en la parte metodológica del presente informe.

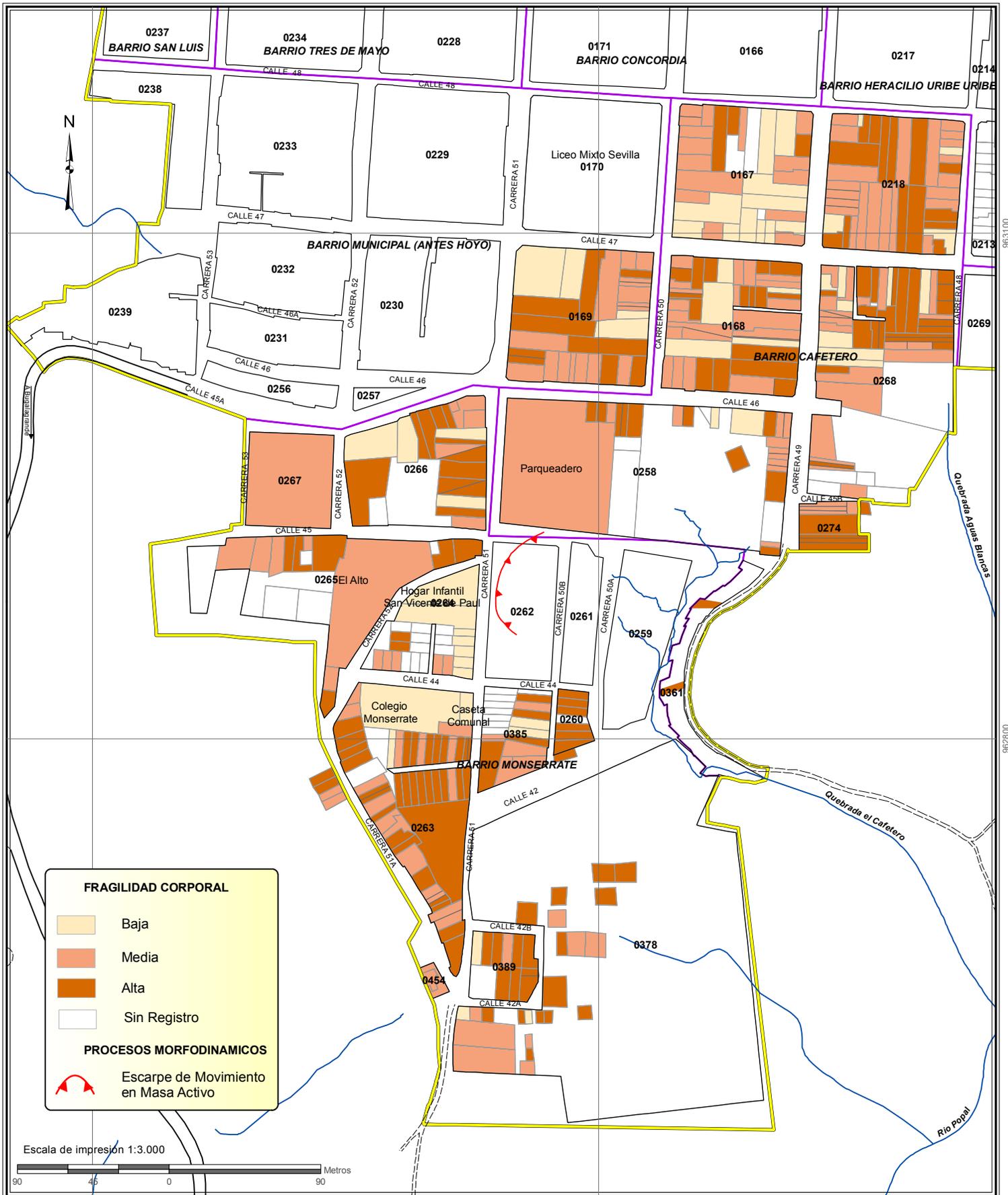
#### ***9.3.4.1 Fragilidad corporal***

El mapa 9.14 muestra el comportamiento espacial de la fragilidad corporal, la cual es independiente del tipo de amenaza en contexto, presentando un patrón de distribución indefinido con un predominio de valores medio-altos de fragilidad.

Los valores de 0 a 1.6 representan niveles de fragilidad bajo; los valores de 1.6 a 5.4 indican niveles moderados de fragilidad y los valores de 5.4 al máximo que es 7.6 representan niveles altos de fragilidad corporal, lo cual indica que en este rango encontramos a la población más débil desde el punto de vista socioeconómico; debido a características determinadas por las condiciones de salud, escolaridad, dependencia infantil-senil e ingresos económicos familiares, esta población no cuentan con las herramientas y las condiciones necesarias para prepararse, afrontar y recuperarse ante una situación de emergencia dada.

#### ***9.3.4.2 Fragilidad estructural***

Por su parte el mapa 9.15 muestra los diferentes niveles de fragilidad que presentan las viviendas ante la posibilidad de ocurrencia de un deslizamiento. En ella se puede notar un predominio de valores altos de fragilidad que oscilan entre 3.7 y 4.8 lo que indica claramente que todas estas viviendas son bastante débiles desde el punto de vista estructural y de diseño ya que no cuentan con las condiciones de habitabilidad necesarias para resistir ante el más mínimo movimiento de tierra. Las viviendas que presentan estos valores se caracterizan por no contar con diseños ni elementos estructurales adecuados que garanticen un mínimo de seguridad para sus ocupantes.

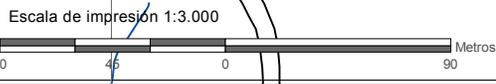


**FRAGILIDAD CORPORAL**

- Baja
- Media
- Alta
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino

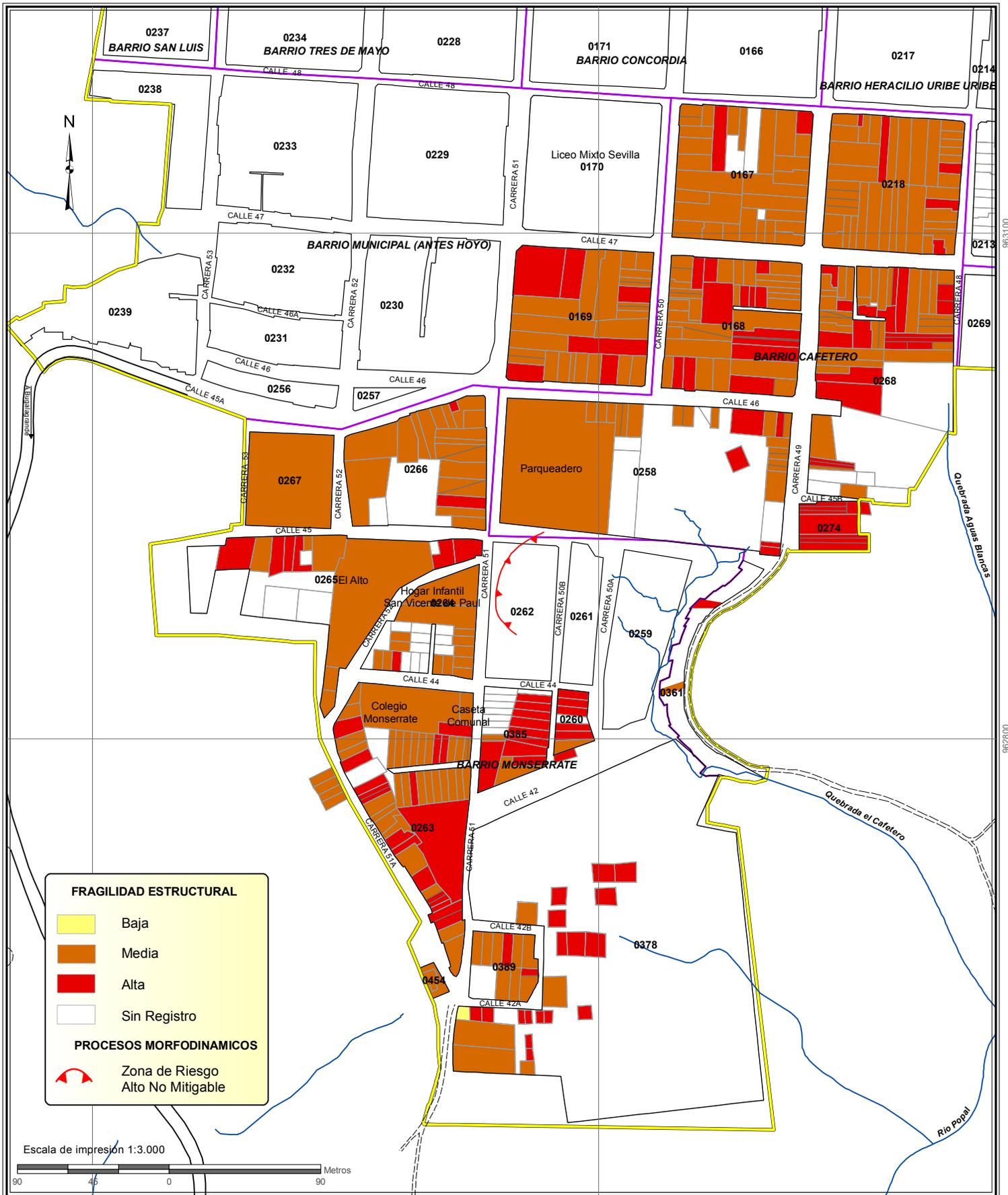


UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Diciembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.14**  
**FRAGILIDAD CORPORAL ANTE REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**



**FRAGILIDAD ESTRUCTURAL**

- Baja
- Media
- Alta
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Zona de Riesgo Alto No Mitigable

Escala de impresión 1:3.000



**CONVENCIONES**

- Perímetro Urbano
- Perímetro Barrio
- Perímetro de Manzana
- Predios
- Drenaje sencillo
- Carretera principal
- Vía Secundaria o sin pavimentar



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Diciembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.15**  
**FRAGILIDAD ESTRUCTURAL ANTE REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### 9.3.5 Evaluación de la vulnerabilidad específica y global

Una vez obtenido los mapas de exposición y fragilidad específicos por cada grupo de elementos en cuestión, se procede a estimar el grado de vulnerabilidad específico y global de acuerdo a los planteamientos metodológicos. La vulnerabilidad global resulta de la combinación espacial de la vulnerabilidad corporal, estructural y física o del suelo, esta última sale del estudio de la amenaza y representa la probabilidad de falla del terreno.

En términos generales la vulnerabilidad global resalta cuales son los elementos del territorio que son más propensos a sufrir un tipo de daño específico por las condiciones de peligrosidad del fenómeno estudiado; refleja las condiciones de debilidad tanto de los habitantes como de sus viviendas frente al peligro, así como las condiciones del suelo para soportar la presión que ejercen dichos elementos.

#### 9.3.5.1 Vulnerabilidad estructural

Aproximadamente el 33% de las viviendas del área de estudio se encuentran bajo niveles de vulnerabilidad relativamente altos, lo que indica que estructuralmente no son adecuadas para habitar, bien sea por los materiales empleados en su diseño o el mal estado en que se encuentran. De otra parte, el 29% de las viviendas se encuentran con niveles moderados de vulnerabilidad, las cuales requieren adecuaciones menores para mejorar las condiciones estructurales en las que se encuentran. Por ultimo, el 38% de las viviendas presentan vulnerabilidad baja, es decir no presenta condiciones graves en cuanto a sus diseños ni deterioro en sus elementos portantes. (ver Figura 9.15) gran parte del area de estudio presenta niveles moderados y altos de vulnerabilidad estructural. Las manzanas mas vulnerables son las que se localizan cerca de la zona de deslizamiento activo, a saber: 378, 389, 263, 385, 260, 264, 265, 266, 258 y 274 (ver mapa 9.16).

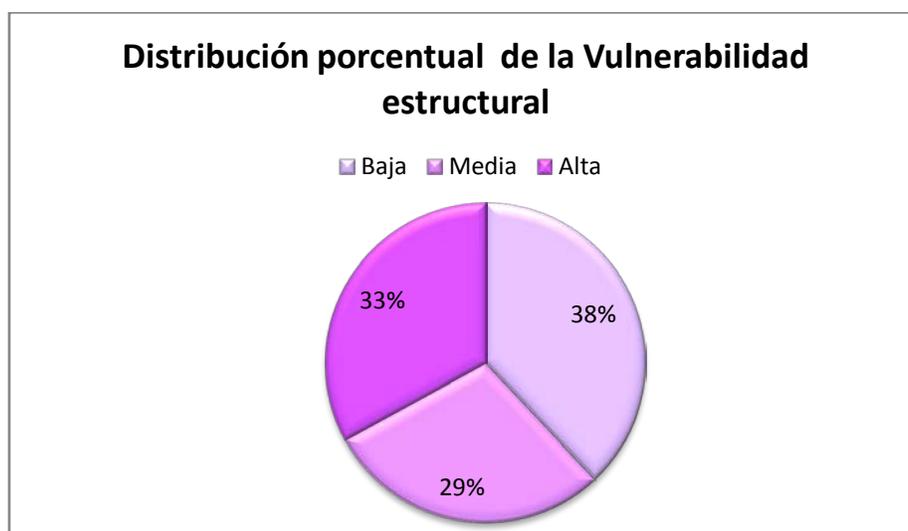
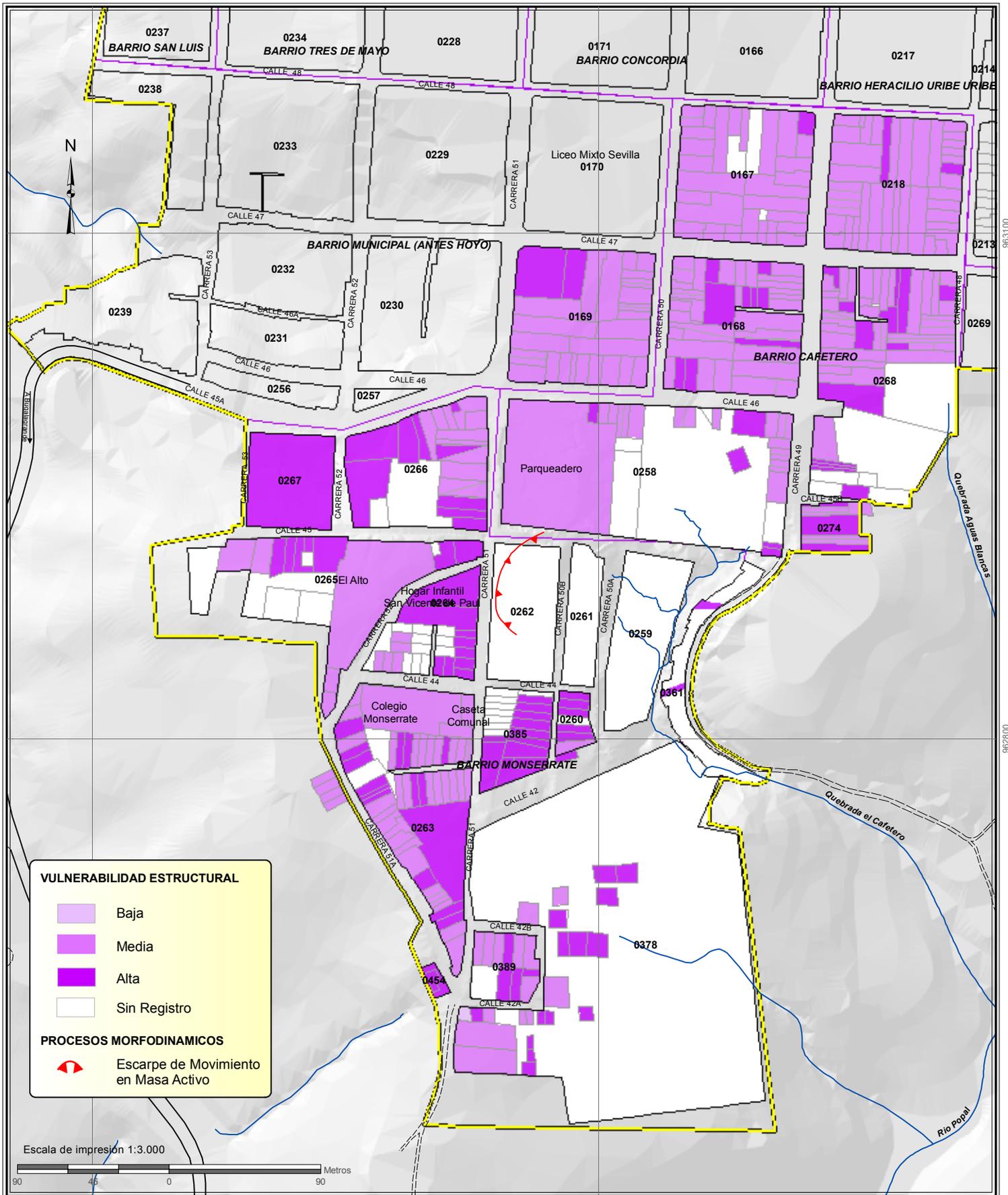


Figura 9.15 Distribución porcentual de la vulnerabilidad estructural.



