



**CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE  
188 DE 2008**

**PROYECTO M I D A S**

**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**

**INFORME GENERAL SOBRE  
MAPAS TEMÁTICOS  
MUNICIPIO DE BUGA**

**SUPERVISIÓN A CARGO DE  
HIDRO-OCCIDENTE**

**Santiago de Cali, Julio de 2009**

**Este informe en su versión inicial fue presentado en Julio de 2009 y después de un proceso de revisión y corrección, se obtuvo esta versión final que fue terminada en el mes de Junio del año 2010.**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>PERSONAL PARTICIPANTE</b>	<b>15</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>18</b>
<b>1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>18</b>
<b>1.2. ASPECTOS HISTÓRICOS</b>	<b>19</b>
<b>1.3. MARCO CLIMÁTICO</b>	<b>20</b>
<b>1.4. AMENAZAS</b>	<b>20</b>
14.1. Inundaciones	20
14.2. Avenidas Torrenciales	21
<b>1.5. DEFINICIÓN DE LÍMITES DE ZONA URBANA Y DE EXPANSIÓN</b>	<b>22</b>
<b>2. HISTORICIDAD</b>	<b>25</b>
<b>2.1. BUSQUEDA DOCUMENTAL Y NOTICIAS DE EVENTOS</b>	<b>25</b>
2.1.2. Informes del CLOPAD	28
2.1.3. Informes técnicos	29
<b>3. TOPOGRAFÍA</b>	<b>41</b>
<b>3.1. PUNTOS DE CONTROL TOPOGRÁFICO</b>	<b>41</b>
<b>3.2. LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TRANSVERSALES</b>	<b>45</b>
3.2.1. Toma de datos de Sección	46
<b>3.3. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS</b>	<b>48</b>
<b>4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>50</b>
<b>4.1. RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA</b>	<b>50</b>
<b>4.2. ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y GEOGRÁFICA</b>	<b>70</b>
<b>4.3. GENERACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA</b>	<b>70</b>
4.3.1. Mapa básico	70
4.3.2. Mapa Geológico	72
4.3.3. Mapa Geomorfológico y Morfodinámico	72
4.3.4. Mapa de Unidades Superficiales	73
4.3.5. Mapa de Uso de Suelo Urbano	73
4.3.6. Mapa de Isoyetas Mensuales Multianuales y Mapa de Precipitaciones Máximas con periodos de 24, 48 y 72 horas	73
4.3.7. Mapa de Zonas con mayor frecuencia de Inundaciones y Deslizamientos	74
<b>5. GEOLOGÍA</b>	<b>76</b>
<b>5.1. OBJETIVO</b>	<b>76</b>

<b>5.2. ALCANCE</b>	<b>76</b>
<b>5.3. METODOLOGÍA</b>	<b>76</b>
<b>5.4. TRABAJOS ANTERIORES</b>	<b>77</b>
5.4.1. Síntesis de los estudios anteriores y algunas de sus recomendaciones.	77
5.4.2. Conclusiones y comentarios	83
<b>5.5. GEOLOGÍA REGIONAL</b>	<b>84</b>
<b>5.6. GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE BUGA</b>	<b>89</b>
5.6.1. Formación La Paila (Tpm).	91
5.6.1.1. Remanentes de Depósitos Cuaternarios Antiguos.	93
5.6.1.1.1. Depósito Cuaternario Colgado ( <i>Qal1</i> )	93
5.6.1.1.2. Depósito Aluvial Deformado ( <i>Qal3</i> ).	93
5.6.1.1.3. Depósito Torrencial De Gravas ( <i>Qal2</i> ).	94
5.6.1.1.5. Abanico Aluviales Antiguos ( <i>Qcal</i> ).	95
5.6.2. Abanico de Buga (Qca).	95
5.6.3. Cenizas volcánicas (Qcv)	96
5.6.3.1. Geología estructural	96
5.6.3.1.1. Falla de Guacarí.	97
5.6.3.1.2. Falla de Alto Bonito.	97
5.6.3.1.3. Retro-cabalgamiento de la Loma de la Cruz.	97
<b>5.7. MAPA DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES</b>	<b>100</b>
<b>5.8. MAPA GEOMORFOLOGÍCO</b>	<b>102</b>
<b>6. GEOFÍSICA</b>	<b>115</b>
<b>6.1. OBJETO</b>	<b>115</b>
<b>6.2. LOCALIZACIÓN</b>	<b>115</b>
<b>6.3. METODOLOGÍA</b>	<b>115</b>
<b>6.4. GEOFÍSICA</b>	<b>116</b>
6.4.1. Equipos	117
6.4.2. Método Exploratorio	118
6.4.3. Interpretación Geofísica	120
<b>7. HIDROLOGÍA</b>	<b>122</b>
<b>7.1. REVISIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>122</b>
7.1.1. Información hidrológica recopilada	122
<b>7.2. CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS</b>	<b>122</b>
7.2.1. Conformación de la base de datos hidrometeorológica	122
7.2.2. Verificación de la calidad de la información	125
<b>7.3. MEDICIONES Y DETERMINACIONES DE CAMPO</b>	<b>127</b>
7.3.1. Visita 1; Reconocimiento de la zona de estudio	127
7.3.2. Visita 2; Reconocimiento del uso del suelo	129
7.3.3. Aforos Municipio de Buga	130
7.3.4. Evaluación de la infiltración y perfiles del suelo	132
7.3.5. Uso actual del suelo	140
7.3.5.1. Levantamiento complementario de cobertura de suelo	144

7.3.6. Uso potencial del suelo	149
7.3.7. Conflictos de uso del suelo	157
<b>7.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN</b>	<b>162</b>
7.4.1. Análisis espacial de la precipitación	162
7.4.2. Análisis temporal de la precipitación	166
7.4.2.1. Régimen de humedad	166
7.4.2.2. Curvas de variación estacional	167
7.4.2.3. Precipitaciones máximas	168
7.4.2.4. Análisis de intensidad-frecuencia-duración	172
7.4.2.5. Distribución temporal de las lluvias máximas	174
<b>7.5. ANÁLISIS DEL ESCURRIMIENTO</b>	<b>177</b>
7.5.1. Caudales máximos método de Gumbel Estación El Vergel	179
7.5.2. Modelación hidrológica	179
<b>8. HIDRÁULICA</b>	<b>184</b>
<b>8.1. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SEDIMENTOLÓGICA</b>	<b>184</b>
<b>8.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>185</b>
8.2.1. Información disponible	185
8.2.1.1. Información recopilada acerca de caracterización del los cauces de la zona de estudio del municipio de Buga	185
8.2.2. Investigación de campo	186
8.2.2.1. Cauces a modelar y monitorear en el estudio	186
8.2.2.1.1. Principales derivaciones del río Guadalajara	187
8.2.2.2. Diseño del programa de campo	191
8.2.2.2.1. Delimitación de la zona de estudio	191
8.2.2.2.2. Requerimientos topobatimétricos	193
8.2.2.2.3. Requerimientos Hidrológicos	207
8.2.2.2.4. Requerimientos de granulometría del material del lecho	207
8.2.2.3. Muestreo sedimentológico	209
<b>8.3. CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA E HIDRÁULICA</b>	<b>210</b>
8.3.1. Caracterización sedimentológica	210
8.3.1.1. Recopilación de información sedimentológica	210
8.3.1.2. Descripción del método de muestreo	217
8.3.1.4. Diámetros característicos del material del lecho del río Guadalajara	218
8.3.2. Caracterización hidráulica	219
8.3.2.1. Características generales del río Guadalajara	219
8.3.2.2. Caudales característicos del río Guadalajara	220
8.3.2.3. Estimación de caudales máximos o de crecientes	223
8.3.1.2. Curvas de duración de caudales	225
8.3.1.3. Características hidráulicas y geométricas	227
8.3.1.4. Secciones transversales del río Guadalajara	230
8.3.1.5. Perfiles longitudinales del río Guadalajara	231
8.3.1.6. Pendiente promedio del río Guadalajara	233
8.3.1.7. Rugosidad	235
<b>9. GEOTECNIA</b>	<b>239</b>
<b>9.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO</b>	<b>239</b>

<b>9.2. ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	<b>244</b>
9.2.1. Ensayos de clasificación	244
<b>9.3. ENSAYOS DE RESISTENCIA</b>	<b>247</b>
9.3.1. Ensayos Triaxiales consolidados no drenados (CU)	247
9.3.2. Ensayos de Corte Directo	249
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>253</b>
<b>10.1. CONCLUSIONES</b>	<b>253</b>
<b>10.2. RECOMENDACIONES</b>	<b>254</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>256</b>
<b>11.1. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA</b>	<b>258</b>
<b>12. ANEXOS</b>	<b>260</b>
<b>Anexo 2.1: Historicidad - Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) del Municipio de Guadalajara de Buga</b>	<b>261</b>
<b>Anexo 3.1: Topografía y cartografía - Certificación del IGAC sobre punto de control del vértice MAGNA GPS D-V-18</b>	<b>268</b>
<b>Anexo 3.2: Fichas de los equipos utilizados</b>	<b>270</b>
<b>Anexo 3.3: Topografía y batimetría - Fichas de los puntos de coordenada del levantamiento de secciones batimétricas</b>	<b>273</b>
<b>Anexo 4.1: Sistemas de información geográfica - SIG - Propuesta de Estructuración</b>	<b>285</b>
<b>Anexo 4.2: Sistemas de información geográfica – SIG – Propuesta de Adiciones a la Estructuración propuesta por CVC</b>	<b>303</b>
<b>Anexo 7.1: Hidrología – Isoyetas Mensuales Multianuales</b>	<b>310</b>
<b>Anexo 8.1: Hidráulica - Secciones transversales del Río Guadalajara realizadas por estudios elaborados por el PMC, 2003</b>	<b>324</b>
<b>Anexo 8.2: Hidráulica - Ubicación de los tramos correspondientes a las secciones transversales realizadas por CVC en 1997</b>	<b>346</b>
<b>Anexo 8.3: Hidráulica - Secciones transversales de Rio Guadalajara realizadas en 1997 por la CVC</b>	<b>348</b>
<b>Anexo 8.4: Hidráulica - Aforos líquidos en el municipio de Buga</b>	<b>381</b>
<b>Anexo 8.5: Hidráulica - Metodología utilizada para determinar los mapas de amenaza</b>	<b>394</b>
<b>Anexo 9.1: Geotecnia – Registro de exploración del subsuelo (apiques)</b>	<b>401</b>
<b>Anexo 9.2: Geotecnia - Ensayos de laboratorio</b>	<b>408</b>

## CONTENIDO TABLAS

<b>Tabla 3.1.</b> <i>Coordenadas Geográficas WGS 1984 y desviación típica de los puntos</i>	44
<b>Tabla 3.2.</b> <i>Elipses de error de los puntos ajustados</i>	45
<b>Tabla 3.3.</b> <i>Cuerpos de agua con secciones transversales</i>	48
<b>Tabla 4.1.</b> <i>Información Cartográfica del POT.</i>	51
<b>Tabla 4.2.</b> <i>Información Cartográfica Básica CVC de la Cuenca Guadalajara.</i>	55
<b>Tabla 4.3.</b> <i>Información Cartográfica Temática CVC de la Cuenca Guadalajara.</i>	56
<b>Tabla 4.4.</b> <i>Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000.</i>	58
<b>Tabla 4.5.</b> <i>Información Cartográfica Básica IGAC 1:2000.</i>	68
<b>Tabla 4.5.</b> <i>Información Cartográfica Básica IGAC 1:2000 (Continuación).</i>	69
<b>Tabla 5.1.</b> <i>Sitios con remoción en masa y erosión.</i>	113
<b>Tabla 7.1.</b> <i>Estaciones seleccionadas para el análisis de precipitaciones que cumplieron los criterios definidos de selección.</i>	124
<b>Tabla 7.2.</b> <i>Porcentaje de Datos Faltantes de las Estaciones (Base Diaria)</i>	125
<b>Tabla 7.3.</b> <i>Resultados análisis de datos extremos.</i>	127
<b>Tabla 7.4.</b> <i>Resultados de los aforos realizados en la salida técnica al municipio de Buga</i>	132
<b>Tabla 7.5.</b> <i>Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990)</i>	132
<b>Tabla 7.6.</b> <i>Rango y calificación general de la velocidad de infiltración.</i>	132
<b>Tabla 7.8.</b> <i>Infiltración Municipio de Buga</i>	138
<b>Tabla 7.9.</b> <i>Calificación del terreno según los datos obtenidos de infiltración</i>	139
<b>Tabla 7.10.</b> <i>Categorías de Uso del suelo</i>	144
<b>Tabla 7.11.</b> <i>Resultados del análisis de precipitaciones máximas estación La Primavera</i>	169
<b>Tabla 7.12.</b> <i>Distribución temporal de las lluvias máximas estación La Magdalena; Periodo 1969- 2006.</i>	175
<b>Tabla 7.13.</b> <i>Distribución temporal de las lluvias máximas estación Acueducto Buga; Periodo 1978-2008.</i>	177
<b>Tabla 7.14.</b> <i>Caudales Máximos para periodos de retorno 10, 30 y 100 años en la estación El Vergel</i>	179
<b>Tabla 8.1.</b> <i>Resumen de los cauces, ubicación de las fronteras, longitudes totales y programa de mediciones topobatemétricas (cauces y secciones transversales a levantar) en el municipio de Buga</i>	204
<b>Tabla 8.2.</b> <i>Muestreo del material del lecho a realizar en los cauces del municipio de Buga</i>	208
<b>Tabla 8.3.</b> <i>Ubicación de las muestras del lecho del río Guadalajara tomadas por el PMC (2002)</i>	211
<b>Tabla 8.4.</b> <i>Composición porcentual del material del lecho del río Guadalajara (Tomada De estudios realizados por el PMC, 2003)</i>	212
<b>Tabla 8.5.</b> <i>Diámetros característicos promedios del material de fondo en el río Guadalajara</i>	213
<b>Tabla 8.6.</b> <i>Diámetros medios del material de fondo en el río Guadalajara</i>	213
<b>Tabla 8.7.</b> <i>Curva granulométrica estación El Vergel – río Guadalajara</i>	213
<b>Tabla 8.8.</b> <i>Granulometría material de fondo río Guadalajara – Estación La María</i>	215
<b>Tabla 8.9.</b> <i>Diámetros característicos del lecho del Río Guadalajara</i>	218
<b>Tabla 8.10.</b> <i>Caudales característicos del río Guadalajara en la estación El Vergel (1972- 2008)</i>	221
<b>Tabla 8.11.</b> <i>Propiedades hidráulicas y geométricas en el río Guadalajara Estación: El Vergel</i>	228
<b>Tabla 8.12.</b> <i>Rugosidad de Manning, coeficiente de Chezy y coeficiente de fricción de Darcy – Weisbach para diferentes valores de caudales en el río Guadalajara (estación El Vergel)</i>	237
<b>Tabla 9.6.</b> <i>Características de los apiques y sondeos mecánicos realizados.</i>	241
<b>Tabla 9.2</b> <i>Resultado de ensayo de clasificación.</i>	245
<b>Tabla 9.3.</b> <i>Resultados de ensayos triaxiales.</i>	249
<b>Tabla 9.4.</b> <i>Resultados de ensayos de corte directo.</i>	251

## CONTENIDO FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> <i>Ubicación geográfica del Municipio de Buga.</i>	18
<b>Figura 1.2</b> <i>Perímetros de la zona urbana y de expansión del municipio de Buga, definidos en conjunto con la Oficina de Planeación Municipal.</i>	23

Figura 2.1 Mapa de Historicidad de eventos	39
Figura 3.1 Materialización de puntos con placa en concreto.	42
Figura 3.2 Diseño geométrico de la red.	43
Figura 3.2 Diseño geométrico de la red.	43
Figura 3.3 Despliegue gráfico del resultado de procesamiento de la red.	44
Figura 3.4 Construcción de secciones batimétricas.	45
Figura 3.5. Ejemplo de poligonal geoméricamente cerrada en proyectos lineales.	46
Figura 3.6. Ejemplo de sección típica del río Guadalajara.	47
Figura 3.7. Zonas con densificación de puntos topográficos.	48
Figura 4.1 Flujo de procesos y productos cartográficos del proyecto.	71
Figura 5.1 Mapa Geológico Generalizado de la Cordillera Central al Norte del departamento del Valle del Cauca.	85
Figura 5.2 Mapa Geológico integrado del municipio de Buga.	90
Figura 5.3 Pendientes en el municipio de Buga y alrededores.	99
Figura 5.4 Mapa de Unidades geológicas superficiales.	101
Figura 5.5 Mapa Geomorfológico de Buga.	103
Figura 6.1 Mapa de ubicación de líneas sísmicas	116
Figura 6.2 Dispositivo de prospección sísmica y disposición de los geófonos sobre el terreno.	119
Figura 7.1 Estaciones meteorológicas utilizadas en el municipio de Buga.	123
Figura 7.2 Serie temporal estación Acueducto Buga.	126
Figura 7.3 Ubicación de los puntos para las pruebas de infiltración municipio de Buga.	134
Figura 7.4 Infiltración acumulada Batallón Palacé; Prueba 1.	136
Figura 7.5 Curva de velocidad de infiltración Batallón Palacé; Prueba 1.	136
Figura 7.6 Mapa preliminar de usos de suelo de Buga.	143
Figura 7.7 Distribución anual de la precipitación en la cuenca del río Guadalajara – Municipio de Buga.	163
Figura 7.8 Distribución mensual de la precipitación en la cuenca Guadalajara – Municipio de Buga.	164
Figura 7.9 Distribución anual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.	165
Figura 7.10 Distribución mensual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.	166
Figura 7.11 Distribución temporal de las precipitaciones en la estación Acueducto Buga - Municipio de Buga (1980 – 2007)	167
Figura 7.12 Curvas de variación estacional estación Acueducto Buga (1980 – 2007).	167
Figura 7.13 Isoyetas de precipitaciones máxima – P24.	169
Figura 7.14 Isoyetas de precipitaciones máximas – P48.	170
Figura 7.15 Isoyetas de precipitaciones máximas – P72.	171
Figura 7. 16 Curva de precipitación y frecuencia para tiempo retorno de 10, 30 y 100 años, Estación Acueducto Buga. (1984 – 2007).	172
Figura 7.17 Curva IFD con periodos de retorno de 10, 30 y 100 años; Estación Acueducto Buga.	173
Figura 7. 18 Curva IFD con tiempo de retorno de 10, 30 y 100 años; Estación Acueducto Buga. (1978 – 2008).	174
Figura 7.19 Distribución temporal de las lluvias máximas estación La Magdalena; Periodo 1969-2006.	174
Figura 7.20 Distribución temporal de las lluvias máximas estación Acueducto Buga; Periodo 1978-2008.	176
Figura 7.21 Red de drenaje, unidades de análisis, puntos de entrega de los caudales máximos y aforos municipio de Guadalajara de Buga.	178
Figura 7.21 Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años de la Subcuenca Guadalajara en el punto de la estación El Vergel	180
Figura 7.22 Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años punto de la Quebrada Chambibal.	180
Figura 7.23 Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años punto de la Quebrada La Honda.	181
Figura 7.24 Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años punto de la Quebrada La Pachita	181
Figura 8.1 Localización general de las derivaciones - municipio Guadalajara de Buga.	189
Figura 8.2 Localización general de las principales acequias - municipio de Guadalajara de Buga.	190
Figura 8.3 Esquema de las derivaciones y captaciones del río Guadalajara.	191
Figura 8.4 Perímetro de la zona de estudio del municipio de Buga.	192



Figura 8.5 Localización de secciones transversales a levantar en el municipio de Buga.	206
Figura 8.6 Curvas granulométricas del material del lecho del río Guadalajara en la abscisa K0 + 707 (Estudios realizados por el PMC, 2003).	214
Figura 8.7 Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la abscisa K1 + 523 (Estudios realizados por el PMC, 2003).	214
Figura 8.8 Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la Estación el Vergel (Estudios realizados por el PMC, 2003).	215
Figura 8.9 Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la estación La María (PMC 1992).	216
Figura 8.10 Diámetros característicos del material del lecho del río Guadalajara.	216
Figura 8.11 Identificación de partículas para análisis granulométricos de malla-número (a) Muestra fotográfica; (b) Partículas delimitadas en las intersecciones de la malla.	217
Figura 8.12 Curva granulométrica del material superficial del lecho.	218
Figura 8.13 Cuenca del río Guadalajara.	219
Figura 8.14 Curva de calibración Nivel – Caudal.	222
Figura 8.15 Caudales medios multianuales.	222
Figura 8.16 Caudales medios, máximos y mínimos instantáneos anuales.	223
Figura 8.17 Análisis de eventos extremos.	224
Figura 8.18 Curvas de variación estacional	225
Figura 8.19 Curva de duración de caudales diarios en el río Guadalajara en la estación El Vergel.	226
Figura 8.20 Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara.	228
Figura 8.21 Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos.	229
Figura 8.22 Relaciones entre los niveles de agua y los parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara.	230
Figura 8.23 Perfil longitudinal del río Guadalajara en el año 2003	232
Figura 8.24 Perfil longitudinal del río Guadalajara con base en las secciones levantadas 1997	232
Figura 8.25 Perfil longitudinal del río Guadalajara	233
Figura 8.26 Perfil longitudinal del río Guadalajara en la zona de estudio dividido por zonas para el cálculo de la pendiente	235
Figura 9.1 Ubicación de apiques, sondeos mecánicos y muestreos sobre el lecho del río Guadalajara.	240
Figura 9.2 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-1.	242
Figura 9.3 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-2.	243
Figura 9.4 Carta de plasticidad de Casagrande.	245
Figura 9.5 Curvas de granulometría e hidrometría, y características muestreo No1 río Guadalajara.	246
Figura 9.6 Curvas esfuerzo - deformación AP9 (unidad superficial suelos coluviales).	247
Figura 9.7 Curvas esfuerzo – deformación AP11 (unidad superficial suelo residual formación La Paila).	248
Figura 9.8 Envolvente de falla AP9 (unidad superficial suelos coluviales).	248
Figura 9.9 Envolvente de falla AP11 (unidad superficial suelo residual formación La Paila).	249
Figura 9.10 Envolvente de falla Mohr-Coulomb AP6.	250
Figura 9.11 Curva esfuerzo deformación en condición pico AP6.	250

## CONTENIDO FOTOS

Foto 2.1 Creciente del 29 de noviembre de 1997. Inundación patinódromo, El Tiempo 01/12/97.	27
Foto 2.2 Informe Parque El Vergel.	30
Foto 2.3 Informe sobre el barrio Alto Bonito.	31
Foto 2.4 Informe sobre la Acequia Chambimbal.	32
Foto 2.5 Informe Técnico CVC sobre la Cárcava de Puente Negro.	35
Foto 2.6 Puente destruido, vereda El Janeiro. Documentos del CLOPAD, 29 de Mayo de 2.009.	36
Foto 2.7 Informe sobre la creciente del río Guadalajara.	37
Foto 2.8 Informe Creciente del río Guadalajara de Buga del 29 de noviembre de 1997.	38
Foto 5.1 Frente montañoso principal, al fondo, limitado por la falla de Guabas-Pradera.	88
Foto 5.2 Afloramiento de conglomerado consolidado con tamaño de grano uniforme.	91

<i>Foto 5.3 Arenisca gruesa, alternando con capas delgadas de conglomerado. Buzamiento al oeste.</i>	92
<i>Foto 5.4 Capas de arenisca y conglomerado, con buzamiento al Este.</i>	92
<i>Foto 5.5 Panorámica de la formación la Paila. Vista mirando al norte.</i>	93
<i>Foto 5.6 Topografía en forma de “lomo” (centro).</i>	94
<i>Foto 5.7 Superficie de aplanamiento o peniplanación.</i>	104
<i>Foto 5.8 Lomo de grava cuaternaria y depósito de ladera en proceso de erosión.</i>	106
<i>Foto 5.9 Erosión superficial en las laderas al E de Buga.</i>	106
<i>Foto 5.10 Afloramiento de la Grava que conforma el depósito.</i>	107
<i>Foto 5.11 Deslizamiento superficial.</i>	107
<i>Foto 5.12 Erosión hacia el ápice.</i>	108
<i>Foto 5.13 Ceniza volcánica destapada por la erosión.</i>	108
<i>Foto 5.14 Reptación Alto Bonito.</i>	109
<i>Foto 5.15 Deslizamiento en el barrio de Alto Bonito.</i>	110
<i>Foto 5.16 Deslizamiento rotacional, al SE de Buga.</i>	111
<i>Fotos 6.1 y 6.2 Sismógrafo modelo Ras-24 y Geófonos para recepción de ondas.</i>	117
<i>Foto 6.3 y 6.4 Cable de emisión, Platina y Mazo utilizado como fuente de energía.</i>	117
<i>Foto 6.5 Georesistivímetro, Modelo GPI FHMM-9601.</i>	118
<i>Foto 7.1 Estación Acueducto Buga.</i>	124
<i>Foto 7.2 Reunión con los funcionarios de la CVC.</i>	128
<i>Foto 7.3 Erosión en el barrio Alto Bonito, cerca de la acequia Chambimbal.</i>	129
<i>Foto 7.4 Acequia La Honda.</i>	129
<i>Foto 7.5 Acequia La Pachita.</i>	129
<i>Foto 7.6 Aforo Quebrada Chambimbal; Puente vía Panorámica.</i>	130
<i>Foto 7.7 Aforo Qda La Pachita 300 m aguas abajo Puente vía alterna entrada a Buga.</i>	130
<i>Foto 7.8. Aforo Qda La Honda; Pte vía alterna entrada a Buga.</i>	131
<i>Foto 7.9 Aforo acequia Chambimbal en predios de la DAR Centro Sur.</i>	131
<i>Foto 7.10 Vista panorámica tomada desde el mirador (El Faro) sector centro de la ciudad de Buga.</i>	141
<i>Foto 7.11 Vista panorámica tomada desde el mirador (El Faro) sector sur de la ciudad de Buga.</i>	141
<i>Foto 7.12 Cultivo de Caña ubicado en la zona de expansión occidental, en el costado occidental de la vía panorámica.</i>	142
<i>Foto 7.13 Cultivo de maíz ubicado en la zona de expansión sur, en el costado oriental de la vía panorámica.</i>	142
<i>Foto 7.14 Vista al oriente de la Carretera Central.</i>	145
<i>Foto 7.15 Vista hacia el occidente, parte nor-occidental del municipio.</i>	146
<i>Foto 7.16 Vista desde la ladera oriental, hacia el occidente.</i>	147
<i>Foto 7.17 Vista al nor-oriente, desde la Finca La Loma.</i>	148
<i>Foto 7.18 Vista al oriente. Quebrada La Pachita.</i>	148
<i>Foto 8.1 Estación hidrométrica el Vergel.</i>	194
<i>Foto 8.2 Puente del Ferrocarril, aguas arriba de la desembocadura en el río Cauca.</i>	195
<i>Foto 8.3 Cruce de la quebrada Chambimbal con el puente de la vía Panorámica.</i>	195
<i>Foto 8.4 Quebrada Chambimbal.</i>	196
<i>Foto 8.5 Quebrada Honda.</i>	196
<i>Foto 8.6 Confluencia de la quebrada la Pachita en la quebrada Honda.</i>	197
<i>Foto 8.7 Quebrada La Pachita en el casco urbano del municipio de Buga.</i>	197
<i>Foto 8.8 Quebrada la Pachita en la Calle 24 con Carrera 16 antes de desembocar en la quebrada Honda.</i>	198
<i>Foto 8.9 Quebrada Honda después de la desembocadura de la quebrada La Pachita.</i>	198
<i>Foto 8.10 Quebrada Honda en el cruce con la vía Panamericana.</i>	199
<i>Foto 8.11 Bocatoma Chambimbal.</i>	199
<i>Foto 8.12 Acequia Chambimbal sobre la quebrada Varelas o La Pachita, al norte del municipio.</i>	200
<i>Foto 8.13 Bocatoma El Albergue.</i>	201
<i>Foto 8.14 Acequia El Albergue.</i>	201
<i>Foto 8.15 Toma de agua de la acequia La Julia.</i>	202
<i>Foto 8.16 Acequia La Julia.</i>	202
<i>Foto 8.17 Acequia El Chircal.</i>	203

<i>Foto 8.18 Bocatoma de la acequia El Chircal.</i>	203
<i>Foto 8.19 Acequia El Chircal pasando por el barrio Los Ángeles.</i>	203
<i>Foto 8.20 Marco utilizado por el PMC para muestreo de material superficial.</i>	211
<i>Foto 8.21 Análisis gráfico de muestras superficiales (PMC, 1992).</i>	212
<i>Foto 8.22 Río Guadalajara cerca de su desembocadura en el Río Cauca.</i>	220
<i>Foto 9.1 Registro fotográfico S-1.</i>	244
<i>Foto 9.2 Muestra típica de material.</i>	244

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a todas las personas e instituciones consultadas para la recolección de todo tipo de información relacionada con el proyecto, como lo fueron: CVC y sus diferentes unidades involucradas. Igualmente a otras instituciones que permanentemente nos suministraron información relacionada con el proyecto como fueron: Ingeominas, Igac, la Alcaldía del municipio de Buga y su oficina de Planeación.

También a las diferentes dependencias de la Universidad del Valle que prestaron su valioso aporte, concurso y colaboración en el desarrollo del proyecto como son La Facultad de Ingenierías, la Escuela de ingeniería Civil y Geomática, el Área de Geomática, el EIDENAR, la Oficina de Bienes y Servicios y las demás unidades encargadas de los procesos administrativos y financieros del proyecto.

Igualmente a todas las personas que de una u otra manera aportaron su granito de arena o que expresaron opiniones constructivas y que estuvieron atentas al desarrollo de las diferentes actividades e hicieron posible que este proyecto se convirtiera en una exitosa realidad.

## INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene los resultados de los estudios Temáticos en cuanto a la historicidad de los eventos sucedidos, la topografía, la cartografía, la geología, la geofísica, la geotécnica, la hidrología, la hidráulica y la como elementos básicos para caracterizar al municipio de Buga y realizados en el marco del proyecto “ 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 El Cairo, Buga, Riofrío, Dagua y La Unión “

Estos estudios fueron realizados por la Universidad del Valle, a través del Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente y como parte del contrato No. 188 CVC-UNIVALLE

La base cartográfica esta a escala 1:2.000, a partir de la cartografía existente en el IGAC, que se complemento con levantamientos topográficos realizados durante el proyecto

En la parte hidráulica y para la modelación matemática con el Flo-2D, se seleccionó el Río Guadalajara, y sobre su margen derecha las quebradas La Pachita, Honda y Chambimbal y la Acequia Chambimbal y a su vez sobre la margen izquierda las Acequias El Chircal, La Julia y El Albergue

Los mapas temáticos resultantes son los siguientes: geológico, geomorfológico y morfodinámico, unidades superficiales, de historicidad y de cobertura y usos del suelo

## **PERSONAL PARTICIPANTE**

## PERSONAL PARTICIPANTE

Para la ejecución del proyecto la Universidad del Valle, seleccionó un grupo altamente especializado de sus profesores de planta que fue completado con profesionales contratistas y además conto con la vinculación de estudiantes de los últimos años de diferentes programas de estudio afines con las temáticas del proyecto (ingeniería civil, ingeniería topográfica, ingeniería agrícola, geografía e historia) con quienes se conformaron los distintos grupos de trabajo que tuvieron a su cargo atender todos los aspectos del proyecto, así:

No	NOMBRE	PROFESION	CARGO
<b>DIRECCION Y ADMINISTRACION</b>			
1	ELKIN SALCEDO HURTADO	Ph.D. en Física-Matemáticas	Director
2	JAIME ROJAS	Ing. Civil	Coordinador Técnico y Administrativo
3	KARINA CASTILLO	Ing. Agrícola	Asistente Administrativa
4	JENNIFER QUIÑONES	Estudiante Ing. Topográfica	Auxiliar Administrativa
<b>GRUPO DE GEOLOGIA Y GEOFISICA</b>			
6	GABRIEL PARIS	Geólogo	Asesor en Geología
7	WILLIAM VARGAS	Geólogo	Coordinador
8	DANIEL RAMIREZ	Geólogo	Geólogo
9	MAGNOLIA APONTE	Geógrafa	Asistente de Investigación
<b>GRUPO DE GEOTECNIA</b>			
10	JESUS GARCIA	Ing Civil	Coordinador - Geotecnista
11	JACOBO OJEDA	Ing. Civil	Director - Coordinador
12	LORENA NATHALY BELTRAN	Ing Civil	Auxiliar Técnico
13	JAIME CASAS	Ing. Civil	Especialista
14	OSCAR GALVIS	Ing. Civil	Ingeniero Auxiliar
15	FABIAN ULLOA	Ing. Civil	Geotecnista
16	EDGAR ROFRIGUEZ	Geólogo	Especialista SIG
17	JHON ARTEAGA	Estudiante	Auxiliar de Ingeniería
18	NATALIA PEÑA	Estudiante de Geografía	Monitora
<b>GRUPO DE SIG</b>			
19	EDDA CIFUENTES	Ing. Topográfica	Coordinadora
20	JIBER QUINTERO SALAZAR	Ing. Topográfico	Auxiliar en SIG y Topografía
21	VIVIANA BARRERO VARELA	Ing. Topográfica	Auxiliar en SIG y Topografía
<b>GRUPO TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA</b>			
22	JHON JAIRO BARONA	Ing. Topográfico	Coordinador
23	HECTOR FABIO HERNANDEZ	Tec. Topográfico	Operador de Topografía 1
24	JOSE RICARDO FRANCO BORJA	Aux. en Topografía	Auxiliar en Topografía 1
25	JULIAN ANDRES ESCOBAR	Ing. Topográfico	Operador de Topografía 2
26	JOSE JULIAN CASTRILLON	Aux. en Topografía	Auxiliar en Topografía 2
<b>GRUPO DE HIDROLOGÍA</b>			
27	HENRY JIMENEZ ESCOBAR	Ing. Agrícola	Coordinador
28	FABIAN ULISES BARROSO	Ing. Agrícola	Ingeniero
29	JUAN PABLO URREGO	Ing. Agrícola	Ingeniero
30	VICTORIA SOLARTE	Ing Agrícola	Ingeniera
31	JHONY HUMBERTO GARCES	Estudiante de Geografía	Monitor
32	TULIO ENRIQUE BONILLA	Estudiante de Tec.	Monitor

Manejo Suelos y Aguas

<b>GRUPO DE HIDRAULICA</b>			
33	CARLOS RAMIREZ	Ing. Civil	Coordinador
34	CARLOS OMAR AYALA COLLAZOS	Ing. Civil	Ingeniero
35	MARIA PAULA LORZA VILLEGAS	Ing. Civil	Ingeniero
36	FREDY RUANO	Estudiante Ing Civil	Monitor
37	EMILIO CORRALES	Estudiante Ing Civil	Monitor
<b>GRUPO DE HISTORICIDAD</b>			
38	ELKIN SALCEDO HURTADO	Ph. D. en Física-Matemáticas	Coordinador Historicidad
39	LUZ ANGELA MAZUERA	Licenciada en Historia	Licenciada en Historia
40	NATHALY DE LOS ANGELES MAZO	Estudiante Geografía	Monitora

La supervisión del proyecto estuvo a cargo de la firma de ingeniería HIDRO-OCCIDENTE S.A. quienes atendieron todos los aspectos de control, seguimiento y calidad del proyecto, así como la revisión y aprobación de los informes a través de la participación directa de los ingenieros Carlos Enrique Madriñán, Hernán Lara y Giradú Cifuentes y del geólogo Samuel Almeida.

El acompañamiento del proyecto por parte de la CVC estuvo en todo momento a cargo de los geólogos Harbey Millán y Olga Patricia Villa, adscritos a la Dirección Técnica Ambiental.

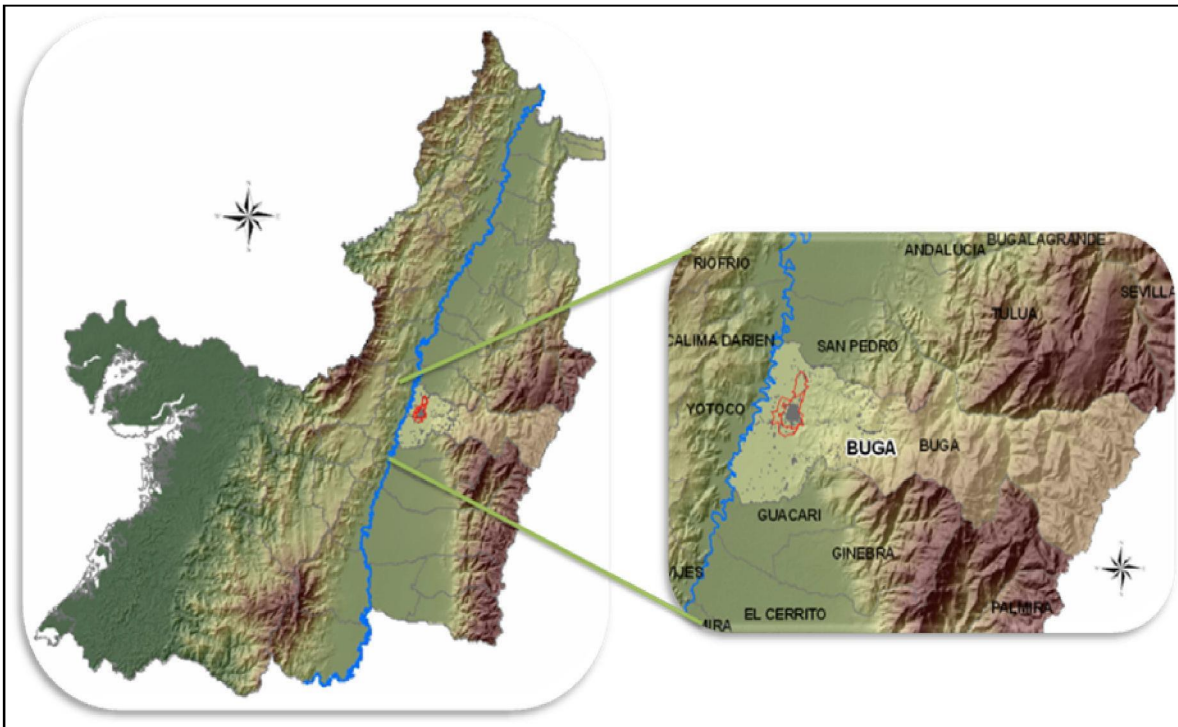


## **1. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO**

## 1. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO

### 1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Buga está ubicado en la zona centro del Departamento del Valle del Cauca, en el frente montañoso occidental de la Cordillera Central donde se hace más angosto el valle geográfico (Figura 1.1), gozando no solamente de la belleza del paisaje, de su variada y hermosa topografía sino también de la fertilidad y productividad de sus tierras, constituyéndose en una verdadera despensa agrícola y ganadera. La ciudad está asentada sobre la margen derecha del Río Guadalajara que en su recorrido atraviesa la ciudad de oriente a occidente; se encuentra a 74 Km de Santiago de Cali, la capital del departamento y a 126 Km del Puerto de Buenaventura, el más importante puerto marítimo del occidente colombiano.



*Figura 1.1 Ubicación geográfica del Municipio de Buga.*

La ciudad de Buga se localiza en la entrada del río Guadalajara al valle geográfico del río Cauca, se trata de un sector de menor pendiente a la que trae el río en el sector montañoso. El Río Guadalajara en su recorrido atraviesa la ciudad de oriente a occidente, así pues, se puede asegurar que por lo menos un 40% de Buga está construido sobre sedimentos

antiguos del río Guadalajara y que como tal, las crecientes en temporada invernal podrían, dependiendo de la magnitud, abordar áreas del casco urbano.<sup>1</sup>

Cuenta con una extensión total de 832 km<sup>2</sup>, de los cuales 16,2 km<sup>2</sup> corresponden a área urbana, para un total aproximado de 816 km<sup>2</sup> para el área rural del municipio, distribuidos de la siguiente manera: 145 km<sup>2</sup> corresponden a clima cálido, 243 km<sup>2</sup> a clima medio, 243 km<sup>2</sup> a clima frío y 271 km<sup>2</sup> a clima de páramo. Su población es de aproximadamente 150.000 habitantes de los cuales el 90% se encuentra concentrado en el casco urbano y el 10% en la zona rural.

Su territorio tiene dos zonas, la Zona Plana en las riberas del río Cauca y la Zona Montañosa en la cordillera central que es considerado como el centro donde gravita la producción del agua para los Municipios de Buga, Tuluá y aún de San Pedro; sus alturas van desde los 969 hasta los 4.210 m.s.n.m. en el Páramo de las Hermosas.

## **1.2. ASPECTOS HISTÓRICOS**

La ciudad de Buga fue fundada el 4 de Marzo de 1570 por Diego Díaz de Fuenmayor y otros, Buga cuenta actualmente según el último censo (1993), con 104.067 habitantes urbanos, ubicados en 18.582 viviendas.

Para 1977, Buga de final de los años setenta y primera mitad de los ochenta la ciudad continúa sus desarrollos de acuerdo con la tendencia predominante norte – sur, soportado en la expedición de instrumentos de regulación y reglamentación urbana tales como la definición de un perímetro urbano y expedición de un reglamento urbano (acuerdos No. 14 y el decreto 93 de 1983, respectivamente). A pesar de estos, se da un proceso de urbanización subnormal sobre la zona montañosa oriental de la ciudad, como efecto de la creciente demanda de vivienda de parte de un sector específico de la población.

La expansión sigue en un ritmo pausado, a través de desarrollos residenciales como Aures, Los Ángeles, otras etapas del Albergue, etc. además urbanizaciones tipo parcelación, como Lomas del Albergue. Igualmente se construye el Patinódromo (1983).

En el segundo quinquenio de los años 80, se establecen una serie de herramientas destinadas a regular el territorio municipal y a reglamentar el proceso de urbanización y desarrollo físico y urbano, a través de la división del territorio municipal en corregimientos, y la formulación y ejecución parcial del plan maestro de Acueducto y Alcantarillado (1989).

---

<sup>1</sup> Creciente del río Guadalajara, 29 de Noviembre de 1997. Corporación Autónoma Regional de Valle del Cauca CVC, Subdirección de Gestión Ambiental, Grupo Infraestructura, diciembre de 1997. realizado por: Rodrigo Ayala, Olga Patricia Villa, Freide Guzmán y Omar Chávez M. Pág. 13.

Posteriormente, en 1993 el Acuerdo 43 divide el territorio urbano en comunas, en 1996 aparecen el Plan Vial y el Estatuto Urbano; en 1997 y en 1998 el Plan de Desarrollo Municipal.<sup>2</sup>

Para responder a las emergencias y prevenirlas, se fundan los Comités de Emergencias en cada municipio a lo largo y ancho de Colombia. El CLOPAD de este municipio es el que viene funcionando con mayor anterioridad en todo el Departamento. Se constituye en 1993 como Comité Local de Emergencia y para el año 2003 se transforma por decreto nacional en CLOPAD. Desde sus inicios su Coordinador ha sido el Capitán de Bomberos Harold Alzate, quien se ha encargado de realizar los informes y visitas a los sitios afectados por emergencia, además de realizar planes de prevención de desastres.

### **1.3. MARCO CLIMÁTICO**

El clima del área de estudio presenta todos los pisos térmicos, desde el cálido hasta el muy frío, y tales pisos se correlacionan con provincias de 6 humedad que van desde subhúmedas a perhúmedas. La temperatura promedio es 22,3°C. Hacia el Valle Aluvial del río Cauca se presenta un clima de relativa sequía asociada a una temperatura cálida. En general, la precipitación tiene un carácter bimodal, presentando los mayores valores en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre. Los rangos de precipitación anual se encuentran entre 1.000 y 2.000 milímetros, con un valor promedio de 1.389 mm.

### **1.4. AMENAZAS**

#### **14.1. Inundaciones**

Las zonas afectadas por este fenómeno son principalmente aquellas que se localizan hacia los márgenes del río Cauca, el cual periódicamente las inunda, por lo que se destruyen cultivos e impiden la utilización de estas zonas para ganadería.

Según el Inventario Nacional de Desastres (Ingeominas, 1997), se han reportado inundaciones a causa del desbordamiento del Riofrío en los años 1968 y 1994, los cuales han dejado daños principalmente en cultivos. En el municipio de Trujillo por desbordamiento del río Culebras ocurrido el 03-05-90, el diario El Tiempo reporta daños en cultivos y casas.

También se han presentado desbordamientos de las quebradas la Colorada en límites entre Riofrío y Trujillo, quebradas Madrigal y la Coca que afectó las veredas la Sultana y los Estrechos. Inundaciones en Salónica en los barrios Morales, la Quincha y Pueblo Nuevo por daño en el alcantarillado. En este mismo corregimiento el desbordamiento del río Volcanes causó daños en el barrio San Alfonso.

---

<sup>2</sup> Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Buga.

También se tienen reportes de inundaciones en el casco urbano de Riofrío por el río del mismo nombre en los barrios el Pinar y Belén.

Durante los encuentros realizados en la cabecera municipal durante los días 21 de Septiembre y 6 de Octubre de 1998 se señaló los siguientes eventos de carácter hidrológico:

- Inundación en el casco urbano en el año de 1971 por desbordamiento del Río Riofrío. Barrios El Pinar y Belén (Carrera 13 Calle 15).
- Inundaciones en Mayo de 1998 en la salida al municipio de Trujillo.
- Desbordamientos de las quebradas la Colorada en los límites entre Riofrío y Trujillo, Quebrada Madrigal y Quebrada La Coca que afectó las veredas La Sultana y Los Estrechos.
- Inundaciones en los barrios Morales, La Quincha, Pueblo Nuevo por aguas lluvias y negras. (Alcantarillado) en el centro poblado de Salónica.
- Posible desbordamiento del Río Volcanes en la vereda San Alfonso y en la vereda La Palmera del Corregimiento de Salónica.
- Durante el primer semestre de 1999 el río Cauca se desbordo inundando los predios del sector de Madrigal.

Tanto en el casco urbano municipal como en la cabecera del corregimiento de Salónica se presentan amenazas de inundación por causa del desbordamiento de los ríos que los circundan, razón por la cual se plantea en el mediano y el largo plazo un estudio (Diseño y memorias de cálculo) para protección y control de inundaciones en la cabecera municipal y en la cabecera del corregimiento de Salónica.

#### **1.4.2. Avenidas Torrenciales**

Los depósitos torrenciales son el producto de lluvias concentradas en áreas relativamente pequeñas, donde el intervalo de tiempo es muy corto en relación con la cantidad de agua que cae. De ahí que este tipo de eventos aunque no son muy frecuentes en el tiempo, cuando ocurren pueden tener consecuencias catastróficas para la población.

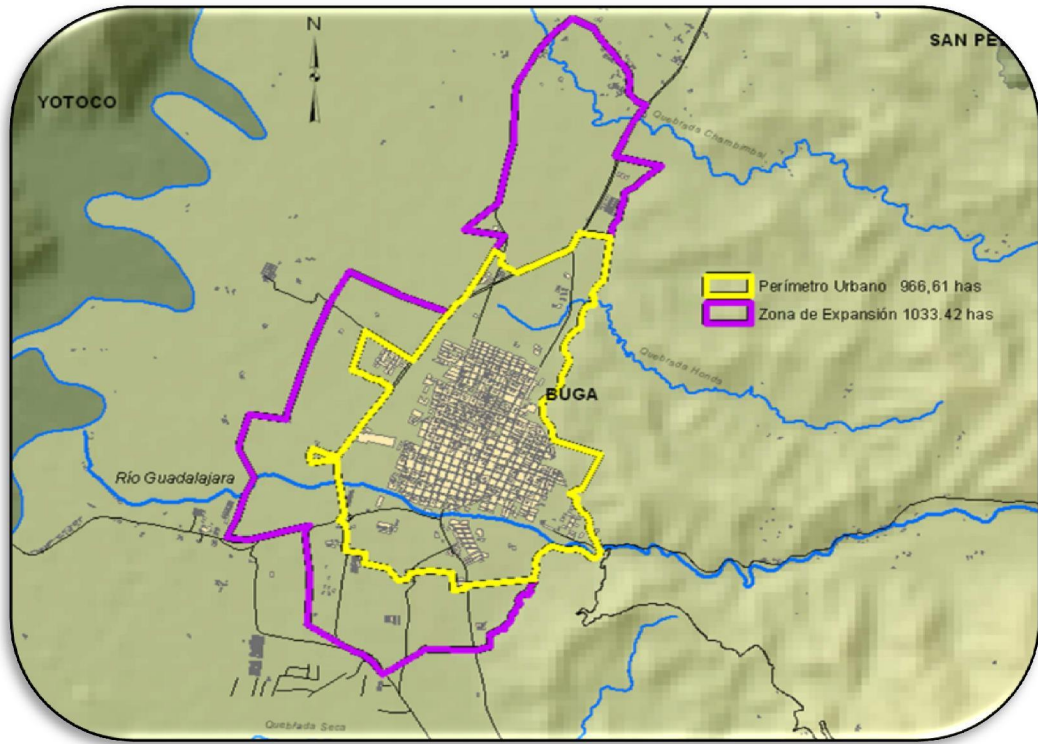
En el área de la UMC se encontró varias terrazas torrenciales las cuales se caracterizan por presentar una estructura caótica, en donde los bloques son de tamaños métricos y decimétricos, frescos y subangulares. Por lo general sobre dichas terrazas se encuentran barras torrenciales producto de avenidas torrenciales recientes. Se trata de bloques frescos algunos de ellos métricos sin desarrollo de líquenes en la superficie y sin enterramiento en el terreno. Depósitos de esta naturaleza se encontraron por el río Cáceres cerca su confluencia con el río Frío, en el río Venecia antes de llegar al casco urbano de dicho corregimiento, en el río Chiquito por la inspección de policía de El Tabor, en la quebrada la Argelia en la vereda los Alpes y en la desembocadura del río Lindo en el río Frío junto al corregimiento de Salónica.

Algunas de estas zonas están habitadas lo que implica un riesgo mayor para dichas personas. Por lo anterior se hace necesario un estudio más detallado de estas terrazas con el

fin de determinar su verdadero riesgo. En general se puede decir que las terrazas torrenciales no deben ser utilizadas para vivienda por cuanto este tipo de fenómenos aunque poco frecuentes en el tiempo, son altamente peligrosos.

### **1.5. DEFINICIÓN DE LÍMITES DE ZONA URBANA Y DE EXPANSIÓN**

En cuanto al perímetro urbano y el de expansión urbana del municipio de Buga se considerará para el proyecto el definido en la cartografía del plan de ordenamiento territorial (POT) y la zona de expansión que considera la oficina de Planeación Municipal adicional (Figura 1.2), estos límites se encuentran en formato DWG, el cual se exportó a formato SHP, el perímetro se encuentra en coordenadas planas proyectadas con el origen 3W con dátum Bogotá, perímetro urbano que corresponde al área definida en el acuerdo No. 068 de 2000 por el cual se adopta el plan de ordenamiento territorial del municipio de Guadalajara de Buga en el artículo 19.



*Figura 1.2 Perímetros de la zona urbana y de expansión del municipio de Buga, definidos en conjunto con la Oficina de Planeación Municipal.*

## **2. HISTORICIDAD**



## **2. HISTORICIDAD**

En este capítulo se realiza el análisis de la historicidad de los eventos de Movimientos de masa, Inundaciones, Deslizamientos, Avenidas torrenciales y Sismos del Municipio de Buga. La búsqueda de información se realizó siguiendo la metodología intensivista planteada para todo el proyecto MIDAS. Entre los documentos consultados sobre los eventos, se encuentran los Informes de Emergencia y declaraciones de Emergencia Manifiesta en Buga realizados por el CLOPAD, se suman otras fuentes como: las noticias de los periódicos El Tiempo y El País desde el año 1981 hasta el año 2002, siguiendo y corroborando lo registrado en la base de datos Desinventar. Igualmente se consultaron los documentos que sobre el municipio tienen entidades como: DAR-CVC, Aguas de Buga, Planeación Municipal (POT) y el Instituto Técnico Agrícola. En dichas instituciones contamos con la colaboración de los encargados, por ejemplo, el ingeniero Julián Vargas de la DAR, nos facilitó los Informes Técnicos realizados por la CVC sobre Buga, el POMCH del río Guadalajara, además de mapas de vulnerabilidad y amenaza del municipio.

### **2.1. BUSQUEDA DOCUMENTAL Y NOTICIAS DE EVENTOS**

A continuación se hace un registro de los documentos encontrados:

#### **2.1.1. Periódicos**

Los periódicos consultados fueron El Tiempo y El país, en los cuales se registran en su mayoría noticias sobre los estragos causados por el invierno y las constantes inundaciones que suceden en el Valle como consecuencia del desbordamiento de ríos, quebradas y acequias.

Las noticias son por lo general una información muy concreta, que hacen referencia a las inundaciones a grandes rasgos, sin precisar en algunos casos el lugar exacto de la inundación. Por lo general, las inundaciones se presentan en los sitios más vulnerables al desbordamiento, para el caso de Buga, las zonas más afectadas por inundaciones son los barrios aledaños al cauce del río Guadalajara, además de asentamientos subnormales ubicados en el municipio, en zonas de ladera, como el caso de Alto Bonito, o en corregimientos alejados de la cabecera municipal como por ejemplo, La Palomera, El Porvenir y Puerto Bertín.

Entre los sitios más afectados en Buga por inundaciones provocadas por desbordamiento de los ríos Cauca y el Guadalajara según registro de las noticias e informes del CLOPAD, se encuentran:

Alaska - El Diamante - La Ramada – La Playa – El Jardín – La Mesa – El Topacio  
– La Piscina – El Carmelo – El Vergel – San Agustín – Puerto Bertín –  
Chambimbal – El Porvenir – La Florida – El Crucero – La Trozada – La Palomera  
– Santa Rosa – El Salado – Frisoles – Caracolí – El Placer – Los Bancos – El

Molino – La Revolución – Alto Bonito – La Ventura - Los Rosales - Las Palmitas - Bello Horizonte - El Jardín – El Vinculo – El Janeiro.

Sumado a las inundaciones por desbordamiento, es frecuente en temporada invernal la colmatación del sistema de alcantarillado y colapso de la entrega del sistema de acueducto, en este municipio. Un ejemplo de ello es el evento registrado por varias fuentes documentales, que causó estragos en el municipio y que data del 29 de noviembre de 1997. Al respecto, existe un informe detallado de la situación presentada y la afectación que causó; realizado por la CVC en diciembre del año 1997, y en el cual se plantea lo siguiente:

Por versiones de habitantes de la cuenca del río Guadalajara, la lluvia intensa se presentó en la parte media de la vertiente sur de dicha cuenca, la lluvia se presentó desde las 2:30 hasta 7:30 p.m. del día 29 de noviembre. Igualmente por versión de las personas que observaron la creciente del río en el área urbana, el evento pico se registró aproximadamente entre las 8 y 9 p.m. de ese mismo día.

La creciente torrencial que presentó el río Guadalajara y que causó problemas en el área urbana de Buga se puede describir así:

La creciente al entrar al área urbana de Buga encontró la primera limitante a su paso por el puente localizado aguas arriba del parque el Vergel alcanzando a pasar por encima de esa estructura. Esta agua y algo de sedimentos finos, como arenas, alcanzando a correr a lo largo de toda la vía en el frente del Batallón Palacé.

Inmediatamente aguas abajo de dicho puente, en donde se localiza el parque el Vergel, el río desbordo la margen derecha incluso por encima de unos muros de gaviones y las aguas y todo el sedimento abordaron la mayor parte del parque afectando gran parte de las instalaciones como canchas de básquet, piscina y jardines.

En el tramo entre el parque el Vergel y el puente de la carrera 9, el río ocasionó erosiones laterales y sobre la margen derecha causo algunos daños sobre las viviendas existentes. La creciente en los puentes de las carreras 9ª, 16ª y 19ª genero algún grado de remanso debido a que el nivel del las aguas no alcanzo a pasar libremente sobre la altura que tienen los puentes sobre el fondo del cauce. Esta situación en los tramos inmediatamente aguas arriba de los puentes género un remanso del río con lo cual los niveles de las aguas aumentaron localmente.

El aspecto más importante fue el sucedido en el sitio de los concesionarios de carros ubicados en la margen derecha del río inmediatamente aguas arriba del puente de la carrera 12. Aquí el río y debido a que el muro marginal es más bajo que otros sectores, 2 a 2.50 metros, desbordó sobre este costado y corrió por la vía marginal al barranco. Las aguas desbordadas llegaron a las concesionarias y después de destruir parcialmente un muro de ladrillos de dichas instalaciones entro a las propiedades y arrastro los vehículos que allí se encontraban. Los carros arrastrados por la corriente fueron depositados dentro del patinódromo que tiene la ciudad en este sector. El patinódromo sufrió las consecuencias de

las inundaciones, destrucción de barandas y colmatación de la pistas con sedimentos y escombros. El río sobre la margen izquierda también alcanzo a entrar sobre las instalaciones de los bomberos pero conceptualmente con menores perjuicios.

El puente colonial de la carrera 12, conformado hoy en día por una estructura con tres luces activas en forma de arco trabajó hídricamente a flujo libre, sin embargo la pila central sufrió socavación. Este puente tiene en la margen derecha junto al patinódromo tres luces más que han sido presumiblemente selladas posteriores a su construcción. En principio dichas luces proporcionaban la posibilidad de que las aguas de las crecientes pasaran por ellas. La mayor afectación urbana por el evento del 29 de noviembre se dio en este sector (Foto 2.1), ya que las aguas no pudieron pasar libremente al otro lado del puente y las áreas que le pertenecen al cauce fueron ocupadas tanto por el patinódromo tanto como por el resto de las construcciones.



**Foto 2.1** Creciente del 29 de noviembre de 1997. Inundación patinódromo, El Tiempo 01/12/97.

Inmediatamente aguas abajo del puente de la carrera 12 se encuentran tres presas de control de fondo del río, dicha presa se encuentra bastante deteriorada, en sus inmediaciones y en la margen derecha se localiza el hotel Guadalajara de Buga. Aquí el muro marginal del río es también bajo y el agua desbordo sobre este sector, destruyendo el muro de cierre del hotel, y se vieron seriamente afectados los jardines del hotel por la inundación.

Frente al hotel e inmediatamente aguas arriba de las instalaciones de la Policía sobre la margen izquierda se cayó un tramo de muro de aproximadamente 45 metros de largo. Este muro de concreto ciclópeo, de apariencia vieja tenía entre 4 y 5 metros de altura. Con la caída del muro se destruyó la alcantarilla de 24 pulgadas que corre paralela a la vía.

Se encontró otro tramo de muro que cayó con la creciente. Este tramo se localizó en la margen derecha del río inmediatamente aguas arriba del puente de la carrera 19. El tramo del muro caído es de 25 metros. Sin embargo en este sitio y seguidamente al muro caído un

tramo adicional de 25 metros se desestabilizó y sufrió un corrimiento lateral hacia el centro del río de casi 80 centímetros.

A nivel general la crecida en la zona urbana no aportó mayores cantidades de sedimentos ni palizadas y los niveles de aguas dependiendo del ancho del cauce alcanzaron entre 2.5 y 4.5 metros de tirante de agua.

Como consecuencia de las fuertes lluvias registradas el 19 y 28 de marzo de 2002 en la zona urbana de Buga y las microcuencas de las quebradas La Honda y La Pachita (acequia La Pachita), se presentaron inundaciones en los barrios Los Rosales, Las Palmitas, Bello Horizonte, el Jardín, Jorge Eliécer Gaitán y la zona industrial, al desbordarse algunas corrientes de agua, representadas por pérdidas directas de bienes y además la ocurrencia del proceso de erosión y deslizamiento en la zona de ladera por donde la acequia Chambimbal bordea la ciudad<sup>3</sup>.

Los periódicos consultados también informaron de los desastres causados por este evento, que afectó los sectores dentro del casco urbano, aledaños a las quebradas La Pachita, La Honda, La Magdalena, La Zapata, Magdalenita y Chambimbal.

### **2.1.2. Informes del CLOPAD**

Los informes del Comité Local de Atención y Prevención de Desastres, son fundamentales para el acercamiento a los detalles de los eventos, que las noticias no contienen. En este sentido, entre más detallados sean los informes realizados, mejor acercamiento a la magnitud de la emergencia, en este caso, la función del coordinador es vital para conocer los eventos que históricamente han afectado al Municipio.

Los informes del CLOPAD nos ayudaron a identificar y constatar los datos encontrados en periódicos, además de mostrarnos cuales son los sitios donde se presentan más emergencias y donde se debe planear obras de prevención o mitigación. Los barrios afectados por inundación dentro del casco urbano, registrados por el CLOPAD durante los años 2008 y 2009 son:

- Barrio El Carmelo
- Barrio El Vergel
- Barrio Alto Bonito
- Barrio La Revolución
- Barrio La Ventura

---

<sup>3</sup> Creciente del río Guadalajara, 29 de Noviembre de 1997...Pág. 18.

- Barrio Los Rosales
- Barrio El Jardín
- Barrio Balboa
- Barrio La Concordia
- Barrio Bello Horizonte
- Barrio La Merced
- Barrio Santa Bárbara
- Barrio El Albergue
- Barrio Jorge Eliécer Gaitán

Además del sector industrial de la carrera 19, y los sectores al margen izquierdo del río cercanos al Cuerpo de Bomberos, el Club Guadalajara, Conalvidrios y la Avícola. En el margen derecho, se afectan los sectores de El Faro y la Planta El Morro.

Otro sector afectado, pero por inundación provocada por colmatación del sistema de alcantarillado y por baja pendiente es la carrera 18 a la altura del Cementerio y la Empresa Grasas. A estos sectores se suman el llamado Caracolí, frente a la Empresa Finca.

Por último, los informes correspondientes a años anteriores al 2008 no se pudieron consultar porque no fueron facilitados por el Coordinador del CLOPAD del Municipio, afortunadamente estas falencias documentales se sortearon con los otros documentos consultados, en este caso, los informes técnicos.

### **2.1.3. Informes técnicos**

Los informes técnicos realizados por la CVC, son importantes para conocer los problemas ambientales de origen antrópico y natural que se presentan en los Municipios vallecaucanos. La mayoría de los desastres y emergencias de las cabeceras municipales se producen en la mayoría de los casos por inadecuado uso del suelo, deficiente diseño y planificación de los acueductos y alcantarillados, además de que aunque hay respuesta a las emergencias, se presentan ineficiencias al concretar soluciones al respecto.

Entre los informes técnicos consultados sobre el Municipio de Buga se encuentran los realizados por la CVC y Secretaria de Obras, como se registra a continuación:

- Informe Técnico N° 1130-09-028-036-280-2002

Erosión marginal Parque Recreacional “El Vergel”, río Guadalajara, Municipio de Buga. CVC. Grupo Infraestructura. José Francisco Torres Baquero. Agosto 2002.

Este informe hace referencia a los problemas que se presentan por la erosión en el Parque El Vergel, y el deterioro de los muros de contención del mismo sitio, el estudio se realiza por petición de la ONG Fundeser que administra el Parque, quien remitió una carta a la UMC Guadalajara – San Pedro, quienes encargaron el apoyo técnico al Grupo de Infraestructura de la CVC, a cargo de José Francisco Torres Baquero.

La fuerte erosión (tres erosiones marginales encontradas en el sitio) fue causada por las crecientes presentadas en el río Guadalajara en marzo de 1997 y en marzo 19 de 2002, que afectaron los muros de protección del Parque, que por tramos están destruidos, la visita e informe se hacen con el fin de evaluar los daños y plantear las obras de reconstrucción del muro que protege al Parque El Vergel (Foto 2.2). También en este informe se plantea la reconstrucción de la bocatoma de El Albergue.



**Foto 2.2** Informe Parque El Vergel.

- Informe Técnico N° 1130-05-028-085-212-2001.

Proceso de Inestabilidad en el Barrio Alto Bonito Buga. CVC. Grupo Infraestructura. José Francisco Torres Baquero. Mayo 2001.

Este informe realizado por el Grupo de Infraestructura de la CVC, hace referencia al evento registrado el 13 de abril de 2.001, donde por fuertes lluvias, se presentó un movimiento de tierra en un sector de ladera en la loma donde se ubica el barrio Alto Bonito, el cual ocasiono el taponamiento de un tramo de la Acequia Chambimbal y generó su desbordamiento, que inundó parte del Barrio El Molino.

El movimiento de tierra se localizó en el costado oriental del casco urbano de la ciudad, donde hace aproximadamente 20 años produjo un asentamiento subnormal actualmente conocido como el Barrio Alto Bonito. Después el municipio realizó en el asentamiento la construcción de obras de servicios básicos, para el 2004 se llevo a cabo la construcción del sistema de alcantarillado de aguas residuales, donde el tramo del colector principal, se instaló paralelo al cauce del drenaje natural en el sector de la ladera afectada y en donde se produjo el deslizamiento. Un ejemplo del problema está registrado en esta foto que hace parte del informe técnico (Foto 2.3).



Foto 2.3 Informe sobre el barrio Alto Bonito.

- Informe Técnico N° 1130-05-028-085-142-2001  
Proceso de Inestabilidad en la Acequia Chambimbal. CVC. Grupo Infraestructura. José Francisco Torres Baquero. Mayo 2001.

La acequia Chambimbal, a la que hace referencia este informe, se originó como consecuencia de la reglamentación de la corriente de aguas públicas del río Guadalajara y transporta un caudal para riego y abrevaderos de 1.200 litros por segundo.

Como consecuencia del deslizamiento que se presentó y al que hace referencia el informe anterior, el Grupo de Infraestructura de la CVC, realizó este informe sobre los problemas que tiene la acequia Chambimbal por los deslizamientos que afectan el suministro de agua y producen inundaciones. Según el informe, la CVC reglamento el uso público de esta derivación del río Guadalajara según resolución de esta entidad que data del 13 de diciembre de 1.999, pero desde el año 2.005 los usuarios le hicieron mantenimiento del cauce a la acequia, lo cual ha favorecido la acumulación de sedimentos en el fondo. En un tramo del cauce de esta acequia se presentó un flujo de lodos que dejó varias grietas, la Foto 2.4 registra el problema que se presenta en la acequia.



**Foto 2.4** Informe sobre la Acequia Chambimbal.

- Informe.

Estado y proceso de remoción en masa de los tanques de almacenamiento de agua del Barrio Alto Bonito. Sección Técnica. Secretaría de Obras Públicas. Julio 2000.

Este informe hace referencia a los problemas de remoción que se presentan en los tanques de abastecimiento de aguas del Barrio Alto Bonito.

En el informe se plantea que a construcción del segundo tanque de abastecimiento de agua se llevo a cabo entre los meses de septiembre y noviembre de 1997. La remoción se presentó en el mes de febrero del año 2.000 y produjo una socavación hacia la base del tanque, lo que produce la inestabilidad del mismo.

- Informe Técnico N° 1130-09-028-086-204-2002.

Evaluación de las obras para prevenir y mitigar inundaciones en Guadalajara de Buga. CVC. Grupo Infraestructura. José Francisco Torres Baquero. Junio 2002.

Este informe hace referencia a las inundaciones ocasionadas por las quebradas La Honda, La Pachita y la Acequia Chambimbal, se mencionan los Barrios afectados que son aledaños a dichas quebradas, entre los que se encuentran: La Remonta, Alto bonito, La Chorrera, Bello Horizonte y Las Palmitas.

En el mes de marzo (días 19 y 28) del año 2.002, se registraron fuertes lluvias durante los cuales se presento el desbordamiento de las corrientes mencionadas, inundando varios barrios y generando erosión y movimientos de masa en las zonas de ladera.

Las inundaciones provocadas por los desbordamientos de las quebradas son detalladamente registradas por este grupo de la CVC. Sobre la Quebrada La Honda se plantea lo siguiente:



“Se identificaron tres sitios de desbordamiento. El primero está localizado en terrenos del ICBF y a unos 200 metros aguas abajo del cruce de la quebrada con la variante norte de la doble calzada Buga – Tuluá – La Paila (Puente)... En este sitio se observó la falta de diques de protección, el terreno presenta una depresión por donde se desbordó el agua. La quebrada en este tramo tiene una sección única de 4 metros de ancho y 2 metros de profundidad con sedimentos en el fondo del cauce. El agua desbordada se canalizó por la zanja destinada para la rectificación de la quebrada La Honda, desbordándose posteriormente.”(Pág. 7)

El segundo sitio donde se desbordo la quebrada está situado en “el remanso en la zanja destinada para la rectificación de la quebrada, localizado a partir de la confluencia de esta con la misma quebrada, fue propiciado por la acumulación de sedimentos y por la formación de una empalizada aguas arriba del box – culvert doble, en la carrera 16 con calle 30... situación que favoreció el desborde en la orilla de la margen derecha, por donde ingresó el agua a los barrios Los Rosales, La Honda, causando inundación” (Pág.8).

Sobre el tercer sitio de desbordamiento del cauce de la quebrada está ubicado en “la carrera 16 donde el box – culvert doble que perdió su capacidad, por acumulación de sedimentos y la empalizada en la entrada del mismo, formada por las basuras botadas a la quebrada lo cual provocó la inundación que afecto al barrio El Rosal. En este sitio, además de desbordarse en ambas márgenes, el agua reboso el puente” (Pág.9).

Con respecto a la acequia **Chambimbal**, el Grupo técnico de la CVC, plantea lo siguiente:

“En el cruce de la quebrada La Honda con la acequia Chambimbal, predio La Esneda, existe un viaducto para el paso de la acequia Chambimbal... y por falta de capacidad del mismo para transportar caudales superiores al estimado en el diseño de 1.20 M cúbicos por segundo, presentó el desborde de parte de la escorrentía proveniente del área aferente de drenaje en la ladera localizada en el margen derecha de la acequia y comprendida entre las quebrada La Honda y La Pachita... En el tramo de la acequia comprendido entre la calle 11 y la quebrada La Honda, se identificaron 8 sitios en donde hubo desbordamiento del cauce.” (Págs. 10 y 11)

El sitio donde se desbordo la acequia corresponde a la entrega de un drenaje natural en la zona de ladera donde se asienta el barrio Alto Bonito, donde en abril de 2001 se presento un deslizamiento rotacional, mencionado en el informe que sobre este barrio realizo la CVC, y que ocasionó la obstrucción del tramo del canal de la acequia Chambimbal lo cual hizo que se desbordara nuevamente en marzo de 2.002 por un deslizamiento, provocando la inundación de los barrios aledaños a la margen izquierda de la acequia.

Otros tres desbordamientos de la acequia afectaron los barrios Bello Horizonte y Coviprof, los otros dos desbordamientos que se presentaron afectaron al Barrio Las Palmitas. El sitio número siete donde se desbordó la acequia fue en el lugar donde el viaducto de la misma pasa por encima de la quebrada La Pachita.

Esta última, según la visita del grupo de la CVC, presentó un solo desbordamiento a su paso por el casco urbano, en el punto localizado en el cruce de la acequia, calle 25 con la carrera 16, provocada por obstrucción de sedimentos y falta de mantenimiento en la acequia la inundación se presentó en algunas cuadras de los barrios Jorge Eliécer Gaitán y Popular y parte del Parque El Jardín.

- Informe.

Emergencia invernal año 2002. CLOPAD. Informe lluvia torrencial del martes 19 y jueves 28 de marzo de 2002.

Este informe hace referencia y es resultado de la situación presentada POR causa del invierno durante, el CLOPAD de Buga elaboró el informe “Emergencias Invernales año 2002”, en el cual se hace un diagnóstico de los daños ocasionados por las lluvias del 19 y 28 de marzo, y en donde se propone la realización de varios proyectos para la mitigación contra inundaciones y deslizamientos:

- Proyecto: Canalización acequia Chambimbal, sector Bello Horizonte – Las Palmitas.
- Proyecto: Construcción canal abierto y obras complementarias sector La Chorrera.
- Proyecto: Construcción muro de concreto reforzado, sector río Guadalajara – El Carmelo.
- Proyecto: Construcción gaviones Acequia Chambimbal, sector urbano -Guadalajara de Buga.
- Proyecto: Construcción de espolones, sector Parque El Vergel – Barrio El Carmelo.
- Proyecto: Construcción muro de contención, sector de Alto Bonito – La Remonta.
- Proyecto: Construcción muro de contención, sector Alto Bonito.
- Proyecto: Construcción de espolones en concreto ciclópeo, sector La Merced – Aures.

También contiene una detallada descripción de la emergencia que se presentó por inundaciones en varios barrios del municipio, en el informe se plantea que los eventos se presentaron el martes 19 de marzo de 2002 a las 1:30 horas y que se extiende hasta las 8:30, lo que hizo que el nivel del río Guadalajara aumentara su cauce en 2.35 m. Además de desbordamiento de las quebradas La Pachita, La Honda y la acequia Chambimbal.

Otro evento torrencial, se presenta el jueves 28 de marzo a las 12:15, lo que provocó el desbordamiento de los afluentes mencionados siendo el más grave el de la quebrada La Honda que presentó un aumento de nivel de 2.58 m por encima del normal. Las lluvias y la insuficiente capacidad del alcantarillado agravaron la situación.

Se presentan inundaciones en los barrios:

Barrio La Ventura, donde se afectaron 110 familias.

Barrio La Honda, donde se afectaron 220 familias.

Barrio Los Rosales, El Jardín y Balboa, donde se afectaron 343 familias.

Barrio La Concordia, donde se afectaron 70 familias.

Barrios El Albergue, Bello Horizonte, Chambimbal, El Vinculo, La Merced, Santa Bárbara, La Revolución y la Zona Industrial, Calle 18, donde resultaron afectadas 126 familias.

Se presentaron deslizamientos en:

Barrio Alto Bonito, sector La Remonta, La Chorrera y la Acequia Chambimbal.

Carretera Buga – La Habana sector de cruce bar. Donde resultaron 87 familias afectadas.

Hubo colapso de viviendas en:

Barrio Alto Bonito, calle 12 con 8b-49. Ocho viviendas en el sector de La Chorrera.

Barrio El Vinculo, carretera central, tres viviendas colapsadas.

Tres indigentes atrapados en el Puente de La Merced. (Rescatados).

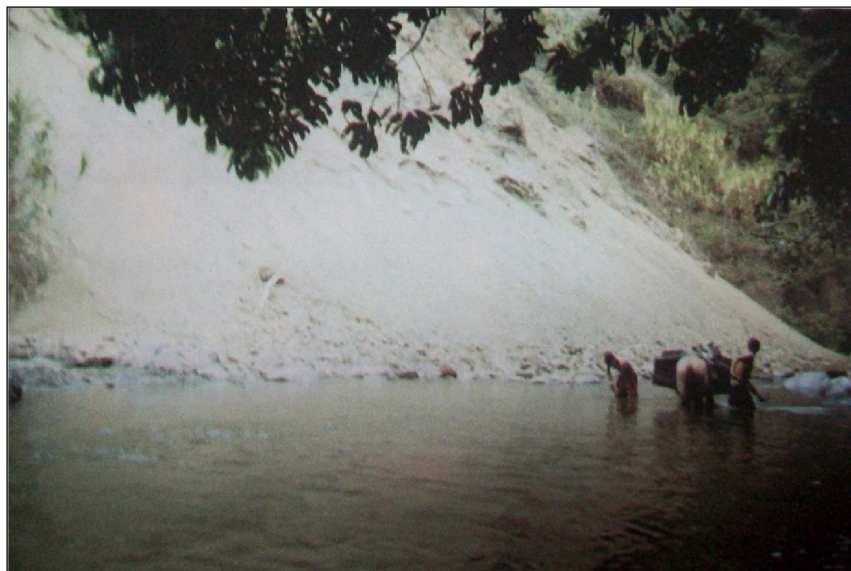
Caída de varios árboles, que obstruyeron vías y afectaron viviendas.

La hacienda La Holanda resultó afectada por la inundación de 4 galpones, pérdida de cerca de 8.000aves.

- Informe técnico N° 1130-09-028-085-046-2003

Evaluación de la Cárcava de Puente Negro. CVC. Grupo Infraestructura. José Francisco Torres Baquero. Enero 2003.

Este informe hace referencia al estudio técnico que se realizó sobre la cárcava en el año 2003, y que se localiza en la vía que conduce de Buga al corregimiento de la Habana, aunque se encuentra por fuera del área de estudio del presente informe, es importante resaltar que la CVC, conoce los deslizamientos que se presentan en la cárcava desde el año 1986 y que se deposita sobre el río Guadalajara provocando inundaciones en los alrededores del área, sobre todo en el predio llamado Las Delicias. Sobre esta la cárcava de Puente Negro se han realizado varios informes que muestran la evaluación del carcavamiento del terreno por parte de funcionarios de la CVC, uno en el año 1988, en el año 1991, en el año 1993 y un informe realizado por Ingeominas en 1995 (Foto 2.5).



**Foto 2.5** Informe Técnico CVC sobre la Cárcava de Puente Negro.

- Informe Técnico.

Creciente del río Guadalajara, noviembre 29 de 1997. CVC. Grupo Infraestructura. Diciembre 3 a 21 de 1997.

Este informe se realizó inmediatamente después de uno de los eventos que más han afectado a la cabecera municipal, sobre todo los barrios aledaños al río Guadalajara que fue el afluente que presentó un mayor aumento de nivel en contraste con las acequias y quebradas que al igual que el río tienden a desbordarse durante la temporada invernal de fin de año, como por ejemplo la Quebrada La Pachita. En este evento las crecientes además del río Guadalajara, hubo problemas de desbordamiento de las quebradas La Magdalena y La Magdalenita, quebrada La Negra, quebrada Janeiro y quebrada La Zapata, las cuales causaron daños en predios y en la vereda El Janeiro (Foto 2.6).



**Foto 2.6** Puente destruido, vereda El Janeiro. Documentos del CLOPAD, 29 de Mayo de 2.009.

Esta creciente que según estudios de la CVC no ha tenido precedente y que se presenta según sus análisis una vez cada 100 años, causa daños materiales en varios barrios y negocios de la ciudad, además de arrasar con los instrumentos de medición de nivel y la estación la Magdalena (Foto 2.7).



Foto 2.7 Informe sobre la creciente del río Guadalajara.

- Monitoreo Ambiental. CVC.

Informe sobre los caudales y lluvias registradas en la cuenca del río Guadalajara el día 29 de Noviembre de 1997. Santiago de Cali. Diciembre 1 de 1997.

Este monitoreo al igual que otros documentos que lo preceden, hablan de la magnitud del evento:

“La lluvia total diaria de 127 mm. Caída en la estación la Magdalena, de acuerdo con los registros de los 28 años que tiene la estación, permitió estimar que el periodo de retorno de dicha lluvia es del orden de 1 en 100 años.”<sup>4</sup>

A este largo periodo en que no se registraba un evento parecido, se suma que las estaciones de registro ubicadas a lo largo del río Guadalajara fueron arrasadas por la corriente, además varios sectores de la ciudad se inundaron y sufrieron daños estructurales (Foto 2.8).

Un punto importante para resaltar, es que al construirse la carretera Buga-Buenaventura, en la antigua carretera se establecieron asentamientos subnormales llamados El Porvenir y Puerto Bertín. Igualmente, donde el río desemboca en el río Cauca, se ha establecido un asentamiento en su margen izquierda llamado La Palomera; estas urbanizaciones resultan afectadas por desbordamiento del río Guadalajara y Cauca. Igualmente las Quebradas La Honda y La Pachita, fueron desviadas para evitar las continuas inundaciones del Ferrocarril, pero al ser desviadas de su cauce natural, afectan sus desbordamientos a los sectores de la Ventura, El Jardín y Caracolí además la Zona industrial ubicada en la calle 18. La Quebrada La Honda fue desviada a contra pendiente, interceptando a la quebrada La Pachita, como consecuencia se presenta desbordamiento de la Quebrada Honda al recibir las aguas de la Quebrada Pachita.

---

<sup>4</sup> Informe realizado por la CVC sobre la creciente presentada el 29 de noviembre de 1997



**Foto 2.8** Informe Creciente del río Guadalajara de Buga del 29 de noviembre de 1997.

Con base en lo expuesto anteriormente se realizó el inventario de los eventos ocurridos en Buga y el Mapa Social de Historicidad (Ver Figura 2.1).

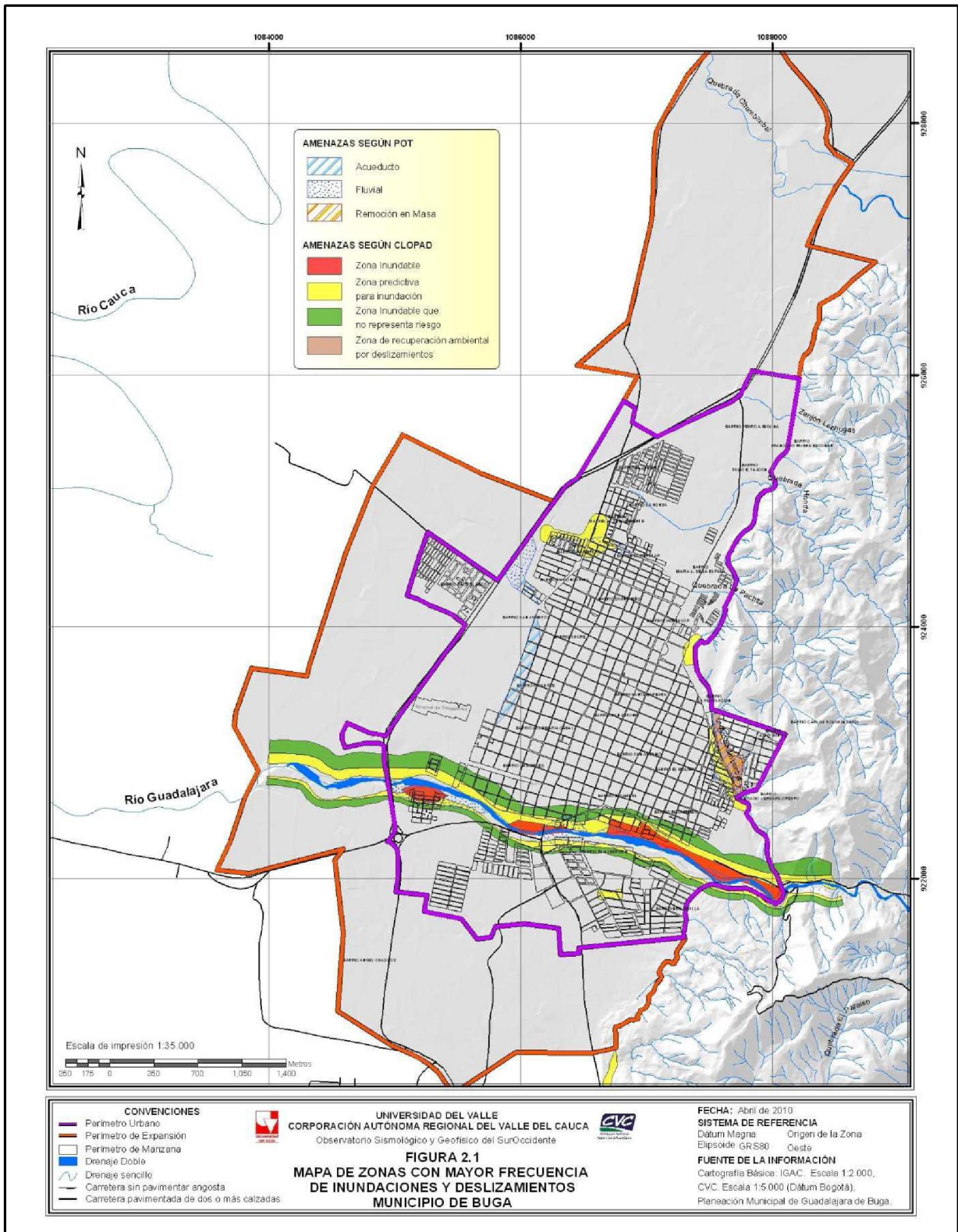


Figura 2.1 Mapa de Historicidad de eventos

### **3. TOPOGRAFÍA**



### **3. TOPOGRAFÍA**

#### **3.1. PUNTOS DE CONTROL TOPOGRÁFICO**

Los puntos de control topográfico servirían de amarre a los levantamientos topobatemétricos de los cuerpos de agua a estudiar, a saber el Río Guadalajara, Quebrada La Pachita, Acequia La Pachita y Quebrada los Ángeles.

Inicialmente se estudió la posibilidad de utilizar las placas de control topográfico de la red del municipio de Buga, para esto se obtuvieron las descripciones de todas las placas de la red de Buga y se hicieron visitas de campo a los posibles puntos de control con el fin de establecer la posibilidad de usarlas como amarres y control, sin embargo después de visitar al menos 8 puntos posibles, se encontró con que algunos están destruidos o desaparecidos, otros están ubicados en sitios inadecuados y no dan garantía de estabilidad o confiabilidad, adicionalmente se hicieron pruebas de empalme de estos puntos con respecto a la cartografía del proyecto MIDAS con la transformación rigurosa al sistema de referencia MAGNA, con origen de proyección oeste y se obtuvieron inconsistencias que generan algunas dudas sobre la pertinencia del uso de estos puntos en el proyecto. Por tal motivo se decidió materializar y georreferenciar nuevos puntos de control para el estudio.

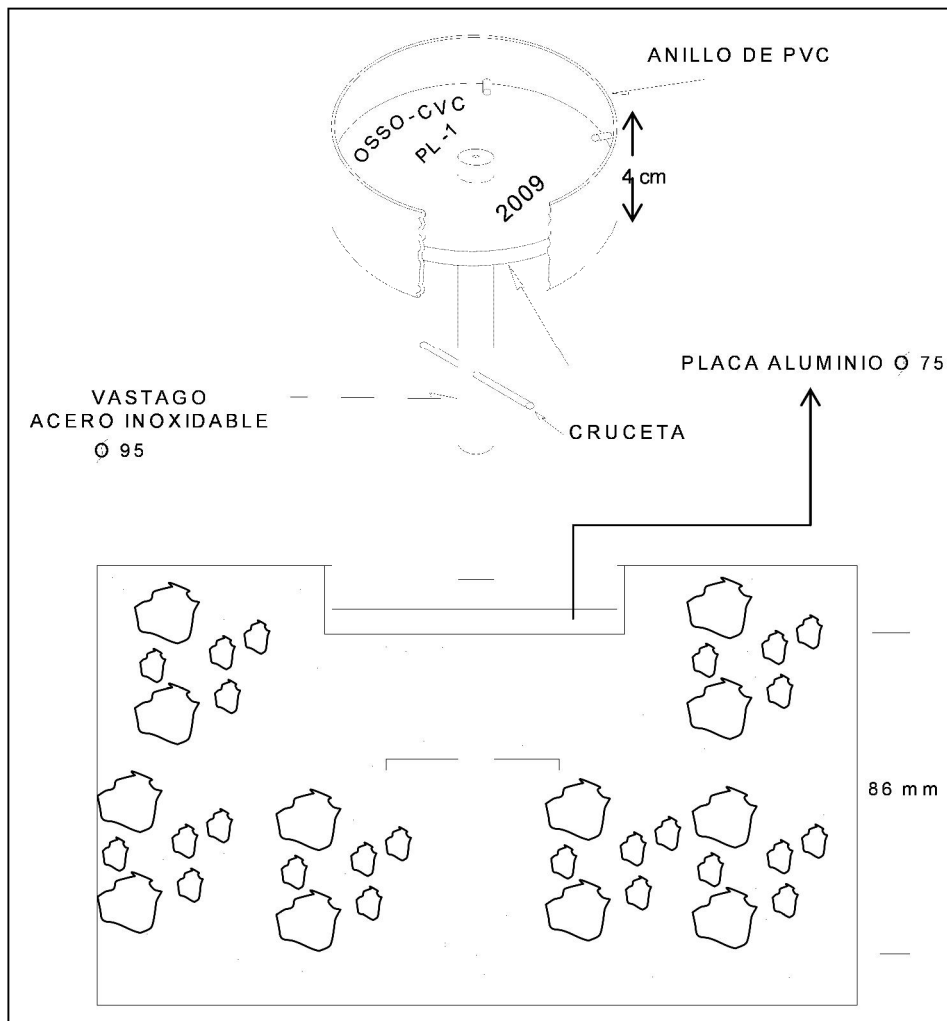
En este caso se trato de generar dos puntos de inicio, y mínimo dos de control al final de cada tramo del cuerpo de agua a estudiar para ajustar las poligonales de los respectivos levantamientos, en total se materializaron y posicionaron 10 puntos de control.