Escala de impresión 1:3.000



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



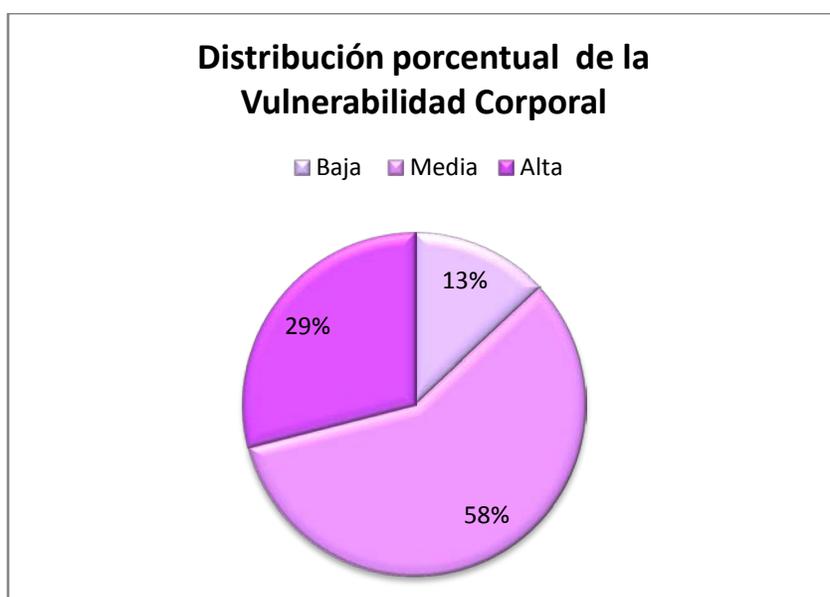
FECHA: Diciembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.16**  
**VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL POR REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

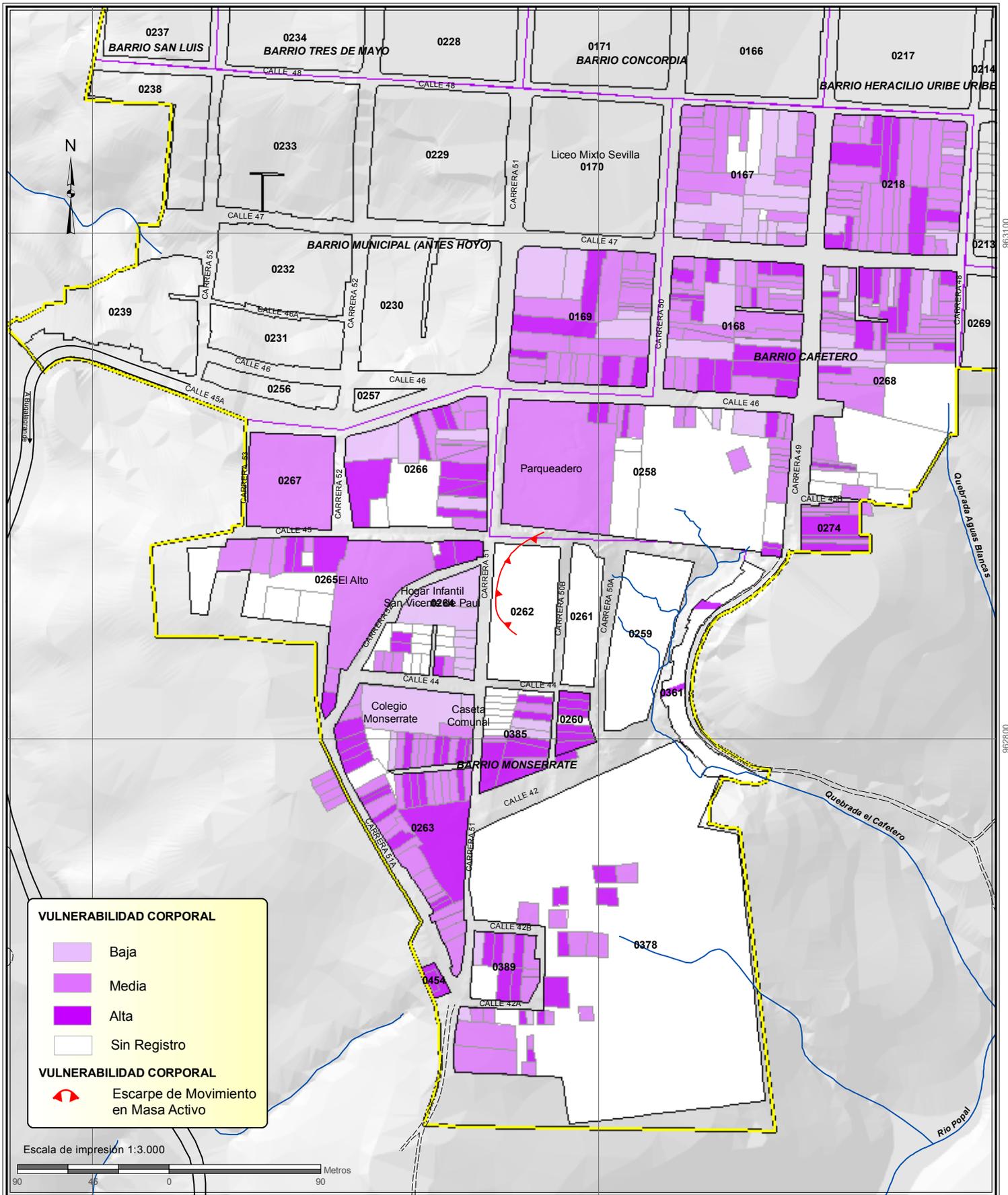
### 9.3.5.2 Vulnerabilidad corporal

Alrededor del 29% de la población presenta condiciones de vulnerabilidad alta, debido a un déficit en factores como la salud, ingresos económicos o dependencia económica, entre otros; condiciones que limitan la respuesta y recuperación eficiente ante un fenómeno de remoción en masa. Así mismo encontramos que el 58% de las familias evaluadas presentan niveles moderados de vulnerabilidad corporal mientras que el 13% presenta niveles bajos. (Ver figura 9.16).

Al igual que la vulnerabilidad estructural, las familias con niveles altos de vulnerabilidad corporal se localizan alrededor de la zona de deslizamiento activo; las manzanas que presentan valores altos son en su mayoría la totalidad del área de estudio (ver mapa 9.17).



*Figura 9.16 Distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal.*



963100

962800

**VULNERABILIDAD CORPORAL**

- Baja
- Media
- Alta
- Sin Registro

**VULNERABILIDAD CORPORAL**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



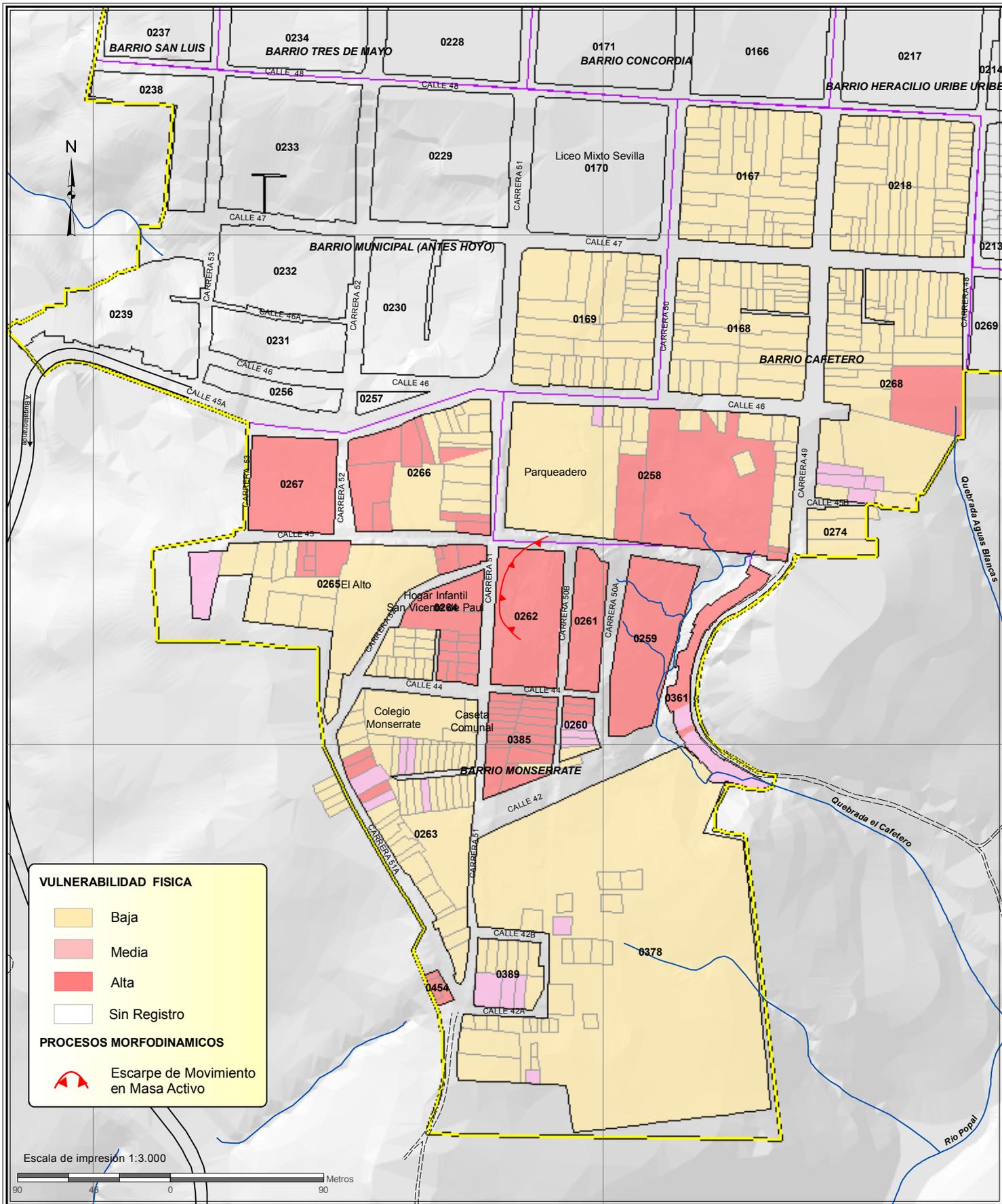
FECHA: Diciembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.17**  
**VULNERABILIDAD CORPORAL POR REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

### **9.3.5.3 Vulnerabilidad Física**

La vulnerabilidad física o del suelo, refleja las condiciones del terreno en términos de probabilidad de falla, es decir, que tan susceptible es de deslizarse bajo ciertas condiciones. Esta susceptibilidad depende de factores como la topografía del terreno, los grados de pendientes del mismo, el peso y cohesión del suelo así como del ángulo de fricción del mismo.

La zonificación de la vulnerabilidad física aporta una restricción importante para planes de construcción de viviendas en terrenos baldíos que son susceptibles de fallar. De acuerdo con el mapa 9.18, aproximadamente el 27% del terreno correspondiente a la zona de estudio tiene una alta probabilidad de fallar y deslizarse, el factor de seguridad es muy bajo, por lo que la ladera es más propensa a deslizarse; estas zonas se caracterizan por presentar superficies de falla de grandes radios (en el caso de movimientos del tipo rotacional), y suelos residuales o materiales de deslizamiento, con niveles freáticos en promedio a 15 m de profundidad. Sobre estos terrenos se asientan gran parte de las viviendas del barrio Monserrate. El 11% de la zona presenta probabilidad de falla media, por lo cual el factor de seguridad o estabilidad de la ladera es moderada; mientras que el 61% del terreno presenta una probabilidad de falla baja; esta zona corresponde a la parte alta del deslizamiento donde el factor de seguridad es mayor, lo cual indica mayor estabilidad del terreno.



**VULNERABILIDAD FISICA**

- Baja
- Media
- Alta
- Sin Registro

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Diciembre de 2011  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.18**  
**VULNERABILIDAD FISICA POR REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

963100  
962800

#### 9.3.5.4 Vulnerabilidad global

En términos globales, la vulnerabilidad de todos los elementos estudiados en el área de estudio es bastante crítica; aproximadamente el 70% de la zona presenta niveles moderados y altos de vulnerabilidad, lo que señala una limitación fuerte por parte de los habitantes y sus viviendas a la hora de afrontar una emergencia por deslizamientos. Ver Figura 9.17 y mapa 9.19.



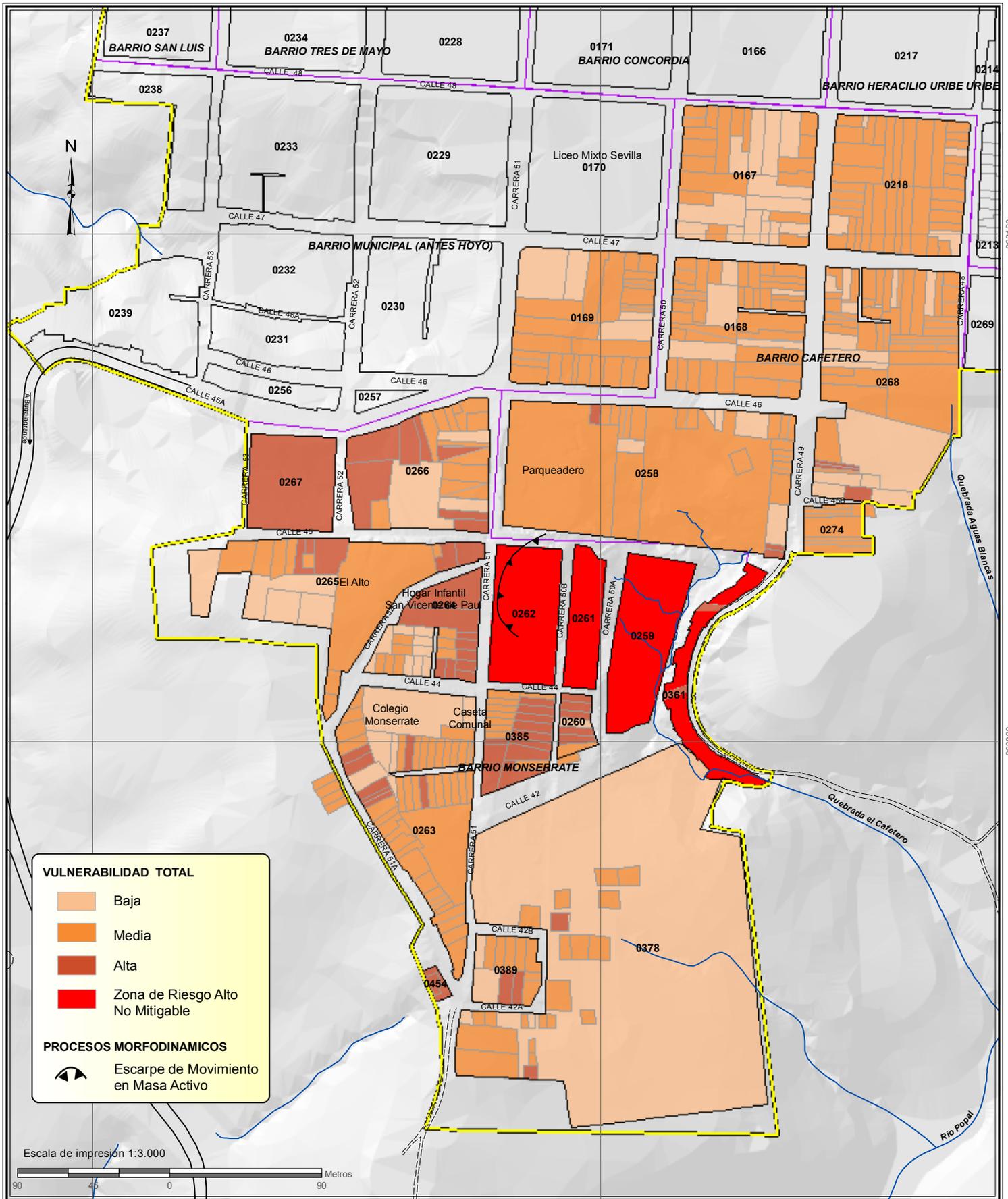
Figura 9.17 Distribución porcentual de la vulnerabilidad global

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio se presentan tres grados de vulnerabilidad, a saber:

- *Vulnerabilidad Baja*: Corresponde a zonas donde los elementos tanto corporales como estructurales presentan unos niveles de exposición relativamente bajos ante la amenaza (no se encuentran en contacto directo con las zonas de deslizamiento activo); presenta condiciones de fragilidad baja caracterizada por una tipología de viviendas buenas estructuralmente que las hace resistentes, la población, desde el punto de vista socioeconómico, muestra condiciones de tener capacidad de recuperarse ante la eventualidad de una emergencia.

- *Vulnerabilidad Media*: Los elementos presentan un nivel de exposición moderado ante la amenaza, con unos niveles de fragilidad intermedio caracterizados por viviendas cuyo estado físico y resistencia son aceptables, y la población puede tener limitaciones socioeconómicas para responder y adaptarse a los cambios generados por un evento dañino.

- *Vulnerabilidad Alta*: Los elementos presentan un nivel de exposición elevado ante la amenaza (se encuentran en contacto directo con las zonas de deslizamiento activo) y condiciones de fragilidad alta, caracterizadas por tipologías estructurales poco dúctiles, sistemas constructivos inadecuados y en estado de deterioro avanzado; igualmente, presenta una población que socioeconómicamente refleja ser incapaz de sobreponerse por sí mismos a los efectos provocados por un fenómeno de remoción en masa que cause daños.



**VULNERABILIDAD TOTAL**

- Baja
- Media
- Alta
- Zona de Riesgo Alto No Mitigable

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar

=== Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Diciembre de 2011  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Dátum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
**FUENTE DE LA INFORMACIÓN**  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Dátum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.19**  
**VULNERABILIDAD GLOBAL POR REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

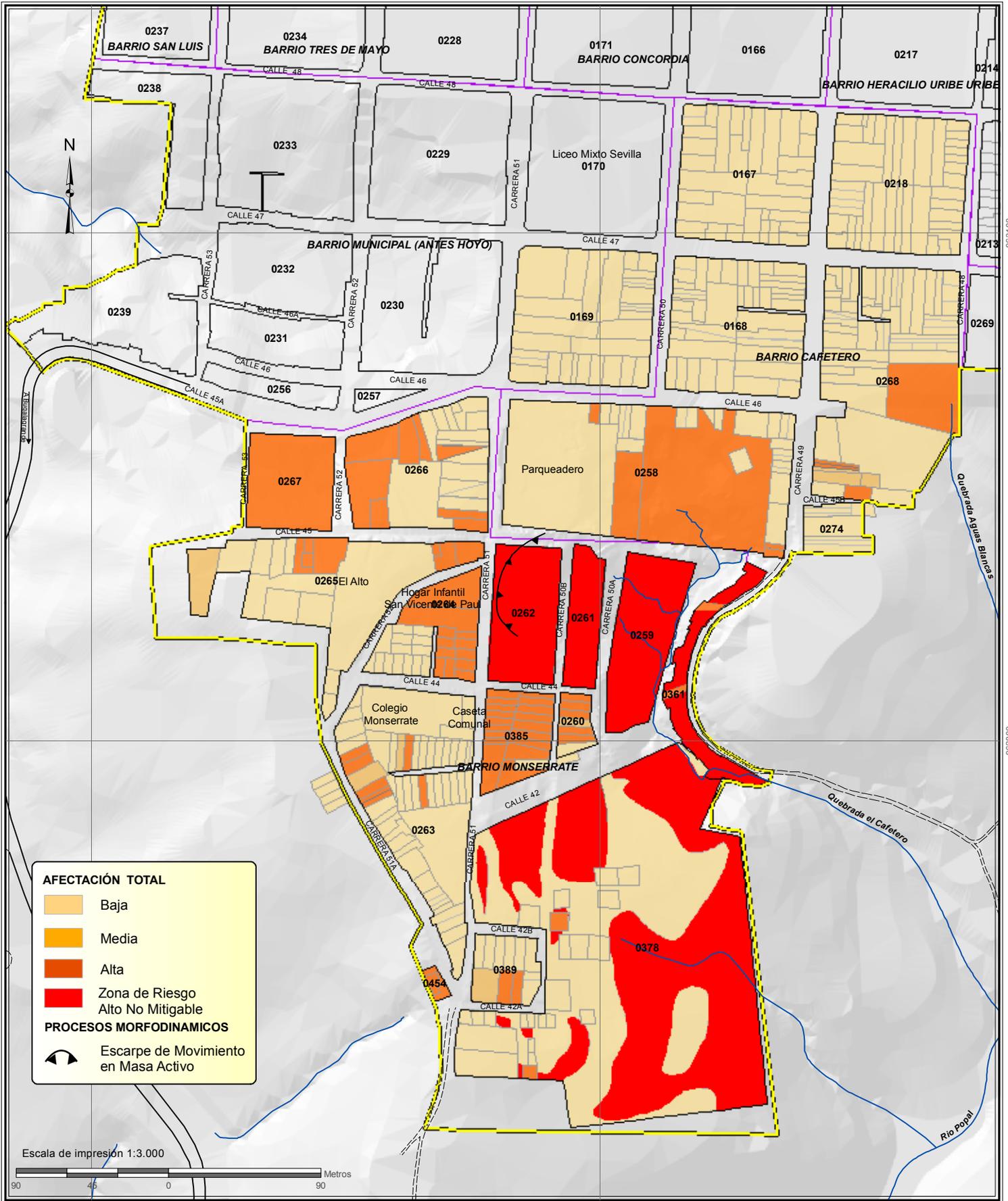
## 9.4 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN O DAÑO

La relación entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación que pueda sufrir la misma. La importancia de elaborar un mapa de afectación, en la zona de estudio del municipio de Sevilla, por fenómenos de remoción en masa a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte que realiza al entendimiento del origen y comportamiento de escenarios de riesgo en los que sin duda, es el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas humanas y materiales, como consecuencia de la acción de dichos fenómenos.

De acuerdo con el mapa 9.20 el barrio Monserrate es una de las zonas del área de estudio con mayor riesgo de deslizarse; sobre esta zona ya se han presentado históricamente deslizamientos que han destruido gran cantidad de viviendas y puesto en riesgo otro tanto. Pese a esta situación, algunas zonas han sido habitadas por lo cual deberán ser tenidas en cuenta dentro de planes de reubicación para evitar futuros escenarios de desastres.

En cuanto a los resultados arrojados por la evaluación de la afectación de la zona de estudio ante los fenómenos de remoción en masa, existen tres niveles diferenciados:

- *Afectación Baja:* La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas. Los daños que pueden presentarse en las viviendas son ligeros (no estructurales) sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas.
- *Afectación Media:* La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados. Deben realizarse pequeñas obras de mitigación para eliminar la amenaza; así mismo deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las viviendas que presentan problemas estructurales considerables
- *Afectación Alta:* La zona se caracteriza por presentar unas condiciones de amenaza peligrosas para los elementos expuestos, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por viviendas inadecuadas y en mal estado y una población con poca o nula capacidad de resiliencia. Se recomienda la reubicación inmediata de esta zona de cualquier asentamiento humano y el traslado de toda actividad que se desarrolle sobre la misma. Los daños que pueden presentarse son la destrucción parcial o total de las viviendas y pérdidas de vidas humanas en el sitio.



**AFECTACIÓN TOTAL**

- Baja
- Media
- Alta
- Zona de Riesgo Alto No Mitigable

**PROCESOS MORFODINAMICOS**

- Escarpe de Movimiento en Masa Activo



- CONVENCIONES**
- Perímetro Urbano
  - Perímetro Barrio
  - Perímetro de Manzana
  - Predios
  - Drenaje sencillo
  - Carretera principal
  - Vía Secundaria o sin pavimentar
  - Camino



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente



FECHA: Diciembre de 2012  
 SISTEMA DE REFERENCIA  
 Datum: Magna Origen de la Zona: Oeste  
 Elipsoide: GRS80 Proyección: Gauss - Kruger  
 FUENTE DE LA INFORMACIÓN  
 Cartografía Básica: IGAC. Escala 1:2.000,  
 CVC. Escala 1:5.000 (Datum Bogotá),  
 Planeación Municipal de Sevilla Valle.

**MAPA 9.20**  
**AFECTACIÓN GLOBAL POR REMOCIÓN EN MASA**  
**BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO**

#### 9.4.1 Determinación de los escenarios de afectación diurno y nocturno

Debido a la complejidad de los fenómenos naturales y la dinámica espacial que presentan los elementos corporales espacio-tiempo, existe una variedad de posibilidades de manifestación del daño. En este sentido, se adopta la propuesta de complementar el análisis mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que nos permitirá aproximarnos al daño específico en función del número o porcentaje de personas damnificadas y viviendas afectadas. Para generar dicho modelo se efectúa el cruce de información correspondiente al modo de daño con el número de personas en la vivienda por escenario (diurno y nocturno).

La Tabla 9.10 muestra el número de habitantes por escenario y el número total de viviendas que se encuentran bajo algún nivel de afectación por deslizamientos.

*Tabla 9.10 Habitantes por escenario y viviendas en riesgo.*

Hab/día	Hab/noche	Viviendas
763	1100	500

## **10 DISEÑO DE OBRAS CORRECTIVAS**

## **10 DISEÑO DE OBRAS CORRECTIVAS**

En este capítulo se presentan las diferentes obras de mitigación propuestas para disminuir el problema de inestabilidad y erosión en los Barrios Monserrate y Cafetero. Estas medidas incluyen obras como:

- Movimientos de Tierra
- Terraceo
- Muros en Cantiliever
- Pilotes.
- Obras para el control de la erosión.
- Obras para el manejo de aguas superficiales.

Es importante destacar que para garantizar el adecuado comportamiento de la ladera, es necesario que la opción complementada incluya la totalidad de las medidas de mitigación propuestas, ya que las obras han sido diseñadas para que trabajen monolíticamente. Las anteriores obras propuestas han sido el resultado de muchos análisis, escogiéndose finalmente la opción más segura.

En los Anexos, en los “Planos de Diseño” se presentan gráficamente las obras y medidas de mitigación propuestas, para cada una de las zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa que puede comprometer la vía.

### **10.1 MEDIDAS CORRECTIVAS**

#### **10.1.1 Movimientos de Tierra**

Los movimientos de tierra para el talud inestable, corresponden a cortes desde la parte superior del talud hasta la parte baja, realizados con dos propósitos, disminuir el peso del mismo y facilitar la construcción de obras para control de aguas superficiales, buscando con eso, la disminución del agua infiltrada que pueda afectar la estabilidad de las estructuras de mitigación propuestas.

En general, se propone terracear con taludes cuya máxima inclinación sea de  $10^\circ$  sobre el suelo arcilloso. El terraceo contará con bermas cuyo ancho fluctúa entre los 3.0 a 5.0 metros.

En los perfiles analizados (Ver Plano 4. Perfiles), se indican los cortes y rellenos a realizar en cada una de las secciones, el terraceo se propone adicional a las obras de contención, Obras para el manejo de aguas superficiales y obras para el control de la erosión. Este terraceo incluye la reconformación del terreno, esta modificación de la geometría incluye la construcción de bermas, con lo cual se pretende escalonar el talud redistribuyendo las fuerzas debidas al peso de los materiales y así obtener una nueva configuración más

estable. Las dimensiones de las bermas y pendientes de los taludes se pueden verificar en los perfiles que se encuentran en los planos de pre-diseño ya entregados.

### 10.1.2 Rellenos con Material seleccionado

El material de relleno para el espaldar de los muros, deberá cumplir lo establecido en la especificación INVIAS, Artículo 220. Algunos de estos requisitos se muestran en la Tabla 10.1.