Se construyeron 10 puntos de control de los cuales 9 están materializados con placas y uno con un taco enterrado con refuerzo en mezcla de cemento y arena gruesa, de los cuales se anexan las respectivas fichas, descripciones y coordenadas.

El procedimiento de construcción fue el de incrustación de placa de aluminio con vástago de acero, sobre concreto ya existente, buscando la estabilidad y perpetuidad de los puntos materializados.

Las placas utilizadas para la materialización y marcación consisten en una placa cilíndrica de aluminio, de calibre 75, marcada en forma radial con las siglas UNIVALLE OSSO-CVC, en la parte superior, debajo la nomenclatura de la placa en forma recta y en la parte inferior por debajo del punto central, el año 2009. El punto central se marcará con un vástago de acero inoxidable en el centro, con perforación de aproximadamente 1mm de profundidad para el punto topográfico. Esta placa está incrustada en un anillo de PVC de 4 cm de altura que recibe en el interior la placa centrada entre los 4 cm de altura de la misma, con el fin de que el borde del anillo quede a ras con el suelo, mas no la placa que quedará incrustada por lo menos 1.5 cm por debajo, para dificultar su extracción. La Figura 3.1 ilustra el diseño de la placa.

La Figura 3.1 ilustra el diseño de la placa.

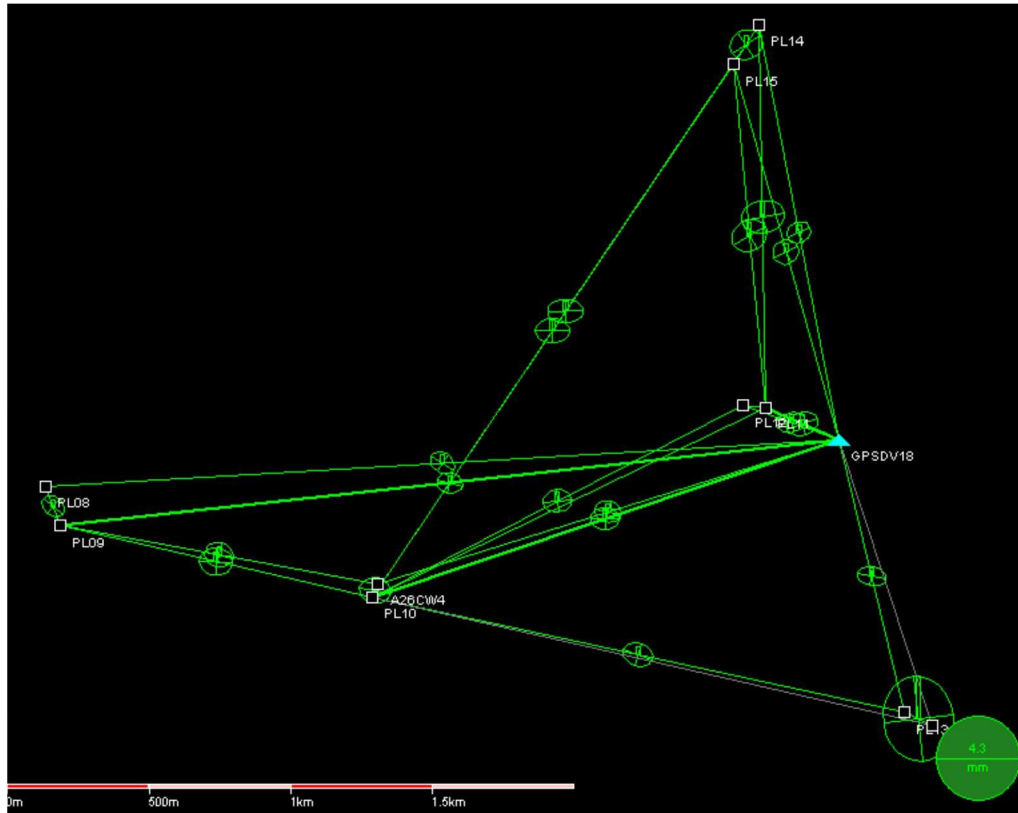


**Figura 3.1** Materialización de puntos con placa en concreto.

El posicionamiento se desarrolló mediante procedimientos estáticos GPS diferencial, usando como principal punto de control el vértice MAGNA GPS D-V-18, del cual se anexa su certificación por parte del IGAC (Anexo 3.1), que se considero suficiente ante las longitudes de línea base tan cortas.

Se construyó una red de control con conectividad entre todos los puntos a modo de bucles, que permite unificar la precisión de los puntos y generar una coherencia en cierre lineal de las diferentes líneas base (Figura 3.2).

Las líneas base 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.



**Figura 3.2** *Diseño geométrico de la red.*

Los equipos utilizados son dos receptores GPS Hiper Lite + de la casa fabricante TOPCON y dos receptores GPS 4600 LS de la casa Trimble Navigation, en el anexo 3.2 se presentan las fichas técnicas de estos equipos.

En la Figura 3.3 se ilustra el despliegue gráfico de la red de control GPS del municipio del software Trimble Total Control.

Para el control vertical se utilizó como punto de apoyo el Np del IGAC A26CW4, ubicado en el parque Simón Bolívar. En las tablas 3.1 y 3.2 se pueden apreciar los reportes estadísticos del posicionamiento.

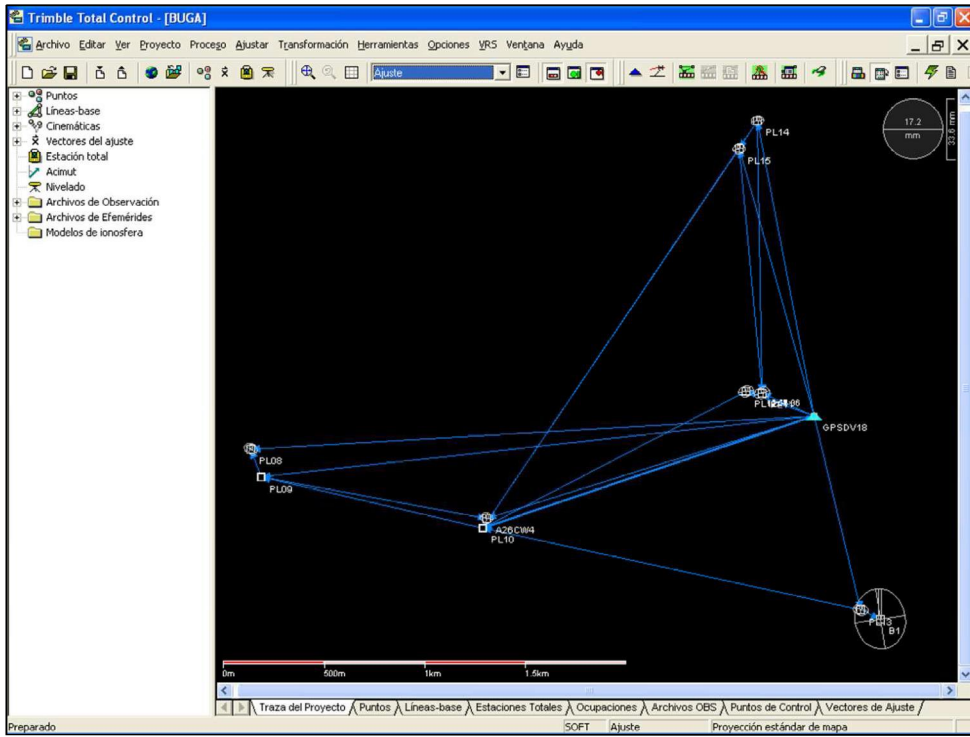


Figura 3.3 Despliegue gráfico del resultado de procesamiento de la red.

Tabla 3.1. Coordenadas Geográficas WGS 1984 y desviación típica de los puntos

Punto	X	$\sigma$	Y	$\sigma$	Z	$\sigma$
<a href="#">A26CW4</a>	1507115.6060m	3.3mm	-6183484.9183m	4.5mm	430382.2574m	3.0mm
<a href="#">GPSDV18</a>	1508709.1977m	0.0mm	-6183160.4608m	0.0mm	430893.0000m	0.0mm
<a href="#">PL08</a>	1505970.4408m	3.4mm	-6183726.5634m	5.0mm	430722.1362m	3.4mm
<a href="#">PL09</a>	1506022.3246m	2.9mm	-6183723.4993m	4.0mm	430583.2278m	2.7mm
<a href="#">PL10</a>	1507096.1723m	2.6mm	-6183492.9373m	3.3mm	430334.6227m	2.1mm
<a href="#">PL11</a>	1508439.4532m	4.0mm	-6183136.4337m	5.8mm	431001.0580m	3.4mm
<a href="#">PL12</a>	1508361.2177m	4.6mm	-6183153.9167m	4.6mm	431008.9210m	3.3mm
<a href="#">PL13</a>	1508936.9491m	3.9mm	-6183111.9139m	5.2mm	429932.5346m	3.2mm
<a href="#">PL14</a>	1508393.0558m	3.2mm	-6183045.3557m	4.3mm	432346.2087m	2.8mm
<a href="#">PL15</a>	1508304.9182m	3.3mm	-6183075.3367m	4.3mm	432208.7435m	2.9mm

**Tabla 3.2.**Elipses de error de los puntos ajustados

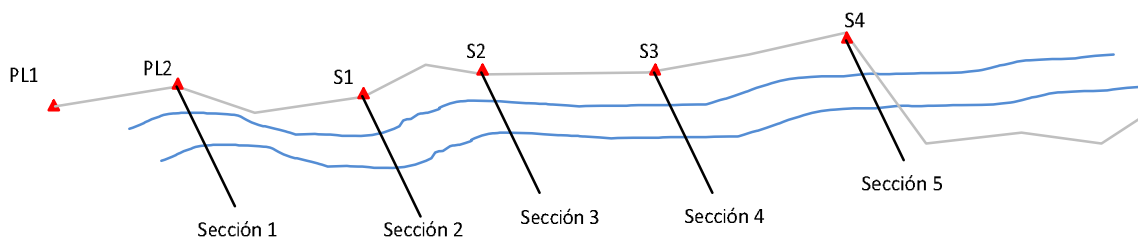
Punto	Eje Semimayor	Eje Semiminor	Ángulo	95% confidence radius
<a href="#">A26CW4</a>	3.7mm	2.9mm	-78.3°	8.1mm
<a href="#">GPSDV18</a>	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
<a href="#">PL08</a>	4.0mm	3.1mm	-56.9°	8.8mm
<a href="#">PL09</a>	3.2mm	2.6mm	-73.3°	7.2mm
<a href="#">PL10</a>	2.8mm	2.1mm	-85.5°	6.0mm
<a href="#">PL11</a>	4.5mm	3.4mm	72.2°	9.8mm
<a href="#">PL12</a>	4.4mm	3.2mm	80.8°	9.5mm
<a href="#">PL13</a>	4.4mm	3.1mm	-77.2°	9.4mm
<a href="#">PL14</a>	3.5mm	2.8mm	77.2°	7.8mm
<a href="#">PL15</a>	3.5mm	2.9mm	78.9°	7.9mm

Se anexan las fichas de los puntos con sus respectivas coordenadas (Anexo 3.3).

Las coordenadas están en el sistema de referencia Magna, con proyección al origen 3w y las alturas se han reducido a ortométricas mediante el modelo geoidal Geocol del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

### 3.2. LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TRANSVERSALES

Para los levantamientos de secciones batimétricas se construyeron poligonales con estación total a lo largo del cuerpo de agua, dejando puntos en cada abscisa marcada para construir la sección respectiva (Figura 3.4), siguiendo los criterios propuestos por el grupo de hidráulica, para localización y levantamiento de secciones. Estos puntos fueron nivelados a partir de procedimientos de nivelación geométrica.

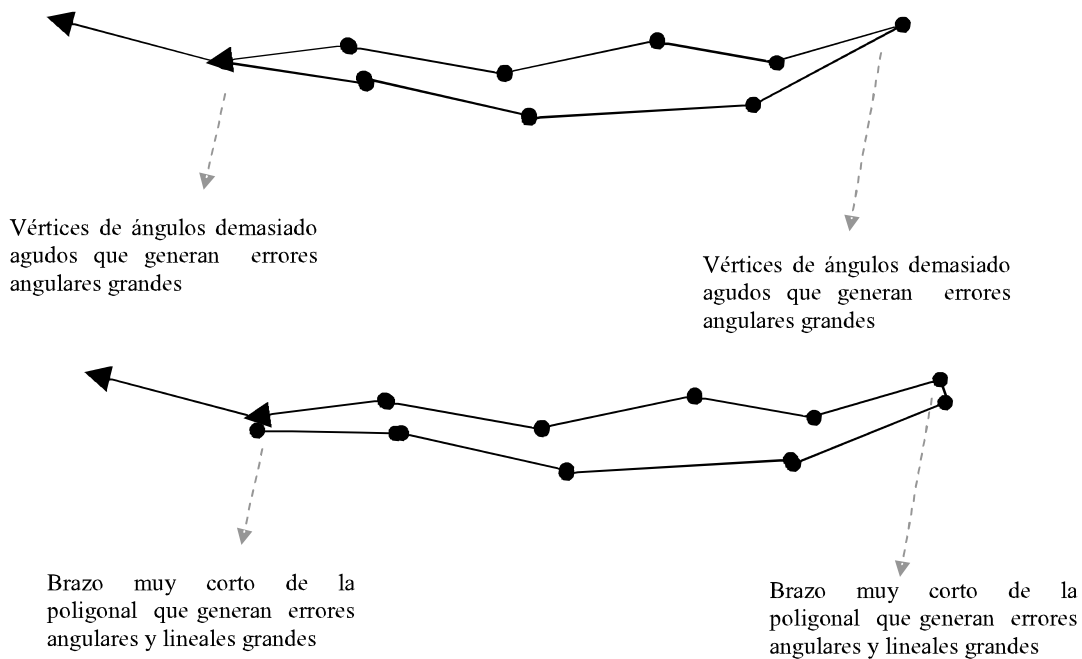


**Figura 3.4** Construcción de secciones batimétricas.

Igualmente una poligonal de este tipo, permite calcular y ajustar los errores de cierre lineal, al conocer las coordenadas del punto de llegada, para esto se puede utilizar el método de ajuste deseado como si fuera una poligonal geoméricamente cerrada, es decir se puede aplicar un ajuste crandall, XY, brújula, tránsito, etc.

El desarrollo de este tipo de trabajo es posible porque se cuenta con receptores GPS de precisión que permiten de forma muy ágil, el posicionamiento de puntos de control en los lugares adecuados para la metodología.

Como ventajas inicialmente se debe hablar de la eliminación de ángulos muy agudos, que generalmente se presentan en este tipo de trabajos y generan un potencial grande de error angular y en los casos donde se evita, generan brazos de la poligonal muy cortos en comparación con las distancias entre secciones, que igualmente descompensan la poligonal tanto en ángulo como en distancia (Figura 3.5).



*Figura 3.5. Ejemplo de poligonal geométricamente cerrada en proyectos lineales.*

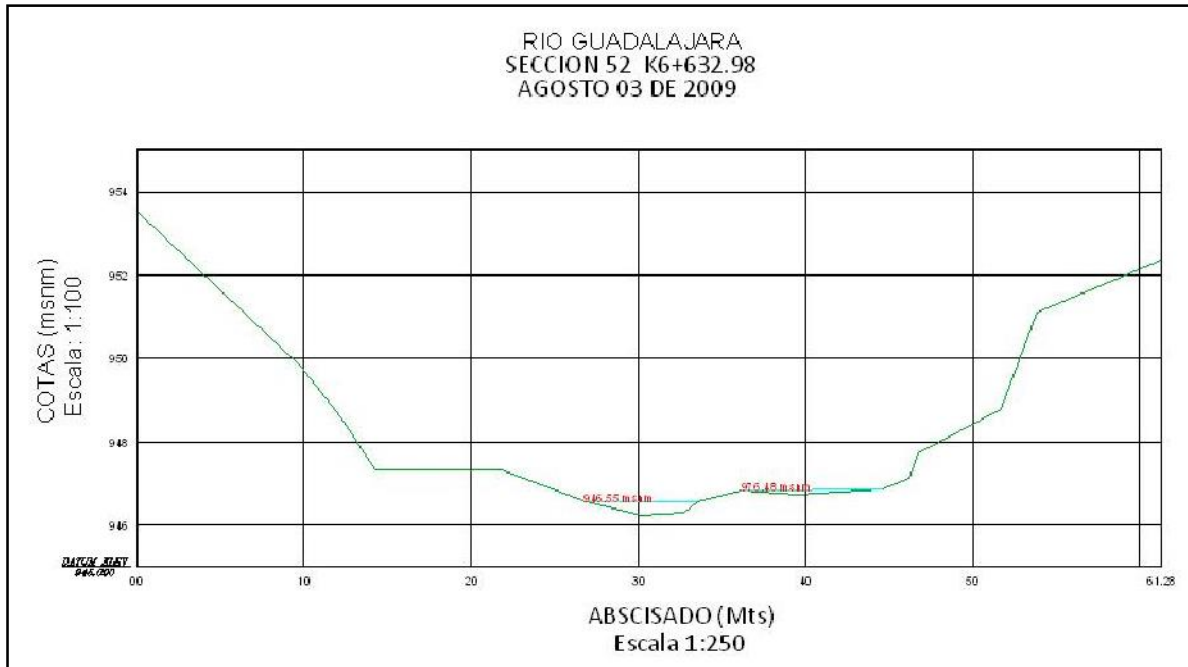
Adicionalmente este procedimiento genera un mayor rendimiento, pues la comisión topográfica no debe regresarse 1 o dos kilómetros para buscar el cierre de la poligonal, que generalmente resulta costoso y demorado, más en orillas de cuerpos de agua que generalmente están cubiertos de vegetación.

### 3.2.1. Toma de datos de Sección

La captura de datos de sección se efectúa en sentido de izquierda a derecha en sentido aguas abajo, indicando la fecha de toma y los niveles del espejo de agua, en todos los casos se toma de forma detallada el lecho seco, capturando todos los quiebres que tenga el cauce, de la misma forma se toman datos de toda la llanura de inundación del cuerpo de agua en la sección, por lo tanto las longitudes de las secciones varían dependiendo de las

características del cuerpo de agua en la abscisa estudiada. La figura 3.6 ilustra un ejemplo de sección típica del río Guadalajara.

Los datos de campo se capturaron en formato digital con cartera electrónica y se procesaron en AUTOCAD LAND.



*Figura 3.6. Ejemplo de sección típica del río Guadalajara.*

Los espaciados entre secciones varían según el cuerpo de agua y en algunos casos el tramo, las secciones resultantes están conformes con los espaciados acordados con la interventoría del proyecto y el grupo de hidráulica. Para cada sección se incluye la abscisa y en la planta general se puede visualizar su distribución.

En esta actividad se estudiaron los cuerpos de agua que se presentan en la tabla 3.3.

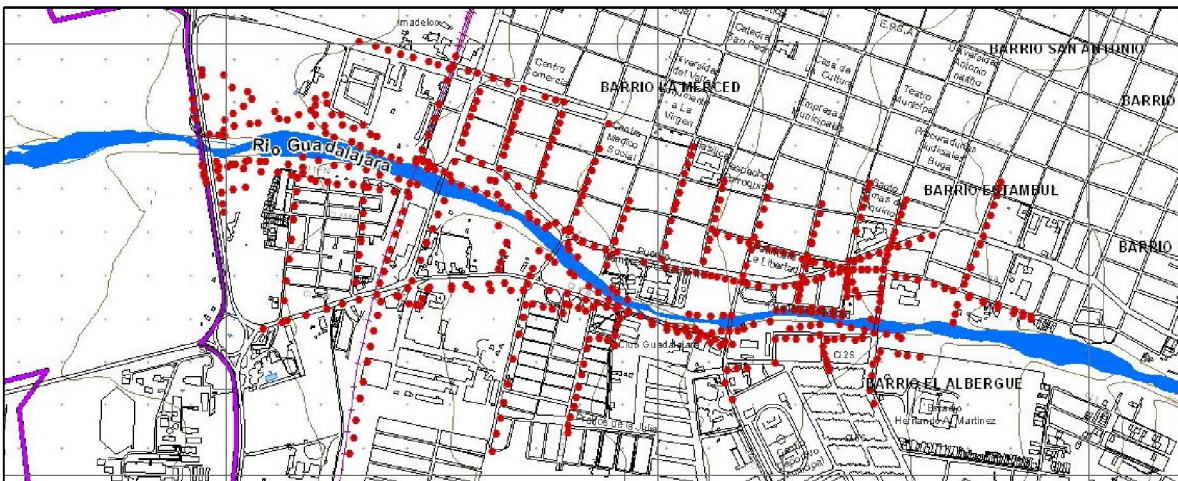
**Tabla 3.3.** Cuerpos de agua con secciones transversales

<b>CUERPO DE AGUA</b>	<b>LONGITUD ESTUDIO</b>	<b>NÚMERO DE SECCIONES</b>
Río Guadalajara	10.703 km	59
Quebrada Chambimbal	3.593 km	11
Acequia Chambimbal	3.049 km	6
Acequia El Albergue	2.103 km	7
Acequia El Chircal	2.079 km	6
Quebrada La Julia	2.603 km	6
Quebrada Honda	4.318 km	21
Quebrada La Pachita	1.594 km	18

La localización de las secciones levantadas se ilustran en el plano de localización general de secciones transversales de los cuerpos de agua estudiados (Mapa 3.1, Mapa 3.2, Mapa 3.3), y las secciones transversales respectivas se encuentran en el anexo independiente de secciones transversales del municipio de Buga.

### 3.3. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Los levantamientos topográficos complementarios que se realizaron en el municipio de Buga, correspondieron a la densificación de datos topográficos en zonas aledañas al río Guadalajara para mejorar la representación topográfica a través del modelo digital de elevación, insumo necesario para la modelación de los eventos de inundaciones y avenidas torrenciales. En la figura 3.7 se ilustran las zonas que se levantaron para la densificación de puntos.



**Figura 3.7.** Zonas con densificación de puntos topográficos.



## **4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### **4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

La información geográfica y cartográfica generada en el proyecto MIDAS 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 será migrada al nuevo Sistema de Referencia Nacional MAGNA, conforme a la política nacional, se utiliza el modelo de Molodensky Badekas y los parámetros de transformación de la región VI. La información geográfica y cartográfica generada por el proyecto MIDAS hasta el momento es la correspondiente al uso del suelo urbano, procesos morfodinámicos, geológico, unidades superficiales, isoyetas mensuales multianuales y precipitaciones máximas.

Se presenta la propuesta de estructuración para la temática de unidades superficiales, para las temáticas de procesos morfodinámicos, geológico, e isoyetas, se presenta la estructura con las adiciones propuestas. Se anexa propuesta de estructuración (Anexo 4.1) y de adiciones a la estructuración planteada por CVC (Anexo 4.2).

##### **4.1. RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

La información cartográfica recopilada y disponible en formato digital es la correspondiente al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio y la suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC- la cual se describe en las Tablas 4.1 a 4.4. En la información cartográfica del POT aparece disponible la escala de impresión a 1:10.000 y como fecha el año 1999. La información cartográfica disponible en CVC a escala 1:5000 es producto de restitución fotogramétrica de las fotografías aéreas del vuelo FAL 407 F-01, F-02 y F-03, a escala 1:12.600, 1:12.500 y 1:12.350 respectivamente del año 1998.

**Tabla 4.1.** Información Cartográfica del POT.

Tema	Dátum	Formato	Geometría	Descripción
Deslizamiento	BOGOTA	DWG	Polígono	Zonificación de deslizamientos (alto, medio, bajo y muy bajo).
Incendio	BOGOTA	DWG	Polígono	Incendios forestales y de laderas (muy alto, alto, medio, bajo).
Amenazas	BOGOTA	DWG	Polígono	Zona inundable que no representa riesgo, zona predictiva para inundación, zona inundable, zonas de protección a orillas del río, zona de recuperación ambiental por deslizamiento.
Básico	BOGOTA	DWG	Línea, Polígono	Líneas: Límite de corregimiento, red hídrica, vías férreas.
				Polígonos: Construcciones, Lagos
Urbano	BOGOTA	DWG	Línea, Punto	Líneas: Barrios con alta y muy alta densidad neta HAB/HA.
				Puntos: Botaderos de basura, zonas inundables, escorrentías, deslizamientos, contaminación por olores ofensivos, contaminación por ruido, contaminación por pavesa, escombreras, vectores, hundimientos, humedad, vertimientos aguas residuales.
Conflictos	BOGOTA	DWG	Polígono	Suelos de protección, alto conflicto, moderado conflicto, bajo conflicto, sin conflicto, suelo urbano, suelo de expansión y suelo suburbano.
Contaminación	BOGOTA	DWG	Polígono	Área de influencia-Contaminación atmosférica por fuente fija, área de influencia-contaminación atmosférica por fuente móvil.
Inundación	BOGOTA	DWG	Polígono	Amenaza alta: 1 evento cada 2 años, amenaza moderada: 1 evento cada 25 años.
Minería	BOGOTA	DWG	Polígono, Punto	Punto: canteras.
				Polígono: Materiales de arrastre(arenas), Aporte 1188-Empresa Colombiana de Carbón LTDA, licencia 16365-11 materiales de construcción, licencia 22357-11 Ingeniesa S.A.
Parques84-99	BOGOTA	DWG	Polígono	Parques existentes en 1984(PIDOB84), parque existentes en 1999(Secretaria del medio ambiente)

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

Suelos de protección	BOGOTA	DWG	Polígono	Parque Nacional Natural las Herosas, zona de reserva forestal central, paramo de las Domínguez, laguna de sonso, área de influencia de la laguna de sonso, madres viejas, bosque natural, reserva forestal municipal, estación biológica el vinculo, área forestal protectora, red de reservas de la sociedad civil, suelo de recuperación, campo hermoso.
Incendios forestales	BOGOTA	DWG	Polígono	Incendios forestales y de laderas (muy alto, alto, medio, bajo).
Uso actual	BOGOTA	DWG	Polígono	Árboles frutales, BA, bosque guadua, bosque natural, bosque plantado, café, caña, cultivos transitorios, hortalizas, laguna, madre vieja, piscícola, pastos manejados, pastos naturales, rastrojos, reservorios, vegetación páramo, zona industrial, zona urbana.
Uso potencial	BOGOTA	DWG	Polígono	Cultivo con aptitud forestal(C2/AF, C2/F2), C3/F2, C3/C4, C4/F2, F2/F3, cultivo terreno plano mecanizado(C1), cultivo terreno ligeramente ondulado(C2), cultivo mecanización restringida(C3), cultivo práctica conservación de suelos(C4), forestal produc/protec(F2), protección(F3), pastoreo(P), parque nacional(R)
Vulnerabilidad incendios	BOGOTA	DWG	Polígono	Incendios forestales y de laderas (muy alto, alto, medio, bajo).
Producción agrícola	BOGOTA	DWG	Polígono	Cultivos transitorios, cultivos permanentes, hortalizas, bulbos y frutales, bulbos y tubérculos.
Equipamientos	BOGOTA	DWG	Punto, Polígono	Punto: Escuela, colegio, puesto de salud, hospital. Polígono: vereda con propuesta de reubicación en corregimiento, cancha, cancha adaptada en lote privado.
Galerías	BOGOTA	DWG	Polígono	Galería el Tierrero, galería Central, galería Satélite, Mercado comunitario.
Acueducto	BOGOTA	DWG	Línea	Hidrantes, válvula. Tubería 4", tubería 6", tubería 8", tubería 10", tubería 12", tubería futura.
Públicos	BOGOTA	DWG	Línea, Punto	Punto: estructura separación. Línea: Interceptor combinado, cauce natural con aguas lluvias, colector existente, colector sanitario, adecuación acequia Chambimbal.
Colegios	BOGOTA	DWG	Punto	Centros educativos.
Pulmones	BOGOTA	DWG	Polígono	Zonas verdes a rehabilitar

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

Salud	BOGOTA	DWG	Punto	Centros de salud.
Afectación	BOGOTA	DWG	Polígono	Área comercial, centro histórico, área de influencia histórica, sector histórico con afectación comercial.
Construcción93-99	BOGOTA	DWG	Línea	Construido en 1993, construido en 1999.
Crecimiento	BOGOTA	DWG	Polígono	Desarrollo a 1600, desarrollo a 1868, desarrollo a 1952, desarrollo a 1960, desarrollo a 1977, desarrollo a 1989, desarrollo a 1999.
EP - efectivo	BOGOTA	DWG	Texto	Información por barrios y comunas de espacio público (área, habitantes, EP-total, EP general, EP-efectivo)
Homogéneas	BOGOTA	DWG	Polígono	Limite de zona homogénea, zona comercial, zona institucional, zona recreacional, zona libre, zona de vivienda.
Patrones	BOGOTA	DWG	Polígono	Patrones residenciales (patrón reticular, patrón rectangular, patrón de parcelación), patrones no residenciales (industria, comercio, institucional).
Perim - Actuales	BOGOTA	DWG	Línea, Polígono	Línea: Perímetro construido en 1999, perímetro urbano, perímetro de expansión, perímetro de acueducto, perímetro de alcantarillado. Polígono: acueducto, alcantarillado.
Urbano-base	BOGOTA	DWG	Punto	Escuelas, estaciones de policía, hospitales, iglesias, hoteles.
Usos	BOGOTA	DWG	Polígono	Vivienda, comercio, institucional, industria, zona verde, aire libre, vivienda-comercio, vivienda-institucional, comercio-institucional.
1972	BOGOTA	DWG	Polígono, línea	Polígono: Zona histórica. Línea: vía de par vial.
Buses	BOGOTA	DWG	Línea	Rutas buses urbanos (de la 1 a la 6)
Busetas	BOGOTA	DWG	Línea	Ruta 1(Alto bonito), ruta 2(bello horizonte), Ruta 3(El Jardín), ruta 4(palo blanco), ruta 5(El porvenir), ruta 6brisas/manantial).
Estado rural	BOGOTA	DWG	Punto, línea, Polígono	Punto: sitio de derrumbes, banca de vía inestable, Hundimientos en la vía, sitio de accidentes, sitio erosionado. Línea: vía nacional, vía rural pavimentada, vía rural sin pavimentar, vía rural en regular estado, vía rural en mal estado. Polígono: sector con vía muy estrecha.
Estado Vias	BOGOTA	DWG	Línea	Relativo mal estado, regular estado, mal estado, pésimo estado.

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

Jerarquización	BOGOTA	DWG	Línea	Vía de flujo continuo, pare, vía de dos calzadas, una calzada con doble sentido de flujo.
Malla Actual	BOGOTA	DWG	Línea	Vía de dos calzadas, vía de una calzada bidireccional, vía de par vial principal unidireccional, vías locales, vía peatonal.
Parqueaderos	BOGOTA	DWG	Punto	Parqueaderos (capacidad para vehículos y motos)
Transporte	BOGOTA	DWG	Polígono, Punto	Polígono: Transportes Buga, transportes Chunchipa-Coopetrans Tulua, transportes calima, trans – unidos. Punto: destinos.
Vial1972	BOGOTA	DWG	Línea	Anillos perimetrales, vías de interconexión y penetración, ciclovías, vías peatonales.
Vial Maestro	BOGOTA	DWG		
Vial Rural	BOGOTA	DWG	Línea	Vía pavimentada, vía sin pavimentar.

**Tabla 4.2.** Información Cartográfica Básica CVC de la Cuenca Guadalajara.

Tema	Dátum	Formato	Geometría	Descripción
texsitio	Bogotá	SHAPE	Anotaciones	Texto Sitio
texmarca	Bogotá	SHAPE	Anotaciones	Texto Marca
c2301	Bogotá	SHAPE	Anotaciones	Construcción
c2323	Bogotá	SHAPE	Anotaciones	Construcción
c3417	Bogotá	SHAPE	Anotaciones	Torres de Energía
texvereda	Bogotá	SHAPE	Anotaciones	Texto Vereda
c3101	Bogotá	SHAPE	Línea	Vía Pavimentada
c3102	Bogotá	SHAPE	Línea	Caminos
c3103	Bogotá	SHAPE	Línea	Vías Férreas
c3109	Bogotá	SHAPE	Línea	Vías Peatonales
c3202	Bogotá	SHAPE	Línea	Pista de carreteo y aterrizaje
c3411	Bogotá	SHAPE	Línea	Puentes
c3414	Bogotá	SHAPE	Línea	Líneas de Transmisión
c5103	Bogotá	SHAPE	Línea	Acequias
c5124	Bogotá	SHAPE	Línea	Ríos sencillos y Quebradas
c5302	Bogotá	SHAPE	Línea	Dique, Presa
c6101	Bogotá	SHAPE	Línea	Curvas de Nivel
c5101	Bogotá	SHAPE	polígono	Ríos Dobles
c5102	Bogotá	SHAPE	polígono	Texto hidrografía doble
c5105	Bogotá	SHAPE	polígono	Manantial, humedad, ojo de agua
c5112	Bogotá	SHAPE	polígono	Lagos
c5114	Bogotá	SHAPE	polígono	Ciénagas y pantanos
c5201	Bogotá	SHAPE	polígono	Arena Río
c5206	Bogotá	SHAPE	polígono	Isla
c2308	Bogotá	SHAPE	polígono	Construcciones
c7150	Bogotá	SHAPE	polígono	Límite

**Tabla 4.3. Información Cartográfica Temática CVC de la Cuenca Guadalajara.**

Tema	Año	Dátum	Formato	Geometría	Descripción
Isoyetas29_97	1997	Bogotá	Coverage	Línea	
Geología Estructural29		Bogotá	Coverage	Línea	Contacto discordante, Eje anticlinal, Eje sinclinal, Falla, Falla inferida o cubierta.
Piedemonte29		Bogotá	Coverage	Polígono	Línea que delimita el Piedemonte de la Cuenca
Morfometría Cuenca29		Bogotá	Coverage	Polígono	Cálido, frío, medio, subparamo.
Uso Actual29_98	1998	Bogotá	Coverage	Polígono	Árboles frutales, bosque de guadua, bosque natural, bosque plantado, café, caña de azúcar, cultivos transitorios, laguna, laguna de sonso, madre vieja, pasto cultivado, pasto natural, piscícola, rastrojo, reservorio, zona industrial, zona urbana
Limite29		Bogotá	Coverage	Polígono	Guadalajara
Suelo29_98	1998	Bogotá	Coverage	Polígono	Asociación: arcadia-la zapata, buga-alaska, el placer-tequendama, Guadalajara-san pablo, holguin-las camelias, la uribe-pacifico, llanadas-saldana, nogales-el prodigio, Sevilla-camelias.  Ciénaga el chirca.  Complejo: Argelia-manuelita, Argelia-pradera, burriaga-palma sola, canelo-juanchito, crintias-galpon, corintias-herradura, corintias-manuelita, cruces-manuelita, esneda-nima, galpón-palmeras, herradura-palmeras, jordan-manuelita, juanchito-palma sola, manuelita-palmira, nima-palmeras, piedras-palmeras, rio cauca-sauce.  Consociación: Argelia, burriaga, canelo, coke, galpón, genova, herradura, juanchito, madre vieja, manuelita, palma sola, palmeras, piedras, pradera, puerto molina, rio cauca, sauce.  Zu-Buga.
Laderas36		Bogotá	Coverage	Polígono	Ladera, plana
Susceptibilidad-Erosión29_98	1998	Bogotá	Coverage	Polígono	Alta, baja, media, muy baja
Salinidad29_88	1988	Bogotá	Coverage	Polígono	Unidad: (BU-PO)aS1(N/X), (CL-JN)a(N/S1)(X/Na), (CL-JN)aX, (JN-PO)aE(S1/N), arana, BUa(N/Y)X, CKa(Y/N)X, CKaNa, CLa(Y/N), GLaNa, HEa(S1/X), HEa(Y/S1)X, JNa(S1/Y), JNa(S1/Y)X, JNaS1, JNaY, MNa(Y/N), MNaNa, Normal, POaE(Y/N), POaES2(X/Na), POaNaE.



**Tabla 4.3.** Información Cartográfica Temática CVC de la Cuenca Guadalajara (Continuación).

Geomorfología29		Bogotá	Coverage	Polígono	Depósitos aluviales recientes, llanura aluvial de piedemonte, llanura aluvial río cauca, Relieve colinado altura moderada vertiente interm quiebre pendiente inclinación moderada, relieve colinado ondulado, relieve montañoso fluvio erosional, terrazas torrenciales.
Reserva29		Bogotá	Coverage	Polígono	RF Municipio de Buga, RNR Laguna de Sonso o ciénaga del Chircal (Amortiguación, Cota 937), sin reserva.
Geología29		Bogotá	Coverage	Polígono	Batolito de Buga, conos abanicos antiguos, depósitos aluviales, formación Amaime, formación la paila, macizo ofiolítico de ginebra, terrazas aluvio torrenciales.
Pisos Térmicos29		Bogotá	Coverage	Polígono	Cálido, frío, medio, muy frío
Zonas de vida29		Bogotá	Coverage	Polígono	Bosque húmedo montano bajo, bosque húmedo premontano, bosque muy húmedo montano, bosque muy húmedo montano bajo, bosque seco premontano, bosque seco tropical.
Uso Potencial29_98	1998	Bogotá	Coverage	Polígono	Aéreas a recuperar, clase agrologica I, clase agrologica IIIs, clase agrologica IIIsh, clase agrologica II, clase agrologica IVes, clase agrologica IVs, clase agrologica IVsh, clase agrologica Vh, clase agrologica Vs, cultivos densos, cultivos en multiestrato, cultivos semilimpios, Reserva ciénaga Chircal, tierras forestales de producción, tierras forestales de protección, tierras forestales de protección/producción, zona urbana.
Erosión29_90	1990	Bogotá	Coverage	Polígono	Ligero, moderado, muy severo, natural, severa, sin evaluar
Provincias de humedad29		Bogotá	Coverage	Polígono	Humedo, Perhumedo, subhumedo.
Unidades Biofísicas29_98	1998	Bogotá	Coverage	Polígono	Ch41HS, Ch51HS, Cs11HM, Cs12HM, Cs13HM, Cs21HM, Cs31HM, Cs33HM, Cs34HM, Cs35HM, Cs36ZU, Fp81F, Fp82F, Mh61HS, Mh62HS, Mh71HS, Mh72HS, Pp91F.
Conflicto29_98	1998	Bogotá	Coverage	Polígono	Alto, moderado, sin conflicto, sin evaluar
Pendientes29		Bogotá	Coverage	Polígono	Escarpado, fuertemente inclinado, fuertemente quebrado, ligeramente inclinado a inclinado, plano.
Municipio29		Bogotá	Coverage	Polígono	Buga, San Pedro
Corregimiento29		Bogotá	Coverage	Polígono	Buenos aires, chambimbal, chambimball, el placer, frisoles, la habana, la maría, monterrey, nogales, presidente1, presidente2, quebradaseca, quebradaseca1, todos los santos2, vinculo1, zanjón hondo, zu buga.

**Tabla 4.4.** Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000<sup>5</sup>.

Plancha	Tema	Año	Escala	Dátum	Formato	Geometría	Descripción
261iiid2c	c1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
261iiid2c	c1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos aerotriangulación
261iiid2c	c1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Punto de cota
261iiid2c	c1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	
261iiid2c	c2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
261iiid2c	c2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
261iiid2c	c2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iiid2c	c2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iiid2c	c2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Piscinas
261iiid2c	c2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
261iiid2c	c2343	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Jarillón
261iiid2c	c3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Camino
261iiid2c	c3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
261iiid2c	c3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía peatonales
261iiid2c	c3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	
261iiid2c	c3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
261iiid2c	c3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
261iiid2c	c3415	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Tubería-oleoducto
261iiid2c	c3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
261iiid2c	c4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
261iiid2c	c4201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Arboles
261iiid2c	c5102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Canal doble
261iiid2c	c5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
261iiid2c	c5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iiid2c	c6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel

<sup>5</sup> Producto de restitución fotogramétrica realizada por FAL Ltda para la CVC.

**Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).**

261iiid2d	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
261iiid2d	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
261iiid2d	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
261iiid2d	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid2d	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
261iiid2d	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Centros poblados
261iiid2d	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
261iiid2d	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
261iiid2d	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iiid2d	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iiid2d	2312	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid2d	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
261iiid2d	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
261iiid2d	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
261iiid2d	2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Tanque
261iiid2d	2343	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Jarillón
261iiid2d	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
261iiid2d	3103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías férreas
261iiid2d	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
261iiid2d	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
261iiid2d	3120	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Carreteables
261iiid2d	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
261iiid2d	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid2d	3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
261iiid2d	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
261iiid2d	3414	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Línea de transmisión
261iiid2d	3415	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Tubería – oleoducto
261iiid2d	3417	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Torres de energía

**Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).**

261iiid2d	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Poste
261iiid2d	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
261iiid2d	4201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Árboles
261iiid2d	5101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ríos dobles
261iiid2d	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
261iiid2d	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iiid2d	5114	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ciénagas y Pantanos
261iiid2d	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos
261iiid2d	5128	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Jagüey (aljibe)
261iiid2d	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
261iiid4a	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
261iiid4a	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
261iiid4a	1103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Fotocontrol
261iiid4a	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4a	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
261iiid4a	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4a	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
261iiid4a	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
261iiid4a	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
261iiid4a	2309	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Zonas de parques
261iiid4a	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iiid4a	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iiid4a	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
261iiid4a	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
261iiid4a	2336	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Tapa de Cámara
261iiid4a	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
261iiid4a	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
261iiid4a	3103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías férreas

**Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).**

261iiid4a	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
261iiid4a	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
261iiid4a	3120	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Carreteables
261iiid4a	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
261iiid4a	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid4a	3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
261iiid4a	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
261iiid4a	3415	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Tubería – oleoducto
261iiid4a	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
261iiid4a	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
261iiid4a	4201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Arboles
261iiid4a	5101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ríos Dobles
261iiid4a	5102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Canal doble
261iiid4a	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
261iiid4a	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iiid4a	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos
261iiid4a	5128	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Jagüey – Aljibe
261iiid4a	5201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Arena – Río
261iiid4a	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
261iiid4b	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
261iiid4b	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
261iiid4b	1103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Fotocontrol
261iiid4b	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4b	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
261iiid4b	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4b	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
261iiid4b	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
261iiid4b	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas

**Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).**

261iiid4b	2309	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Zonas de parques
261iiid4b	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iiid4b	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iiid4b	2312	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid4b	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
261iiid4b	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
261iiid4b	2336	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Tapa de Cámara
261iiid4b	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
261iiid4b	2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Tanque
261iiid4b	2343	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Jarillón
261iiid4b	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
261iiid4b	3103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías férreas
261iiid4b	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
261iiid4b	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
261iiid4b	3120	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Carreteables
261iiid4b	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
261iiid4b	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid4b	3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
261iiid4b	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
261iiid4b	3414	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Línea de Transmisión
261iiid4b	3417	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Torres de energía
261iiid4b	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
261iiid4b	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
261iiid4b	5102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Canal doble
261iiid4b	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
261iiid4b	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iiid4b	5114	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ciénagas y Pantanos
261iiid4b	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos

**Tabla 4.4.** Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).

261iiid4b	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
261iiid4c	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
261iiid4c	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
261iiid4c	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4c	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
261iiid4c	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4c	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
261iiid4c	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
261iiid4c	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
261iiid4c	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iiid4c	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iiid4c	2312	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid4c	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
261iiid4c	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
261iiid4c	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
261iiid4c	2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Tanque
261iiid4c	2343	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Jarillón
261iiid4c	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
261iiid4c	3103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías férreas
261iiid4c	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
261iiid4c	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
261iiid4c	3120	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Carreteables
261iiid4c	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
261iiid4c	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid4c	3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
261iiid4c	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
261iiid4c	3414	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Línea de Transmisión
261iiid4c	3415	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Tubería - oleoducto

**Tabla 4.4.** Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).

261iiid4c	3417	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Torres de energía
261iiid4c	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
261iiid4c	4102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Zonas blandas
261iiid4c	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
261iiid4c	5101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ríos dobles
261iiid4c	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
261iiid4c	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iiid4c	5114	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ciénagas y pantanos
261iiid4c	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos
261iiid4c	5128	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Jagüey – Aljibe
261iiid4c	5201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Arena Río
261iiid4c	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
261iiid4d	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	coordenadas
261iiid4d	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
261iiid4d	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4d	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
261iiid4d	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iiid4d	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
261iiid4d	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	construcciones
261iiid4d	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
261iiid4d	2309	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Zonas de parques
261iiid4d	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iiid4d	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iiid4d	2312	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid4d	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
261iiid4d	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
261iiid4d	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
261iiid4d	2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	tanque



**Tabla 4.4.** Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).

261iiid4d	2343	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Jarillón
261iiid4d	3101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
261iiid4d	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
261iiid4d	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
261iiid4d	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
261iiid4d	3120	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Carreteables
261iiid4d	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
261iiid4d	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iiid4d	3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
261iiid4d	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
261iiid4d	3414	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Línea de Transmisión
261iiid4d	3415	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Tubería - oleoducto
261iiid4d	3417	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Torres de energía
261iiid4d	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
261iiid4d	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
261iiid4d	4201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Arboles
261iiid4d	5101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ríos dobles
261iiid4d	5102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Canal doble
261iiid4d	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
261iiid4d	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iiid4d	5114	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ciénagas y pantanos
261iiid4d	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos
261iiid4d	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
280ib2a	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
280ib2a	1103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Fotocontrol
280ib2a	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
280ib2a	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
280ib2a	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota

**Tabla 4.4.** Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).

280ib2a	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
280ib2a	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
280ib2a	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
280ib2a	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
280ib2a	3103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías férreas
280ib2a	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
280ib2a	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
280ib2a	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
280ib2a	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
280ib2a	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
280ib2a	3414	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Línea de Transmisión
280ib2a	3417	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Torres de energía
280ib2a	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
280ib2a	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
280ib2a	4201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Arboles
280ib2a	5101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ríos dobles
280ib2a	5102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Canal doble
280ib2a	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
280ib2a	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
280ib2a	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos
280ib2a	5128	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Jagüey – Aljibe
280ib2a	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
280ib2b	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	coordenadas
280ib2b	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
280ib2b	1103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Fotocontrol
280ib2b	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
280ib2b	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
280ib2b	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota

**Tabla 4.4.** Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000 (Continuación).

280ib2b	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
280ib2b	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
280ib2b	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
280ib2b	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
280ib2b	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
280ib2b	2312	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
280ib2b	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
280ib2b	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
280ib2b	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
280ib2b	2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Tanque
280ib2b	2343	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Jarillón
280ib2b	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
280ib2b	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
280ib2b	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
280ib2b	3120	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Carreteables
280ib2b	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
280ib2b	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
280ib2b	3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
280ib2b	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
280ib2b	3417	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Torres de energía
280ib2b	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
280ib2b	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
280ib2b	4201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Arboles
280ib2b	5101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ríos dobles
280ib2b	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
280ib2b	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
280ib2b	5114	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ciénagas y pantanos
280ib2b	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos
280ib2b	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel

Con los recursos del proyecto se adquirió la cartografía digital disponible en formato DXF a escala 1:2000 en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), producto de restitución fotogramétrica del año 1998 a partir de fotografías aéreas del año 1996, esta cartografía se encuentra disponible en el IGAC en coordenadas planas cartesianas con origen en el punto V-T26 de coordenadas geográficas: Latitud 3°53'59.454"Norte y Longitud 76°17'05.422" Oeste, al se le asignaron las coordenadas planas: 22723.240 metros Norte y 88421.400 metros Este, plano de proyección 970 metros sobre el nivel medio del mar, la descripción de las capas adquiridas se describen en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5.** Información Cartográfica Básica IGAC 1:2000<sup>6</sup>.

Tema	Dátum	Formato	Geometría	Descripción
1102	Bogotá	DXF	Punto	Punto de nivelación
1201	Bogotá	DXF	Punto	Punto de aerotriangulación
1202	Bogotá	DXF	Punto	Punto de cota fotogramétrica
1999	Bogotá	DXF	Punto	Textos
2307	Bogotá	DXF	Región	Área deportiva
2310	Bogotá	DXF	Línea	Muro
2311	Bogotá	DXF	Línea	Cerca
2323	Bogotá	DXF	Región	Limite de edificación
2325	Bogotá	DXF	Punto	Construcción

<sup>6</sup> Producto de restitución fotogramétrica realizada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

**Tabla 4.5.** Información Cartográfica Básica IGAC 1:2000 (Continuación).

2329	Bogotá	DXF	Región	Subestación eléctrica
2330	Bogotá	DXF	Región	Lote
2332	Bogotá	DXF	Región	Límite de manzana
2333	Bogotá	DXF	Región	Límite de manzana aproximado
2336	Bogotá	DXF	Punto	Alcantarilla
2339	Bogotá	DXF	Región	Piscina
2341	Bogotá	DXF	Región	Tanque
3103	Bogotá	DXF	Línea	Ferrocarril
3105	Bogotá	DXF	Línea	Vía peatonal
3111	Bogotá	DXF	Línea	Eje vial
3120	Bogotá	DXF	Región	Separador
3411	Bogotá	DXF	Línea	Puente
3414	Bogotá	DXF	Línea	Red de alta tensión (cable)
3415	Bogotá	DXF	Línea	Tubería
3417	Bogotá	DXF	Punto	Torre
3420	Bogotá	DXF	Punto	Poste
4101	Bogotá	DXF	Punto	Árbol
4102	Bogotá	DXF	Región	Zona verde
4107	Bogotá	DXF	Región	Bosque
5101	Bogotá	DXF	Región	Drenaje doble
5102	Bogotá	DXF	Región	Canal doble
5103	Bogotá	DXF	Línea	Canal sencillo acequia
5112	Bogotá	DXF	Región	Laguna
5124	Bogotá	DXF	Línea	Drenaje sencillo
5201	Bogotá	DXF	Región	Banco de arena (arenal)
5206	Bogotá	DXF	Región	Isla
6101	Bogotá	DXF	Línea	Curva índice
6212	Bogotá	DXF	Línea	Curva de depresión

## **4.2. ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y GEOGRÁFICA**

La información geográfica y cartográfica generada en el proyecto MIDAS 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 de Molodensky Badekas y los parámetros de transformación de la región VI.

La información geográfica y cartográfica generada por el proyecto MIDAS es la correspondiente al uso del suelo urbano y cobertura de suelo de la zona de estudio, procesos morfodinámicos, geológico, unidades superficiales, isoyetas mensuales multianuales, puntos de infiltración, muestreos geotécnicos, líneas geofísicas, secciones transversales, modelo digital de elevación y límites de manzanas.

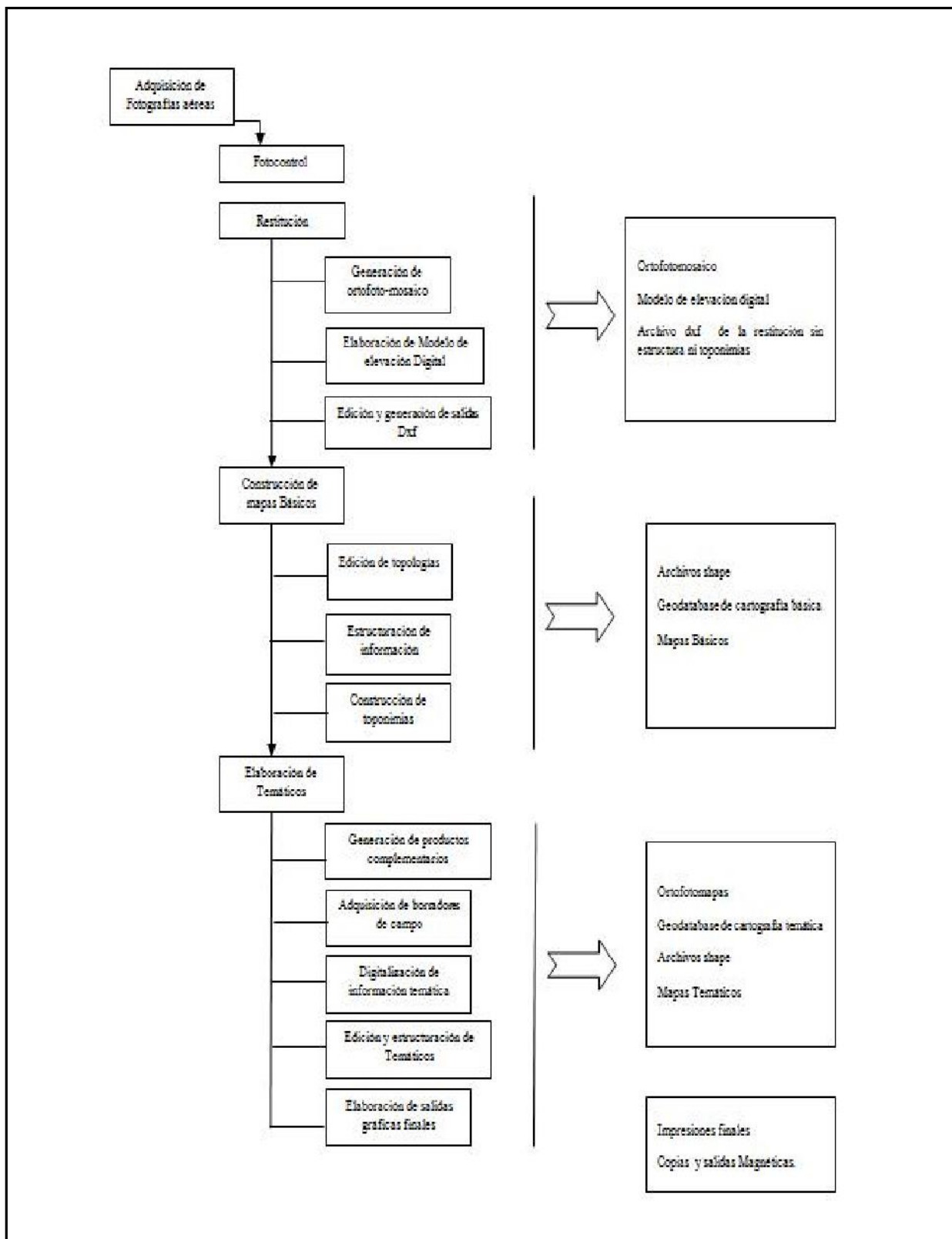
Se presenta la propuesta de estructuración para la temática de unidades superficiales, uso de suelo urbano, cobertura de suelo, puntos de infiltración y muestreos geotécnicos, para las temáticas de procesos morfodinámicos, geológico, pendientes e isoyetas, se presenta la estructura con las adiciones propuestas. Se anexa propuesta de estructuración (anexo 4.1) y de adiciones a la estructuración planteada por CVC (anexo 4.2).

## **4.3. GENERACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA**

### **4.3.1. Mapa básico**

El mapa básico de la zona urbana y de expansión del municipio de Buga se presenta en escala de impresión 1:10000 (Mapa 4.1), y se realizó a partir de la cartografía digital adquirida en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:2.000 en formato DXF con coordenadas cartesianas en el sistema de referencia con datum Bogotá, y de los perímetros de manzanas actualizadas al año 2010, disponibles en la oficina de planeación municipal, en formato DWG con coordenadas arbitrarias. Las curvas de nivel presentadas con intervalos de espaciamiento cada 5 metros, son generadas a partir del modelo digital de elevación construido con las curvas de nivel adquiridas en el IGAC, los datos correspondientes al levantamiento de las secciones transversales y al levantamiento topográfico de las zonas aledañas al río Guadalajara que históricamente se han inundado.

Para migrar esta información al sistema de referencia Magna se utilizó el programa de sistema de información geográfica ArcGis 9.3, en el cual es necesario definir el sistema de proyección de la cartografía fuente, por tanto se creó un archivo .prj con los siguientes parámetros:



*Figura 4.1 Flujo de procesos y productos cartográficos del proyecto.*

```

PROJCS ["Buga", GEOGCS ["GCS_Bogota", DATUM ["<custom>", SPHEROID ["<custom>"
, 6379358.0, 297.0]], PRIMEM ["Greenwich", 0.0], UNIT ["Degree", 0.01745329251
99433]], PROJECTION ["Transverse_Mercator"], PARAMETER ["False_Easting", 88
421.0], PARAMETER ["False_Northing", 22723.0], PARAMETER ["Central_Meridian
", -
76.28483944], PARAMETER ["Scale_Factor", 1.0], PARAMETER ["Latitude_Of_Orig
in", 3.899848333], UNIT ["Meter", 1.0]]

```

Definido el sistema de proyección de coordenadas cartesianas con dátum Bogotá se realiza la conversión a coordenadas geográficas para realizar la transformación a coordenadas geográficas con dátum Magna y su posterior conversión a coordenadas planas Gauss Kruger con sistema de proyección oeste con los siguientes parámetros:

```

Projected Coordinate System:      MAGNA_Colombia_Oeste
Projection:      Transverse_Mercator
False_Easting:1000000,00000000
False_Northing:      1000000,00000000
Central_Meridian:      -77,07750792
Scale_Factor: 1,00000000
Latitude_Of_Origin: 4,59620042
Linear Unit:      Meter

```

Para la generación de mapas temáticos es necesario utilizar la cartografía básica disponible en escala 1:5.000, la cual fue convertida a coordenadas geográfica dátum Bogotá, transformadas a coordenadas geográficas dátum Magna y convertida a coordenadas planas Gauss Kruger con sistema de proyección oeste con los parámetros anteriormente descritos, se presenta un mapa básico a escala de impresión 1:10.000 basado en esta cartografía base a escala 1:5.000 en el sistema de referencia Magna.

Con la información recopilada se genera el Mapa de Elevación Digital (Ver Mapa 4.2).

#### **4.3.2. Mapa Geológico**

El mapa geológico incluye las unidades geológicas y estructurales identificadas por el grupo de geología, la representación geométrica de ésta temática se realizó a partir de la digitalización de la cartografía realizada por el grupo, producto del trabajo de campo y fotointerpretación de fotografías aéreas disponibles del año 1998 y modelo digital de elevación de 30 metros de resolución, este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica a escala 1:5.000 e impreso a escala 1:10.000 por ser la escala del trabajo de campo.

#### **4.3.3. Mapa Geomorfológico y Morfodinámico**

Partiendo de la compilación realizada por el grupo de geología de la información de interés sobre deslizamientos, erosión, avalanchas, 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.



Este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica a escala 1:5.000 e impreso a escala 1:10.000 por ser la escala del trabajo de campo.

#### **4.3.4. 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, suelos aluviales recientes y suelo transportado, las cuales coinciden con las unidades geológicas identificadas previamente. Este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica a escala 1:5.000 e impreso a escala 1:10.000 por ser la escala del trabajo de campo.

#### **4.3.5. Mapa de Uso de Suelo Urbano**

Este mapa es el producto del trabajo de campo del grupo de Hidrología, el cual tomó como base el mapa de uso de suelo urbano del POT, actualizando los usos dentro del perímetro urbano y de la zona de expansión sobre cartografía base a escala 1:5.000 impresa a escala 1:10.000.

Este mapa es realizado en el sistema de referencia Magna sobre la base cartográfica a escala 1:5.000 e impreso a escala 1:10.000 por ser la escala del trabajo de campo.

#### **4.3.6. Mapa de Isoyetas Mensuales Multianuales y Mapa de Precipitaciones Máximas 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 periodos de 24, 48 y 72 horas cada uno con tasas de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años en el sistema de referencia con dátum Bogotá, por tanto se procedió a realizar la conversión a coordenadas geográficas y la transformación a dátum Magna para la conversión a coordenadas planas Gauss Kruger con origen de proyección oeste. 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 parte de los municipios de Yotoco, Buga, San Pedro, Tuluá, Riofrío, Andalucía, Trujillo y Bugalagrande, de la cual se extrajeron las isolíneas correspondientes al área de estudio del municipio de Buga.

Los mapas de isoyetas mensuales y anual se realizaron sobre la base cartográfica de la CVC a escala 1:25.000 a nivel de la cuenca de Guadalajara, previamente migrada al dátum Magna, e impresos a escala 1:150.000.

Los mapas de precipitaciones máximas de 24, 48 y 72 horas se presentan por período con las tasas de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años en tamaño doble carta a escala 1:75.000, en el sistema de referencia Magna.

#### **4.3.7. Mapa de Zonas con mayor frecuencia de Inundaciones y Deslizamientos**

Este mapa contiene las zonas con mayor frecuencia de inundaciones y deslizamientos en la zona urbana del municipio delimitadas por personal del Clopad y se le adicionaron las zonas predictivas para inundación, zonas inundables y las zonas inundables que no representan riesgos definidos en la cartografía del POT, esta información se encuentra en el sistema de referencia con dátum Bogotá, la cual fue migrada al sistema de referencia Magna. Este mapa se realizó sobre la base cartográfica a escala 1:5.000 e impreso a escala 1:10.000.

## **5. GEOLOGÍA**

## **5. GEOLOGÍA**

A continuación se describe la geología, las formaciones superficiales, la geomorfología, los fenómenos morfodinámicos, y de remoción en masa, presentes alrededor de la cabecera municipal de Buga, con el fin de establecer las bases de un mejor conocimiento de las amenazas geológicas, direccionadas a evaluar su posible afectación a sectores vulnerables de la población y su infraestructura.

### **5.1. OBJETIVO**

Cartografiar a la escala apropiada las unidades litoestratigráficas, estructuras geológicas, suelos, formaciones superficiales y rasgos morfodinámicos de la zona, con énfasis en los movimientos de remoción en masa que afectan y han afectado el sector, y las zonas de mayor susceptibilidad donde eventualmente pueden ocurrir nuevos fenómenos.

### **5.2. ALCANCE**

Obtener el mapa de fenómenos de remoción en masa: erosión, deslizamientos, reptación, caída de bloques, volcamientos, flujos, propagación lateral, subsidencia y avenidas torrenciales, que puedan afectar al casco urbano o zona de expansión de Buga.

### **5.3. METODOLOGÍA**

Se llevó a cabo la consulta y evaluación de la información geológica existente, tanto en informes como en mapas realizados por diferentes entidades: INGEOMINAS, CVC, POT, CLOPAD, empresas particulares y centros académicos. Se compiló y se hizo un resumen de la información más relevante, en especial la relacionada con la temática de las amenazas por deslizamientos y erosión. Se interpretaron de las fotografías aéreas Nos. FAL 407 F40 474 a 477, del IGAC. Al tener en cuenta que el objetivo final del trabajo geológico, y de las temáticas afines, es la identificación de las amenazas por remoción en masa; el análisis de las fotografías aéreas y de los mapas geológicos existentes, se orientó prioritariamente a la selección de las geoformas y estructuras favorables para la ocurrencia de estos fenómenos: escarpes, pendientes abruptas, sitios con fracturamiento intenso, zonas de falla, zonas con fenómenos de remoción en masa antiguos y actuales, márgenes erosivos del río Guadalajara, etc. Las escasas zonas de falla presentes, fueron seleccionadas para su recorrido en campo, pues por una parte, son sitios vulnerables a los deslizamientos, por la posible presencia de roca cizallada o triturada, y por otra, son zonas que se prestan para la infiltración de aguas superficiales, afectando la estabilidad de los suelos, aumentando la presión de poros, o de los macizos rocosos en profundidad. Las zonas escogidas *a priori*, como potencialmente inestables o propensas para la ocurrencia de estos fenómenos, se plasmaron en los mapas a utilizar en el campo a escala 1:2.000, lo cual ayudó de manera notable a su verificación en el terreno. De manera concomitante, se realizó una separación

gruesa de las unidades geomorfológicas más relevantes, en especial, de las que posiblemente pudieran estar relacionadas con cualquiera de los procesos de remoción en masa.

Mediante el trabajo de campo, se verificó la información geológica extractada de los documentos consultados, la fotointerpretación preliminar realizada, y el mapa de campo con la delimitación preliminar de las *zonas propensas* a los fenómenos que se investigan, con el fin de llevar a cabo la cartografía relacionada con el objetivo del Proyecto. Los datos obtenidos de las mediciones u observaciones de campo, se plasmaron en mapas a escala 1: 2.000 y se transfirieron a mapas a escala 1.5.000.

Durante el trabajo de campo, se obtuvo información directa de algunas personas sobre vivencias, o conocimiento de lugares donde han tenido lugar estos fenómenos en épocas recientes.

El trabajo de campo, parcialmente adelantado, se cotejó con la información histórica recientemente obtenida, obtenida por personal del proyecto, respecto a los casos de *remoción en masa*, lo cual condujo a precisar el trabajo de geología en algunos sectores particulares, como a lo largo de la acequia Chambimbal, o a lo largo del quiebre de pendiente entre la parte plana del abanico y las colinas del frente montañoso por sus pendientes de moderada a alta, propensas a los deslizamientos. Mediante líneas de refracción sísmica, se investigarán las laderas en sitios especiales de estabilidad crítica o susceptible a la remoción en masa por sus características geológicas y geomorfológicas, tal como se describen en el Apéndice 1.

#### **5.4. TRABAJOS ANTERIORES**

Sobre el municipio de BUGA, se han llevado a cabo varios estudios, y visitas geológicas e ingenieriles principalmente en la cuenca del río Guadalajara y unos pocos sobre el frente montañoso. A continuación se hace un resumen de los trabajos que interesan para los estudios que adelanta Proyecto MIDAS, y se hacen los comentarios pertinentes.

##### **5.4.1. Síntesis de los estudios anteriores y algunas de sus recomendaciones.**

*En el año de 1977, la CVC en su documento Hidrogeología del Valle del río Cauca entre Buga y Cartago, hacen una descripción de la geología superficial, la geología estructural y la geología histórica entre los municipios anteriormente mencionados.*

*En el año 1987, la CVC en el informe técnico “Deslizamiento margen izquierda del río Guadalajara a la altura del antiguo puente hacia San Pablo” se describe brevemente la geología de la zona y los deslizamientos presentes en el sector. Las causas expuestas son: fuertes pendientes, el material involucrado tal como areniscas y conglomerados, infiltración de agua, la gran cantidad de agua de escorrentía que baja desde la cabecera del río Guadalajara y lava la pata del deslizamiento, por último la vegetación no favorece el amarre del suelo. Como recomendaciones para evitar el avance progresivo del*

*deslizamiento se presentan medidas tales como la construcción de filtros en la corona del deslizamiento para captar las aguas lluvias que corren ladera abajo, diseño y construcción de espolones en la curva exterior del río que disipen la energía de las crecientes, evitando que la pata del deslizamiento continúe desgastándose y por último, cubrir con vegetación la zona erosionada para detener la infiltración del agua y el avance de la erosión.*

*En el año 1988, la CVC, la CVC en el informe técnico “Deslizamiento en Puente Negro. Río Guadalajara. Municipio de Buga, presenta las causas del problema, principalmente el deslizamiento se activa por la recepción en su parte superior, de las descargas de dos pequeñas quebradas, cuyo flujo es perpendicular al del río Guadalajara y arrastra los materiales del talud hacia el cauce del río, de esta forma los materiales arrastrados en diferentes oportunidades han taponado el cauce del río Guadalajara, ocupando en ocasiones parte de su sección transversal, desviando el flujo hacia la margen derecha (interna) del río.*

*Para la estabilización del terreno la CVC recomendó: manejo adecuado del suelo y la construcción de un canal interceptor que recoja las aguas de las quebradas que activan el deslizamiento.*

*En el año 1993, el ingeniero Freide Guzmán de la CVC, preparó un informe técnico sobre la evolución del deslizamiento de Puente Negro en donde hace una descripción de las causas del deslizamiento y estado. Recomendó la realización de un levantamiento topográfico, el estudio de la existencia de flujos subterráneos que puedan estar afectando la estabilidad del terreno, regeneración natural.*

*En el año 2000 la Alcaldía de Buga y la Cámara de Comercio, realizan El POT de Buga, el cual presenta una síntesis del diagnóstico del municipio, hecho a partir de la dimensión socio-económica y ambiental, en esta última se encuentra la descripción de las amenazas por movimientos de remoción en masa a los que se encuentra expuesto tanto en su parte urbana como rural.*

*A continuación se referencian los principales fenómenos presentes en la zona de la cuenca del río Guadalajara: En la Quebrada El Gallinazo, ubicada en la Vereda el Diamante, deslizamientos planares y pequeños carcavamientos los cuales pueden ser causantes de un represamiento de la quebrada.*

*El arenal, Vereda El Diamante: se presenta deslizamiento y carcavamiento por corte de la carretera y mal manejo de sus aguas en la zona, además de los efectos de socavamiento producto de la Quebrada El arenal.*

*La Arenera, Vereda El Janeiro: presenta flujo deslizamientos de dimensiones del orden de centenas de metro, producto del alto nivel pluviométrico y la meteorización de la roca.*

*La Habana, presenta deslizamientos, socavamiento y zona inundante en la margen derecha del río Guadalajara.*

*El Diamante - Alaska, presenta zona de desplomes a todo el largo de la carretera y sitios críticos aledaños a la población.*

*Alaska, presenta socavamiento y deslizamientos en ambas márgenes del río Guadalajara; lo cual puede representar una amenaza para la población.*

*En El Janeiro, se trata de un macro deslizamiento producido por un mal manejo técnico del terreno (remoción en masa).*

*En Guadualejo, hay problemas de erosión que generan un fuerte y frecuente escurrimiento de tierra al río Guadalajara.*

*La María, presenta deslizamientos aledaños a la Quebrada Santa Rosa y Quebrada Alto Bonito; entre las quebradas mencionadas está ubicada una población que puede presentar riesgo.*

*La Quebrada Zapata, presenta deslizamientos rotacionales a lo largo de su extensión, presenta, socavación del río Guadalajara afectando la banca, coluviones por sobrepastoreo y carcavamiento por explotación inadecuada de material de construcción. En la región montañosa oriental en El Placer, se presenta deslizamiento sobre la carretera.*

*En Miravalle, se presentan movimientos en masa por corte de la carretera en rocas sedimentarias terciarias y sobrepastoreo.*

*En Las frías - La Habana: roca altamente meteorizada produce deslizamientos y flujos torrenciales en la Quebrada La Fría.*

*En Alaska - El Diamante se presenta deslizamientos que son producidos de efectos tectónicos, alta meteorización de la roca y explotación inadecuada del material meteorizado.*

*En Las frías - El placer: Se presentan gran cantidad de movimientos en masa debido al alto grado de meteorización producto de la alta humedad de la zona, además un alto fracturamiento de la roca, debido a efectos tectónicos locales.*

*En la zona plana y piedemonte en el lugar conocido como Chambimbal – San Antonio se presenta erosión lateral y socavamiento de la Quebrada Chambimbal; cuando los niveles de lluvias son altos se presentan desbordamientos afectando a las familias que viven sobre las márgenes de la quebrada.*

*En La campiña: se presentan deslizamientos principalmente por la acción de la extracción de material por ladrilleras ubicadas en la zona.*

*En Cerro rico: se presentan deslizamientos en la margen izquierda de la quebrada Chambimbal.*

*En cuanto a los fenómenos sísmicos, el documento presenta brevemente el marco tectónico sobre el cual se encuentra ubicado el municipio de Buga y lo clasifica con alta probabilidad de ocurrencia de sismos por la influencia de la Falla del Romeral y la de Cauca – Almaguer. Sin embargo afirma que para Buga no existe un estudio microzonificación sísmica y resalta la importancia de realizarlo.*

*En el año 2000, el ingeniero Juan Guillermo Arango, en el informe “Proceso de Inestabilidad por Explanación. Urbanización La Palma” informa la existencia de erosión laminar y en surcos con dirección a la carrera sexta, evidentes en las obras de explanación y taludes conformados para la construcción de un proyecto urbanístico que colinda con la acequia Chambimbal, el corte del talud a la base de la acequia es de pendiente fuerte, además se encuentra sobre material geológico no consolidado. Lo cual puede generar que el proceso erosivo aumente y la acequia presente desbordamiento e infiltración hacia el sector de la explanación.*

*En el año 2001, la CVC realiza el Sistema de Información Geográfica de la Unidad de Manejo de Cuenca para el Municipio de Buga, en el cual se describe detalladamente la geología, la geomorfología y la morfodinámica, referenciando a partir del tiempo geológico las diferentes rocas que conforman el Macizo de Ginebra, la Formación Amaime, el Batolito de Buga, la Formación La Paila, para terminar en la descripción de los depósitos cuaternarios. Además presenta los sistemas de fallamiento regional que pueden influir en el municipio de Buga; tales como la Falla Guabas – Pradera, Palmira – Buga y la Falla Guacarí. El marco anterior les permite explicar las diferentes amenazas geológicas que se presentan en el municipio, relacionadas principalmente con la inestabilidad de las laderas, las inundaciones y los deslizamientos. En cuanto a la sismicidad, los eventos del pasado se relacionan con el sistema de fallamiento anteriormente mencionado.*

*La firma Hidroingeniería LTDA, en su trabajo Proyecto de obras de mitigación para fijación de orilla de control de erosión y protección general de las márgenes contiguas en puentes de la doble calzada sobre el río Guadalajara de Buga, hace una descripción de la geología del valle del río geográfico del río Cauca, la cual es dividida en tres unidades A, B y C, siendo la unidad C la de interés para el proyecto. En la Unidad C, se distinguen tres unidades fisiográficas bien definidas; el área de vertientes, el área de colinas y el área de origen aluvial, así como una descripción de la geología superficial y la morfología histórica del río Guadalajara.*

*En el año 2001, el ingeniero José Torres de la CVC en el informe técnico “Proceso de Inestabilidad en el Barrio Alto Bonito de Buga” en él se reseña la situación de deslizamiento de tipo rotacional en el barrio anteriormente mencionado, en el talud que conforma la vertiente izquierda de un drenaje natural, así como las causas naturales y antrópicas que lo originan, como precipitación alta, socavación en la base del talud, altas*



*pendientes, tipo de suelo y la falta de alcantarillado para evacuar las aguas de escorrentía, la falta de mantenimiento emisor del alcantarillado de las aguas residuales, la disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos y escombros. También se encuentra consignado en el informe, una breve descripción del marco geológico y edafológico de la zona.*

*En el mismo año, Torres realiza un informe sobre el proceso de inestabilidad de la Acequia Chambimbal, localizada a dos kilómetros del municipio de Buga, en el frente montañoso de la Cordillera Central. La inestabilidad en el terreno se debe a las condiciones naturales del suelo, su saturación, la falta de mantenimiento del cauce y a la modificación de la topografía con el corte en el pie del talud, lo cual generó la reptación del terreno.*

*En el año 2002, el ingeniero José Torres de la CVC en el informe técnico “Erosión Marginal Parque Recreacional El Vergel. Río Guadalajara Municipio de Buga”, describe la geología del terreno y el avance de la erosión fluvial favorecida por la destrucción de algunos tramos de los muros de contención de la margen derecha del río Guadalajara. El parque El Vergel por su ubicación en el ápice del cono aluvial del río se ve afectado por la dinámica del río en esa zona y el material conglomerado no consolidado, todo lo anterior genera orillas erosionables, situación natural que condiciona la intervención humana en esta zona; recomendando para la preservación del parque recreacional proyectar y construir obras de defensa en la margen derecha del río Guadalajara, proteger los tramos de muros en gaviones muros y estabilizar su cimentación en una longitud de 200 metros.*

*En el año 2003, el ingeniero José Torres de la CVC en el informe técnico “Evaluación de la Cárcava Puente Negro”, describe los diferentes procesos que amenazan parte de la zona urbana del municipio de Buga por los derrumbes y deslizamientos provocados por la cárcava de Puente Negro, la cual se encuentra ubicada en una de las colinas del frente montañoso de la Cordillera Central, en el informe se hace una serie de recomendaciones que buscan disminuir y estabilizar la parte superior del talud y evitar de esta forma un represamiento del cauca del río Guadalajara y por ende una avalancha que afecte a la comunidad.*

*En el año 2004, el alcalde de Buga Jhon Suarez, presentó el documento diagnóstico para el Plan Municipal de Desarrollo, en el cual hace una síntesis de Buga en lo social, económico, cultural y medio ambiente – recursos naturales, en este último, hace una descripción del marco geológico y geomorfológico del municipio, además de mencionar los procesos geológicos en el área de la cuenca del río Guadalajara, en donde citan situaciones tales como: procesos erosivos superficiales, como erosión laminar, terraceo por actividades ganaderas y movimientos en masa activos e inactivos. Los deslizamientos activos e inactivos se ubican en la parte baja y media de la cuenca del río Guadalajara, se mencionan los deslizamientos ubicados en el contacto fallado en la Quebrada El Puente, que muestra cierta actividad (margen izquierda de la carretera Buga a la Magdalena y deslizamiento contiguo a la quebrada El Puente margen izquierda del río Guadalajara). Los deslizamientos asociados con los pliegues sinclinales y anticlinales producto de esfuerzos tectónicos (tipo compresional), se ubican desde Puente Negro hasta la parte baja*

*de la cuenca. Además de lo anterior, se dan procesos asociados a la explotación de materiales de arrastre que generan impactos en la cuenca del Guadalajara. La estrechez del cauce en forma de "V", con las grandes avenidas y crecientes máximas, produce socavación lateral y depositación en la parte alta y media, grandes bloques de materiales pétreos y pocas barras y playas.*

*El autor, además señala que dentro de las amenazas geológicas que han afectado al municipio de Buga en tiempos recientes, están las inundaciones que han afectado el casco urbano por desbordamiento del río Guadalajara, las cuales tienen un régimen torrencial. Además se producen deslizamientos en los corredores viales de las carreteras veredales, por cuanto existen fallas, lineamientos, plegamientos y condiciones de alta precipitación, que en época de invierno imprimen condiciones de inestabilidad a las zonas montañosas y taludes de las vías veredales.*

*Respecto a la sismicidad el autor afirma que el municipio de Buga está bajo la influencia de sismos relativamente profundos (90 – 160 Km.), que se originan en la zona de Benioff y otros de carácter superficial (0 – 30Km) asociados al fallamiento del sistema Cauca Romeral. Unos pocos entre 30 y 90 Km, de poca representatividad se registran igualmente en el área (AIS, Ingeominas y Uniandes, 1998). Las fuentes sismogénicas que pueden afectar el área de Buga, están constituidas por las zonas de subducción, altamente sísmicas y por las fallas que poseen segmentos activos (aquellos que al moverse en la actualidad, pueden causar un terremoto), fallas activas como: Guabas – Pradera, Potrerillos, Buga – Palmira (próximo a la zona baja donde se ubica el área urbana) y Silvia – Pijao.*

*En el Estudio de Inestabilidad Geológica CRUCE-BAR Planta, realizado por la CVC en el año de 2004, se describe entre otras cosas la geología y la geomorfología del área de estudio, así como la identificación de los procesos morfodinámicos que inciden en la inestabilidad del terreno, se menciona el deslizamiento del sector de Puente Negro, donde se desliza material no consolidado de la parte alta por dinámicas naturales tales como: la escorrentía superficial, la gravedad y la socavación de la margen izquierda por parte del río Guadalajara, el estudio también hace referencia al deslizamiento rotacional que se presenta en el Coscorrón en Guadualejo a dos kilómetros del casco urbano. Por último en el documento se exponen una serie de recomendaciones que van desde el trabajo mancomunado entre las instituciones para proteger y preservar las riberas de las microcuencas del área de estudio, pasando por el trabajo con la comunidad para sensibilizarla sobre el cuidado del medioambiente, conocimiento de las zonas inestables y el adecuado uso potencial del suelo, hasta la implementación de obras de ingeniería hidráulica para citados en el POT del municipio de Buga.*

*En el año 2008, la CVC realiza un documento sobre el panorama ambiental en la parte urbana del municipio de Buga, en donde se analizan una serie de situaciones que afectan a la población, entre ellas, los deslizamientos. El documento evidencia las causas de los deslizamientos presentes en los barrios Alto Bonito, Lomas Pandora, La Cruz y Los Calle, principalmente por el arrastre progresivo y desmedido de grandes cantidades de suelo causado por ausencia de cobertura vegetal, uso de suelo en ganadería extensiva, textura*

*del suelo y pendiente del terreno, todo lo anterior genera grandes movimiento de masa que superan y colmatan los canales y los colectores generando otro tipo de situación como las inundaciones.*

#### **5.4.2. Conclusiones y comentarios**

De acuerdo a la literatura consultada, las colinas al oriente de Buga, presentan una amenaza baja por deslizamientos, y un grado de erosión severa. Los trabajos de los ingenieros Juan Guillermo Arango, en el informe “*Proceso de Inestabilidad por Explanación. Urbanización La Palma*” del año 2000; José Torres de la CVC en el informe técnico “*Proceso de Inestabilidad en el Barrio Alto Bonito de Buga*” del año 2001; y de nuevo; José Torres de la CVC en el informe técnico “*Erosión Marginal Parque Recreacional El Vergel. Río Guadalajara Municipio de Buga*”, en el año 2002, mencionan procesos de remoción en masa y erosión, que afectan algunos barrios situados contra las colinas del frente montañoso. No hay historial de fenómenos realmente catastróficos. La mayoría de los trabajos se relacionan con cuencas menores y problemas de remoción en masa, suscitados dentro de la cuenca media y alta del río Guadalajara. Es preciso destacar que el problema de los deslizamientos en el sector de Puentenegro, es uno de los que podrían eventualmente afectar indirectamente la ciudad. Al contarse con los trabajos que arriba se citan, valdría la pena llevar a cabo una solución definitiva, al respecto, complementando los conceptos y recomendaciones existentes.

Los problemas mayores de inestabilidad se presentan alejados del caso urbano, en las cuencas media y alta del río Guadalajara, tal como se muestra en el mapa de AMENAZA POR DESLIZAMIENTO, dentro del “Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Guadalajara” adelantado por CVC y Univalle, en Julio de 2007. De acuerdo a dicho trabajo la amenaza por deslizamiento cerca de Buga, es muy baja, a excepción del ápice del Abanico de Buga, donde puede llegar a calificarse como media y media alta. Esta información concuerda con los rasgos geológicos y geomorfológicos documentados en el trabajo de campo del presente estudio, realizado por el OSSO-Univalle. De igual manera el mapa de EROSION GENERAL, contemplado en dicho trabajo, muestra que la erosión es severa en la base de las lomas (contra la acequia Chambimbal), y moderada, hacia la parte alta de ellas.

Toda esta información ha constituido un gran insumo para orientar el trabajo de campo y definir el énfasis con que se debe auscultar la documentación para realizar cada tipo de *mapa temático*.

## 5.5. GEOLOGÍA REGIONAL

El contexto geológico de la Cordillera Central, dentro del cual se encuentra la ciudad, comprende formaciones básicas y ultra-básicas antiguas del Cretáceo, rocas plutónicas, rocas sedimentarias de la molasa terciaria, y depósitos aluviales, de varias generaciones dentro del Cuaternario. El sistema de fallas de Romeral conforma el dominio tectónico principal, en el flanco occidental de la cordillera. En las estribaciones y frente montañoso de la Cordillera Central se encuentra el abanico que alberga la mayor parte del casco urbano del municipio de Guadalajara de Buga.

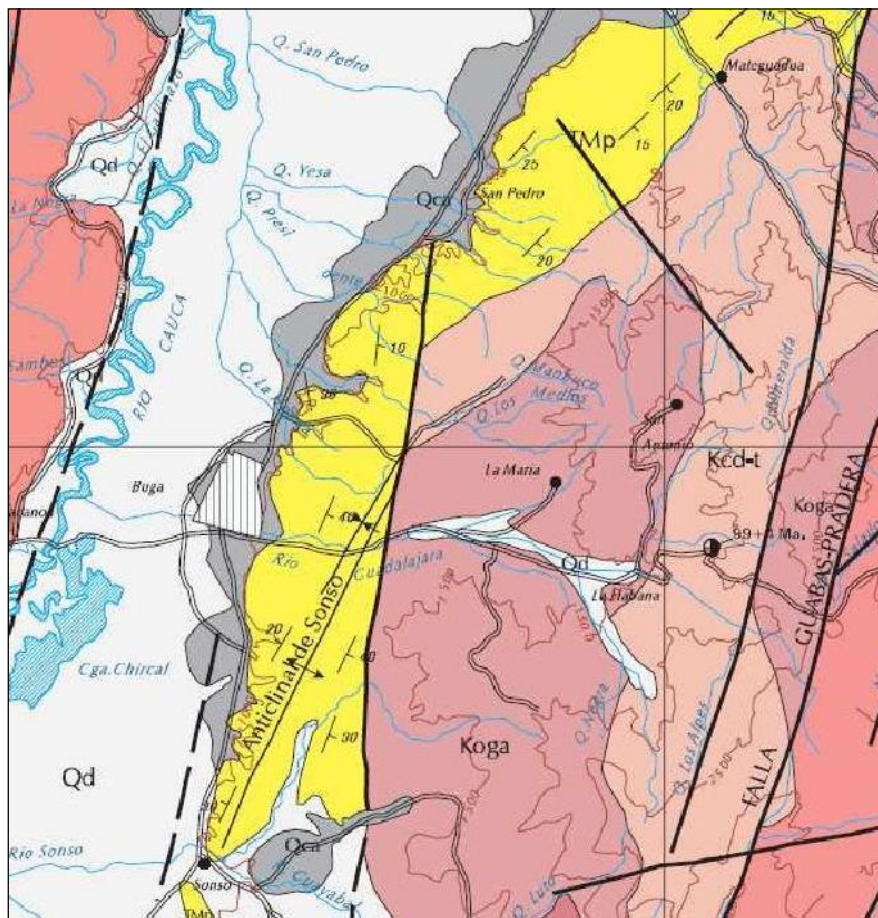
### *GENERALIDADES SOBRE FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA CORDILLERA CENTRAL*

La Cordillera Central, la más antigua de las tres cordilleras de los Andes colombinos, en su conformación inicial es el resultado de un proceso continuado de acrecimiento continental desde el Paleozoico, bajo los desplazamientos de las placas Farallones y Nazca y los procesos de subducción asociados. La actividad de las placas Suramericana y Caribe contribuyeron al emplazamiento de las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca de edad Paleozoica, del Grupo Arquía del Jura-Cretáceo, y las rocas ultramáficas del Macizo Ofiolítico de Ginebra, la formación Amaime y el Batolito de Buga, del Cretáceo; cuyo surgimiento final se produjo bajo la influencia de la colisión del bloque Panamá-Chocó, en el NW del país. La denudación de la cordillera dio lugar a la depositación de la molasa del Terciario hacia el extremo occidental de la cordillera y posteriormente a los depósitos cuaternarios aluviales, hacia la depresión del valle. Localmente estas formaciones se encuentran cubiertas por una capa delgada de ceniza volcánica, presente en casi toda la región.