*Tabla 10.1 Requisitos de los Materiales.*

Suelos	Seleccionados	Adecuados	Tolerables
Aplicación	Corona, Núcleo, Cimiento	Corona, Núcleo, Cimiento	Núcleo, Cimiento
Tamaño máximo	75 mm	100 mm	150 mm
Pasa tamiz de 75 $\mu$ m (No. 200)	$\leq 25\%$ en peso	$\leq 35\%$ en peso	$\leq 35\%$ en peso
C.B.R de laboratorio	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 3$
Expansión en prueba C.B.R.			
Contenido de materia orgánica	0%	< 2%	< 2%
Límite líquido	0%	< 1%	< 2%
Índice plástico	<30	<40	<40
	<10	<15	-

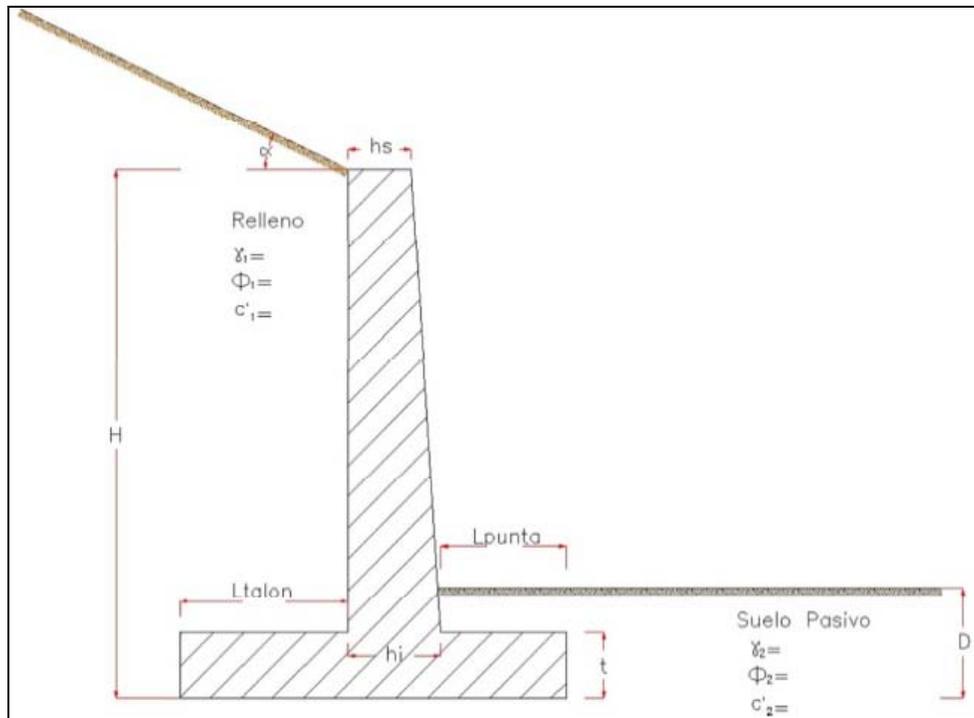
Tomado de la INVIAS Artículo 220 Tabla No 220.1

## 10.2 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

### 10.2.1 Muros en voladizo

Se propone la construcción de un muro en voladizo de concreto reforzado, este muro en voladizo se complementa con una cimentación en pilotes embebidos en la arcillolita sana.

En la Figura 10.1 se presentan los parámetros geométricos y mecánicos que se tienen en cuenta en el momento de diseñar el muro en voladizo.



**Figura 10.1.** Muro en voladizo típico.

Donde:

H=	Altura del muro [m]	$\alpha=$	Inclinación suelo de relleno [ $^{\circ}$ ]
$L_{\text{talon}}=$	Longitud del talón [m]	$\gamma_1=$	Peso unitario Suelo de relleno [ $\text{KN}/\text{m}^3$ ]
$L_{\text{punta}}=$	Longitud de la punta [m]	$\phi_1=$	Angulo de fricción Suelo de relleno [ $^{\circ}$ ]
$h_s=$	Espesor cresta [m] □	$c'_1=$	Cohesión Suelo de relleno [ $\text{KN}/\text{m}^2$ ]
$h_i=$	Espesor base [m]	$\gamma_2=$	Peso unitario Suelo de soporte [ $\text{KN}/\text{m}^3$ ]
t=	Espesor placa [m]	$\phi_2=$	Angulo de fricción Suelo de soporte [ $^{\circ}$ ]
D=	Profundidad de cimentación [m]	$c'_2=$	Cohesión Suelo de soporte [ $\text{KN}/\text{m}^2$ ]

### Revisión de la estabilidad Local

Para la revisión de la estabilidad de los muros en voladizo se usará la teoría de la presión de Rankine<sup>8</sup>, en donde se supondrá que la condición activa de Rankine existe a lo largo del plano vertical generado desde la pata del muro hasta la superficie.

En el análisis de la estabilidad del muro, se tomará en consideración la fuerza activa de Rankine  $P_{a_{Rankine}}$ , el peso del suelo  $Ws$  arriba del talón y el peso del concreto  $Wc$ .

<sup>8</sup> Braja M. Dass, Principios de ingeniería de Cimentaciones, California State University. Cuarta edición.

$$Pa = \frac{1}{2}\gamma_1 H^2 Ka - 2c_1 H \sqrt{Ka} Pp = \frac{1}{2}\gamma_2 D^2 Kp + 2c_2 D \sqrt{Kp}$$

$$Ka = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi_1}{2} \right) \gamma Kp = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi_2}{2} \right)$$

*Revisión por volteo respecto a la punta*

El valor mínimo deseable para el factor de seguridad con respecto al volteo es de 2 ó 3 y se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{S_{\text{volteo}}} = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{Pa * \cos(\alpha) * \frac{H'}{3} - Mv}$$

Dónde:

$$Mv = Pv * B = Pa * \text{sen}(\alpha) *$$

*Revisión por falla de deslizamiento a lo largo de la base*

$$F_{S_{\text{deslizamiento}}} = \frac{\sum F_R}{\sum F_D}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} \sum F_R &= \sum F_{\text{horizontales resistentes}} = \left( \sum V \right) \tan \delta + Bc_a + Pp \\ \sum F_D &= \sum F_{\text{horizontales de empuje}} = Pa * \cos(\alpha) \end{aligned}$$

El ángulo de fricción entre el suelo y la losa de base  $\delta$  se usará como  $\delta = k_1 \phi_2$  y a la adhesión entre el suelo y la losa de base  $c_a$  como  $c_a = k_2 c_2$ . En este caso se tomará

$$k_1 = k_2 = \frac{2}{3}$$

Se requiere un factor de seguridad de 1.5 contra deslizamiento.

*Revisión por falla de capacidad de carga de la base*

$$F_{S_{\text{capacidad de carga}}} = quq_{\text{max}}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} q_{\text{max}} &= \frac{\sum V}{B * 1} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) \\ q_{\text{min}} &= \frac{\sum V}{B * 1} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) \end{aligned}$$

$$e = \frac{B}{2} - CE = \frac{B}{2} - \left( \frac{\sum M_R - \sum M_o}{\sum V} \right)$$

Donde los momentos fueron calculados respecto al punto C y  $\sum M_o$  corresponde a la suma de los momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro respecto al punto C.

La carga última se calcula como:

$$q_u = c_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + 1/2 \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Dónde:

$$q = \gamma_2 * D$$

$$B' = B - 2e$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan(\phi_2) (1 - \text{sen}(\phi_2))^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\Psi^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left( 1 - \frac{\Psi^\circ}{\phi_2} \right)^2$$

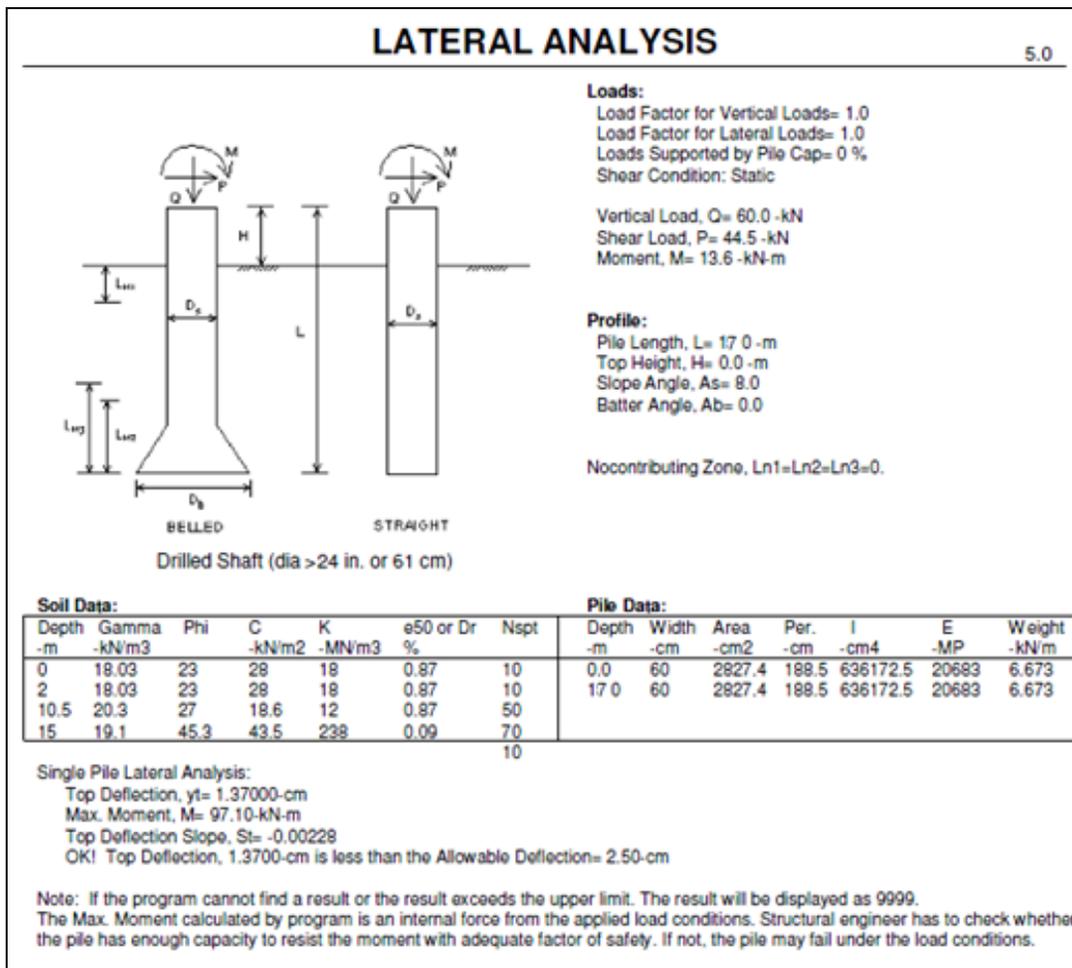
$$\Psi = \tan^{-1} \left( \frac{Pa * \cos(\alpha)}{\sum V} \right)$$

Generalmente, se requiere un factor de seguridad de 3.



### 10.2.2 Pilotes

La parte alta del talud, el muro en voladizo superior, va cimentado sobre pilotes los cuales se encuentran amarrados por una viga cabezal ubicada bajo el muro, haciendo parte de su base; esta estructura compuesta es en concreto reforzado, los pilotes propuestos presentan un diámetro de 0,8 m, una longitud 17 m de longitud y con separaciones de 3 metros, en la parte media de la ladera la longitud de los pilotes es de 12 m. Con estas hileras de pilotes, lo que se pretende es brindar un soporte adicional a la estructura, de tal forma que no se vea afectada por los empujes activos del suelo; adicionalmente, como dichos pilotes fueron diseñados basados en los esfuerzos cortantes a los que se ven sometidos, la longitud de las superficies de falla se ve reducidas, aumentando la efectividad de las estructuras propuestas. Los 17 m y 12 m propuestos como longitud del pilote garantizan la estabilidad de la estructura, permitiendo que queden embebidos en la arcillolita sana, en un material de buenas propiedades geomecánicas. En caso de generarse una superficie de falla, esta se generara entre el suelo residual y el Basalto. Por lo tanto los pilotes pre-diseñados en este informe sobrepasan las potenciales superficies de falla. A continuación en la Figura 10.4 se muestra el análisis y revisión del pilote sujeto a carga lateral.



*Figura 10.4 Análisis y revisión a carga lateral para pilote superior.*

### 10.3 OBRAS PARA EL MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES

El prediseño de las obras de manejo de aguas superficiales, se realiza teniendo en cuenta parámetros como las curvas de Intensidad – Frecuencia – Duración, las cuales permiten realizar el análisis de lluvias de corta duración. De este análisis de lluvias mediante las curvas IDF se obtiene la cantidad de lluvia presentada en la zona, la cual se infiltra o corre superficialmente, dando origen a la escorrentía superficial. Debido a que la infiltración en los suelos y coberturas encontradas en el área de estudio, es lenta, para el pre diseño de las obras se tomará como escorrentía superficial toda el agua presentada por efecto de la precipitación; de esta manera se obtendrá un caudal de escorrentía y a partir de este se definirán las secciones más adecuadas para el manejo de aguas superficiales.

Teniendo en cuenta que dentro de la solución de estabilidad propuesta en el sector deberá darse manejo a la escorrentía producida, en especial de aquella que se concentra produciendo daño desde la parte alta de la ladera y hacia su base producto del curso que toman las aguas.

Para estimar los caudales de escorrentía a manejar en las obras, se emplea dentro del análisis hidrológico el Método Racional (Chow, 1960) dado que se aplica en cuencas homogéneas pequeñas, naturales o urbanas, y preferiblemente en extensiones menores a las 10 hectáreas como en éste caso. Se representa con la siguiente expresión dimensional:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Donde:

- Q:** Caudal pico de la escorrentía que se genera a la salida de una cuenca o área vertiente en m<sup>3</sup>/s.
- A:** Área que concentra la escorrentía en km<sup>2</sup>
- I:** Intensidad considerada constante en mm/h que tiene el aguacero de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.
- C:** Coeficiente de escorrentía; su valor está comprendido entre cero y uno, y depende de la morfometría de la cuenca y de su cobertura.

La asignación de valores apropiados al coeficiente de escorrentía es subjetiva porque, aun cuando existen tablas y recomendaciones generales, la experiencia y criterio de su selección a partir de la experiencia es determinante.

La intensidad del aguacero por su parte, es fundamental en los volúmenes resultantes y por ello se realizó el análisis de las lluvias de corta duración y se identificó la estación más próxima a éste lugar.

La aplicación del Método Racional induce a sobre estimar los caudales de creciente (Silva, 1995) y por esta razón no recomienda su uso en cuencas mayores de 1 km<sup>2</sup>.

Se estima teniendo en cuenta la cobertura actual del terreno, que el coeficiente de escorrentía (conforme la Tabla 10.2), puede estar entre valores de 0.25 y 0.40, como ya se mencionó.

*Tabla 10.2 Coeficientes de escorrentía.*

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient C*		
<b>Business:</b>			
Downtown areas	0.7	-	0.95
Neighborhood areas	0.5	-	0.7
<b>Residencial</b>			
Single-family areas	0.3	-	0.5
Multi-units detached	0.4	-	0.6
Multi-units, attached	0.6	-	0.75
Suburban	0.25	-	0.4
Apartment dwelling areas	0.5	-	0.7
<b>Industrial</b>			
Light areas	0.5	-	0.8
Heavy areas	0.6	-	0.9
<b>Parks, cementeries</b>	0.1	-	0.25
<b>Playgrounds</b>	0.2	-	0.4
<b>Railroad yard areas</b>	0.1	-	0.3
<b>Lawns</b>			
Sandy soil, flat 2%	0.05	-	0.1
Sandy soil, average, 2 - 7%	0.1	-	0.15
Sandy soil, steep, 7%	0.15	-	0.2
Heavy soil, flat, 2%	0.13	-	0.17
Heavy soil, average 2 - 7%	0.18	-	0.22
Heavy soil, steep, 7%	0.25	-	0.35
<b>Streets</b>			
Asphaltic	0.7	-	0.95
Concrete	0.8	-	0.95
Brick	0.7	-	0.85
<b>Drives and walks</b>	0.75	-	0.85
<b>Roofs</b>	0.75	-	0.95
*Higher values are usually appropriate for steeply sloped areas and longer return periods because infiltration and other losses have proportionally smaller effect runoff in these cases.			