Los conjuntos de rocas o formaciones geológicas más antiguas del Cretáceo y Paleozoico, se extienden a lo largo de la Cordillera Central, desde el sur en la República del Ecuador y los departamentos de Nariño y Cauca, hasta el norte en el Departamento de Antioquia, donde los cambios litológicos y tectónicos son más notorios.

Las rocas del Terciario presentan notables variaciones a lo largo de su borde occidental. Al oriente de Buga, estos grupos litológicos y sus estructuras, han definido la conformación del entorno geológico, geomorfológico y los procesos morfodinámicos, que tienen influencia ambiental sobre la ciudad, y son ampliamente drenados por el Río Guadalajara, y sus pequeños afluentes, el cual finalmente corta el abanico que subyace a la ciudad de Buga y desemboca en el río Cauca, a través de su valle aluvial. La geología alrededor de Buga, hacia la vertiente occidental de la cordillera, según el Mapa Geológico del Valle del Cauca (INGEOMINAS, 2001), a escala 1:250.000 corresponde de Este a Oeste a Formación Amaime (Ka), Macizo Ofiolítico de Ginebra (Koga), Batolito de Buga (Kcd-t), formación La Paila (TmP), Aluviones sin Diferenciar (Qd) y Conos Aluviales (Qca); La cabecera urbana se levanta, principalmente, sobre depósitos aluviales del río Cauca y abanicos aluviales sobrepuestos, causados por el río Guadalajara y sus afluentes provenientes de la

Cordillera Central. La distribución de estas unidades geológicas en el flanco occidental de la cordillera se ilustra en la Figura 5.1.



**Figura 5.1** Mapa Geológico Generalizado de la Cordillera Central al Norte del departamento del Valle del Cauca.

**Qd:** Aluviones sin diferenciar **Qca:** Conos aluviales; **Tmp:** Formación La Paila: Arenas líticas y conglomerados polimíticos interestratificados con tobas dacíticas; **Kcd-t:** Batolito de Buga: Cuarzo diorita/tonalita predominante; **Koga:** Macizo Ofiolítico de Ginebra (parte): Anfibolitas y Gabros; **Ka:** Formación Amaime: Flujos masivos, localmente almohadillados de basaltos toleíticos. Fuente: INGEOMINAS 1992

A continuación se describen de en sentido W-E, los conjuntos litológicos que afloran al Oriente de Buga, y que han tenido influencia en el desarrollo del abanico; terrazas y aluviones.

### *Formación Amaime (Ka)*

Comprende las vulcanitas básicas que afloran a lo largo del filo de la Cordillera Central, al Oriente de Buga. La unidad consiste en basalto masivo con abundantes horizontes de lava almohadillada. Esta serie volcánica, limitada en ambos costados por fallas regionales de tendencia NNE, se extiende a través del Departamento del Valle como un cinturón orientado NE-SW cubriendo áreas de otros municipios como Florida, Pradera, Palmira, Tuluá, Sevilla y Calcedonia. El límite oriental de estas vulcanitas corresponde a la falla principal del Sistema de Fallas Cauca – Almaguer que define el borde occidental del cinturón de esquistos paleozoicos.

El Batolito de Buga que intruye la formación Amaime, tiene una edad de Rb/Sr de  $94 \pm 4$  Ma (Brook, 1984), que sugiere que la formación de los basaltos y su acreción al Occidente colombiano debe haber ocurrido antes 100 Ma.

### *Batolito de Buga (Kcd-t)*

Aflora al Oriente de Buga, San Pedro y Tuluá formando las estribaciones occidentales de la Cordillera Central. El Batolito de Buga intruye el macizo de Ginebra. La presencia de abundantes venas y diques en las áreas de contacto entre el batolito y los basaltos de la Formación Amaime sugieren que esta unidad también está intruida por el cuerpo ígneo. La mayor parte del contacto entre estas dos unidades, corresponde, sin embargo, con la Falla Guabas – Pradera que limita el batolito al oriente. El Batolito de Buga varía de cuarzdiorita hornbléndica a tonalita. El batolito no está foliado aunque presenta una zona bandeada rica en xenolitos a lo largo del contacto occidental.

En cuanto a la edad del batolito, Toussaint *et al.* (1978), reportan una edad K/Ar en hornblenda de  $113 \pm 10$  Ma; Brook (1984) obtuvo una edad Rb-Sr en biotita de  $99 \pm 4$  Ma, con edades minerales K/Ar discordantes de 71 a 89 Ma y  $114 \pm 3$  Ma. Dada la abundante evidencia de tectonismo en el área, McCourt *et al.* (1984) interpretan las edades radiométricas obtenidas del batolito como edades mínimas y sugieren que su intrusión tiene unos 100 Ma.

### *Macizo Ofiolítico de Ginebra (Koqa-Koqu)*

Sobre el flanco occidental de la Cordillera Central, al oriente de Buga, entre la Formación la Paila y el Batolito de Buga, se presenta el Macizo Ofiolítico de Ginebra que consiste de un bloque de rocas ultramáficas y máficas. Sus límites oriental y occidental corresponden respectivamente a las fallas Guabas-Pradera y Palmira-Buga. La primera lo pone en contacto con los basaltos de la Formación Amaime, del Cretáceo, mientras que la segunda lo separa de las rocas sedimentarias de la Formación La Paila, del Mioceno. El límite oriental está localmente definido por el contacto intrusivo del Batolito de Buga.

El macizo consiste de una secuencia de anfibolita, peridotita, gabro, microgabro, basalto, toba, microbrecha y hialoclastita. Los gabros y rocas superiores están atravesados por

diques de dolerita y venas de plagiogranito; las anfibolitas son producidas por el metamorfismo de microgabros y basaltos.

### *Formación La Paila (T<sub>Mp</sub>)*

La formación La Paila se extiende por gran parte del norte del departamento del Valle del Cauca, reposando sobre las estribaciones occidentales de la Cordillera Central, y parte de la depresión intercordillerana

Está formada por rocas acumuladas por procesos sedimentario-volcánicos que consisten principalmente en intercalaciones de conglomerados, gravas areniscas, limolitas, arcillolitas y tobas dacíticas.

La edad de la formación es del Mioceno, e incluso puede ser más antigua, probablemente oligocena y correlacionable en parte con el Grupo Cauca y la Formación Amagá.

El anticlinal de Sonso, conforma gran parte de la estructura de la formación La Paila al oriente de Buga, sobre el cual reposan algunos depósitos del Cuaternario antiguo.

### *Tectónica*

El sistema estructural dominante en el área, corresponde al sistema de fallas de Romeral de dirección N a N20°E, común en gran parte de la Cordillera Central. Dicho sistema comprende de occidente a oriente; la falla de Palmira-Buga, Quebrada Nueva, Guabas Pradera, Potrerillo y Cauca Almaguer, las cuales limitan los grandes grupos litológicos de la región. Se supone que el límite occidental de la cordillera Central, bajo los depósitos cuaternarios del Valle del Cauca, está conformado por un falla de carácter regional, que ha contribuido notablemente al levantamiento de la cordillera y que pasa por debajo del abanico de Buga, en dirección NNE, conocida como la falla de Guacarí, dentro de una faja tectónica no bien precisada.

Un sistema de fallas transversal al anterior, corta el sistema de fallas de Romeral, con una dirección aproximada de N70 a 80°E, paralelo a la falla de Ibagué, cuya prolongación occidental se asume que pasa por el norte de Buga. De igual manera se asume que la extensión occidental de la falla de Cucuana hacia el sector de Buga, controla parte del río Guadalajara. La presencia de estas fallas en la región no está totalmente estudiada en trabajos geológicos anteriores.

El campo de esfuerzos actual dominante en el área, de acuerdo a la actitud de las estrías de fricción, funciona con el eje principal  $\sigma_1$  en posición aproximada E-W, casi perpendicular al sistema de fallas de Romeral, el cual da lugar a una compresión con fallamiento predominantemente inverso en las fallas con tendencia la N-S y normal con componente dextral en las fallas de dirección NEE. Parece que el campo de esfuerzos cambia ligeramente hacia el norte, hacia el sector de Tuluá, donde  $\sigma_1$  se inclina un poco hacia el SSE, generando una compresión con un ligero componente sinistral en las fallas de dirección N-S y dextral en las fallas con dirección al NEE.

La actividad diferencial de las fallas del sistema de Romeral sobre la vertiente y el borde occidental de la cordillera Central, comprendida desde la región de Sonso, al sur de Buga, hasta Andalucía, y, entre la parte plana del Valle y la cima de la cordillera, ha dado lugar a los siguientes rasgos morfotectónicos: un *frente montañoso menor*, de unos 70 metros de altura que bordea la parte plana del valle y en el cual la litología dominante son las rocas del Terciario de la Formación La Paila; una peniplanicie disectada y rejuvenecida, donde se encuentran las rocas del Macizo de Ginebra y en parte rocas de La Paila, localmente sobrepuestas por depósitos cuaternarios; y un *frente montañoso principal, hacia el centro de la cordillera*, de varios centenares de metros de elevación limitado por las fallas de Guabas-Pradera y Quebrada Nueva, tal como se ilustra en la Fotografía 5.1.



Foto 5.1 Frente montañoso principal, al fondo, limitado por la falla de Guabas-Pradera.

*Falla marcada por el cambio topográfico con mayor pendiente y elevación de la cordillera. Vista hacia el oriente.*

La fallas que transcurren por la Cordillera Central con dirección NNE, situadas hacia el Oriente de Buga: Palmira-Buga, Guabas –Pradera y otras menores, pertenecen a un sistema de *fallas activas*, potencialmente sismogénicas, cuyos rasgos morfotectónicos que las evidencian, se presentan con mayor contundencia hacia las estribaciones occidentales de la cordillera, hacia el frente montañoso, entre los municipios de Tuluá y Andalucía donde se encuentran mejor expuestas. Dichos rasgos consisten de *escarpes de falla*, *depósitos cuaternarios atrapados* en cuencas “piggy back”, *cuaternarios deformados*, *silletas de falla*, *lomos de presión* y otros. De igual manera las *rupturas neotectónicas* se manifiestan en depósitos del Cuaternario, en la cantera conocida como el “Vínculo”, en el sector de Sonso, al sur de Buga. Dentro de estas deformaciones tectónicas, es posible que el *Anticlinal de Sonso* conformado por rocas sedimentarias de la Formación La Paila sea un



pliegue activo, de lo cual sería un indicio las numerosas terrazas a diferente nivel que sobre él reposan; lo cual conduce a pensar que el *frente montañoso menor*, sobre el que se recuesta la ciudad de Buga sea por lo tanto una zona tectónicamente activa. Entre otros indicios.

Las fallas principales, localizadas hacia afuera de las estribaciones occidentales de la cordillera, están enmascaradas por los depósitos cuaternarios recientes del Río Guadalajara y del río Cauca, lo cual no permite su observación directa. Sin embargo, las transectas geofísicas de *sísmica de refracción* adelantados por la Universidad de los Andes, de Bogotá, en los estudios de microzonificación sísmica de los municipios de Palmira, Buga y Tuluá, indican que las fallas que infrayacen el valle del río Cauca, y los abanicos aluviales, son inversas, con una vergencia hacia el occidente y ángulo de buzamiento generalmente alto. Dentro de este estilo tectónico, se han desarrollado numerosas fallas menores con vergencia opuesta, al oriente, en las rocas del borde o frente de la cordillera, que son prácticamente retro-cabalgamientos (back thrusts), algunos de los cuales se observan claramente hacia la población de Tuluá, que hace parte del mismo sistema tectónico.

Es preciso recordar que la ciudad de Guadalajara de Buga, fue destruida por un fuerte terremoto en 1766, con foco superficial y epicentro cercano, pues no causó efectos mayores en las ciudades vecinas de la época. Estas características conducen a pensar que el episodio sísmico se generó a partir de una de las fallas activas de la región.

## **5.6. GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE BUGA**

A continuación se describen la geología, las unidades superficiales, la geomorfología y los procesos morfodinámicos y de remoción en masa, en la cabecera municipal de Buga y sus proximidades.

### *Mapa Geológico Local*

La geología de la región cercana a Buga, dentro de los límites del Proyecto MIDAS, está conformada por rocas sedimentarias de la formación La Paila del Terciario (TMp), (de la forma como se ilustra en el Mapa 5.1 y Figura 5.2, que hace parte del frente montañoso local o menor. Los afloramientos son escasos y por lo común predominan a lo largo de la carretera que conduce a la población de la Habana, paralela al cauce del río Guadalajara. Algunas terrazas antiguas de grava y arena suprayacen localmente la formación La Paila a diferentes niveles topográficos, lo cual tiene un notable significado dentro de la tectónica activa del sector. El abanico aluvial de Buga del Cuaternario (Qca), ubicado por fuera del frente montañoso, conforma gran parte del terreno que subyace el casco urbano y la zona de expansión; ha sido generado por el río Guadalajara, que drena una cuenca amplia desde la parte alta de cordillera, junto con otras corrientes de agua de menor longitud, que provienen directamente del frente montañoso próximo a la ciudad. Los suelos residuales arenosos

(friccionantes) y limo-arcillosos, cubren la casi totalidad de la zona comprendida por el presente estudio.

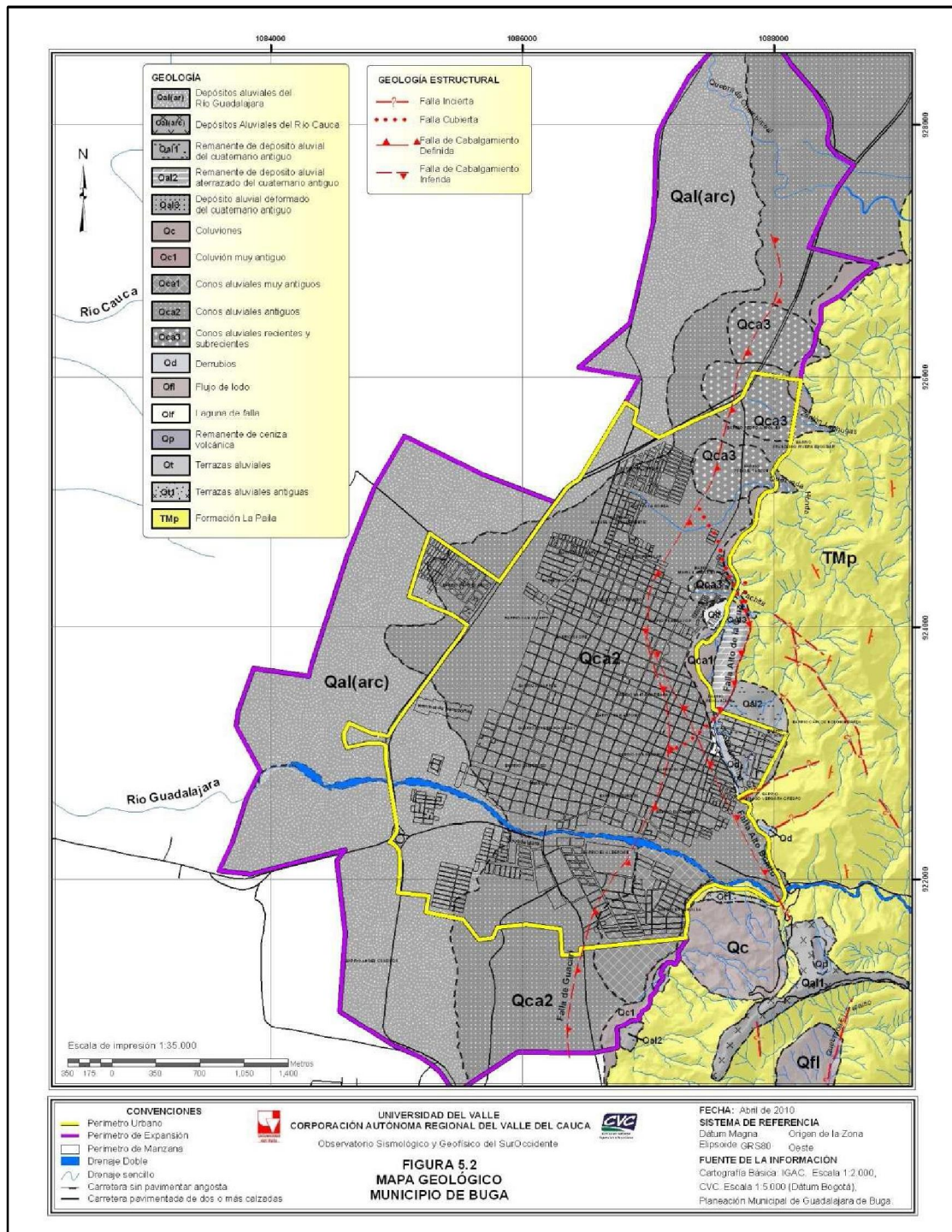


Figura 5.2 Mapa Geológico integrado del municipio de Buga.

En cuanto a la tectónica, la falla de Guacarí, de tipo regional, bordea el frente montañoso con dirección NNE y se encuentra sepultada por el abanico. La falla, posiblemente es responsable del surgimiento de la *saliente de Buga* en esta parte de la Cordillera Central. La falla de Alto Bonito tal como se muestra en el Mapa 5.1, bordea el frente montañoso próxima a él, con una dirección NNW. El frente montañoso a espaldas de Buga, se ha denominado el *frente montañoso menor*, el cual tiene unos 180-200m de altura, sobre el nivel del Buga, y se extiende hasta la región de Cartago, al norte dentro del Departamento.

#### **5.6.1. Formación La Paila (Tpm).**

Aflora directamente en los cerros al Oriente de Buga, constituyendo una faja de unos 3 Km de ancha con dirección N-S a NNE, situada entre el frente *montañoso menor* y la falla de Palmira Buga, tal como se ilustra en la Figura 5.1. La Formación la Paila consiste en la región de una alternancia de conglomerados, areniscas y lodolitas. Algunas de las cuales se ilustran en las Fotos 5.2 a 5.5. Los conglomerados son polimicticas y consisten de fragmentos redondeados y sub redondeados de cantos cuyo tamaño varía de unos 5 a 20 cm, de cuarzodiorita, basalto, fragmentos de rocas ultramáficas, dioritas y anfibolitas, entre otras. La arenisca varía de grano fino a grueso, de color café claro a tonalidades amarillas. Algunos niveles son duros y otros rompen fácilmente con el martillo.



**Foto 5.2** Afloramiento de conglomerado consolidado con tamaño de grano uniforme.



**Foto 5.3** Arenisca gruesa, alternando con capas delgadas de conglomerado. Buzamiento al oeste.



**Foto 5.4** Capas de arenisca y conglomerado, con buzamiento al Este.

La expresión topográfica general de la litología de la Formación La Paila, se muestra en la Foto 5.5, donde resaltan las capas más resistentes. Las capas sedimentarias forman una estructura anticlinal conocida como el Anticlinal de Sonso, el cual se extiende desde la población del mismo nombre, donde muestra una estructura incipiente, hasta la región de Buga donde su desarrollo es mayor. La formación presenta un grado de meteorización alto a nivel superficial, en donde un notable porcentaje ha generado suelos limo-arenosos, que muestran inestabilidad por deslizamientos y alta capacidad de erosión hacia las cabeceras de los drenajes.



Foto 5.5 Panorámica de la formación la Paila. Vista mirando al norte.

#### **5.6.1.1. Remanentes de Depósitos Cuaternarios Antiguos.**

A continuación se describen algunos remanentes de capas de gravas y arenas aluviales, depositadas durante procesos depositacionales anteriores al Holoceno, y que en la actualidad; unos reposan sobre la Formación La Paila y otros están adosados al frente montañoso local a notable elevación sobre el nivel del río Guadalajara.

##### **5.6.1.1.1. Depósito Cuaternario Colgado (*Qal1*)**

Se encuentra situado en un filo, a unos 200 metros sobre el nivel actual del abanico del río Guadalajara al SE de la ciudad de Buga. El depósito, ligeramente meteorizado, consiste de gravas con cantos cuyo tamaño varía de pocos centímetros a 10 y 15cm, de gabro, basalto, cuarzdiorita, diorita, rocas ultramáficas y fragmentos de rocas comunes en las formaciones geológicas que conforman la vertiente occidental de la Cordillera Central. Localmente se observa arena gruesa. El material reposa, sobre una antigua superficie de peniplanación del Terciario, situada sobre el borde del *montañoso menor*, a espaldas de Buga. Su posición de reposo, discordante sobre las capas de la Formación La Paila, y, debido a un periodo de prolongada erosión de la roca encajante, se ha generado una topografía inversa; la cual se caracteriza por ocupar el aluvión antiguo, no una depresión, sino una saliente topográfica. El material ha dado lugar a numerosos deslizamientos rotacionales antiguos.

##### **5.6.1.1.2. Depósito Aluvial Deformado (*Qal3*).**

El depósito, se encuentra adosado al frente *montañoso menor*, entre la Plaza de Ferias y el Barrio al Revolución y consiste de gravas constituidas principalmente por cantos de gabro, cuarzdiorita, diabasa y rocas ultramáficas, redondeadas a sub redondeadas y algunos cantos angulares, cuyo tamaño promedio es de 10 a 20 cm. Algunas capas de arena gruesa y media se encuentran esporádicamente interestratificadas en la grava. El depósito se

encuentra deformado tectónicamente como un *lomo de presión*, tal como se ilustra en la Foto 5.6, y representa la actividad neotectónica que se ha desarrollado en el frente montañoso, por el movimiento reciente de las fallas activas. De él se han derivado depósitos de coluvión antiguo y talus, (Qc1) afectados por un grado severo de erosión. Superficialmente se han desarrollado suelos limo-arenosos de color café, localmente sobrepuestos por ceniza volcánica de color crema. Es posible que una laguna de falla o “sag pond” se haya formado por algún proceso distensivo asociado a la compresión que dió lugar a esta estructura.



**Foto 5.6** Topografía en forma de “lomo” (centro).

*Probablemente está asociada a una deformación tectónica reciente de las gravas del Cuaternario antiguo. Nótese la depresión del terreno hacia la parte inferior izquierda, que posiblemente corresponde a una laguna de falla.*

#### 5.6.1.1.3. Deposito Torrencial De Gravas (*Qal2*).

Presente en el sector del barrio Alto bonito. El material se encuentra adosado a la formación la Paila. El depósito consiste de cantos de muy variado tamaño, irregulares, y sub-redondeados a redondeados, con estratificación horizontal, tiene un espesor que varía entre unos 70 y 100m y conforma una topografía de paredes empinadas y superficie aplanada, que ha sido aprovechada para el desarrollo urbano. Este depósito no se encuentra

deformado a pesar de que se encuentra en contacto, posiblemente fallado, con el “lomo” o aluvión deformado. Pero presenta problemas históricos de inestabilidad hacia el barrio la Revolución. Otros depósitos similares aislados, adosados a la formación La Paila, se presentan al sur del río Guadalajara, en cercanías del colegio José María Cabal.

#### 5.6.1.1.4. Coluvión (*Qc*)

El coluvión (*Qc*) producto de un deslizamiento posiblemente muy antiguo, se presenta en la ladera izquierda del río Guadalajara tal como se ilustra el Mapa 5.1. El coluvión está conformado por bloques cuya tamaño varía de pocos centímetros hasta 1 m en promedio, de rocas de variada composición (gabro, basalto, diorita, cuarzo-diorita, diabasa) de acuerdo a la litología de las formaciones antiguas de la zona y del depósito *Qal1*, del cual en gran parte se deriva.

#### 5.6.1.1.5. Abanico Aluviales Antiguos (*Qcal*).

Dentro de los abanicos antiguos, asociados a la dinámica del río Guadalajara, se destacan algunos remanentes planos y extensos, en la margen izquierda del río, aguas abajo del ápice, tal como se muestra en el Mapa Geológico 5.1. Este depósito, fue notablemente destruido por la erosión hacia sus bordes occidental y norte, y posiblemente conformó un depósito más extenso, similar al actual Abanico de Buga, antes de los movimientos tectónicos recientes, que permitieron la destrucción de este depósito y el emplazamiento del nuevo abanico aluvial. Este remanente aluvial no presenta un depósito equivalente en la margen derecha del río, lo cual puede interpretarse como la tendencia de desplazamiento del antiguo río Guadalajara y su proceso erosivo, antes del depósito del nuevo abanico. Se plantea un posible basculamiento regional hacia el Norte, durante el Cuaternario antiguo, lo cual también lo sugiere la presencia de terrazas más altas en la margen izquierda, hacia el valle amplio, situado entre la formación la Paila y el Batolito de Buga, y su ausencia en la margen derecha de dicho valle.

### 5.6.2. Abanico de Buga (*Qca*).

Ha sido formado principalmente por el río Guadalajara, que drena una amplia cuenca hidrográfica desde el eje de la Cordillera Central, y por algunas quebradas menores con sus abanicos sobrepuestos, provenientes del frente montañoso local y que erosionan las capas meteorizadas de la Formación La Paila.

El abanico de Buga (*Qca*), tal como se muestra en el Mapa Geológico 5.1 es un depósito amplio que se encuentra discordante sobre las rocas terciarias de la Formación La Paila (*TMp*) y, en su parte distal, está en contacto con depósitos más recientes, sin diferenciar (*Qal*), asociados principalmente con el valle aluvial del río Cauca. Las paredes del valle muestran abundantes depósitos de gravas redondeadas hacia la base, de tamaño promedio de unos 20 a 25 cm. con gradación a tamaños menores hacia la parte alta del abanico. Localmente muestra algunas facies de canal con materiales de 5-15 cm intercaladas dentro de los sedimentos más finos. El río Guadalajara a lo largo de su tránsito por el abanico, y encajado en él, muestra un comportamiento trenzado, con formación de islas; donde es común la presencia de bloques de hasta 1m de diámetro, principalmente de cuarzodiorita,

diorita, basalto y gabro, siendo notable la heterogeneidad de tamaños. Es preciso anotar que la cantidad de fragmentos, provenientes del Batolito de Buga, es mayor a lo largo del cauce actual, que en las terrazas antiguas en los depósitos adosados al Terciario. El río presenta una litología similar en ambos márgenes, hasta 100m aguas abajo del puente de La Virgen (Frente al Acueducto), donde este comienza a encañonarse, mostrando bloques de mayor tamaño en su cauce, y afloramientos de conglomerados de la Formación La Paila, sobrepuestos en forma discordante por depósitos de arena en la base y arena gravosa en el techo.

En alrededores del puente de La Virgen, el río corta rocas terciarias en las que aflora una secuencia de intercalaciones de conglomerado, arenisca y limolita, hasta el sector de la Bocatoma del Acueducto, aguas arriba del caserío La Granjita. El río Guadalajara, en su travesía por la cabecera municipal, comprende extensas llanuras de inundación, que han sido totalmente intervenidas por el desarrollo urbano. Dichas zonas han tratado de controlarse con muros de contención, gaviones y obras de canalización del cauce. En varios sitios, y sobre el cauce actual, se observan obras de mitigación, que han sido destruidas por la dinámica actual del río.

En el Barrio El Albergue, cercano al ápice, se observan los afloramientos en las laderas del río con la estratigrafía básica de la llanura aluvial. En algunos sectores se presentan escarpes de terraza de hasta 4m de altura, que muestran una estratificación granodecreciente que varía de bloques, algunas veces subangulares, a arenas conglomeráticas, con algunas capas de limos arenosos hacia el techo de la secuencia. Sobre este depósito caracterizado por pendientes suaves, existe la presencia de algunos cauces intermitentes, y una fuerte intervención urbanística que ha tratado de aplanar totalmente el sector. El depósito se extiende hasta la base de las colinas que dan origen al piedemonte de la Cordillera Central.

### **5.6.3. Cenizas volcánicas (Qcv)**

Una capa de ceniza volcánica de color blanco crema y amarillo pálido, cuyo espesor varía entre 0.80cm y 1.50m está cubriendo gran parte de las formaciones geológicas de la región. Se cree que esta ceniza proviene de los volcanes del Parque de los Nevados: Ruiz y Tolima, y también del volcán Cerro Machín. Los afloramientos de la capa de ceniza predominan en las topografías de pendientes bajas a moderadas y parece ser muy susceptible a la erosión en pendientes altas. Su aspecto se ilustra en la Foto 5.13. Este depósito sólo se ha cartografiado, de manera individual, al SE del Mapa 5.1, donde reposa sobre aluviones antiguos del Qal1.

#### **5.6.3.1. Geología estructural**

Dentro del área de estudio, las fallas geológicas y los pliegues no presentan rasgos en superficie que permitan su identificación de manera contundente. En consecuencia el marco estructural de la zona, no queda totalmente representado en este trabajo, pero amerita, una



breve discusión, al tener en cuenta que se conoce regionalmente por fuera del área del Proyecto y por algunos rasgos tenues dentro de la zona estudiada.

#### 5.6.3.1.1. Falla de Guacarí.

Este nombre se le ha dado a la falla que limita la Cordillera Central, a lo largo del frente *montañoso menor*, con una dirección general y regional NNE. Es una falla de tipo inverso, con cabalgamiento o vergencia al occidente. Dicha falla está casi totalmente cubierta o sepultada por el abanico del río Guadalajara. A lo largo de ella cabalga el Anticlinal de Sonso, al sur, conformado por las capas sedimentarias de conglomerado, arenisca y limolita de la formación La Paila. Es preciso comentar que en la mayoría de los trabajos geológicos anteriores donde aparece esta falla, por lo común no se le asigna ningún nombre, y en algunos trabajos no aparece ni si quiera como una falla. En el mapa neotectónico de INGEOMINAS de 2006, esta falla aparece sin nombre y con una extensión limitada, bordeando el Terciario. Al sur de Sonso donde el Terciario no aflora, la falla no aparece cartografiada. Pero sin duda es una estructura de carácter regional que debe continuar en el subsuelo, por centenares de kilómetros, al sur de la población de Sonso, y, que hacia el norte, ha sido tectónicamente activa en cuanto al surgimiento del borde la Cordillera Central, entre Sonso y Cartago, y en la conformación neotectónica y morfológica del frente montañoso menor.

#### 5.6.3.1.2. Falla de Alto Bonito.

Es una falla de cabalgamiento al SWW, con posible movimiento lateral izquierdo de acuerdo al modelo tectónico regional y al campo de esfuerzo mayor  $\sigma_1$  de orientación regional E-W, el cual fue definido por Ingeominas, y comprobado con las observaciones de campo realizadas durante el presente proyecto. La falla bordea el frente montañoso local, comprendido por el parque Fuenmayor, al N, y el sector de los Kioscos al S (como referencia dentro de la ciudad) y se encuentra enmascarada por el abanico de Buga. La existencia de dicha falla, se postula, por la linealidad del frente montañoso, poco común dentro del esquema de emplazamiento de abanicos en los frentes montañosos, la deformación del Cuaternario antiguo, y los problemas de estabilidad del barrio Alto Bonito, cuya ladera occidental representa el escarpe de falla, junto con el frente de falla y frente montañoso, notablemente lineales y parejos, a pesar de que están presentes diferentes formaciones y litologías antiguas del Cuaternario. Estos rasgos son notorios en las fotografías aéreas de la zona y de igual manera se insinúan en el mapa de Pendientes de la Figura 1. A esta falla se le asigna el nombre de Alto Bonito de manera tentativa e informal, con el fin de no introducir más confusión en la literatura geológica de la región.

#### 5.6.3.1.3. Retro-cabalgamiento de la Loma de la Cruz.

Las evidencias morfológicas indican, que el contacto entre la formación La Paila y los depósitos cuaternarios antiguos Qal2, está fallado a lo largo de un retro-cabalgamiento que cabalga al Oriente, convergencia contraria a las rupturas mayores, arriba descritas, que cabalgan al Occidente, tal como se muestra en el Mapa 5.1. Esto sugiere que es una falla de asociación neotectónica por la ruptura del Cuaternario, posiblemente del Pleistoceno. Otros rasgos tectónicos recientes no están claramente expuestos o pueden estar erosionados por efecto del desarrollo de la peniplanicie. El escarpe de falla se manifiesta de manera

contundente en el mapa de pendientes de la Figura 5.3. (en color magenta). Otras fallas cercanas, hacia el borde de la cordillera, presentes hacia la región de Tuluá, al norte y de Sonso, al sur, muestran evidencias neotectónicas o deformaciones cuaternarias, por fuera de la zona de este estudio; pero hacen parte del mismo cinturón y contexto tectónico activo sobre el cual se encuentra las colinas vecinas a la ciudad de Buga.

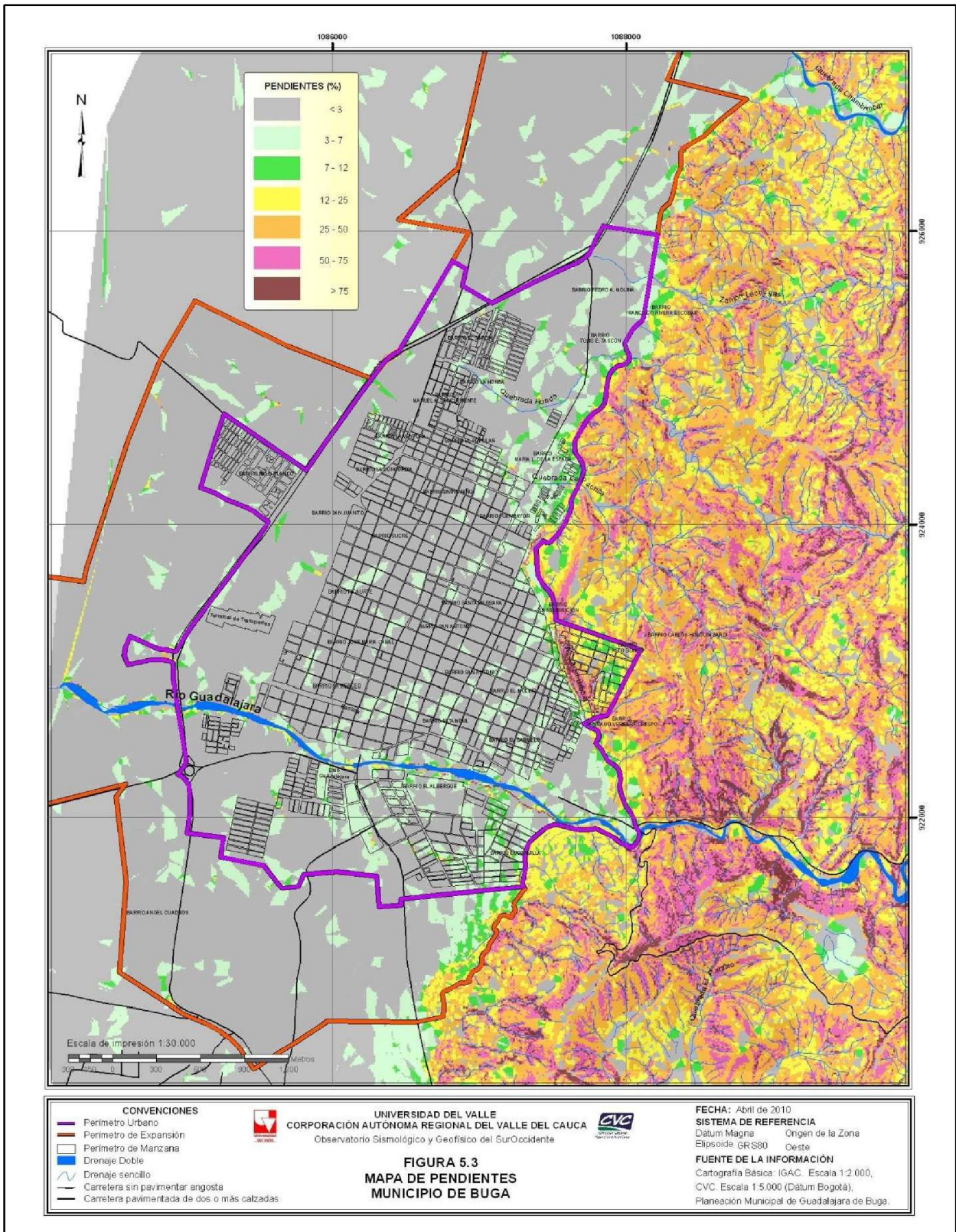


Figura 5.3 Pendientes en el municipio de Buga y alrededores.

## **5.7. MAPA DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES**

De acuerdo a la composición, forma y origen de los materiales presentes en la zona, se ha construido el Mapa de Unidades Geológicas Superficiales que comprende diferentes unidades, tales como: roca sedimentaria; suelo residual; suelo transportado: suelo fluvio torrencial; suelo coluvial, suelos aluviales recientes: llanura aluvial; abanicos aluviales; depósitos aluviales activos y terrazas. En los alrededores de Buga la unidad más extensa es la de suelos aluviales recientes, seguida de los suelos residuales y menor proporción la de suelos transportados. Ver Mapa 5.2 de Unidades Superficiales y Figura 5.4, las cuales se relacionan con las unidades geológicas que se representan en el Mapa 5.1, de acuerdo a su naturaleza litológica y origen.

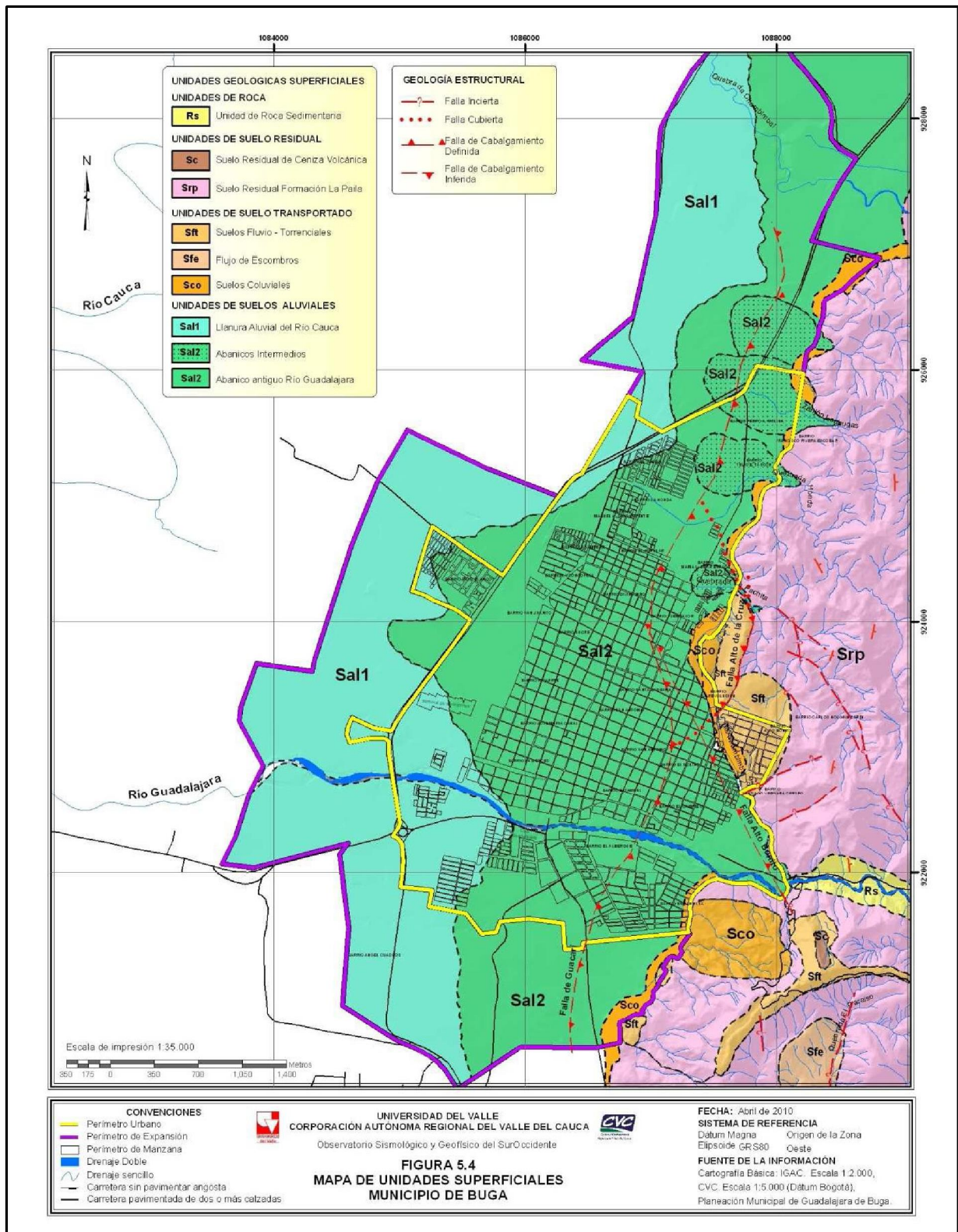


Figura 5.4 Mapa de Unidades geológicas superficiales.

## 5.8. MAPA GEOMORFOLOGÍCO

A continuación se describen algunos rasgos morfológicos presentes en el área de estudio que son significantes en el desarrollo de los procesos morfodinámicos, tal como se ilustra en el Mapa 5.3 y Figura 5.5. Las unidades geomorfológicas presentes en la zona son de tipo *fluvial*, y *denudacional*; las cuales se graficaron, junto con los procesos morfodinámicos.

De acuerdo al mapa, las formas de origen fluvial comprenden: el abanico aluvial Buga, la llanura aluvial río Cauca, terrazas antiguas altas y terrazas media. Dentro del tipo denudacional, se graficaron: zonas afectadas por erosión concentrada, zona de alta concentración de deslizamientos, depósitos coluviales y vertiente en roca.

Los principales procesos morfodinámicos comprenden; deslizamientos antiguos, deslizamientos recientes, reptación del terreno, zonas afectadas por erosión concentrada, y hundimientos del terreno.

### *Geoformas principales del terreno*

Morfológicamente la zona de estudio, tal como se muestra en el mapa geomorfológico 5.3, comprende de Oeste a Este, las siguientes unidades: 1) Un *sector plano* (Fc), ligeramente inclinado al Norte, compuesto por la llanura aluvial del río Cauca; 2) Un sector de *colinas muy bajas* (Fab) conformado por el abanico de Buga y algunos conos aluviales menores, 3) Un sector de *colinas altas* que forman el frente montañoso local (menor), constituidas por la Formación La Paila, algunos remanentes altos de depósitos aluviales muy antiguos, y un drenaje conformado por quebradas, que caen hacia el abanico. El *sector plano* o valle aluvial del río Cauca (Fc), ha tenido en el pasado episodios de inundación, provenientes de los desbordes del río. El sector tiene una ligera inclinación al N. El *sector de colinas bajas*, conformado por el abanico de Buga (Fab) y otros depósitos aluviales, cuya altura aumenta hacia el frente montañoso muestra remanentes o cicatrices de cauces menores de corrientes antiguas de agua, de un drenaje superficial, marcadas en el terreno como ligeras depresiones, que posiblemente son utilizadas por los desbordes fluviales del río Guadalajara, y de quebradas provenientes del frente montañoso, dando lugar a inundaciones. Los cauces han sido obliterados por el desarrollo urbano.

El *sector de colinas altas* (Rc, Fa, Dp, Da, Dv), con un frente *montañoso menor*, (entre el río Guadalajara y la Quebrada Varelas), está conformado por la formación La Paila y los depósitos aluviales antiguos adosados a ella, el cual constituye la principal fuente de procesos de remoción en masa. La diferencia topográfica, o desnivel, entre las colinas bajas del Abanico de Buga y las colinas altas, favorece la torrencialidad ocasional de algunas quebradas, las inundaciones menores eventuales, los procesos erosivos en las cabeceras de las quebradas, la reptación del terreno y los deslizamientos sobre la pendiente frontal, de los cuales hay casos históricos conocidos, que adelante se citan.

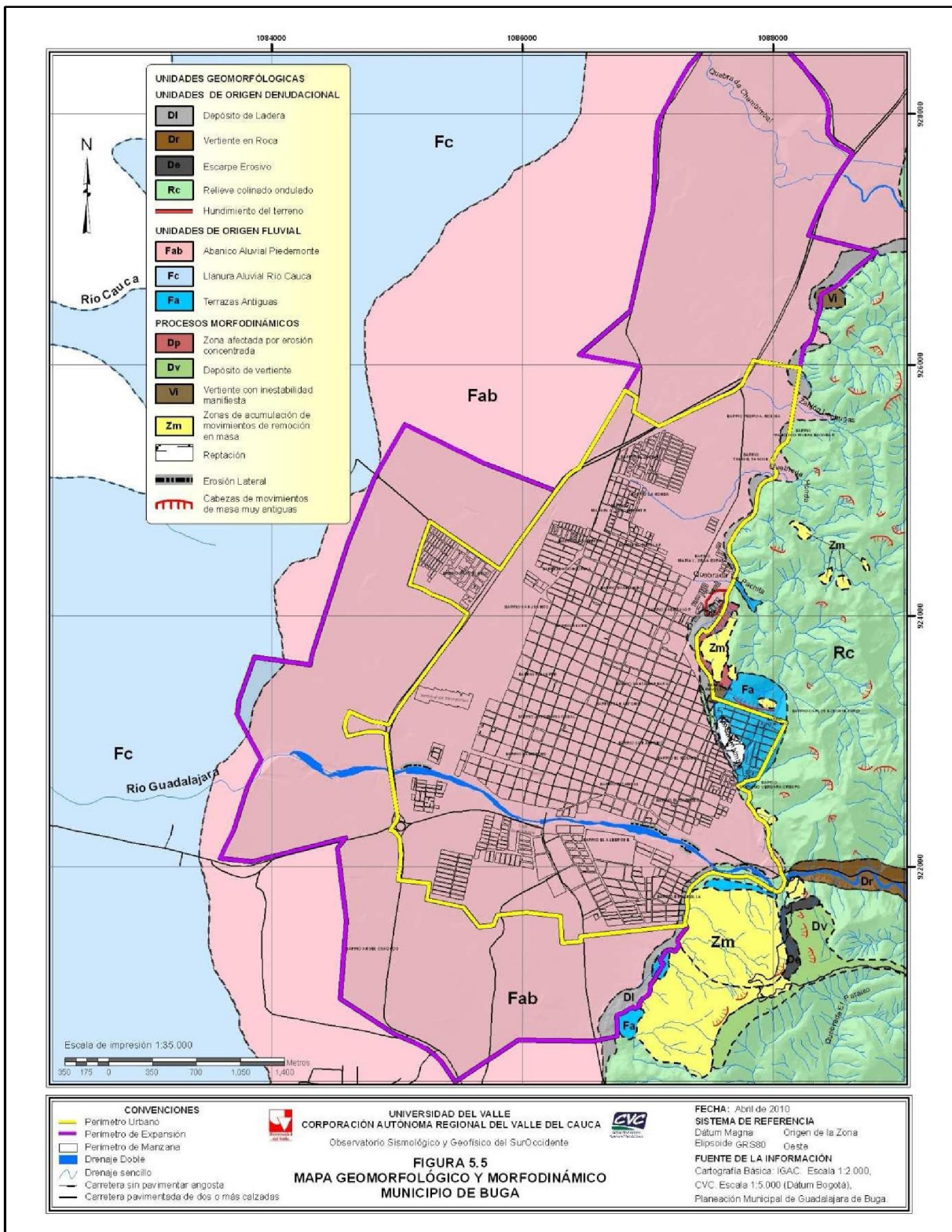


Figura 5.5 Mapa Geomorfológico de Buga.

La mayoría de las quebradas que drenan las colinas altas de formación La Paila, han desarrollado coronas erosivas y deslizamientos, tal como se muestra en la Figura 5.5. Los materiales removidos, principalmente suelos y saprolito, han formado gran parte de los abanicos aluviales menores sobre los cuales se encuentra parte del casco urbano de Buga.

Sobre estas *colinas altas* se encuentra la superficie de erosión, que se extiende hasta la región de Andalucía, parte de la cual, en su extremo occidental, se ilustra en la Foto 5.7; a continuación hacia el Este y por fuera de la zona del mapa, se presenta un sector más extenso, con remanentes locales de la *peniplanicie*, limitada por el frente *montañoso menor* (detrás de Buga) y el *frente montañoso principal*, al Este de la falla de Guabas-Pradera, tal como se mostró en la Foto 5.1, atrás.



**Foto 5.7** Superficie de aplanamiento o peniplanación.

*Peniplanación situada entre los dos frentes montañosos; el menor cerca de Buga y el principal adentro en la Cordillera Central (a espaldas del lector). Vista al occidente.*

#### *Remoción en Masa*

Dentro de la conformación de la cuenca hidrográfica del río Guadalajara, la ciudad de Buga está situada en la parte baja; en la zona de acumulación donde se depositan los materiales transportados de la parte alta y eventualmente de la parte media de la cuenca. Es preciso comentar que las rocas sedimentarias del Terciario de la formación La Paila, relativamente más resistentes que las circundantes, constituyen una barrera natural, donde el río Guadalajara se encañona, después de transitar hacia el Oeste por un valle amplio y por lo tanto donde el paso de avalanchas no se hace fácil; es una estructura de mitigación natural. Sin embargo los sedimentos finos en suspensión si tienen acceso al sector urbano y algún material grueso, pero las avalanchas catastróficas con grandes bloques de roca, no son fáciles de que afecten el casco urbano.



Los fenómenos de remoción en masa no muestran una actividad notable dentro de la zona del presente estudio. Algunos pocos consisten de deslizamientos menores del terreno, ladera abajo, los cuales hasta el presente no han causado episodios catastróficos. A excepción de los enormes deslizamientos antiguos (Da) en la Figura 5.5, ocurridos al Sur del río Guadalajara, sobre el *frente montañoso menor*, la mayoría de ellos se presenta dentro de la cuenca media y alta del río, que no tienen una incidencia directa sobre la zona urbana o de expansión de Buga.

Por fuera del área de estudio, se encuentra el deslizamiento de Puentenegro, a lo largo de la carretera que conduce a la Habana, hacia la cordillera, y que, eventualmente, puede tener incidencia indirecta en la ciudad de Buga, al reactivarse. Estado es aparentemente *latente*.

En cuanto al Batolito de Buga, la alta tasa de meteorización química y física, y erosión debido a las condiciones climáticas particulares en la parte alta de la cuenca, lo han convertido superficialmente en arena cuarzo-feldespática, lo cual ha permitido un notable aporte de sedimentos y fragmentos de roca a la cuenca media y baja del río Guadalajara: al abanico y depósitos aluviales actuales.

### ***Sectores afectados***

La mayor parte de los *fenómenos de remoción en masa* se presentan hacia el frente montañoso, entre el barrio las Ferias, al norte, pasando por el barrio “Alto Bonito”, hacia el sur, El Batallón Palacé, y el sector sobre la vía rural al sitio conocido como “*Monumento a la Batalla del Derrumbado*”, al sur del Río Guadalajara. A continuación se relacionan estos fenómenos con el nombre del sitio y la estación de datos, que representa la zona de ocurrencia del fenómeno, asociado a una geología particular.

**Estación E1.** La zona del “lomo” topográfico, tal como se ilustra en la Figura 5.5. y el Mapa 5.3 en forma longitudinal, conformado por gravas y suelos areno-limosos cuaternarios, muestra dos geformas: una que corresponde al depósito, en sí, tectónicamente deformado y, hacia abajo, hacia el abanico, un depósito de suelo transportado o coluvial, proveniente de la parte alta del lomo, los cuales presentan numerosos casos de erosión, de tamaño moderado, deslizamiento y carcavamiento superficial, en enjambres, dispersos por una zona que puede comprender unos 20.000 m<sup>2</sup>. Algunos ejemplos se ilustran en las Fotos 5.8 a 5.14. Los movimientos se consideran inestables y posiblemente son gatillados por lluvias ya que la pendiente topográfica es relativamente moderada.



**Foto 5.8** Lomo de grava cuaternaria y depósito de ladera en proceso de erosión.



**Foto 5.9** Erosión superficial en las laderas al E de Buga.



**Foto 5.10** Afloramiento de la Grava que conforma el depósito.



**Foto 5.11** Deslizamiento superficial.



**Foto 5.12** Erosión hacia el ápice.



**Foto 5.13** Ceniza volcánica destapada por la erosión.



**Foto 5.14** Reptación Alto Bonito.

*Obsérvese la inclinación de los árboles, en el sentido de la reptación del terreno, conformado por suelos y gravas de los depósitos que sustentan el barrio Alto Bonito. La acequia Chambimbal transcurre por el borde de la ladera, paralela al camino peatonal. Vista al norte.*

**Estación E2.** Deslizamiento en el sector de Alto Bonito, que tuvo lugar hacia la ladera enfrente de la calle 13, y que afectó la acequia Chambimbal, el cual se muestra en La Foto 5.15. El deslizamiento no dejó mayores rasgos en el terreno, visibles hoy día, y se confunden con los depósitos de talus o coluviales, que comúnmente bordean la ladera. La zona por las pendientes topográficas altas y el tipo de material no consolidado que la conforma, se considera de inestabilidad latente. Los datos fueron obtenidos del Documento de Historia elaborado para el Proyecto MIDAS.

**Estación E2A.** Fenómenos de reptación del suelo y talus de gravas, que se presentan en la base de cerro que sustenta el barrio Alto Bonito, tal como se ilustra en la Foto 5.14. Este fenómeno también ha afectado en el pasado la acequia Chambimbal. El fenómeno se considera episódicamente activo, puede ser de tipo estacional (cambio de condiciones de humedad y temperatura) y puede ocurrir en cualquier sitio dentro de una zona de unos 1000m<sup>2</sup>, hacia la base del cerro del barrio Alto Bonito. La pendiente abrupta puede ser un factor determinante del problema tal como se ilustra en el *mapa de pendientes* de la Figura 5.1, el cual se indica con color marrón oscuro.



**Foto 5.15** Deslizamiento en el barrio de Alto Bonito.  
(Tomada del Informe Técnico de CVC No 1130-05-028-212 de 2001)

**Estación E3.** En el sector de “Los Tanques”, del barrio “alto Bonito”, se presenta otra zona de deslizamiento menor de tipo rotacional, sin mayores rasgos visibles. Aparentemente es estable. Datos obtenidos del CLOPAD.

**Estación E4.** Zona con numerosos y extensos deslizamientos rotacionales (Da) coalescentes, localizada sobre el *frente montañoso*, al sur del río Guadalajara. De edad desconocida dentro del Cuaternario. Los deslizamientos provienen de depósitos aluviales antiguos, de gravas con cantos de rocas básicas, graníticas y ultramáficas, que yacen discordantes sobre la parte alta de la formación La Paila (Mapas 5.1 y 5.2), tal como se ilustra en la Foto 5.16. Las rocas de la formación La Paila, arenisca y conglomerado, que infrayacen el depósito aluvial, hacen parte del material deslizado. Las coronas erosivas de estos deslizamientos están aún activas y han registrado pequeños movimientos retrogresivos en los últimos 3 años. Topográficamente abajo, en el límite de los deslizamientos con el abanico, el sector urbano ha llegado hasta la punta occidental de estos fenómenos. El deslizamiento puede considerarse latente. Es posible que haya sido detonado por un sismo grande como el de 1766, lo cual estaría por investigar.



*Foto 5.16* Deslizamiento rotacional, al SE de Buga.

*Hacia la corona se observa el depósito cuaternario antiguo en tonalidad de color más clara. A los lados del deslizamiento principal, resaltan otros deslizamientos aún más antiguos. Vista al Oriente.*

A lo largo del río Guadalajara, principalmente en la margen derecha, se destacan algunos sitios con historia de erosión lateral, tal como se indica en el Mapa 5.3, los cuales se relacionan en las estaciones siguientes:

**Estación E-5:** Erosión lateral. Afecta unos metros abajo del sector de los Kioscos, en el Parque Recreacional El Vergel cerca de las instalaciones de la CVC. y también aguas abajo de la estructura que origina la acequia El Vergel. Su longitud es de unos 40 metros, aproximadamente.

**Estación E-6:** Erosión lateral, Afecta unos metros abajo del sector de los Kioscos, en el Parque Recreacional El Vergel cerca de las instalaciones de la CVC. Localizada al final del tramo del río Guadalajara que lindera con el Parque El Vergel, la cual afecta la parte externa de una curva del río, constituida por un relleno de escombros sin compactar. El fenómeno erosivo se extiende por unos 100 metros de longitud, con una altura del barranco del talud vertical que oscila entre 2 y 5 metros. Estas mediciones fueron tomadas en la época de ocurrencia del fenómeno.

**Estación E-7:** Erosión lateral, localizada a 120 metros aguas debajo de la estructura de toma de la acequia El Albergue, en la parte externa de una curva de la margen derecha del río Guadalajara. Tiene 100 metros de longitud, 5 metros de desplazamiento horizontal, 5

metros de altura en el talud vertical en el barranco. La erosión corresponde a un tramo del muro de protección en gaviones, destruido por la socavación de la cimentación. En los extremos de la zona afectada aún se conserva parte de este muro. El perfil del terreno está constituido por grava poco consolidada, donde predominan los cantos de rocas antiguas, en una matriz arenosa, desprovisto de cobertura vegetal.

**Estación E-8:** Erosion lateral, en la zona cercana al Antiguo Acueducto, en la margen cercana a la iglesia El Carmen. Sector de la calle 1 sur entre carreras 9 y 12.

**Estación E-9:** Erosión lateral fuerte, en la zona vecina al terminal de buses del Municipio y aguas arriba del puente sobre la carretera Panamericana, donde se presentó la destrucción de los muros de contención. Río abajo, hacia el occidente, se presentan numerosas curvas erosivas, tal como se muestra a lo largo de las sinuosidades del cauce.

**Estación E-10:** Quebrada Chambimbal. En la zona plana y piedemonte en el lugar conocido como Chambimbal – San Antonio, en el extremo NE del mapa, la quebrada presenta erosión lateral y socavamiento. Cuando los niveles de lluvias son altos se presentan desbordamientos que han afectado la zona en el pasado. En la Tabla 5.1 se presenta una síntesis esquemática de los fenómenos descritos anteriormente.



Tabla 5.1. Sitios con remoción en masa y erosión.

ESTACION		SITIOS CON REMOCIÓN EN MASA Y EROSIÓN			OBSERVACIONES	
LOCALIZACIÓN	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS			
E1	Barrío Las Palmas	Gravas de rocas ígneas, básicas y rocas volcánicas basálticas. Intercalaciones de arenas. Substrato heterométrico. Delicuatamiento antiguo. QAE	Desdibujamiento rotacional de cárcavas, y ruidos de erosión. Fenómenos de erosión lateral. Con predominio hacia la parte macha y baja de la topografía.	1087487,497 E, 9,23005,123 N	Fenómenos de remoción en masa dispersos por toda la zona dentro de un área de 2.000 metros cuadrados.	
E2	Sector Alto Bonto	Gravas y arenas de variedades concoxíneas. Fillos torrenciales, del cuaternario antiguo. QAE	Edificio de muros de concreto sobre la habrán a frente de la calle E.	1087459,529 E, 9,23297,479 N	El desdibujamiento afectó a acequia Chambabal, pero no muestra mayores cicatrices en el terreno.	
E3	Barrío Alto Bonto	Depósitos torrenciales de gravas de tamaño irregular y arenas que en parte conforman depósitos de talus. QAE	República arriba del terreno a b largo de por b varios metros cercanos paralelos a la acequia Chambabal. La pendiente escarpada favorable para el proceso se evidencia en color marrón oscuro en el banco de pendientes de la figura 5.1.	1087511, 301 E, 9,23011, 720 N	La inclinación de la vegetación arborea evidencia el proceso de repagación creep.	
E4	Barrío Alto Bonto	Gravas del QAE, de arenas en la estación anterior.	Desdibujamiento rotacional de tipo rotacional en el sector de las Tanques almor-este del barrio Alto Bonto. Hacia el frente del bata. En el depósito se desdibujó rotacionalmente.	1088078, 812 E, 9,23067, 757 N	Información tomada del informe de Hitoridad con base en datos del CLOPAD.	
E5	Ladera izquierda de la Guadalupe arriba del puente de la calle El Vergel	Bloques y fragmentos de roca de variados tamaños de composición de depósitos concoxíneas con arenas y finos. Foco de del Tercer bar.	Zona con numerosos desdibujamientos rotacionales y torrenciales consecuentes los cuales cubren un área de 20 a 25 Ha en la ladera.	1087823, 108 E, 9,21539, 514 N	Este es el único desdibujamiento de grandes proporciones cerca del casco urbano de Buga, pudo haber sido producido por el terremoto de 1.766, lo cual estará por comprobar.	
E6	Agua debajo de la estructura que origina la acequia El Vergel	Pare del banco alveolado de arena con algunos intercalaciones de arenas y finos.	Fenómenos variados de erosión lateral con destrucción de la orilla en unos 40 metros de largo.	1087691, 261 E, 9,22006, 950 N	Información tomada del informe de Hitoridad con base en datos del CLOPAD.	
E7	Vegetación de Parque El Vergel en la parte externa de una curva del río Guadalupe.	Pare del banco de arena con gravas finas y arenas y un compacto.	Erosión lateral que se extiende a b largo de unos 100 metros con arena de barranco entre 2 y 5 metros.	1087555, 418 E, 9,22138, 820 N	Mediciones realizadas en la época de ocurrencia del fenómeno de acuerdo al informe de Hitoridad del proyecto.	
E8	Margen derecha del río Guadalupe cercana a la iglesia del Cementerio entre las calles 1 y 2.	Grava poco consolidada con predominio de cantos de rocas antiguas en matriz arenosa.	Erosión lateral a b largo de 100 metros de largo y 5 metros de altura en el barranco. La erosión afecta un tramo de un metro de protección en suaves destruido por la socavación.	1087283, 753 E, 9,22246, 695 N	Información tomada del informe de Hitoridad con base en datos del CLOPAD.	
E9	Margen derecha del río Guadalupe al sur del terminal de buses municipal de Buga.	Secuencia sedimentaria del banco con gravas finas y arenas heterométricas.	Erosión lateral en la zona cercana al antiguo Acueducto.	1086884, 193 E, 9,22378, 543 N	Verificación de campo y datos del CLOPAD.	
E10	Hacia el extremo NE del sector de estudio frente industrial.	Secuencia de gravas gruesas hacia la base, con intercalaciones de arenas gruesas y finas hacia el tope de la secuencia.	Destrucción de muros de contención de concreto y fenómenos de erosión lateral.	1087546, 201 E, 9,22657, 800 N	Datos de visita al campo.	
E11	Hacia el extremo NE del sector de estudio frente industrial.	Alambros alambros rectos y torcidos.	Erosión lateral y socavamiento	1086738, 107 E, 9,22301, 753 N	Datos del CLOPAD y visita al terreno.	

## **6. GEOFÍSICA**

## **6. GEOFÍSICA**

### **6.1. OBJETO**

Realizar una exploración con métodos indirectos sobre el terreno (ensayos de refracción sísmica y sondeos eléctricos verticales), con el objeto de determinar la continuidad lito-estratigráfica del sector, alcanzándose los siguientes objetivos a saber:

- Explorar el subsuelo para definir los diferentes horizontes de velocidad de los materiales existentes en el sector.
- Explorara el subsuelo para definir los diferentes horizontes de resistividad.
- Determinar los espesores de dichos horizontes.
- Con los valores de velocidad definir la consistencia de dichos materiales.
- Con los valores de resistividad se define tanto la litología como los posibles niveles de saturación del terreno.
- Definir los sectores donde se realizara la (Geotecnia) exploración directa del subsuelo.
- Definir la profundidad de perforación para la toma de muestras a ser analizadas en laboratorio.

### **6.2. LOCALIZACIÓN**

Después de varios recorridos realizados en la cabecera municipal y de acuerdo a las condiciones geológicas del sector se propone realizar la geofísica tanto en el barrio Alto Bonito como a lo largo del canal de conducción de aguas denominada “La Acequia”, realizando ensayos de refracción sísmica y sondeos eléctricos verticales.

Se tomaran un total de 19 ensayos geofísicos: 16 de refracción sísmica y 3 sondeos eléctricos verticales. La exploración del subsuelo por refracción sísmica alcanza entre 15.00 y 25.00 metros de profundidad, con espaciamiento entre geófonos cada 3.00 o 5.00 metros (Figura 6.1). La exploración del subsuelo por ensayos de geoeléctrica alcanzara los 150.00 metros de profundidad.

### **6.3. METODOLOGÍA**

Corresponde como cualquier exploración convencional a saber:

- Recolección de la información del sector.
- Visita preliminar al área del proyecto.
- Levantamiento geológico detallado del sector.
- Toma en campo de los respectivos ensayos geofísicos (líneas de refracción sísmica).
- Interpretación de los sismogramas obtenidos.
- Calculo de las velocidades y profundidades de los diferentes horizontes explorados.
- Elaboración de perfiles geofísicos.
- Correlación geológico-Geofísica.
- Informe final.

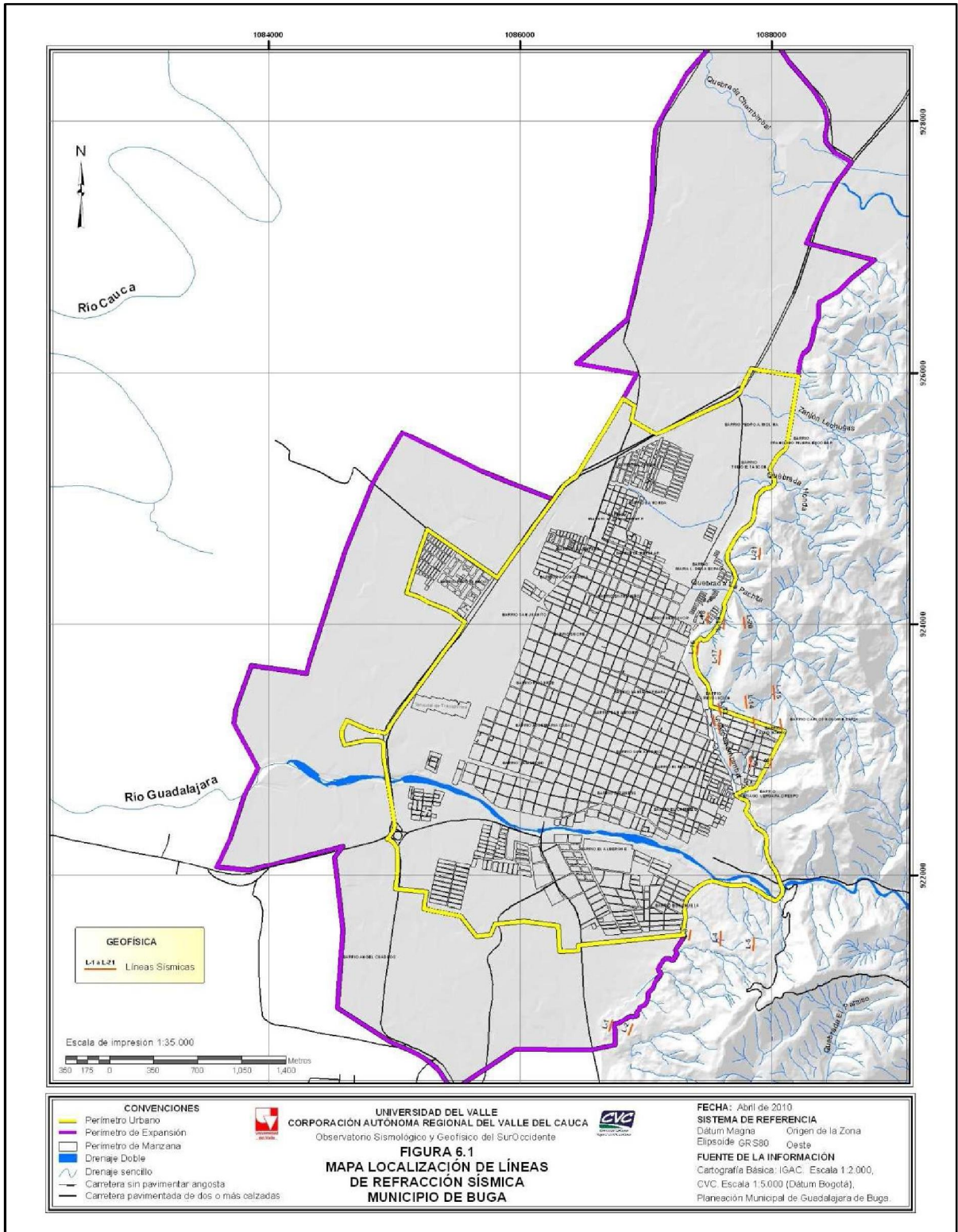


Figura 6.1 Mapa de ubicación de líneas sísmicas

## 6.4. GEOFÍSICA

Los métodos de prospección geofísica, se caracterizan por el estudio de las variaciones en el espacio de un parámetro físico de las rocas o los suelos. Los más utilizados corresponden a la prospección eléctrica o de resistividades y la prospección sísmica por refracción. Constituyen medidas indirectas tomadas en superficie.

#### 6.4.1. Equipos

Los equipos a emplear corresponden a un **Sismógrafo Modelo RAS-24** (Foto 6.1), con doce geófonos (Foto 6.2), conectados a través de un cable de emisión (Foto 6.3). Para generar las ondas sísmicas de los puntos específicos de las líneas sísmicas, se utilizó una platina de hierro y un “mazo” de 20 libras de peso (Foto 6.4).



Fotos 6.1 y 6.2 Sismógrafo modelo Ras-24 y Geófonos para recepción de ondas.



Foto 6.3 y 6.4 Cable de emisión, Platina y Mazo utilizado como fuente de energía.

Otro de los equipos utilizado para realizar los sondeos eléctrico verticales corresponde a un **Georesistivimetro, Modelo GPI FHMM-9601** (Foto 6.5), con capacidad de sondear a profundidades  $L/2$  mayores a 400 metros, utilizando electrodos de potencial y corriente, consistentes en metálicas de Copperweld.



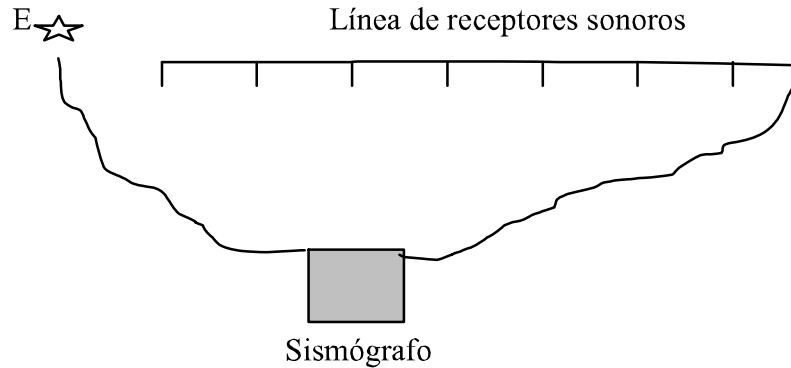
Foto 6.5 Georesistivimetro, Modelo GPI FHMM-9601.

#### 6.4.2. Método Exploratorio

Prevía a la iniciación de las labores de campo, se localizaran cada una de las líneas para realizar los ensayos geofísicos: Líneas de Refracción Sísmica y sondeos eléctricos verticales.

La prospección sísmica estudia la propagación en el subsuelo de una sacudida producida por una explosión. El parámetro medido es el tiempo de recorrido, función de la elasticidad de las rocas.

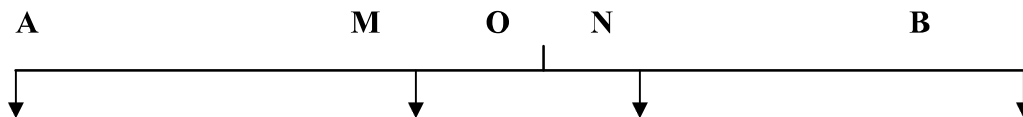
El dispositivo de medida consta en superficie de una fuente de explosión (E) y una línea de receptores sonoros (geófonos) regularmente espaciados y un registrador (sismógrafo) (Figura 6.2). En la línea de recepción los geófonos regularmente espaciados, están agrupados en 12 en cada línea, la longitud es función de la profundidad de investigación y de la precisión del trabajo en la prospección.



**Figura 6.2** Dispositivo de prospección sísmica y disposición de los geófonos sobre el terreno.

Si en un punto del terreno se provoca una sacudida, ésta se propaga amortiguándose; el tiempo necesario para que llegue a los receptores (geófonos), dependiendo de la naturaleza y disposición de las formaciones geológicas. Los geófonos transmiten los impulsos que reciben al sismógrafo y el registro obtenido es un sismograma, para calcular dichos tiempos de recorrido se utiliza habitualmente el registro de la primera onda llegada al geófono considerado. Para el cálculo de las diferentes velocidades de las capas se realiza mediante una grafica de coordenadas X y Y a la cual se denomina dromocrónica.

El método eléctrico, o de las resistividades nos permite determinar la naturaleza, la litología de las capas y el nivel freático. Se basa en el estudio de las variaciones de un parámetro físico de las rocas. Consiste en establecer la curva de variación con la profundidad de la resistividad aparente de un terreno a través de medidas en superficie, realizadas con ayuda de un dispositivo de cuatro electrodos, comúnmente denominados AMNB. La profundidad de investigación puede regularse variando la distancia entre los electrodos A y B de corriente. El dispositivo de medida utilizado más corrientemente es el tipo SCHLUMBERGER, llamado cuadripolo.



Una línea de emisión permite, entre dos electrodos A y B, enterrados en el suelo, hacer pasar una corriente de intensidad I, se mide la diferencia de potencial entre los electrodos M y N que constituyen la línea de recepción. Los electrodos A y B, M y N están dispuestos simétricamente con relación al centro O del dispositivo.

En este dispositivo, la resistividad aparente se expresa en función de la distancia  $AB/2$  y su representación gráfica la llevamos sobre un diagrama doble logarítmico, en abscisas los logaritmos de  $AB/2$  y en ordenadas los logaritmos de las resistividades aparentes calculadas, así el grafico obtenido se llama Sondeo Eléctrico Vertical.

### **6.4.3. Interpretación Geofísica**

Para la sísmica se ejecutara mediante la interpretación de cada una de las dromocrónicas de los ensayos de refracción sísmica afinada en un programa de computación denominado **SEISVIEW**. Para los sondeos eléctricos verticales la interpretación de las curvas de campo se realizara mediante un programa de computación denominado **IPI2Win**.



## **7. HIDROLOGÍA**

## **7. HIDROLOGÍA**

### **7.1. REVISIÓN DE INFORMACIÓN**

#### **7.1.1. Información hidrológica recopilada**

El municipio de Guadalajara de Buga se ve principalmente afectado por la Sub-cuenca Guadalajara, las Quebradas: Chambimbal, La Pachita y la Honda; las cuales fueron, principal objeto de análisis.

La cuenca Guadalajara se encuentra en su totalidad en el municipio de Buga en el flanco occidental de la cordillera central, con un área de 142,4km<sup>2</sup> y perímetro de 104,62km, altura máxima y mínima es de 3750 m.s.n.m. y 930 m.s.n.m. respectivamente; y su cauce principal tiene una longitud de 32, 8km aproximadamente, que desemboca en la margen derecha del río Cauca. El río tiene los siguientes afluentes principales: por la margen derecha, las quebradas La Soledad, Las Frías y La María; y por la margen izquierda, las quebradas La Magdalena, La Zapata y La Puerta.

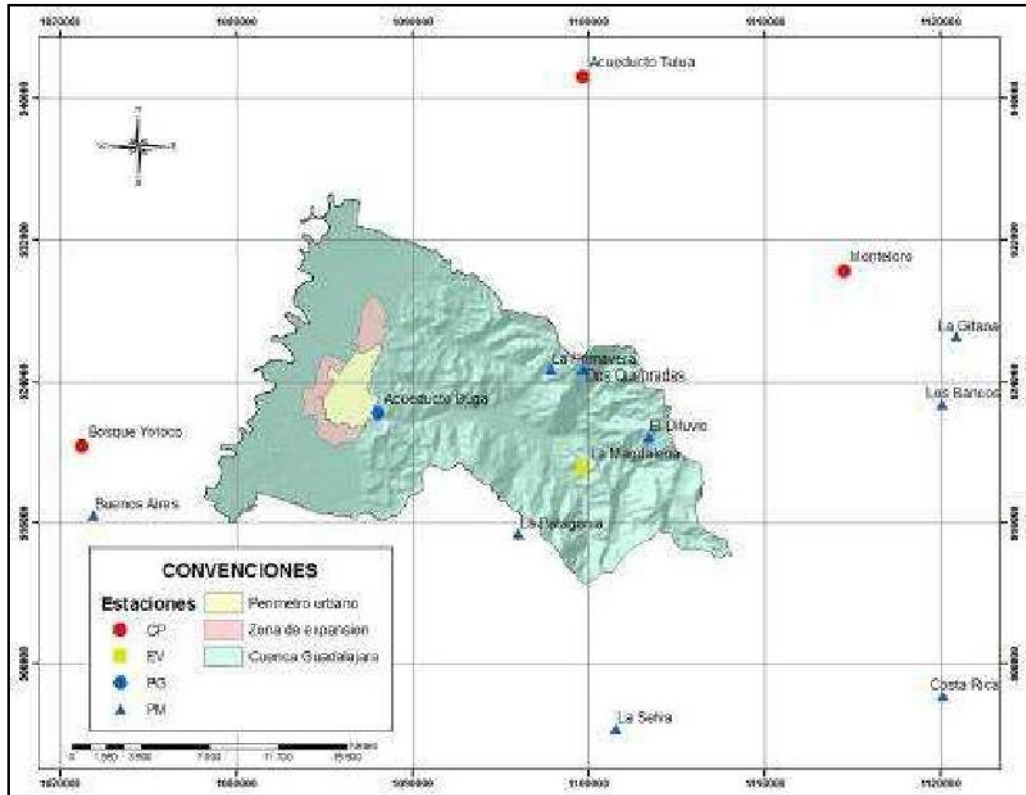
El río Guadalajara abastece de agua a la ciudad de Buga y es utilizado, además, para generación de energía y en la industria agropecuaria. La cuenca presenta cuatro pisos térmicos, como resultado de la interacción de su variada distribución altitudinal con los diferentes factores climáticos: cálido moderado, térmico medio, térmico frío y térmico paramuno (POMCH, 2008).

### **7.2. CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS**

#### **7.2.1. Conformación de la base de datos hidrometeorológica**

Para el estudio correspondiente a el municipio de Buga se utilizaron datos de registros históricos de precipitación de estaciones pluviométricas, pluviográficas y climatológicas representativas localizadas en las subcuencas del municipio teniendo en cuenta las estaciones de las redes de medición de CVC, CENICAFE e IDEAM.

Usando los criterios tales como cobertura, tiempo de registro (estaciones con 20 o más años de registro) y calidad de la información, se seleccionaron 14 estaciones con información de precipitación, teniendo en cuenta que el porcentaje máximo permisible de datos faltantes en una estación no puede ser superior al 10% dentro del periodo de referencia 1980 - 2007. En la Figura 7.1 se muestra el número y la ubicación de estaciones utilizadas.



*Figura 7.1 Estaciones meteorológicas utilizadas en el municipio de Buga.*

Los datos faltantes de las series fueron estimados aplicando el método de los k vecinos cercanos. De esta forma se conformó las bases de datos georeferenciadas para la realización del análisis de la precipitación. En la Tabla 7.1 se encuentran todas las estaciones que se encuentran en la zona, algunas de ellas no se utilizaron debido a que no se cuenta con su información durante el análisis.

**Tabla 7.1.** Estaciones seleccionadas para el análisis de precipitaciones que cumplieron los criterios definidos de selección.

Estación	Norte	Este	Altitud (m.s.n.m)	Periodo Registro	Tipo	Cuenca
El Diluvio	920.912,11	1.103.401,44	2360	1971-2007	PM	Guadalajara
Dos Quebradas	924.594,58	1.099.694,70	1650	1971-2007	PM	Guadalajara
La Primavera	924.592,62	1.097.843,39	1644	1971-2007	PM	Guadalajara
La Magdalena	919.064,87	1.099.700,58	1360	1968-2007	EV	Guadalajara
Acueducto Buga	922.193,88	1.088.041,02	960	1978-2007	PG	Guadalajara
Monteloro	930.141,54	1.114.498,71	1861	1971-2007	CP	Tulua
La Gitana	926.461,94	1.120.857,39	2783	1971-2007	PM	Tulua
Los Bancos	922.775,26	1.120.062,00	1956	1971-2007	PM	Tulua
Acueducto Tulua	941.183,74	1.099.676,61	1014	1967-2007	CP	Tulua
La Patagonia	915.374,60	1.096.001,48	1950	1971-2007	PM	Sonso
Costa Rica	906.185,25	1.120.083,02	1192	1980-2007	PM	Guabas
La Selva	904.320,92	1.101.567,61	1704	1971-2007	PM	Guabas
Bosque Yotoco	920.360,16	1.071.252,99	1700	1983-2007	CP	Yotoco
Buenos Aires	916.460,55	1.071.908,10	1566	1971-2007	PM	Yotoco

En la Tabla 7.1 se muestra la estación Acueducto Buga, la cual se visitó en una de las salidas técnicas para observar el manejo que se le da a la estación y el punto de ubicación de la misma, con el fin de obtener resultados más confiables.



**Foto 7.1** Estación Acueducto Buga.

### 7.2.2. Verificación de la calidad de la información

En la Tabla 7.2 se presentan organizadas las estaciones de acuerdo a la proporción de datos faltantes o ausentes, lo cual se considera sumamente importante en el inicio del proyecto ya que la observación de datos faltantes actúa como un primer filtro en el estudio de la confiabilidad de los datos.

**Tabla 7.2.** Porcentaje de Datos Faltantes de las Estaciones (Base Diaria)

<b>Estación</b>	<b>Periodo</b>	<b>Total Registros</b>	<b>No Datos Faltantes</b>	<b>Proporción</b>	<b>No Datos Validos</b>	<b>Proporción</b>
La primavera	1971-2008	13380	559	4,18%	12821	95,82%
La magdalena	1969-2008	14610	873	5,98%	13737	94,02%
El Janeiro	1971-1991	7670	564	7,35%	7106	92,65%
El diluvio	1971-2008	13880	576	4,15%	13304	95,85%
Dosquebradas	1971-2008	13880	949	6,84%	12931	93,16%
Acuebuga	1978-2008	11323	364	3,21%	10959	96,79%

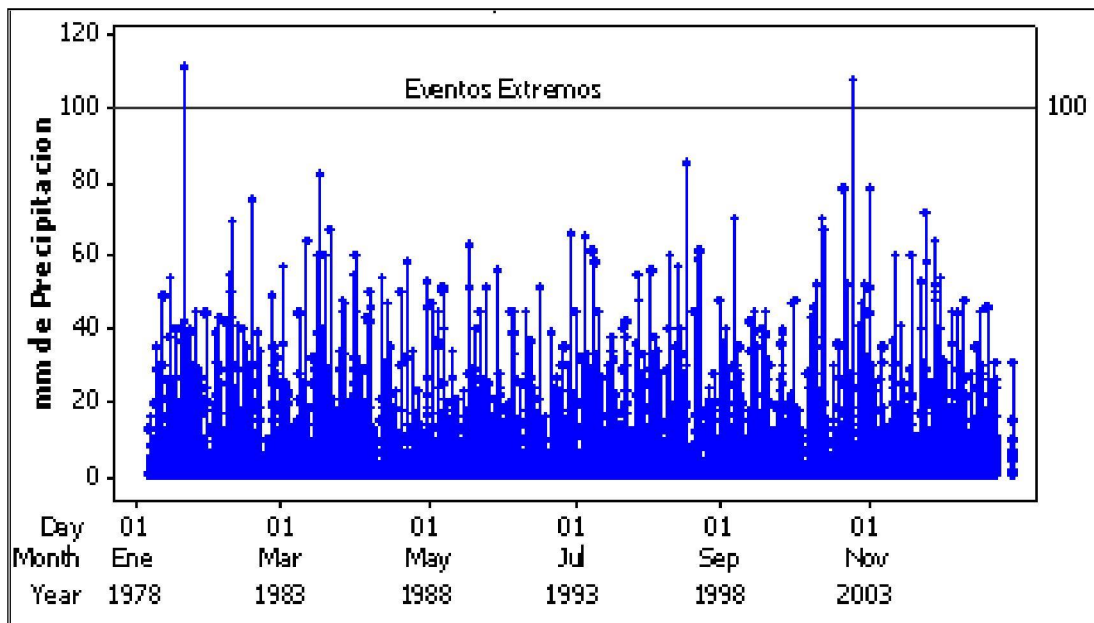
De la tabla anterior se concluye que de las estaciones analizadas ninguna supera el porcentaje de datos faltantes máximo permisible (10%). La estación con mayor porcentaje, es El Janeiro, la cual tiene 7.35%, seguida por Dos Quebradas con 6.84% y destacándose entre todas las estaciones Acueducto Buga, la cual tiene menor cantidad de datos faltantes con 3.21%. De las estaciones presentes en la tabla anterior, la estación Janeiro no se utilizara en el estudio debido a que el periodo de registro de esta, no corresponde con el periodo seleccionado (1980 – 2007).

El municipio de Buga cuenta con una buena cantidad de datos para el análisis del comportamiento de las precipitaciones, con más de 30 años de registros de precipitación diaria. Debido a la gran cantidad de registros con los que cuentan las estaciones se hace confiable trabajar con esas cantidades de datos faltantes ya que son relativamente bajas y se considera que no causaran perjuicios en los análisis además de que se empleara un método de imputación de datos que se encuentra entre los más potentes.

Se calcularon los estadísticos de tendencia central y de dispersión con la finalidad de realizar una primera mirada al comportamiento de las series de precipitación de cada estación encontrando que las series no presentan variaciones significativas con respecto a la media y a la varianza, aunque es importante mencionar que las estaciones El Diluvio y Dos Quebradas presentaron las desviaciones más altas a pesar que estas no son significativas. Y las desviaciones más bajas se presentaron en las estaciones La Magdalena y Acueducto Buga.

## Evaluación de Datos Extremos o Posibles Atípicos

Se comienza evaluando los datos de precipitaciones diarias mayores a 100 mm para cada estación como lo muestra la Figura 7.2



*Figura 7.2 Serie temporal estación Acueducto Buga.*

Como las estaciones estudiadas no presentan una distribución normal, se realizaron pruebas no paramétricas para analizar la estabilidad de la media y la varianza en las series de precipitación. A partir de las pruebas de estabilidad se puede concluir de acuerdo a los resultados del análisis estadístico que las estaciones seleccionadas para el municipio de Buga pueden ser utilizadas para la aplicación del análisis hidrológico.

Para determinar la confiabilidad de los eventos de precipitación máxima, estos datos se compararon con los caudales presentados por la estación limnimétrica más cercana río abajo para evaluar si dichos posibles datos atípicos corresponden a datos reales que ocasionaron aumentos en los caudales o fue un error del operario como se muestra a continuación. Ver Tabla 7.3.

**Tabla 7.3.** Resultados análisis de datos extremos.

<b>Fecha evento</b>	<b>Valor Precipitación</b>	<b>Valor Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Observación</b>
12-Oct-87	130	69.99	Dato real ya que se aumenta el caudal posterior a la lluvia
08-Abr-88	103	59.86	Dato real ya que se aumenta el caudal posterior a la lluvia aunque la tormenta es localizada debido a que la lamina de lluvia registrada en estaciones cercanas es baja
16-Nov-88	100	28.75	Dato real ya que se aumenta el caudal posterior a la lluvia en la estación El Vergel
01-Abr-90	113	34.7	Dato real ya que se aumenta el caudal posterior a la lluvia y se registran altas precipitaciones en estaciones cercanas
15-Nov-93	110	28.50	

Como las estaciones estudiadas no presentan una distribución normal, se realizó pruebas no paramétricas para analizar la estabilidad de la media y la varianza en las series de precipitación. Se evidenció cambios en la media y la varianza a través del tiempo lo cual se considera beneficioso para la investigación ya que evidencia tendencias en los comportamientos climáticos. Sin embargo, a partir de las pruebas de estabilidad se puede concluir de acuerdo a los resultados del análisis estadístico, que las estaciones seleccionadas para el municipio de Buga pueden ser utilizadas para la aplicación del análisis hidrológico.

### **7.3. MEDICIONES Y DETERMINACIONES DE CAMPO**

#### **7.3.1. Visita 1; Reconocimiento de la zona de estudio**

El día 24 de marzo se realizó una reunión con representante de la DAR centro sur de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y con representantes de la alcaldía de Buga con el fin de dar a conocer el proyecto, formular propuestas para la entrada operativa a la zona de estudio, recopilar información secundaria e indagar a las autoridades locales de los sitios donde ocurre con mayor frecuencia problemas de inundaciones y deslizamientos

En la DAR CENTRO SUR, la cual opera en el municipio de Guadalajara de Buga, la comisión de la Universidad del Valle fue recibida por el ingeniero Julián Ramiro Vargas, el cual fue asignado por parte de la DAR centro sur para el apoyo logístico en todas las actividades del proyecto en el municipio de Buga (Foto 7.3).

Los funcionarios de la CVC manifestaron que en los sectores aledaños del río Guadalajara de Buga (Foto 7.2) se presentan inundaciones, principalmente en la margen derecha del río, se recuerda un evento ocurrido en 1999, donde el río se salió y arrastró varios vehículos de un concesionario.



**Foto 7.2** Reunión con los funcionarios de la CVC.

En zona urbana del municipio de Buga se presentan inundaciones en época de invierno en algunas quebradas y canales las causas que originan la inundación son principalmente el arrojado de escombros y basuras y la falta de mantenimiento, dentro de las quebradas se destacan las siguientes: Canales Chambimbal y el Albergue, quebradas la Honda y la Pachita.

Otro aspecto importante a considerar es que en el sector de patio bonito se presenta de forma continua deslizamientos debido principalmente a asentamientos humanos en zona de ladera. A continuación se presenta la información suministrada por los funcionarios de la Dar Centro Sur:

- Informe final POMCH Guadalajara.
- Calidad de los recursos hídricos superficiales en el Valle del Cauca, actualización a 2006.
- Informe Diagnostico La Honda.
- Estudios hidrológicos e hidráulicos en las acequias La Honda y La Pachita.
- Información cartográfica del área municipal y la zona de expansión.

A continuación se muestra la erosión producida por acción de la lluvia en el barrio Alto Bonito donde se pudo apreciar un deslizamiento que había ocurrido recientemente (Foto 7.3).





**Foto 7.3** Erosión en el barrio Alto Bonito, cerca de la acequia Chambimbal.

Las acequias La Honda y La Pachita en época de verano no presentan caudal, pero en época de invierno o lluvia prolongada alcanzan niveles de desbordamientos (Fotos 7.4 y 7.5).



**Foto 7.4** Acequia La Honda.



**Foto 7.5** Acequia La Pachita.

### **7.3.2. Visita 2; Reconocimiento del uso del suelo**

Durante las visitas técnicas a cada uno de los municipios, se realizó un reconocimiento del uso del suelo en zona urbana y en la de expansión teniendo en cuenta la cartografía de usos del suelo entregada por la CVC y algunos recorridos diseñados para dicho reconocimiento. Analizando permanencias y cambios en el área urbana y de expansión del municipio, en esta última usualmente se hizo uso del GPS para delimitar áreas de distintos cultivos. Por último, se adecuaron las delimitaciones previas y establecidas en el trabajo de campo a un sistema único de clasificación de uso de suelo. En el municipio de Buga gran parte del uso de suelo en la zona de expansión está definido por cultivos de caña, de maíz y rastrojo.

### 7.3.3. Aforos Municipio de Buga

En la salida del 7 al 10 de julio de 2009 en el municipio de Buga se realizó aforos de las quebradas Pachita, La Honda, Chambimbal, en a la parte baja de la cuenca, donde se observó el flujo base de las quebradas Chambimbal (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6**), Pachita (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.7**) y la Honda (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.8**).



**Foto 7.6** Aforo Quebrada Chambimbal; Puente vía Panorámica.



**Foto 7.7** Aforo Qda La Pachita 300 m aguas abajo Puente vía alterna entrada a Buga.



**Foto 7.8.** Aforo Qda La Honda; Pte vía alterna entrada a Buga.

Durante esta visita se observó la derivación del río Guadalajara llamada acequia Chambimbal como se muestra a continuación.



**Foto 7.9** Aforo acequia Chambimbal en predios de la DAR Centro Sur.

Igualmente en la visita los días 16 y 17 de julio se desarrolló el aforo de las quebradas anteriormente referenciadas, pero no se observó mayores cambios en las mismas. En la Tabla 7.4, se muestra los resultados obtenidos de los aforos correspondientes a cada quebrada.

**Tabla 7.4.** Resultados de los aforos realizados en la salida técnica al municipio de Buga

<b>RIO Y/O QUEBRADA</b>	<b>SITIO DE AFORO</b>	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>
Quebradas Chambimbal	Puente vía Panorama	0
Quebrada la Honda	Puente vía alterna entrada a Buga, sector norte.	0
Quebradas Pachita	Puente coliseo de ferias	Pendiente
Acequia Chambimbal	En predios de la DAR Centro Sur	Pendiente

#### 7.3.4. Evaluación de la infiltración y perfiles del suelo

En la salida del 7 al 10 de julio y del 16 al 17 de julio en el municipio de Buga se realizó un total de 20 puntos de infiltración los cuales fueron escogidos de acuerdo al tipo de suelo y al uso actual del suelo, los puntos están estratégicamente ubicados 9 en el casco urbano y 11 en la zona de expansión.

En la Tabla 7.5, se relacionan los valores que permiten clasificar la velocidad de infiltración, según el IGAC.

**Tabla 7.5.** Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990)

<b>Velocidad de infiltración (cm/hora)</b>	<b>Interpretación</b>
<0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 2.0	Moderadamente lenta
2.0 – 6.3	Moderada
6.3 – 12.7	Moderadamente rápida
12.7 – 25.4	Rápida
>25.4	Muy rápida

Para facilitar la interpretación de la variación espacial de la infiltración de los suelos de la zona de estudio, se asigna los siguientes rangos: Infiltración Lenta menores a 1,0 cm/hora, Infiltración Media entre 1.0 y 10.0 cm/hora e Infiltración Rápida mayores a 10.0 cm/hora. En cada uno de los puntos donde se evaluó la infiltración, se desarrolló dos pruebas simultáneas con el fin de corroborar la información. En la Tabla 7.6, se presenta la nueva clasificación.

**Tabla 7.6.** Rango y calificación general de la velocidad de infiltración.

<b>Velocidad de infiltración (cm/hora)</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Color</b>
< 1	lenta	
1.0 – 10	Moderada	
> 10	Rápida	

A continuación en la Figura 7.3 se presentan los puntos de las pruebas de infiltración realizados en el municipio de Buga.

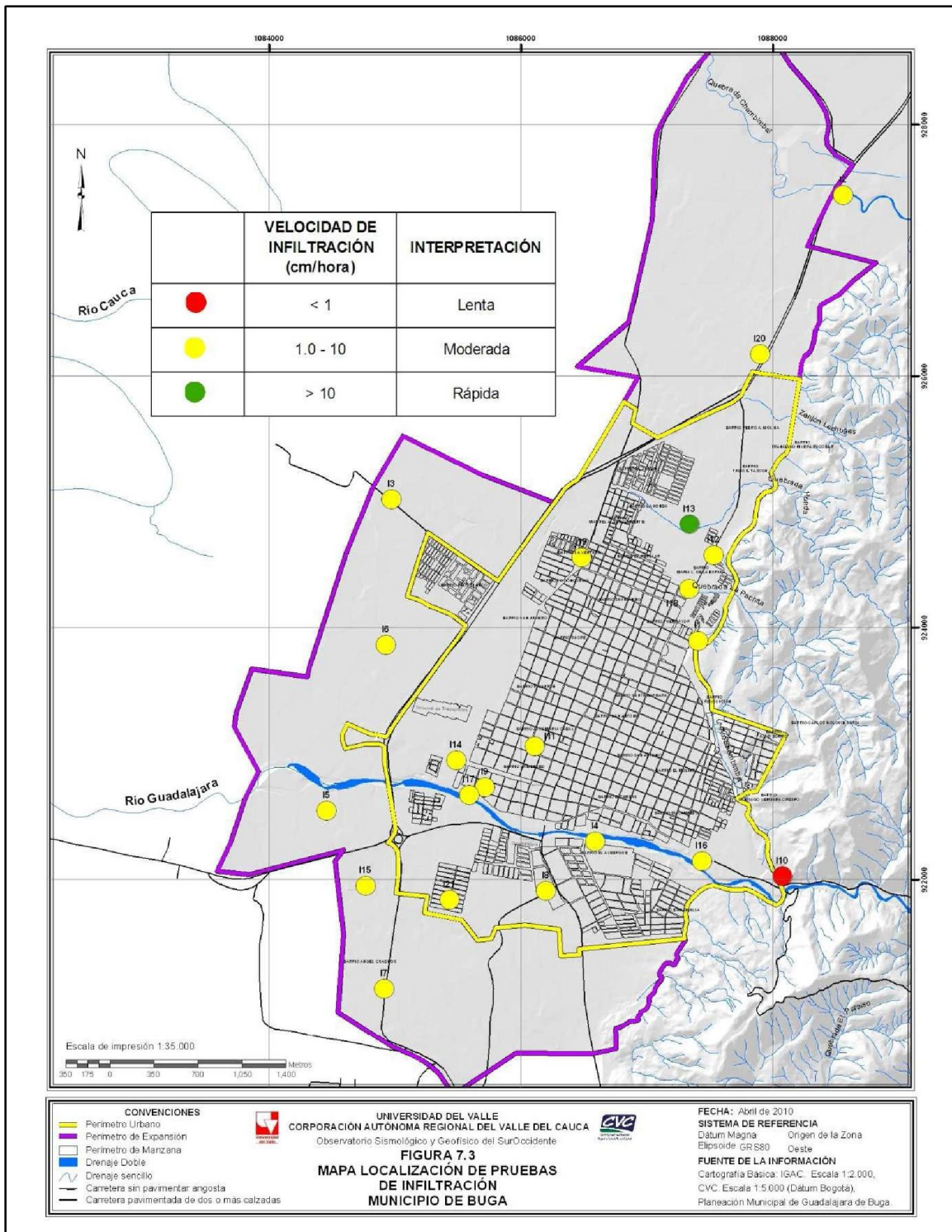


Figura 7.3 Ubicación de los puntos para las pruebas de infiltración municipio de Buga.

En cada uno de los puntos en donde se evaluó la infiltración se realizó doble prueba de manera simultánea. Además se hizo un barrenado con el fin de describir en forma general el suelo hasta una profundidad de 2m. Los resultados para una de las pruebas se presentan a continuación:

#### **Sector Batallón Palace**

Fecha	28/04/2009
Lugar	Frente al Batallón Palace
Prueba	1
Humedad del Suelo	37 %
Cobertura	Rastrojo

Una vez obtenidos los datos, se organizó y procesó en una hoja electrónica para obtener las respectivas ecuaciones y gráficas. Se aplicó el modelo matemático de Kostiakov, cuyos parámetros se determinó por medio de regresiones de tipo potencial, con las cuales fue posible elaborar las curvas de lámina de infiltración acumulada y velocidad de infiltración en función del tiempo. A continuación se presenta la ecuación de lámina de infiltración acumulada obtenida en la prueba de infiltración realizada en el sector Batallón Palacé en el municipio de Buga.

$$L = 8,99 T^{0.507}$$

Donde:

L: Lámina de infiltración acumulada en mm.

T: Tiempo en minutos.

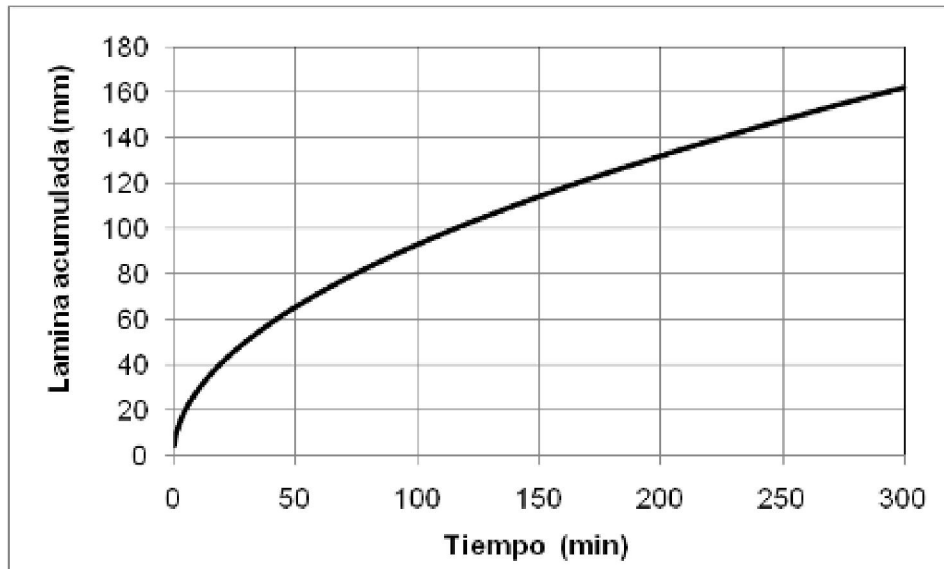
La siguiente ecuación representa la velocidad de infiltración en función del tiempo, la cual se obtuvo en la prueba de infiltración realizada en el sector Batallón Palacé.

$$I = 273.50 T^{-0.49}$$

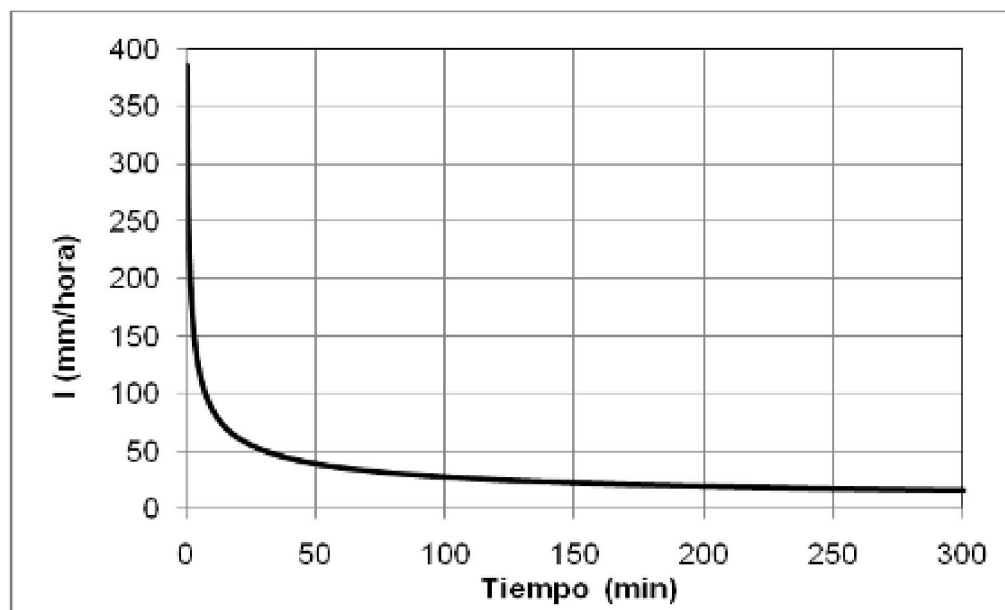
Donde:

I: Velocidad de infiltración en mm/hora

T: Tiempo en minutos.



*Figura 7.4 Infiltración acumulada Batallón Palacé; Prueba 1.*



*Figura 7.5 Curva de velocidad de infiltración Batallón Palacé; Prueba 1.*

De acuerdo a la gráfica de velocidad de infiltración para el sector aledaño al Batallón Palacé la infiltración básica es igual a 16.4 mm/h que corresponde a moderadamente lenta (Tabla 7.7).



**Tabla 7.7.** Perfil del suelo - sector Batallón Palacé – Municipio de Buga



0 - 50 cm  
Horizonte A  
Franco –Arenoso con presencia de grava gruesa  
Color: Negro

50 - 100 cm  
Horizonte A  
Franco –Arenoso con presencia de grava gruesa  
Color: Negro

100 - 150 cm  
Horizonte A  
Franco –Arenoso con presencia de grava gruesa  
Color: Negro

En las Tablas 7.8 y 7.9, se muestran un resumen de infiltración y la clasificación de la velocidad de infiltración según la interpretación presentada en la Tabla 7.6.

**Tabla 7.8.** Infiltración Municipio de Buga

Código punto	SECTOR	ECUACIÓN LAMINA INFILTRADA (L: mm, T: min)	ECUACIÓN VELOCIDAD INFILTRACIÓN (I: mm/h, T: min) DE
I <sub>1</sub>	Las Palmitas	$L = 0.615 T^{0.558}$	$I = 20.59 T^{-0.44}$
		$L = 1.065 * T^{0.834}$	$I = 53.30 T^{-0.17}$
I <sub>2</sub>	Quebrada Chambimbal	$L = 3.044 T^{0.597}$	$I = 109.08 T^{-0.40}$
I <sub>3</sub>	Hacienda San José	$L = 19.776 T^{0.728}$	$I = 863.58 T^{-0.27}$
		$L = 3.154 T^{0.797}$	$I = 150.73 T^{-0.20}$
I <sub>4</sub>	Académico	$L = 10.128 T^{0.543}$	$I = 330.19 T^{-0.46}$
		$L = 9.061 T^{0.607}$	$I = 329.10 T^{-0.39}$
I <sub>5</sub>	Hacienda La Trinidad	$L = 6.055 T^{0.718}$	$I = 260.70 T^{-0.28}$
		$L = 8.756 T^{0.631}$	$I = 331.73 T^{-0.37}$
I <sub>6</sub>	El Chaguante	$L = 3.490 T^{0.852}$	$I = 178.36 T^{-0.15}$
		$L = 3.767 T^{0.769}$	$I = 173.87 T^{-0.23}$
I <sub>7</sub>	Zona de Expansión2	$L = 6.625 T^{0.596}$	$I = 237.03 T^{-0.40}$
		$L = 2.862 T^{0.676}$	$I = 116.13 T^{-0.32}$
I <sub>8</sub>	Postobón	$L = 16.772 T^{0.602}$	$I = 606.05 T^{-0.40}$
I <sub>9</sub>	Iglesia la Merced	$L = 26.287 T^{0.662}$	$I = 1043.96 T^{-0.34}$
		$L = 13.483 T^{0.575}$	$I = 464.87 T^{-0.43}$
I <sub>10</sub>	Aguas de Buga	$L = 31.913 T^{0.657}$	$I = 1258.11 T^{-0.34}$
		$L = 29.356 T^{0.511}$	$I = 899.97 T^{-0.49}$
I <sub>11</sub>	Parque Cabal	$L = 6291 T^{0.712}$	$I = 268.82 T^{-0.29}$
		$L = 9.265 T^{0.642}$	$I = 357.17 T^{-0.36}$
I <sub>12</sub>	Hacienda La Esneda	$L = 41.232 T^{0.447}$	$I = 1105.84 T^{-0.55}$
		$L = 77.278 T^{0.510}$	$I = 2366.22 T^{-0.49}$
I <sub>13</sub>	Balboa	$L = 1.952 T^{0.470}$	$I = 55.01 T^{-0.53}$
I <sub>14</sub>	Estación Ferrocarril	$L = 10.123 T^{0.504}$	$I = 306.20 T^{-0.50}$
		$L = 9.552 T^{0.500}$	$I = 286.56 T^{-0.50}$
I <sub>15</sub>	Sena	$L = 45.864 T^{0.568}$	$I = 1012.95 T^{-0.63}$
		$L = 0.469 T^{0.811}$	$I = 22.82 T^{-0.19}$
I <sub>16</sub>	Batallón Palacé	$L = 8.994 T^{0.5068}$	$I = 273.50 T^{-0.49}$
		$L = 8.651 T^{0.497}$	$I = 258.07 T^{-0.50}$
I <sub>17</sub>	Terminal de Transportes	$L = 2.824 T^{0.499}$	$I = 84.53 T^{-0.50}$
		$L = 8.769 T^{0.778}$	$I = 409.50 T^{-0.22}$
I <sub>18</sub>	Coliseo de Ferias	$L = 10.159 T^{0.623}$	$I = 379.43 T^{-0.38}$
		$L = 3.355 T^{0.483}$	$I = 97.23 T^{-0.52}$
I <sub>19</sub>	Comfandi	$L = 1.103 T^{0.843}$	$I = 55.75 T^{-0.16}$
		$L = 1.967 T^{0.557}$	$I = 65.73 T^{-0.44}$
I <sub>20</sub>	Procampo	$L = 24.304 T^{0.501}$	$I = 730.28 T^{-0.50}$
		$L = 1.715 T^{0.802}$	$I = 82.48 T^{-0.20}$
I <sub>21</sub>	Zona de expansión1	$L = 18.993 T^{0.544}$	$I = 619.69 T^{-0.46}$
		$L = 22.963 T^{0.592}$	$I = 815.44 T^{-0.41}$

**Tabla 7.9.** Calificación del terreno según los datos obtenidos de infiltración

Código punto	SECTOR	COORDENADAS PLANAS		VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN BÁSICA (mm/h)	CALIFICACIÓN
		ESTE	NORTE		
I <sub>1</sub>	Las Palmitas	1087414	923894	11,2	Moderada
I <sub>2</sub>	Quebrada Chambibal	1088565	927437	11	Moderada
I <sub>3</sub>	Hacienda San José	1084975	925019	55,3	Moderada
I <sub>4</sub>	Académico	1086593	922299	29,7	Moderada
I <sub>5</sub>	Hacienda La Trinidad	1084459	922546	46,3	Moderada
I <sub>6</sub>	El Chaguante	1084933	923861	61,7	Moderada
I <sub>7</sub>	Zona de Expansión2	1084916	921130	21	Moderada
I <sub>8</sub>	Postobon	1086203	921908	62,7	Moderada
I <sub>9</sub>	Iglesia la Merced	1085720	922730	96,1	Moderada
I <sub>10</sub>	Aguas de Buga	1088085	922024	116,6	Rápida
I <sub>11</sub>	Parque Cabal	1086113	923054	49,3	Moderada
I <sub>12</sub>	Hacienda La Esneda	1087536	924574	96,1	Moderada
I <sub>13</sub>	Balboa	1087348	924822	2,7	Lenta
I <sub>14</sub>	Estación Ferrocarril	1085492	922946	17,3	Moderada
I <sub>15</sub>	Sena	1084771	921947	17,7	Moderada
I <sub>16</sub>	Batallón Palacé	1087442	922146	15,6	Moderada
I <sub>17</sub>	Terminal de Transportes	1085594	922671	60,2	Moderada
I <sub>18</sub>	Coliseo de Ferias	1087344	924306	86,3	Moderada
I <sub>19</sub>	Comfandi	1086487	924554	14	Moderada
I <sub>20</sub>	Procampo	1087905	926171	34,5	Moderada
I <sub>21</sub>	Zona de expansión1	1085439	921836	62,7	Moderada

### 7.3.5. Uso actual del suelo

Inicialmente se reconoció el terreno y algunas de sus características por medio de cartografía básica como el límite municipal y el área conocida. Se conceptualizaron previamente algunas categorías de uso de suelo de la siguiente manera:

1. **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.
2. **Dotación:** comprende las instalaciones para alojar las funciones requeridas como satisfactores de necesidades comunitarias. Se pueden incluir dentro de esta categoría. 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.
3. **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.
4. **Comercial:** Entiéndase por uso comercial la actividad destinada al intercambio de bienes al por mayor o al detal.
5. **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.
6. **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.
7. **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.

Se decidió por trabajar con levantamiento topográfico, planimétrico y poligonal directamente debido a las características y extensión de la zona urbana que se quería representar.

Ya establecidas las categorías que van a ser asignadas para la realización del mapa de usos de suelo, mediante el trabajo de campo y los levantamiento de información espacial antes mencionadas, se obtuvo información georeferenciada de asentamientos urbanos y sus respectivos atributos. Posteriormente se utilizó el software adecuado para digitalizar las coberturas y definir el sistema de coordenadas. Las siguientes imágenes muestran el uso de suelo en el municipio de Buga (Fotos 7.10 y 7.11).



**Foto 7.10** Vista panorámica tomada desde el mirador (El Faro) sector centro de la ciudad de Buga.



**Foto 7.11** Vista panorámica tomada desde el mirador (El Faro) sector sur de la ciudad de Buga.

En el municipio de Buga gran parte del uso de suelo en la zona de expansión está definido por cultivos de caña, de maíz y rastrojo (Fotos 7.12 y 7.13).



**Foto 7.12** Cultivo de Caña ubicado en la zona de expansión occidental, en el costado occidental de la vía panorama.



**Foto 7.13** Cultivo de maíz ubicado en la zona de expansión sur, en el costado oriental de la vía panorama.

A continuación se presenta el mapa de uso actual del suelo (Mapa 7.1 y Figura 7.6) y la clasificación de acuerdo el área.

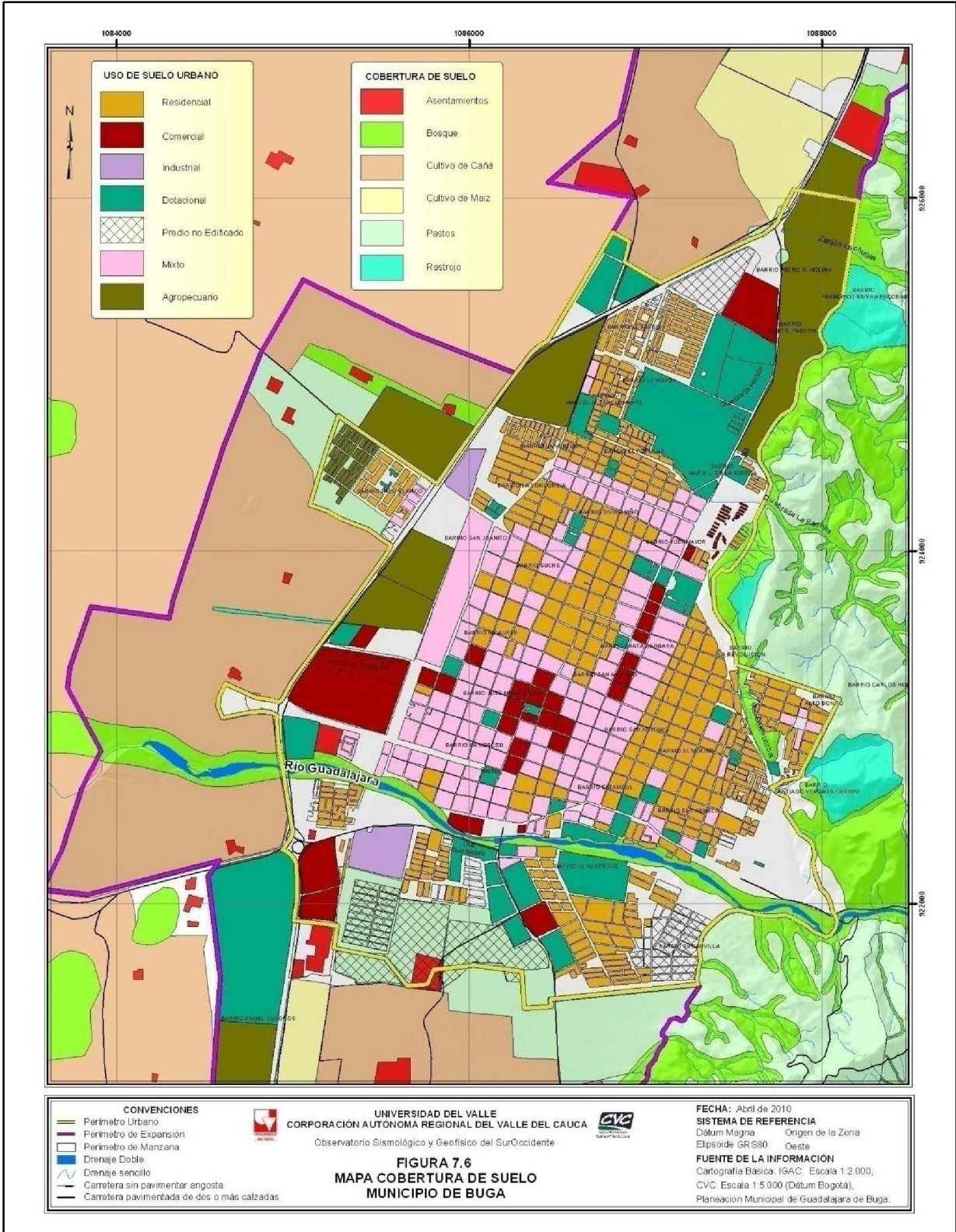


Figura 7.6 Mapa preliminar de usos de suelo de Buga.

### **7.3.5.1. Levantamiento complementario de cobertura de suelo**

De acuerdo a las necesidades técnicas del grupo de geotecnia, se realizó un levantamiento de coberturas del suelo en el área delimitada por la ventana usada por el grupo de geología. Se tomaron como base la cartografía de uso actual del suelo, generado por el grupo de hidrología (en el mismo proyecto) y cartografía base disponible en el proyecto. Ver Figura 7.6 y Mapa 7.1.

Teniendo en cuenta los elementos anteriores se diseñaron unos recorridos para levantar la información. Con una buena identificación de las curvas de nivel como referencia se pudo hacer el levantamiento de las coberturas con un buen nivel de detalle y precisión. Una vez establecidas las categorías que van a ser asignadas (Ver Tabla 7.10), para la realización del mapa de usos de suelo, mediante el trabajo de campo y los levantamiento de información espacial antes mencionadas, se obtuvo información georeferenciada de asentamientos urbanos y sus respectivos atributos. Posteriormente, se utilizó el software ArcGIS 9.3 para digitalizar las coberturas y definir el sistema de coordenadas.

**Tabla 7.10.** Categorías de Uso del suelo

Pastos
Rastrojo
Bosque
Cultivos
Asentamientos

Se contactaron personas que pudieran orientar el desarrollo de la salida a los sitios más indicados para obtener un panorama amplio del municipio y sus alrededores, además se visitó la alcaldía, la división de Planeación municipal, la estación de Policía y los Bomberos. Se hizo un recorrido hasta Presidente por la carretera Central, en el que se identificaron las coberturas a lado y lado de la vía. Se encontró que la parte contigua a la vía, hacia el oriente, las principales coberturas de uso del suelo eran: Pasto, algunas zonas que se encontraban en rastrojo y asentamientos (Ver Foto 7.14).

En un recorrido por la zona nor-oriental de Buga, se recorrieron los alrededores de la Quebrada La Pachita y se identificó la existencia de una urbanización que no aparece en el mapa básico, se sugiere hacer un levantamiento para que sea incluida en el mapa. (Ver Foto 7.15).

Se visitó el Obelisco en el cual se tuvo un buen panorama del municipio; se rectificó con el mapa de uso del suelo que facilitó el Grupo de Sig, que la ladera oriental del municipio además de presentar una cobertura en pastos, presenta bosques de ribera. Hacia el occidente se rectificó, que el área en su totalidad tiene una cobertura en cultivos de caña y maíz, este último hacia el nor-occidente del municipio, se aprecia algunos relictos de bosque separando haciendas.



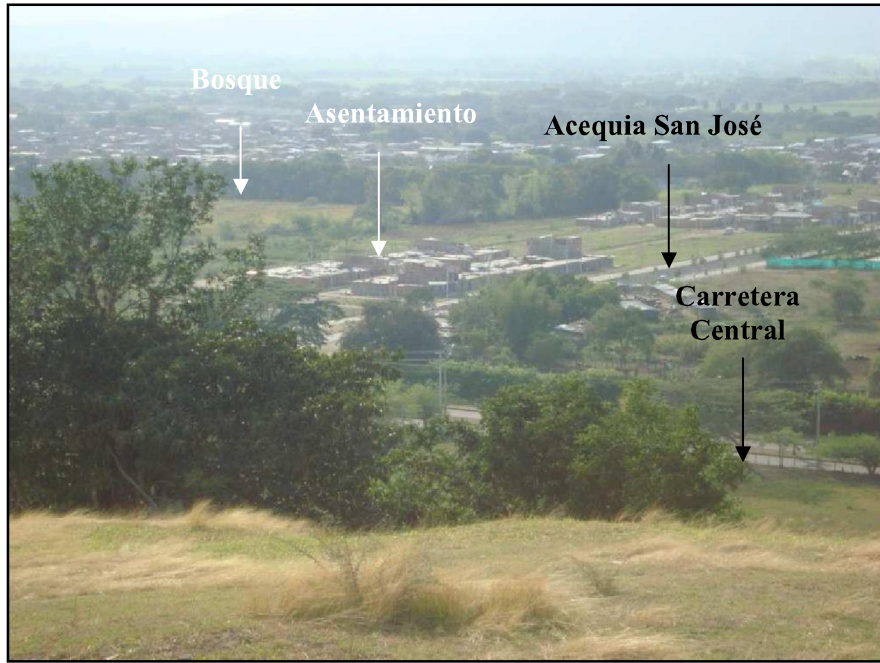
Se realizó un recorrido por el piedemonte de la Cordillera Central, se recorrió toda la zona conocida como el Sector de Las Cruces, en el mapa de usos del suelo aparecía toda la zona con una cobertura en pastos; sin embargo, en terreno se pudo observar que las quebradas presentan cobertura boscosa. En principio no fue posible el acceso a la ladera oriental, porque el paso a lo largo del municipio se encontraba cercado, además antes de la cerca había un canal de 1.20 metros aproximadamente; las personas del sector y de la Finca La Loma, informaron que era agua del río Guadalajara que surtía las avícolas ubicadas al nor-oriente del municipio.

Finalmente, se visitó La Finca La Loma, donde se tuvo una visual de la parte occidental de Buga (Ver Foto 7.16), y se pudo recorrer la ladera oriental hacia el norte (Ver Foto 7.17), la cobertura de uso de suelo predominante corresponde a pastos y bosque de ribera; de igual forma se consiguió un panorama más amplio de la Quebrada La Pachita (Ver Foto 7.18).

Desde el Obelisco se reviso la parte sur-oriental del municipio y se identificaron coberturas de uso de suelo, principalmente de cultivos de caña, asentamientos, pastos y bosque de ribera; y se recorrió nuevamente el municipio por la carretera Central.



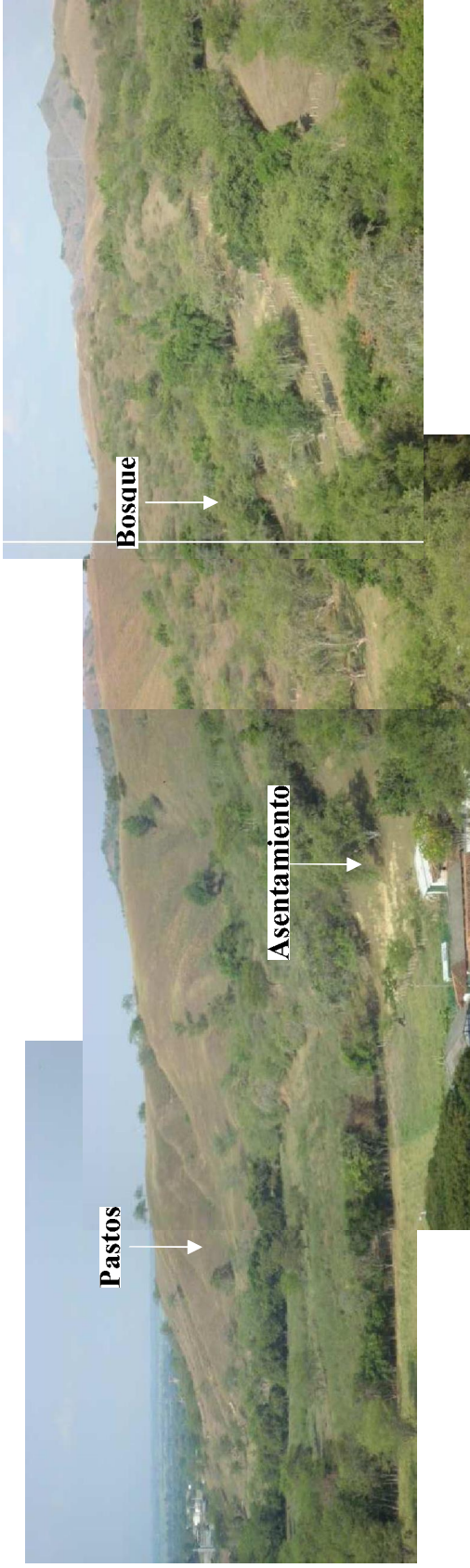
**Foto 7.14** Vista al oriente de la Carretera Central.



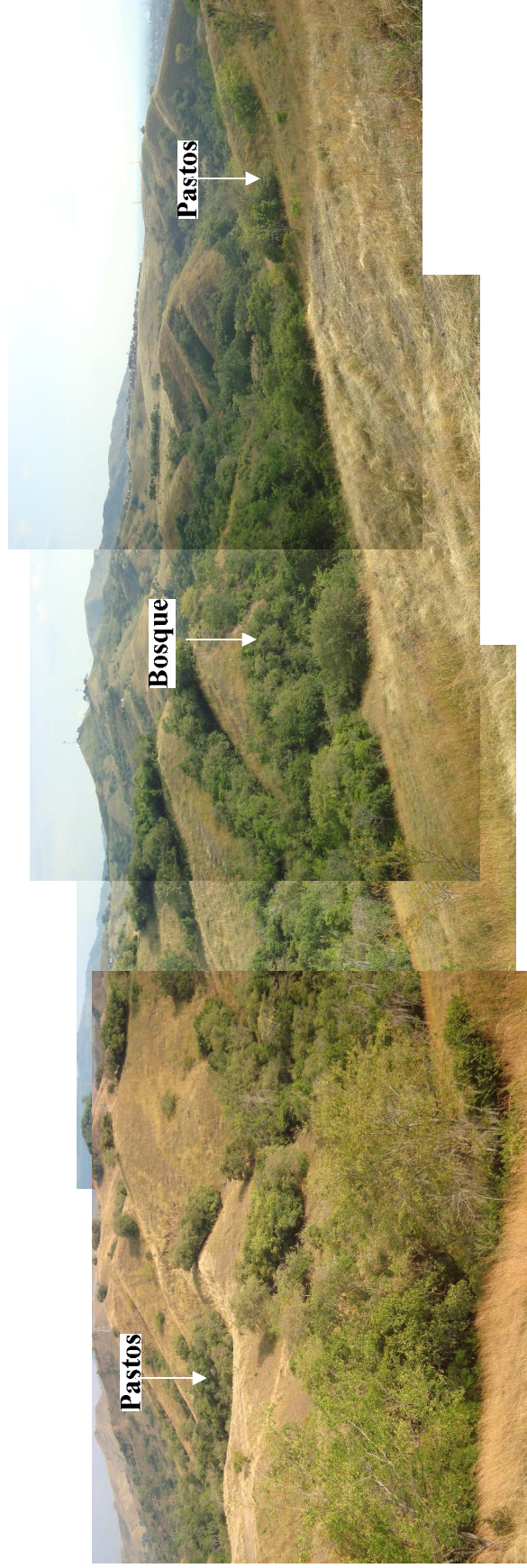
**Foto 7.15** Vista hacia el occidente, parte nor-occidental del municipio.



**Foto 7.16** Vista desde la ladera oriental, hacia el occidente.



**Foto 7.17** Vista al nor-oriente, desde la Finca La Loma.



**Foto 7.18** Vista al oriente. Quebrada La Pachita.

### **7.3.6. Uso potencial del suelo**

El estudio de los conflictos por el uso del suelo inicia con la recopilación de información disponible para estos casos en zonas urbanas de Colombia. Efectivamente se procede a consultar las oficinas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en donde se manifiesta que la zonificación de tierras, se hace de manera independiente en cada ciudad y en el caso de la CVC, se emplea el criterio basado en principios de zonificación para suelos agrícolas y forestales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.

Con base a las visitas y consultas adelantadas, se encuentra que el país no cuenta con criterios estandarizados para la definición de conflictos de uso del suelo; por esta razón y de acuerdo con la interventoría del proyecto y de la CVC, se acordó emplear los criterios adoptados en la CVC en zonas rurales. El análisis de vulnerabilidad que se desarrolla en la zona de estudio, área urbana y de expansión, de cada uno de los municipios, permite determinar los diferentes riesgos que presentan en el territorio.

#### **7.3.6.1 Metodología**

El proceso se inicia con la recopilación de la información básica y la consecución de la información temática. Para tal efecto se hace una copia de la información digital de los archivos que contienen la información de las curvas de nivel, la red hídrica, la línea divisoria de aguas, el mapa de clasificación de pendientes, obtenido a partir del modelo de elevación digital, el mapa de uso de suelo, el mapa de erosión, y el mapa de suelos.

De las revisiones metodológicas que se encontraron para uso del suelo potencial en la zona rural se seleccionaron los criterios que tienen la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) en el estudio de suelos del Valle del Cauca que viene haciendo El Uso Potencial, según la CVC<sup>7</sup>, se define como la capacidad natural que poseen las tierras para producir o mantener una cobertura vegetal. Esta información temática permite analizar y asociar características y propiedades de los suelos con base en su capacidad para producir plantas cultivadas a nivel general. Este sistema de clasificación pretende que los suelos tengan un uso adecuado para conservar, mantener y garantizar la calidad del recurso suelo y el medio ambiente. Tiene como propósito dentro del estudio de riesgo proporcionar una componente para determinar conflictos de uso del suelo.

El Valle del Cauca presenta tres grandes regiones con características particulares como son la región andina que comprenden el flanco oriental de la cordillera Occidental y el flanco occidental de la cordillera Central, la zona plana o Valle geográfico del Río Cauca y la vertiente del pacífico, para cada región la CVC ha establecido una metodología para elaborar el estudio de uso potencial. Por lo que el sistema de clasificación actual es una composición de tres sistemas de clasificación generados a partir de cada región, en nuestro

---

<sup>7</sup> Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, 1997. Estudio General de suelos zona andina (Unidades de Suelo). Cali, Colombia.

caso utilizaremos solo los sistemas de ladera y de la región plana que abarcan los municipios objetos de estudio del proyecto.

Uso potencial para los suelos de la zona de ladera

Tierras para cultivos C: Terrenos con aptitud para la agricultura, el tipo de agricultura depende de las condiciones específicas del terreno; se tienen áreas planas mecanizadas y en las zonas de ladera en donde las labores pueden ser todas manuales. Esta aptitud presenta algunas divisiones, como se presenta en la siguiente tabla.

*Clasificación de tierras para cultivo.*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tierras para cultivos C1	Pendiente plana, 0 – 3%. Suelos desde superficiales a profundos	Admiten amplia gama de cultivos, plena mecanización, no son susceptibles a la erosión, se recomiendan cultivos limpios y semilimpios.
Tierras para cultivos C2	Pendiente entre 3 y 12%. Suelos desde superficiales a profundos	Exigen prácticas sencillas de conservación y con restricciones para la mecanización. Pueden presentar erosión ligera; se recomiendan cultivos semilimpios y limpios con prácticas de conservación de suelos
Tierras para cultivos C3	Pendiente entre 12 y 25% Suelos desde superficiales a profundos	Mecanización restringida a maquinaria de tracción animal. Se pueden establecer cultivos densos con buena cobertura al suelo, alta capacidad radical y de macollamiento y no exijan muchas labores agronómicas y culturales; son exigentes en prácticas de conservación de suelos, pueden presentar erosión ligera a moderada.
Tierras para cultivos C4	Pendiente entre 25 y 50% Suelos desde muy superficiales a muy profundos	Cultivos que den cobertura de semibosque o cultivos de multiestrato como café y cacao con sombrío, también algunos frutales. Exigentes en prácticas de conservación de suelos, necesarias y de carácter obligatorio, y se deben hacer a mano.

*Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle de Cauca.*

Tierras para Praderas de Pastoreo P: Se trata de tierras de bajas pendiente y tierras fuertemente onduladas con pendientes de hasta de 25%. En esta categoría los suelos tienen una profundidad entre 25 y 50 cm. Estos terrenos pueden tener limitaciones de su profundidad ya sea por condiciones físicas o químicas.

Tierras para Recuperación AF: Son tierras que presentan un grado de erosión severa o mayor, con una alta susceptibilidad a la pérdida del suelo; pueden ser terrenos que debido a su localización pueden tener un gran valor para la sociedad.

Tierras Forestales F: Se agrupan en esta categoría, los terrenos susceptibles a la degradación y que debido a sus condiciones naturales y legales, deben permanecer bajo cubierta boscosa. Entre estas se encuentran:

Tierras forestales productoras (F1): Los territorios que facilitan una extracción continua y controlada de los productos del bosque, siempre y cuando se empleen prácticas de aprovechamiento que no afecten el ciclo hidrológico y suelos de la cuenca. Estas tierras las caracteriza el relieve con pendientes menores al 50%, suelos profundos o medianamente profundos, poca erosión y lluvias anuales mayores a 1500mm.

Tierras forestales productoras - protectoras (F2): Terrenos con pendientes entre el 50 al 75%, suelos moderadamente profundos, grado de erosión entre moderada a severa y lluvias de más de 1250mm al año. Estos suelos por sus condiciones requieren permanecer bajo cobertura boscosa, solo permiten la extracción selectiva de sus productos y requiere el empleo de prácticas de conservación de sus aguas y suelos.

Tierras forestales protectoras (F3): Se trata de terrenos con pendientes mayores al 75%, suelos superficiales que presentan afloramientos de rocas, tierras cenagosas, playas inundables, cauces antiguos, escombros de antiguas explotaciones mineras, lluvias menores a 1000mm o mas de 3000mm. Debido a la susceptibilidad, estos territorios solo permiten su cobertura boscosa permanente acorde con los requerimientos de protección.

Tierras del Sistema de Parques Nacionales (R): Cuando el terreno presenta características excepcionales de tipo natural, cultural histórico, se consideran como patrimonio nacional; estas tierras presentan normatividad especial para su manejo y protección.

Con base a los criterios de profundidad del suelo y pendiente, la CVC establece un sistema de clasificación que se presenta en la tabla que se presenta a continuación.

*Matriz de relación profundidad y pendiente para designación de uso potencial.*

		PROFUNDIDAD							
Pendiente	S %	< 25	25 – 50	50 – 90	90 – 150	> 150			
a	0 - 3	P	C1	C1 F1	C1 F1	C1 F1	PRA DE RAS	CUL TI VOS	FO RES TA LES
b	3 - 7	P	C2	C2 F1	C2 F1	C2 F1			
c	7 - 12	P	C2	C2 F1	C2 F1	C2 F1			
d	12 - 25	P	C3	C3 F1	C3 F1	C3 F1			
e	25 - 50	C4	C4	C4 F1	C4 F1	C4 F1			
f	50 - 75	F3	F3	F2	F2	F2			
g	> 75	F3	F3	F3	F3	F3			
Prof.Efec		< 25	25-50	50-90	90-150	> 150			
		PRAD	CULTIVOS						
			FORESTAL						

C : Cultivos  
P : Praderas  
F : Forestales

### **Potencial del suelo en el valle geográfico del Río Cauca**

El uso potencial de los suelos se basa en las características del suelo con base al riesgo de deterioro por uso, a la forma cómo responden tanto al uso, como a su manejo. En el caso del Valle del Cauca, la CVC, aplica el sistema utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estado Unidos USDA (1995) con modificaciones y adaptaciones realizadas por la subdirección de agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

El sistema de clasificación presenta tres categorías: Clase, Subclase y Unidad de uso y manejo (Unidad de Capacidad). En total se consideran ocho clases de suelos, nombrados en números romanos entre el I y el VIII. Los suelos entre las clases I y IV son aptos para la mecanización, uso en la mayor parte de los cultivos, pastos ó bosques productivos de acuerdo a las condiciones de suelo, topografía y clima del terreno; estos suelos presentan pocos riesgos de deterioro en su laboreo.

En los suelos de clases mayores a la IV presentan limitaciones de uso, en este caso exigen para su buen manejo el empleo de técnicas de conservación de los mismos. A medida que aumentan las limitaciones de uso de los suelos, se incrementa el número con que se clasifica el mismo; de esta misma forma se incrementan los requerimientos de medidas para su protección y manejo. Los suelos clase V incluye tierras de uso limitado, por ser inundables, pantanosos, pedregosos, con problemas de salinidad o sodio; si bien el empleo de estos suelos es limitado, con técnicas de recuperación y adecuación pueden ser utilizados.



Los terrenos en donde se presentan especies endémicas y en riesgo, son los de clase VI y VII, se emplean para ciertos cultivos y pastos, aunque requieren altas inversiones para su aprovechamiento. Los suelos clase VIII tienen grandes limitaciones para el aprovechamiento agrícola, por lo que se recomienda su empleo en protección y conservación de recursos naturales y en ciertos casos protección de fuentes hídricas.

La Subclase se refiere a la subdivisión de la clase que tiene iguales factores y condiciones de uso; sin embargo por alguna condición puede presentar cierta limitación; en este caso se emplean letras minúsculas asociadas al factor limitante del suelo, en donde:

- e: erosión susceptible o presentada anteriormente,
- h: humedad o inundación,
- s: problema (físico ó químico) en el suelo en la zona de raíces,
- c: condiciones del clima.





Con base a las categorías de clase y subclases descritas previamente, se establecen unidades de manejo del suelo, de forma que cada unidad presenta condiciones comunes y recomendaciones para el uso y manejo. Cada unidad se nombra con base al número romano de clase, seguido por la letra de la subclase y un número arábigo final; en total se tienen 28 unidades, las cuales pueden ser consultadas en el *Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Río Cauca*, elaborado por IGAC – CVC, en el año 1980.

### **Clasificación de uso potencial y representación gráfica**

Para la representación gráfica se ha agregado la clase de humedales en la que se diferencian tres niveles dependiendo del grado de intervención. La simbología para las áreas homogéneas representadas en el mapa de uso potencial se establece de acuerdo con las Convenciones empleadas en la *Guía rápida para el usuario SIG* del Grupo de Sistema de Información Ambiental de la CVC, como se presenta en la siguiente tabla.

*Clasificación de uso potencial del suelo, (basado en Guía SIG, CVC).*

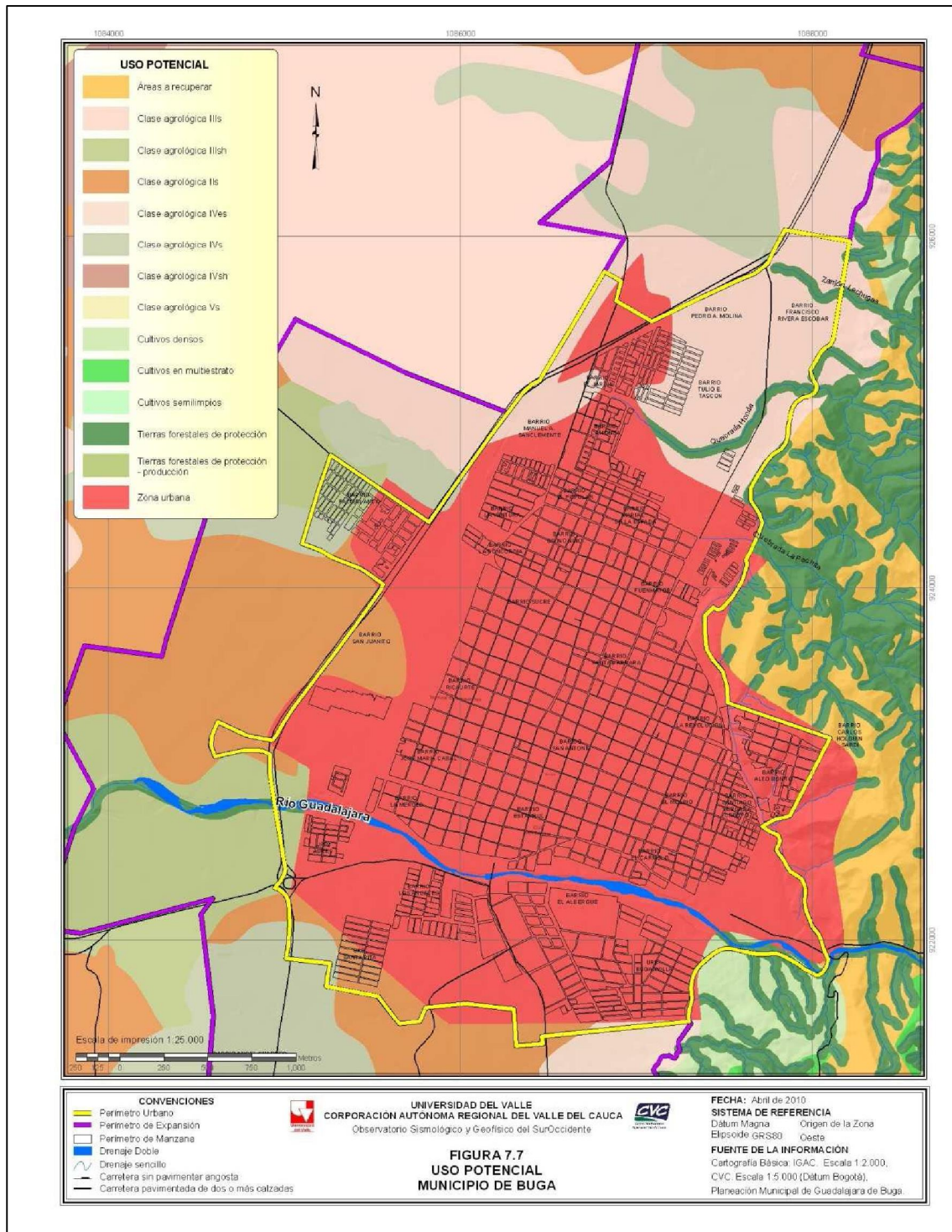
Nombre de Uso Potencial	Código	Color
Tierras para recuperación	AF	
Tierras para cultivos limpios	C1	
Tierras para cultivos limpios - Tierras forestales de producción	C1-F1	
Tierras para cultivos semilimpios	C2	
Tierras para cultivos semilimpios – Tierras forestales de producción	C2 – F1	
Tierras para cultivos densos	C3	
Tierras para cultivos densos - Tierras forestales de producción	C3-F1	
Tierras para cultivos en multiestrato	C4	
Tierras para cultivos en multiestrato - Tierras forestales de producción	C4-F1	
Tierras forestales de producción	F1	
Tierras forestales de producción – protección	F2	
Tierras forestales de protección	F3	
Humedales de producción	H1	
Humedales de producción – protección	H2	
Humedales de protección	H3	
Tierras para praderas de pastoreo	P	
Tierras del sistema de PNN	R	
Clase agrológica I	I	
Clase agrológica IIs	IIs	
Clase agrológica IIIs	IIIs	
Clase agrológica IIIh	IIIh	
Clase agrológica IIIsh	IIIsh	
Clase agrológica IIIes	IIIes	
Clase agrológica IVs	IVs	
Clase agrológica IVh	IVh	
Clase agrológica IVsh	IVsh	
Clase agrológica IVes	IVes	
Clase agrológica Vs	Vs	
Clase agrológica Vh	Vh	
Clase agrológica Vsh	Vsh	
Clase agrológica VIes	VIes	

Clase agrológica VIIes	VIIes	
Infraestructura	INF	
Sin evaluar	SE	
Zona urbana	ZU	

Después de validar en campo la información de uso potencial se incluyen las zonas de protección (F3) de 30 metros en las rondas de los ríos.

La clasificación de usos del suelo en el municipio de Riofrío se realizó con respecto a la ventana (área) en la que se trabajaron las coberturas del suelo municipal (Mapa 7.1) Se utilizó de base la clasificación de usos del suelo generada en 1998 de la CVC, a partir de estos se revisaron y validaron los criterios para determinar el uso potencial, concretamente las variables de pendiente y profundidad de suelos, través en trabajo de campo como barrenados y reconocimiento fisiográfico. (Ver pruebas de infiltración 7.9 y Figura 7.6). La tabla que se presenta contiene el uso potencial de los suelos en el municipio de Buga.

La figura 7.7, representa el mapa de Uso Potencial de Suelos en la zona evaluada para el municipio de Buga. Esta figura, como las demás relacionadas con los mapas de este informe, corresponden a una reducción elaborada para el presente informe; los mapas originales en las escalas apropiadas se entregan en una presentación aparte de este informe.



*Figura 7.7 Mapa de Uso Potencial de Suelo.*

Se incluyó como usos potenciales la zona de protección forestal asociada a las rondas de los ríos que representan 30 metros de la franja de cobertura boscosa respecto al cauce. La tabla presenta las áreas de uso actual en la ventana que se trabajó para el municipio de Buga.

*Áreas de usos potenciales en el municipio de Buga.*

Código UP	Uso potencial	Área en m <sup>2</sup>	Ha	Porcentaje
AF	Áreas a recuperar	1409528,20	1409,5282	4,08
C2	Cultivos semilimpios	30043,23	30,0432257	0,08
C3	Cultivos densos	559672,43	559,672435	1,62
C4	Cultivos en multiestrato	363115,61	363,115606	1,05
F2	Tierras forestales de protección/producción	66972,72	66,9727166	0,19
F3	Tierras forestales de protección	3089153,59	3089,15359	8,94
III <sub>s</sub>	Clase agrológica III <sub>s</sub>	7277732,17	7277,73217	21,08
III <sub>sh</sub>	Clase agrológica III <sub>sh</sub>	2633729,27	2633,72927	7,62
II <sub>s</sub>	Clase agrológica II <sub>s</sub>	5428184,29	5428,18429	15,72
IV <sub>es</sub>	Clase agrológica IV <sub>es</sub>	594218,82	594,218824	1,72
IV <sub>s</sub>	Clase agrológica IV <sub>s</sub>	3878155,65	3878,15565	11,23
IV <sub>sh</sub>	Clase agrológica IV <sub>sh</sub>	702595,50	702,595495	2,03
V <sub>s</sub>	Clase agrológica V <sub>s</sub>	268031,47	268,031473	0,77
ZU	Zona urbana	8217399,73	8217,39973	23,80
		34518532,7	34518,5327	

De antemano con estas cifras se puede establecer que las primeras 6 clases asociadas a la clasificación en la de laderas, muestra una participación menor de esta zona respecto al área estudiada. Pero en la zona montañosa podemos identificar que los mayores usos a que se pueden destinar son bosque protector (F3) con un 8,94 % y las áreas de recuperación (AF) con un 4,08% generalmente asociadas a la protección de cursos de agua y a tierras con pobre calidad de algunos suelos en términos de pendiente y profundidad. En la zona plana generalmente se dan buenos criterios agrológicos por lo que las cifras se inclinan meramente a estos usos. El área correspondiente a la zona urbana (ZU) no es clasificada de acuerdo con los criterios previamente discutidos, se emplean los criterios y análisis del estudio de vulnerabilidad; en este caso para efectos del informe se indica el área como fuera de la evaluación de uso potencial.

### **7.3.7. Conflictos de uso del suelo**

El conflicto por uso del suelo se presenta cuando el uso del suelo no corresponde al uso potencial del mismo, es decir, que las exigencias de la cobertura vegetal establecida son diferentes a la capacidad natural ofrecida por el suelo. Los conflictos en el uso del suelo son el resultado de la divergencia entre el uso que el hombre hace actualmente del medio

natural y aquel que debería tener de acuerdo con la oferta ambiental en términos de sus potencialidades con fines productivos y limitaciones naturales.

El conflicto por uso de suelo en el Valle del Cauca, según la CVC, se determina combinando dos sistemas de clasificaciones de acuerdo a sus particularidades: uno para la región andina que comprenden el flanco oriental de la cordillera Occidental y el flanco occidental de la cordillera Central, y para la vertiente del pacífico.

La CVC califica el conflicto por uso del suelo, por grados: Alto, Moderado, Sin Conflicto y Sin Evaluar; el conflicto alto y moderado se diferencian por los niveles de deterioro que puede ocasionar la cobertura establecida en un terreno no apto para ella. Sin conflicto son las zonas en equilibrio y sin evaluar los territorios donde no se ha desarrollado el estudio. El IGAC Plantea una clasificación con categorías más detalladas dependiendo de una amplia gama de usos actuales (IGAC-CVC, 2004). Sin embargo, debido a las clases utilizadas en las coberturas de uso actual generadas dentro del proyecto, se seleccionó como más adecuadas las metodología realizada por la CVC.

#### **Conflicto del suelo para la zona de la región pacifica**

Para la clasificación del conflicto por uso en la región del Pacífico se deben tener en cuenta las consideraciones de la tabla que se presenta a continuación.

*Criterios para establecer conflicto por uso del suelo en la región Pacífica.*

<b>USO ACTUAL</b>	<b>USO POTENCIAL</b>	<b>GRADO DE CONFLICTO</b>
Rastrojo RA	Tierras forestales de producción – protección F2	Moderado
Rastrojo RA	Tierras forestales de protección F3	Alto
Rastrojo RA	Tierras del sistema de PNN R	Alto

*Fuente CVC.*

#### **Conflicto del suelo para la zona de la región Andina**

El conflicto por uso del suelo se obtiene empleando los criterios de clasificación del Conflicto producida por el Grupo de Suelos de la CVC, como se aprecia en la de la siguiente tabla.

*Criterios de conflicto por uso del suelo en la zona de andina.*

USO ACTUAL COBERTURAS		CONFLICTO POR USO DEL SUELO							
Vegetación de Páramo	VP								
Bosque Natural	BN								
Rastrojo	RA								
Pastos Naturales	PN								
Bosque Plantado	BP								
Cultivos Permanentes	CP								
Silvo agrícola	SA								
Silvo pastoril	SP								
Cultivos Semi permanentes	CSP								
Pastos - Ganadería Extensiva	PN								
Cultivos Transitorios	CT								
Parcelaciones	PR								
Canteras	TD								
<b>PENDIENTE</b>		0 - 3	3 - 12	12-25	25-50	50-75	>75		
<b>USO POTENCIAL</b>		Producción				*PD PT	Protección		
Pecuario	P	Pa	Pb	Pc					
Agrícola	C	C1	C2	C3	C4				
Forestal	F	F1a	F1b	F1c	F1d	F2	F3		
Zonas De Reserva	R							R	AF

**PROFUNDIDAD**  
 < 25 cms  
 > 25 cms  
 > 50 cms

Conflicto Alto

Conflicto Moderado

Sin Conflicto

\* Producción-Protección

La clasificación del conflicto y su simbología se representa en el mapa de conflicto por uso de suelo, como se presenta en la tabla que se presenta a continuación

*Clasificación y símbolos de los conflictos de uso de suelo.*

GRADO DE CONFLICTO	CÓDIGO	Color
Alto	Código de uso actual / Código de uso potencial	
Moderado	Código de uso actual / Código de uso potencial	
Sin Conflicto	SC	
Sin evaluar	SE	

El conflicto de uso del suelo en una cierta región, es el resultado de la intersección del uso potencial que tiene el suelo, versus el uso que presenta en un momento, ó uso actual del suelo. El conflicto de uso de suelo se determina para la zona acordada para tal fin por parte

del proyecto, la cual corresponde a una ventana de extensión variable de acuerdo con la extensión y escala de trabajo del municipio. Esta ventana de forma cuadrada, circunscribe la zona urbana y la zona de expansión de cada municipio.

La siguiente tabla presenta las áreas con conflicto en el municipio de Buga.

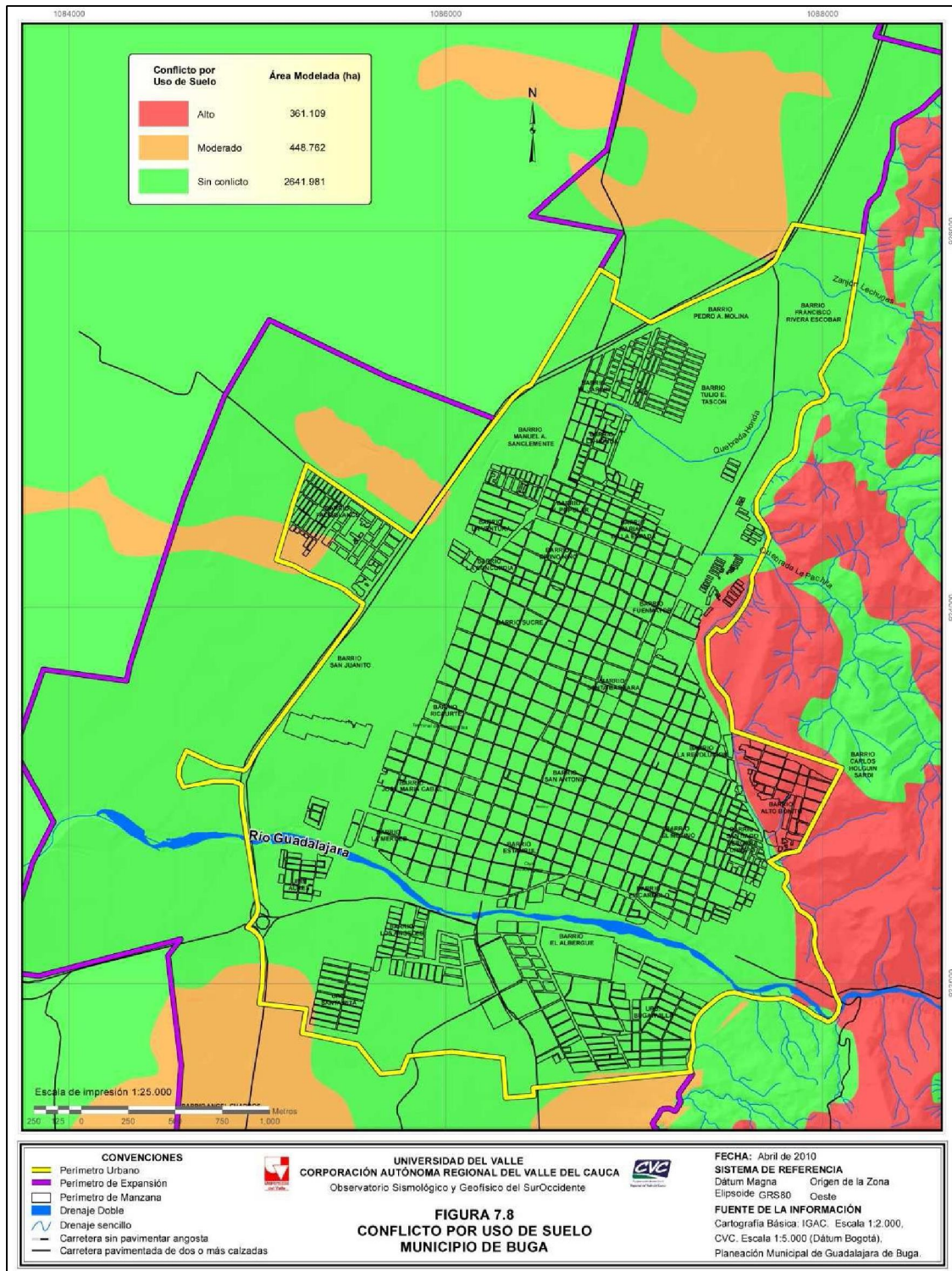
<b>Conflicto</b>	<b>Área (en m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ha</b>	<b>Porcentaje</b>
Alto	3611091,483	361,109	10,46
Moderado	4487628,780	448,762	13
Sin conflicto	26419812,349	2641,981	76,54
Total	34518532,613	3451,853	

En este caso no se considera el concepto de sub uso, pues, solamente se evalúa si el uso actual produce deterioro ambiental del recurso suelo en la zona de ladera.

Los resultados obtenidos muestran el 10,4% para el área evaluada en conflicto alto. El mayor conflicto está en la zona de ladera, este conflicto más frecuente corresponde a la existencia de ganadería extensiva en pastos naturales donde el uso potencial debe ser de recuperación (AF) y protección (F3). Las áreas planas se determinaron que no hay conflicto de uso de suelo, ya que a pesar de los problemas que genera la agroindustria en la calidad de suelo. Se considera que no hay conceptualmente un conflicto asociado a una incoherencia entre el uso potencial y el uso actual. Hay que aclarar que una cosa es el mal manejo o realización de la actividad que genera impactos ambientales y otra cosa muy distinta el conflicto por el uso del suelo.

En la figura 7.8, presenta el mapa de conflicto de uso de suelo en Buga.





*Figura 7.8 Mapa de Conflicto por Uso del Suelo.*

## **7.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN**

A continuación se resume la metodología empleada para el análisis temporal y espacial de la información meteorológica empleada.

### **7.4.1. Análisis espacial de la precipitación**

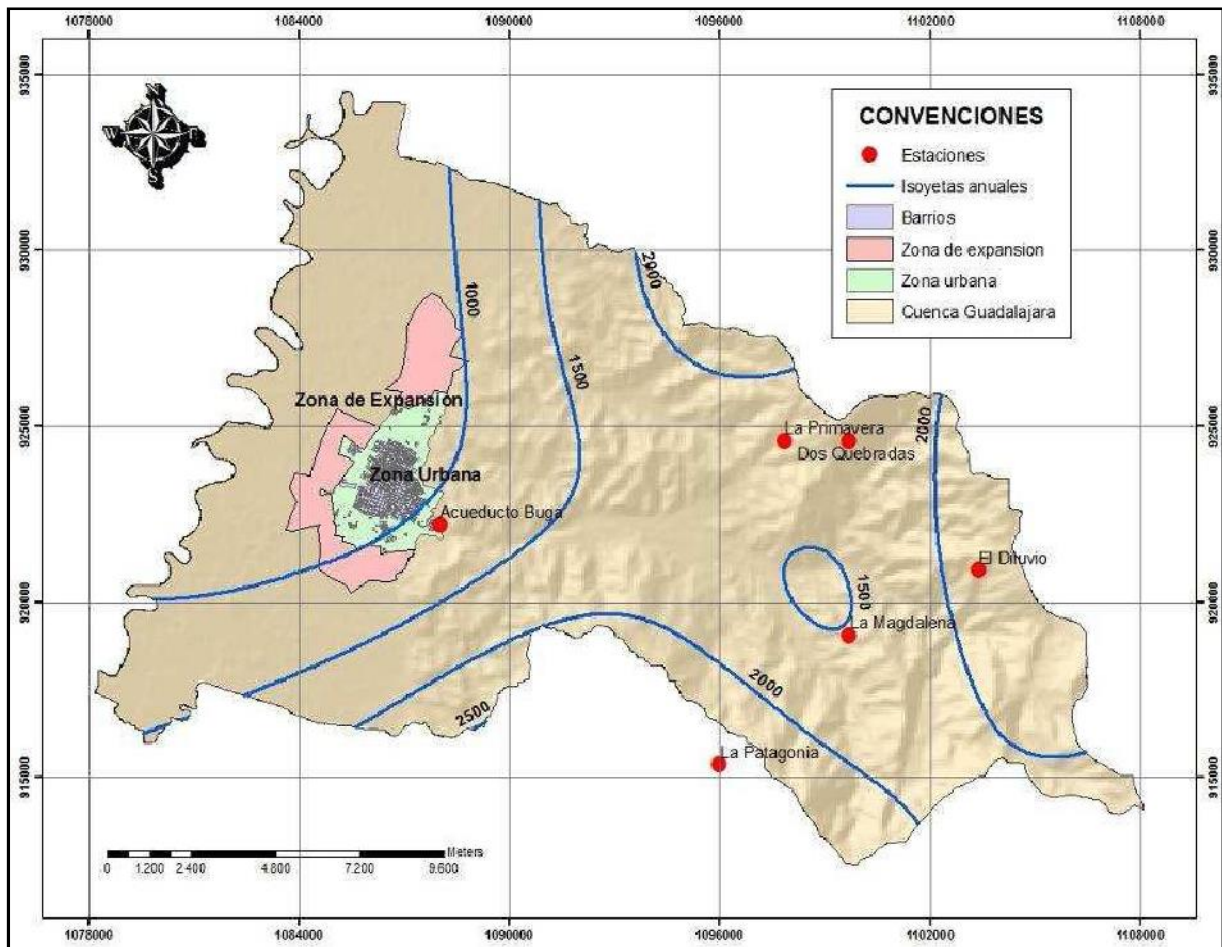
A continuación se presenta el análisis espacial de la precipitación en el municipio de Buga incluyendo la zona urbana y de expansión, para lo cual se utilizaron 14 estaciones con registros de precipitación de la red de monitoreo de algunas instituciones como el IDEAM, CVC y CENICAFE. Las estaciones fueron seleccionadas teniendo en cuenta la cercanía con la zona de estudio y la calidad de la información, En la Tabla 7.12 se presenta una descripción general de las estaciones utilizadas para el estudio.

La distribución espacial de la precipitación en el municipio de Buga presenta un rango de variación que se encuentra entre los 831 mm a valores superiores a los 2.500 mm al año. En gran parte de la región predominan las lluvias entre 1.500 y 2.000 mm en dirección Nor-occidente-Sur-oriente.

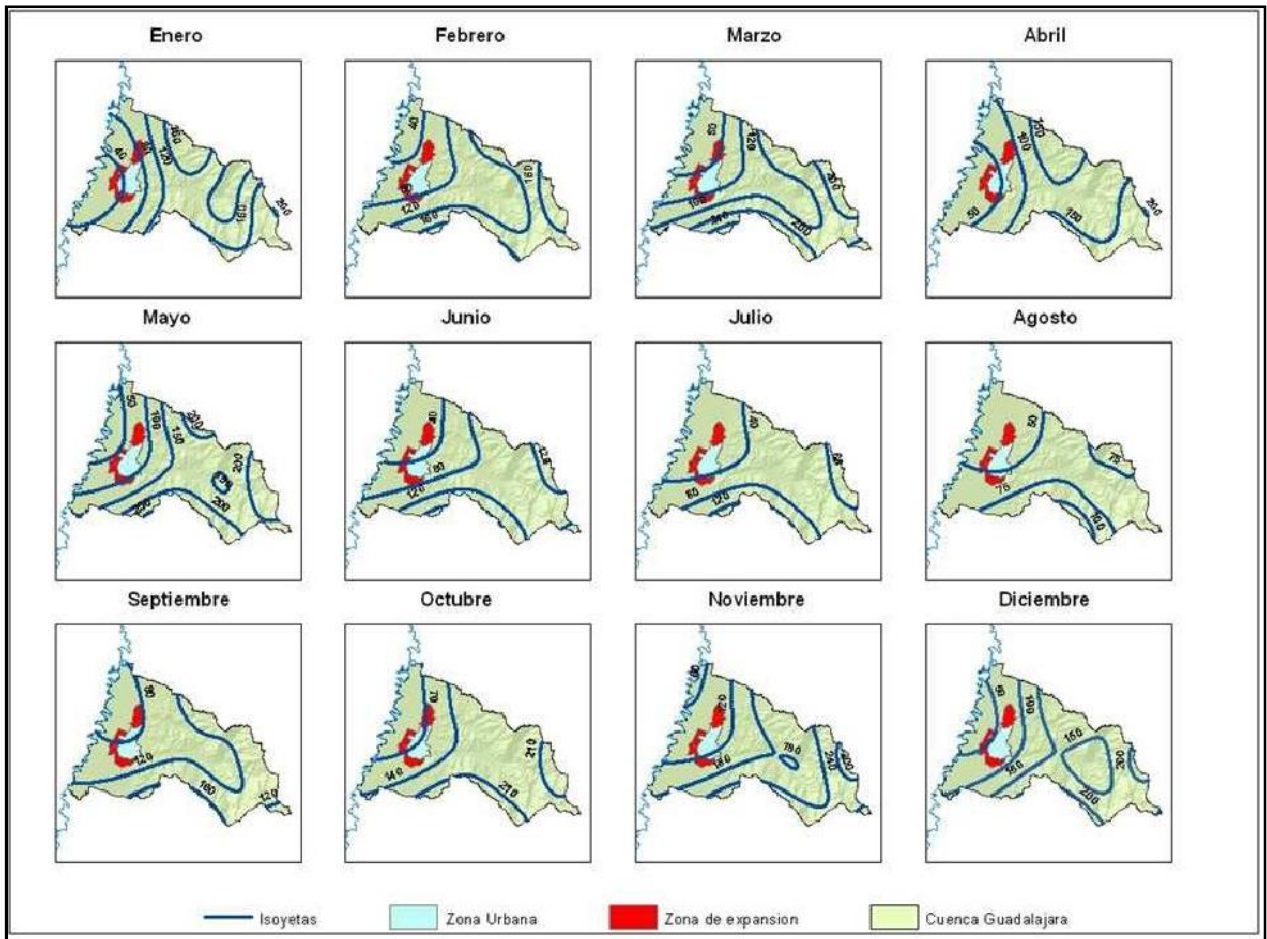
Se puede distinguir un amplio núcleo de precipitación con valores entre 1.600 y 2.000 mm anuales, al oriente de la zona urbana del municipio de Buga. En las Figuras 7.9 y 7.10 se puede observar la distribución espacial anual y mensual de la precipitación para el municipio de Buga.

La distribución espacial de la precipitación en la zona urbana y de expansión de la cabecera municipal presenta un rango de variación que va desde los 40 mm a valores superiores a los 140 mm en promedio al mes. En gran parte de la región predominan las lluvias entre 50 y 140 mm, las precipitaciones aumentan en dirección Occidente -Oriente.

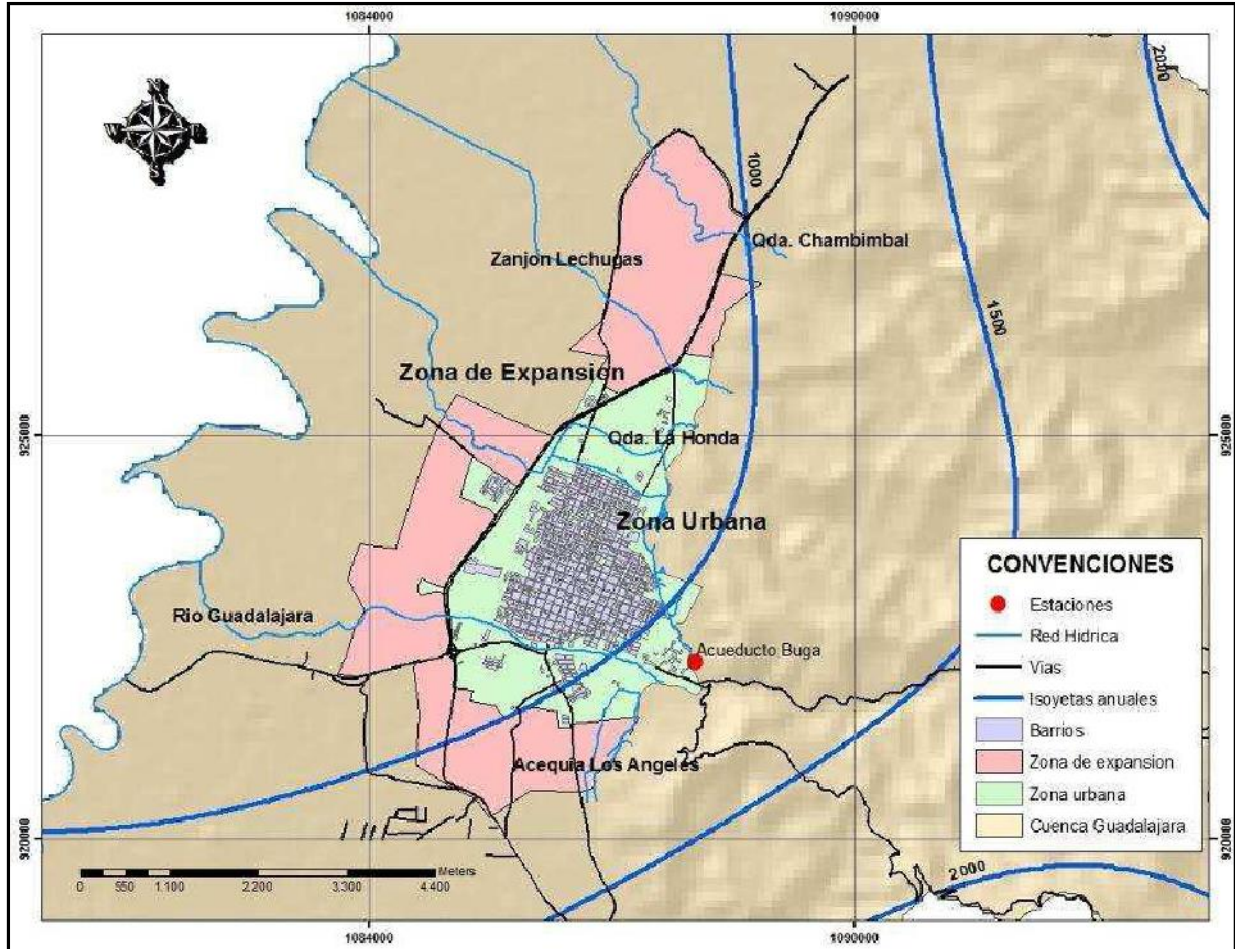
En la Figuras 7.11 y 7.12 se puede observar la distribución espacial anual y mensual de la precipitación para el municipio de Buga y la zona urbana del mismo.



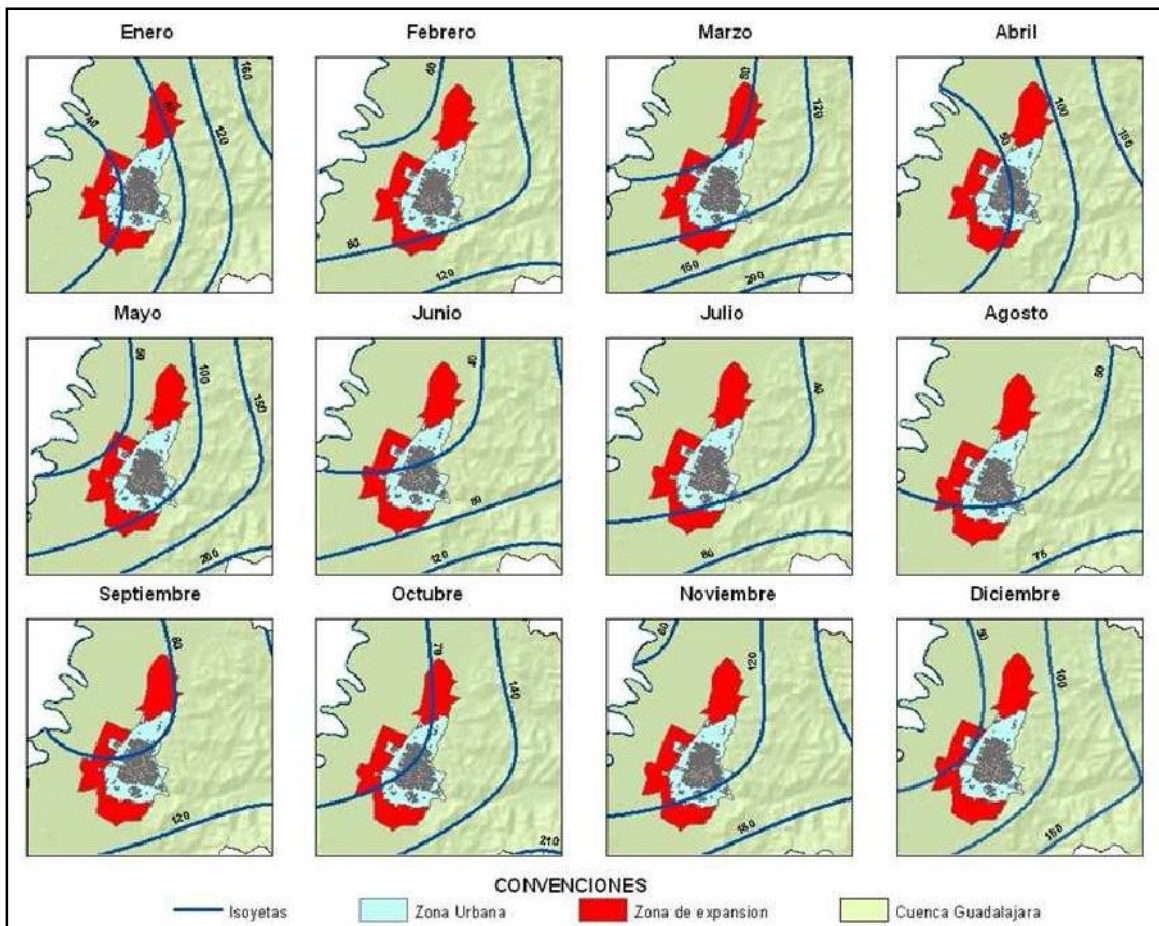
*Figura 7.9 Distribución anual de la precipitación en la cuenca del río Guadalajara – Municipio de Buga.*



*Figura 7.10 Distribución mensual de la precipitación en la cuenca Guadalajara – Municipio de Buga.*



*Figura 7.11* Distribución anual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.



**Figura 7.12** Distribución mensual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.

Se presentan los mapas de precipitación correspondientes para la cuenca de Guadalajara, para cada mes (Anexo 7.1)

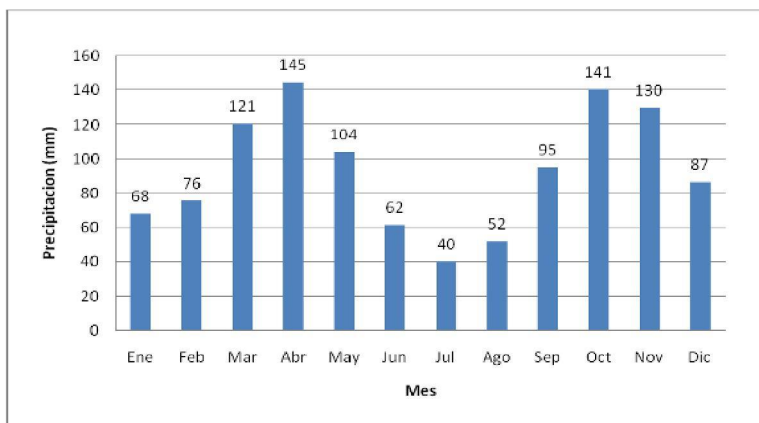
#### 7.4.2. Análisis temporal de la precipitación

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.