Así mismo, dada la extensión de las áreas vertientes en análisis asemejada a cuencas de drenaje y su pendiente longitudinal, se concluye que los tiempos de concentración son reducidos. Por esta razón se trabaja con una duración de 10 minutos. El tiempo de retorno utilizado para el pre dimensionamiento fue de 50 años. Teniendo en cuenta estas condiciones y la Figura 10.5, se obtiene como valor de Intensidad de lluvia 226.84 (mm/hora).

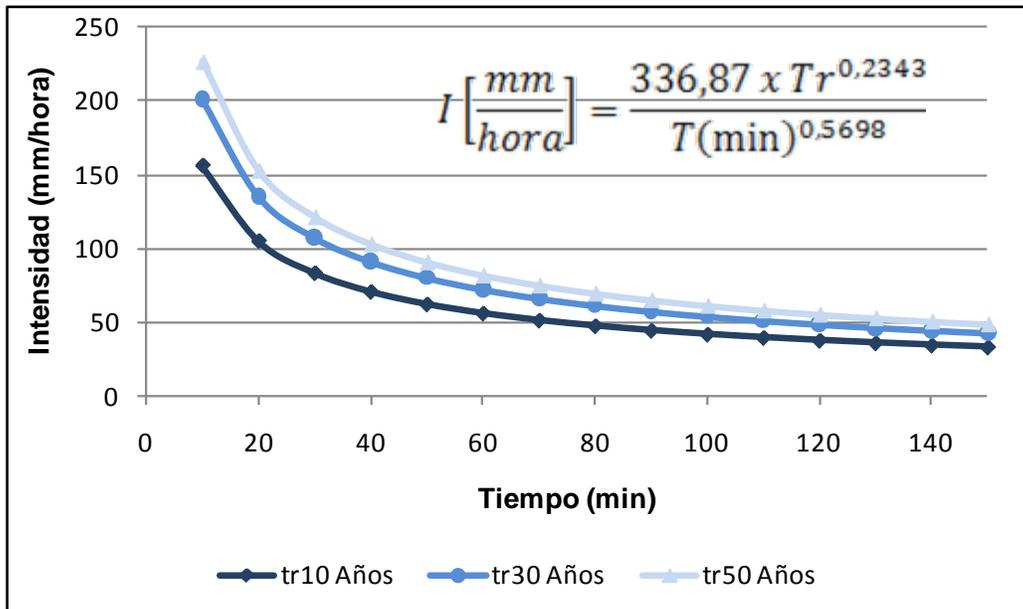


Figura 10.5. Curva IDF con periodos de retorno de 10, 30 y 50 años. Estación La Sirena, Sevilla. (1986-2010).

Con los anteriores valores y aplicando el Método Racional se obtienen los caudales máximos para los diferentes periodos de recurrencia de los aguaceros que producen a su vez los picos de esorrentía.

Es por ello necesario establecer las áreas de drenaje de la ladera de incidencia directa para las estructuras conforme la propuesta de estabilización particular a fin de controlar la degradación y estabilizar la ladera.

De acuerdo a lo anterior, en las Tablas 10.3 se presenta los parámetros de diseño y en la Tabla 10.4 se presentan los valores de predimensionamiento para las obras propuestas; el canal en gaviones presenta la sección indicada en los planos.

**Tabla 10.3** *Parámetros de diseño Obras Manejo de agua superficial*

PARAMETROS DE DISEÑO										
ELEMENTO	C	I (mm/h)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	So	Yc (m)	Yn (m)	Z	n	V media(m/s)
CANAL TIPO 1	0.3	226.84	524.36	0.00275	0.010	0.027	0.006	0.000	0.0014	2.279
CANAL TIPO 2	0.3	226.84	1253.60	0.00658	0.100	0.037	0.004	0.000	0.0014	5.548
CANAL TIPO 3	0.3	226.84	1468.30	0.00771	0.100	0.034	0.004	0.000	0.0014	5.287
CANAL EN GAVIONES	0.3	226.84	4896.60	0.02571	0.020	0.026	0.005	0.000	0.0014	2.789

**Tabla 10.4** *Pre-dimensionamiento de obras*

PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES									
ELEMENTO	SECCIÓN ELEMENTO	a (m)	b (m)	B (m)	c (m)	h (m)	H (m)	L (m)	
CANAL TIPO 1	RECTANGULAR	0.1000	0.2000	0.4000	0.1000	0.3000	0.3500	88.5600	
CANAL TIPO 2	RECTANGULAR - ESCALONADO	0.1000	0.3000	0.5000	0.1000	0.3000	0.3500	89.5000	
CANAL TIPO 3	RECTANGULAR - ESCALONADO	0.1000	0.4000	0.6000	0.1000	0.4500	0.5000	100.883	

Conforme los predimensionamientos elaborados para éste sector de interés en el marco del estudio, se hace la propuesta de manejo de drenaje que se presenta en la Figura 10.6 mostrada a continuación:

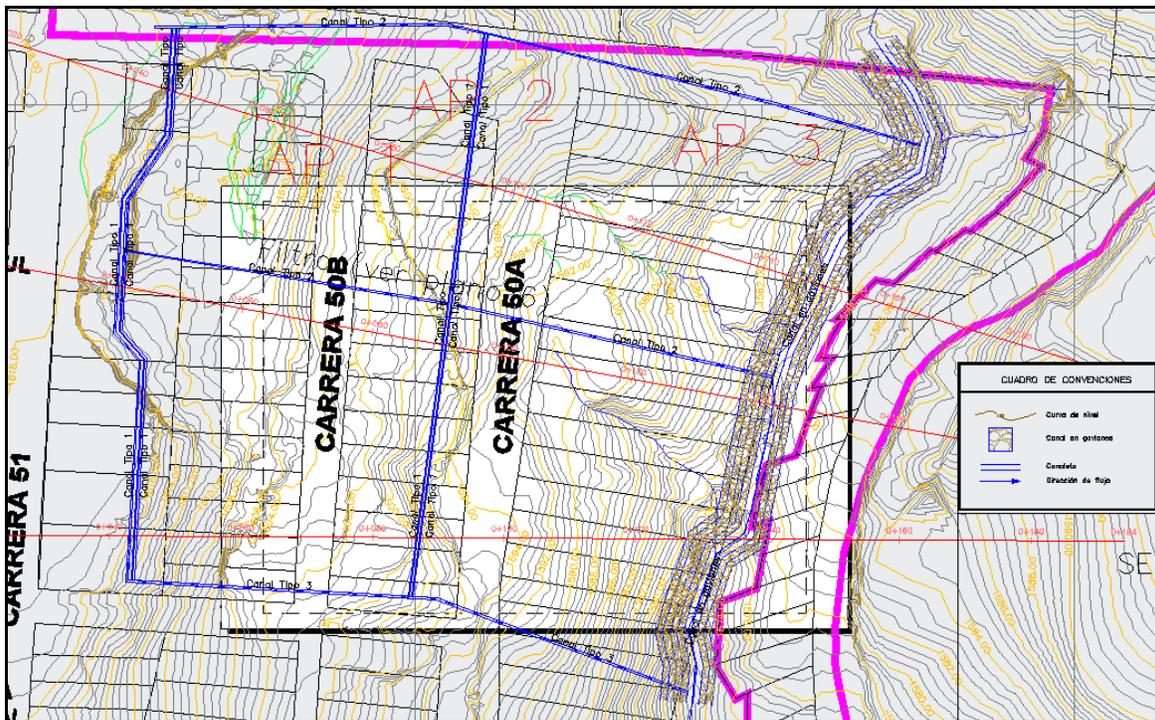


Figura 10.6 Obras hidráulicas propuestas.

Se propone como drenaje para las obras geotécnicas, la construcción de cunetas longitudinales, cunetas coronadoras, canales escalonados y canal en gaviones.

Se realizarón visitas de campo en el área de estudio, donde se encontró un inadecuado manejo de las aguas superficiales, por esta razón se plantea como medida de mitigación del riesgo y complementario a las obras de contención ya mencionadas, la construcción de canales de coronación en los muros de contención con el fin de proteger las obras geotécnicas proyectadas, un canal central escalonado y canales adicionales que permiten conformar una red de drenaje, controlando las aguas superficiales y subsuperficiales de la ladera. A continuación se describen cada uno de los tipos de canal definido como medida de control para el proyecto:

- **Canal Tipo 1:**

Este canal esta definido para los canales de coronación y canales ubicados en las bermas del terracedo, se proponen para proteger las obras geotécnicas interceptando la escorrentia y reduciendo los efectos de erosión que puedan presentarse. Estos canales drenan a una sola agua con una pendiente del 1% hacia el canal escalonado. Esos canales se proponen en sección triangular (Figura 10.7).

- **Canal Tipo 2:**

Este canal se encuentra ubicado en la parte media y norte del deslizamiento, estos canales recogen las aguas de escorrentia provenientes de los canales Tipo 1 y descargan en el canal de Gaviones propuesto en la parte baja del deslizamiento. Estos canales son de sección

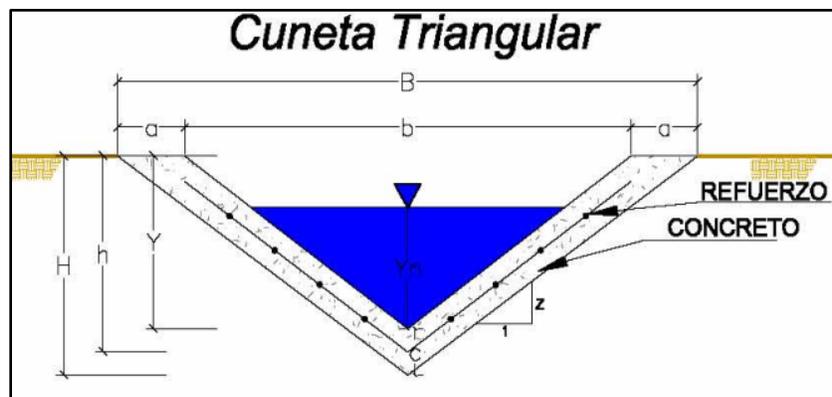
rectangular con base de 0.40 m y altura de 0.20 m (Figura 10.8). Estos canales cuentan con una pendiente fuerte, por lo que es necesario que su construcción se haga de forma escalonada (Figura 10.9).

- **Canal de Gaviones:**

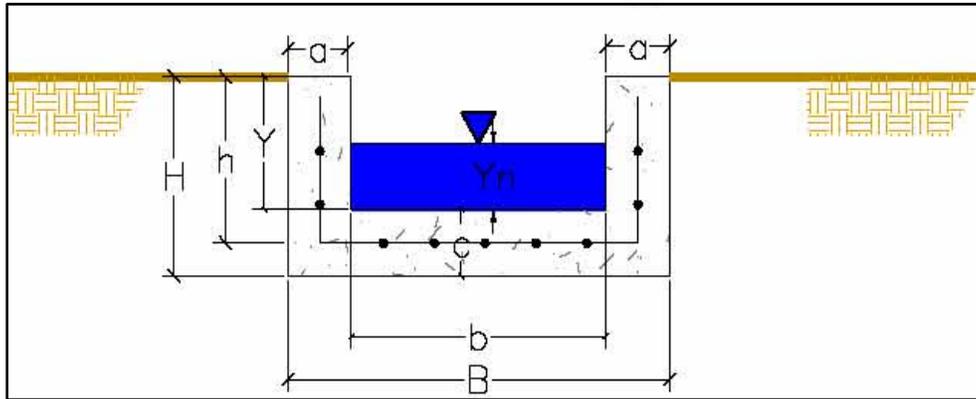
En la parte baja de la ladera se encuentra una quebrada que drena en sentido Norte– Sur; se propone la canalización de esta quebrada al menos en el tramo donde se desarrollan las obras geotécnicas para este sector. Se espera que toda el área de parte alta de la ladera junto con las laderas ubicadas cerca de la zona de estudio drenen hacia este canal, donde es necesario la construcción de gaviones, con los siguientes objetivos:

- a) Canalizar la quebrada frente al deslizamiento, de manera que la sección hidráulica, este en capacidad de evacuar las aguas lluvias.
- b) Proteger la base del deslizamiento de eventuales problemas de socavación, los cuales afectarían la parte inferior e intermedia de la masa inestable.
- c) Incrementar la resistencia en la pata del deslizamiento de manera que se garantice a largo plazo la estabilidad de la parte intermedia.

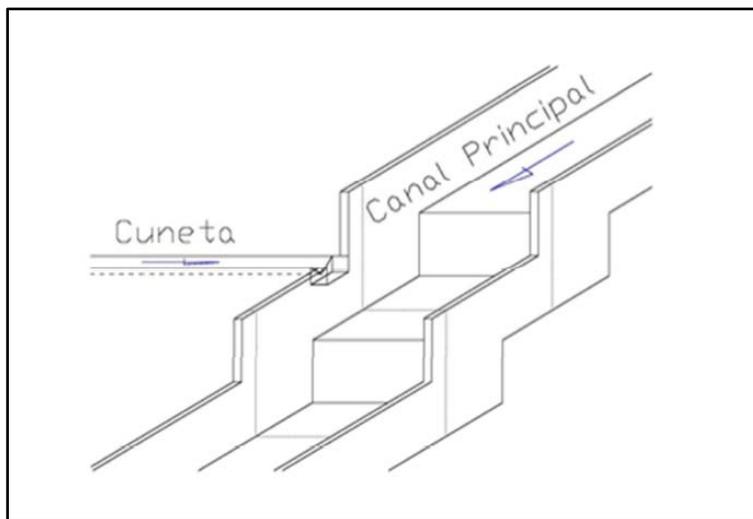
Debido al alto caudal esperado, las dimensiones de este canal serán de 2 m x 2 m construido en canastas de gaviones. Este canal, además se encargará de recibir el caudal recolectado por los canales escalonados. Este canal se diseña con una base de Colchon Reno, esta base de la estructura se utiliza para la protección de socavación, control de erosión y para la estabilidad de taludes. Se llena de rocas en el lugar del proyecto para formar estructuras monolíticas flexibles y permeables para promover el rápido crecimiento de la vegetación natural. Todas las propiedades físicas y mecánicas de los colchones Reno de MACCAFERRI cumplen o exceden los requisitos de la ASTM A975-97.



*Figura 10.7 Detalle Típico de Cuneta Trapezoidal.*



**Figura 10.8** Detalle Típico de Cuneta Trapezoidal.



**Figura 10.9** Detalle Típico Canales escalonados.

La funcionalidad de los canales dependerá en gran medida del mantenimiento. Se recomienda evitar la acumulación de sedimentos en estos canales debido a que reducirían su capacidad hidráulica y el funcionamiento no sería el esperado.

En la Figura 10.10 se presenta los resultados del análisis de estabilidad para el muro en gaviones.