##### 7.4.2.1. Régimen de humedad

Para el municipio de El Buga el régimen de humedad fue obtenido con la precipitación media mensual las 14 estaciones analizadas y para la zona urbana se realizó con la estación Acueducto Buga, ya que es la estación más cercana a la zona de estudio que tiene registros de precipitación. De acuerdo con la Figura 7.13 se puede visualizar comportamiento bimodal de las precipitaciones con dos periodos secos y dos periodos húmedos, los cuales son diciembre, enero y febrero y un segundo periodo seco entre junio, julio y agosto, siendo

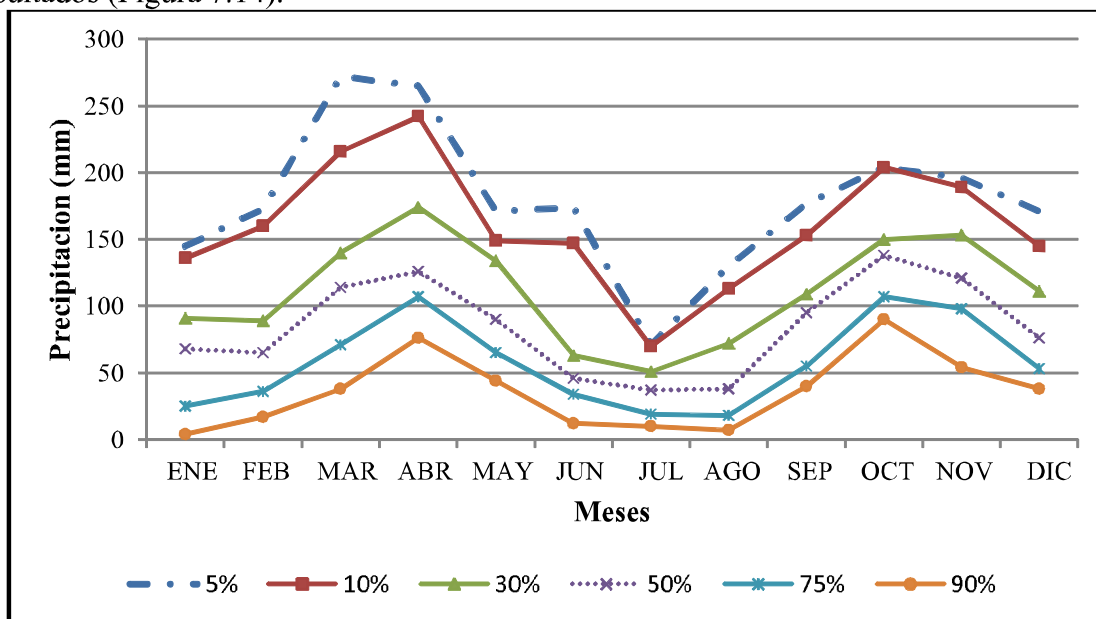
julio el mes más seco, donde las precipitaciones son menores a 50 mm. Los meses más húmedos también se dividen en dos periodos, uno en los meses de marzo, abril y mayo y el segundo periodo en los meses de septiembre, octubre y noviembre. En esta zona las precipitaciones más altas se presentan en el mes de abril (145 mm).



**Figura 7.13** Distribución temporal de las precipitaciones en la estación Acueducto Buga - Municipio de Buga (1980 – 2007)

#### 7.4.2.2. Curvas de variación estacional

Para la construcción de las curvas de variación estacional se tuvieron en cuenta los datos de la estación pluviográfica Acueducto Buga, a partir de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 7.14):



**Figura 7.14** Curvas de variación estacional estación Acueducto Buga (1980 – 2007).

De acuerdo a la figura anterior, se observa que el 90% de las precipitaciones de la zona oscilan entre 4 mm y 90 mm al mes, presentando un comportamiento promedio de 35 mm.

Por el contrario se presentan lluvias extremas (10%) superiores a 200 mm con precipitaciones máximas en los meses de marzo, abril y octubre, con lo cual se concluye que es en estos meses es muy probable que se generen aumentos en los niveles de los ríos y quebradas que están en el municipio presentándose así una alta probabilidad de presentar inundaciones y además con las altas precipitaciones también aumentan los riesgos a deslizamientos en algunas zonas.

#### **7.4.2.3. 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 diarias, datos ambos que se obtienen de las estaciones pluviométricas, pluviográficas, climatológicas y general 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 2, 3, 5, 10, 25, 50 y 100 (según términos de referencia) años. Se aplican distintas distribuciones para identificar cual es la distribución que mejor se ajusta a la información de precipitación. Las distribuciones de probabilidad aplicadas son: Normal, Log normal, Pearson tipo III y Gumbel.

Dentro de los estudios estadísticos en hidrología se han identificado varias distribuciones de probabilidad. Algunas series de datos se ajustan mejor a determinado tipo de distribución. Para determinar la distribución que mejor ajustaba en este caso, se utilizó el método grafico que consiste en graficar los puntos obtenidos en la serie con los puntos de la distribución. Escogiendo la distribución que se ajustaba mejor a los puntos reales. Las Estaciones con datos de precipitación utilizadas para el cálculo de las precipitaciones máximas fueron Acueducto Buga, La Primavera y La Magdalena.

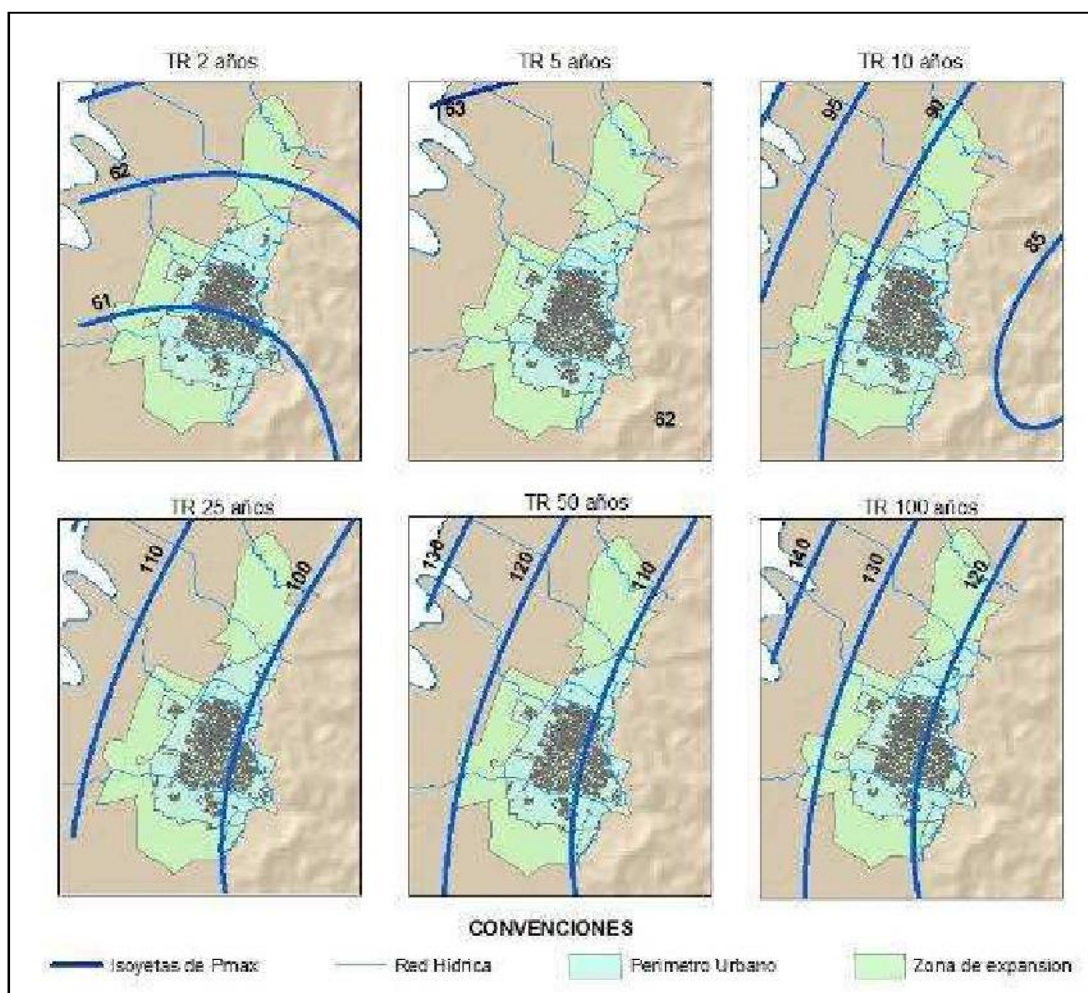
Basado en las metodologías de las distribuciones de probabilidad utilizadas (Gumbel, Pearson, Normal y Log normal) y a partir de las series de datos de cada estación, se calcularon los valores de Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 horas asociadas a diferentes períodos de retorno que se ilustran en la Tabla 7.11.



**Tabla 7.11.** Resultados del análisis de precipitaciones máximas estación La Primavera

Tr (años)	2	5	10	25	50	100
P24	65,0	78,8	87,9	99,4	108,0	116,5
P48	84,3	98,9	108,6	120,8	129,9	138,9
P72	99,6	116,7	127,9	142,2	152,8	163,3

La distribución de probabilidad que presentó mejores resultados fue la de Gumbel. A continuación se presentan los isoyetas para cada uno de periodos de retorno utilizando las estaciones con las cuales se calcularon las precipitaciones máximas (Figuras 7.15 a 7.17 y Mapa 7.2).



**Figura 7.15** Isoyetas de precipitaciones máxima – P24.

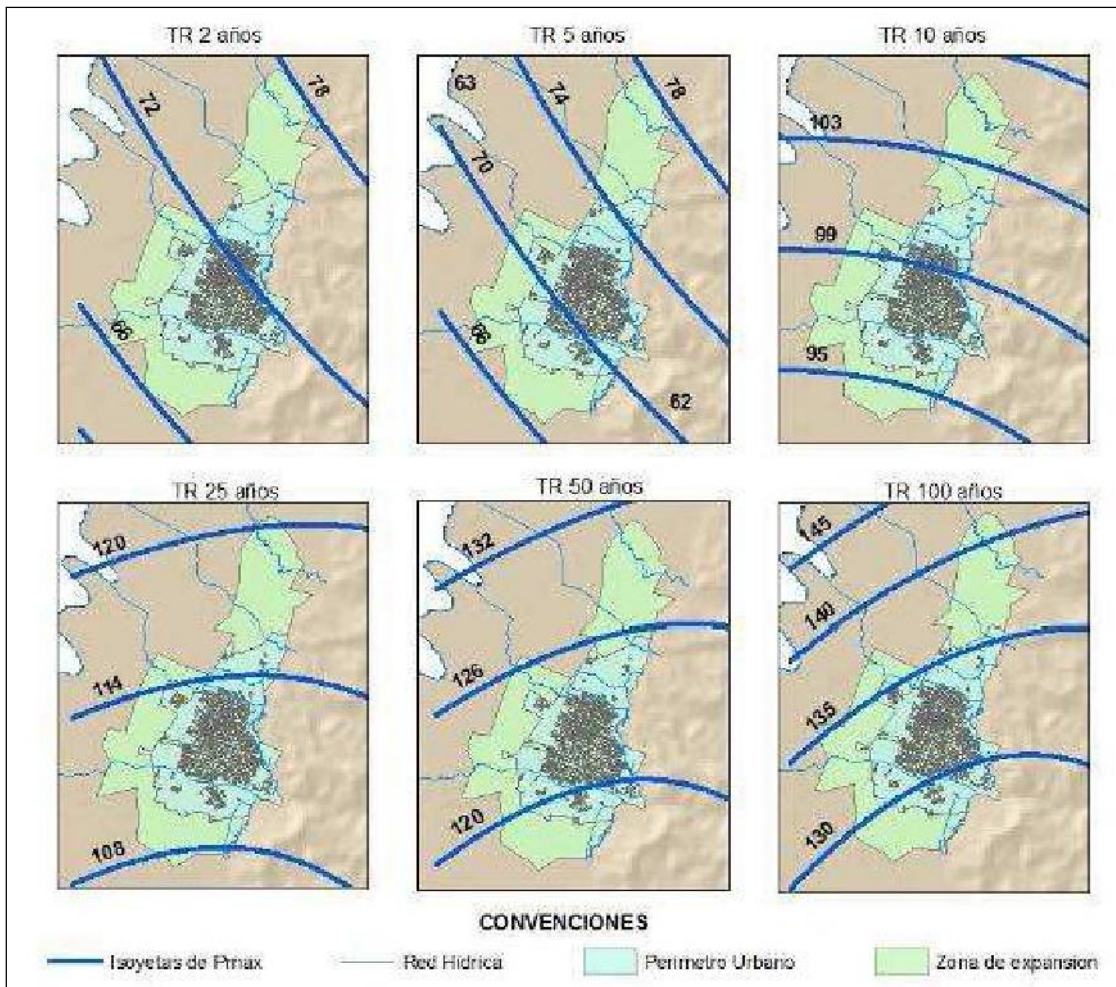
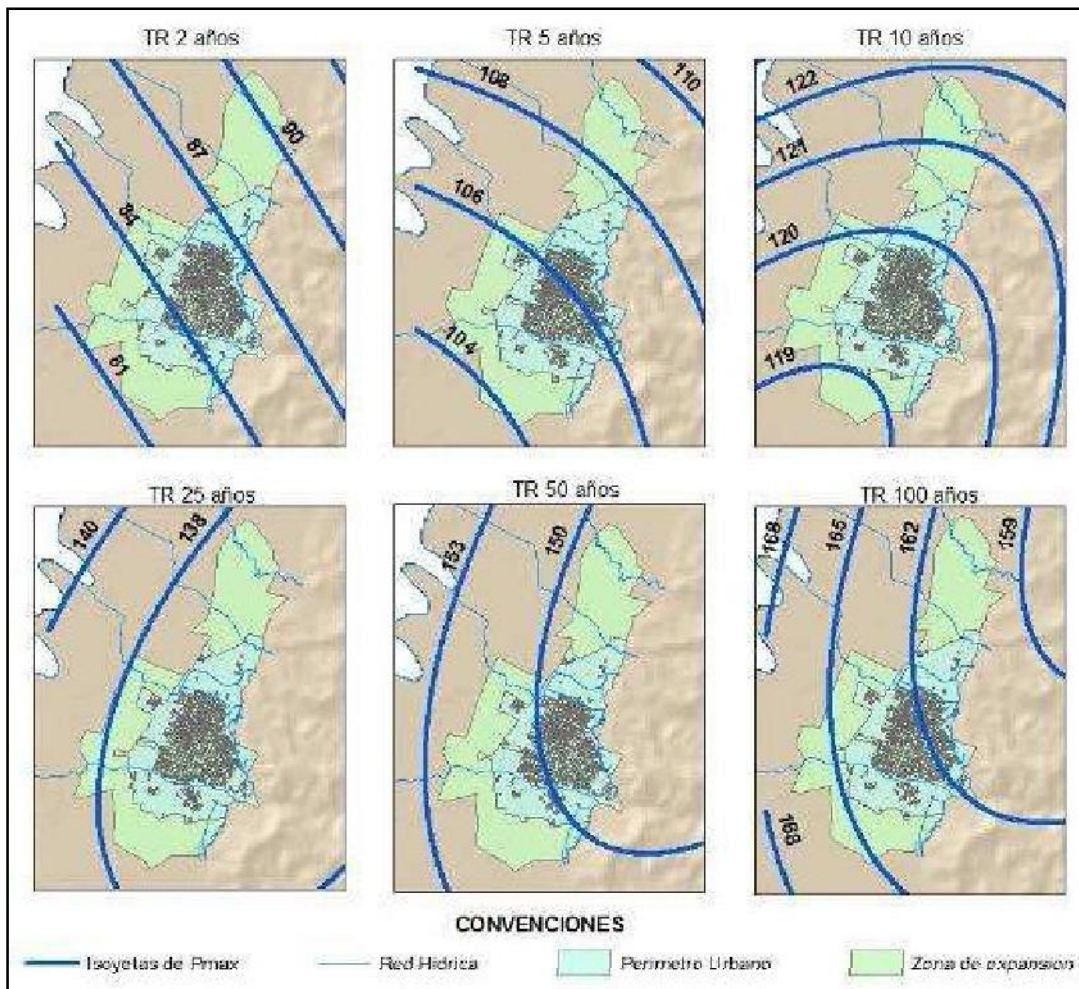


Figura 7.16 Isoyetas de precipitaciones máximas – P48.

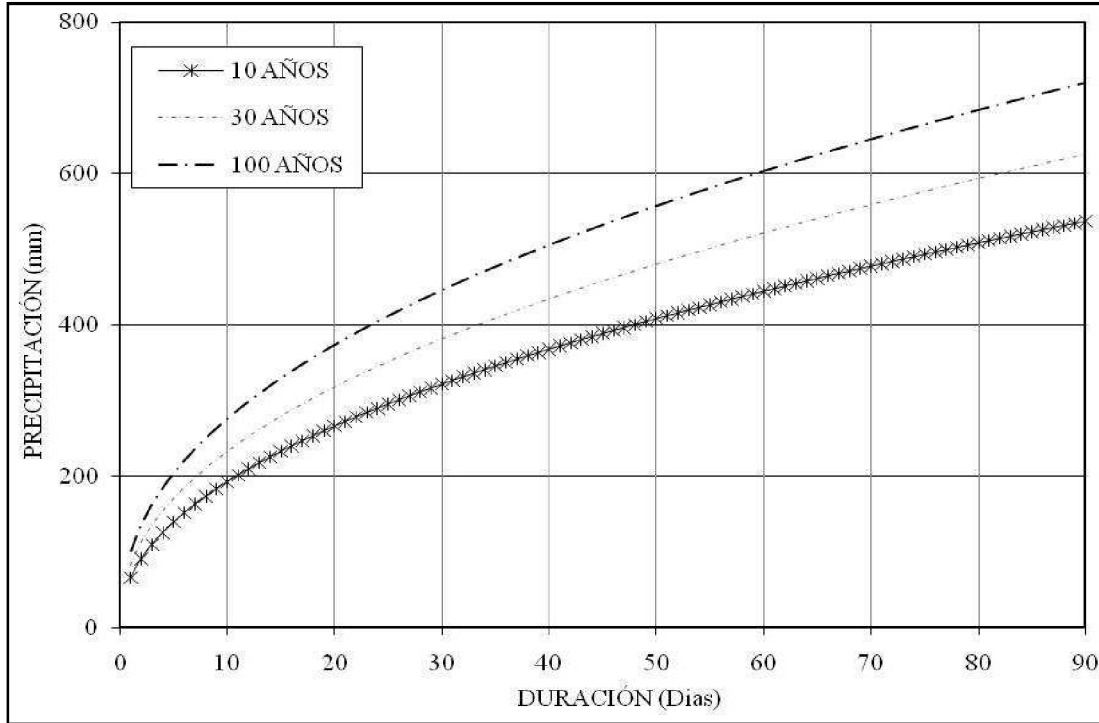
2



**Figura 7.17** Isoyetas de precipitaciones máximas – P72.

La mayor parte de los deslizamientos que se originan en laderas de zonas montañosas ocurren después de lluvias intensas, lo que hace necesario para cualquier estudio de amenazas conocer la cantidad de lluvia necesaria para detonarlos, a la que se suele llamar lluvia crítica. Una manera de establecer esta relación sería determinando lluvias críticas, su duración y periodo de retorno a partir de información diaria y mensual precedente a los eventos, obtenidos de estaciones cercanas a los mismos. Durante el procesamiento de la información se elaboran histogramas de precipitación anual, mensual y diaria, con los cuales se observa la variación de la precipitación en el tiempo. La elaboración de las graficas de lluvias máximas acumuladas y sus promedios para diferentes duraciones, junto con la precipitación diaria acumulada que antecede al evento, permiten observar la magnitud de la precipitación que pudo producir el movimiento.

Mediante un análisis de probabilidad de las lluvias máximas acumuladas con el uso de las curvas de distribución, se determina estadísticamente el periodo de retorno de la lluvia para diferentes duraciones. En la Figura 7.18 se presenta la curva de precipitación y frecuencia para la estación Acueducto Buga.



**Figura 7.18** Curva de precipitación y frecuencia para tiempo retorno de 10, 30 y 100 años, Estación Acueducto Buga. (1984 – 2007).

#### 7.4.2.4. Análisis de intensidad-frecuencia-duración

##### Recolección de la Información Requerida:

Las curvas de *intensidad-frecuencia-duración* para el municipio de Buga se utilizó información suministrada por personal de Aguas de Buga, quienes de forma muy gentil nos recibieron y nos entregaron la información requerida de la estación Acueducto Buga la cual pertenece a la red de monitoreo de CVC, esta estación se encuentra localizada en el municipio de Buga, la selección de la estación pluviográfica Acueducto Buga se hizo principalmente por su cercanía al municipio, para generar finalmente los registros de lluvia cada 10 minutos.

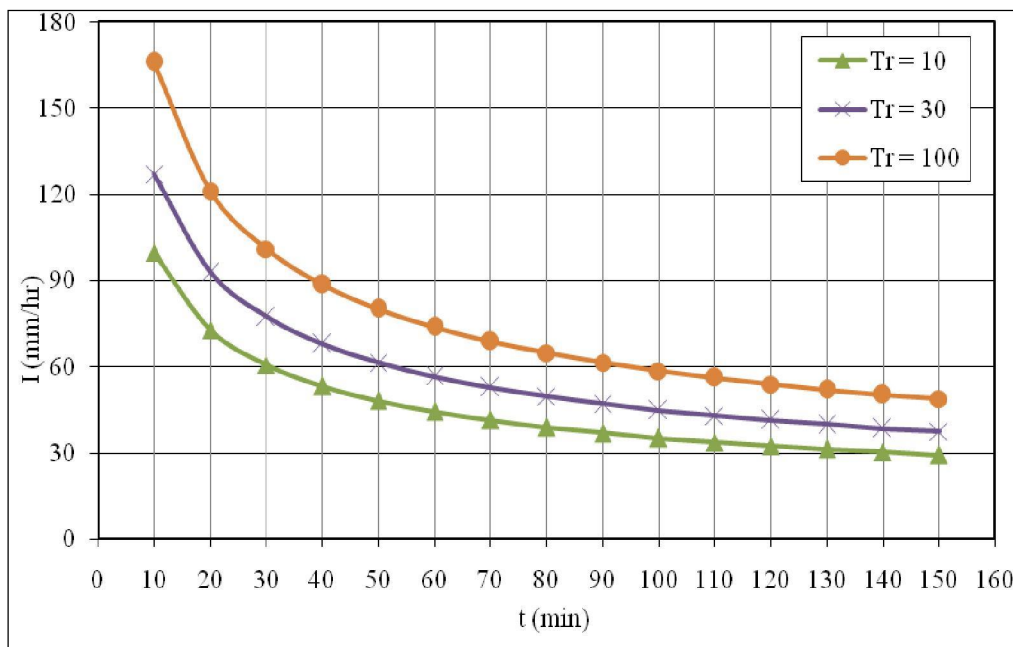
**Determinación de intensidades máximas:** Con los registros de las lluvias máximas cada 10 minutos, se generaron las alturas máximas de precipitación para tiempos de 10, 20, 30,.....,150 minutos. Luego, se toman los valores de cada una de las series y se dividen por su duración  $D$  en (minutos), obteniéndose así las intensidades en  $\text{mm}/\text{min}$ . Cabe mencionar que para cada uno de los periodos de las intensidades máximas analizadas se debe determinar la media y la desviación estándar.

**Ajuste de los datos a la función de distribución de probabilidad de Gumbel.** Una vez se obtienen los valores de intensidad máxima de precipitación, estos se deben ajustar en función de distribución de probabilidad de Gumbel

**Determinación de las pruebas de bondad de ajuste:** Una vez ajustada la función de Gumbel, se determina las pruebas de bondad de ajuste, utilizándose como medidas de bondad al test de Kolmogorov-Smirnov y el Coeficiente de Determinación R<sup>2</sup>.

### **Cálculo de las curvas IFD para la estación Acueducto Buga**

A continuación se muestra en la Figura 7.19 y 7.20 las curvas IFD generadas a partir de ecuación suministrada por Aguas de Buga de la estación Acueducto Buga.



*Figura 7.19 Curva IFD con periodos de retorno de 10, 30 y 100 años; Estación Acueducto Buga.*

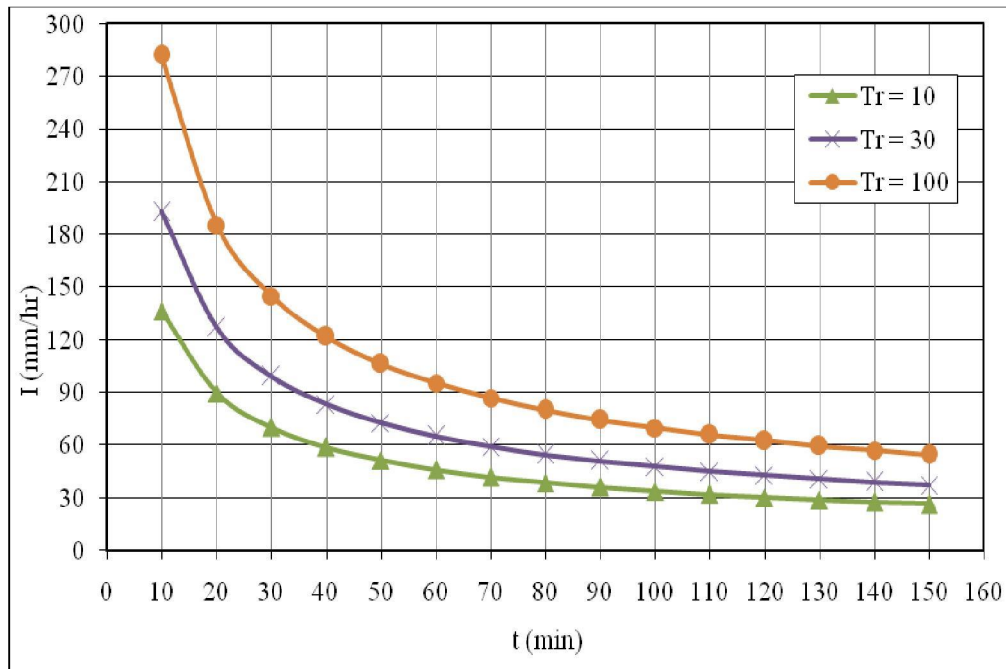


Figura 7. 20 Curva IFD con tiempo de retorno de 10, 30 y 100 años; Estación Acueducto Buga. (1978 – 2008).

**7.4.2.5. Distribución temporal de las lluvias máximas**

Con base a los registros históricos de las lluvias máximas en las estaciones La Magdalena y Acueducto Buga, se determinó el porcentaje acumulado de lluvia en el tiempo. Como se muestra a continuación.

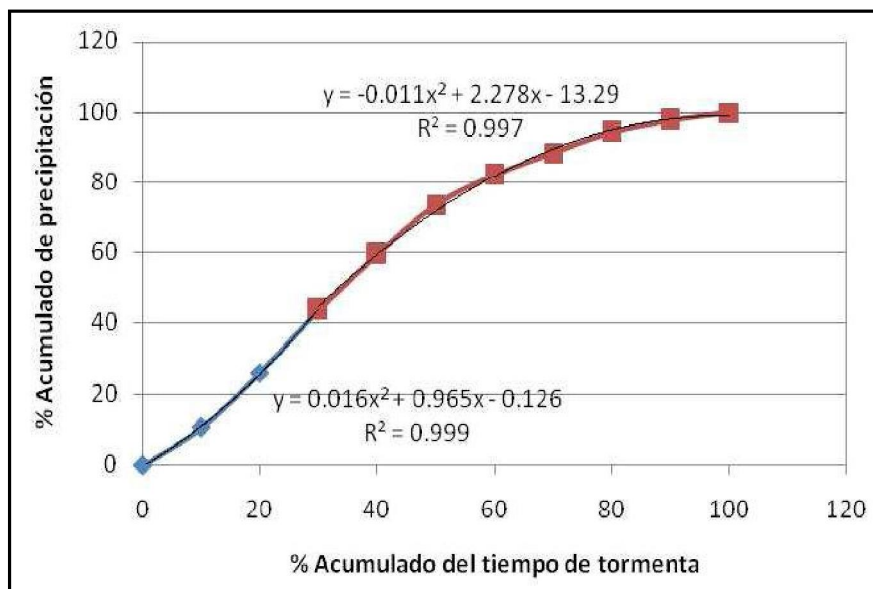


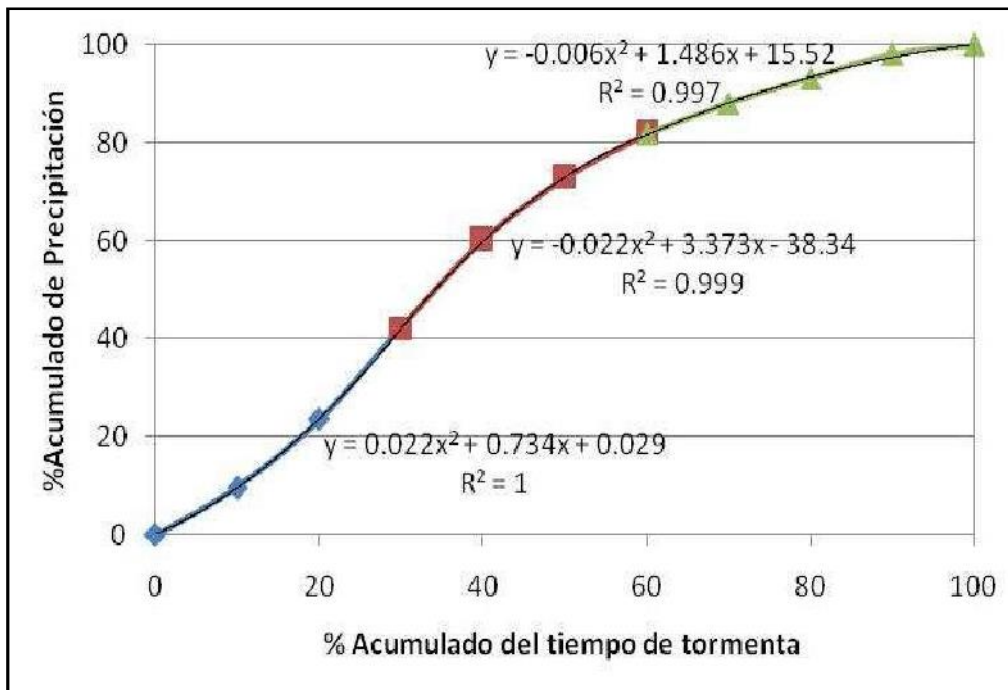
Figura 7.21 Distribución temporal de las lluvias máximas estación La Magdalena; Periodo 1969-2006.

De acuerdo con la figura anterior del 0% al 30% del tiempo de tormenta, la distribución de las lluvias máximas en la estación la Magdalena es igual a ( $Y = 0,016X^2 + 0,965X - 0,126$ ); mientras que del 30% en adelante la distribución es de la forma ( $Y = -0,011X^2 + 2,278X - 13,29$ ).

A continuación se presentan los valores de porcentaje acumulado de precipitación según el porcentaje acumulado del tiempo de la tormenta para la estación La Magdalena.

**Tabla 7.12.** Distribución temporal de las lluvias máximas estación La Magdalena; Periodo 1969- 2006.

<b>% Tiempo Acumulado de Tormenta</b>	<b>% de lluvia en el <math>\Delta T</math></b>	<b>% Acumulado de Precipitación</b>
0	0.00	0.00
10	9.12	9.12
20	11.35	20.47
30	15.79	36.25
40	18.25	54.50
50	16.89	71.39
60	9.42	80.82
70	6.79	87.60
80	6.31	93.91
90	3.80	97.71
100	2.29	100.00



**Figura 7.22** Distribución temporal de las lluvias máximas estación Acueducto Buga; Periodo 1978-2008.

De acuerdo con la figura anterior del 0% al 30% del tiempo de tormenta, la distribución de las lluvias máximas en la estación Acueducto Buga es igual a  $(Y = 0,022X^2 + 0,734X - 0,029)$ ; mientras que del 30% al 60% la distribución es de la forma  $(Y = -0,022X^2 + 3,373X - 38,34)$  y del 60% en adelante su distribución es  $(Y = -0,006X^2 + 1,486X + 15,52)$ .

A continuación se presentan los valores de porcentaje acumulado de precipitación según el porcentaje acumulado del tiempo de la tormenta para la estación Acueducto de Buga.



**Tabla 7.13.** Distribución temporal de las lluvias máximas estación Acueducto Buga; Periodo 1978-2008.

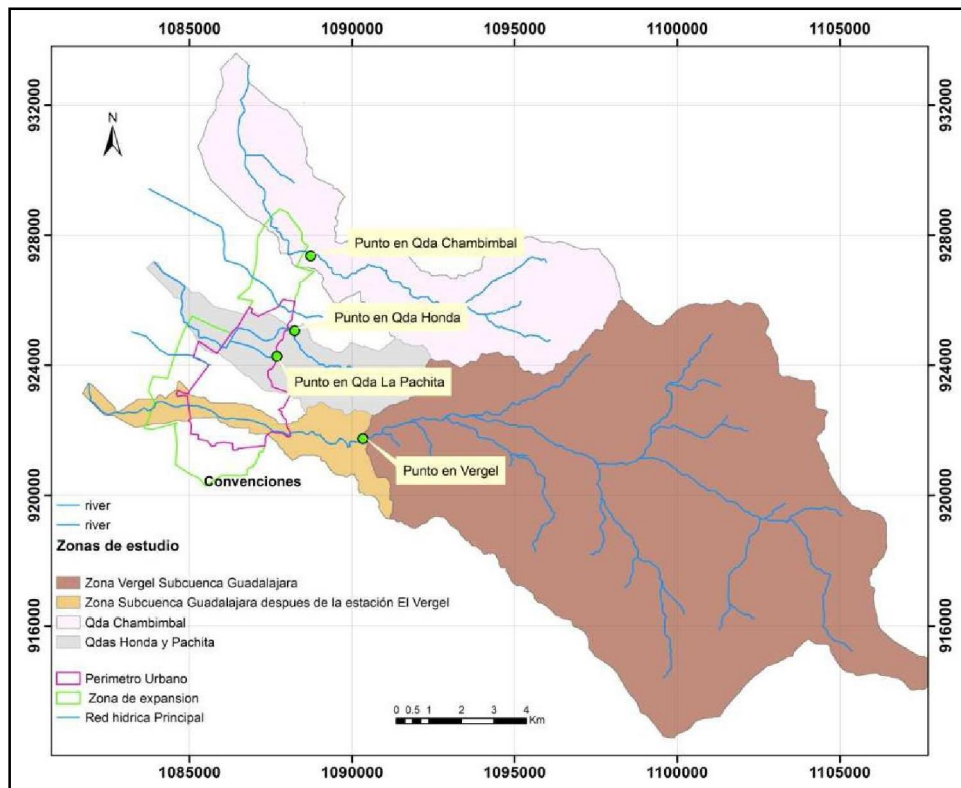
<b>% Tiempo Acumulado De Tormenta</b>	<b>% de lluvia en el <math>\Delta T</math></b>	<b>% Acumulado de Precipitación</b>
0	0.00	0.00
10	9.70	9.70
20	13.88	23.58
30	18.64	42.21
40	18.02	60.23
50	12.74	72.97
60	8.87	81.84
70	6.23	88.07
80	5.12	93.20
90	4.96	98.16
100	1.84	100.00

Para el análisis de la Subcuenca Guadalajara y la Quebrada Chambimbal se utilizó la distribución de la estación La Magdalena debido a que sus centros de tormenta se encuentran cercanos a esta estación. Para el caso de las quebradas La Honda y La Pachita se utilizó la distribución temporal de la estación Acueducto Buga ya que esta estación es la que mejor representa esta zona.

De acuerdo a la información pluviográfica de la estaciones La Magdalena se determinó que la duración crítica donde las intensidades de lluvia es máxima para la generación de los histogramas de diseño es de 3 horas.

## **7.5. ANÁLISIS DEL ESCURRIMIENTO**

Las zonas a estudiar para el municipio de Guadalajara de Buga que generan amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales corresponden a la Subcuenca Guadalajara y las quebradas Chambimbal, La Honda y La Pachita las cuales se relacionan en la Figura 7.23 que se muestra a continuación.



*Figura 7.23 Red de drenaje, unidades de análisis, puntos de entrega de los caudales máximos y aforos municipio de Guadalajara de Buga.*

El área de interés para la determinación de los caudales máximos del río Guadalajara comprende aproximadamente  $129.203 \text{ km}^2$ , con una longitud del cauce principal de  $20,04 \text{ km}$  hasta la estación El Vergel la cual fue considerada como una de las fronteras aguas arriba para este estudio. La Quebrada Chambimbal comprende una extensión de  $24,73 \text{ km}^2$ , hasta la frontera aguas arriba antes de la zona de expansión al norte de la zona urbana. Las quebradas La Honda y la Pachita, se unen a una altura de  $954 \text{ msnm}$ , al interior de la cabecera municipal de Guadalajara de Buga, la primera comprende una extensión de  $8,06 \text{ km}^2$ , mientras que el área de drenaje correspondiente a la Qda La Pachita es de  $1,817 \text{ km}^2$ .

El análisis del escurrimiento en el municipio de Guadalajara de Buga para cada una de las subcuencas y quebradas objeto de análisis comprende dos partes, en la primera se evalúan los caudales a partir de aforos realizados durante las salidas técnicas y la segunda, la determinación de los caudales máximos para cada de ellas, a partir del proceso de modelación con la herramienta hidrológica HEC – HMS 3.4. Es importante señalar que los aforos se hicieron en época de poca precipitación (época de estiaje), razón por la cual los caudales obtenidos se pueden considerar como caudal base.

### **Caudales Máximos**

Los caudales máximos se evaluaron con periodos de retorno 10, 30 y 100 años, para las distintas unidades de análisis sobre los puntos que se muestran en la figura X. En el río Guadalajara los caudales máximos se estimaron por el método de Gumbel e implementando el modelo hidrológico HEC-HMS en el punto donde se encuentra la estación El Vergel. Mientras que en las quebradas Chambimbal, La Pachita y La Honda los caudales máximos se calcularon solo a partir del modelo hidrológico para los puntos establecidos según las necesidades hidráulicas del proyecto.

#### **7.5.1. Caudales máximos método de Gumbel Estación El Vergel**

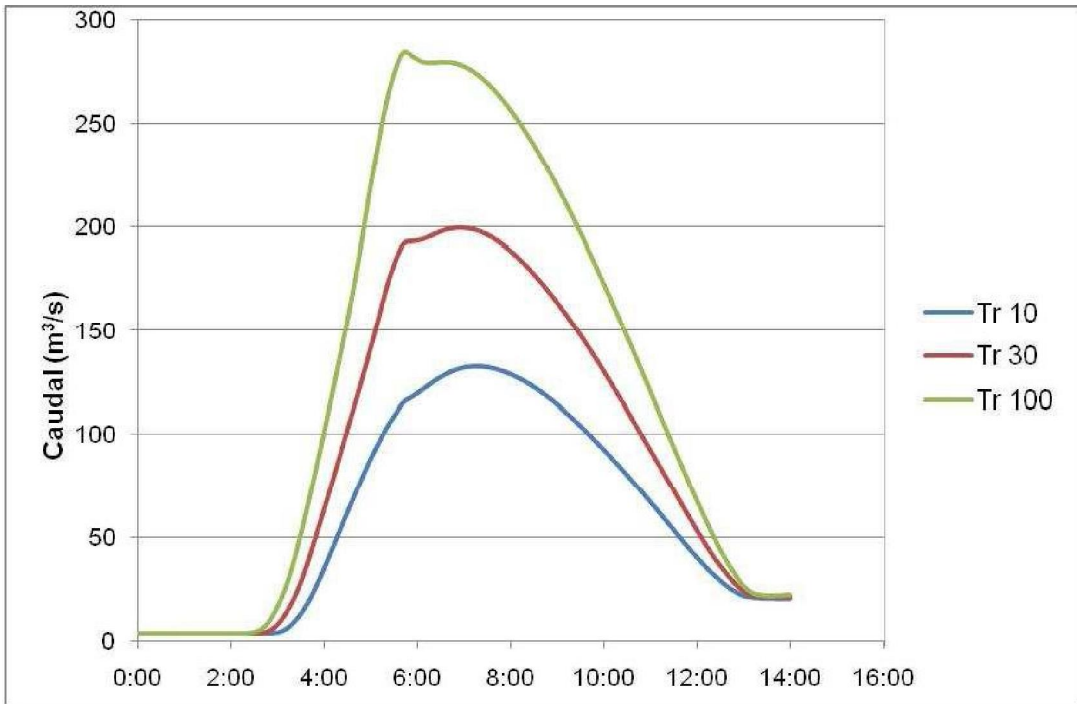
En la Tabla 7.14 que se muestra a continuación se puede observar los caudales máximos para periodos de retorno de 10, 30 y 100 años, en el punto donde se encuentra la estación El Vergel con un área aferente aproximada de 129,2 Km<sup>2</sup> y con información del periodo 1972-2008.

**Tabla 7.14.** Caudales Máximos para periodos de retorno 10, 30 y 100 años en la estación El Vergel

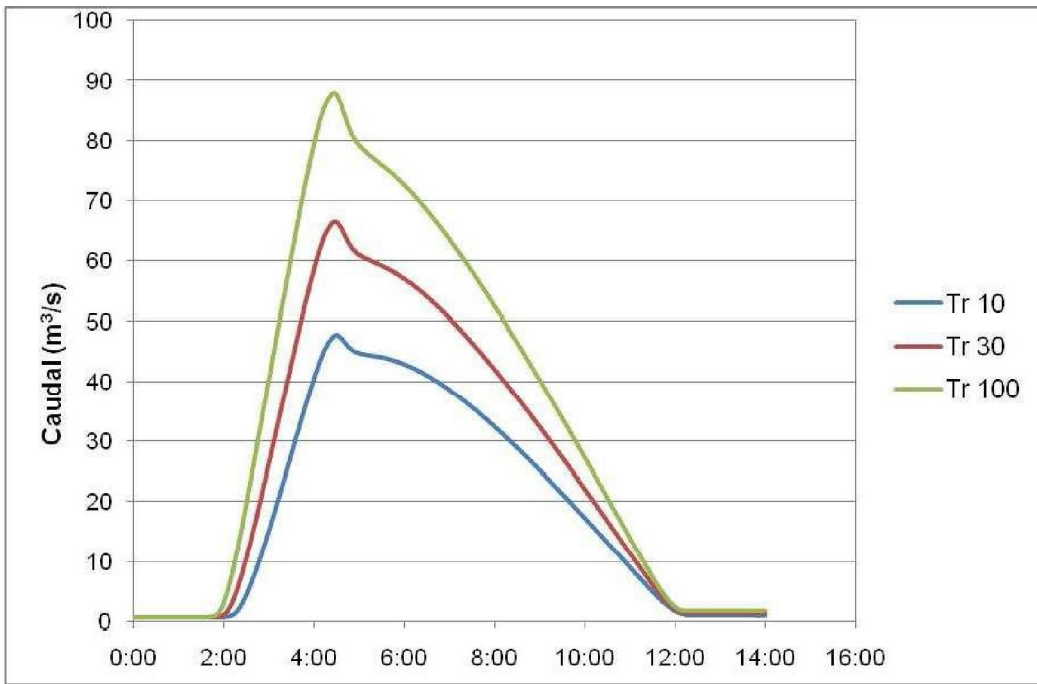
<b>Tr(Años)</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
<b>Qmax (m<sup>3</sup>/s)</b>	141	185	231

#### **7.5.2. Modelación hidrológica**

A continuación se presentan los hidrogramas de caudales máximos con periodos de retorno de 10, 30 Y 100 años para los puntos de la figura XX. Estos caudales fueron generados a partir de la modelación hidrológica para la Subcuenca Guadalajara y las Quebradas La Honda, La Pachita y Chambimbal como se muestra a continuación.



**Figura 7.23** Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años de la Subcuenca Guadalajara en el punto de la estación El Vergel



**Figura 7.24** Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años punto de la Quebrada Chambimbal.

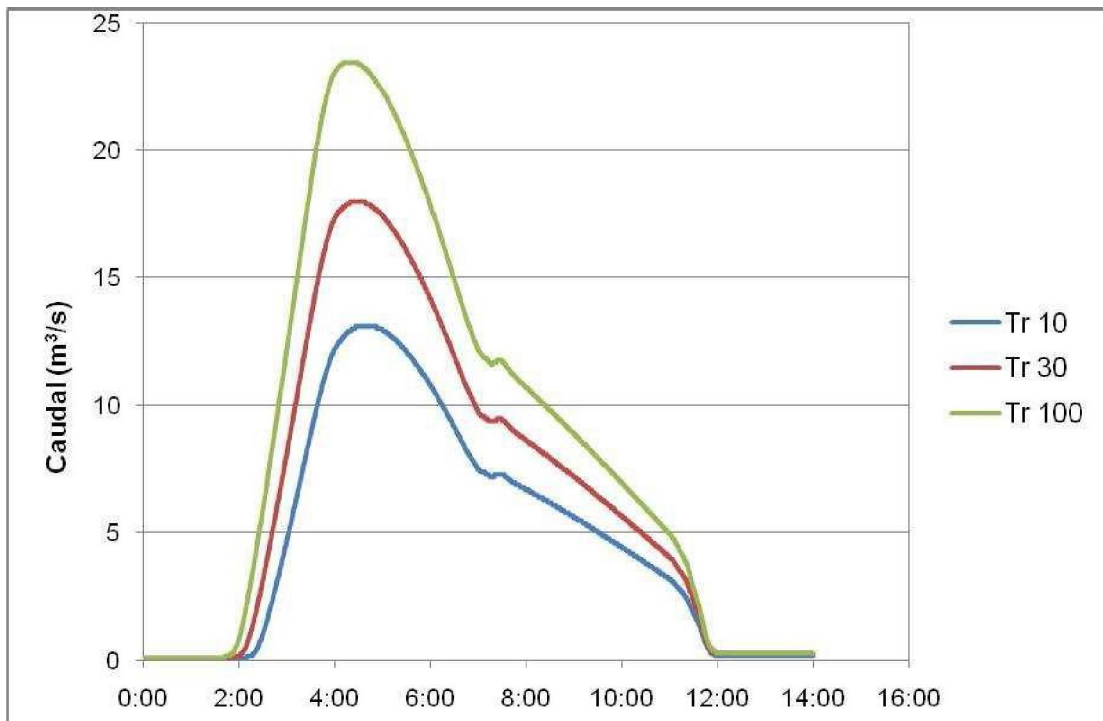


Figura 7.25 Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años punto de la Quebrada La Honda.

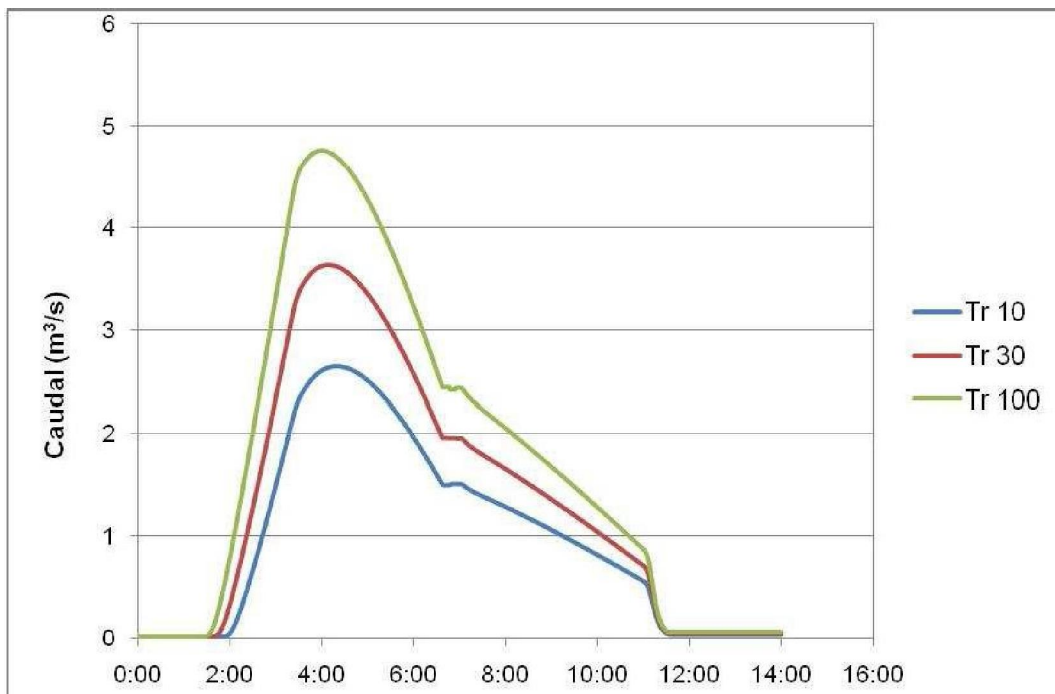


Figura 7.26 Hidrogramas para periodos de retorno 10, 30 y 100 años punto de la Quebrada La Pachita

De acuerdo con la Figura 7.23, el caudal máximo de la subcuenca Guadalajara para periodos de retorno de 10, 30 y 100 años en el punto de la estación El Vergel es de de 132.4 m<sup>3</sup>/s, 199.2 m<sup>3</sup>/s y 283.8 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

La Quebrada Chambimbal como se muestra en la Figura 7.24 presentó caudales máximos de 47.8 m<sup>3</sup>/s, 66.2 m<sup>3</sup>/s y 87.5 m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 10, 30 y 100 años respectivamente. En La Quebrada La Honda como se muestra en la Figura 7.25 se obtuvieron caudales máximos de 13 m<sup>3</sup>/s, 18 m<sup>3</sup>/s y 23.5 m<sup>3</sup>/s. Mientras que en la Quebrada La Pachita los caudales máximos correspondientes fueron de 2.7 m<sup>3</sup>/s, 3.6 m<sup>3</sup>/s y 4.8 m<sup>3</sup>/s respectivamente como se muestra en la Figura 7.26.

## **8. HIDRÁULICA**

## **8. HIDRÁULICA**

### **8.1. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SEDIMENTOLÓGICA**

La presente sección contiene los estudios de caracterización hidráulica y sedimentológica realizados hasta la fecha de los diferentes cuerpos de agua que tienen incidencia en los fenómenos de inundaciones y crecientes torrenciales en la zona de estudio del municipio de Guadalajara de Buga.

La zona de estudio corresponde a las áreas urbanas y de expansión urbana del municipio de Buga. Los límites de la cabecera municipal y zonas de expansión han sido suministrados por la administración municipal.

Adicionalmente existen zonas por fuera de estos límites que será necesario estudiar para obtener la información necesaria para la interpretación de los fenómenos de inundaciones y de crecientes torrenciales en la zona de interés.

La caracterización hidráulica y sedimentológica de los cauces que se estudiarán en el municipio de Buga es el primer paso para dar inicio a la etapa de modelación matemática, ya que el software de modelación hidráulica necesita como insumo para su operación la topografía, la batimetría y los caudales de entrada a la zona de estudio y los valores de rugosidad del cauce y planicies de inundación.

Con la información recopilada en CVC de informes técnicos y las investigaciones de campo realizadas en desarrollo del presente estudio, se ha logrado reunir y calcular información valiosa en cuanto a las características del río Guadalajara, como pendiente del cauce, geometría del canal, características sedimentológicas, rugosidad, caudales y niveles.

Con base en esta información, las observaciones directas en campo y la revisión bibliográfica acerca de las expresiones matemáticas que relacionan parámetros como caudal, profundidad, características sedimentológicas y pendiente para ríos de montaña se ha estimado la rugosidad del río Guadalajara, cauce principal del municipio.

El objetivo principal de este documento es presentar los trabajos desarrollados hasta la fecha respecto a la caracterización hidráulica y sedimentológica de los cauces en estudio en el municipio de Buga en el marco del Proyecto “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”.

Este capítulo consta de tres apartes:

Capítulo 1: Introducción en la que se exponen los motivos que justifican el presente trabajo, los objetivos y la organización del documento.



Capítulo 2: Recolección de información donde se presenta la información disponible recolectada, las investigaciones de campo realizadas como visitas de campo, delimitación de la zona de estudios, diseños de los programas de campo en lo concerniente a los requerimientos hidrológicos, topobatimétricos y de geotecnia, y, por último, la descripción de muestreos sedimentológicos realizados.

Capítulo 3: Caracterización sedimentológica e hidráulica, donde se presentan los resultados obtenidos con base en la información disponible hasta la fecha. En la parte sedimentológica se muestran los resultados de los diámetros característicos del material del lecho de los cauces y se describen los métodos utilizados. En la parte hidráulica se muestran los resultados de las relaciones nivel-parámetros, caudal-parámetros, secciones transversales, pendientes, perfiles, rugosidad, etc.

Anexos 8.1, 8.2, 8.3 y 8.4, donde se presenta la información básica con la cual se han realizado los cálculos para la determinación de las principales características hidráulicas y sedimentológicas.

Finalmente, en el anexo 8.5 se presenta la propuesta metodológica para la determinación de amenazas por inundación y crecientes torrenciales en la que se adoptan unos criterios de umbrales en magnitud y frecuencia para determinar los niveles de amenaza.

## **8.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

### **8.2.1. Información disponible**

#### ***8.2.1.1. Información recopilada acerca de caracterización del los cauces de la zona de estudio del municipio de Buga***

Para el municipio de Buga, la información existente de las corrientes en cuanto a pendiente, geometría, caudales y demás parámetros hidráulicos se consultó en la CVC, tanto en las oficinas de la Subdirección de Gestión Ambiental y Recursos Hídricos como en la Biblioteca, durante el mes de abril de 2009. El proceso realizado fue consultar una serie de libros relacionados con el municipio de Buga, y de cada uno de ellos se extrajo la información de interés.

Los libros y artículos de los que se recopiló dicha información se listan a continuación a manera de bibliografía:

- Análisis y Diseño de las obras que se deben rehabilitar y construir par conservar y estabilizar la infraestructura física de las bocatomas Chambimbal y el Albergue ubicadas en el cauce del río Guadalajara, Municipio de Guadalajara de Buga. 1996 (*Artículo Biblioteca CVC*).
- Estudios Geológicos. Embalses de Regulación en las Quebradas San Pedro y Chambimbal. 1996 (*Libro CVC*).

- Catálogo y fichas técnicas de las cuencas: Bugalagrande, Guadalajara, Morales, La Honda, El Ahorcado y Chambimbal. 1997 (*Libro CVC*).
- Río Guadalajara. Inventario de Bocatomas. 1998 (*Libro CVC*).

De los anteriores documentos se extrajeron algunas características de las cuencas del río Guadalajara y quebrada Honda y algunos valores de caudales. La información relevante en este estudio está incluida como anexo.

### **8.2.2. Investigación de campo**

El reconocimiento de la zona de estudio en el municipio de Buga se da inicio con las visitas de campo realizadas los días 24 de marzo, 8 de mayo, 18 de mayo y 26 de mayo de 2009, donde se recorrió la zona urbana y las zonas de expansión urbana para la identificación de las corrientes de agua (cauces naturales, acequias, canales) que deben ser estudiados. Además se visitaron la oficina regional de la CVC y la Alcaldía Municipal (oficina de Planeación Municipal) para la recolección de información (POT, informes del CLOPAD, registros de eventos históricos, informes técnicos, etc.).

#### **8.2.2.1. Cauces a modelar y monitorear en el estudio**

Entre la información que se logró recopilar, se encuentran los siguientes datos importantes suministrados por el personal de la CVC y de Planeación Municipal, y que sirvió para la identificación de los cauces y corrientes de agua que deben ser monitoreados durante el estudio.

El principal cauce que atraviesa el municipio de Buga es el río Guadalajara, el cual presenta problemas de desbordamiento en toda su longitud (especialmente sobre la margen derecha), afectando los barrios aledaños como los barrios El Vergel, La Merced y El Carmelo, donde el río se desborda cubriendo la zona urbana hasta unos 100 m desde la orilla, es decir, entre las Calles 1 y 2 aproximadamente.

También existen en el municipio algunas acequias, que aunque fueron destinadas originalmente para riego, se han convertido en canales colectores de las aguas de escorrentía y residuales; esto ocasiona su desbordamiento ya que la capacidad de estos canales es excedida con cierta frecuencia. Esto ocurre en las acequias Chambimbal, El Albergue, La Julia y El Chircal. Los desbordamientos de las acequias afectan los barrios Revolución, Horizonte, Los Ángeles, Santa Rita, La Julia y La Remonta, entre otros.

Además de las acequias, existen 3 quebradas que atraviesan la zona urbana y la zona de expansión urbana, que son la quebrada Chambimbal, quebrada Honda y quebrada La Pachita o Varelas, la cual se encuentra canalizada a su paso por la zona urbana. Estas quebradas se encuentran en la zona norte del casco urbano, donde se han presentado crecientes torrenciales debido al desbordamiento de estos cauces.

La quebrada Honda es usada para riego y se origina en un sistema de humedales antes de la zona urbana, al occidente. Después de su paso por el casco urbano y aguas abajo de la desembocadura de la quebrada La Pachita, continúa su recorrido hasta desembocar finalmente en el río Cauca, cerca del municipio de Tulúa.

La acequia Chambimbal entrega parte de sus aguas a la quebrada Varelas, la cual a partir de este punto es conocida como quebrada La Pachita. La estructura de derivación se encuentra ubicada en la Calle 20A con Carrera 5, en el barrio Las Palmitas.

Como se mencionó anteriormente, existen varias acequias en el municipio de Buga que deben ser consideradas y analizadas, puesto que históricamente han presentado problemas de desbordamiento, originando la inundación de algunos sectores del municipio, y por lo tanto, deberán incluirse en el modelo matemático a construir en este estudio. A continuación se describen la ubicación y el caudal asignado para cada una de estas derivaciones.

#### 8.2.2.1.1. Principales derivaciones del río Guadalajara

La siguiente información fue extraída del inventario de bocatomas realizado por la CVC durante los días 20 y 27 de agosto de 1998 y del Proyecto de Reglamentación de los cauces del municipio de Guadalajara de Buga.

#### **Derivación No. 4, margen derecha – Acequia Chambimbal**

La derivación No. 4 (ver Figura 8.1) está ubicada sobre la margen derecha del río Guadalajara en terrenos de la nación y a 350 m aguas arriba del puente El Derrumbado de la ciudad de Buga. Recorre todo el municipio de Buga y continúa su recorrido hasta el municipio de San Pedro.

#### ***Descripción de la bocatoma***

Su asignación es de 1202.5 l/s y su captación se hace lateral y frontal mediante rejillas de barrotes verticales. La bocatoma tiene una estructura de captación que está formada por una rejilla frontal y dos laterales con barrotes verticales y un azud con machones para la instalación de tabloncillos. Una vez el agua entra por las rejillas cae a un pozo donde hay una compuerta de desfogue directo al río para retirar el sedimento que entra; posteriormente, el agua pasa por rebose a otro compartimiento donde se tiene una compuerta que da acceso al canal de conducción. Esta toma tiene problemas de entrada de sedimento grueso y fino y en épocas de crecientes se taponan con materiales transportados por el río.

#### **Derivación No. 6, margen izquierda – Acequia El albergue**

La derivación No. 6 se encuentra ubicada sobre la margen izquierda del río Guadalajara en el predio El Albergue y a unos 200 m aguas abajo del puente El Derrumbado (Figura 8.1). Continúa su recorrido hasta la desembocadura en la laguna de Sonso.

### ***Descripción de la bocatoma***

Esta derivación tiene una asignación de 533.5 l/s y su captación es frontal. La captación para la acequia El Albergue existe desde antes de la creación de la CVC. En 1983 fue sometida a una reparación, efectuada por la Sección de Recursos Hídricos y Obras Menores, porque las crecientes del río Guadalajara habían destruido el vertedero (perfil Creager) que había y que ayudaba a garantizar el nivel de captación. Dicha reparación consistió en la construcción de una presa con machones para colocar tablonés y se construyó además una contrapresa 3 m aguas abajo. Sin embargo, actualmente la bocatoma El Albergue no está en funcionamiento, lo cual implica que ya no se derivan aguas del río Guadalajara a esta acequia. No obstante, esta acequia presenta desbordamientos en algunos sectores del casco urbano ya que recoge las aguas residuales y de escorrentía a su paso por la zona urbana. Por esta razón debe incluirse en este estudio.

### **Derivación No. 7, margen izquierda – Acequia La Julia**

La derivación No. 7 está ubicada sobre la margen izquierda del río Guadalajara, en terrenos de la nación, unos 100 m aguas abajo del puente de la Carrera 9 en el casco urbano (Figura 8.2). El caudal asignado es de 343.5 l/s.

### **Derivación No. 9, margen izquierda – Acequia El Chircal**

La derivación No. 9 se encuentra ubicada sobre la margen izquierda del río Guadalajara e inmediatamente aguas abajo del puente La Libertad (Carrera 12). El caudal asignado es de 98 l/s.

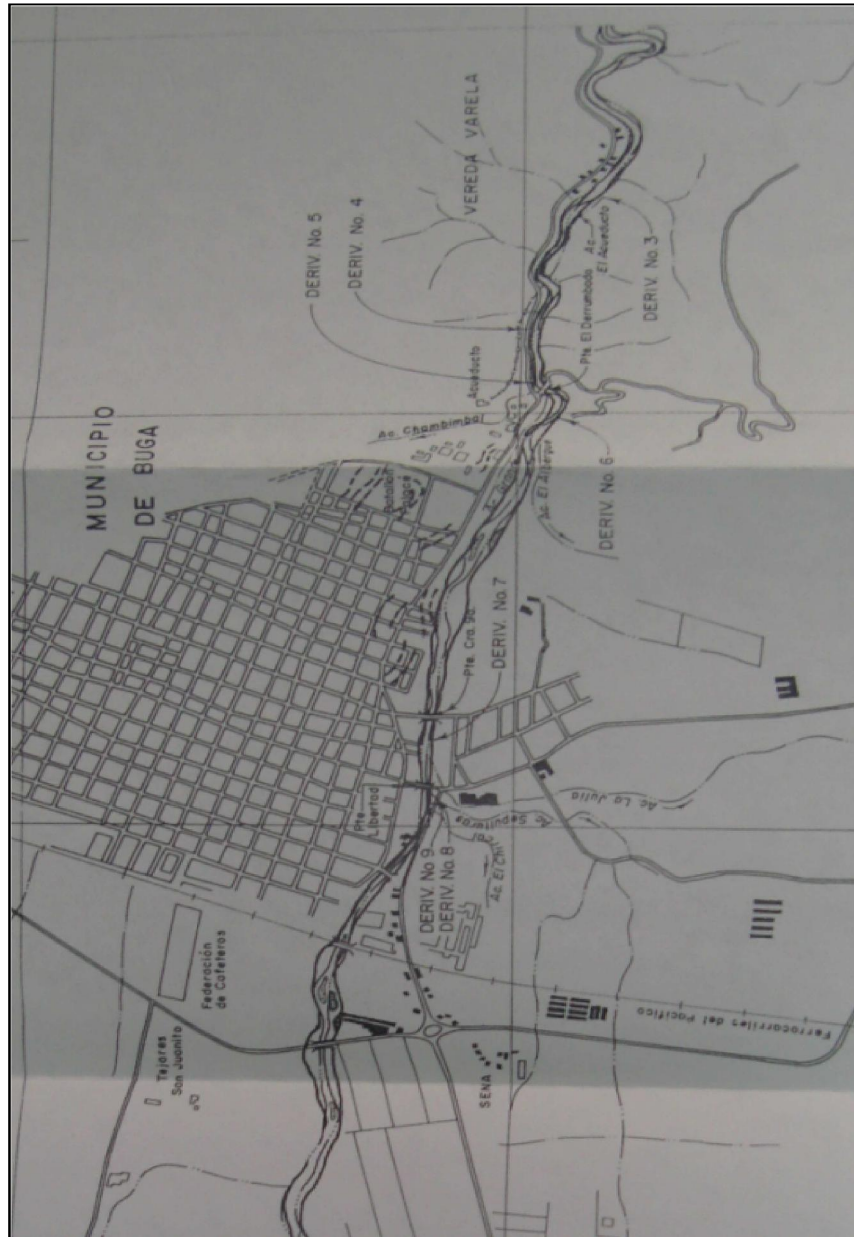
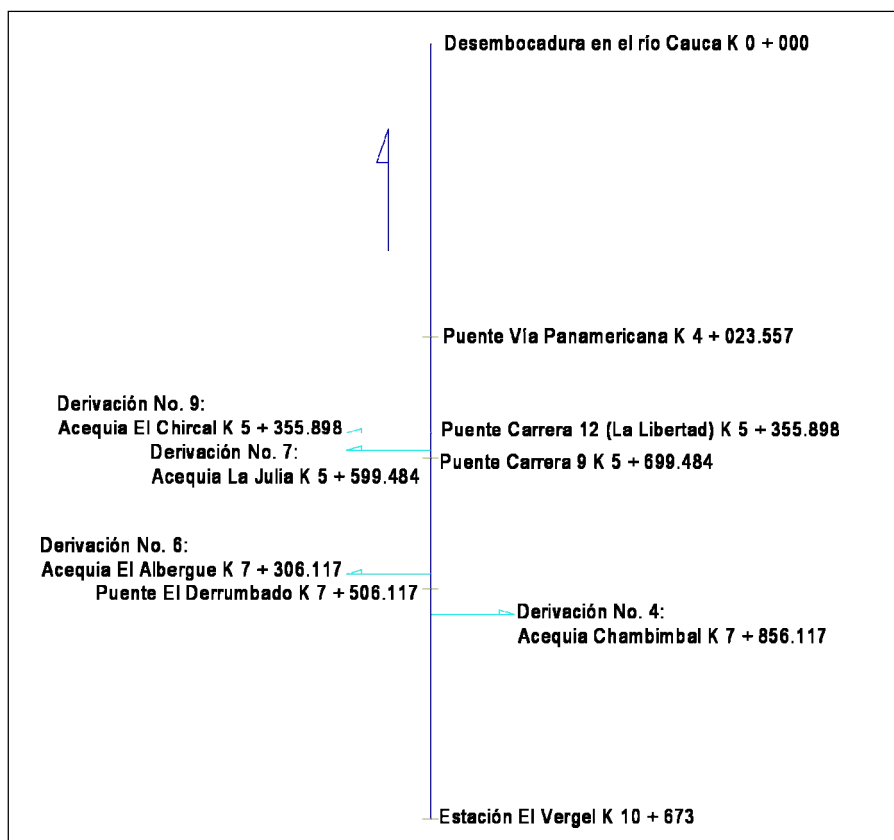


Figura 8.1 Localización general de las derivaciones - municipio Guadalajara de Buga.



*Figura 8.2 Localización general de las principales acequias - municipio de Guadalajara de Buga.*



*Figura 8.3 Esquema de las derivaciones y captaciones del río Guadalajara.*

### **8.2.2.2. Diseño del programa de campo**

#### **8.2.2.2.1. Delimitación de la zona de estudio**

La zona de estudio del municipio de Buga tiene un área de 3243 ha y un perímetro con una longitud de 31.8 km, que incluye tanto el casco urbano actual como la zona de expansión urbana. La zona urbana actual tiene un área total de 700 ha y un perímetro de longitud de alrededor de 15 km; la zona de expansión urbana tiene un área de 1748 ha y un perímetro de aproximadamente 31 km. La zona de estudio fue definida para abarcar todos los sectores en el casco urbano y de expansión urbana susceptibles a los fenómenos de inundaciones y avenidas torrenciales. En la Figura 8.4 se muestra la zona de estudio del municipio de Guadalajara de Buga.

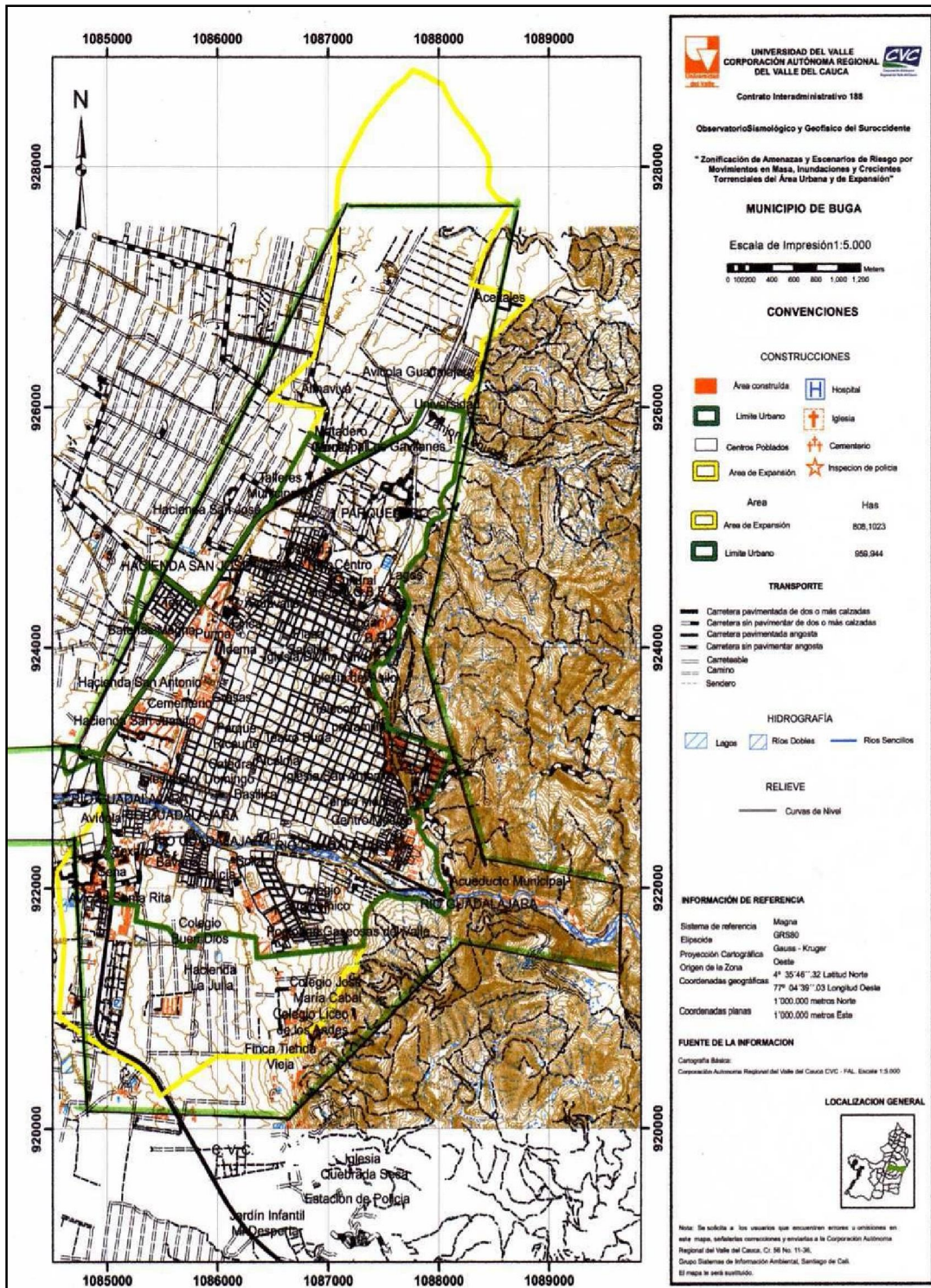


Figura 8.4 Perimetro de la zona de estudio del municipio de Buga.



#### 8.2.2.2.2. Requerimientos topobatimétricos

Para efectuar el levantamiento topobatimétrico de las secciones transversales de los diferentes cauces y canales se deben tener en cuenta los siguientes criterios los cuales permitirán la adecuada localización de las secciones de los cauces y las fronteras del modelo:

- Las secciones deben localizarse preferiblemente en tramos rectos del cauce.
- Las secciones no deben estar ubicadas en sectores en los cuales existan barras centrales e islas en medio del cauce.
- Las bancas de las secciones deben ser estables.
- Las secciones deben ser representativas de la morfología del cauce en cada tramo, y en su conjunto deben ser representativas de la configuración morfológica de todo el cauce.
- Las secciones transversales deben localizarse donde haya cambios importantes en la rugosidad del cauce y en la pendiente del río.
- Las secciones se deben ubicar aguas arriba y aguas abajo de la desembocadura de corrientes tributarias importantes.
- Las secciones deben localizarse en las fronteras del modelo (aguas arriba, aguas abajo e internas).

De acuerdo a estas recomendaciones, se definió el espaciamiento aproximado entre las secciones transversales a monitorear en los diferentes cauces, quebradas y acequias. Esta información topobatimétrica de los diferentes cauces es de gran importancia para efectuar la modelación matemática de los fenómenos de inundación y avenidas torrenciales.

Los cauces a estudiar en el municipio de Buga son el río Guadalajara, las quebradas Chambimbal, Honda y La Pachita, y las acequias Chambimbal, La Julia, El Albergue y El Chircal.

Las secciones transversales a monitorear estarán espaciadas así:

- Río Guadalajara: cada 100 m dentro del perímetro urbano y zona de expansión urbana. Cada 600 m desde el límite del área de expansión urbana hasta la desembocadura del río Guadalajara en el río Cauca. Cada 200 m desde la estación El Vergel (frontera superior) hasta la zona urbana y de expansión urbana.
- Quebrada Chambimbal: cada 400 m en toda el área de estudio.
- Quebrada Honda: cada 400 m aproximadamente dentro del perímetro urbano y zona de expansión urbana, y cada 400 m por fuera de esta área.
- Quebrada La Pachita o Varelas: cada 400 m.
- Acequia Chambimbal: cada 600 m.
- Acequia El Albergue: cada 700 m.
- Acequia La Julia: cada 750 m.
- Acequia El Chircal: cada 1000 m.

Vale la pena aclarar que debido a limitaciones presupuestales se detallarán más los cauces principales, levantando en consecuencia más secciones transversales en estas corrientes.

Puesto que el río Guadalajara es el cauce principal que recorre el municipio de Guadalajara de Buga, es el que debe ser caracterizado de forma más detallada. Por lo tanto, en este río el espaciamiento entre secciones es menor que en las demás corrientes de agua. Sin embargo, a pesar del gran espaciamiento entre las secciones transversales de las acequias, las secciones a levantar son suficientes para reflejar la variación de la geometría (o morfología) de dichas corrientes puesto que éstas son canales artificiales cuya variación geométrica a lo largo de su recorrido por la zona de estudio es mínima.

A continuación se indican las longitudes de los cauces a estudiar, el número total de las secciones transversales a monitorear y las fronteras del modelo para el municipio de Buga.

### Río Guadalajara

El río Guadalajara es el principal cauce natural que atraviesa el municipio de Buga y que históricamente ha originado el mayor número de desastres por inundaciones y avenidas torrenciales. La longitud total del tramo a modelar del río Guadalajara es de 10673 m, se tomarán 58 secciones transversales espaciadas así: cada 100 m en la zona urbana y de expansión urbana, cada 600 m desde el límite del área de expansión urbana hasta la desembocadura en el río Cauca y cada 200 m desde la estación El Vergel hasta el inicio de la zona urbana, en el puente del Derrumbado, diagonal a CVC.

Para propósitos de la modelación matemática y considerando la disponibilidad de información (niveles y caudales) la frontera superior del río Guadalajara se estableció en la estación hidrométrica El Vergel, localizada 3167 m aguas arriba del puente del Derrumbado (Fotos 8.1 y 8.2).



**Foto 8.1** Estación hidrométrica el Vergel.



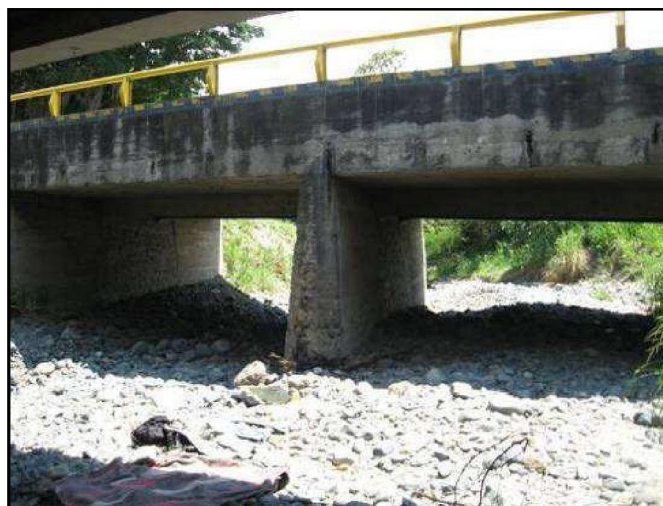
**Foto 8.2** Puente del Ferrocarril, aguas arriba de la desembocadura en el río Cauca.

La frontera inferior para fines de modelación se ubicó en la desembocadura del río Guadalajara en el río Cauca a una distancia de alrededor de 4018 m aguas abajo del puente sobre la vía Panamericana.

### **Quebrada Chambimbal**

La quebrada Chambimbal está localizada en el área de expansión urbana al norte del municipio de Buga. La longitud total del tramo a modelar es de 3048 m, con un total de 8 secciones transversales a levantar y espaciadas cada 400 m.

La frontera superior se ubicó a 669 m aguas arriba del cruce de la quebrada Chambimbal (Fotos 8.3 y 8.4) con el puente existente sobre la vía Panorámica, y la frontera inferior se localizó a 3048 m aguas abajo de la frontera superior.



**Foto 8.3** Cruce de la quebrada Chambimbal con el puente de la vía Panorámica.



**Foto 8.4** Quebrada Chambimbal.

### **Quebrada Honda**

La quebrada Honda atraviesa el norte del municipio de Buga. Esta quebrada desemboca en la quebrada La Pachita o Varelas. La longitud del tramo a modelar es de 4282 m, con un total de 11 secciones transversales a levantar espaciadas cada 428 m.

La frontera superior se ubicó a 2522 m aguas arriba de la desembocadura de la quebrada La Pachita en la quebrada Honda y la frontera inferior se localizó a 1378 m aguas abajo del cruce de esta quebrada con la vía Panamericana, y a 1760 m aguas abajo de la desembocadura de la quebrada La Pachita (Fotos 8.5 y 8.6).



**Foto 8.5** Quebrada Honda.



**Foto 8.6** Confluencia de la quebrada la Pachita en la quebrada Honda.

### **Quebrada La Pachita**

La longitud total del tramo a modelar de esta quebrada es de 1567 m, con 5 secciones transversales a levantar espaciadas cada 400 m. Esta quebrada nace al este del municipio, atravesándolo en dirección este – oeste.

La frontera superior se ubicó a 1567 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Honda. La frontera inferior interna se localizó en la desembocadura de la quebrada La Pachita en la quebrada Honda (Fotos 8.7 a 8.10).



**Foto 8.7** Quebrada La Pachita en el casco urbano del municipio de Buga.



**Foto 8.8** Quebrada la Pachita en la Calle 24 con Carrera 16 antes de desembocar en la quebrada Honda.



**Foto 8.9** Quebrada Honda después de la desembocadura de la quebrada La Pachita.



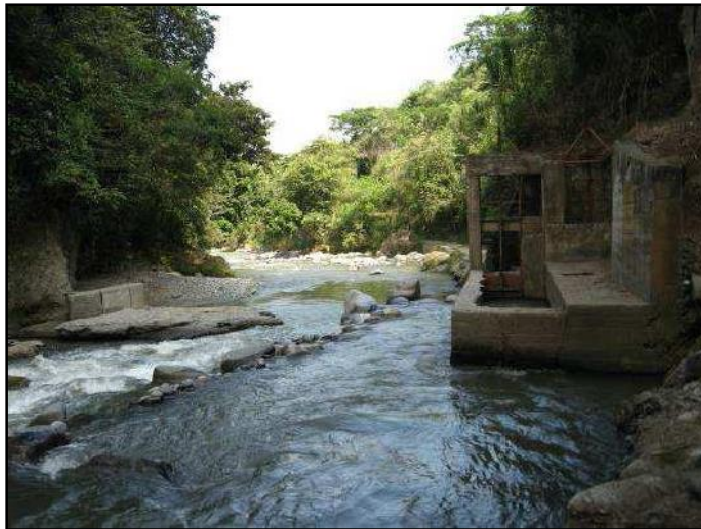
**Foto 8.10** Quebrada Honda en el cruce con la vía Panamericana.

### **Acequia Chambimbal**

La acequia Chambimbal deriva sus aguas del río Guadalajara y se halla sobre su margen derecha a 350 m aguas arriba del puente El Derrumbado.

La longitud total de la acequia Chambimbal a modelar es de 2839 m, con 6 secciones transversales a levantar espaciadas aproximadamente cada 600 m.

La frontera superior (interna) en la acequia Chambimbal se ubicó inmediatamente aguas abajo de la bocatoma sobre el río Guadalajara, localizada 350 m aguas arriba del puente del Derrumbado. La frontera inferior se situó a 2839 m aguas abajo de la bocatoma (Fotos 8.11 y 8.12).



**Foto 8.11** Bocatoma Chambimbal.



**Foto 8.12** Acequia Chambimbal sobre la quebrada Varelas o La Pachita, al norte del municipio.

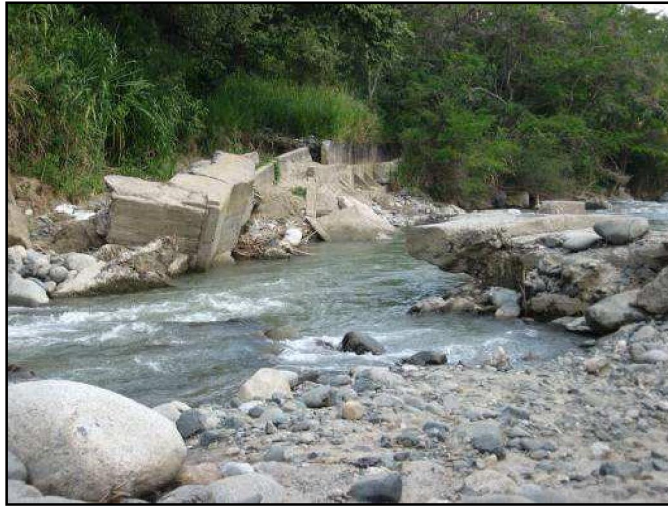
### **Acequia El Albergue**

Para esta acequia, localizada sobre la margen izquierda del río Guadalajara, se modelará un tramo de una longitud de 2287 m, para lo cual se tomarán 3 secciones transversales espaciadas 1000 m entre sí.

La frontera superior interna se situó inmediatamente aguas abajo de su bocatoma en el río Guadalajara, localizada 200 m aguas abajo del puente del Derrumbado, y la frontera inferior se ubicó 2287 m aguas abajo de la bocatoma (Fotos 8.13 y 8.14).

Es importante aclarar que la bocatoma El Albergue no funciona desde hace más de 6 años. Por lo tanto, ya no hay una derivación directa de aguas para esta acequia. Sin embargo, la acequia cumple con la función de interceptar o drenar las aguas de escorrentía superficial, así que debe incluirse en este estudio.





**Foto 8.13** Bocatoma El Albergue.



**Foto 8.14** Acequia El Albergue.

### **Acequia La Julia**

La acequia La Julia se encuentra sobre la margen izquierda del río Guadalajara a 200 m aguas abajo del puente El Derrumbado (Fotos 8.15 y 8.16).

Para este cauce se modelará un tramo de 2647 m de longitud, con un total de 3 secciones transversales a levantar cada 1200 m.

La frontera superior interna se ubicó inmediatamente aguas abajo de la bocatoma, localizada 100 m aguas abajo del puente de la Carrera 9, y la frontera inferior se estableció 2467 m aguas abajo de la bocatoma.



**Foto 8.15** Toma de agua de la acequia La Julia.



**Foto 8.16** Acequia La Julia.

### **Acequia El Chircal**

Para esta acequia, localizada sobre la margen izquierda del río Guadalajara, se modelará un tramo de 3687 m de longitud, y se levantarán 3 secciones transversales espaciadas entre sí 1700 m aproximadamente.

La frontera superior interna se ubicó inmediatamente aguas abajo de la bocatoma, localizada en el puente de la Carrera 12 (puente La Libertad, donde se encuentra la estación de bomberos), y la frontera inferior se situó 3687 m aguas abajo de la bocatoma (Fotos 8.17 a 8.19).

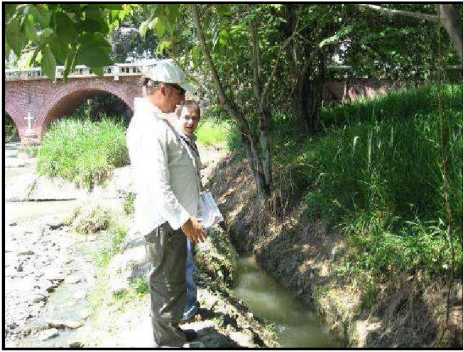


Foto 8.17 Acequia El Chircal.



Foto 8.18 Bocatoma de la acequia El Chircal.

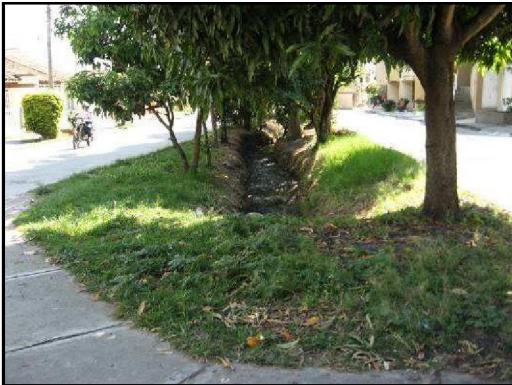


Foto 8.19 Acequia El Chircal pasando por el barrio Los Ángeles.

En total para el municipio de Buga, se establecieron **97 secciones transversales** para los distintos cauces a estudiar y modelar.