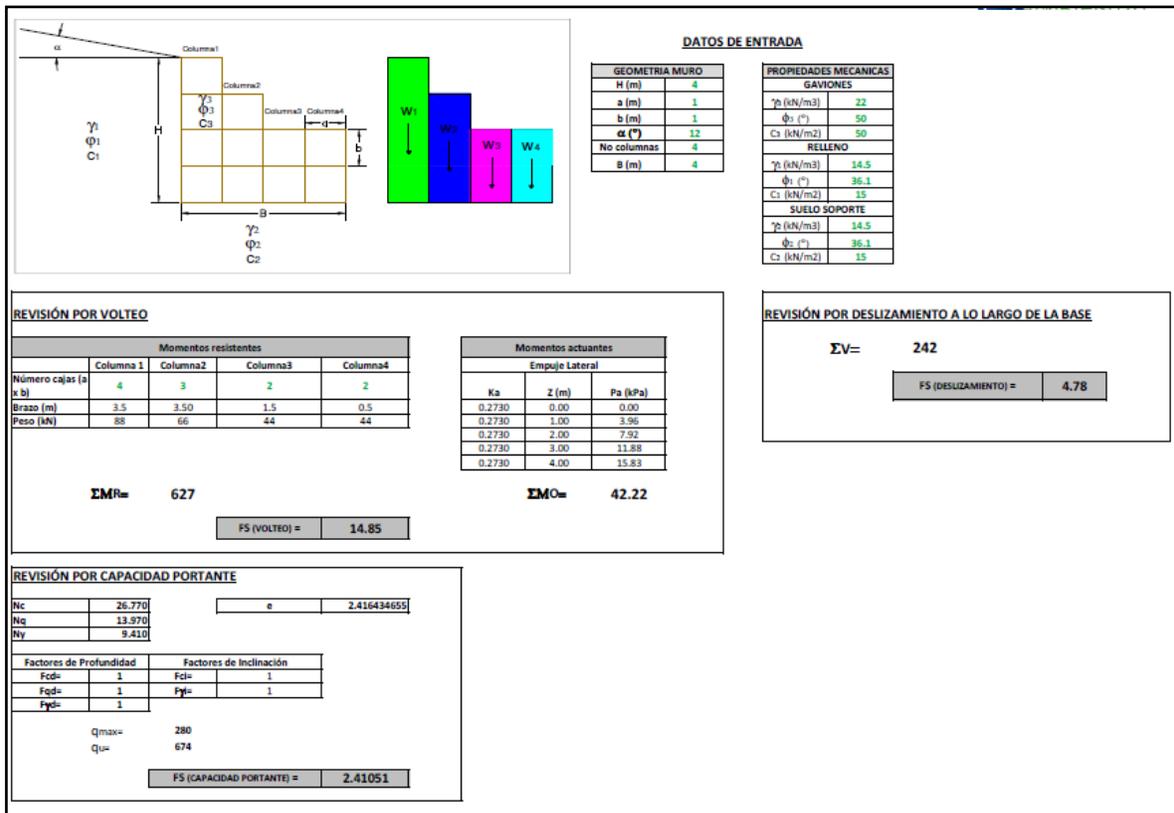


Figura 10.10 Resultados de análisis para el Muro en Gaviones.

## 10.4 OBRAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN

En esta sección se presentan los aspectos ambientales, principios y fundamentos básicos para el uso de la vegetación como elemento complementario en la solución de los problemas de inestabilidad del área y formular criterios generales para una adecuada selección de las especies vegetales.

### 10.4.1 La Vegetación como Elemento Estabilizador

Normalmente la vegetación es utilizada en las obras de ingeniería como reductor del impacto visual ocasionado por la intervención de las obras en el medio como elemento que contribuye al mejoramiento de la calidad paisajística del área.

Sin embargo, la vegetación puede jugar también un papel importante en el control de procesos erosivos y como elemento de proyección, protegiendo y sosteniendo el suelo en profundidad, aumentando la resistencia y la cohesión de los terrenos.

La vegetación, dependiendo de las características de sus raíces (profundidad, extensión, dimensiones, etc) cumple un papel importante en la estabilización de taludes y prevención de deslizamientos que se presentan cuando la cobertura vegetal del suelo es destruida o cuando la inestabilidad existente se acrecienta por cortes inadecuados o por la infiltración del agua, la cual puede ser controlada superficialmente.

#### **10.4.2 Efectos físicos de la vegetación**

Desde el punto de vista físico, el papel que cumple la vegetación y los árboles en particular se puede resumir en los siguientes aspectos:

- Contención física al actuar como “pilotes o anclas”, ya que trabajan en sentido vertical o inclinado estableciendo “tejido o amarre” y por lo tanto minimizando el efecto de “rodadero” en el cual una masa o capa superior se desliza sobre la otra inferior ayudada por la presencia de agua que actúa como lubricante.
- Disminuyendo la exposición de los suelos a los efectos provenientes del impacto vertical de la lluvia o por arrastre (escorrentía) del agua.
- “Impermeabilización” parcial de la superficie del terreno, desviando las corrientes o flujos de agua o disminuyendo significativamente la percolación.
- Regular la saturación en el suelo, en la medida en que esta estrategia se considera necesaria, por ejemplo en laderas inclinadas con riesgo de deslizamiento por carga hidrostática.

Por tanto, la importancia de la vegetación radica en la protección física que le otorga al suelo, por medio de la intercepción directa de la precipitación, o a través de la hojarasca, que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia y su rugosidad sobre la escorrentía superficial. En el mejoramiento de las características mecánicas del suelo, proporcionando mayor refuerzo a través del sistema radicular y modificando propiedades de los suelos como estructura y permeabilidad, entre otras.

#### **10.4.3 Selección de las Especies Vegetales**

- *El proceso de selección de especies vegetales:*

Para seleccionar las especies más idóneas a establecer en el área de estudio se consideraron una serie de criterios morfológicos y fisiológicos, los cuales se consignaron en una matriz de doble entrada.

Desde el punto de vista morfológico de las especies se analizan características como: sistema radicular, fuste, copa y follaje, y porte. Fisiológicamente se consideraron relevantes los siguientes aspectos: rusticidad, resistencia a podas, crecimiento y ciclo de vida.

Esto es, la vegetación seleccionada debe cumplir con ciertos atributos que permitan la protección de las laderas y taludes de los procesos erosivos, a través de la fijación del suelo,

aumento de la evapotranspiración e incrementar la retención y retardación del flujo superficial.

Para esto, es necesario que la cubierta vegetal posea características morfológicas y ecofisiológicas como:

- Follaje grande y fuerte
- Propagación sencilla y rápida
- Sistema radicular profundo
- Rápido crecimiento
- Resistencia contra la sedimentación
- Preferiblemente especies autóctonas
- Especies rústicas (pioneras, invasoras), poco exigentes a la calidad de sitio
- Que requieran mínimas labores de mantenimiento, como riego, aplicación de fertilizantes, limpieza, podas. etc.
- Resistencia a las plagas y enfermedades
- Resistencia al fuego y recuperación rápida después de los incendios
- Que sean poco palatables (apetecidas por el ganado)
- En algunos casos de acuerdo a las circunstancias, que ofrezcan alguna utilidad a las comunidades.

Aunque las plantas con medios de propagación vegetativa, como estolones, rizomas o brotes de raíz, son medios más vigorosos y rápidos en la colonización de nuevas zonas que las que se propagan por semillas, se reitera que la prioridad es estabilizar las laderas del área y para ello las especies con sistemas radicales profundos son las más indicadas.

Es importante precisar que la decisión final sobre las especies que deben plantarse y cultivarse como complemento a las obras de estabilización geotécnica será de responsabilidad del constructor de las obras, quien deberá escoger, dentro de las especies apropiadas, las que desde su punto de vista ingenieril, estético y ambiental representen mejor su concepción ambiental en cuanto a factores como porte, vistosidad, colorido, morfología, integración paisajística etc.

Las aguas superficiales y subsuperficiales del área se manejarán mediante la construcción de obras de drenaje, las cuales deberán mantenerse visibles pero protegidas con vegetación herbácea en sus alrededores para que proteja la estructura de los efectos de la lluvia y permita el libre tránsito del personal encargado del mantenimiento.

Inmediatamente después se recomienda plantar hileras de pasto vetiver a un intervalo vertical de 50 centímetros en línea paralela a la obra y posteriormente árboles o arbustos teniendo en cuenta el nivel de intrusividad de la raíz para que no ejerzan presión sobre la estructura de la obra.

#### **10.4.4 Estabilización del Sector con tratamientos de Bioingeniería.**

##### **10.4.4.1 Concepto de bioingeniería**

La bioingeniería es una rama de la ingeniería que aplica un conjunto de técnicas y métodos que tienen como objeto la reforestación de suelos degradados por procesos naturales o actividades humanas para integrarlos al paisaje y estabilizar los procesos gravitacionales.

El objetivo es complementar las obras de ingeniería geotécnica propuestas para el sector con técnicas de bioingeniería a fin de aumentar su vida útil y contribuir al control de las causas generadoras de deslizamientos.

La bioingeniería es una rama de la ingeniería que integra una serie de técnicas para el control de erosión, protección y estabilización de taludes y laderas mediante la construcción de estructuras, en las que se utiliza como elemento principal de estabilización la vegetación o combinada con estructuras inertes como muros de contención, gaviones, pantallas ancladas, geotextiles entre otros.

##### **10.4.4.2 Recubrimiento o empradización de los taludes**

Dadas las condiciones ambientales prevalentes en el área de influencia directa de la vía, para el recubrimiento y posterior empradización del talud se recomienda regar semillas de grama (*Paspalumsp*) y cubrir con mantos de control de erosión tipo agromanto y/o Landlok tipo S2, un tejido de fibras de fique y/o fique-coco, dispuestas entre una o dos mallas del mismo material natural o de polipropileno que garantizan la protección del suelo y el buen establecimiento de la vegetación.

##### **10.4.4.3 Empradización de las bermas**

Para la empradización de las bermas se recomienda proceder así: Limpiar y arreglar la superficie de la berma, dejándola libre de materiales sobrantes de construcción, adicionar una capa de tierra vegetal (capa orgánica resultante del descapote) de mínimo 5 centímetros de espesor y esparcir por toda la berma. Una vez conformado el suelo y con el fin de agilizar el cubrimiento de área a empradizar, el contratista de obra podrá colocar tapetes o cespedones de grama (*Paspalumsp*). La siembra deberá realizarse al inicio y durante el primer tercio de los períodos lluviosos del año (finales de abril -principios de mayo y finales de septiembre-principios de octubre).

##### **10.4.4.4 Empradización de las áreas aledañas al muro cantiléver con Pasto Vetiver**

Con el objeto de proteger, aumentar la vida útil y mantener visible el muro, se recomienda empradizar las zonas aledañas con pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) antes *vetiveriazizanioides*, una medida muy simple, práctica, económica, de bajo mantenimiento y muy efectiva para la conservación del suelo, el agua, control de la sedimentación y estabilización de los taludes inestables.

Para llevar a cabo esta práctica se recomienda cavar zanjas de aproximadamente 20 x 20 cm en sentido contrario a la pendiente del talud y sembrar espigas bien enraizadas en el centro de cada hilera a intervalos de 30cm, cubrir las raíces con 2 cm de suelo orgánico,

compactarlo firmemente y fertilizarlo con una fórmula NP con alto contenido de fósforo (generalmente DAP). Las cantidades de abono y fertilizante a aplicar en cada caso se determinan con los resultados de los análisis de suelo. El riego se recomienda realizarlo el mismo día de la siembra.

### **10.5 CANTIDADES DE OBRA**

A continuación se presenta un presupuesto preliminar para la construcción de las obras de estabilización y protección para el Sector. Sin embargo, vale la pena aclarar los siguientes aspectos:

1. Las cantidades de obra calculadas se hicieron con base en cubicaciones de acuerdo a las secciones de análisis. Por lo tanto, estas cantidades de obra corresponden a una aproximación de las cantidades reales que deberán ser estimadas de acuerdo a las condiciones presentes en el campo al momento de iniciar la obra.
2. Las cantidades correspondientes a rellenos y cortes se calcularon haciendo uso de la topografía entregada al inicio del proyecto. De haber cambios en la condición actual de la zona de estudio, se deberá recalcular las cantidades aquí presentadas.

En la Tabla 10.5 se presentan las cantidades de obra correspondientes a las obras generales.

*Tabla 10.5 Cantidades de Obra.*

<b>PRESUPUESTO DE OBRA PRELIMINAR</b>					
<b>PREDISEÑOS OBRAS MITIGACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS BARRIOS MONSERRATE Y CAFETERO DEL MUNICIPIO DE SEVILLA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA</b>					
<b>FECHA: ENERO DE 2012-</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
1	Movilización y demovilización	GL	1,00	\$ 10.000.000,00	\$ 10.000.000,00
2	Localización replanteo	m <sup>2</sup>	11266,00	\$ 1.690,00	\$ 19.039.540,00
3	Excavación a maquina sin retiro	m <sup>3</sup>	24493,00	\$ 2.610,00	\$ 63.926.730,00
4	Retiro material excavado a maquina	m <sup>3</sup>	24493,00	\$ 3.180,00	\$ 77.887.740,00
5	Relleno	m <sup>3</sup>	10481,00	\$ 9.930,00	\$ 104.076.330,00
6	Recebo compactado	m <sup>3</sup>	5872,00	\$ 74.040,00	\$ 434.762.880,00
7	Muro de contención	m <sup>3</sup>	676,00	\$ 448.110,00	\$ 302.922.360,00
8	Pilotes	m <sup>3</sup>	898,75	\$ 416.590,00	\$ 374.408.940,38
9	Canal tipo 1	ml	364,00	\$ 37.180,00	\$ 13.533.520,00
10	Canal tipo 2	ml	195,00	\$ 42.320,00	\$ 8.252.400,00
11	Canal tipo 3	ml	85,00	\$ 52.160,00	\$ 4.433.600,00
12	Canal en Gaviones	m <sup>3</sup>	1188,00	\$ 125.940,00	\$ 149.616.720,00
13	Colchon Reno - Macaferri	m <sup>3</sup>	528,00	\$ 125.940,00	\$ 66.496.320,00
14	Revegetalización	m <sup>2</sup>	7985,00	\$ 8.830,80	\$ 70.513.938,00
15	Geomanto Landlock	m <sup>2</sup>	905,00	\$ 10.394,40	\$ 9.406.932,00
16	Vegetalización Bermas	m <sup>2</sup>	892,00	\$ 8.830,80	\$ 7.877.073,60
17	Filtro Geodren (incluye excavación y relleno)	ml	88,00	\$ 51.760,00	\$ 4.554.880,00
18	Geotextil Tejido	m2	1348,25	\$ 3.770,00	\$ 5.082.902,50
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 1.726.792.806,48</b>
	ADMINISTRACIÓN			20%	\$ 345.358.561,30
	IMPREVISTOS			5%	\$ 86.339.640,32
	UTILIDAD			5%	\$ 86.339.640,32
	IVA SOBRE UTILIDAD			16%	\$ 13.814.342,45
	<b>TOTAL PRESUPUESTO PRELIMINAR</b>				<b>\$ 2.258.644.990,88</b>

NOTA: LAS ACTIVIDADES QUE CORRESPONDEN A LOS ITEMS 14, 15 Y 16, CONTIENEN UN PRECIO UNITARIO QUE NO HACE PARTE DE LA BASE DE DATOS DE LA GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA SUMINISTRADA POR LA UNIVERSIDAD DEL VALLE.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

En los barrios Monserrate y Cafetero se encuentran evidencias históricas que permiten determinar las condiciones de afectación generadas por complejos problemas de inestabilidad de suelos asociados a factores físicos, sociales y ambientales que en diferentes periodos han impactado con rigor los escenarios de vida de algunos de sus pobladores.