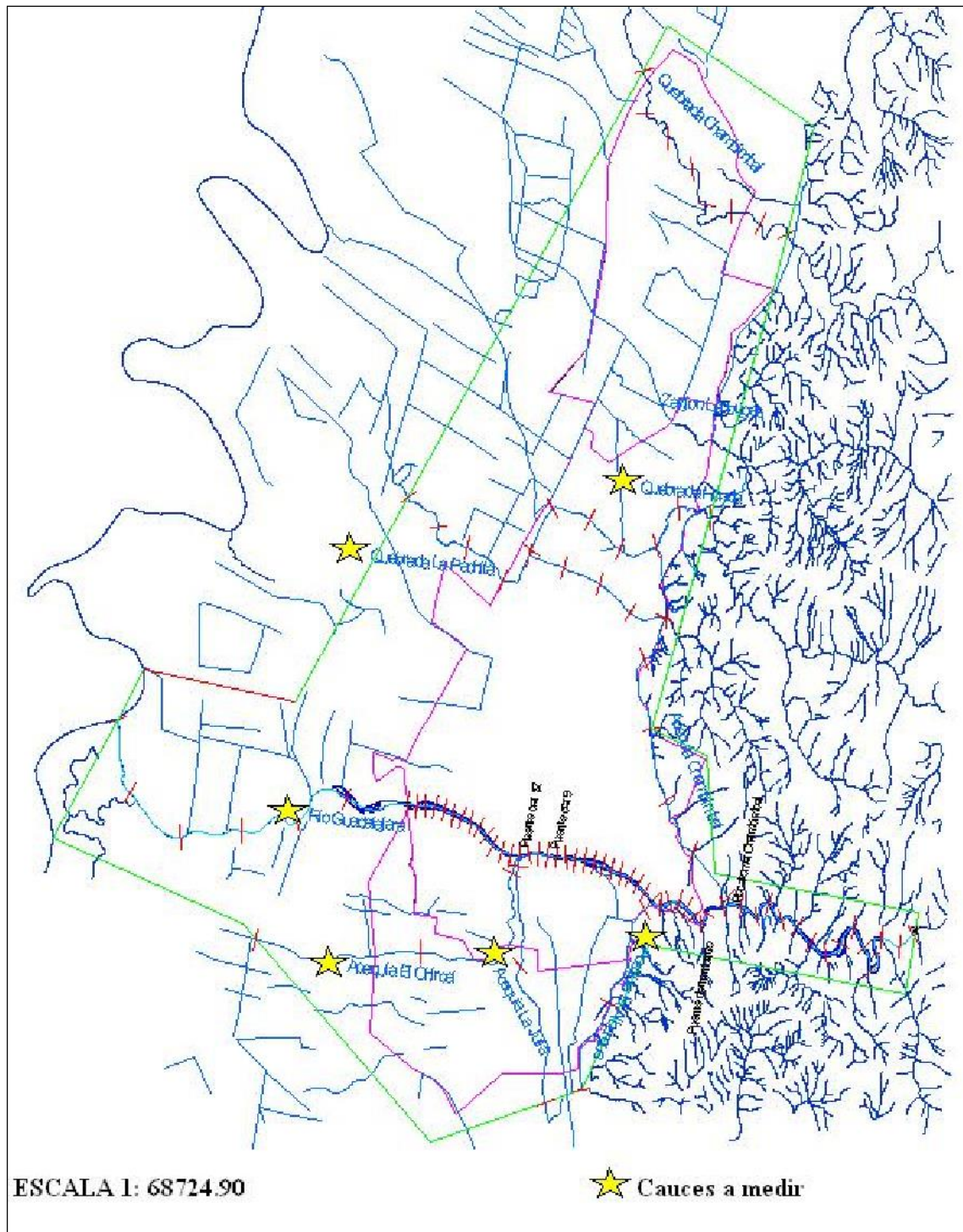
En la Tabla 8.1 se presenta el resumen de los cauces en los cuales se efectuarán levantamientos topobatimétricos en el municipio de Buga, así como la longitud de los mismos y el número de secciones a realizar. En la Figura 8.5 y Mapa 3.1, se presenta la localización de las secciones transversales a levantar en el municipio de Buga.

**Tabla 8.1.** Resumen de los cauces, ubicación de las fronteras, longitudes totales y programa de mediciones topobatimétricas (cauces y secciones transversales a levantar) en el municipio de Buga

<b>Cauce</b>	<b>Frontera superior</b>	<b>Frontera inferior</b>	<b>Longitud del cauce a modelar (m)</b>	<b>Numero de Secciones con levantamiento batimétrico y topográfico</b>	<b>Distancia entre secciones en las zonas urbana y de expansión (m)</b>	<b>Distancia entre secciones fuera de las zonas urbana y de expansión (m)</b>
Río Guadalajara	Estación El Vergel	Desembocadura en el río Cauca	10673	58	100	600 m desde la frontera inferior hasta el límite de la zona de expansión urbana; 200 m desde la frontera superior hasta el inicio de la zona urbana (Puente del Derrumbado)
Quebrada Chambimbal	3048 m aguas arriba de la frontera inferior	669 m aguas arriba del cruce de la quebrada Chambimbal en el puente de la vía Panamericana	3048	8	400	
Quebrada Honda	2522 m aguas arriba de la desembocadura de la quebrada La Pachita en la quebrada Honda	1378 m aguas abajo del cruce de la quebrada Honda la vía Panamericana, y a 1760 m aguas debajo de la desembocadura de la quebrada La Pachita en la quebrada Honda	4282	11	400	400
Quebrada La Pachita	1567 m aguas arriba de la confluencia de la quebrada Honda con la quebrada La Pachita	Frontera interna en la desembocadura de la quebrada La Pachita en la quebrada Honda	1567	5	400	400

**Tabla 8.1.** Resumen de los cauces, ubicación de las fronteras, longitudes totales y programa de mediciones topobatimétricas (cauces y secciones transversales a levantar) en el municipio de Buga. (Continuación)

<b>Cauce</b>	<b>Frontera superior</b>	<b>Frontera inferior</b>	<b>Longitud del cauce a modelar (m)</b>	<b>Numero de Secciones con levantamiento batimétrico y topográfico</b>	<b>Distancia entre secciones en las zonas urbana y de expansión (m)</b>	<b>Distancia entre secciones fuera de las zonas urbana y de expansión (m)</b>
Acequia El Albergue	Inmediatamente aguas abajo de la bocatoma, ubicada 200 m aguas abajo del puente del Derrumbado	2287 m aguas abajo de la frontera superior	2287	3	700	700
Acequia La Julia	Inmediatamente aguas abajo de la bocatoma, ubicada a 100 m aguas abajo del puente de la Carrera 9, y a alrededor de 250 m aguas arriba del puente La Libertad (Carrera 12)	2467 m aguas abajo de la frontera superior	2467	3	750	750
Acequia El Chircal	Inmediatamente aguas abajo de la bocatoma, ubicada en el puente La Libertad	3687 m aguas abajo de la frontera superior	3687	3	1000	1000
			TOTAL	97		



*Figura 8.5 Localización de secciones transversales a levantar en el municipio de Buga.*

#### 8.2.2.2.3. Requerimientos Hidrológicos

- Para efectuar la modelación de los diferentes eventos catastróficos de inundaciones y avenidas torrenciales en el municipio de Buga es necesario determinar las condiciones hidrológicas en las fronteras del área a modelar. En las fronteras superiores de los tramos a modelar del río Guadalajara, la quebrada La Pachita, la quebrada Honda y la quebrada Chambimbal se deben estimar los caudales para los diferentes periodos de retorno definidos en los términos de referencia del proyecto.
- También se requiere la información de la pluviosidad (intensidad y duración) en la zona de estudio para los diferentes periodos de retorno especificados.
- Es necesario determinar los caudales de escorrentía de las zonas adyacentes que son interceptados por la acequia Chambimbal en el tramo a modelar. Estos caudales deben ser estimados mínimo en tres puntos a lo largo de su recorrido.
- Teniendo en cuenta las limitaciones en cuanto a recursos disponibles para efectuar un completo programa de mediciones de campo, se ha contemplado la elaboración de 3 aforos en las quebradas Chambimbal, Honda y La Pachita en los siguientes sitios:
  1. Quebrada Chambimbal: un aforo en el cruce de la quebrada con el puente de la vía Panamericana
  2. Quebrada Honda: un aforo en el cruce de la quebrada con el puente de la vía Panamericana.
  3. Quebrada La Pachita: un aforo en el cruce de la quebrada con el puente de la vía alterna de entrada al municipio de Buga.
- Los aforos deben realizarse preferiblemente durante niveles y caudales altos, y en secciones ubicadas en tramos rectos, estables y de cauce único (sin islas o barras interiores).

#### 8.2.2.2.4. Requerimientos de granulometría del material del lecho

Referente a la determinación de las características granulométricas y reológicas de los sedimentos de los cauces es necesario realizar las siguientes precisiones:

- i) La caracterización granulométrica del material del lecho de los cauces se realizará mediante la técnica denominada Método Superficial de Malla, la cual consiste en tomar un registro fotográfico de un recuadro graduado de 1.00 m x 1.00 m en un sitio del lecho que contenga material representativo de la zona explorada. Posteriormente se procede a retirar del espacio seleccionado en el recuadro la capa superficial del suelo (coraza) para obtener una muestra volumétrica subsuperficial, después de haber tomado otro registro fotográfico. Finalmente la muestra es llevada al laboratorio para efectuar el ensayo de granulometría de material grueso.

- ii) Las características granulométricas del material de las bermas (material fino) se realizará también mediante la toma de una muestra para ser llevada al laboratorio y realizar el ensayo de granulometría de material grueso.
- iii) Finalmente, para determinar las características reológicas del material transportado en suspensión durante las avenidas, se tomarán muestras del material del lecho del cauce y sus bermas en el sector del cono de deyección, en sectores con depósitos de materiales finos y en las zonas identificadas como susceptibles a los movimientos en masa, cuyos materiales eventualmente pueden llegar a los cauces con influencia en la zona de estudio. Posteriormente, las muestras serán llevadas al laboratorio para efectuar los ensayos de granulometría completa, gravedad específica y límites de Atterberg (límites plásticos y líquidos).

En la Tabla 8.2 se indica, para cada corriente a estudiar en el municipio de Buga, la clase y cantidad de ensayos que se deben realizar.

**Tabla 8.2.** Muestreo del material del lecho a realizar en los cauces del municipio de Buga

Tipo de muestreo	Método de muestreo y Análisis	Río Guadalajara	Quebrada La Pachita o Varelas	Quebrada Honda	Quebrada Chambimbal
Muestra superficial de material granular grueso en el lecho del cauce	Muestreo superficial y análisis fotográfico	8	2	3	3
Muestra superficial de material fino en zonas del cauce e inundables (cono de deyección)	Muestreo volumétrico por tamizado e hidrometría	10	4	4	4
Muestra en zonas susceptibles a deslizamientos adyacentes a los cauces	Muestreo volumétrico por tamizado e hidrometría	5	2	2	2
Muestra subsuperficial	Muestreo volumétrico y análisis por tamizado	8	2	3	3



### **8.2.2.3. Muestreo sedimentológico**

Otro de los objetivos de las salidas de campo fue tomar muestras del material del lecho y la llanura de inundación de los cauces, con el fin de llevar a cabo la caracterización sedimentológica. Además del muestreo volumétrico convencional (en el cual se toma un determinado volumen o cantidad de material del lecho y se lleva al laboratorio para el respectivo análisis granulométrico), se realizó un muestreo superficial tomando un registro fotográfico del material del lecho para aplicar posteriormente el método superficial por malla (este método está descrito más adelante), utilizado para efectuar el análisis granulométrico. Esto con el objeto de determinar la curva granulométrica de los sedimentos y materiales del lecho al igual que los diferentes diámetros característicos ( $d_{15}$ ,  $d_{35}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{65}$ ,  $d_{90}$ ).

Dado que el río Guadalajara corresponde principalmente a un cauce conformado por materiales granulares gruesos, fue necesario emplear un método de muestreo superficial en muchos sitios debido al tamaño de los sedimentos, el método de muestreo volumétrico requeriría la recolección de volúmenes muy grandes del material del lecho. Se realizó un recorrido de reconocimiento a lo largo del río Guadalajara para identificar o establecer los sitios de muestreo del material del lecho, de acuerdo con la variación espacial observada en la distribución de tamaños del mismo. El muestreo superficial del material del lecho se realizó mediante registros fotográficos, tomando un área de 1 m x 1 m, en los siguientes sectores considerados representativos de la composición porcentual del material del lecho del cauce: en el corregimiento La María, a 200 m aguas abajo de la estación El Vergel, en la avícola localizada sobre la margen derecha aguas abajo de la estación El Vergel, en la bocatoma Aguas de Buga, en el puente del Derrumbado, en el parque El Vergel (50 m aguas arriba del poliducto), en el puente de la Carrera 9, a 100 m aguas abajo del puente del Ferrocarril y a 500 m aguas abajo del puente en la vía Panorámica. El muestreo volumétrico (o másico) fue utilizado en sitios y sectores donde se observó una granulometría más fina con mayores porcentajes de materiales finos (arenas de diferentes tamaños, limos y arcillas). Las muestras del material superficial del lecho fueron tomadas en el parque El Vergel (a 50 m aguas arriba del poliducto), a 100 m aguas abajo del puente del Ferrocarril (Carrera 18) y a 500 m aguas abajo del puente en la vía Panorámica.

En la quebrada Chambimbal se llevó a cabo el mismo proceso, se tomó una muestra del material del lecho y un registro fotográfico, en el sitio donde la quebrada cruza la vía Panamericana. Actualmente esta información está siendo procesada.

## **8.3. CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA E HIDRÁULICA**

### **8.3.1. Caracterización sedimentológica**

#### ***8.3.1.1. Recopilación de información sedimentológica***

Para la recopilación de información de las características granulométricas del material del lecho del río Guadalajara se consultaron diferentes estudios, principalmente la información disponible la CVC y los informes realizados en el desarrollo del Proyecto de Modelación del Río Cauca (Fase II, Volumen II y Volumen IV) / (CVC – Universidad del Valle, 2003). En las campañas de caracterización del material del lecho de los ríos tributarios del río Cauca, se tomaron en total 3 muestras en el río Guadalajara.

Más adelante se muestran las tablas y figuras que contienen información acerca de la ubicación de las muestras con sus respectivos nombres, la composición porcentual del material del lecho, las curvas granulométricas de las muestras tomadas, los diámetros característicos, los diámetros característicos promedio, los diámetros medios y la composición porcentual media del material del lecho del río Guadalajara.

La metodología de muestreo aplicada por PMC en los ríos tributarios para materiales del lecho conformado principalmente por material granular grueso de tamaño medio (como en el caso del río Guadalajara) y para muestras superficiales del lecho, fue la siguiente:

1. Selección de un sitio representativo de los diferentes tamaños de materiales encontrados en el lecho del cauce.
2. Ubicación de un marco como referencia de escala de 50 cm x 50 cm o de 100 x 100 cm, según el tamaño del sedimento (foto 8.20). Para ello se consideró la recomendación de Diplas y Fripp (1992) de acuerdo con la cual el área muestreada debe ser mayor o igual a  $100(D_{max})^2$ , donde  $D_{max}$  representa el diámetro o eje medio de la partícula de sedimento de mayor tamaño encontrada.
3. Toma de fotografía digital normal al lecho para evitar distorsión en la escala. Esta foto se utiliza posteriormente para análisis granulométrico de la capa superficial por método gráfico.



*Foto 8.20 Marco utilizado por el PMC para muestreo de material superficial.*

En la Tabla 8.3 se muestran las coordenadas planas, código y abscisa en las estaciones hidrométricas sobre el río Guadalajara. El abscisado de los sitios de muestreo sobre el río Guadalajara corresponde a la distancia desde su desembocadura en el río Cauca.

**Tabla 8.3.** Ubicación de las muestras del lecho del río Guadalajara tomadas por el PMC (2002)

<b>Cauce</b>	<b>Código de la muestra</b>	<b>Coordenada Norte</b>	<b>Coordenada Este</b>	<b>Abscisa</b>
Guadalajara	TG11	922849,667	1082038,68	1,700
Guadalajara	TG12	922522,426	1082630,08	3,400
Guadalajara	TG13	922534,578	1083353,37	5,100

Nota: La abscisa 0,00 se halla en la confluencia del río Guadalajara en el río Cauca. El estudio realizado por el PMC (2003) determinó la granulometría de los materiales gruesos superficiales de acuerdo con la metodología que relaciona el área total ocupada por un material de un tamaño preestablecido al área total del muestreo, así: (1) Se definieron los siguientes rangos de tamaños de grano: mayores a 7 cm, 6-7 cm, 5-6 cm, 4-5 cm, 2-3 cm, 1-2cm y menores a 1 cm; (2) Se aproximó la forma de las piedras observadas en la fotografía convenientemente ampliada (Foto 8.21) a un elipsoide o a una esfera según el caso y se determinó la longitud del eje medio. Con este valor se ubicó cada grano en uno de los rangos definidos en el punto anterior; (3) Se determinaron las áreas de la gravas y piedras y se sumaron todas las correspondientes a un mismo rango de tamaños; (4) Se encontró el porcentaje del área total ocupado por cada rango de tamaños; la fracción de tamaños menores a 1 cm se asumió como la diferencia entre el 100% (área total) y la suma de los porcentajes de los demás rangos de tamaños.



*Foto 8.21 Análisis grafico de muestras superficiales (PMC, 1992).*

En la Tabla 8.4 se presenta la composición porcentual del material del lecho en el río Guadalajara, en las Tablas 8.5 a 8.8 se muestran los diámetros característicos y los diámetros medios del material del lecho y en las Figuras 8.6 a 8.9 se presentan las curvas granulométricas correspondientes a los sitios donde el PMC realizó muestreo superficial por el método fotográfico.

**Tabla 8.4.** Composición porcentual del material del lecho del río Guadalajara (Tomada De estudios realizados por el PMC, 2003)

Tributario	Muestra	Abscisa	Composición Porcentual del Material de Fondo					
			Guijarros	Grava	Arena Gruesa	Arena Media	Arena Fina	Limos y Arcillas
Río G/lajara	TG11b	K0+704	---	---	25	69	6	---
	TG12bSp	K1+523	17	83	---	---	---	---
	TG12bSb	K1+523	---	42	20	38	---	---
	TG13bSp	K2+260	22	78	---	---	---	---
	TG13bSb	K2+260	---	59	20	21	---	---
Río G/lajara	Estación El Vergel	---	---	59.5	19.5	19	2	---
Río G/lajara	Estación La Maria	---	---	38	39	22	1	---

**Tabla 8.5.** Diámetros característicos promedios del material de fondo en el río Guadalajara

Tributario	Estación	Diámetros Característicos Promedios (mm)										Coeficientes Granulométricos		
		$d_{10}$	$d_{15}$	$d_{30}$	$d_{35}$	$d_{50}$	$d_{60}$	$d_{65}$	$d_{85}$	$d_{90}$	$d_m$	$C_U$	$\sigma_g$	$C_g$
Guadalajara	El Vergel	0.29	0.36	0.80	1.20	9.10	10.00	10.30	11.20	11.80	6.32	34.48	1.23	0.22

**Tabla 8.6.** Diámetros medios del material de fondo en el río Guadalajara

Tributarios	Estación	Fecha	Diámetro Medio (mm)
Guadalajara	El Vergel	21/03/97	6.62
	La María	27/09/99	3.80

**Tabla 8.7.** Curva granulométrica estación El Vergel – río Guadalajara

TAMIZ #	DIAMETRO (mm)	% QUE PASA
2 "	50.80	100.0
1 1/2 "	38.10	100.0
1 "	25.40	100.0
3/4 "	19.05	100.0
1/2 "	12.70	100.0
3/8 "	9.52	51.0
# 4	4.76	44.0
# 8	2.38	42.0
# 16	1.19	37.0
# 30	0.60	25.0
# 50	0.30	10.8
# 100	0.15	3.0
# 200	0.075	0.0

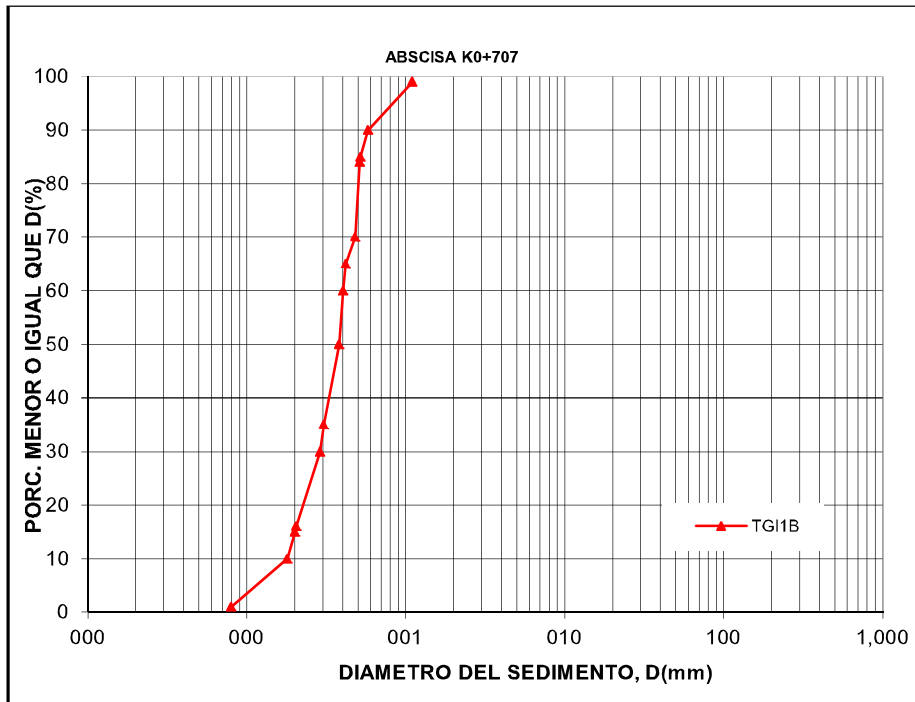


Figura 8.6 Curvas granulométricas del material del lecho del río Guadalajara en la abscisa K0 + 707 (Estudios realizados por el PMC, 2003).

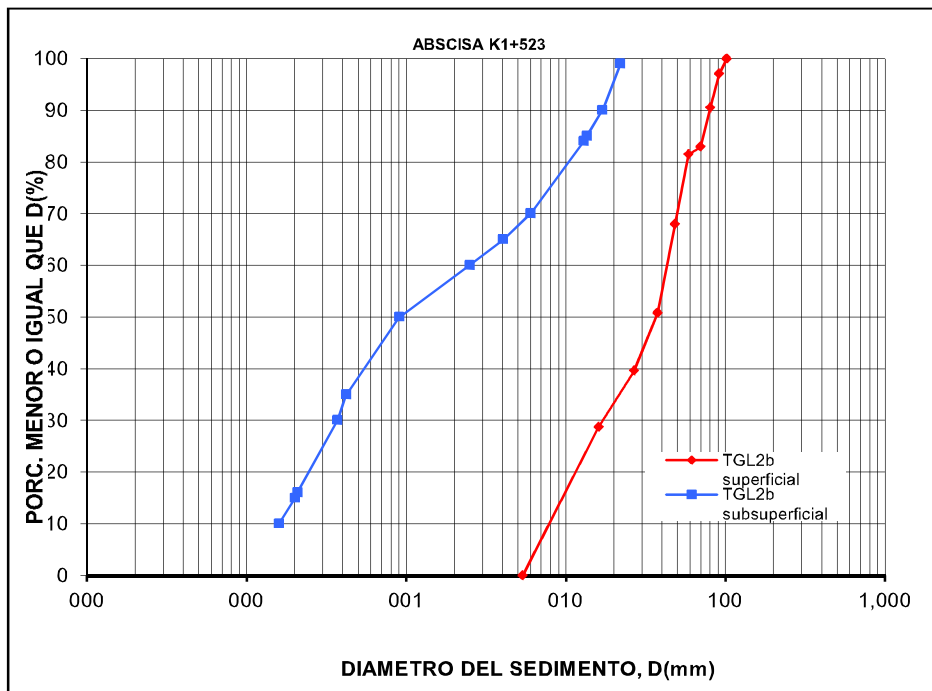
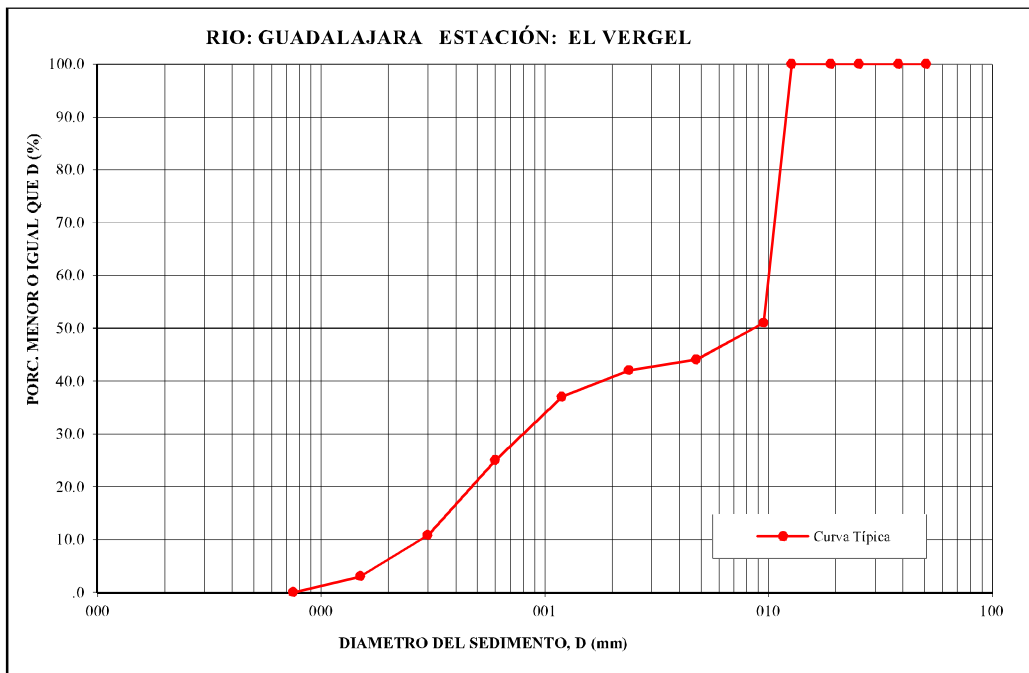


Figura 8.7 Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la abscisa K1 + 523 (Estudios realizados por el PMC, 2003).



**Figura 8.8** Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la Estación el Vergel (Estudios realizados por el PMC, 2003).

**Tabla 8.8.** Granulometría material de fondo río Guadalajara – Estación La María

RÍO GUADALAJARA - LA MARÍA					
CURVA TÍPICA			IX - 27 - 99		
TAMIZ #	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RET.ACUMUL. (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
2 "	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2 "	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1 "	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4 "	19.05	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2 "	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8 "	9.52	299.7	25.0	25.0	75.0
# 4	4.76	66.6	5.5	30.5	69.5
# 8	2.38	66.8	5.6	36.1	63.9
# 16	1.19	117.9	9.8	45.9	54.1
# 30	0.60	302.0	25.2	71.1	28.9
# 50	0.30	249.6	20.8	91.9	8.1
# 100	0.15	82.6	6.9	98.8	1.2
# 200	0.075	10.2	0.8	99.6	0.4
	Pasante	4.9	0.4	100.0	0.0

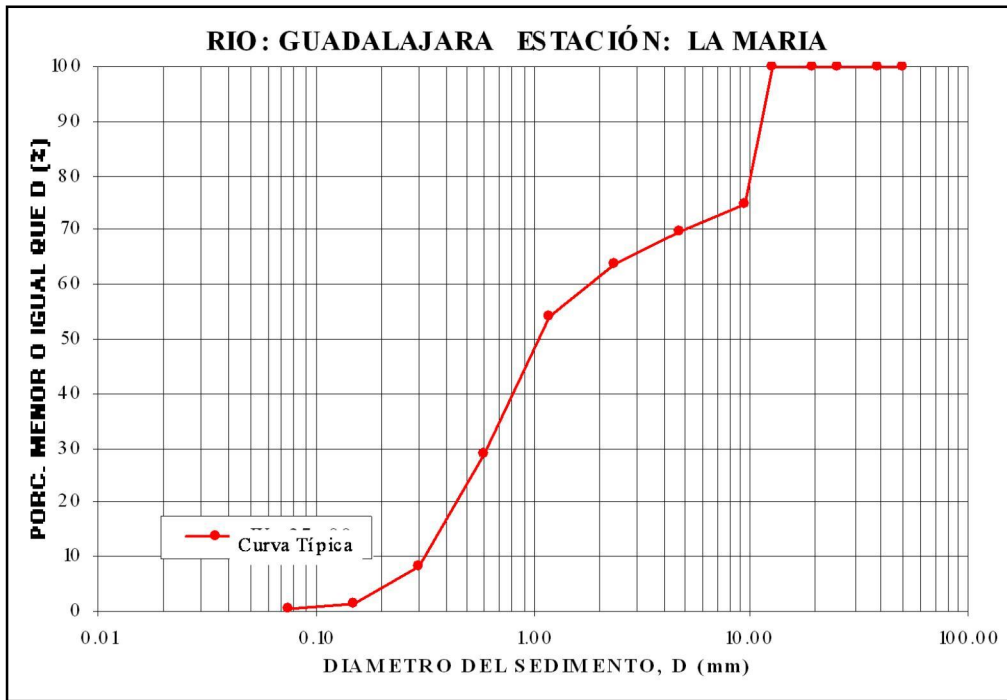


Figura 8.9 Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la estación La María (PMC 1992).

Los diámetros característicos del material del lecho ( $d_{15}$ ,  $d_{50}$  y  $d_{85}$ ) del río Guadalajara se muestran en la Figura 8.10.

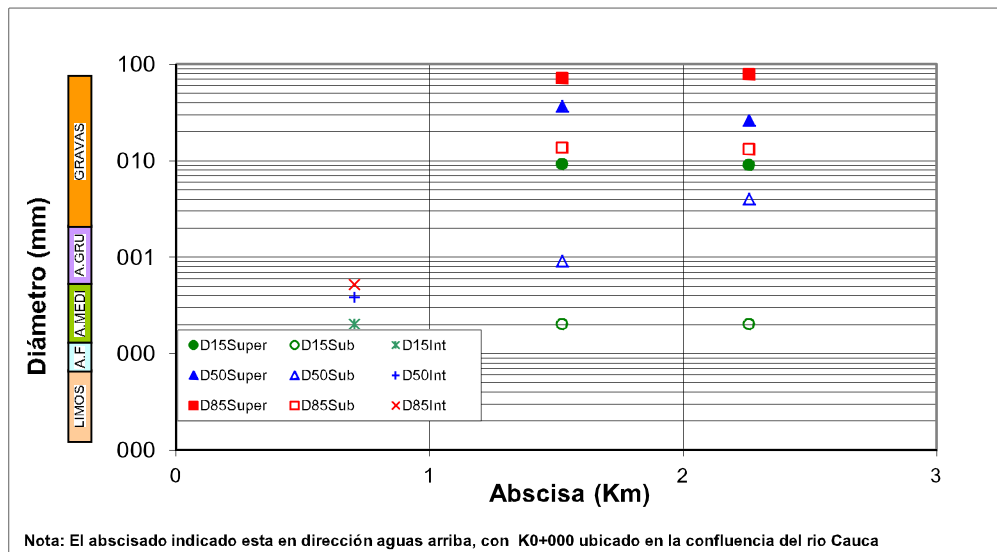
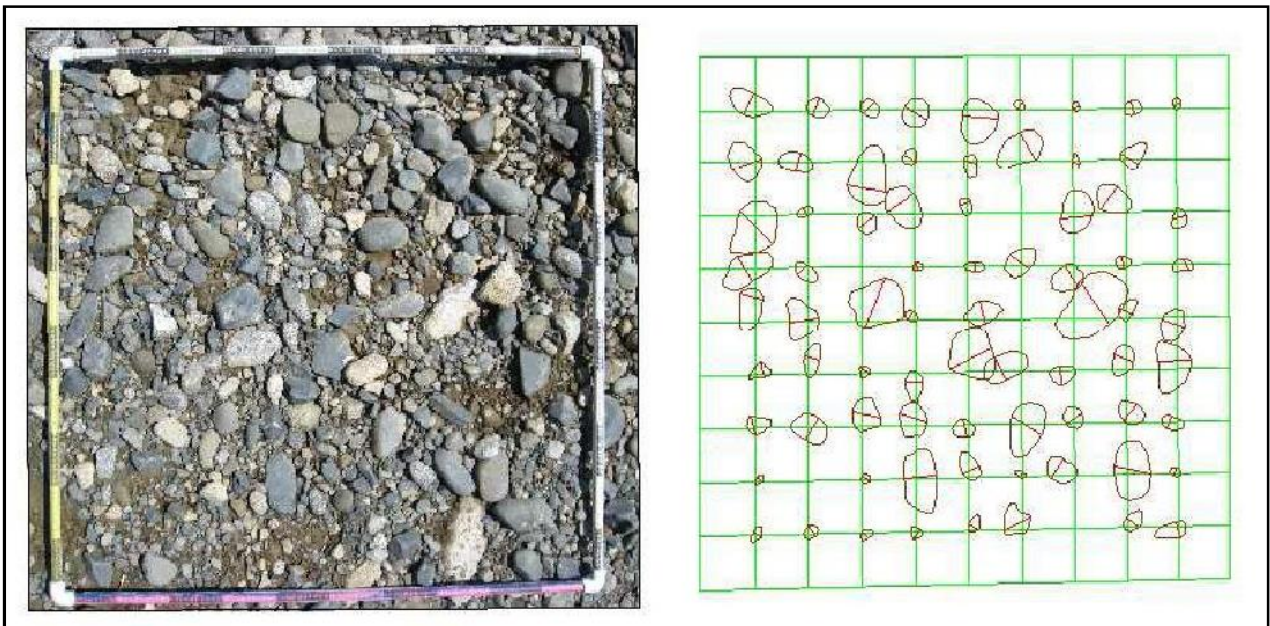


Figura 8.10 Diámetros característicos del material del lecho del río Guadalajara.



### 8.3.1.2. Descripción del método de muestreo

Con las fotografías tomadas durante las visitas de campo se realizó el análisis granulométrico del material superficial del lecho utilizando un procesamiento fotográfico a través del método de malla-número. Las fotografías se tomaron utilizando un marco de PVC de aproximadamente 1 m<sup>2</sup> de área, previamente demarcado con cintas métricas que sirven como referencia de medida en cada lado. El método de malla-número únicamente considera las partículas en las intersecciones de una malla que abarca el área de muestreo predefinida de 1 m<sup>2</sup>. El procesamiento digital en computador consiste en dibujar una malla sobre la fotografía, delinear las partículas en las intersecciones de la malla y medir el diámetro o eje medio (eje b) (Figura 8.11). El procedimiento consiste en contar las piedras que se encuentran en las intersecciones y clasificarlas los siguientes rangos de tamaños: menores que 10 mm, 10–20 mm, 20-30 mm, 30-40 mm, 40-50 mm, 50-60 mm, 60-70 mm, 70-80 mm, 80-90 mm y 90-100 mm. Con el número de piedras correspondientes a cada rango se calcula el porcentaje de cada rango con respecto al número total de intersecciones. Los puntos donde no se interceptan también se cuentan porque corresponden al porcentaje de partículas más finas (menores que 3 mm). Con esta información se construye la curva de distribución de frecuencias (curva granulométrica), la cual permite estimar los diámetros y parámetros característicos del material del lecho.



*Figura 8.11* Identificación de partículas para análisis granulométricos de malla-número (a) Muestra fotográfica; (b) Partículas delimitadas en las intersecciones de la malla.

Para el uso adecuado del método se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones de la bibliografía consultada:

- Selección de un sitio representativo de los diferentes tamaños de partículas encontradas en la playa.
- Toma de fotografías digitales normales al lecho, para evitar distorsión en la escala.

- La malla debe tener un espaciamiento aproximadamente igual al diámetro máximo encontrado ( $D_{max}$ ), el cual corresponde a la longitud del eje b de la partícula de sedimento de mayor tamaño.

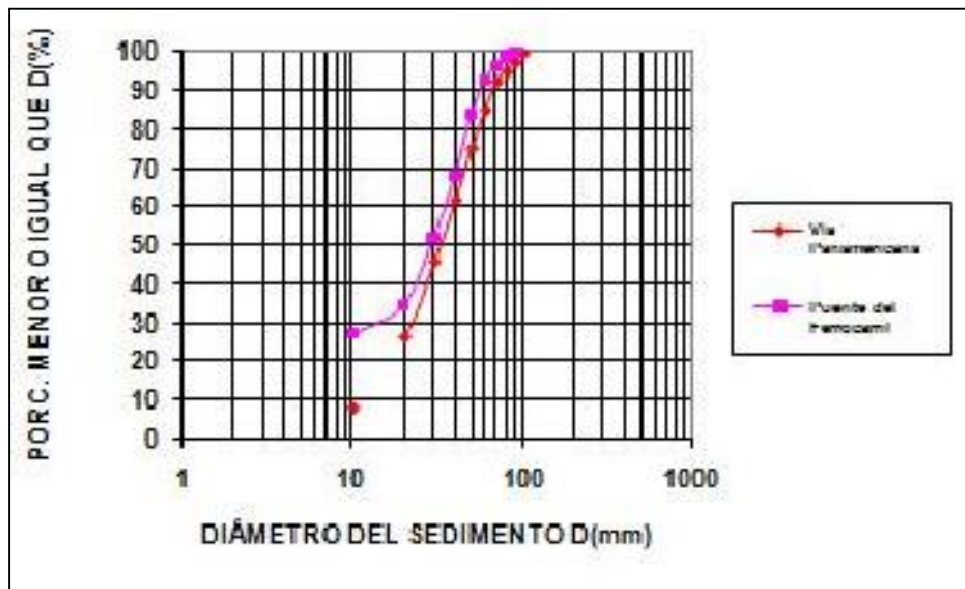
El área muestreada debe ser mayor o igual  $100(D_{max})^2$  (Diplas y Fripp, 1992).

#### 8.3.1.4. Diámetros característicos del material del lecho del río Guadalajara

En la Tabla 8.9 y la Figura 8.12 se presentan respectivamente los diámetros característicos y las curvas granulométricas obtenidas del análisis granulométrico por el método de malla – número del material del lecho en dos sectores del río Guadalajara. El diámetro medio  $d_{50}$  es igual a 30 mm aproximadamente que corresponde a gravas medianas.

**Tabla 8.9.** Diámetros característicos del lecho del Río Guadalajara

Lugar de la muestra	Tipo de Muestra	$d_{10}$ (mm)	$d_{16}$ (mm)	$d_{30}$ (mm)	$d_{50}$ (mm)	$d_{70}$ (mm)	$d_{84}$ (mm)	$d_{90}$ (mm)
Puente vía Panamericana	Muestra superficial	11	14	22	32	44	60	64
Puente del Ferrocarril	Muestra superficial	---	---	13	28	41	50	56



**Figura 8.12** Curva granulométrica del material superficial del lecho.

Sector Puente vía Panamericana y Puente del ferrocarril

### 8.3.2. Caracterización hidráulica

#### 8.3.2.1. Características generales del río Guadalajara

El río Guadalajara se forma en la parte alta de la cordillera central por la unión de las aguas de las quebradas La Sonadora y Los Alpes. Desemboca en la margen derecha del río Cauca en la abscisa K229 + 010 (distancia sobre el eje del río Cauca desde la represa de Salvajina). El río tiene los siguientes afluentes principales: por la margen derecha, las quebradas La Soledad, Las Frías y La María; y por la margen izquierda, las quebradas La Magdalena, La Zapata y La Puerta. Tiene una longitud desde su nacimiento hasta la desembocadura en el río Cauca de 20.9 km.

En la Figura 8.13 se presenta la vista en planta de la cuenca del río Guadalajara. Su cuenca presenta un área de 130.3 km<sup>2</sup>, abarcando desde el nacimiento del río (sobre la cota 2800 msnm), hasta su desembocadura en el río Cauca una longitud de 17.0 km.

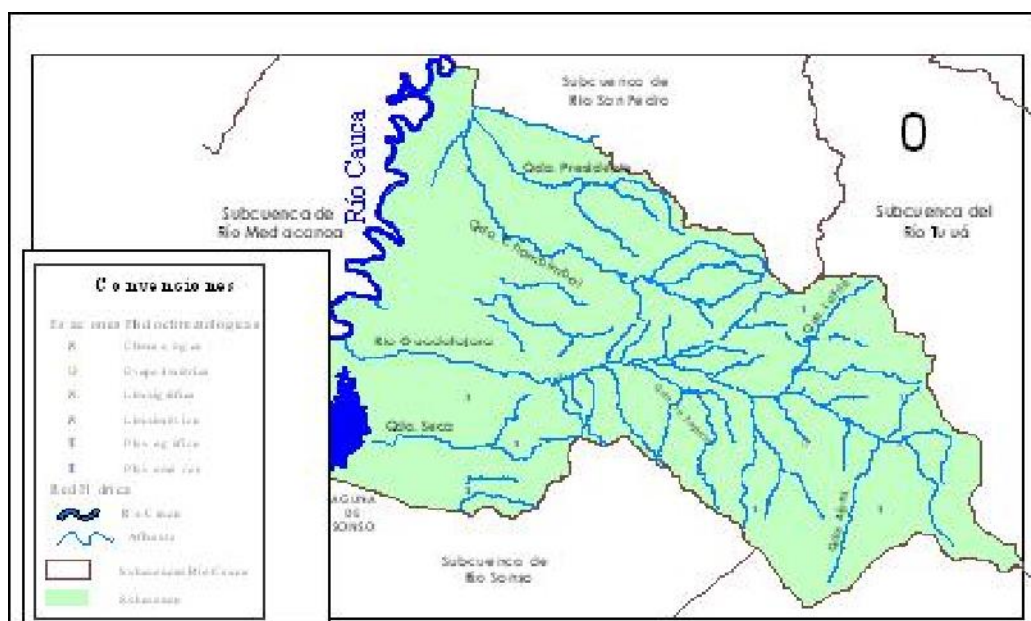


Figura 8.13 Cuenca del río Guadalajara.

El río Guadalajara abastece de agua a la ciudad de Buga y es utilizado, además, para generación de energía y en la industria agropecuaria (Foto 8.22).



**Foto 8.22** Río Guadalajara cerca de su desembocadura en el Río Cauca.

La cuenca presenta cuatro pisos térmicos como resultado de la interacción de su variada distribución altitudinal con los diferentes factores climáticos: cálido moderado, térmico medio, térmico frío y térmico paramuno.

La parte baja del área de ladera se ubica sobre rocas sedimentarias de la Formación La Paila (25% del área total de ladera), las cuales prácticamente no aportan sedimentos gruesos al cauce. El resto del área se ubica sobre rocas del Macizo Ofiolítico de Ginebra (25% del área de ladera), Batolito de Buga (20%) y Formación Amaime (1%), todas ellas buenas aportantes de sedimentos al cauce.

#### ***8.3.2.2. Caudales característicos del río Guadalajara***

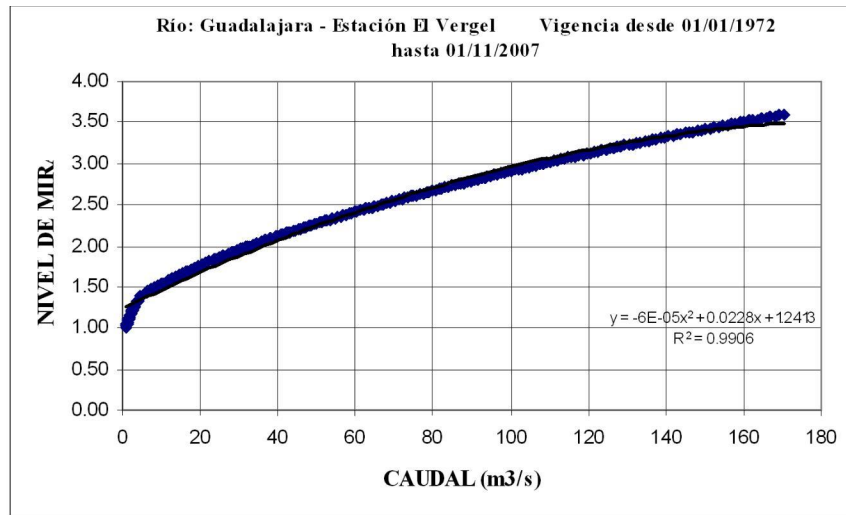
En la Tabla 8.10 se presentan los principales caudales característicos del río Guadalajara en la estación El Vergel, tales como, caudales máximos y mínimos instantáneos presentados para todo el período de registro, los promedios de los caudales máximos y mínimos instantáneos anuales, el caudal medio multianual, los caudales correspondientes a eventos con diferentes periodos de retorno y los caudales específico y unitario. En la Figura 8.14 se presenta la curva de calibración nivel – caudal.

**Tabla 8.10.** Caudales característicos del río Guadalajara en la estación El Vergel (1972-2008)

<b>CAUDAL CARACTERÍSTICO</b>		<b>VALOR</b>	
<b>Caudal medio mensual multianual (m<sup>3</sup>/s)</b>	Máximo	5.19	Noviembre
	Mínimo	2.37	Agosto
	Medio	3.89	
<b>Caudal instantáneo histórico (m<sup>3</sup>/s)</b>	Máximo	230.7	May-1981
	Mínimo	0.15	2005
<b>Caudal promedio de máximos instantáneos anuales (m<sup>3</sup>/s)</b>		66.3	
<b>Caudal promedio de mínimos instantáneos anuales (m<sup>3</sup>/s)</b>		1.3	

**Tabla 8.10.** Caudales característicos del río Guadalajara en la estación El Vergel (1972-2003) (Continuación).

<b>Curva de Duración de Caudales</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>% de Tiempo en que los caudales son igualados o excedidos</b>	10%	7.8
		25%	5.4	
		50%	3.5	
		75%	2.7	
		90%	2.0	
<b>Caudales máximos estimados para un periodo de retorno (T) (m<sup>3</sup>/s)</b>			<b>T(años)=2</b>	120
			<b>T(años)=5</b>	180
			<b>T(años)=7</b>	199
			<b>T(años)=10</b>	210
			<b>T(años)=20</b>	240
			<b>T(años)=50</b>	300
			<b>T(años)=100</b>	330
<b>Caudal Específico (m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>) x 10<sup>-8</sup></b>			3.30	
<b>Caudal Unitario (m<sup>3</sup>/s/m) x 10<sup>-4</sup></b>			2.47	



En la Fi  
 Hidrom  
 con cauc  
 períodos  
 agosto y

Estación  
 bimodal  
 os en los  
 mes de

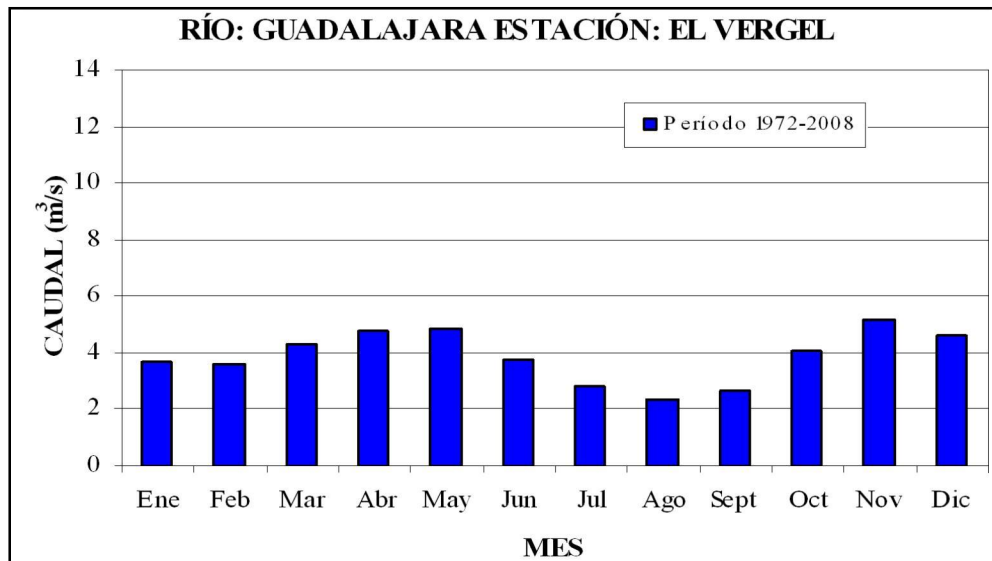
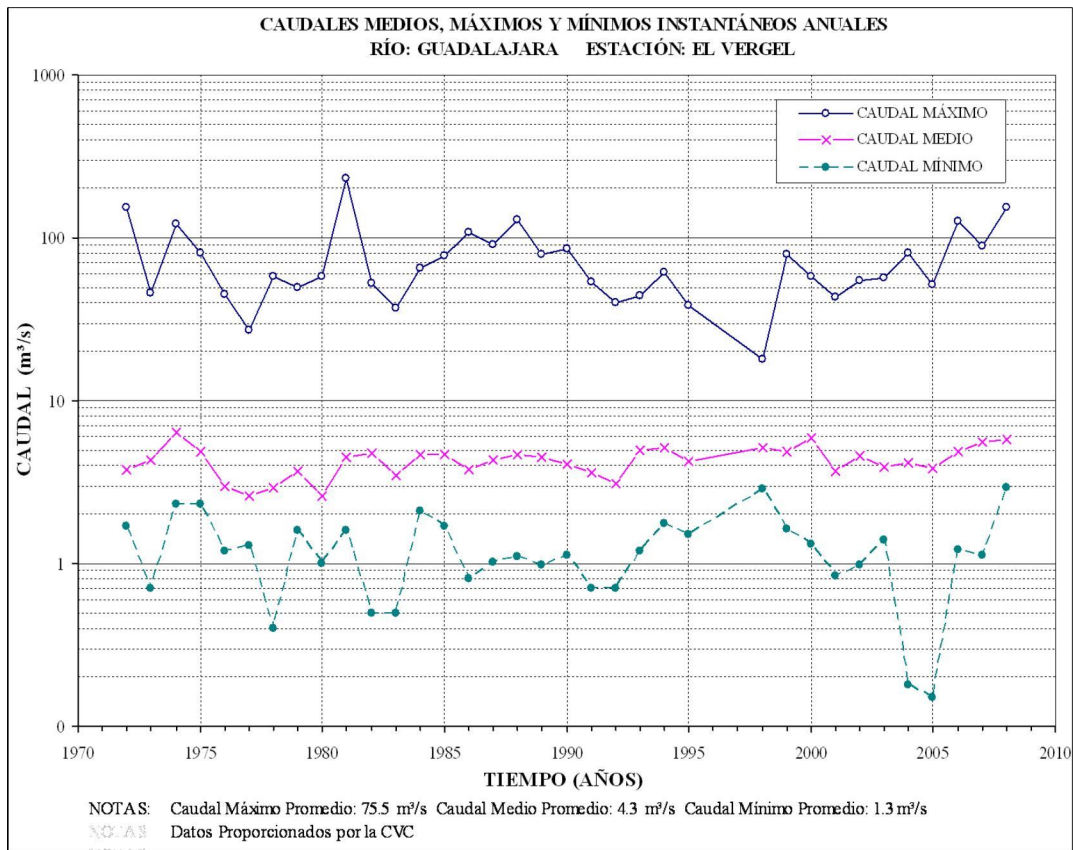


Figura 8.15 Caudales medios multianuales.

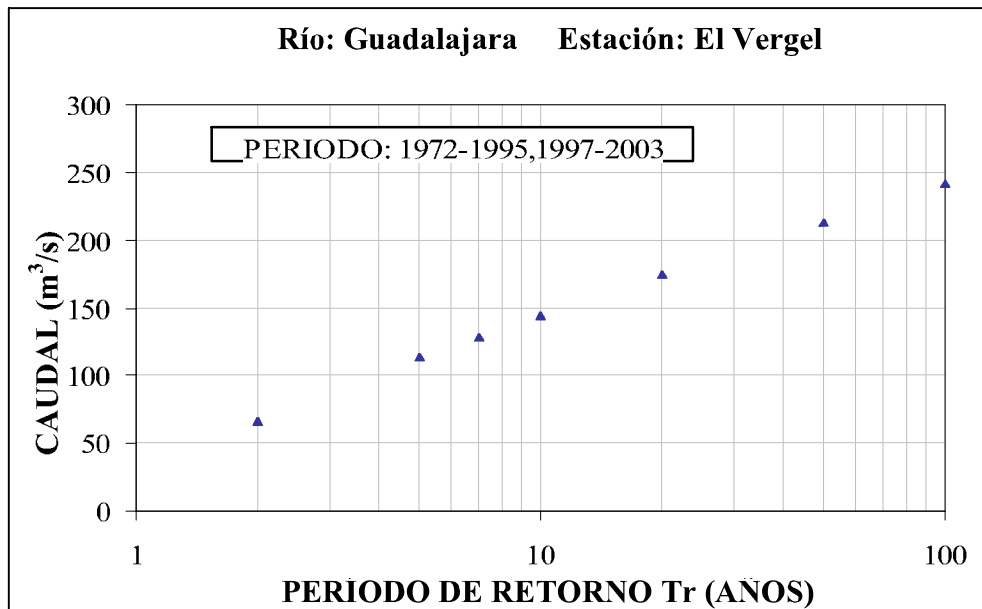
En la Figura 8.16 se registran las curvas de variación anual de caudales máximos y mínimos instantáneos y la curva de variación de caudales medios anuales en la estación El Vergel.



**Figura 8.16** Caudales medios, máximos y mínimos instantáneos anuales.

### 8.3.2.3. Estimación de caudales máximos o de crecientes

Se realizó un análisis de frecuencia de información hidrológica con el fin de relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Para estimar los caudales máximos existen diferentes metodologías. En este análisis se aplicó el método de Gumbel, por cuanto la serie hidrológica de datos del valle geográfico del río Cauca se ajusta mejor a esta distribución (CVC-Eraza A., 1999). Con base en las series de caudales máximos instantáneos anuales se calcularon los caudales extremos en la estación El Vergel para períodos de retorno de 2, 5, 7, 10, 20, 50 y 100 años. Los resultados se presentan en la Figura 8.17 y en la Tabla 8.10.



*Figura 8.17 Análisis de eventos extremos.*

La información perteneciente a los años posteriores a 2003 se está procesando actualmente.

### **8.3.1.1. Curvas de Variación Estacional**

En la Figura 8.18 se presentan las curvas de variación estacional, las cuales se utilizan para obtener información general acerca del comportamiento estacional de los caudales. Su importancia radica en que permite determinar el régimen de distribución de los caudales en función de la probabilidad en que los eventos sean igualados o excedidos. Las curvas de variación estacional se construyeron con base en la información de las curvas de frecuencia, considerando probabilidades del 10%, 50% y 90%.



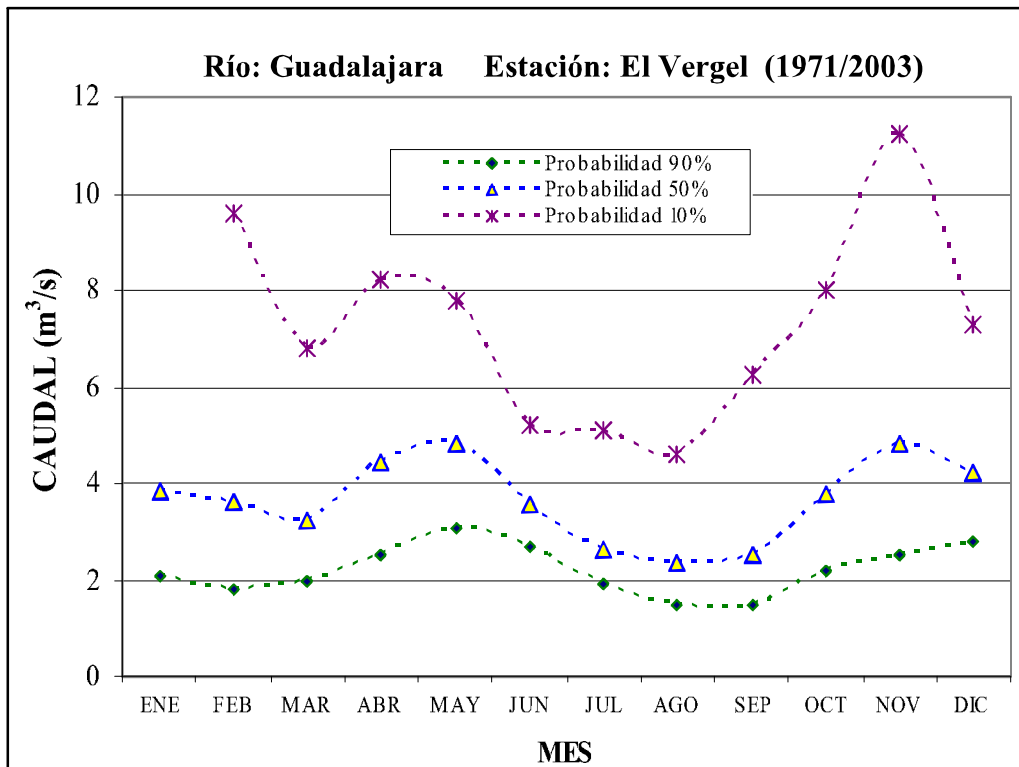


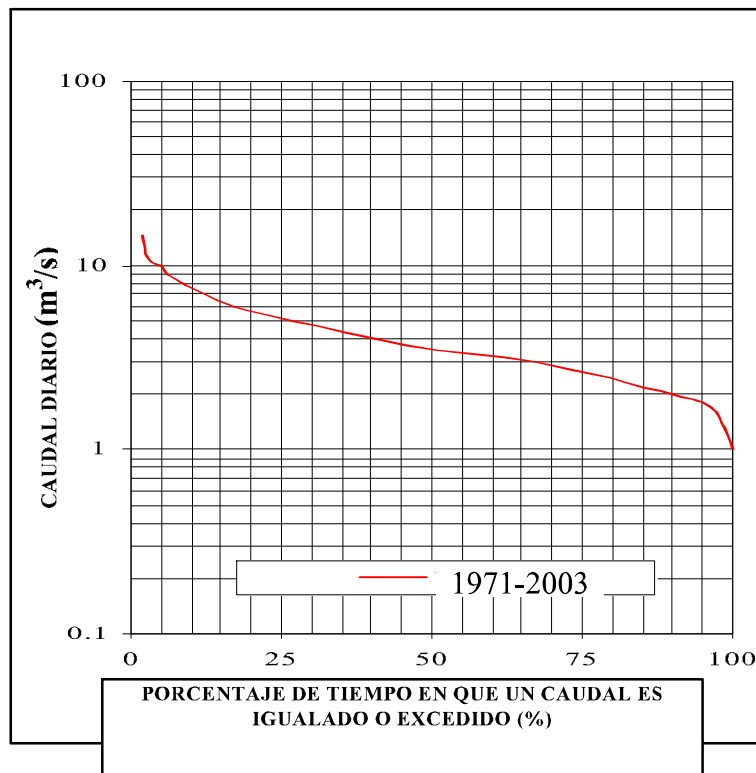
Figura 8.18 Curvas de variación estacional

Las curvas que mejor representan el carácter hidrológico bimodal del río Guadalajara son las curvas de variación estacional de probabilidades del 50% y 90%, presentando dos trimestres de caudales bajos y dos trimestres de caudales altos. En la curva de variación estacional de probabilidad del 10% no se observa tan claramente este comportamiento.

La información perteneciente a los años posteriores a 2003 se está procesando actualmente.

### 8.3.1.2. Curvas de duración de caudales

La evaluación de la disponibilidad de agua en un cauce se representa, generalmente, a través de la curva de duración de caudales. Ésta consiste en un gráfico en el cual se relacionan los caudales medios del río, ordenados por su magnitud, contra la frecuencia de ocurrencia del evento en términos del porcentaje total. Las curvas de duración de caudales indican el número de días del año o período en términos de porcentaje del tiempo en que un determinado caudal es igualado o excedido en magnitud. En la Figura 8.19 se presenta la curva de duración de caudales medios diarios en la estación El Vergel. En la Tabla 8.10 se muestran los valores de los caudales para los porcentajes de tiempo del 10%, 25%, 50%, 75% y 90%.



**Figura 8.19** Curva de duración de caudales diarios en el río Guadalajara en la estación El Vergel.

La información perteneciente a los años posteriores a 2003 se está procesando actualmente.

### ***8.3.1.3. Características hidráulicas y geométricas***

La geometría hidráulica se refiere comúnmente a la sección transversal del cauce y su estudio se basa en las relaciones existentes entre los caudales y los niveles de agua y los diferentes parámetros hidráulicos y geométricos, tales como el área hidráulica, el ancho, la pendiente, la rugosidad y la velocidad del agua.

La información perteneciente a los años posteriores a 2003 no ha suministrada aún. Por lo tanto, se presenta a continuación la información disponible hasta la fecha.

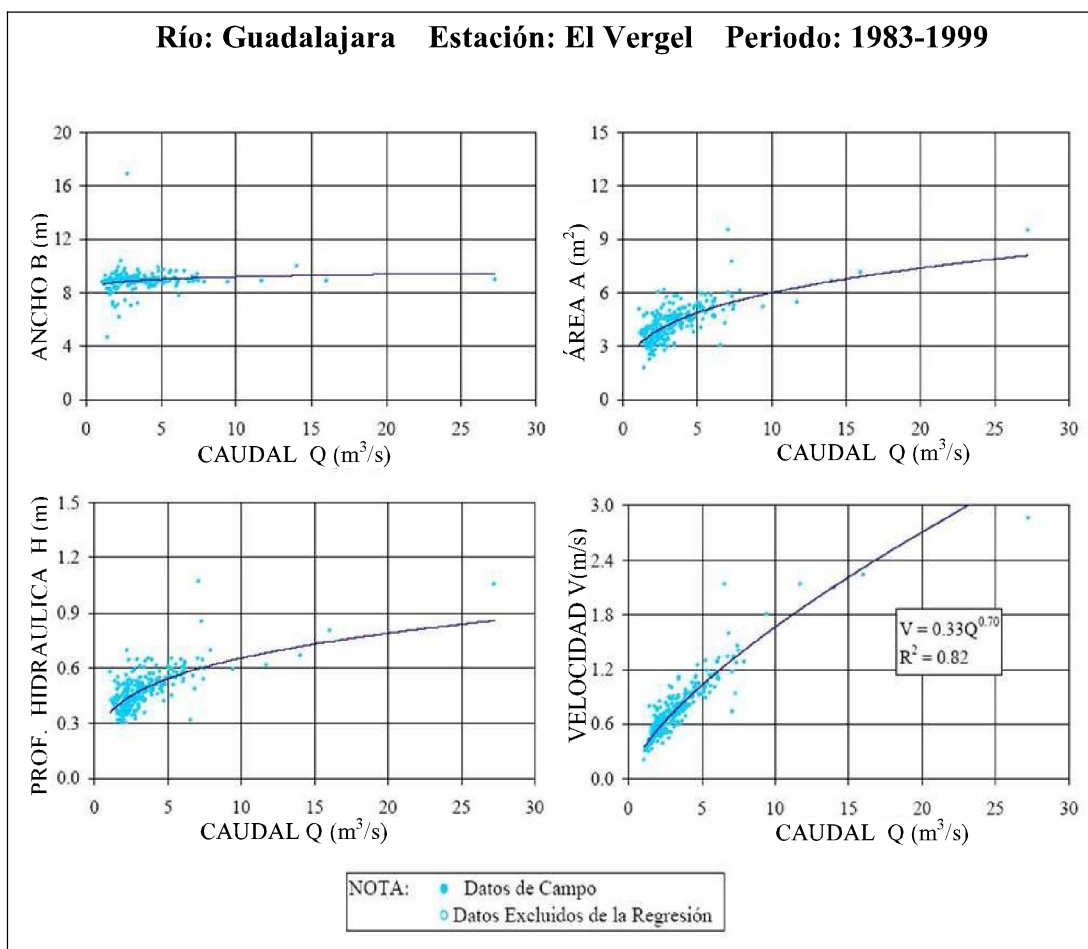
#### **Relación entre los caudales y los parámetros hidráulicos y geométricos**

- **Relación para todo el periodo de registro**

Las relaciones entre los caudales líquidos y los distintos parámetros hidráulicos y geométricos (área, ancho superior, velocidad y rugosidad) se presentan en la Figura 8.20. Se indican en ellas las curvas y las ecuaciones de mejor ajuste con sus respectivos coeficientes de determinación.

Las relaciones entre el caudal y el área, la velocidad del flujo, la profundidad hidráulica presentan coeficientes de determinación aceptables. Por el contrario, la correlación entre el caudal y el ancho superior es bastante pobre.

En la Tabla 8.11 se presentan las características hidráulicas y geométricas calculadas (con base en las ecuaciones de regresión determinadas) para los caudales medios multianuales y para caudales seleccionados dentro del rango de información de campo disponible, es decir, en el rango de validez de las regresiones obtenidas. También se presenta en este cuadro el Número de Froude para cada uno de los caudales utilizados.



**Figura 8.20** Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara.

**Tabla 8.11.** Propiedades hidráulicas y geométricas en el río Guadalajara Estación: El Vergel

PARÁMETROS		CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)					
		3.00	4.00	5.00	10.0	12.00	15.00
Velocidad (m/s)	P. T. <sup>(1)</sup>	0.71	0.87	1.02	1.65	1.58	2.20
	P. A. <sup>(2)</sup>	0.69	0.83	0.95	1.46	1.63	1.88
Área (m <sup>2</sup> )	P. T.	4.21	4.59	4.91	6.05	6.39	6.83
	P. A.	4.34	4.84	5.27	6.85	7.35	8.00
Profundidad Hidráulica (m)	P. T.	0.47	0.51	0.54	0.65	0.68	0.73
	P. A.	0.51	0.55	0.59	0.72	0.76	0.81
Ancho Superior (m)	P. T.	8.90	8.98	9.04	9.23	9.28	9.34
	P. A.	8.50	8.72	8.90	9.47	9.63	9.83
Número de Froude	P. T.	0.33	0.39	0.44	0.65	0.73	0.82
	P. A.	0.31	0.36	0.40	0.55	0.60	0.67

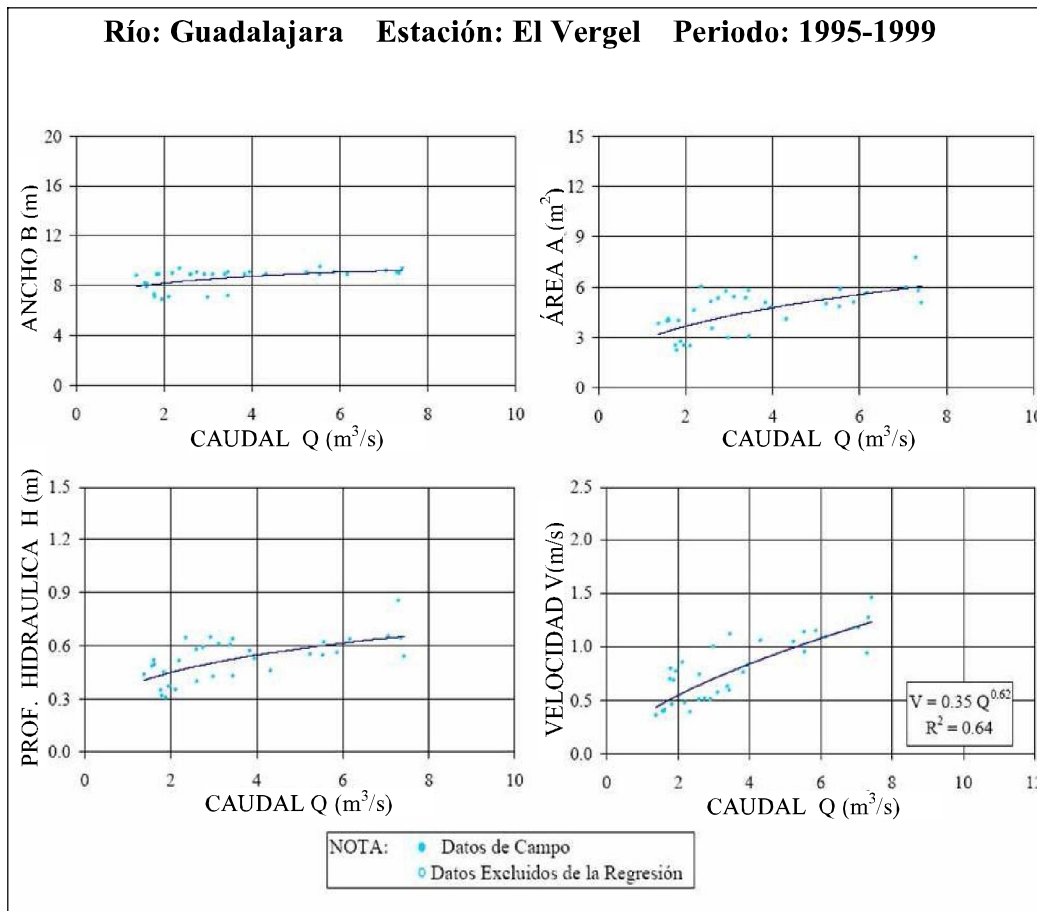
<sup>(1)</sup> P. T.: Período Total de Registros Disponibles (1983 – 1999)

<sup>(2)</sup> P. A: Período 1995-1999

- **Relaciones para el período 1995-1999**

Los ríos son sistemas altamente dinámicos que ajustan su geometría y morfología a las condiciones impuestas por el régimen de caudales líquidos y descarga de sólidos. Se efectuó la caracterización hidráulica y geométrica del río Guadalajara, considerando para ello las relaciones existentes entre los caudales y los distintos parámetros hidráulicos y geométricos en el período 1995-1999 (Figura 8.21) En general, las regresiones presentan correlaciones bastante aceptables, la velocidad de la corriente y el área hidráulica son los parámetros que mejor se correlacionan con el caudal, seguidos por la profundidad hidráulica.

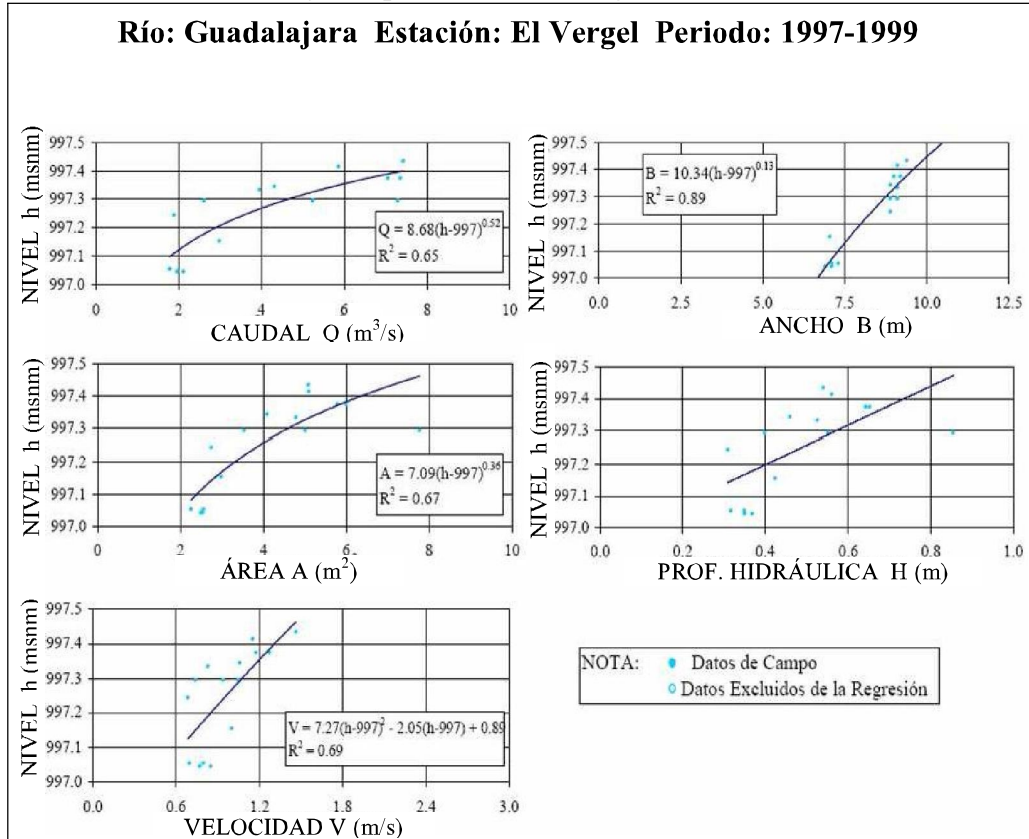
Con base en las ecuaciones obtenidas se calcularon las propiedades hidráulicas para caudales característicos seleccionados dentro del rango de caudales obtenidos en las mediciones de campo (monitoreos regulares de CVC). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8.11.



**Figura 8.21** Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos.

## Relación entre los niveles de agua y los parámetros hidráulicos y geométricos

Las relaciones entre los niveles de agua y los parámetros hidráulicos y geométricos en la estación hidrométrica El Vergel se presentan en la Figura 8.22.



**Figura 8.22** Relaciones entre los niveles de agua y los parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara.

### 8.3.1.4. Secciones transversales del río Guadalajara

Se recopiló la información batimétrica disponible, principalmente las secciones transversales del cauce del río Guadalajara. Estas secciones obtuvieron de dos fuentes: el estudio realizado por el PMC (CVC-Universidad del Valle, 2003) de los ríos tributarios del río Cauca y el estudio ejecutado mediante el contrato con la CVC No. 7080 de 1996 (Estudio, análisis y diseño de las obras que se deben rehabilitar y construir para conservar y estabilizar la infraestructura física de las bocatomas Chambimbal y El Albergue ubicadas en el cauce del río Guadalajara, municipio de Guadalajara de Buga).

- **Secciones Transversales Levantadas por el proyecto PMC (CVC-Universidad del Valle, 2003)**

En la campaña de agosto de 2003 se levantó un total de 22 secciones transversales a lo largo de 4.5 km aguas arriba de la desembocadura del río Guadalajara al río Cauca, pasando

por la zona urbana del municipio. Las gráficas de las 22 secciones transversales levantadas se encuentran como anexo al final del presente informe.

- **Secciones transversales levantadas por el estudio 7080-96**

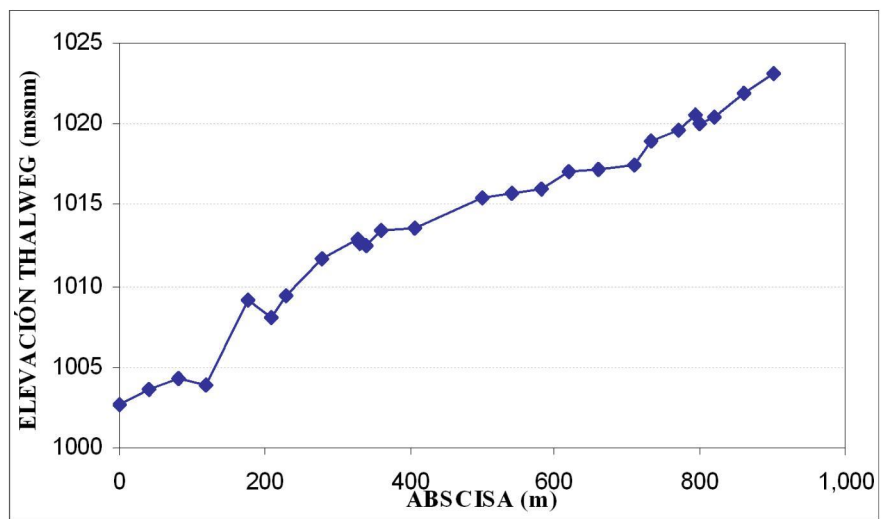
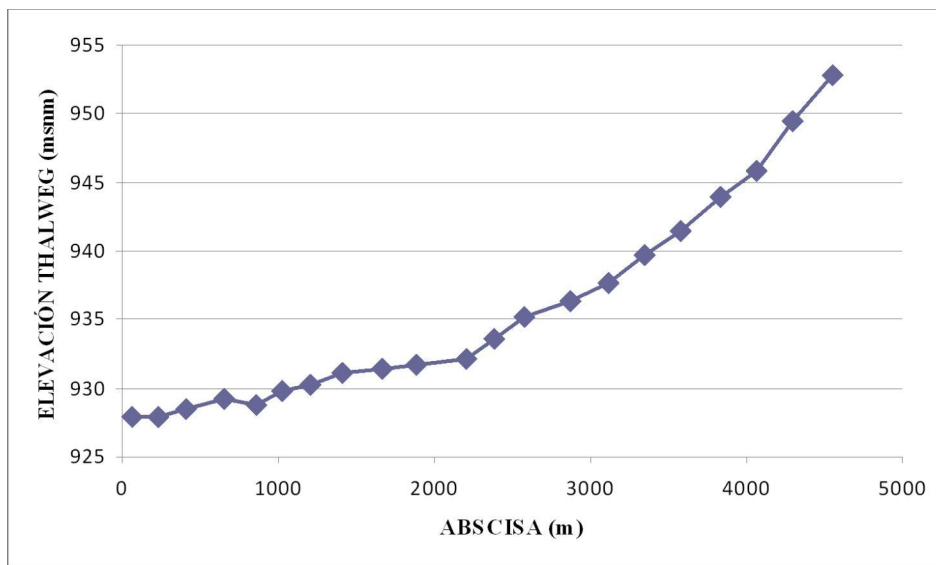
El estudio fue realizado en un tramo del río Guadalajara de aproximadamente 1 km, para el cual se levantaron 26 secciones, desde algunos metros aguas arriba de la bocatoma Chambimbal hasta 940 m aguas abajo de este punto. De acuerdo a las características de cada tramo, el tramo se dividió en cuatro subtramos y se calculó la pendiente para cada uno de ellos.

Las gráficas de las 26 secciones transversales levantadas en este estudio se encuentran como anexo al final del presente informe.

#### ***8.3.1.5. Perfiles longitudinales del río Guadalajara***

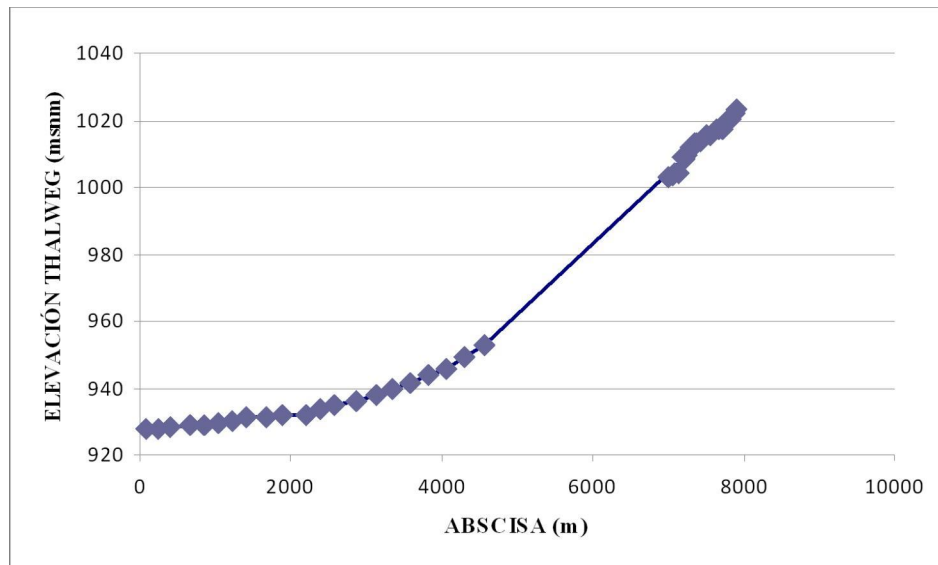
Con base en los dos estudios señalados previamente, se obtuvieron los perfiles longitudinales de los tramos del río Guadalajara.

Las secciones levantadas por el PMC se abscisaron en orden descendente desde la primera sección (ubicada a aproximadamente 4.5 km aguas arriba de la desembocadura del río Guadalajara en el río Cauca) hasta la última sección (ubicada 70 m aguas arriba de su desembocadura en el río Cauca). La primera sección está ubicada en la zona urbana del municipio, a unos 500 m aguas arriba del puente de la vía Panamericana (ver perfil de Thalweg en la Figura 8.23). Por otra parte, el estudio realizado en 1997 abscisó las secciones levantadas en orden ascendente, desde la primera sección (ubicada en la bocatoma Chambimbal) hasta la última sección ubicada a aproximadamente 900 m aguas debajo de dicha bocatoma. La primera sección levantada por el PMC y la última sección levantada por el estudio realizado en 1997 están separadas alrededor de 2.5 km. En la Figura 8.25 se presenta el perfil de Thalweg incluyendo la información batimétrica disponible en los dos últimos estudios pese a la distancia significativa que los separa.



**Figura 8.24** Perfil longitudinal del río Guadalajara con base en las secciones levantadas 1997  
(Fuente: CVC, 1997)





**Figura 8.25** Perfil longitudinal del río Guadalajara  
(Fuente: CVC, 1997 y CVC-Universidad del Valle, 2003)

### 8.3.1.6. Pendiente promedio del río Guadalajara

#### *Longitud del cauce*

La longitud del cauce corresponde a la longitud del eje del cauce principal y se obtiene al sumar los arcos en las curvas y los tramos rectos que componen el cauce principal. La longitud del cauce influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos y puede obtenerse a partir de los mapas rasterizados de la red de drenaje. La longitud del cauce principal del río Guadalajara en la zona de estudio es 10.673 km.

#### *Pendiente media del cauce principal*

La pendiente media del cauce principal se puede estimar mediante distintos métodos; entre los métodos más comunes se tienen: (i) Método de las elevaciones extremas y (ii) Método de Taylor-Schwarz.

- *Método de las elevaciones extremas*: En este método se determina el desnivel  $\Delta H$  entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio dividido entre la longitud  $L$  del mismo cauce, así:

$$S = \frac{\Delta H}{L_c}$$

Donde:

$\Delta H$  = Diferencia de elevación entre las cotas extremas del cauce principal.

$L_c$  = Longitud del cauce principal.

- *Método de Taylor - Schwarz*: Para este método se adopta la formulación expuesta en el método de las elevaciones extremas pero se divide el cauce en  $m$  canales de pendiente uniforme y longitud  $dx$ , en los cuales el tiempo de recorrido del agua es igual al del río. De acuerdo con las anteriores consideraciones el método resultante es representado con la siguiente expresión:

$$S = \left( \frac{m}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{S_i} \right)^{1/2}} \right)^2$$

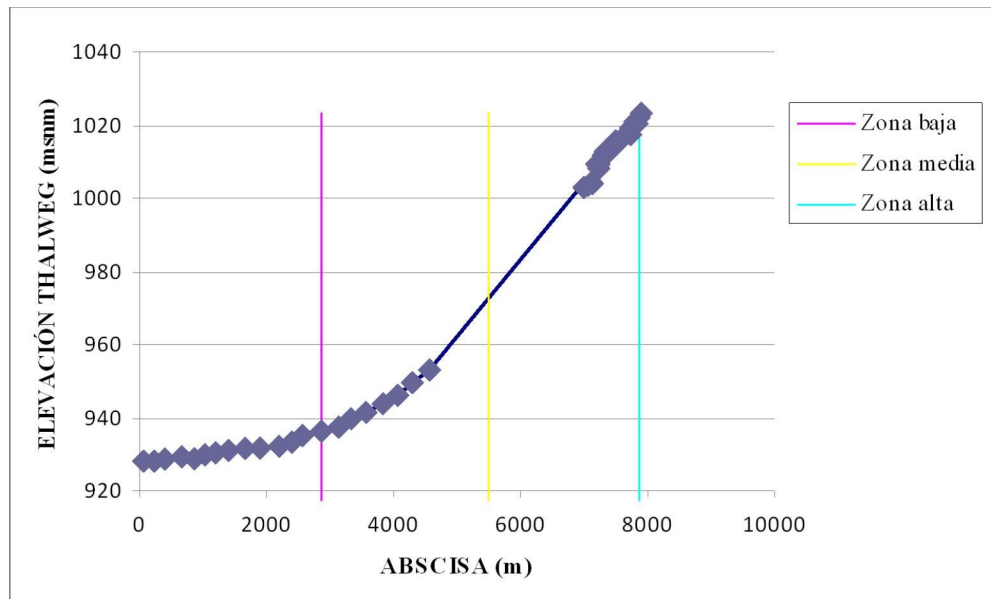
Donde:  
 $m$  = Número de tramos de igual longitud en que se divide el río

$S_i$  = Pendiente en cada uno de los tramos que dividen el río

La pendiente del río Guadalajara es de 1.1% según el método de elevaciones extremas y 0.8% de acuerdo al método de Taylor- Schwarz.

Según Jarrett (1990) los ríos que presentan una pendiente mayor del 0.2% en la mayoría de su trazado se denominan como ríos de montaña. Para el caso del río Guadalajara la pendiente media es aproximadamente 0.93%, por lo que el río se clasifica como río de montaña.

De acuerdo con las inflexiones o variaciones observadas en la pendiente del cauce principal y la información existente, el río Guadalajara se puede dividir en 3 zonas o tramos: (i) Zona alta, desde la primer sección tomada por el estudio de 1997 del río en la cota 1017.16 msnm hasta la cota 972.646 msnm y con una pendiente media del 1.9%; (ii) Zona media, comprendida entre las cotas 972.646 msnm y 936.36 msnm y con una pendiente media del 1.4%; y, (iii) Zona baja, localizada entre las cotas de 936.36 msnm y 927.92 msnm y con una pendiente media del 0.3%. En la Figura 8.26 se muestra el perfil longitudinal del río Guadalajara dividido por zonas para el cálculo de la pendiente.



**Figura 8.26** Perfil longitudinal del río Guadalajara en la zona de estudio dividido por zonas para el cálculo de la pendiente

(Fuente: CVC, 1997 y CVC-Universidad del Valle, 2003)

### 8.3.1.7. Rugosidad

Los ríos de montaña presentan diferencias importantes con respecto a los ríos aluviales o de llanura debido a las distintas condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas, hidráulicas, sedimentológicas y geomorfológicas. Los ríos de montaña se caracterizan por la alta pendiente de su cauce, sedimentos de mayor tamaño (gravas, guijarros, cantos y bolos) que causan una mayor resistencia al flujo, flujos altamente turbulentos con velocidades relativamente altas y profundidades pequeñas; además, presentan una morfología variable espacialmente y reducida temporalmente excepto cuando son intervenidos (extracción intensiva de materiales del lecho, por ejemplo) y al producirse eventos extremos.

Hasta hace unas cuantas décadas, los ríos de llanura (constituidos principalmente de arenas de diferentes tamaños) han sido objeto principal de estudio de la hidráulica fluvial debido a que los asentamientos humanos han estado ubicados en su mayoría en los valles aluviales. Aproximadamente desde la década de 1980 se incrementaron los estudios e investigaciones sobre el comportamiento hidráulico, sedimentológico y geomorfológico de los ríos de montaña. Estos estudios han mostrado que las relaciones hidráulicas (rugosidad, velocidad, etc.) y de transporte de sedimentos utilizadas regularmente para definir el comportamiento de ríos de llanura conducen a errores al emplearse para describir el comportamiento de los ríos de montaña (López, 2005).

Estimar la resistencia al flujo es fundamental para analizar el comportamiento hidráulico de los ríos de montaña. La rugosidad del lecho representa la resistencia al flujo ejercida por las partículas que conforman el lecho y las bancas del canal y por las formas de fondo y demás

irregularidades que actúan como obstáculos al flujo de agua. Para incluir este mecanismo de disipación de energía en las ecuaciones que describen el flujo de agua en canales se han desarrollado diferentes expresiones que involucran la geometría del canal, el material del lecho, etc., cada una con ventajas y limitaciones dependiendo de las condiciones para las cuales se desee aplicar. López (2005) ha recopilado cerca de 70 expresiones que permiten calcular el coeficiente de rugosidad en cauces de montaña con lechos conformados por materiales gruesos como gravas y cantos.