En la zona de estudio se han presentado 3 eventos principales por remoción en masa, (19 de noviembre de 1988, 2 de abril de 1994 y 19 de noviembre de 2010) los cuales aportan elementos importantes a tener en cuenta en los estudios de geotecnia y geofísica debido al progresivo avance de las tensiones presentes en la ladera que podrían impactar de manera directa a otras viviendas expuestas, las cuales se encuentran evacuadas por orden de la Administración Municipal como medida de precaución. Estos estudios son una fuente de información vital para la toma de decisiones que las autoridades del municipio deberán tomar en términos de gestión del riesgo en los barrios Monserrate y Cafetero.

Una premisa fundamental de los estudios de historicidad es que ninguna población está condenada a sufrir las consecuencias de fenómenos como los ocurridos en los barrios Monserrate y Cafetero cuando se tiene el registro de episodios pasados. Esto quiere decir que si existen registros que permiten evidenciar la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que impactaron en el pasado las laderas de la zona descrita resulta lógico pensar que estos fenómenos podrán ocurrir nuevamente, lo cual demanda la acción inmediata de la población y las autoridades que les representan para evitar afectaciones y pérdidas lamentables.

En cuanto a la Geología de la zona de estudio se puede concluir que, las rocas de la Formación Amaime presentan meteorización profunda e intenso fracturamiento debido a las condiciones geológicas y climáticas de la zona, situación que sumada a las características morfológicas y acción antrópica (falta de manejo de aguas servida y de escorrentía, agricultura en zonas de alta pendiente) ofrecen condiciones favorables para la ocurrencia de movimientos en masa.

La ladera tiene una predisposición natural a permitir el ingreso de agua y a retenerla en algunos de los estratos que la conforman, generando así sobrecarga y fluidificación. El efecto se manifiesta mediante el desplazamiento de la masa inestable a grandes distancias hasta alcanzar su ángulo de reposo.

Durante los meses de enero y febrero la distribución espacial de las lluvias aumenta en dirección Norte a Sur y varía entre 116 mm y 120 mm; en los meses de marzo, abril y mayo las lluvias aumentan de Oeste a Este y varían entre 187 mm y 265 mm. Para los meses de junio, julio y agosto la distribución espacial aumenta de Noroeste a Sureste con láminas entre 101 mm y 141 mm. Finalmente, para los meses de septiembre a diciembre las precipitaciones aumentan de Noroeste a Sur Este con variaciones de 170 mm y 266 mm.

La región presenta un comportamiento bimodal con dos periodos secos correspondientes a enero – febrero y julio – agosto y dos periodos húmedos, marzo – mayo y septiembre – diciembre, siendo agosto el mes más seco, mientras que los meses con más lluvias corresponden a abril y octubre.

Las precipitaciones máximas en 24 horas para periodos de retorno de 10, 30, y 50 años aumentan de Noroeste a Sureste con aproximadamente 103,5 mm, 126,5 mm, y 136,5 mm respectivamente. Las precipitaciones máximas en 48 horas para periodos de retorno de 10, 30, y 50 años aumentan de Suroeste a Noreste con aproximadamente 141 mm, 178 mm, y 194 mm, respectivamente. Las precipitaciones máximas en 72 horas para periodos de retorno de 10, 30, y 50 años aumentan de Oeste a Este con aproximadamente 171 mm, 203 mm, y 218 mm, respectivamente, sobre la zona de estudio.

En la zona de estudio se observaron eventos con alta intensidad de precipitación, que se corrobora con la curva IFD de la estación La Sirena para periodos de retorno de 10, 30 y 50 años; por lo que debido al deficiente drenaje de la zona se observan altos flujo de agua sin un adecuado manejo. Por tanto, se recomienda la implementación de superficies permeables que reduzcan los picos de los eventos lluviosos.

En general, en la zona de estudio se encuentran velocidades de infiltración básica lentas lo que aumenta la escorrentía superficial; sin embargo, en la zona del deslizamiento en el barrio Monserrate la infiltración es alta debido a la intervención por las obras realizadas. Mientras que el sistema de drenaje sub-superficial es deficiente por lo que afecta la estabilidad de las obras.

El uso del suelo predominante es agrícola con un 67,42 %, seguido por el uso residencial con un 21,06 %; los usos comerciales aparecen en menor porcentaje 3,03%, de igual forma que el uso mixto con 2,94 %.

De acuerdo al estudio de coberturas del suelo, el área levantada se encuentra cubierta principalmente por pastos, 32,19%, los cuales se localizan en su mayoría entre el barrio Monserrate y en el área próxima a la vía Sevilla – La Uribe, y el 21,84% por cultivos de plátano y café. Se observa una alta tasa de cambio de cobertura del suelo sin un control adecuado, lo que a futuro puede incrementar la inestabilidad del terreno y aumento de inundaciones en la parte baja o la escasez del recurso hídrico.

Acerca de las mediciones geofísicas y geotécnicas en el área de estudio se realizaron 11 líneas sísmicas para definir la profundidad de los estratos; de estas se utilizaron las líneas sísmica LS3, LS8, LS9 y LS10 dentro del área de deslizamiento en el barrio Monserrate. A partir del análisis de las líneas sísmicas se determinaron 3 estratos de profundidades variables con velocidades de ondas planas entre 0 y 180 m/s para el primero, entre 180 m/s y 350 m/s para el segundo y velocidades mayores a 350 m/s para el tercero. En cuanto a las

velocidades de corte, los estratos se caracterizan por velocidades entre 0 y 190 m/s para el primero, 190 m/s a 320 m/s para el segundo y mayores a 320 para el tercero.

Las profundidades de los 3 estratos fueron agrupadas a partir de las velocidades planas y de corte, obteniendo para el primero una profundidad promedio de 10 m, para el segundo una profundidad de 26 m y a una profundidad mayor a los 26 m se encuentra un estrato sano donde las velocidades de corte alcanzan hasta 1350 m/s.

Además, se realizaron 14 apiques con el fin de determinar las propiedades del suelo aflorante en el área de estudio. De los ensayos realizados a las muestras extraídas se obtuvieron materiales con bajas propiedades cohesivas y con pérdida del ángulo de fricción ante alteraciones del suelo producidas por el fenómeno de remoción en masa. La mayor parte del material aflorante en la zona se caracteriza por ser de fracción fina, arcillas de alta plasticidad.

El estudio de amenaza por remoción en masa se realizó considerando, por un lado, el análisis de estabilidad para 3 secciones definidas cubriendo el área del deslizamiento en el barrio Monserrate; por otro lado, la zonificación de amenaza en todo el área de estudio. En ambos casos, se consideraron 3 escenarios, el primero contempla la saturación total del terreno (condición actual); el segundo, un terreno parcialmente saturado adicionando un sismo con aceleración pico de 0,16 g y, para el último, el suelo se encuentra totalmente saturado con un sismo de igual aceleración (condición extrema).

En el análisis de estabilidad para los 3 escenarios se obtuvieron valores del factor de seguridad menores que 1,0. Se evidencia un gran espesor de la masa inestable (10 metros en promedio), motivo por el cual la solución de corrección y mitigación más adecuada corresponde a la implementación de pilotes que atraviesen la superficie de falla.

Mientras que, en la zonificación de amenaza, los escenarios evidencia una alta amenaza en la zona del deslizamiento; en el escenario más crítico (terreno saturado con sismo) para todo el área de estudio, el nivel de amenaza alta corresponde a 33,7%, medio al 7% y baja al 59%. Estos resultados indican que el área bajo estudio tiene fuertes condiciones de inestabilidad del terreno, caracterizado principalmente por las condiciones naturales del suelo, la pendiente de la ladera y el régimen de precipitación local que contribuye al aceleramiento del fenómeno, así como las diferentes actividades humanas que crean sobrecarga y el mal manejo de las aguas servidas.

En el área de estudio se presentan niveles de afectación diferenciados, donde los más altos corresponden a aquellas áreas contiguas a la zona de deslizamiento activo cuyas características propias del fenómeno y las condiciones de vulnerabilidad estructural y corporal las convierten en sectores de alto riesgo por fenómenos de remoción en masa; los daños esperados en este sector son máximos, es decir, posible pérdida de vidas y destrucción o total de las viviendas.

Lo anterior indica la existencia de zonas que pueden considerarse poco propicias para la localización de asentamientos humanos, al igual que se encuentran viviendas y grupos humanos muy expuestos frente a la presencia de fenómenos de remoción en masa activos, lo cual constituye posibles escenarios de desastre.

Es importante anotar que las zonas de afectación moderada y baja no están excluidas del ejercicio responsable de desarrollar procesos de gestión del riesgo, por el contrario dichos sectores del municipio pueden ser escenarios de atención temporal ante la presencia de un desastre, lo cual conlleva una responsabilidad igual o mayor a la que poseen quienes viven en lugares de mayor afectación.

La utilización de los diferentes mapas de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación que se presentan como producto fundamental del estudio se constituyen en una valiosa herramienta para la construcción de nuevos espacios de planificación y sostenibilidad en el municipio de Sevilla. Los procesos de gestión que se adelanten a partir de los resultados obtenidos, deberán estar orientados a la planificación rigurosa de los espacios de vida de las poblaciones y a desarrollar procesos de mitigación en aquellas zonas que lo ameriten; sin embargo, esto no quiere decir que el trabajo se oriente desde la lógica exclusiva de la administración o de las autoridades, en el proceso debe quedar inmersa la población en tanto pueda empoderarse para transformar el entorno a la luz de la gestión local del riesgo.

La gran cantidad de información recopilada sobre los elementos que pueden ser afectados por deslizamientos y los posibles daños provocados, así como su análisis y modelación sistemática, han sido los factores más importantes que han permitido el desarrollo pleno de la metodología planteada para la elaboración de los distintos escenarios de afectación con un sentido cuantitativo y cualitativo; sin embargo, y en cualquier caso, la estimación de las futuras consecuencias directas de los deslizamientos (destrucción de elementos materiales o pérdidas de vidas) presenta una serie de incertidumbres, las cuales se incrementan para el caso de las pérdidas indirectas (todas aquellas que se producen sobre actividades económicas, etc.), que en este estudio no se han tomado en cuenta, lo que requiere de una información y análisis adicional, pues las pérdidas derivadas de la interrupción en las actividades diarias no se restringen al área afectada por el evento, sino que pueden tener efectos a escala municipal.

Un aspecto de suma importancia que se presenta como aporte a los procesos de gestión local del riesgo, corresponde a la zonificación de escenarios de afectación diurno y nocturno, ello debe tenerse en cuenta para su incorporación en los planes, debido a que las afectaciones son diferentes en función de la cantidad de población que se encuentra en las viviendas y que las pérdidas calculables en este aspecto difieren de manera significativa.

## RECOMENDACIONES

### *Escenarios de afectación*

La importancia de conocer los escenarios de afectación o riesgo de un fenómeno en particular constituye uno de los mecanismos y herramientas de planificación más importantes de la Administración y los tomadores de decisiones, puesto que así se podría mitigar los efectos de la ocurrencia de un evento desastroso y evitar pérdidas humanas y materiales.

Con respecto a la evaluación de los elementos expuestos en el área de estudio se encontró que un número considerable de viviendas se encuentran en riesgo de afectación alta debido a su ubicación en una zona de amenaza alta y al mal estado estructural que presentan, que se caracterizan por la deficiencia de los materiales del que están construidas, los malos diseños en las cimentaciones, y a que su configuración no brindan la seguridad necesaria para resistir un evento de remoción en masa peligroso.

Los problemas por humedades son los más frecuentes en los predios analizados, lo cual afecta gravemente la integridad estructural de las viviendas al debilitar los elementos portantes. Se debe buscar la forma de crear barreras impermeables en el suelo y canalizaciones en los techos para evitar infiltraciones.

Posterior a las obras de estabilización de la ladera, las viviendas deberían cumplir con todos los requerimientos de la NSR-10 (Norma Sismoresistente -2010) una vez puedan ser rehabilitadas, y que todas estas actividades sean avaladas y supervisadas por un ingeniero civil o arquitecto.

La Institución Educativa “Liceo Mixto Sevilla” presenta fisuras y grietas en los muros en mampostería ubicados en los salones de la parte sur de las instalaciones, las cuales se deberían a sobreesfuerzos. Es por esto, que al tratarse de una estructura tipo III, de acuerdo con la definición de la norma NSR-10, se propone que se realice un análisis detallado de todo el complejo, revisando cálculos de diseño, planos constructivos y pruebas específicas.

Las manzanas que presentan mayor grado de posible afectación son las 267, 266, 264, 258, 385 y la 260. Estas manzanas deben ser priorizadas dentro de los programas de reubicación de viviendas debido a las condiciones estructurales de las mismas y a las características físicas del terreno sobre el que se asientan; involucra, además, no solo el cambio en el uso del suelo sino el monitoreo permanente de las autoridades para controlar la ocupación de nuevos asentamientos.

Se debe restringir la construcción de nuevas viviendas que se están llevando a cabo de manera ilegal en algunos predios correspondientes a la manzana 378 esto con el fin de

evitar que el impacto generado sobre el terreno continúe agravando las condiciones del mismo y se puedan prever eventos de movimientos en masa.

Lo anterior no significa que el control y monitoreo deba realizarse única y exclusivamente en las áreas de afectación alta, ya que los efectos de los movimientos en masa pueden extenderse a otras zonas de afectación media y baja en las cuales se deben considerar algunas restricciones en la densificación de viviendas y aparición de nuevas construcciones, número de pisos, obras para el adecuación y manejo de aguas. Estas recomendaciones deben aplicarse directamente en la totalidad de las manzanas del barrio Monserrate y en el barrio Cafetero en las manzanas 258 y 268, respectivamente.

En cuanto al manejo de aguas servidas en la zona, se debe introducir un sistema de acueducto y alcantarillado adecuado de manera que éstas sean canalizadas y eviten los procesos de erosión de la ladera que se están presentando actualmente, si estos continúan progresivamente puede acelerar las condiciones de inestabilidad y provocar procesos de remoción en masa que tornen peligrosos para la población.

Debido a las condiciones de inestabilidad que actualmente presenta la ladera, se recomienda que se evite el tráfico de vehículos pesados sobre las vías ubicadas en la parte alta del deslizamiento, lo mismo que cualquier otro tipo de actividades que genere vibraciones o sobrepeso en el terreno.

### ***Obras Correctivas***

Considerando los resultados del análisis de estabilidad, se realizó el prediseño de obras de mitigación del riesgo que incluyen muros de contención cimentados sobre pilotes, una red de drenaje para controlar las aguas subsuperficiales y superficiales, terraceo y obras de bioingeniería. De esta forma, se hizo un nuevo análisis de estabilidad obteniéndose valores del factor de seguridad mayores que 1.5, que corresponden a una pendiente segura en cuanto a posibles deslizamientos.