Para estimar la rugosidad del cauce del río Guadalajara en el tramo de estudio, se evaluaron 14 expresiones que, en principio, se ajustan a las condiciones del río en relación a la pendiente del fondo, la granulometría y la geometría del cauce. Estas son las formulaciones propuestas por Limerinos (1970), Griffiths (1981), Ugarte & Méndez (1997), Knighton (1998), Samora (1993), Grant (1997), Charlton (1978), Golubtsov (1969), Riggs (1976), Williams (1978), Jarret (1984), Meunier (1989), Dingman & Sharma (1997), Bjerklie (2003) y López & Barragán (2004). Estas ecuaciones están en función del radio hidráulico, el área, la pendiente y los diámetros característicos del material del lecho, como del  $d_{50}$ ,  $d_{84}$  y  $d_{90}$ . Las expresiones se aplicaron para diferentes valores de caudal, incluyendo el máximo caudal medido obtenido en la curva de calibración y el caudal correspondiente al periodo de retorno de 100 años. Para la obtención de los parámetros geométricos de la sección transversal del río Guadalajara en la estación El Vergel para el caudal de 100 años, fue necesario graficar la sección y determinar mediante el método gráfico de extrapolación en la curva de calibración el nivel de agua alcanzado para dicho caudal. Después se midió el área, el ancho y el perímetro mojado, y posteriormente se calculó el radio hidráulico.

Sin embargo, las formulaciones de Limerinos, Griffiths, Ugarte & Méndez, Knighton, Samora, Grant y Charlton arrojaron sistemáticamente valores muy bajos (valores de rugosidad de Manning menores que  $0,026 \text{ s/m}^{1/3}$ ), considerados como no representativos de la rugosidad de un cauce como el río Guadalajara, teniendo en cuenta sus características morfológicas y sedimentológicas (material granulares gruesos de diferentes tamaños). Las demás expresiones dieron como resultados valores de rugosidad de Manning excesivamente altos, excepto la ecuación de Jarret; por esta razón sólo se presenta a continuación la estimación de la rugosidad del cauce empleando esta formulación.

Jarret (1984) empleó registros de variables hidráulicas en 21 ríos de montaña con el propósito fundamental de encontrar una relación con el coeficiente de fricción de Manning,  $n$ , en este tipo de corrientes. Los resultados observados mostraron que  $n$  varía inversamente con la profundidad del flujo y directamente con la pendiente. Mediante técnicas de regresión múltiple Jarret determinó que la relación de mejor ajuste para determinar el coeficiente de fricción de Manning,  $n$ , con base en la pendiente del fondo,  $S$ , y el radio hidráulico,  $R$ , es la siguiente:

$$n = 0,39 S^{0,38} (3,28 R)^{-0,16}$$

Según López (2005), la ecuación es aplicable a canales naturales que tengan materiales de lecho y bancas estables (gravas, cantos y guijarros), sin efectos de remanso, sin transporte

sólido y con mínima presencia de vegetación en las márgenes. Las ecuaciones pueden ser utilizadas para pendientes del lecho entre 0,2% y 4,0%, para radios hidráulicos entre 0,15 m y 2,1 m y para áreas hidráulicas entre 6.33 y 3732 m<sup>2</sup>.

La ecuación de Jarret fue aplicada para la estación El Vergel con los registros de los aforos de la campaña de campo realizada por el PMC (2003). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8.12. La rugosidad de Manning estimada para el caudal correspondiente al periodo de retorno de 100 años (330 m<sup>3</sup>/s) es 0,05 s/m<sup>1/3</sup>.

**Tabla 8.12.** Rugosidad de Manning, coeficiente de Chezy y coeficiente de fricción de Darcy – Weisbach para diferentes valores de caudales en el río Guadalajara (estación El Vergel)

<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>R (m)</b>	<b>n (s/m<sup>1/3</sup>)</b>	<b>f</b>	<b>C (m<sup>1/2</sup>/s)</b>
3	0.44	0.06	0.390	14.186
4	0.48	0.06	0.371	14.539
5	0.51	0.06	0.357	14.821
10	0.61	0.06	0.318	15.713
12	0.63	0.06	0.308	15.950
15	0.67	0.06	0.298	16.242
170	1.92	0.05	0.149	22.918
330	2.35	0.05	0.131	24.447

## **9. GEOTECNIA**

## 9. GEOTECNIA

### 9.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

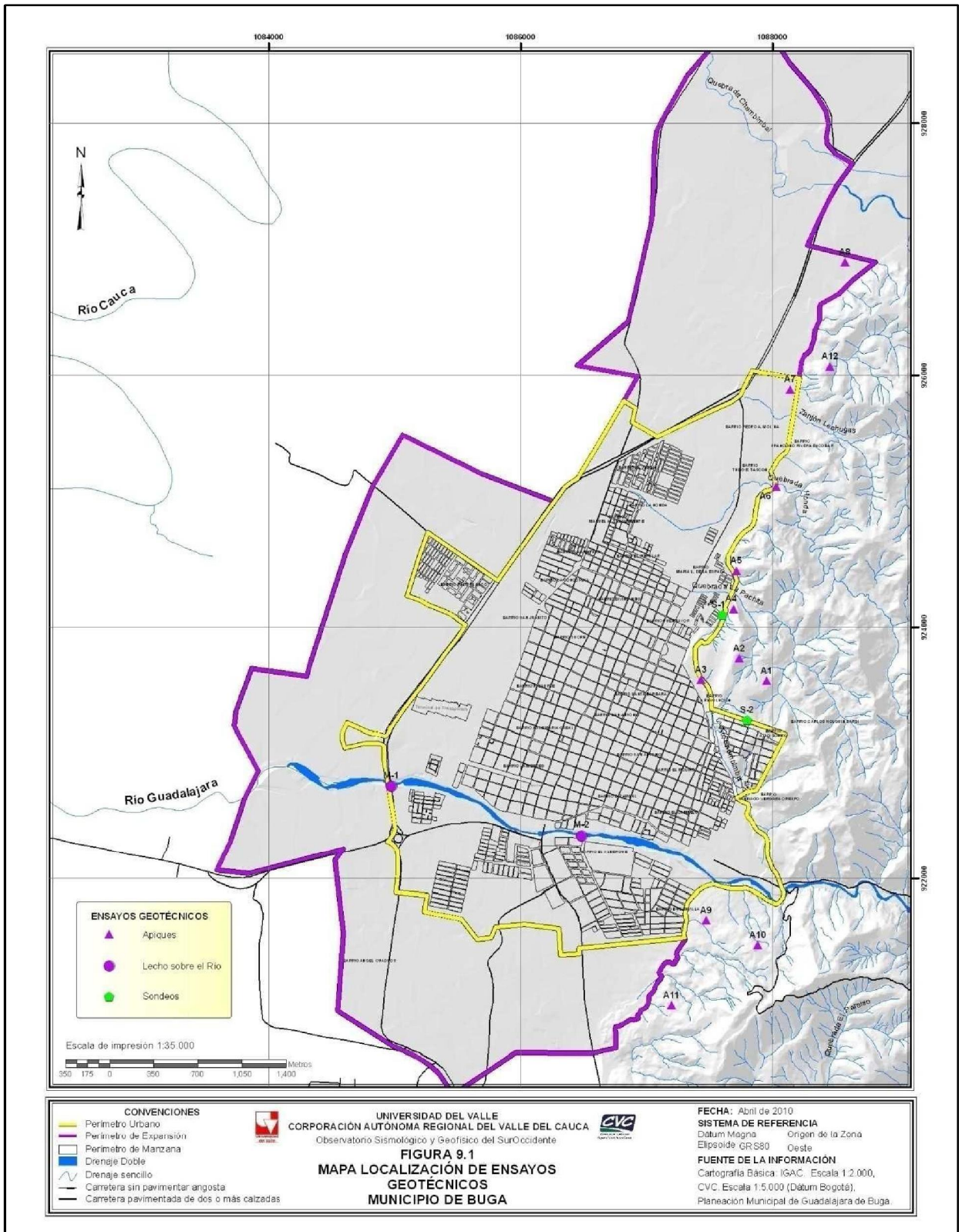
Con el propósito de identificar y caracterizar tanto espacialmente como en profundidad las propiedades geomecánicas del material aflorante y obtener tanto los perfiles estratigráficos como la profundidad del material inestable, se realizó el plan de exploración del subsuelo correspondiente a doce apiques a una profundidad máxima de 2.0 metros, complementadas con tres sondeos mecánicos, los cuales se tenían planeados inicialmente, pero por problemas de acceso en predios privados, solo se ejecutaron dos. Adicional a lo anterior, en forma de apoyo al Grupo de Hidráulica de la Universidad del Valle, se realizaron muestreos en diferentes puntos sobre el lecho del río Guadalajara con el fin definir la distribución de los diferentes tamaños de las partículas del suelo; la ubicación de éstos estuvo ligada a los requerimientos del grupo de estudio.

Con el fin de caracterizar geomecánicamente la zona de estudio, la exploración se realizó por sectores que abarcan la totalidad de la misma, teniendo como base el mapa de unidades geológicas superficiales realizado durante el presente estudio. Se realizaron en total dos perforaciones mecánicas a 6.00 m y 10.00 m de profundidad respectivamente, y se localizaron de tal forma que los resultados fueran representativos del comportamiento del subsuelo. La primera perforación (S-1) se localizó dentro del perímetro urbano en el barrio Palmitas en la parte baja del alto de la Cruz; y la segunda (S-2) en el barrio Alto Bonito en la parte alta del alto de la Cruz.

En la Figura 9.1 se ilustra la ubicación de las perforaciones, apiques y muestreos sobre el lecho del río Guadalajara, mientras que en la Tabla 9.1 se presentan las características de los puntos de exploración: coordenadas, tipo de exploración y profundidad. Los registros fotográficos y descripciones de cada uno de los apiques realizados se incluyen en el Anexo 9.1 “Registro de exploración del subsuelo”.

En las Figuras 9.2 y 9.3 se ilustran los perfiles estratigráficos representativos de los dos sondeos realizados, destacándose los siguientes aspectos:

- En la zona del barrio Palmitas se encontró el nivel freático a los 2.50 m de profundidad, en el perfil estratigráfico de éste sondeo (S-1) (ver Foto 9.1); se puede ver claramente la presencia de arcillas limosas con algunos lentes de gravas; es de importancia resaltar que el material arcilloso se encontró directamente sobre el aluvión.
- En el sondeo del barrio Alto Bonito, se encontró un perfil estratigráfico caracterizado por material limo arcilloso con presencia de gravas de menor tamaño y el nivel freático esta a los 4.00m de profundidad (ver Foto 9.2)

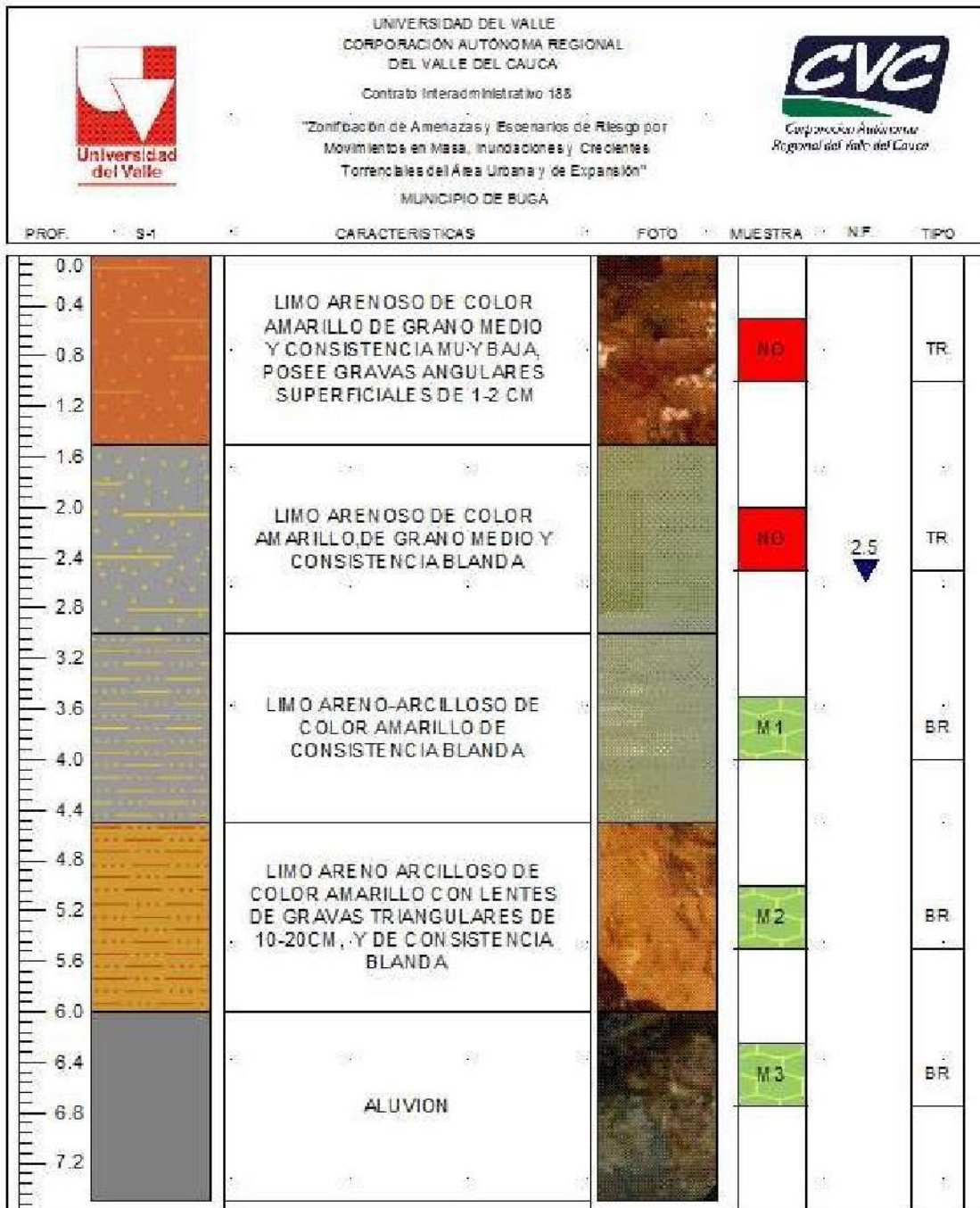


*Figura 9.1. Ubicación de apiques, sondeos mecánicos y muestreos sobre el lecho del río Guadalajara.*



**Tabla 9.1.** Características de los apiques y sondeos mecánicos realizados.

ID	COORDENADAS MAGNA		TIPO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
	NORTE	ESTE			
AP1	923571.72	1087961.249	APIQUE	(0,0-2,20)	No se encontró
AP2	923748.115	1087742.643	APIQUE	(0,0-2,20)	No se encontró
AP3	923580.398	1087439.502	APIQUE	(0,0-2,0)	No se encontró
AP4	924143.296	1087698.931	APIQUE	(0,0-2,3)	No se encontró
AP5	924444.022	1087717.208	APIQUE	(0,0-2,0)	No se encontró
AP6	925117.097	1088034.922	APIQUE	(0,0-1,90)	No se encontró
AP7	925885.356	1088145.275	APIQUE	(0,0-1,90)	No se encontró
AP8	926895.911	1088581.541	APIQUE	(0,0-1,80)	No se encontró
AP9	921668.771	1087479.278	APIQUE	(0,0-2,0)	No se encontró
AP10	921471.25	1087890.465	APIQUE	(0,0-1,90)	No se encontró
AP11	920987.075	1087203.845	APIQUE	(0,0-2,0)	No se encontró
AP12	926066.767	1088460.597	APIQUE	(0,0-2,10)	No se encontró
M1	922731.245	1084975.384	LECHO DE RIO	superficial	-
M2	922336.161	1086488.679	LECHO DE RIO	superficial	-
S-1	924091.94	1087606.794	SONDEO	(0,00-6,00)	6.00
S-2	923250.466	1087803.912	SONDEO	(0,00-10,00)	10.00



*Figura 9.3 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-1.*

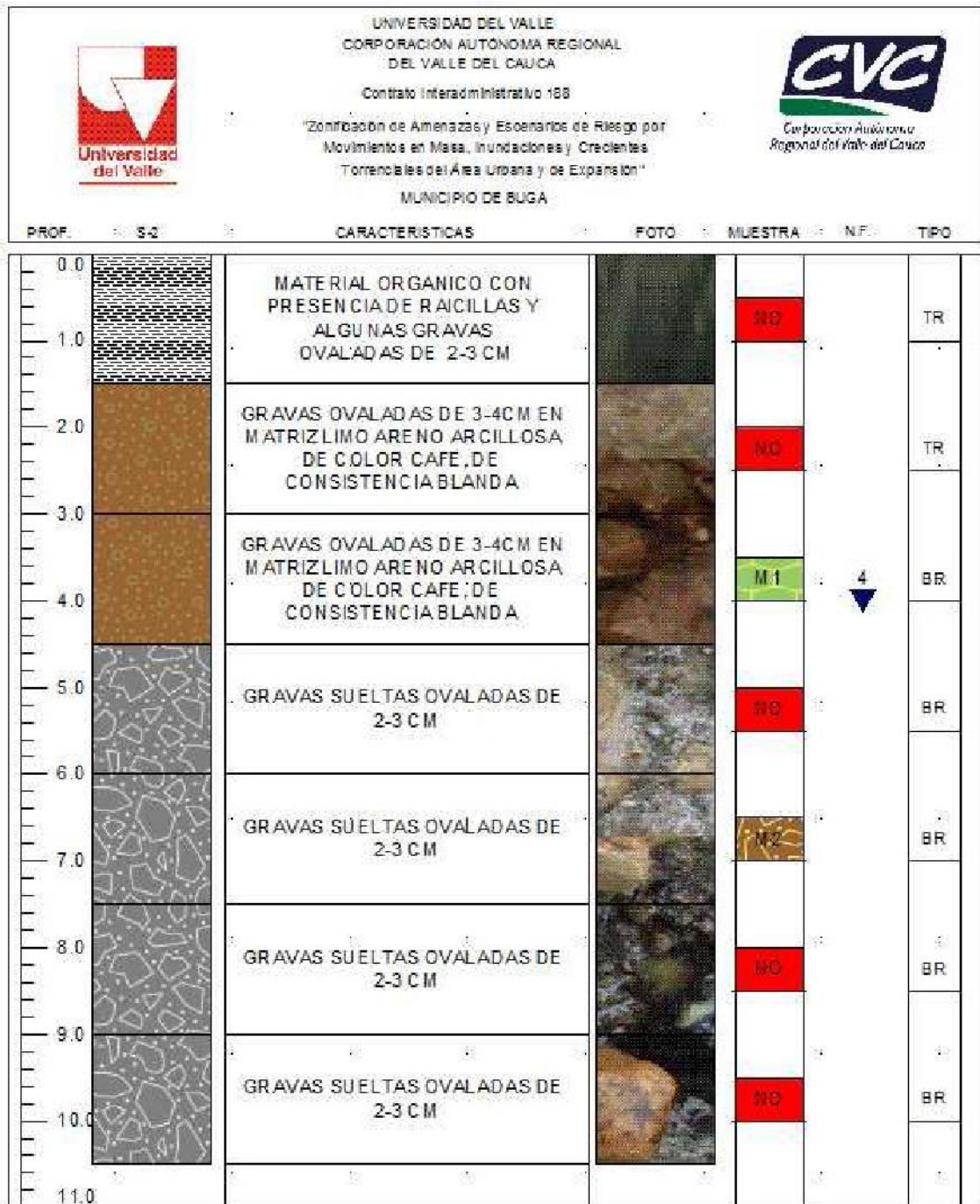


Figura 9.4 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-2.



Foto 9.1 Registro fotográfico S-1.



Foto 9.2 Muestra Típica de material.

A partir del sondeo realizado, se detecta claramente la presencia del abanico aluvial, aunque se destaca la ocurrencia de arcillas limosas intercaladas con capas de gravas correspondientes a depósitos aluviales.

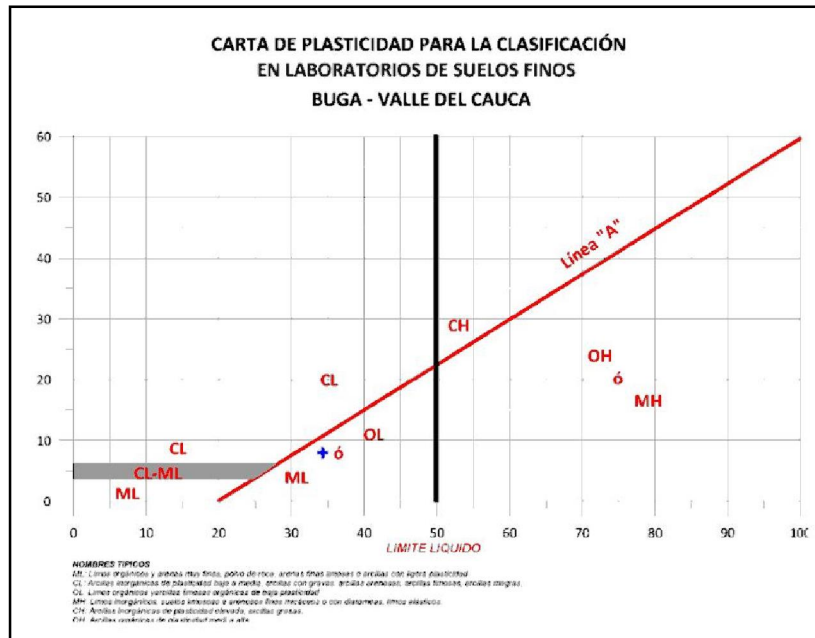
Los diferentes materiales encontrados tanto en los apiques como en las perforaciones serán sometidos a un riguroso plan de ensayos de laboratorio, con el fin de caracterizar las propiedades geomecánicas de los materiales aflorantes en la zona de estudio.

## 9.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el fin de caracterizar las propiedades índices y geomecánicas del material aflorante en la zona de estudio, se realizaron ensayos de clasificación y resistencia sobre las muestras recuperadas durante la fase exploratoria. A continuación presentaremos los resultados obtenidos sobre las diferentes muestras analizadas (ver Anexo 9.2 “Resultados de ensayos de laboratorio”).

### 9.2.1. Ensayos de clasificación

Se realizaron estos ensayos con el fin de caracterizar las propiedades de la fracción fina del material aflorante, dichos ensayos corresponden a los Límites de Atterberg, granulometrías e hidrometrías. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 9.2, mientras que en la Figura 9.4 se ilustra la carta de plasticidad de Casagrande donde se concluye que el material que aflora es de tipo limo arcilloso de plasticidad baja, correspondiente a la unidad geológica superficial de suelo coluvial. Además, a las muestras tomadas del lecho del río Guadalajara, dada su característica de ser un material suelto y de depósito aluvial, se les hicieron ensayos de laboratorio de clasificación, granulometría e hidrometría; y se puede observar que el material es pobremente gradado (Figura 9.5).



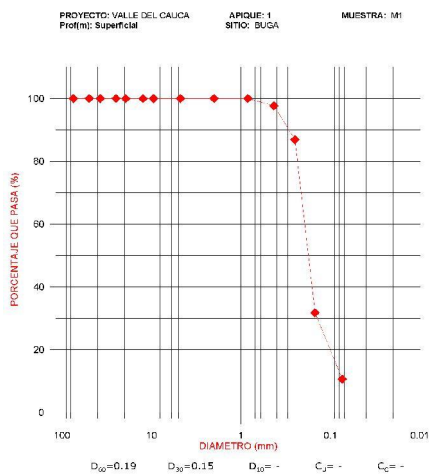
*Figura 9.4 Carta de plasticidad de Casagrande.*

**Tabla 9.2** Resultado de ensayo de clasificación.

ID	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD WN (%)	Límites de Att.			Clasifc. USCS	GRANULOMETRIA			
			LL %	LP %	IP %		G(%)	A(%)	F(%)	Cu
AP 10	0.00 – 1.80	21.9	34.3	26.3	8.0	M L	-	-	-	-
AP 4	0.00 - -2.20	6.00	-	-	-	-	19.50	72.3	7.3	7.5

# MUESTREO No1

## ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

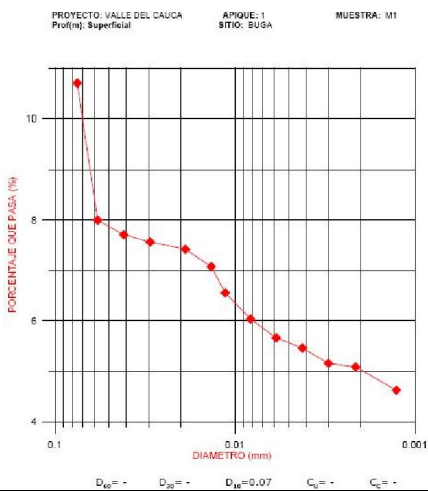


Coordenadas: N: 922430  
 E: 1085360

Relaciones granulométricas:  
 $D_{60}=0.19$  ;  $D_{30}=0.15$  ;  $D_{10}=0.07$   
 $C_u=2.7$  ;  $C_c=1.7$

Descripción: Arena gris oscura, de grano fino.

## ENSAYO DE HIDROMETRÍA



**Figura 9.5** Curvas de granulometría e hidrometría, y características muestreo No1 río Guadalajara.

### 9.3. ENSAYOS DE RESISTENCIA

#### 9.3.1. Ensayos Triaxiales consolidados no drenados (CU)

Mediante esta prueba, se pretende determinar los parámetros de resistencia de Mohr-Colulomb, en términos de esfuerzos efectivos. Para tal fin, las pruebas realizadas fueron consolidando a la muestra a presiones similares a las existentes en el terreno y posteriormente, llevándolas a la falla en condición no drenada.

Como se mencionó en el apartado anterior, las muestras se tomaron en diferentes unidades superficiales con el fin de abarcar la totalidad de la zona de estudio, en la Figura 9.6 se presenta la curvas esfuerzo-deformación característica de la unidad superficial “suelos coluviales” mientras que en la Figura 9.7 se presenta la misma curva para la unidad de “suelo residual formación La Paila”. De las curvas se puede deducir que el material tiene un comportamiento dúctil.

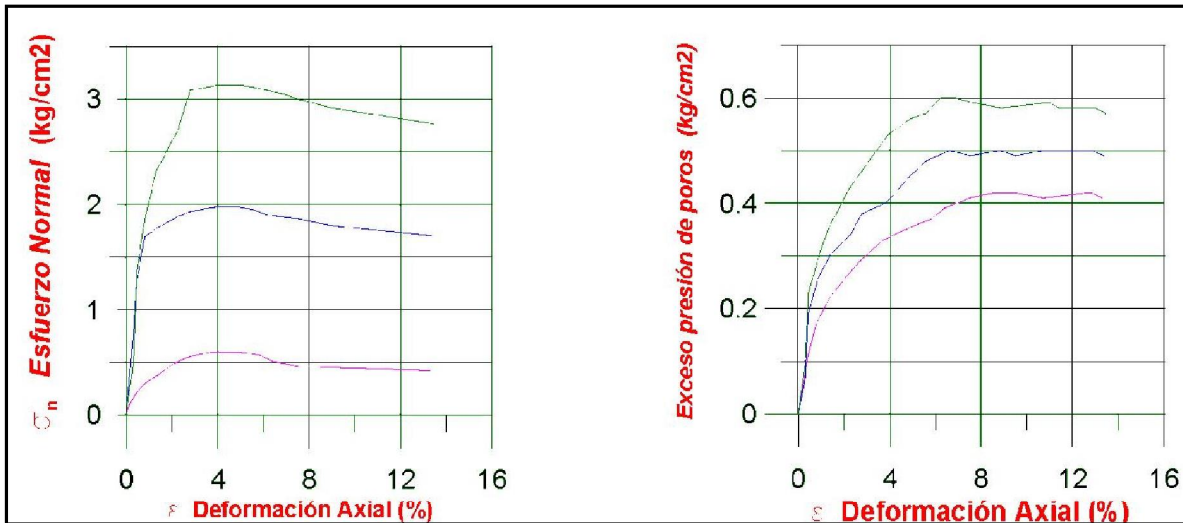


Figura 9.6 Curvas esfuerzo - deformación AP9 (unidad superficial suelos coluviales).

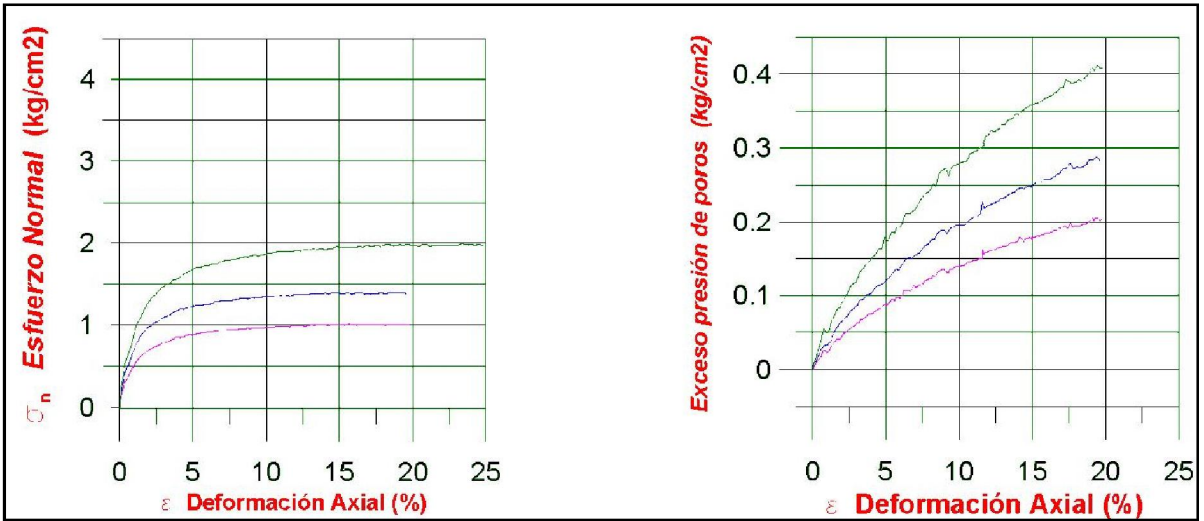


Figura 9.7 Curvas esfuerzo – deformación AP11 (unidad superficial suelo residual formación La Paila).

Las envolventes de resistencia se presentan en las Figuras 9.8 y 9.9 donde se aprecian valores muy bajos de los parámetros de resistencia del suelo; y en general esto también se puede considerar observando los resultados que se presentan en la Tabla 9.3.

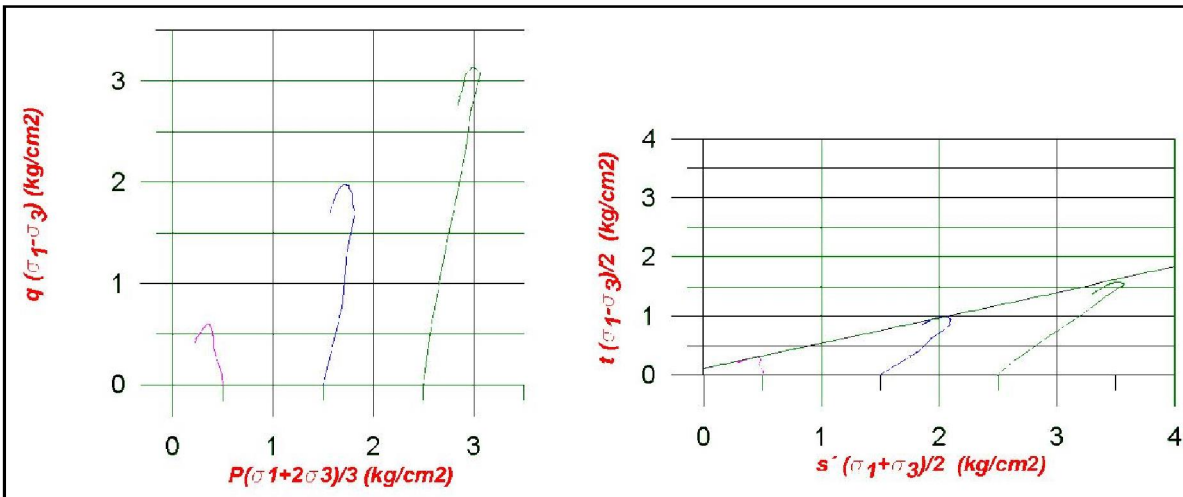


Figura 9.8 Envolvente de falla AP9 (unidad superficial suelos coluviales).



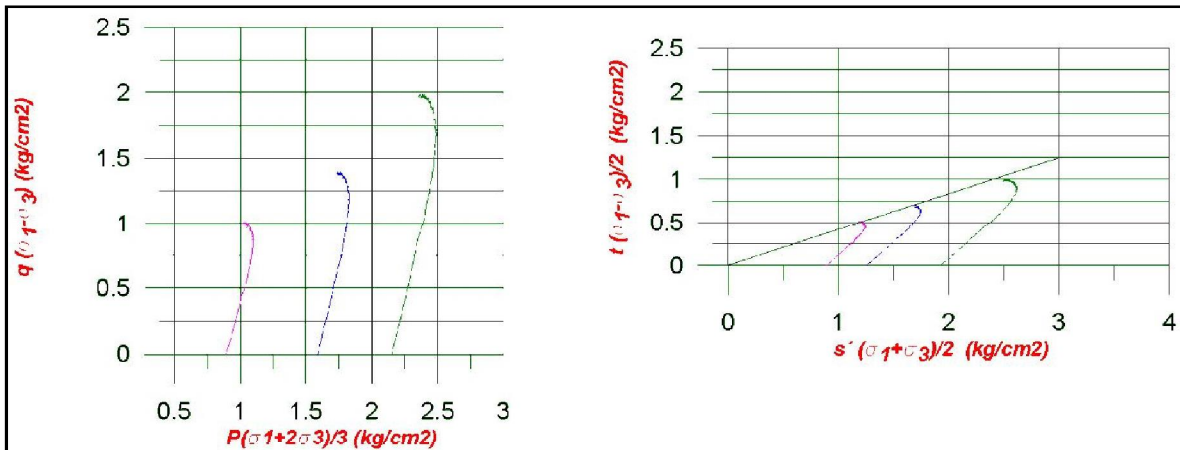


Figura 9.9 Envolvente de falla AP11 (unidad superficial suelo residual formación La Paila).

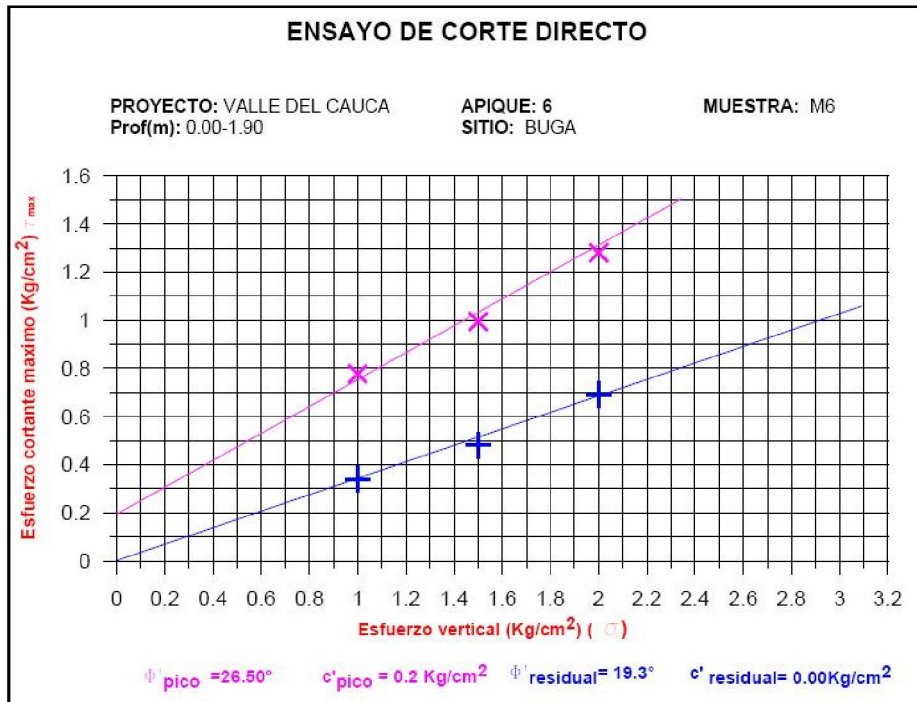
Tabla 9.3. Resultados de ensayos triaxiales.

ID	PROF. (m)	$\phi$ (°)	$C'$ (kg/cm <sup>2</sup> )
AP2	(0.00-2.00)	21.8	0.30
AP3	(0.00-1.90)	29.5	0.40
AP5	(0.00-2.00)	18.9	0.60
AP9	(0.00-2.10)	21.8	0.20
AP11	(0.00-2.00)	21.8	0.00
AP12	(0.00-2.10)	23.4	0.20
S-1	(3.00-4.50)	21.8	0.90

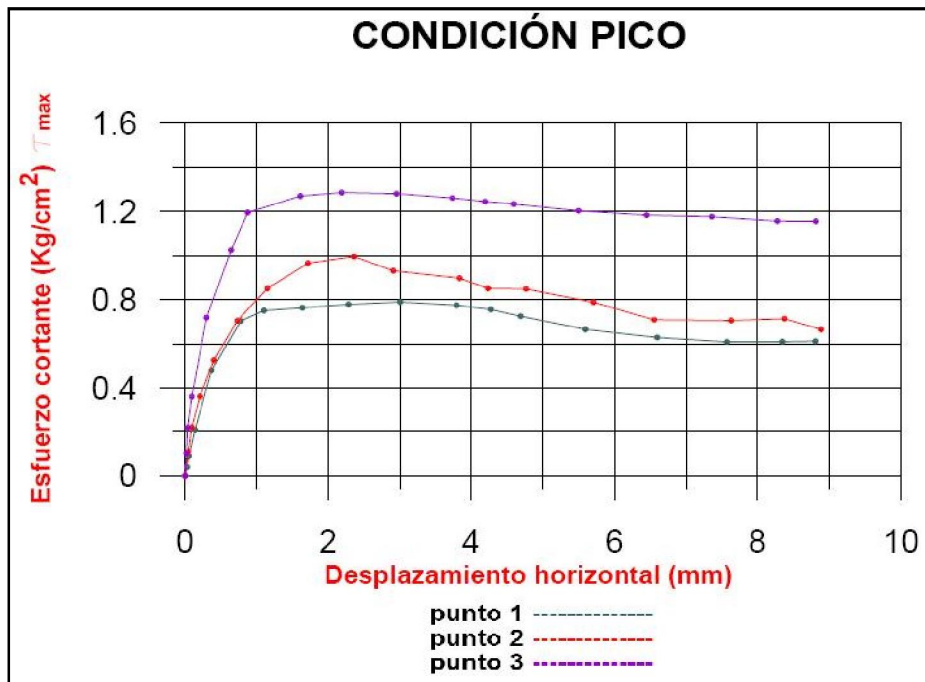
### 9.3.2. Ensayos de Corte Directo

Con el fin de complementar la obtención de los parámetros de resistencia del material aflorante en la zona, se realizaron ensayos de corte directo para condición consolidada drenada. En la Figura 9.10 se ilustra la envolvente de falla Mohr-Coulomb típica de las muestras ensayadas, y además en la Figura 9.11 la curva esfuerzo deformación para la misma en condición pico, en donde se puede apreciar que el suelo tiene un comportamiento dúctil.

En la Tabla 9.4 se presentan los parámetros de resistencia del suelo obtenidos tanto en condición pico como residual.



*Figura 9.10* Envolvente de falla Mohr-Coulomb AP6.



*Figura 9.11* Curva esfuerzo deformación en condición pico AP6.

**Tabla 9.4.** Resultados de ensayos de corte directo.

ID	Condición Pico		Condición Residual	
	$\phi$ (°)	$c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )
AP1	37.00	0.08	32.30	0.00
AP6	26.50	0.20	19.30	0.00
AP7	32.60	0.15	19.50	0.00

Finalmente, se menciona el hecho de que los parámetros de resistencia obtenidos en esta sección, así como los resultados de los ensayos de infiltración serán utilizados en el modelo geológico-geotécnico, que es la base para los posteriores análisis de estabilidad.

## **10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **10.1. CONCLUSIONES**

Con base en los documentos consultados, sobre todo los informes técnicos elaborados por el Grupo de Infraestructura de la CVC, el Municipio se encuentra expuesto a inundaciones y deslizamientos, dada la localización de éste en el abanico aluvial del río Guadalajara, lo cual se constituye en una de las causas principales de los eventos que se registran históricamente en la zona al estar urbanizados ambos márgenes del río.

Esta situación se ve agravada en época invernal, donde las altas precipitaciones, durante los meses de febrero a abril y de octubre a diciembre ocasiona el aumento de los caudales de los afluentes, tanto del río Guadalajara y las quebradas que recorren la cabecera municipal, siendo La Honda, La Pachita, sumado a esto las acequias se ven expuestas al mismo fenómeno, ocasionando la saturación o colapso que produce dichas inundación, en los barrios previamente identificados. Precisamente los barrios aledaños al río son los más afectados con el desbordamiento del mismo en temporada invernal, lo cual es agravado por los usos inadecuados del suelo por parte de los habitantes de las riberas del río, quienes arrojan basuras a las acequias y ríos.

La deforestación es otra causa de los desbordamientos del río e inundaciones de los sectores aledaños a las quebradas y acequias, al destinar los suelos a la ganadería, los habitantes de estos sectores están contribuyendo a erosionar los suelos, lo cual los convierte en una de las principales causas de los desastres durante las olas invernales.

Tal vez un buen camino para cambiar este panorama cada vez que se presenta el invierno, sería, además de llevar a cabo las obras de mitigación, elaborar planes ambientales encaminados a concientizar a la gente sobre las consecuencias de sus actos y cómo esto altera el espacio que habitan y lo hace más vulnerable a las inundaciones y erosiones. Es importante que entidades como la CVC, sigan realizando planes de manejo ambiental y uso del suelo que permita que estos problemas se puedan solucionar; otra labor importante es la desempeñada por el CLOPAD, que junto a la CVC, debe trabajar conjuntamente para llevar a cabo obras encaminadas a prevenir desastres, un ejemplo de ello es la falta de alcantarillado pluvial en el Municipio, que provoca inundaciones por colmatación

Por último, debemos hacer la salvedad con respecto a la falta de información sobre los años que van del 2004 al 2007 sobre el municipio de Buga, debido a la falta de colaboración por parte del Coordinador del CLOPAD, quien se comprometió a enviarla a nuestro e-mail, después de varias visitas infructuosas, y cuyo envío no se concretó. Esta falencia, esperamos que no sea un obstáculo en lo referente al estudio, pues consideramos que pudimos plantear a grandes rasgos los principales eventos registrados y sus consecuencias para la población.

La zona con mayores rasgos de inestabilidad del terreno, que puede afectar el casco urbano de Guadalajara de Buga y sus zona de expansión, corresponde a las laderas del frente montañoso, entre el sector del barrio las Ferias y el Batallón Palacé. El barrio Alto Bonito, por su historia de deslizamientos, reptación de las laderas, y características topográficas; pendiente alta y poca consolidación del material aluvial y suelo que lo conforma, se puede considerar como una zona de *inestabilidad latente*.

Las quebradas La Pachita, Varelas y Chambimbal, localizadas sobre el frente montañoso al noreste del barrio las Ferias, presentan conos aluviales difusos en cuanto a su extensión, pero indican la posibilidad de que estas corrientes de agua puedan eventualmente producir avenidas torrenciales de corrientes de agua cargadas con sólidos en suspensión de variado tamaño, pero principalmente lodos de acuerdo a la estratigrafía de la geoforma. La erosión activa y los pequeños deslizamientos, presentes en casi todas las cabeceras de estas quebradas y sus afluentes, y que afectan los suelos residuales de la formación La Paila, suministran el material propicio para que estos fenómenos potencialmente puedan ocurrir aguas abajo.

## **10.2. RECOMENDACIONES**

Evaluar mediante estudios geotécnicos apropiados, la estabilidad del Barrio Alto Bonito, en particular el sustrato aluvial antiguo que lo sustenta.

De igual manera se debe realizar un estudio de control de erosión, en las laderas situadas entre el barrio La Feria y el sector del polideportivo La Bombonera, en el sector del denominado “Lomo”, la cual podría eventualmente afectar la acequia Chambimbal.

Evaluar, la incidencia de la erosión y los movimientos de remoción en masa, y en general la inestabilidad potencial de la cuenca media y alta del río Guadalajara, como posible factor de avalanchas, flujos o avenidas torrenciales, y su posible aporte de detritos finos y gruesos a la dinámica del río, que pueda llegar a afectar el casco urbano de la ciudad.

## **11. BIBLIOGRAFIA**

## **11. BIBLIOGRAFÍA**

### **Geología**

ALCALDÍA DE BUGA. Plan de Ordenamiento Territorial de Buga. 2000.

ARANGO; Juan Guillermo. Proceso de Inestabilidad por Explanación. Urbanización La Palma. Municipio de Buga. SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL, GRUPO DE INFRAESTRUCTURA. CVC. Santiago de Cali. 2001.

CVC. Estudio de inestabilidad geológica CRUCE-BAR. Santiago de Cali. 2004.

CVC Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES. Sistema de Información Geográfica de la Unidad de Manejo de Cuenca Guadalajara de Buga – San Pedro. Guadalajara de Buga. 2001.

CVC Y UNIVERSIDAD DEL VALLE. Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca Hidrográfica del Río Guadalajara. Guadalajara de Buga. 2003. 31 pág.

CVC. Hidrogeología del Valle del río Cauca entre Buga y Cartago. Departamento de Aguas, Sección de Aguas Subterráneas. 1977. pág. 48-66.

CVC. SOS por el Valle del Cauca. Síntesis Ambiental Urbana, Municipio de Buga. Santiago de Cali. 2008.

GARCÍA, López. Manuel. Problemas de inestabilidad de laderas en zonas urbanas. Seminario Sobre construcciones en ladera – Cali, octubre de 1997.

GUZMAN; Freide. Informe técnico Evolución del deslizamiento de Puente Negro. CVC. Santiago de Cali. 1993.

HIDROINGENIERÍA. Proyecto de obras de mitigación para fijación de orilla de control de erosión y protección general de las márgenes contiguas en puentes de la doble calzada sobre el río Guadalajara de Buga.

INGEOMINAS. Mapa geológico del Valle del Cauca. Memorias del Valle del Cauca. 2001.

SLOPE STABILITY. Department of the army . U.S. Army Corps of engineers. Washington DC. 20314-1000. Manual N° 1110-2 1902. 31 october.

SPADEA, P; ESPINOSA, A Y ORREGO, A. High-Mg extrusive rocks from the Romeral zone ophilites in southwestern Colombian Andes. Chemical Geology, 77. 1984. p. 303 - 321.

SUAREZ, VARGAS; Jhon Harold (Alcalde). Documento de diagnostico para el Plan de Desarrollo Municipal de Buga. Guadalajara de Buga. 2004.



TORRES BAQUERO; José Francisco. Informe técnico Proceso de Inestabilidad en el Barrio Alto Bonito – Buga. SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL, GRUPO DE INFRAESTRUCTURA. CVC. Santiago de Cali. 2001.

TORRES BAQUERO; José Francisco. Informe técnico Erosión Marginal parque Recreacional El Vergel, Río Guadalajara de Buga. Municipio de Buga. SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL, GRUPO DE INFRAESTRUCTURA. CVC. Santiago de Cali. 2002.

TORRES BAQUERO; José Francisco. Informe técnico Evaluación de la Cárcava Puente Negro. SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL, GRUPO DE INFRAESTRUCTURA. CVC. Santiago de Cali. 2003.

### **Hidrología**

Base de datos estaciones CVC, consultada en el boletín hidroclimatológico 2007

Base de datos estaciones CENICAFE , consultada en la pagina [http://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)

Base de datos estaciones IDEAM consultada en la página <http://intranet.ideam.gov.co/vinfmteteo/Mventaig.asp>

Base de datos DesInventar, diciembre de 2007

CVC, 2001. Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica.

CVC, 2007. Estudio de actualización de la precipitación media en el Valle del Cauca y elaboración de las isóneas de las variables brillo solar, evaporación y temperatura.

Custodio y Llamas, 2001. Hidrología Supereficial - Tomo I.

Flores, J. sin Fecha. Modelación de lluvias máximas en el estado de Tabasco y sus alrededores.

Herramienta Google Earth, revisado el 29 de mayo de 2009.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) – Universidad del Valle (UV) (2000). Caracterización de los ríos tributarios del río Cauca. Tramo Salvajina – La Virginia. Proyecto de Modelación del río Cauca - PMC Fase I. Vol. VI. Santiago de Cali.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) – Universidad del Valle (UV) (2003). Caracterización sedimentológica de los ríos tributarios del río Cauca. Tramo

Salvajina – La Virginia. Proyecto de Modelación del río Cauca - PMC Fase II. Vol. II y IV. Santiago de Cali.

García, D. F. (2003) Hidráulica y transporte de sedimentos en ríos de montaña. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá, Colombia.

López, R. (2005). Resistencia al Flujo de Ríos de Montaña: Desarrollado de Ecuaciones de Predicción. España.

Caracterización y Modelación Matemática del Río Cauca – PMC Fase II, Volumen II (2002)

Caracterización y Modelación Matemática del Río Cauca – PMC Fase II, Volumen IV (2002)

Parker, G., Klingeman, P.; McLean, D. (1982). Bedload and size distribution in paved gravel-bed streams. Journal of Hydraulic Div., ASCE, Vol. 108 No. HY4, 1982, pp. 544 – 571.

Parker, G. (1990). Surface-based bedload transport relation for gravel rivers. En: Journal of Hydraulic Research. Vol. 28, 1990, No. 4. Pags. 417 – 436.

Estudio para el Control de Inundaciones del Río Riofrío en los Barrios El Lago y el Castillo, Hidro-Occidente. (2007)

Parker, G. (1990). The “Acronym” series of Pascal programs for computing bedload transport in gravel rivers. External Memorandum No. M-220. University of Minnesota, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) - Inventario de Bocatomas. (20 y 27 de agosto de 1998).

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) - Estudio, análisis y diseño de las obras que se deben rehabilitar y construir para conservar y estabilizar la infraestructura física de las bocatomas Chambimbal y El Albergue ubicadas en el cauce del río Guadalajara, municipio de Guadalajara de Buga. (Contrato No. 7080 de 1996).

Bunte, K. y R. Abt, S. (2001). Sampling Surface and Subsurface Particle – Size Distribution in Wadable Gravel –and Cobble- Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring.

### **11.1. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA**

CASTELLANOS J., Ramiro, " Lluvias críticas en la evaluación de amenaza de eventos de remoción en masa". Tesis presentada como requisito para optar al título de Magister en

Geotecnia, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2 Vol.1996.

GARCÍA L., Manuel. "Deslizamientos", Taller Regional sobre Manejo de Desastres PNUD - UNDRO, Bogotá, 13 de mayo.1991.

GARCÍA L., Manuel. "Manual de Estabilidad de Taludes", Instituto Nacional de Vías, Trabajo No. 1539 de Ingeniería y Geotecnia Ltda, Bogotá. 1996.

GARCÍA L., Manuel. "Diagnóstico sobre el estado del conocimiento para la estabilidad de taludes en las carreteras de Colombia y la eventual necesidad de usar nuevas tecnologías", Instituto Nacional de Vías. Trabajo elaborado en Ingeniería y Geotecnia Ltda, Bogotá. 1996.

GARCÍA L, Manuel y MARTÍNEZ R, Juan Manuel. "Riesgos por Deslizamientos y Avalanchas en Utica-Colombia", I Simposio Suramericano de Deslizamientos, Sociedad Colombiana de Geotecnia, Paipa. 1989. p. 649-662.

KOCKELMAN W.J.,(1984) "Techniques for Reducing Landslide Hazards". Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, USGS, Denver. Part II.

RODRÍGUEZ ORDOÑEZ, Jorge A., (1986), "Análisis dinámico de taludes naturales". Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ROYSTER D., 1979: "Landslides remedial measures". Bulletin of the Association of Engineering Geologists. Vol. XVI, No. 2.

SCHUSTER R.L., and FLEMING R.W. "Socioeconomic Significance of Landslides and Mudflows" , Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program,USGS, Denver. Part II. 1984.

SCHUSTER R. L. AND KRIZEK R. J., Editores, "Landslides-Analysis and Control", Special Report 176, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1978.

TERZAGHI K. "Mechanism of Landslides", en: Application of Geology to Engineering Practice. Berkey Volume, Geological Society of America. 1950.

## **12. ANEXOS**

**Anexo 2.1: Historicidad - Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) del Municipio de Guadalajara de Buga**

**Anexo 2.1.1.** Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga

<b>Municipio</b>	<b>Fecha</b>	<b>Evento</b>	<b>Lugar</b>	<b>Fuente</b>	<b>Observaciones</b>
Buga	15/04/42	Desbordamiento	El Morro	ING.	Río Guadalajara
Buga	15/04/50	Desbordamiento		BDOD-00461	Río Medialuna
Buga	02/05/66	Desbordamiento		BDOD-20034	Lluvias intensas
Buga	21/12/66	Otra causa		BDOD-20087	
Buga	18/01/71	Lluvias	Carretera Loboguerrero Buga-	EL TIEMPO 1971-01-19 P.9	
Buga	30/03/71	Desbordamiento		EL TIEMPO 1971-04-01 Pag 8	Río Guadalajara
Buga	15/04/71	Desbordamiento		BDOD-20309	Río Guadalajara
Buga	09/09/71	Lluvias	Vía Loboguerrero Buga en el Km 16	EL TIEMPO 1971-09-10 P.11A	
Buga	03/11/71	Otra causa		BDOD-20368	
Buga	04/12/71	Desconocida	Zona Rural	BDOSSO	
Buga	24/11/72	Lluvias		EL TIEMPO 1972-11-25 P.6A	Por lluvias, quebrada lechuga y el río Guadalajara
Buga	18/02/74	Desbordamiento		EL TIEMPO 1974-03-19 P.2A	
Buga	19/11/74	Desbordamiento		BDOSSO	Río Cauca
Buga	03/04/75	Lluvias	Vía Loboguerrero-El Pailon Km 86, 87 93 y 94.	EL TIEMPO 1972-11-04 P.2A	
Buga	16/11/78	Lluvias		EL TIEMPO 1978-11-17 11B	
Buga	28/04/79	Lluvias	Vía Buga-Loboguerrero	EL TIEMPO 1975-03-05 P.8A	
Buga	23/11/79	Lluvias	Carretera Loboguerrero Buga-	EL TIEMPO 1979-04-30 P.8A	
Buga	07/05/81	Sismo			Desbordamiento río Cauca
Buga	15/05/81	Desbordamiento	Carretera Buga-Madroña	EL TIEMPO 1979-11-25 P.2A	Río Cauca
Buga	07/01/82	Inundación	Barrios	Diario El Tiempo 08/01/82	Desbordamiento río Guadalajara
Buga	08/04/82	Inundación	Sin especificar	Diario El Tiempo 14/04/82	Desbordamiento río Cauca
Buga	30/10/84	Inundación	Urbanización El Porvenir	Diario El Tiempo 01/11/84	Desbordamiento río Cauca

**Anexo 2.1.** Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga. Continuación

Buga	17/11/88	Inundación	Sin especificar		Diario El Tiempo 19/11/88	Desbordamiento río Cauca
Buga	24/11/88	Inundación	Sin especificar		Diario El Tiempo 25/11/88	Desbordamiento río Cauca
Buga	26/11/88	Lluvias			BDOD--60628	
Buga	13/10/89	Lluvias	carretera Buenaventura	Buga-	TIEMPO 1989-10-14 P.9A	
Buga	04/02/90	Desconocida	Zona Rural		BDOSSO	
Buga	15/04/90	Desbordamiento			REONAD	Río Guadalajara
Buga	15/05/90	Lluvias			EL TIEMPO	
Buga	00/03/93	Deslizamiento	Vereda Miraflores, predio Rancho Alegre		Diario El País 16/01/93	Desbordamiento Quebrada La Magdalenita
Buga	04/04/94	Inundación	Vereda El Porvenir			Desbordamiento río Cauca
Buga	26/04/94	Inundación	Vereda El Madrigal		Diario El Tiempo 28/04/94	Desbordamiento Quebrada Seca
Buga	18/10/94	Inundación	10 Barrios afectados (La Concordia, La Ventura, El Jardín, Los Almendros, Bello Horizonte, La Esperanza, Altamira) y 1 vereda (Puerto Bertin)		Diario El País 19,20/10/94 y El Tiempo 19/10/94	Desbordamiento Quebradas La Pachita, La Loma, La Honda y Teacuenta, Río Cauca
Buga	08/01/95	Desconocida	Tramo La Maria - Los Medios.		EL TIEMPO 1995-08-02	
Buga	17/04/95	Inundación	Barrio El Jardín, vereda El Manantial (Corregimiento Quebrada Seca)		Diario El Tiempo 18/04/95	Desbordamiento Quebrada Seca
Buga	08/02/96	Inundación	Barrio El Porvenir y sectores La Palomera y Puerto Bertin.		Diario El Tiempo 08/02/96	Desbordamiento río Guadalajara y cauca
Buga	09/03/96	Deslizamiento	Vías Frisoles-El Placer y Buenos Aires-Alaska		Diario El País 13/03/96	Deslizamiento

**Anexo 2.1.** Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga (Continuación)

Buga	01/04/96	Desconocida			DNPAD	
Buga	04/06/96	Lluvias	Villa del Rio		EL TIEMPO 1996-06-05	
Buga	00/05/96	Deslizamiento	Zona rural: La Habana, El Placer, El Crucero, Juntas, El Rosario, El Salado		Diario El Pais 14/05/96	Deslizamiento
Buga	25/05/96	Desconocida	V. Manantial		DNPAD	
Buga	18/10/96	Lluvias	Cto. Boca de Monte		EL TIEMPO 96-10-17	
Buga	22/01/97	Desbordamiento			DNPAD	Rio Cauca
Buga	21/01/97	Inundación	Puerto Bertin y La Palomera		Diario El Tiempo 22/01/97	Desbordamiento río Cauca y Guadalajara
Buga	27/01/97	Inundación	Vereda El Porvenir y la Palomera		Diario El Tiempo 27/01/97	Desbordamiento río Cauca
Buga	13/03/97	Avenida Torrencial	Parque El Vergel		Memorando 1410-09-088-2002 CVC	Desbordamiento río Guadalajara
Buga	05/03/97	Desbordamiento			EL TIEMPO 1997-03-06	Quebrada la Pachita
Buga	13/03/97	Desbordamiento	B. El Jardín		EL TIEMPO-CALI 1997-03-14	Quebrada la pachita
Buga	05/06/97	Lluvias	Sitio Puente Abadia, carretera Buga-La Habana		EL TIEMPO-CALI	
Buga	05/06/97	Desbordamiento	B. El Molino		EL TIEMPO Cali	Quebrada Chambimbal
Buga	29/11/97	Avenida Torrencial	Casco Urbano margen izquierda río y corregimientos La Habana, La Magdalena, El Janeiro, Miraflores y Monterrey		Diario El Tiempo 01,02/12/97	Desbordamiento río Guadalajara y quebradas El Janeiro y La Zapata



**Anexo 2.1. Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga (Continuación)**

Buga	30/03/98	Inundación y deslizamiento	Zona rural sin especificar	Diario El Tiempo 01/04/98	Desbordamiento Quebrada El Janeiro
Buga	26/11/98	Inundación	Corregimiento El Porvenir, sector Puerto Bertin y La Palomera	Diario El Tiempo 26,30/11/98	Desbordamiento río Guadalajara y Guadalajara
Buga	14/01/99	Deslizamiento	Vía Buga-El Placer, Punta Brava- vereda La Playa del Buey y en el Rosario, y a la vereda Frisoles y La Florida.	Diario El Tiempo 14/01/99	Derrumbes zona oriental montañosa
Buga	14/01/99	Inundación	Corregimiento La Habana y vereda El Porvenir, sitio Puerto Bertin y La Palomera	Diario El Tiempo 16/01/99	Desbordamiento río Cauca
Buga	16/02/99	Inundación	Centro Barrios San Vicente, La Esperanza, El Molino, María Luisa de la Espada, Bello Horizonte, EL Jardín, La Ventura, Sucre, Ricaurte, Divino Niño, y Estambul	Diario El Tiempo 17, 18/02/99	Desbordamiento Quebrada La Pachita
Buga	17/02/99	Desbordamiento	El Porvenir	EL TIEMPO Cali 1999-02-18/19/24,25	Río Cauca
Buga	22/02/99	Inundación	Vereda Puerto Bertin- El Porvenir	Diario El País 23/02/99 Inventario Emergencias DNPAD	Desbordamiento río Cauca
Buga	25/02/99	Inundación	Vereda El Porvenir, Puerto Bertin, sitio Punta Brava	Diario El Tiempo 26/02/99 y El País 26/02/F28	Desbordamiento río Cauca, posible río Guadalajara en sector La Palmera
Buga	01/11/99	Inundación y erosión	Corregimiento La Habana, Vereda la piscina	Informe Técnico 1130-09-028-085-335-2001	Desbordamiento río Guadalajara

**Anexo 2.1.** Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga (Continuación)

Buga	14/12/99	Inundación	Sin especificar	Inventario DNPAD	Emergencias	Desbordamiento río Guadalajara
Buga	24/12/99	Inundación	El Porvenir, Puerto Bertín y La Palomera	Diario El Tiempo 29/12/99		Desbordamiento río Cauca
Buga	01/05/00	Desbordamiento		EL PAIS 00-05-02		Desbto. Quebrda Papurrinas
Buga	28/02/00	Inundación	Vereda Puerto Bertin	Diario El País 01/03/00		Desbordamiento río Cauca
Buga	04/03/00	Inundación	Vereda El Porvenir	Diario El Tiempo 05/03/00		Desbordamiento río Cauca
Buga	12/03/00	Deslizamiento	Barrio Alto Bonito	Diario El País 14/03/00		Deslizamiento y agrietamiento
Buga	14/04/01	Inundación	Barrio La Revolución	Diario El Tiempo 14/04/01		Desbordamiento acequia La Pachita
Buga	20/02/01	Deslizamiento	Predio La Loma	Informe Técnico 1130-05-028-142-2001 de Inestabilidad Chambibal		Deslizamiento rotacional
Buga	23/04/01	Inundación y deslizamiento	Barrio Alto Bonito y El Molino	Informe Técnico 1130-05-028-085-212-2001 Proceso de Inestabilidad en el Barrio Alto Bonito-Buga		Deslizamiento rotacional en la parte media en el talud de la ladera
Buga	19/03/02	Inundación	15 Barrios Bello Horizonte, El Molino, El Carmelo, La Revolución, Fuenmayor, La concordia, La Ventura, Santa Bárbara, Los Almendros, San Marino, Factorías Purina y de Grasas Y Alto Bonito Corregimientos El Vínculo y Sonso, y sector la Palomera	Diario El País 20,25/03/02		Desbordamiento Quebrada La Honda y La Pachita, río Cauca
Buga	19/03/02	Deslizamiento	Corregimientos El Vínculo y Sonso, y sector la Palomera	Diario El Tiempo 20,21/03/02		Desbordamiento río Guadalajara-Taponamiento vía Buga-La Habana

**Anexo 2.1.** Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga (Continuación)

Buga	28/03/02	Inundación	10 Barrios El Jardín, La Honda, Balboa, Señor de los Milagros, Popular, Jorge Eliécer Gaitán, La Ventura, Los Rosales y San Marino, Bello Horizonte, Las Palmitas, Zona Industrial-Vereda Guadualejo. vía Buga-La Habana	Diario El País 30/03/02, Inventario DNPAD	Desbordamiento de La Honda y La Pachita
Buga	28/03/02	Deslizamiento	Zona rural	Diario El País 30/03/02	Erosión y deslizamiento acequia Chambimbal
Buga	24/04/02	Inundación	Casco Urbano	Diario El Tiempo 25/04/02	Quebrada El Chambimbal, La Honda y La Pachita
Buga	26/06/02	Lluvias		EL PAIS 2002-06-25	
Buga	22/03/02	Lluvias		EL TIEMPO/EL PAIS 2002-03-30	
Buga	28/03/02	Lluvias		DNPAD	
Buga	21/04/03	Inundación	Casco Urbano	Inventario DNPAD	Desbordamiento Quebrada La Honda, La Pachita, Quebradaseca. Río Guadalajara
Buga	08/03/06	Desbordamiento		DPAD	
Buga	28/08/06	Desconocida		DPAD	
Buga	30/05/08	Inundación	Sin especificar	Diario El Tiempo 31/05/08	Desbordamiento río Cauca

**Anexo 3.1: Topografía y cartografía - Certificación del IGAC sobre punto de control del vértice MAGNA GPS D-V-18**

3367803



**IGAC**  
INSTITUTO GEOGRÁFICO  
AGUSTÍN CODAZZI



**BICENTENARIO**  
1810-2010



Bogotá D.C., Junio 2 de 2009

En atención a la solicitud adjunta, el Coordinador de Geodesia del INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, con fundamento en los datos suministrados por la oficina de Cálculos

### CERTIFICA

Que las coordenadas, en el sistema de referencia MAGNA (ITRF94, época 1995.4, elipsoide GRS80), del vértice solicitado son:

**VÉRTICE: GPS-D-V-18**

#### GEODÉSICAS

Latitud:  $03^{\circ} 53' 56,928 96''$  N  
Longitud:  $76^{\circ} 17' 15,381 50''$  W  
Altura elipsoidal:  $1 094,725$  m  
Altura (snm):  $1 085,8$  m (Niv. GEOCOL)

#### GEOCÉNTRICAS CARTESIANAS Y SUS VELOCIDADES

X =  $-1 508 709,130$  m -  $V_x = 0,0048$  m/año  
Y =  $-6 183 160,489$  m -  $V_y = 0,0020$  m/año  
Z =  $430 893,749$  m -  $V_z = 0,0121$  m/año

#### PLANAS DE GAUSS-KRÜGER

Norte :  $922 960,686$  m  
Este :  $1 067 732,076$  m

Origen de las coordenadas planas:

CESTE MAGNA  
Latitud:  $04^{\circ} 35' 45,32100''$  N Longitud:  $77^{\circ} 04' 36,02800''$  W  
Norte:  $1000 000,0$  m Este:  $1000 000,0$  m

Cálculos realizados en el año 2009  
Con destino a: UNIVERSIDAD DEL VALLE  
Recto No.: 8886417  
Papel de seguridad No.: 3367803

Preparó: Jhon Teller  
Revisó: Flor Alba Espino

  
**WILLIAM ALBERTO MARTÍNEZ DÍAZ**

### **Anexo 3.2: Fichas de los equipos utilizados**



## GPS HIPER LITE+

### TOPCON

### Ficha Técnica

SERIE HIPER	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Receptor/antena GPS+ Integrado de 40 canales con Interface MINTER
<b>ESPECIFICACIONES DE SEGUIMIENTO</b>	
Canales de seguimiento	L1: 40 L1 GPS, L1+L2: 20 GPS L1+L2 (GD), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD) (Hiper GGD & Hiper+)
Observables seguidas	Código C/A, Código P y Fase L1/L2 y GLONASS
<b>PRESTACIONES</b>	
Especificaciones	(1 sigma)
Precisión Línea Base	3mm + 1ppm para L1 + L2; 5mm + 1.5ppm para L1
Precisión RTK (OTF)	10mm + 1.5ppm para L1 + L2; 15mm + 2ppm para L1
Inicialización en Frío	<60 segundos
Inicialización en Caliente	<10 segundos
Readquisición	<1 segundo
<b>ESPECIFICACIONES DE ENERGÍA</b>	
Batería	Baterías Internas de Iones de Litio más un puerto de alimentación externo
Autonomía	14+ horas
Entrada Energía Externa	6 a 28 voltios DC
Consumo de Energía	Menos de 4.2 watts (Hiper sin modem menos de 3.0 Watts)
<b>ESPECIFICACIONES AMBIENTALES</b>	
Cubierta	Aluminio extruido, Impermeable
Temperatura Operación	-30°C a 60°C
Dimensiones	159 x 172 x 88 mm
Peso	1.55 kg
<b>ESPECIFICACIONES ANTENA GPS+</b>	
Antena GPS / GLONASS	Integrada (Hiper GGD & Hiper+)
Tipo Antena	Microstrip (Hiper/HiperGGD) / Antena UHF centrada (sólo Hiper+)
Plano de Tierra	Antena sobre estrecho plano de tierra
<b>ESPECIFICACIONES DE RADIO</b>	
Radio Modem UHF	Interno Rx o Externo Tx/Rx
Modem CDPD & GS	Modelo Oportunal
<b>COMUNICACIÓN INALÁMBRICA</b>	
Comunicación	Bluetooth® versión 1.1 comp.™† (sólo Hiper+)
<b>ENTRADA / SALIDA</b>	
Puertos Comunicación	4x serie (RS232)
Otras señales E/S	1pps; Marcador de Eventos
Indicador de estado	4 LEDs x 3 colores (Verde, Rojo, Naranja), 2 teclas de función (MINTER)
Unidad de Control y Pantalla	Externa: FC-1000, Ranger, u otra
<b>MEMORIA Y REGISTRO</b>	
Memoria Interna	Hasta 96MB (Hiper/HiperGGD) ó 1 GB (sólo Hiper+)
Registro Datos Brutos	Hasta 20 veces por segundo (20Hz)
Tipo de Datos	Código y Fase L1 y L2, GPS y GLONASS
<b>SALIDA DE DATOS</b>	
Salida de datos en tiempo real	RTCM SC104 versión 2.1, 2.2, 2.3, CMR, CMR+
Salida ASCII	NMEA 0183 versión 2.2
Otras Salidas	Formato TPS
Ratio de Salida	Hasta 20 veces por segundo (20Hz)



# GPS 4600 LS

## Trimble Navigation

### Ficha Técnica

## 4600LS

*Economical, fully integrated single-frequency GPS survey unit*

#### STANDARD FEATURES

- RTCM Version 2 input
- NMEA-0183 output
- Internal memory

#### TECHNICAL SPECIFICATIONS

##### Physical

<b>Size:</b>	22.1 cm (8.7") Dia. x 11.8 cm (4.64") H
<b>Weight:</b>	1.4 kg (3.1 lbs) 1.7 kg (3.7 lbs) with batteries for >32 hours

##### Electrical

<b>Receiver power:</b>	<1 Watt receiver only 5 VDC with C-size batteries, 9 to 20 VDC external supply
<b>Battery life (typical):</b>	>32 hours continuous receiver operation on 4 standard C-size alkaline batteries
<b>Certification:</b>	FCC & CE mark approved

##### Environmental

<b>Operating temp:</b>	-40°C to +65°C (-40°F to +149°F)
<b>Storage temp:</b>	-55°C to +75°C (-67°F to +167°F)
<b>Humidity:</b>	100%, fully sealed, Buoyant
<b>Shock:</b>	2 m (6ft) accidental pole drop

#### OPTIONS AND ACCESSORIES

<b>Survey options:</b>	2 m rangepole 2 m adjustable height tripod Rugged transit cases
<b>Datalogging options:</b>	TSC1 data collector with Trimble Survey Controller software GPS Configurator software
<b>Batteries:</b>	Camcorder battery (24 hours of operation) 6 Ah battery (72 hours of operation) 10 Ah battery (120 hours of operation)
<b>Support:</b>	Extended hardware warranty Firmware and software update agreement Training on-site or at factory Trimble Geomatics Office — <i>The total GPS and conventional survey data processing solution.</i>
<b>Software:</b>	GPS Configurator software — <i>Free software that runs on a CE or iPAQ device to control static surveys.</i>

#### ORDERING INFORMATION

For further information please contact your nearest Trimble Authorized Distributor or Trimble Office. You may also visit our website at <http://www.trimble.com>.

#### PERFORMANCE SPECIFICATIONS

##### Static Survey Performance

<b>Modes:</b>	Quick-Start, L1 FastStatic
<b>Accuracy:</b>	
<b>Horizontal:</b>	±5 mm + 1 ppm (±10 km)
<b>Vertical:</b>	±10 mm + 2 ppm (±10 km)
<b>Azimuth:</b>	±1 arc second + 5/baseline length in kilometers

##### Kinematic Survey Performance (Postprocessed)

(Requires TSC1 data collector with Trimble Survey Controller at rover)

<b>Modes:</b>	Continuous, Stop-&-go
<b>Accuracy:</b>	
<b>Horizontal:</b>	±1 cm + 1 ppm
<b>Vertical:</b>	±2 cm + 1 ppm
<b>Occupation:</b>	
<b>Continuous:</b>	1 measurement
<b>Stop &amp; go:</b>	2 epochs (min) with 5 satellites
<b>Fastest datalogging rate:</b>	1 Hz

##### General Performance

<b>Start-up:</b>	<30 seconds from power-on to start survey with recent ephemeris
<b>Measurements:</b>	L1 C/A-code, L1 full-cycle carrier
<b>Number of channels:</b>	12
<b>Datalogging:</b>	In internal memory; in optional TSC1 data collector; or on TSC1 optional removable PC card
<b>Receiver data storage:</b>	64 hours internal memory of L1 data, 5 satellites, 15 second interval (typical) 4.5 hours internal memory of L1 data, 5 satellites, 1.0 seconds (minimum) Unlimited data storage using optional TSC1 and PC data card



**Anexo 3.3: Topografía y batimetría - Fichas de los puntos de coordenada del levantamiento de secciones batimétricas**



**Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente**  
Hacia una proyección social



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, Riofrio, Dagua, El Cairo y La Unión

**Nombre del Punto:** B1

Municipio: Buga

**COORDENADAS**

**Geográficas**

Dátum: WGS84

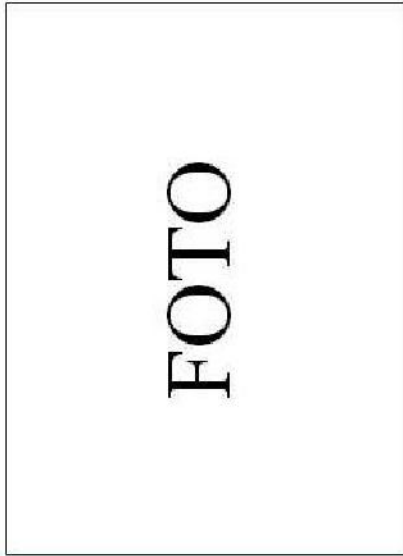
Latitud: N 3° 53' 24.22937"  
Longitud: O 76° 17' 04.71799"  
Alt. Elipsoidal: 1042.352m

**Planas MAGNA**

Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.

Norte: 921956.483  
Este: 1088062.039

Cota: 1015.330m (Geocod)



**LOCALIZACION Y ACCESO:**

El punto se encuentra ubicado en la sede de la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca) por la vía a la Habana. Entrando a ésta a mano derecha a 45 m aproximadamente de la portería y a unos 5 m del muro que protege estas instalaciones.



Hacia una proyección social

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, Riofrio, Dagua, El Centro y La Unión

**Nombre del Punto:** PLACA A26CW4 Municipio: Buga

### COORDENADAS

#### Geográficas

Dátum: WGS84

Latitud: N 3° 53' 40.45614"  
Longitud: O 76° 18' 08.04588"  
Alt. Elipsoidal: 997.755m

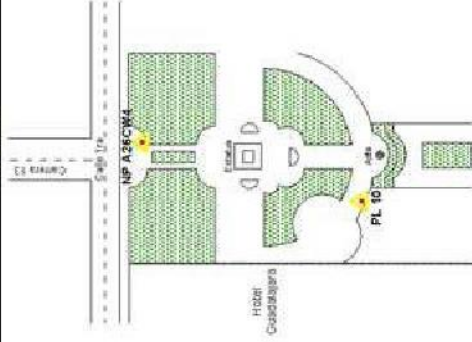
#### Planas MAGNA

Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá

Norte: 922453.140

Este: 1086107.639

Cota: 970.781m (Geocod)



### LOCALIZACIÓN Y ACCESO:

Ubicado en la entrada principal del parque Simón Bolívar a unos 13 m del andén de la Calle 1ra en todo el frente de la Carrera 13. Es el NP A26CW4 (nivelación principal) perteneciente a la red de control vertical o puntos NPs distribuidos por el territorio nacional, el cual se encuentra materializado con un placa de bronce.



**Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente**  
Hacia una proyección social

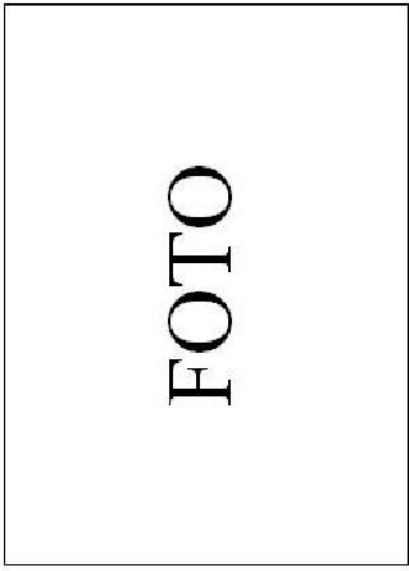
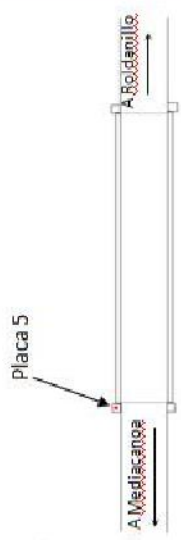
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Boga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

**Nombre del Punto:** PLACA 5      Municipio: Riofrío

**COORDENADAS**

**Geográficas**  
 Dátum: WGS84  
 Latitud: N 4° 08' 39.17972  
 Longitud O 76° 17' 12.70600  
 Alt. Elipsoidal: 964.931

**Planas MAGNA**  
 Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.  
 Norte: 950063.064  
 Este: 108788.389  
 Cota: 937.5926m m (Geocoid)



**LOCALIZACION Y ACCESO:**

En el puente sobre el Río frío de la vía panorámica sobre el estribo derecho en el sentido Roldadillo - Media canoa se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 5 del año 2009. La placa se encuentra materializada 1 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.



**Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente**  
Hacia una proyección social



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, Ríofrío, Poggio, El Cairo y La Unión

**Nombre del Punto: PLACA 8**

Municipio: Buga

**COORDENADAS**

**Geográficas**

Dátum: WGS84

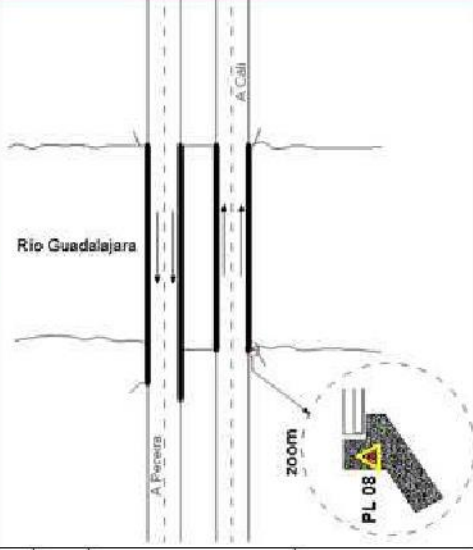
Latitud: N 3° 53' 51.57414"  
Longitud O 76° 18' 45.95825"  
Alt. Elipsoidal: 984.638m

**Planas MAGNA**

Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.

Norte: 922793.607  
Este: 1084937.584

Cota: 957.693m (Gaeoccl)



**LOCALIZACION Y ACCESO:**

Después del puente llamado Milagroso sobre la variante en dirección a Cali aproximadamente 200 m, iniciando el puente del Río Guadalajara, sobre el muro de contención a mano derecha, se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 8 del año 2009. La placa se encuentra materializada 1 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.



**Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente**  
Hacia una proyección social



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, Ríofrío, Dagua, El Coto y La Unión

**Nombre del Punto:** PLACA 9

Municipio: Buga

**COORDENADAS**

**Geográficas**

**Dátum:** WGS84

Latitud: N 3° 53' 47.04245"  
Longitud: O 76° 18' 44.30101"  
Alt. Elipsoidal: 984.475

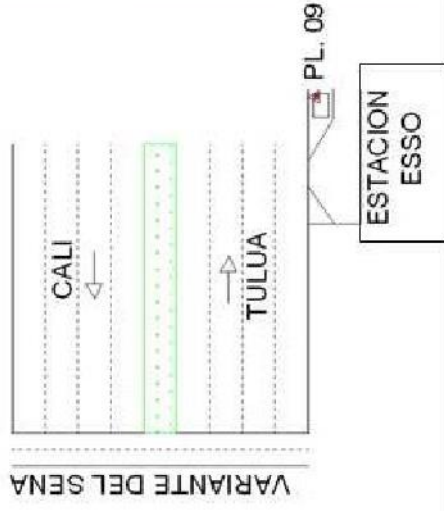
**Plano: MAGNA**

Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.

Norte: 922654.445

Este: 1084988.842

Cota: 957.5304m (Geoid)



**LOCALIZACION Y ACCESO:**

Sobre la loza del teléfono de emergencia del SOS 01 ubicado en la estación de servicio de gasolina Esso que esta sobre la vía Buga-Tuluá a 200 metros de la variante del SENA y 100 metros antes del puente sobre el río Guadalajara, se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 9 del año 2009. La placa se encuentra materializada 1 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.

<p><b>Nombre del Punto: PLACA 10</b> Municipio: Buga</p> <p><b>COORDENADAS</b></p> <p><b>Geográficas</b></p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 53' 38.90213"          Longitud: O 76° 18' 08.71933"          Alt. Elipsoidal: 997.702m</p> <p><b>Planas MAGNA</b></p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.          Norte: 922405.380          Este: 1086086.899</p>	
	<p><b>LOCALIZACION Y ACCESO:</b></p> <p>El punto está localizado en el parque Simón Bolívar, al lado derecho del Asta de la bandera ubicada a 20...m de la estatua del libertador, aproximadamente a 9.m en el borde del sendero de concreto del parque se encuentra incrustada una placa de aluminio con vastago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 10 del año 2009, La placa se encuentra materializada 1.cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.</p>



**Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente**  
Hacia una proyección social



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

**Nombre del Punto:** PLACA 11 Municipio: Buga

**COORDENADAS**

**Geográficas**

**Dátum:** WGS84

**Latitud:** N 3° 54' 00.60708"  
**Longitud:** O 76° 17' 23.68749"  
**Alt. Elipsoidal:** 1014.934

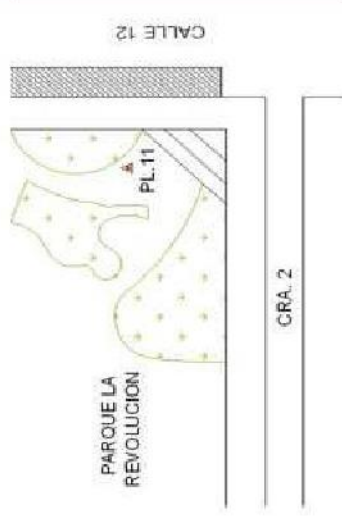
**Planas:** MAGNA

**Origen:** 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.

**Norte:** 923073.439

**Este:** 1087475.697

**Cota:** 987.9184m. (Geocoid)



**LOCALIZACION Y ACCESO:**

En el parque de la revolución, entrando por la esquina de la calle 12 con carrera 2da a unos 20 metros de dicha esquina y antes de llegar a la primera banca de concreto, a mano derecha, se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 11 del año 2009. La placa se encuentra materializada 1 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.



<b>Nombre del Punto: PLACA 12</b>		Municipio: Buga
<b>COORDENADAS</b>		
<b>Geográficas</b>	Datum: WGS84 Latitud: N 3° 54' 00.86588" Longitud: O 76° 17' 26.28505" Alt. Elipsoidal: 1013.915m	
<b>Planas MAGNA</b>	Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá. Norte: 923081.309 Este: 1087395.546 Cota: 986.911m (Gauss)	
<p><b>LOCALIZACION Y ACCESO:</b></p> <p>Ubicado en el parque La Revolución en el costado de la Carrera 3ra (entrada) del lado derecho del sendero peatonal, cercano a la esquina de la cancha de baloncesto a 4m de la esquina de la zona verde se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 12 del año 2009, La placa se encuentra materializada 1 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.</p>		



Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente

Hacia una proyección social

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, Riofrio, Dagua, El Cairo y La Unión

Nombre del Punto: **PLACA 13** Municipio: Buga

**COORDENADAS**

**Geográficas**

Dátum: WGS84

Latitud: N 3° 53' 25.69833"  
Longitud: O 76° 17' 07.83555"  
Alt. Elipsoidal: 1036.236

**Planas MAGNA**

Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.

Norte: 922001.518

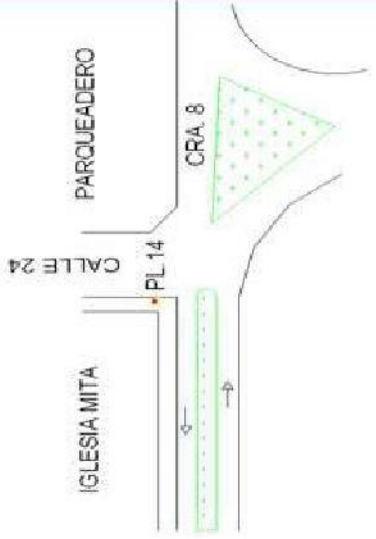

Este: 1087965.807

Cota 986.9109m (Geoco)



**LOCALIZACION Y ACCESO:**

Dentro de las instalaciones de la CVC a 100 metros de la caseta de vigilancia en la zona de los tanques exactamente en el extremo izquierdo del tanque 8, se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 13 del año 2009. La placa se encuentra materializada 1 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.

<b>Nombre del Punto:</b> PLACA 14	Municipio: Buga
<b>COORDENADAS</b>	
<b>Geográficas</b> Dátum: WGS84 Latitud: N 3° 54' 44.51140" Longitud O 76° 17' 24.44875" Alt. Elipsoidal: 1007.323	
<b>Planas MAGNA</b> Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá. Norte: 924422.121 Este: 1087450.940 Cota 980.3369m (Saccol)	
	<b>LOCALIZACION Y ACCESO:</b> En la carrera 8 con calle 25 sobre el anillo de una alcantarilla que se localiza en la esquina de la iglesia la congregación MITA, se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 14 del año 2009. La placa se encuentra materializada 1 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.



**Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente**  
Hacia una proyección social



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, Roggio, El Cairo y La Unión

**Nombre del Punto:** PLACA 15      Municipio: Buga

**COORDENADAS**

**Geográficas**

**Dátum:** WGS84

Latitud: N 3° 54' 40.02896"  
Longitud O 76° 17' 27.45413"  
Alt. Elipsoidal: 1006.164

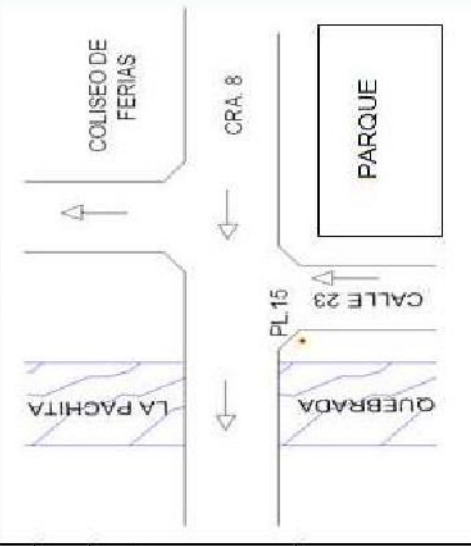
**Planas MAGNA**

Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.