Debido a que los pilotes estarán sometidos a elevados esfuerzos cortantes, se recomienda que sean pre-excavados y fundidos en el sitio, penetrando el Basalto inalterado, al menos 4.0 metros. Por ningún motivo los pilotes podrán quedar embebidos en esta capa de basalto fracturado. El suelo sobre la cual van a quedar embebidos los pilotes, se caracteriza por su alta resistencia en condición natural; sin embargo, durante su exposición al medio ambiente sufre una pérdida importante de resistencia. Esto implica que no es recomendable dejar este suelo expuesto al ambiente durante largos periodos de tiempo, es decir, una vez realizada la perforación del pilote se deberá proceder a la fundida del mismo.

En general, si las paredes de la excavación son estables, no se recomienda el uso de bentonita, debido a que se debe restringir a sectores donde la alteración y fracturamiento del material no permitan la estabilidad de la excavación.

Es importante destacar que el material se encuentra en unas condiciones precarias de estabilidad, por lo que se recomienda que la construcción de los pilotes se haga con la mínima cantidad de agua, ya que grandes inyecciones de este fluido podrán generar problemas de inestabilidad hacia la parte inferior del talud. Este hecho se va a manifestar por un incremento de los flujos de agua que actualmente se desplazan por la ladera. Debido a lo anterior, la excavación del pilote se deberá realizar en seco y con balde rotatorio.

Dado que el material es muy permeable, es propenso a la infiltración de agua superficial, lo cual podrá generar problemas de inestabilidad para el material comprendido entre el muro en Cantiliver (pilotes de 17 metros) y el muro en gaviones ubicado en la parte inferior. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda la construcción de filtros temporales, para mantener estable la plataforma donde quedará ubicada la piloteadora.

Una vez construidos los pilotes se debe proceder a la construcción de la viga de amarre, la cual se deberá realizar en el menor tiempo posible, debido a que los pilotes están diseñados para trabajar en grupo. La demora en esta actividad puede generar que durante una lluvia fuerte un pilote se vea sometido a cargas excesivas produciéndose el cabeceo del mismo. En general, una vez construidos las hileras de cuatro pilotes, se deberá proceder a construir la zarpa.

El sistema de drenajes y subdrenajes es fundamental para el adecuado manejo tanto de las aguas superficiales como subterráneas. Debido a que estas obras se pueden colmatar fácilmente con la disposición de basuras por parte de los moradores del sector, se hace necesario realizar un mantenimiento periódico de las mismas.

Los geomantos son necesarios para eliminar eventuales procesos erosivos que afecten la estabilidad de los taludes. Adicionalmente, estos deberán proteger las semillas propuestas de especies nativas. Debido a los fuertes periodos de sequía que afectan periódicamente a la vía, es necesario realizar un riego permanente de los taludes, con el fin de evitar la resequedad de las plántulas. Es importante recordar que el talud es necesario protegerlo de la erosión eólica y pluvial, es por esto que el talud deberá permanecer protegido con especies nativas de la región.

Remover todo el material de relleno de escombros y basuras detectados durante la fase de reconformación de los taludes. Esto es de suma importancia, ya que este material se puede convertir en una superficie potencial de debilidad, y por tanto eventuales deslizamientos se podrán presentar a través de ellos.

En el evento de utilizar bentonita se recomienda aprovecharla para impermeabilizar los canales temporales que se están construyendo actualmente. En el evento de sobrar este material, se puede utilizar para la protección de los taludes finales que se vayan obteniendo durante el terraceo.

Las obras diseñadas en el presente informe deben construirse en un tiempo de 6 meses. Pasado este tiempo es necesario hacer una revisión de la totalidad de los diseños y las

nuevas condiciones de inestabilidad de la ladera. Esta actualización dependerá básicamente de los cambios altimétricos y planimétricos que haya sufrido el terreno hasta ese momento debido a la actividad del deslizamiento.

Para garantizar el adecuado comportamiento de las obras que se proponen, estas deben construirse simultáneamente en su totalidad, debido a que estas actúan de manera integral. El hecho de dejar estructuras a medias, incompletas o no construidas, podrá afectar la estabilidad general de la ladera y las obras propuestas en el presente estudio.

Cabe mencionar, que en la medida que se tarde el inicio de las obras, los costos tendrán que ser actualizados de acuerdo al Decreto No. 0533 del 20 de junio de 2011 de la Gobernación del Valle del Cauca, que establece el Listado de Precios Unitarios Oficiales de referencia para la contratación de obras de infraestructura en la modalidad de menor cuantía del Departamento del Valle del Cauca, o en su defecto el Decreto que establezcan para el mismo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFIA

### Historicidad

Alcaldía del Municipio de Sevilla. Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT). Diagnostico: Componente Biofísico. Áreas Expuestas a Amenazas y Riesgo. 76-102 p. Sevilla 2001

AVENDAÑO, Carlos Ing. Informe Visita Técnica. Deslizamiento barrios Monserrate y Cafetero Municipio de Sevilla Departamento del Valle del Cauca. Cali, noviembre 23 de 2010.

Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFÉ. Visita: Diagnostico y control sobre deslizamientos en los Barrios Monserrate y Cafetero. Chinchina Caldas: CENICAFÉ, octubre 26 de 1999.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Geólogo Millán, Rodríguez. Harbey Informe Técnico SAG-1-007-2000. Inestabilidad del terreno de los barrios Monserrate y Cafetero, Municipio de Sevilla. Cali: CVC, enero 19 de 2000.

\_\_\_\_\_.Informe Preliminar 0660-86854-2010, Deslizamientos y afectación de viviendas en el barrio Monserrate, municipio de Sevilla. Cali: CVC, noviembre 19 de 2010.

\_\_\_\_\_.Informe 0660-90409-2010. Deslizamientos y destrucción de viviendas en el barrio Monserrate, municipio de Sevilla. Cali: CVC, diciembre 1 de 2010.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Informe Final. Diseños de Obras de Estabilización Q. Agua Sucia, Barrio Monserrate Municipio de Sevilla. Orden de trabajo No 1218 DE 2005. Cali: CVC diciembre de 2005.

Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Informe de Propuesta. Intervención social mediante el empleo de la bioingeniería en la restauración de procesos erosivos severos en los barrios Monserrate y Cafetero del municipio de Sevilla, Valle del Cauca. Cali: CIPAV agosto de 2003.

Instituto Nacional de Geología INGEOMINAS Ing. Geóloga Duque Duque, Teresa. Informe de Visita, Unidad Operativa: Duque, Bogotá: INGEOMINAS marzo de 1996.

Instituto Nacional de Geología INGEOMINAS Catalogo Nacional de Movimientos en Masa. Bogotá: INGEOMINAS, 2001.371 P.

Ingenieros Consultores INGTEC LTDA .Informe de Visita Técnica. Asesoría Geotécnica - Problema de inestabilidad de ladera del barrio Monserrate, Municipio de Sevilla. Duitama: INGTEC LTDA julio 25 de 2010.

### ***Fuentes Hemerográficas***

Diario EL Tiempo. Archivo histórico de noticias digitales periodo 1990-2011 [En línea] [www.eltiempo.com](http://www.eltiempo.com). Consultado en septiembre de 2011.

Diario El País archivo histórico de noticias digitales periodo 2005-2011. [En línea] [www.elpais.com.co](http://www.elpais.com.co). Consultado en septiembre 2011.

Sistema de Inventario de Efectos de Desastres DESINVENTAR ONLINE. Periodo 1971-2011. [En línea] <http://online.desinventar.org>. Consultado en septiembre 2011.

### **Geología**

ESPINOSA BAQUERO, Armando. Sur les roches basiques et ultrabasiqes du bassin du Patia (Cordillère Orientale des Andes comombiennes): Etude Géologique et Pétrographique. Genève : l'Université de Genève, 1970.

Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS. Mc Court, W, Mosquera, D, Nivia, A, & Nuñez A. Mapa geológico preliminar, Plancha 243 –Armenia. Cali, 1985.

\_\_\_\_\_. Informe de visita técnica a Sevilla, Valle del Cauca, 1993.

\_\_\_\_\_. Informe de visita técnica realizado al barrio Monserrate del municipio de Sevilla, departamento del Valle del Cauca. Santa Fe de Bogotá, 1998.

### **Hidrología**

Centro Nacional de Investigaciones de Café- CENICAFE, 2009. Base de datos estaciones. [www.cenicafe.org/modules.php?name=Estado\\_del\\_tiempo\\_en\\_la\\_Zona\\_Cafetera&lite=0](http://www.cenicafe.org/modules.php?name=Estado_del_tiempo_en_la_Zona_Cafetera&lite=0)

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC Y Universidad del Valle. Contrato Interadministrativo 188-2008. Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión. Cali : OSSO-Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente Colombiano, 2010.

Corporación Autónoma Regional del Valle Del Cauca –CVC, 2001. Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica.

\_\_\_\_\_, 2007, Base de datos estaciones, Boletín Hidroclimatológico.

CUSTODIO E. & LLAMAS M. R., 2001. Hidrología Superficial, Tomo I. ISSN 84-282-0281 – 8.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia- IDEAM. 2009. Base de datos estaciones hidrometeorológicas. <http://intranet.ideam.gov.co/vinfmteteo/Mventaig.asp>.

LOBO. L. D. 2004. Guía Metodológica para la Delimitación del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas Secas de América Latina y el Caribe. Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y El Caribe – CAZALAC – UNESCO PHI – Gobierno de Flandes. Disponible: [http://www.cazalac.org/mapa\\_alc\\_guia.php](http://www.cazalac.org/mapa_alc_guia.php). Visitado en: septiembre de 2011.

### **Amenaza**

RANDALL W. Jibson, A Method for Producing Digital Probabilistic Seismic Landslide Hazard Maps: An Example from the Los Angeles, California Area. Open File Report 98-113, USGS

REDPATH, Bruce B. Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California. AD-768 710. May 1973.

Resolución 227 del 13 de Julio de 2006 de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias.

### **Vulnerabilidad**

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2005), Manual de evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de bahareque tradicional. AIS. Bogotá D.C.

ALARCÓN Guzmán, Adolfo. (2006) “Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa”, En: Revista Internacional de Desastres Naturales; vol. 6, No 2.

ALCÁNTARA, Irasema & BORJA, Roberto; (2003) “Procesos de Remoción En Masa y Riesgos Asociado asociados en Zacapoaxtla, Puebla.” Universidad Autónoma de México. México D.F.

BARRENECHEA, Julieta. GENTILE, Elvira. GONZÁLEZ, Silvia & NATENZÓN, Claudia. (2000) “Una Propuesta Metodológica para el Estudio de la Vulnerabilidad Social

en el Marco de la Teoría Social del Riesgo”. Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto de Geografía. Argentina.

BOSQUE, Joaquín. LOECHES, Miguel. MÁLPICA, José. PÉREZ, Esther. TEMIÑO, Javier & ZARCO Ismael. (2003) “Un Procedimiento para elaborar Mapas de Riesgos Naturales Aplicado a Honduras.” Universidad de Alcalá. Madrid, España.

BRICEÑO, César Augusto, (2000) “Calidad y Equidad de la Educación”. Encuentro de Directivos y Altos Funcionarios de los Ministerios de Educación de los Países Iberoamericanos. Antigua, Guatemala.

BUCH, Mario & TURCIOS Marvin, (2003) “Vulnerabilidad Socioambiental: Aplicaciones para Guatemala”. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Guatemala.

Cámara Industrial de la Cerámica Roja, CICER. (2002). Ficha técnica No 3: Patologías en mampostería de cerámica roja.

CALVO GARCIA-TORNEL. (1982) "El riesgo, un intento de valoración geográfica". Murgetana, LXII; 91-128.

\_\_\_\_\_ (1984) "La geografía de los riesgos". Geocrítica. 54,7-39

CARDONA, O.D. (2001). “Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos” Universidad Poli-técnica de Cataluña, Barcelona. [En línea]. <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>

CARDONA, O & HURTADO, J. (2000). “Modelación Numérica para la Estimación Holística del Riesgo Sísmico Urbano Considerando Variables y Técnicas Sociales y Económicas”. En: Métodos Numéricos en Ciencias Sociales (MENCIS 2000). Oñate, et al (Eds.). Universidad Politécnica de Cataluña. España.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Banco Interamericano de Desarrollo - BID. (2000) “La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres: un tema de desarrollo”, 63 p.

Contraloría General de La República, (2004) “Coincidencias y Diferencias en la Estimación de la Pobreza”. Colombia.

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE. (2002) “Apoyo Local para el Análisis y Manejo de los Riesgos Naturales en el Ámbito Municipal de Nicaragua”. Managua. 46 p.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE. (2008). “Manual de Recolección y Conceptos Básicos Encuesta Nacional de Calidad de Vida ECV 2008”.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Dirección de Metodología y producción estadística. Colombia

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias - DPAAE. (2000) “Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C”. Colombia.

ETXEBERRÍA, Paulo; EDESO, José Miguel & BRAZAOLA, Adolfo. (2005) “Propuesta de una Metodología para Elaborar Mapas de Peligros Naturales en Guipúzcoa Utilizando SIG”. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera y de Obras Públicas. España.

INGEOMINAS. (2000) “Informe Técnico sobre Fenómenos de Remoción en Masa que Afectan el Municipio de Herran, Departamento del Norte de Santander”. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero, Ambiental y Nuclear. Subdirección de Amenazas Geoambientales. Bogotá D.C

LAVELL, A. “Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos”. [En línea]. <<http://desenredando.org>>.

LONDOÑO, Juan Pablo. (2007) “Evaluación Holística de Riesgos Frente a Movimientos en Masa en áreas Urbanas Andinas. Una Propuesta Metodológica.” Universidad Politécnica de Cataluña. España.

Norma Sismo-Resistente de 2010 (NSR-10), Bogotá D.C.

NÚÑEZ, Segundo & VILLACORTA, Sandra, 2002. “Susceptibilidad a los Movimientos en Masa en la Cuenca Chancay y Lambayeque”. Sociedad Geológica del Perú. Lima-Perú.

Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo – PNUD. (2003) “Reducción del Riesgo de desastres: Un Reto para el Desarrollo”. Estados Unidos. 193 p.

\_\_\_\_\_. (2001) “Informe sobre Desarrollo Humano, El Salvador”. El Salvador.

Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres - SINAPRED. (2005) “Reporte sobre las Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos ante Inundaciones, Deslizamientos, Actividad Volcánica y Sismos”. Nicaragua.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO & Programa de Acción Regional para Centro América- RAPCA. (1999). “Aplicación de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos para el Análisis de Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgo”. [en línea]. <<http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/start.html>>.

VELÁSQUEZ, A & ROSALES, C. (1999). “Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar”. OSSO – ITDG – LA RED.

WHITE, G. (1975) "La investigación de los riesgos naturales". En Chorley, R. (ed.) Nuevas tendencias en Geografía; p 281-319

WHITE, G. & HASS, E. (1975). "Evaluación de investigaciones sobre Amenazas Naturales". Universidad de Cambridge. Inglaterra.

WILCHES, Chauz G. (1989). "La Vulnerabilidad Global".

\_\_\_\_\_. (1989): "Desastres, Ecologismo y Formación Profesional". SENA, Popayán, Colombia.