Norte: 924284.345

Este: 1087358.352

Cota 979.1449m (Geocod)



**LOCALIZACION Y ACCESO:**

En la esquina de la carrera 8 con calle 28 en el puente que esta sobre la quebrada la pachita diagonal a la entrada principal del coliseo de ferias, se encuentra incrustada una placa de aluminio con vástago de acero inoxidable marcada como OSSO UNIVALLE - CVC PLACA 15 del año 2009. La placa se encuentra materializada 1.1cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.

**Anexo 4.1: Sistemas de información geográfica - SIG - Propuesta de Estructuración**

**DATASET: USO DEL SUELO****Feature Class:** uso\_urbano**Nombre de la capa:** Usourbano**Geometría:** Polígono

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
USO_SUELO	Texto	30		Uso suelo urbano	Dom_Uso_Urbano
TIPO_USO	Texto	50		Tipo según destinación económica	Dom_Tipo_Uso
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

**Nombre del dominio:** Dom\_Municipio

Código	Definición	Código	Definición	Código	Definición
76001	Cali	76243	El Aguila	76606	Restrepo
76020	Alcala	76246	El Cairo	76616	Riofrio
76036	Andalucia	76248	El Cerrito	76622	Roldanillo
76041	Ansermanuevo	76250	El Dovio	76670	San Pedro
76054	Argelia	76275	Florida	76736	Sevilla
76100	Bolivar	76306	Ginebra	76823	Ansermanuevo
76109	Buenaventura	76318	Guacari	76828	Trujillo
76111	Guadalajara de Buga	76364	Jamundi	76834	Tulua
76113	Bugalagrande	76377	La Cumbre	76845	Ulloa
76122	Caicedonia	76400	La Union	76863	Versalles
76126	Calima	76403	La Victoria	76869	Vijes
76130	Candelaria	76497	Obando	76890	Yotoco
76147	Cartago	76520	Palmira	76892	Yumbo

76233	Dagua	76563	Pradera	76895	Zarzal
-------	-------	-------	---------	-------	--------

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Político-Administrativa de Colombia”

**Nombre del dominio:** Dom\_Uso\_Urbano

<b>Código</b>	<b>Definición</b>
01	Residencial
02	Comercial
03	Industrial
04	Dotacional
05	Predio no edificado
06	Agrícola
07	Pecuaria
08	Agropecuaria
09	Agroindustrial
10	Forestal
11	Mixto

**Dominio: Dom Uso Urbano**

**Residencial**

Es la zona o espacio cuyas edificaciones tienen como función arquitectónica y ambiental principal el de dar albergue en forma adecuada a personas.

**Comercial**

Es el espacio cuyas edificaciones están dedicadas a la compraventa de bienes y/o servicios (almacenes, centros comerciales, oficinas, hoteles, consultorios, hospitales, etc.).

**Industrial**

Es el espacio en cuyas edificaciones se desarrollan actividades de explotación, transformación o ensamblaje de materias primas.

**Dotacional**

Es el espacio construido destinado a la prestación de servicios sociales.

**Predio no Edificado**

Espacio sin construir, comprende predios urbanizables no urbanizados, no urbanizables y urbanizados no edificados.

**Agrícola**

Zona dedicada al establecimiento y aprovechamiento de cultivos transitorios o permanentes diferentes de los forestales.

**Pecuaría**

Zona dedicada a la cría y aprovechamiento de especies animales no domésticas, se requiere licencia expedida por la autoridad ambiental.

**Agropecuaria**

Territorio de la zona de expansión, sin ninguna obra de urbanismo, cuya explotación económica y aprovechamiento se realiza combinando cultivos con actividades pecuarias.

**Agroindustrial**

Territorio de la zona de expansión sin ninguna obra de urbanismo dedicada a la actividad transformadora que incorpora productos agropecuarios como principales materias primas.

**Forestal**

Zona del suelo de expansión urbana sin ningún desarrollo de obras de urbanismo, cuya superficie se encuentra ocupada por especies forestales o por cualquier otro uso no relacionado dentro de esta metodología.

**Mixto**

Son aquellas zonas o espacios dedicados a brindar actividades de dos tipos de uso.

**Nombre del dominio:** Dom\_Tipo\_Uso

Código	Definición	Código	Definición
0101	Unifamiliar puntual	0406	De abastecimiento
0102	Unifamiliar agrupada	0407	Servicios urbanos y especiales
0103	Multifamiliar puntual	0408	De culto o religioso
0104	Multifamiliar agrupado	0501	Urbanizable no urbanizado
0201	Local	0502	No urbanizable
0202	Zonal	0503	Urbanizado no edificado
0203	Metropolitana	0601	Todo tipo
0301	Transformadora tipo 1	0701	Todo tipo
0301	Transformadora tipo 2	0801	Todo tipo



0302	Transformadora tipo 3	0901	Todo tipo
0401	Asistenciales	1001	Todo tipo
0402	Educativos	1101	Vivienda y comercio
0403	Culturales	1102	Vivienda e institucional
0404	Administrativos y de seguridad	1103	Comercio e institucional
0405	Recreativos y deportivos		

### **Dominio: Dom Tipo Uso**

#### **Residencial**

##### 0101. Unifamiliar Puntual.

Corresponde al desarrollo residencial en el cual un lote de terreno está ocupado por una unidad predial destinada a dicho uso y que no comparte con los demás inmuebles de la zona ningún tipo de área o servicio comunal de carácter privado.

##### 0102. Unifamiliar Agrupada.

Corresponde al desarrollo residencial en el cual un lote de terreno está ocupado por dos o tres unidades prediales que comparten en común la propiedad del terreno.

##### 0103. Multifamiliar Puntual.

Corresponde a edificaciones desarrolladas sobre un lote de terreno que comprende más de tres unidades prediales independientes, generalmente en edificios de varios pisos.

##### 0104. Multifamiliar Agrupado.

Son desarrollos residenciales conformados por varias edificaciones constitutivas de unidades de vivienda unifamiliar, bifamiliar o multifamiliar, que comparten, además de las estructuras o áreas comunales privadas de cada edificación, o sea las de su propio régimen de comunidad, zonas y servicios comunes a toda la agrupación o conjunto, como vías privadas, zonas de estacionamiento, zonas verdes, muros de cerramiento, porterías, etc.

#### **Comercial**

##### 0201. Local.

Corresponde a la venta de bienes y servicios de consumo doméstico requeridos por la comunidad de residentes de un sector.

##### 0202. Zonal.

Comprende los usos comerciales de intercambio de bienes y servicios que suplen demandas especializadas generadas en la comunidad de una zona urbana.

0203. Metropolitana.

Comprende los usos comerciales orientados a satisfacer demandas de bienes y servicios generados en toda la ciudad mediante la oferta concentrada de gran variedad de bienes.

**Industrial**

0301. Transformadora tipo 1.

Es aquella industria considerada compatible con otros usos en razón de su bajo impacto ambiental y urbanístico. Se ubica en espacios que forman parte de edificaciones comerciales o de vivienda unifamiliar o en locales o bodegas independientes.

0302. Transformadora tipo 2.

Es aquella industria compatible con otros usos dado su bajo impacto ambiental, pero con restricciones de localización debido a su magnitud y su alto impacto urbanístico. Se ubica en bodegas o edificaciones especializadas dentro de zonas y complejos industriales.

0303. Transformadora tipo 3.

Es aquella industria que tiene restricciones de localización debido a su alto impacto ambiental, a su magnitud considerable y a su alto impacto urbanístico.

**Dotacional**

0401. Asistenciales.

Corresponden a aquellos destinados a la satisfacción de las necesidades básicas sociales de salud, asistencia y bienestar social, tales como Centros comunales, Centros de salud, Clínicas, Hospitales, Guarderías, Ancianatos, entre otros.

0402. Educativos.

Corresponden a aquellos destinados a la satisfacción de las necesidades de escolaridad de la población, tales como jardines infantiles, escuelas, colegios, centros de educación superior, institutos de capacitación técnica, universidades, entre otros.

0403. Culturales.

Corresponden a aquellos destinados a la satisfacción de necesidades y actividades relacionadas con el cultivo del intelecto y del espíritu artístico de los habitantes, tales como bibliotecas, salas de teatro, museos, galerías de arte, centros culturales, auditorios, entre otros.

0404. Administrativos y de Seguridad.

Corresponden a aquellos destinados a la prestación de servicios relacionados con la administración, gobierno y seguridad ciudadana, tales como, sedes de entidades gubernamentales, notarias, estaciones y subestaciones de policía, cuarteles, instalaciones militares, cárceles, estaciones de bomberos, entre otros.

0405. Recreativos y Deportivos.

Corresponden a aquellos destinados a la práctica del ejercicio físico como actividad de recreo u oficio y demás necesidades de recreación y deporte, tales como polideportivos, conchas acústicas, entre otros.

0406. de Abastecimiento.

Corresponden a aquellos destinados a la prestación de servicios de soporte a la economía de la ciudad, tales como plazas de mercado, centros de abasto, centros de acopio, entre otros.

0407. Servicios Urbanos y Especiales.

Corresponden a aquellos destinados a la prestación de servicios y dotaciones urbanas que satisfacen necesidades especiales, tales como cementerios, terminales de transporte, aeropuertos, entre otros.

0408. de Culto o Religioso.

Corresponden a aquellos destinados a la prestación de servicios religiosos y de culto, tales como iglesias, capillas, conventos, seminarios, sedes de diferentes cultos, entre otros.

**Predio no edificado**

0501. Urbanizable no urbanizado.

Son aquellos predios que a pesar de ser aptos para el desarrollo como urbanización, no han sido desarrollados como tales.

0502. No Urbanizables.

Son predios que presentan alguna característica especial por la cual no pueden ser urbanizados.

0503. Urbanizados no Edificados.

Corresponde a aquellos lotes que a pesar de encontrarse completamente urbanizados no se ha iniciado completamente el proceso de construcción.

**Agrícola**

0601. Todo Tipo

Todos los tipos posibles en este destino se integran en todo tipo.

**Pecuaría**

0701. Todo Tipo.

Todos los tipos posibles en este destino se integran en todo tipo.

**Agropecuaria**

0801. Todo Tipo.

Todos los tipos posibles en este destino se integran en todo tipo.

## Agroindustrial

### 0901. Todo Tipo.

Todos los tipos posibles en este destino se integran en todo tipo.

## Forestal

### 1001. Todo Tipo.

Todos los tipos posibles en este destino se integran en todo tipo.

## Mixto

### 1101. Vivienda y Comercio.

Corresponde a aquellos usos de tipo vivienda y comercio.

### 1102. Vivienda e Institucional.

Corresponde a aquellos usos de tipo vivienda e institucional.

### 1103. Comercio e Institucional.

Corresponde a aquellos usos de tipo comercio e institucional.

## DATASET: COBERTURA DE SUELO

**Feature Class:** cobertura\_suelo

**Nombre de la capa:** CoberturaSuelo

**Geometría:** Polígono

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
COBER_SU	Texto	30		Cobertura de suelo según nivel 2 de CLC <sup>8</sup>	Dom_cober_su
TIPO_COBER_SU	Texto	50		Tipo de cobertura de suelo según nivel 3 de CLC.	Dom_Tipo_cober_su
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	

<sup>8</sup> CLC: Corine Land Cover. Colombia

AÑO_AJUSTE	Short integer	4	Año de Ajuste
------------	---------------	---	---------------

**Nombre del dominio:** Dom\_Municipio

<b>Código</b>	<b>Definición</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
76001	Cali	76243	El Aguila	76606	Restrepo
76020	Alcala	76246	El Cairo	76616	Riofrio
76036	Andalucia	76248	El Cerrito	76622	Roldanillo
76041	Ansermanuevo	76250	El Dovio	76670	San Pedro
76054	Argelia	76275	Florida	76736	Sevilla
76100	Bolivar	76306	Ginebra	76823	Ansermanuevo
76109	Buenaventura	76318	Guacari	76828	Trujillo
76111	Guadalajara de Buga	76364	Jamundi	76834	Tulua
76113	Bugalagrande	76377	La Cumbre	76845	Ulloa
76122	Caicedonia	76400	La Union	76863	Versalles
76126	Calima	76403	La Victoria	76869	Vijes
76130	Candelaria	76497	Obando	76890	Yotoco
76147	Cartago	76520	Palmira	76892	Yumbo
76233	Dagua	76563	Pradera	76895	Zarzal

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Político-Administrativa de Colombia”

**Nombre del dominio:** Dom\_cober\_su

<b>Código</b>	<b>Definición</b>
11	Zonas urbanizadas
12	Zonas Industriales o comerciales
13	Zonas de extracción mineras y escombreras
14	Zonas verdes artificializadas, no agrícolas
21	Cultivos anuales o transitorios
22	Cultivos Permanentes
23	Pastos
24	Áreas agrícolas heterogéneas
31	Bosques
32	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
33	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
41	Áreas húmedas continentales
42	Áreas húmedas costeras
51	Aguas Continentales
52	Aguas marítimas

**Dominio:** Dom\_cober\_su

### **Zonas Urbanizadas**

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados a ella que configuran un tejido urbano.

### **Zonas Industriales o Comerciales**

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.

### **Zonas de extracción minera y escombreras**

Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen.

### **Zonas verdes artificializadas no agrícolas**

Comprende las zonas verdes localizadas en las áreas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación, donde los diferentes usos del suelo no requieren de infraestructura construida apreciable. En general estas zonas verdes son áreas resultantes de procesos de planificación urbana o áreas que por los procesos de urbanización quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad.

### **Cultivos anuales o transitorios**

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo dura un año o menos, llegando incluso a ser de unos pocos meses; tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo.

### **Cultivos Permanentes**

Comprende los territorios cuyas tierras están dedicadas a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos de herbáceas como: caña de azúcar, caña panelera, plátano y banano; los cultivos arbustivos como: café y cacao; y los cultivos arbóreos como: palma africana y árboles frutales.

### **Pastos**

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por gramíneas, de la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno.

### **Áreas agrícolas heterogéneas**

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

### **Bosques**

Comprende las áreas naturales o semi-naturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal o en algunos casos con varios tallos, que tiene una copa más o menos definida.

De acuerdo con FAO (2001), los bosques comprenden los bosques naturales y las plantaciones. Se refiere a la tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 10 por ciento del área y una superficie superior a 0,5 hectáreas (ha). Los bosques son determinados por la presencia de árboles, así como por la ausencia de otro uso predominante de la tierra. Los árboles deben alcanzar una altura mínima de 5 metros (m).

#### **Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva**

Comprende los territorios cubiertos por vegetación herbácea y arbustiva desarrollados en forma natural sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales.

#### **Áreas abiertas, sin o con poca vegetación**

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.

#### **Áreas húmedas continentales**

Las áreas húmedas localizadas al interior de la cuenca hacen referencia a los diferentes tipos de zonas inundables, pantanos y terrenos anegadizos en los cuales el nivel freático está a nivel del suelo en forma temporal o permanente.

#### **Áreas húmedas costeras**

Sobre las zonas costeras se diferenciaron las zonas de pantanos litorales y las áreas que presentan procesos de inundación relacionados con la marea.

#### **Aguas continentales**

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (o sea no salino), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

#### **Aguas marítimas**

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua natural salada y salobre asociado a mares u océanos que bordean el litoral.



**Nombre del dominio: Dom\_Tipo\_cober\_su**

<b>Código</b>	<b>Definición</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
111	Tejido urbano	231	Pastos limpios	413	Esteros
112	Centros poblados	232	Pastos arbolados	414	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
121	Zonas industriales o comerciales	233	Pastos enmalezados o enrastrados	421	Marismas costeras
122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	241	Mosaico de cultivos	422	Salinas
123	Zonas portuarias	242	Mosaico de pastos y cultivos	423	Zonas intermareales
124	Aeropuertos	243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	511	Ríos
125	Obras Hidráulicas	244	Mosaico de pastos con espacios naturales	512	Lagunas, lagos y ciénagas artificiales
131	Zonas de extracción minera	311	Bosque natural denso	513	Canales
132	Escombreras y vertederos	312	Bosque natural fragmentado	514	Embalses y cuerpos de agua
141	Zonas verdes urbanas	313	Bosque de galería y/o ripario	521	Lagunas costeras
142	Instalaciones recreativas	314	Bosque de mangle	522	Estuarios
211	Otros cultivos anuales o transitorios	315	Bosque plantado	523	Mares y océanos
212	Algodón	321	Pastos naturales y sabanas	524	Arrecifes coralinos
213	Arroz	322	Arbustos y matorrales	525	Estanques piscícolas
214	Papa	323	Vegetación esclerófila y/o espinosa		
221	Otros cultivos permanentes	324	Vegetación de páramo y subpáramo		
222	Caña de Azúcar	325	Vegetación rupícola		
223	Caña panelera	331	Playas, arenales y dunas		
224	Platano y banano	332	Afloramientos rocosos		
225	Café	333	Tierras desnudas o degradadas		
226	Cacao	334	Zonas quemadas		

227	Palma de aceite	335	Zonas nivales o glaciares		
228	Frutales	411	Zonas pantanosas		
229	Cultivos confinados	412	Turberas		

**DATASET: PUNTOS DE INFILTRACIÓN**

**Feature Class:** puntos\_infiltracion

**Nombre de la capa:** Infiltracion

**Geometría:** Puntos

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
COD_INFILTRACION	Short integer	4		Código Puntos de Infiltración	
VEL_INFILTRACION	Double	2	2	Velocidad de infiltración	
CLAS_INFILTRACION	Texto	10		Clasificación Puntos de infiltracion	Dom_clas_infiltracion
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

**Nombre del dominio:** Dom\_Municipio

<b>Código</b>	<b>Definición</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
76001	Cali	76243	El Aguila	76606	Restrepo
76020	Alcala	76246	El Cairo	76616	Riofrio
76036	Andalucia	76248	El Cerrito	76622	Roldanillo
76041	Ansermanuevo	76250	El Dovio	76670	San Pedro
76054	Argelia	76275	Florida	76736	Sevilla
76100	Bolivar	76306	Ginebra	76823	Ansermanuevo
76109	Buenaventura	76318	Guacari	76828	Trujillo
76111	Guadalajara de Buga	76364	Jamundi	76834	Tulua
76113	Bugalagrande	76377	La Cumbre	76845	Ulloa
76122	Caicedonia	76400	La Union	76863	Versalles
76126	Calima	76403	La Victoria	76869	Vijes
76130	Candelaria	76497	Obando	76890	Yotoco
76147	Cartago	76520	Palmira	76892	Yumbo
76233	Dagua	76563	Pradera	76895	Zarzal

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Político-Administrativa de Colombia”

**Nombre del dominio:** Dom\_vel\_infiltracion

<b>Código</b>	<b>Definición</b>
01	Lenta
02	Moderada
03	Rápida

**DATASET: PUNTOS GEOTECNICOS**

**Feature Class:** ensayos\_geotecnicos

**Nombre de la capa:** puntos\_geotecnicos

**Geometría:** Puntos

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
COD_PUNTO_GEOTECNICO	Texto	5		Código Puntos Geotécnicos	
TIPO_MUESTREO	Texto	20		Tipo de Muestreo	Dom_tipo_muestreo
TIPO_ENSAYO	Texto	40		Tipo de Ensayo	Dom_tipo_ensayo
TIPO_MUESTRA	Texto	20		Tipo de muestra	Dom_tipo_muestra
PROFUNDIDAD	Texto	15		Profundidad	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

**Nombre del dominio:** Dom\_Municipio

Código	Definición	Código	Definición	Código	Definición
76001	Cali	76243	El Aguila	76606	Restrepo
76020	Alcala	76246	El Cairo	76616	Riofrio
76036	Andalucia	76248	El Cerrito	76622	Roldanillo
76041	Ansermanuevo	76250	El Dovio	76670	San Pedro
76054	Argelia	76275	Florida	76736	Sevilla

76100	Bolivar	76306	Ginebra	76823	Ansermanuevo
76109	Buenaventura	76318	Guacari	76828	Trujillo
76111	Guadalajara de Buga	76364	Jamundi	76834	Tulua
76113	Bugalagrande	76377	La Cumbre	76845	Ulloa
76122	Caicedonia	76400	La Union	76863	Versalles
76126	Calima	76403	La Victoria	76869	Vijes
76130	Candelaria	76497	Obando	76890	Yotoco
76147	Cartago	76520	Palmira	76892	Yumbo
76233	Dagua	76563	Pradera	76895	Zarzal

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Político-Administrativa de Colombia”

**Nombre del dominio:** Dom\_tipo\_muestreo

Código	Definición
01	Apique
02	Sondeos
03	Lecho del Río

**Nombre del dominio:** Dom\_tipo\_ensayo

Código	Definición
1	CD o Clasificación
2	Granulometría, hidrometría

**Nombre del dominio:** Dom\_tipo\_muestra

<b>Código</b>	<b>Definición</b>
10	Alterada
20	Inalterada

**Anexo 4.2: Sistemas de información geográfica – SIG – Propuesta de Adiciones a la Estructuración propuesta por CVC**

**Feature Class:** Geología estructural  
**Nombre de la Capa:** Geología Estructural  
**Geometría:** Línea

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_CUENCA	Texto	11		Código de Cuenca	Dom_Cuenca
TIPO_ESTRUCTURA	Texto	6		Tipo Estructura Geológica	Dom_Estructura_Geologica
NOMBRE_ESTRUCTURA	Texto	50		Nombre Estructura Geológica	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

**Descripción de Dominios:**

**Nombre del Dominio:** Dom\_Estructura\_Geologica

Código	Definición
100000	Falla definida
100100	Falla inferida
100200	Falla incierta
100300	Falla cubierta
110300	Falla Normal Cubierta
120000	Falla de cabalgamiento definida
120100	Falla de cabalgamiento inferida
180000	Lineamiento fotogeológico
180500	Falla fotogeológica
200000	Contacto definido
200100	Contacto inferido
200200	Contacto incierto
200400	Contacto discordante
400000	Sinclinal definido
400300	Sinclinal cubierto
430000	Sinclinal volcado
430300	Sinclinal cubierto volcado
500000	Anticlinal definido
500300	Anticlinal cubierto



530000	Anticlinal volcado
530300	Anticlinal cubierto volcado

Los códigos asignados al dominio de estructura geológica son correspondientes con los utilizados por el INGEOMINAS; los códigos fueron tomados del documento “Estándares Cartográficos y Manejo de Información Geográfica para mapas Geológicos Departamentales y Planchas 1:100.000” Versión 1.1 - 2001.

**Feature Class:** Morfodinámica Líneas

**Nombre de la Capa:** Morfodinámica de líneas

**Geometría:** Línea

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_CUENCA	Texto	11		Código de Cuenca	Dom_Cuenca
CODIGO_PROCESO	Integer	4		Código proceso morfodinámico	Dom_Procesos_Linea
TIPO_LEVANTAMIENTO	Texto	2		Tipo de Levantamiento	Dom_Tipo_Levantamiento
TIPO_PROCESO	Texto	2		Tipo de proceso Morfodinámico	Dom_Tipo_Proceso_Morfo dinámico
FECHA_EVENTO	Date			Fecha de ocurrencia o reporte del proceso morfodinámico	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

**Descripción de Dominios:**

**Nombre del Dominio:** Dom\_Tipo\_Levantamiento

Código	Definición
01	Campo
02	Fotointerpretación
03	Análisis de Imágenes de Satélite

**Nombre del Dominio:** Dom\_Tipo\_Proceso Morfodinamico

<b>Código</b>	<b>Definición</b>
01	Remoción
02	Acumulación
03	Remoción y Acumulación

**Nombre del Dominio:** Dom\_Procesos\_Linea

<b>Código</b>	<b>Definición</b>
3000	Deslizamiento activo de 0 – 3 ha
3001	Deslizamiento - avalancha
5902	Terraza
5917	Vertiente en roca
5920	Borde superior de valle glaciar en U
5921	Garganta sub-glacial
5923	Paleocanal en la llanura aluvial
5925	Cresta monoclinal con talud abrupto
5926	Cresta divisoria
5927	Escarpe erosivo bien preservado
5930	Corredor de debris flow activo
5931	Corredor de debris flow inactivo
5933	Circo glaciar
5934	Cárcava areal activa
5935	Cárcava areal inactiva
5936	Debris flow activo
5937	Debris flow inactivo
5938	Morrena terminal
5943	Deslizamiento mayor de 3 ha
5944	Corona de deslizamiento antiguo
5945	Corredor inactivo de flujo de lodo
5946	Corredor activo de flujo de lodo
5947	Escarpe erosivo con caída activa de bloques
5948	Caída de rocas
5950	Deslizamiento inactivo de 0 - 3 ha
5955	Depósito de vertiente
5956	Relleno aluvial
5957	Desgarre superficial activo
5959	Socavamiento del lecho del río
5960	Solifluxión - Reptación
5962	Cárcava lineal inactiva
5963	Cárcava lineal activa
5964	Zona afectada por carcavamiento activo
5965	Erosión laminar intensa
5966	Vertiente con inestabilidad manifiesta
5967	Vertiente con inestabilidad manifiesta inactiva
5968	Esguerramiento difuso

5975	Erosión laminar
5980	Escarpe erosivo
5981	Agrietamiento del terreno
5982	Reptación
5983	Hundimiento del terreno
5984	Erosión Lateral
5985	
5986	Movimientos en masa antiguos potencialmente inestables
5987	Rupturas Difusas
5988	Cabezas de movimientos de masa muy antiguos

**Feature Class:** Morfodinámica\_Poligonos

**Nombre de la Capa:** Morfodinámica de polígonos

**Geometría:** Polígono

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_CUENCA	Texto	11		Código de Cuenca	Dom_Cuenca
CODIGO_PROCESO	Integer	4		Código proceso morfodinámico	Dom_Procesos_Linea
TIPO_LEVANTAMIENTO	Texto	2		Tipo de Levantamiento	Dom_Tipo_Levantamiento
TIPO_PROCESO	Texto	2		Tipo de proceso Morfodinámico	Dom_Tipo_Proceso_Morfodinámico
FECHA_EVENTO	Date			Fecha de ocurrencia o reporte del proceso morfodinámico	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

**Descripción de Dominios:**

**Nombre del Dominio:** Dom\_Procesos\_Poligono

Código	Definición
5901	Llanura aluvial del río Cauca
5902	Terraza
5903	Llanura aluvial
5904	Cono – abanico antiguo

5905	Abanico aluvial
5906	Abanico intracolinado
5907	Abanico colinado muy antiguo
5908	Deposito de flujo de lodo
5909	Llanura aluvial de piedemonte
5910	Abanico reciente y subreciente
5911	Abanico: cuerpo y pie
5914	Morrena
5917	Vertiente en roca
5918	Circo glaciar
5919	Depresión cerrada por sobre-excavación
5932	Colina aislada circundada por depósitos cuaternarios
5933	Colina sobresaliente en relieve denudativo
5934	Cárcava areal activa
5935	Cárcava areal inactiva
5943	Corona de deslizamiento antiguo inactivo
5954	Zona afectada por desgarres superficiales
5955	Depósito de vertiente
5956	Relleno aluvial
5957	Relleno fluvio-torrencial
5958	Relleno aluvial intracolinado sin diferenciar
5959	Depósito de río
5964	Zona afectada por carcavamiento antiguo
5965	Zona con erosión laminar intensa
5966	Vertiente con inestabilidad manifiesta
5967	Vertiente con inestabilidad manifiesta inactiva
5968	Vertiente con inestabilidad manifiesta activa
5969	Zona de alta concentración de cárcavas lineales y areales inactivas
5970	Erosión antrópica
5971	Depósito coluvial
5972	Depósito coluvio-aluvial
5973	Flujo de escombros
5976	Zona afectada por erosión concentrada
5977	Zona en proceso de reactivación de cárcavas
5978	Tierras malas
5979	Erosión por terracetas
5982	Zona de alta concentración de deslizamientos
5990	Depósito glaciar
5991	Zona de alta concentración de movimientos en masa pequeños
5992	Vertiente en roca con expresión nítida de sus estructuras
5993	Rocas aborregadas
5994	Depresión cerrada por sobre-excavación glaciar
5995	Laguna
5998	Superficie heredada en la cima de bloques montañosos
5999	Colina aislada
6000	Playa – Arenal
6001	Afloramiento de roca
6002	Deslizamiento antiguo
6003	Deslizamiento rotacional reactivado
6004	Erosión controlada
6005	Erosión activa

6006	Rasgos morfológicos de remoción en masa antiguos no clasificados
6007	Zona de erosión potencial
6008	Escarpe
6009	Zonas de acumulación de movimientos de remoción en masa
6010	Zonas de erosión de cauce
6011	Escalonamiento
6012	Cárcava antigua reactivada
6013	Hundimiento local del terreno
6014	Deslizamiento superficial reciente
6015	Reptación
6016	Depósito de ladera
6017	Nichos ó surcos
6018	Bloques flotantes de Diabasa
6019	Diques de diabasa
6020	Cicatrices de deslizamientos traslacionales
6021	Deslizamiento rotacional reciente

**Observación:** El dominio Dom\_Tipo\_Levantamiento y Dom\_Tipo\_Proceso\_morfodinamico es igual que el del feature Morfodinámica\_Líneas.

**Anexo 7.1: Hidrología – Isoyetas Mensuales Multianuales**

























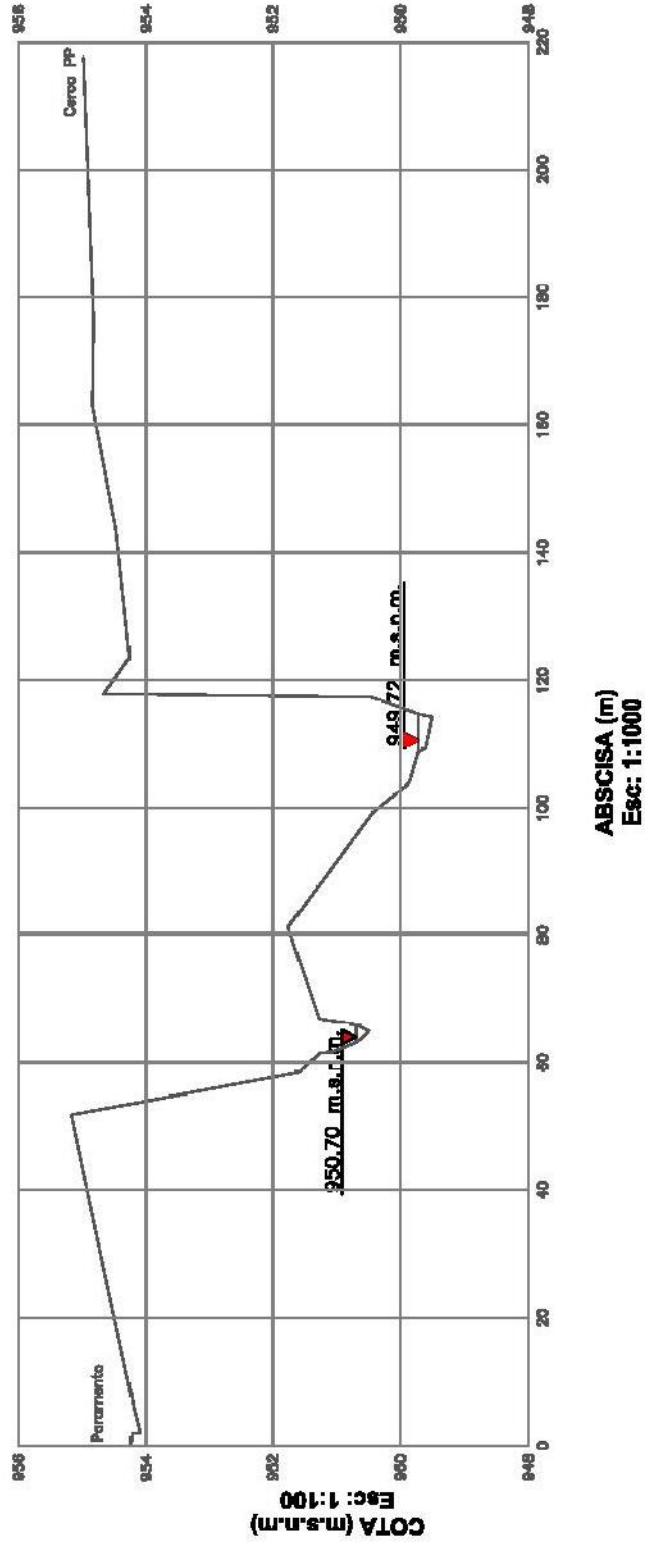






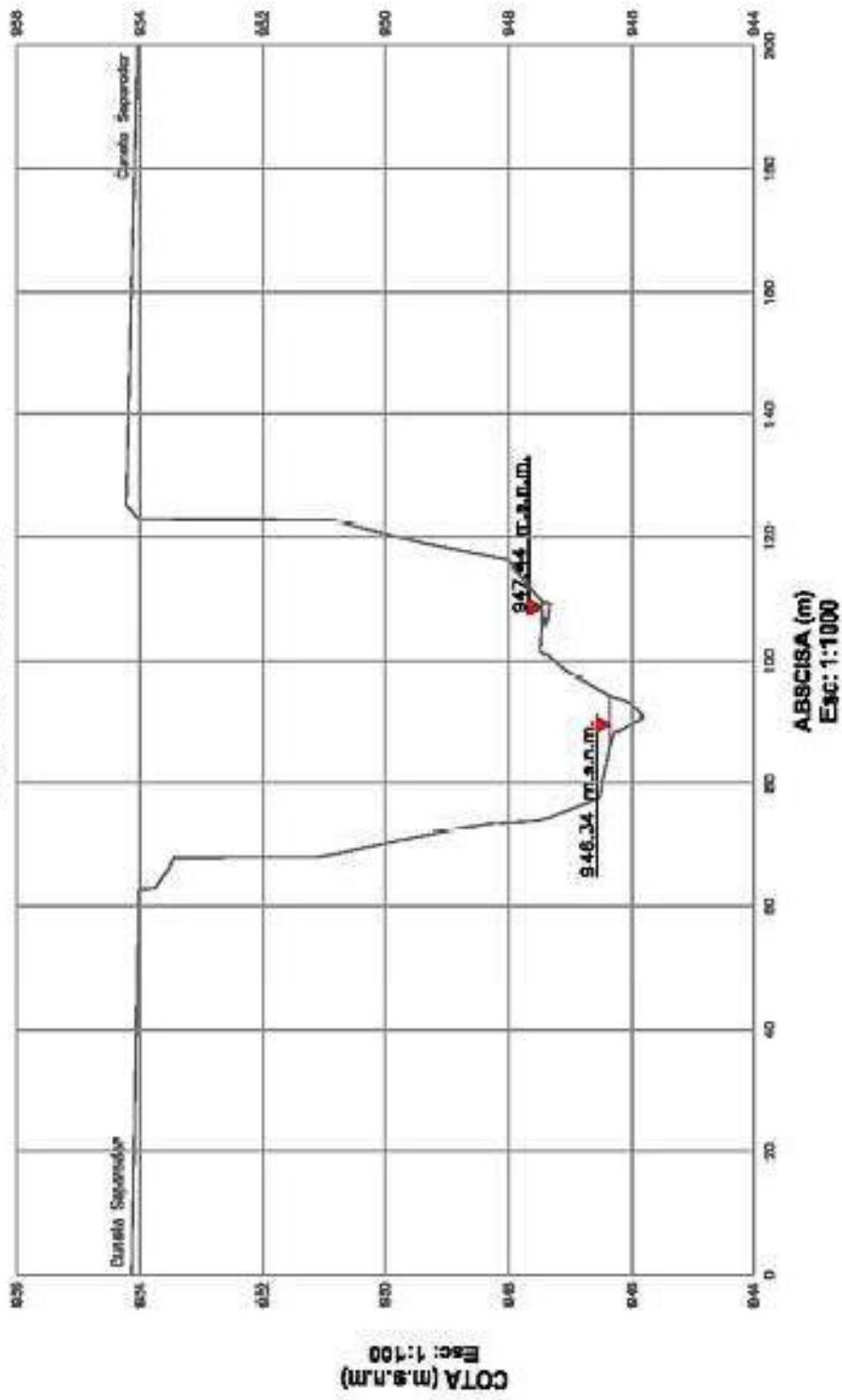
**Anexo 8.1: Hidráulica - Secciones transversales del Río Guadalajara  
realizadas por estudios elaborados por el PMC, 2003**

**RIO GUADALAJARA**  
**SECCION 02 Km 4+290 (1)**  
**Agosto 21 de 2003**



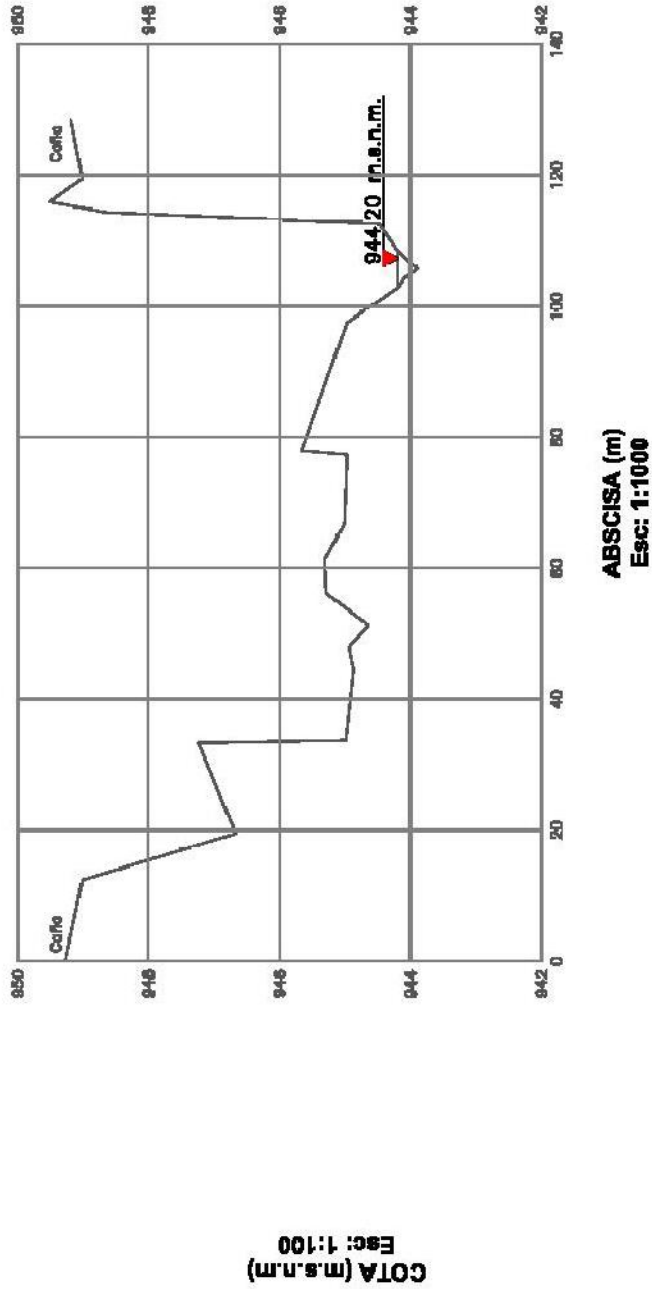
Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
 (2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)

**RIO GUADALAJARA**  
**SECCION 03 Km 4+060 (1)**  
**Agosto 21 de 2003**



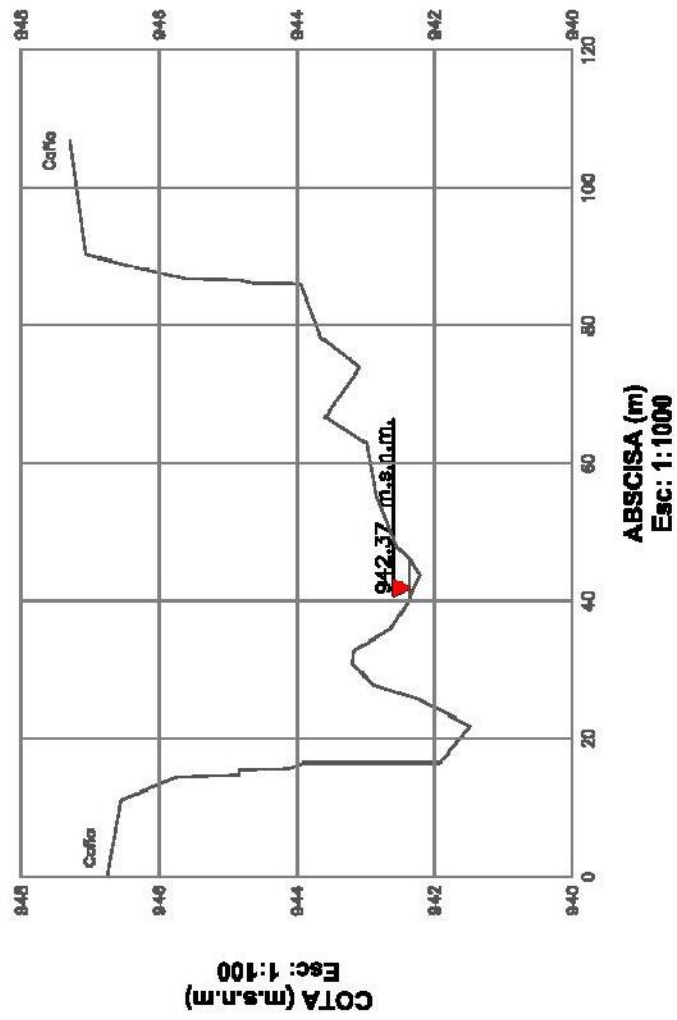
Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
 (2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 04 Km 3+830 (1)  
Agosto 21 de 2003**



- Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

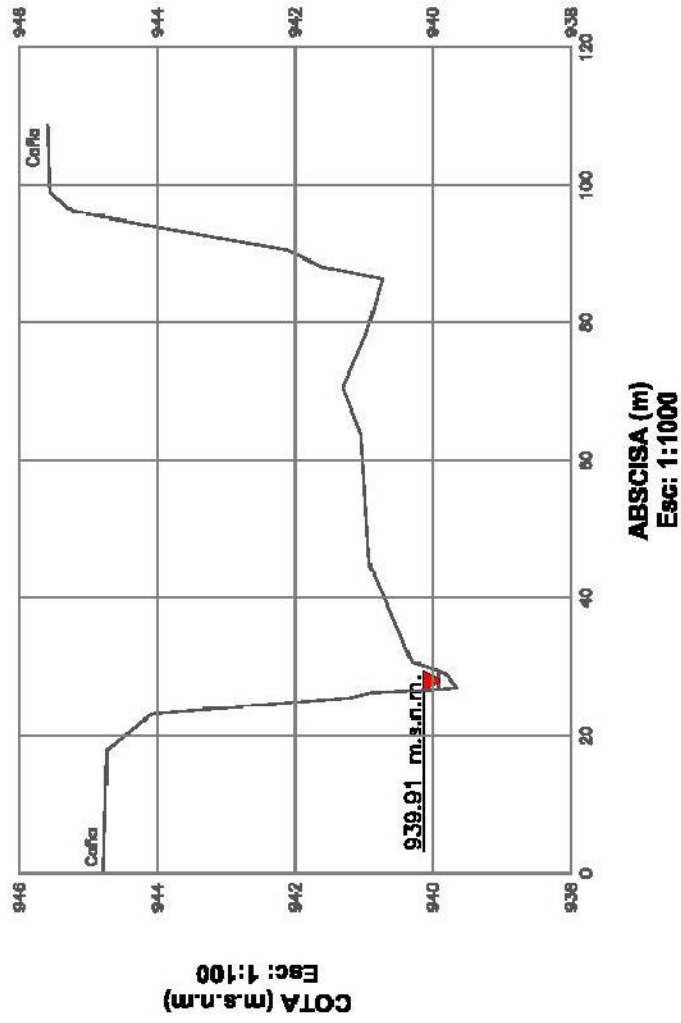
**RIO GUADALAJARA**  
**SECCION 05 Km 3+580 (1)**  
**Agosto 21 de 2003**



**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca**  
**(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

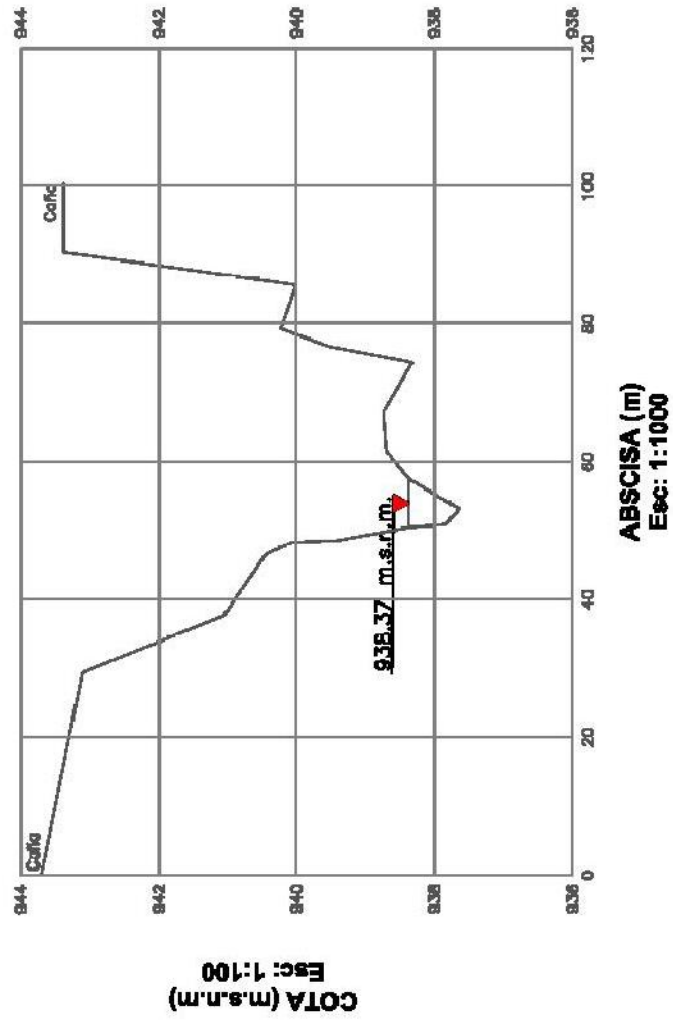


**RIO GUADALAJARA  
SECCION 06 Km 3+340 (1)  
Agosto 21 de 2003**



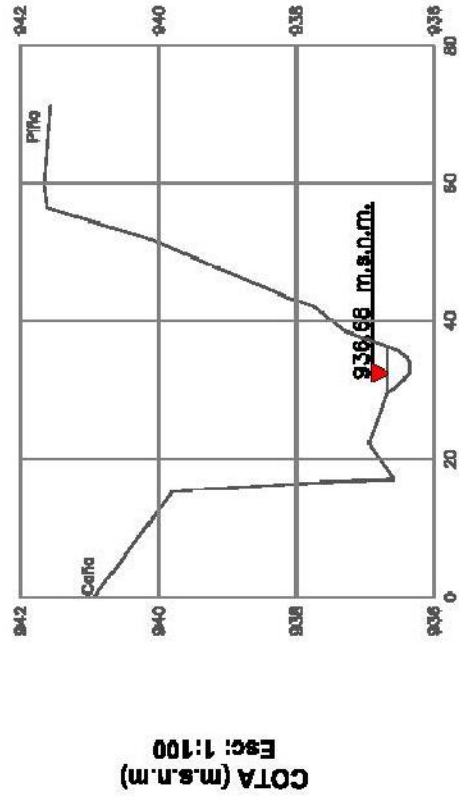
**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 07 Km 3+120 (1)  
Agosto 21 de 2003**



**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

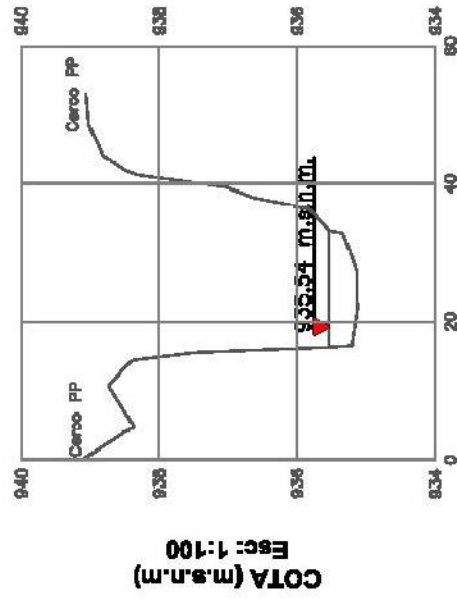
**RIO GUADALAJARA  
SECCION 08 Km 2+870 (1)  
Agosto 22 de 2003**



**ABSCISA (m)  
Esc: 1:1000**

**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA**  
**SECCION 09 Km 2+580 (1)**  
**Agosto 22 de 2003**



COTA (m.s.n.m.)  
Esc: 1:100

ABSCISA (m)  
Esc: 1:1000

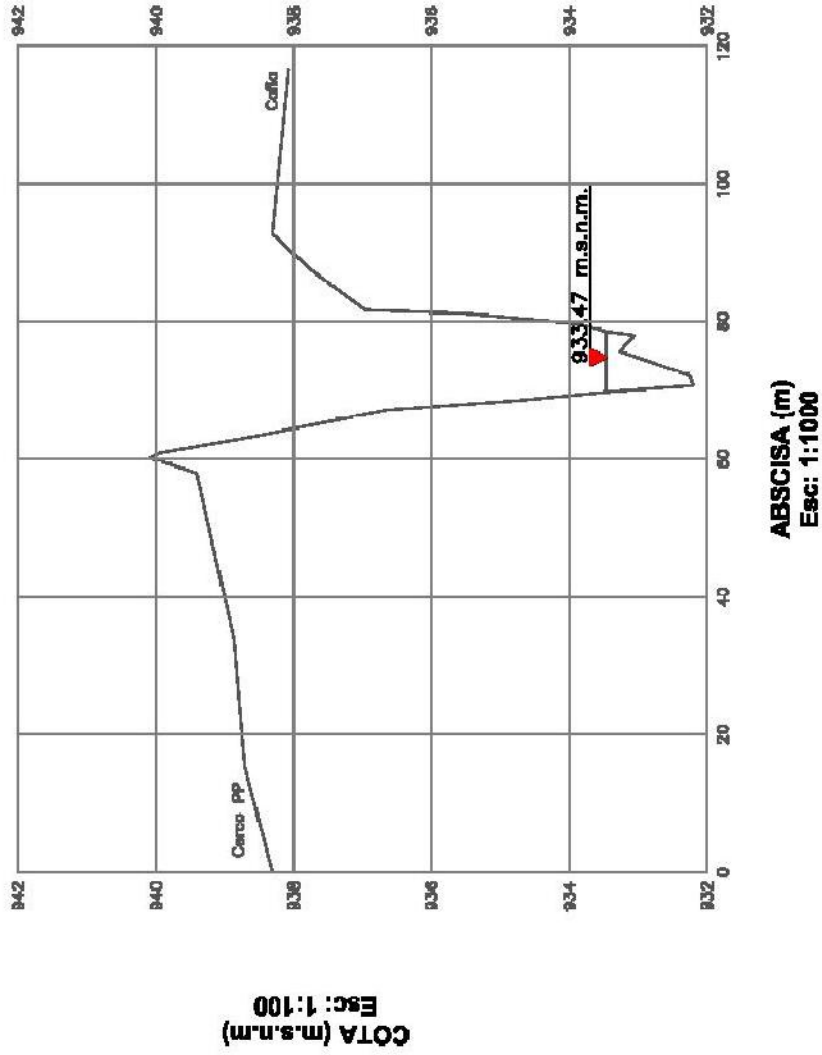
Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 10 Km 2+390 (1)  
Agosto 21 de 2003**



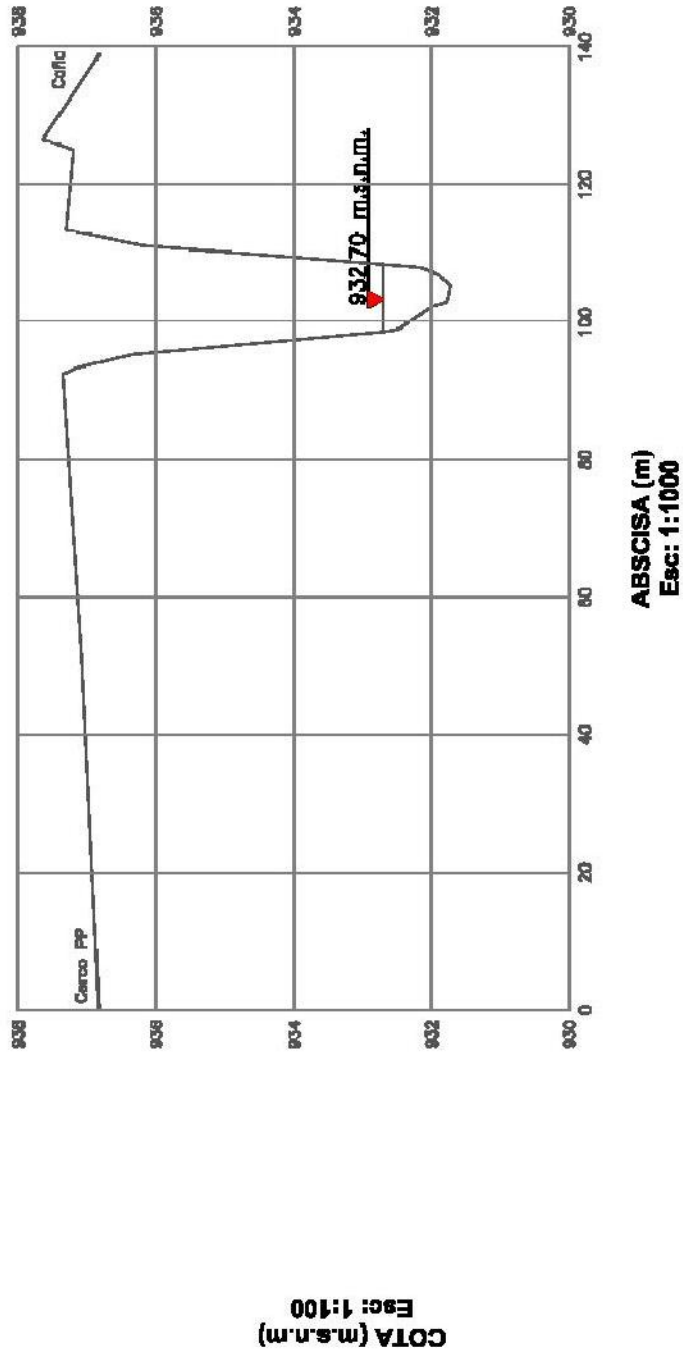
**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA**  
**SECCION 11 Km 2+210 (1)**  
**Agosto 22 de 2003**



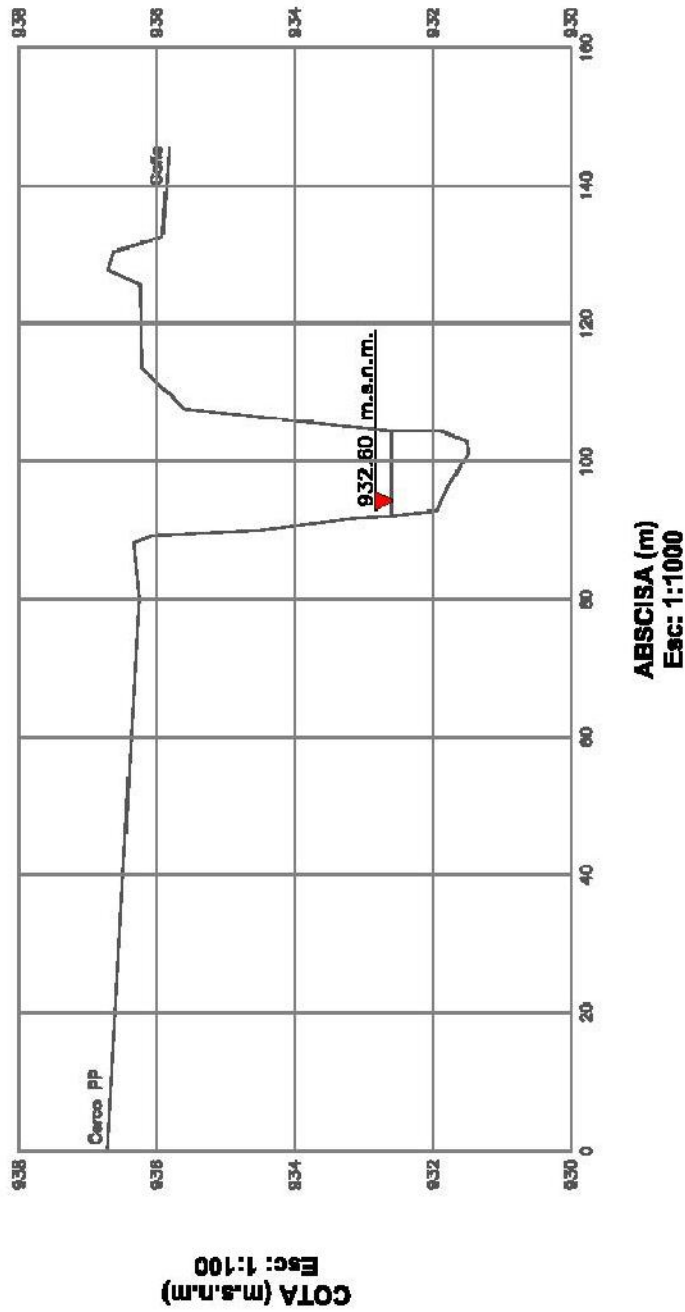
**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca**  
**(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 12 Km 1+890 (1)  
Agosto 22 de 2003**



**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

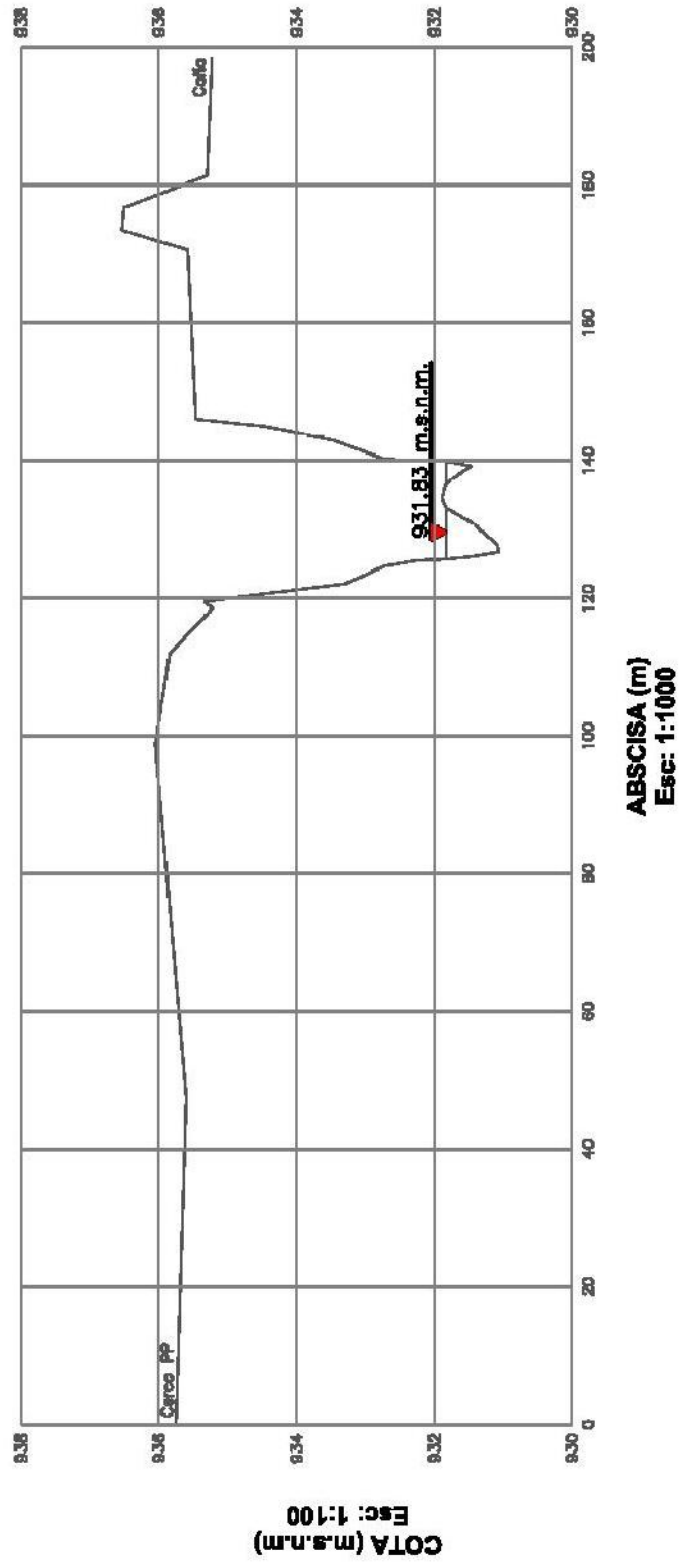
**RIO GUADALAJARA  
SECCION 13 Km 1+670 (1)  
Agosto 22 de 2003**



- Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

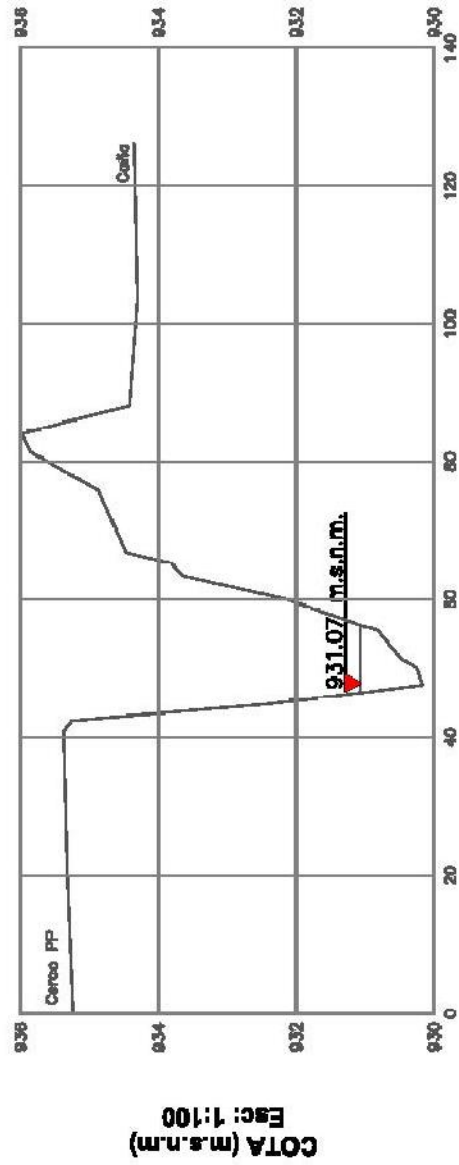


**RIO GUADALAJARA  
SECCION 14 Km 1+450 (1)  
Agosto 22 de 2003**



**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

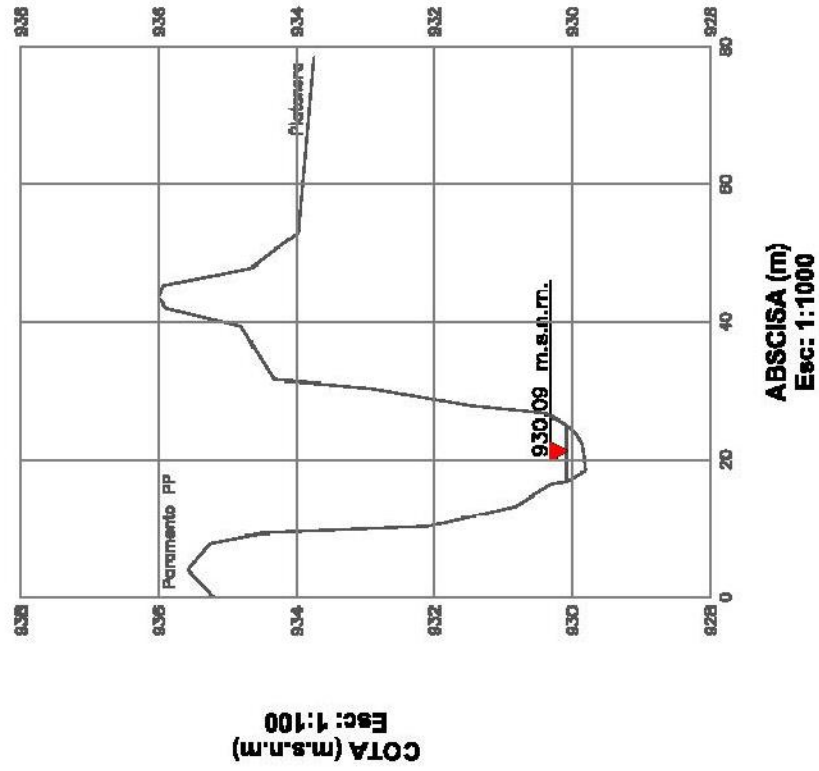
**RIO GUADALAJARA  
SECCION 15 Km 1+210 (1)  
Agosto 22 de 2003**



**ABSCISA (m)  
Esc: 1:1000**

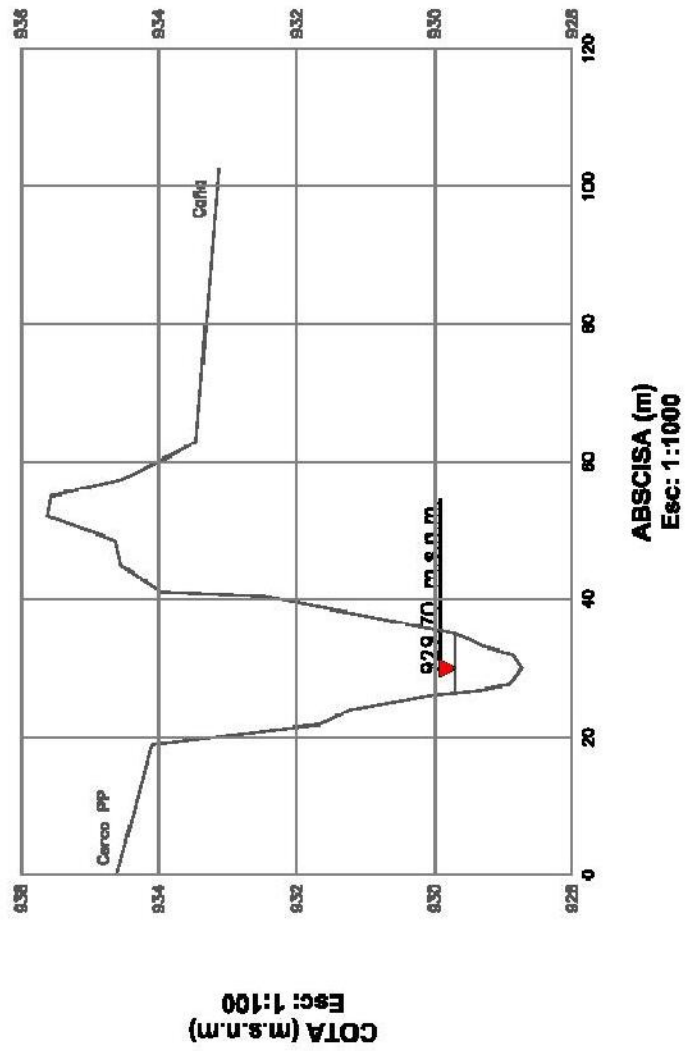
**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA**  
**SECCION 16 Km 1+030 (1)**  
**Agosto 23 de 2003**



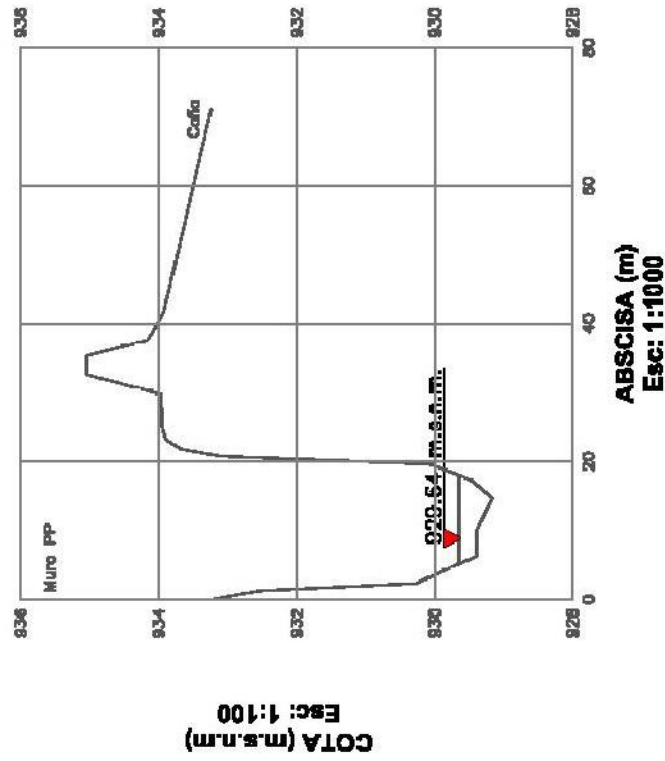
- Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca**  
**(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 17 Km 0+860 (1)  
Agosto 23 de 2003**



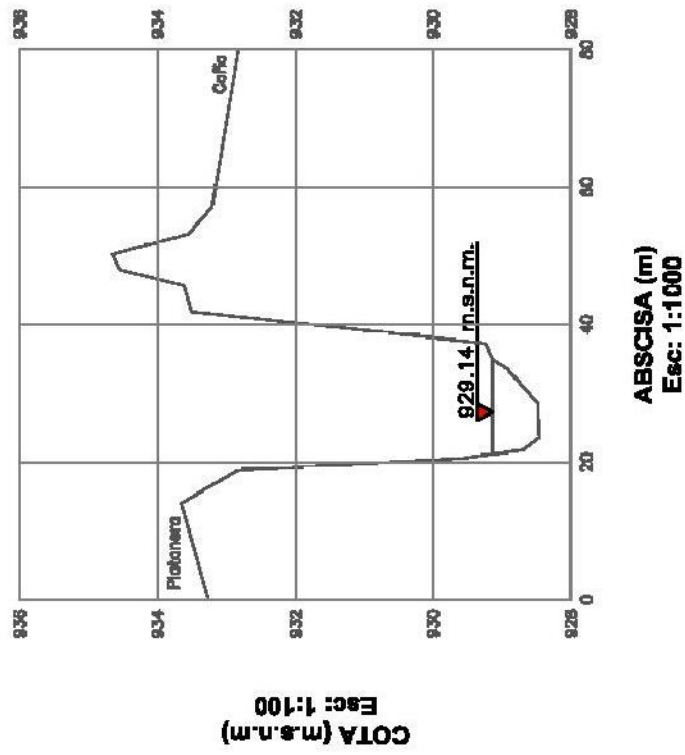
**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 18 Km 0+650 (1)  
Agosto 23 de 2003**



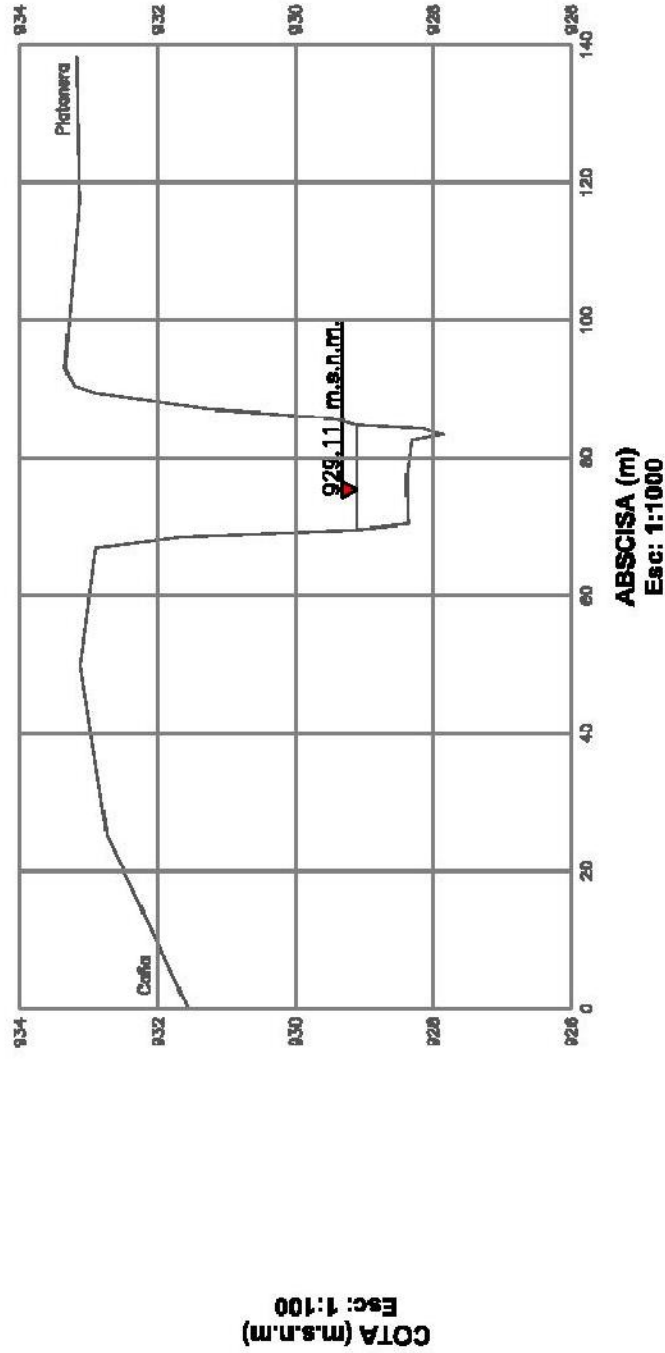
**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 19 Km 0+410 (1)  
Agosto 23 de 2003**



- Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

**RIO GUADALAJARA  
SECCION 20 Km 0+230 (1)  
Agosto 23 de 2003**

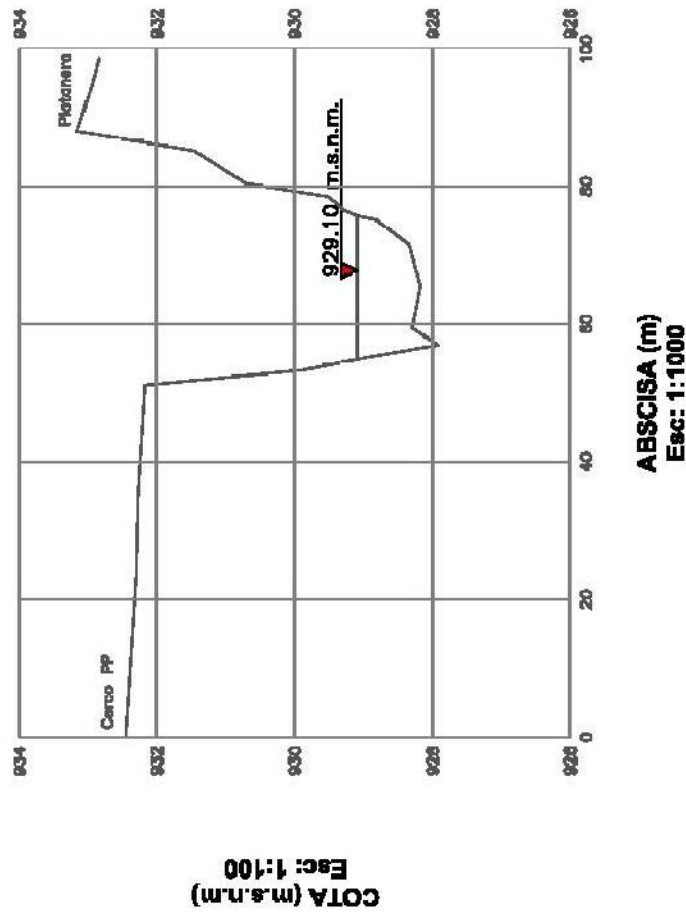


**COTA (m.s.n.m.)  
Esc: 1:100**

**ABSCISA (m)  
Esc: 1:1000**

- Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**

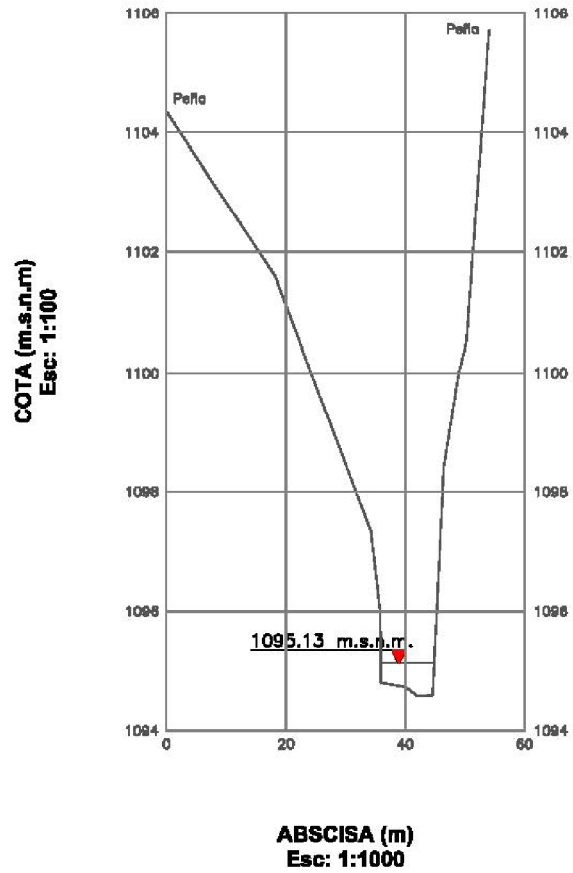
**RIO GUADALAJARA  
SECCION 21 Km 0+070 (1)  
Agosto 23 de 2003**



**Notas: (1) Localización de la sección desde la confluencia del río al Río Cauca  
(2) Cotas en el sistema de elevaciones IGAC (Red Geodésica PMC - 2003)**



**RIO GUADALAJARA  
ESTACION HIDROMETRICA PUENTE NEGRO  
SECCION 22  
Agosto 23 de 2003**



**Notas: COORDENADAS Y ELEVACIONES ARBITRARIAS.**

**Anexo 8.2: Hidráulica - Ubicación de los tramos correspondientes a las secciones transversales realizadas por CVC en 1997**

## **Ubicación de los tramos de las secciones transversales del río Guadalajara (CVC, 1997)**

### **TRAMO 1**

El tramo 1 va desde la sección 1 (abscisa  $K0 + 000$ ) a la sección 7 ( $K0 + 168.7$ ). Este tramo inicia unos metros aguas arriba de la bocatoma Chambimbal. La pendiente de este tramo es de 0.0216.

### **TRAMO 2**

El tramo 2 va desde la sección 7 (abscisa  $K0 + 168.7$ ) hasta la sección 17 (abscisa  $K0 + 569.32$ ), después algunos metros aguas arriba de la bocatoma Chambimbal hasta el puente de la vía a Miravalle. La pendiente de este tramo es 0.0134.

### **TRAMO 3**

El tramo 3 va desde la sección 17 (abscisa  $K0 + 569.32$ ) hasta la sección 22 (abscisa  $K0 + 723.08$ ), desde el puente de la vía a Miravalle hasta la bocatoma El Albergue. La pendiente de este tramo es de 0.0234.

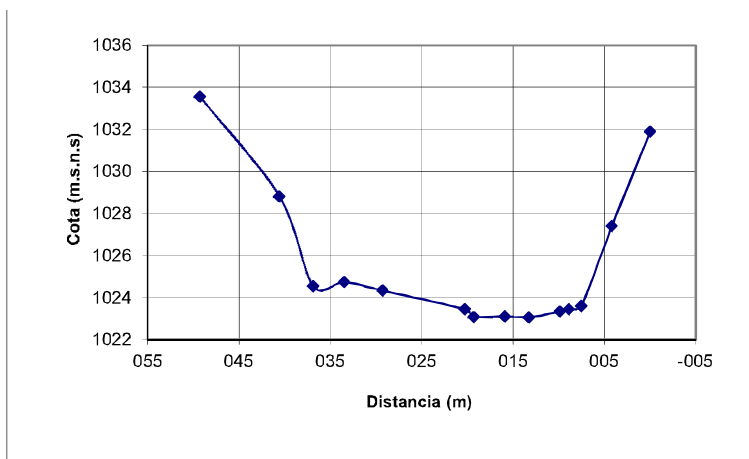
### **TRAMO 4**

El tramo 4 va desde la sección 22 (abscisa  $K0 + 723.08$ ) hasta la sección 26 ( $K0 + 940$ ), desde la bocatoma El Albergue hasta aproximadamente 216.92 m aguas debajo de este punto. La pendiente de ese tramo es de 0.0143.

**Anexo 8.3: Hidráulica - Secciones transversales de Rio Guadalajara  
realizadas en 1997 por la CVC**

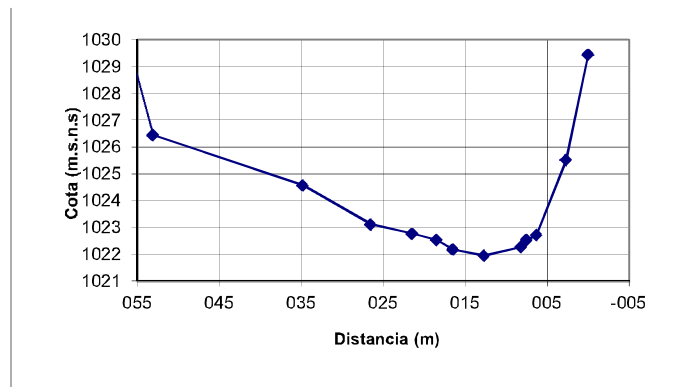
### SECCIÓN 1 - ABSCISA K0 + 000 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1031,902
4,20	1027,403
7,55	1023,606
8,90	1023,445
9,90	1023,337
13,29	1023,052
15,90	1023,104
19,29	1023,072
20,30	1023,443
29,30	1024,332
33,50	1024,74
36,90	1024,546
40,60	1028,806
49,30	1033,553



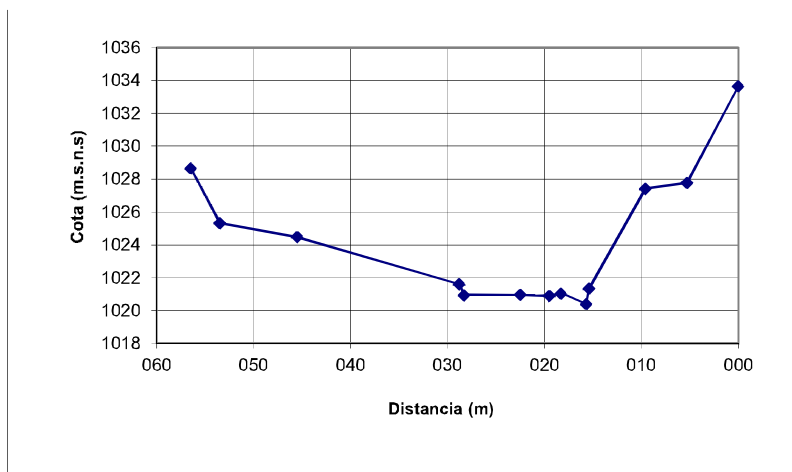
**SECCIÓN 2 - ABCISA K0 + 040 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1029,445
2,70	1025,514
6,30	1022,714
7,50	1022,542
8,20	1022,27
12,70	1021,948
16,50	1022,177
18,50	1022,531
21,50	1022,767
26,50	1023,114
34,80	1024,567
53,10	1026,445
55,10	1028,748



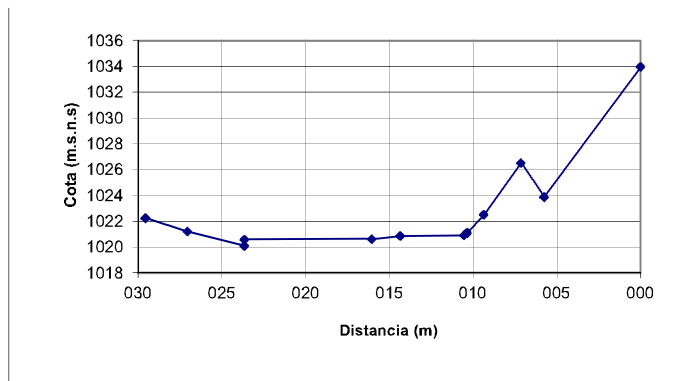
### SECCIÓN 3 - ABSCISA K0 + 080 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1033,652
5,30	1027,773
9,60	1027,41
15,40	1021,344
15,70	1020,396
18,30	1021,043
19,50	1020,878
22,50	1020,961
28,30	1020,933
28,80	1021,591
45,50	1024,459
53,50	1025,323
56,50	1028,656



**SECCIÓN 4 - ABSCISA K0 + 100 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

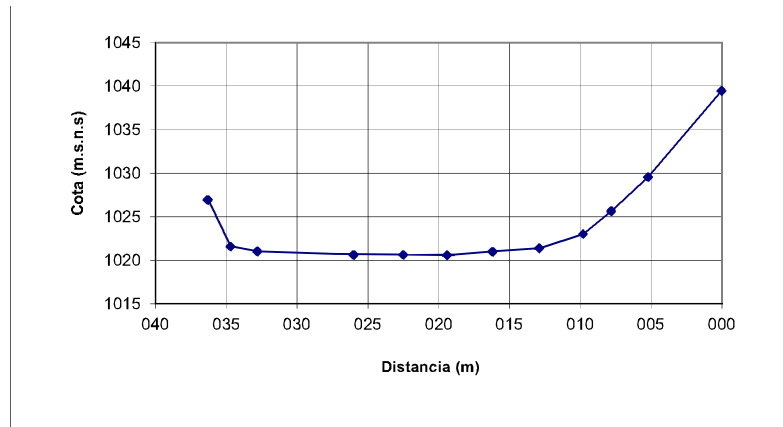
Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1033,968
5,75	1023,863
7,15	1026,491
9,35	1022,501
10,35	1021,089
10,55	1020,893
14,35	1020,836
16,05	1020,592
23,65	1020,565
23,65	1020,088
27,05	1021,19
29,55	1022,222





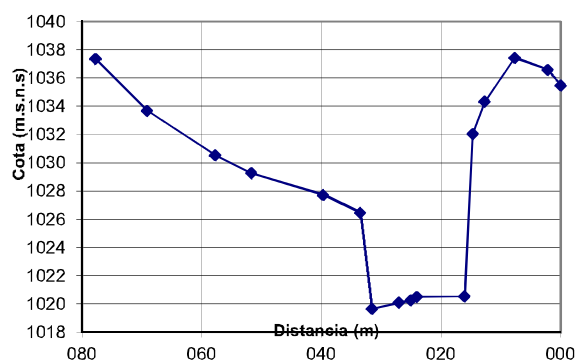
### SECCIÓN 5 - ABSCISA K0 + 105 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1039,485
5,20	1029,541
7,80	1025,64
9,80	1022,989
12,90	1021,394
16,20	1020,998
19,40	1020,583
22,50	1020,631
26,00	1020,611
32,80	1021,001
34,70	1021,584
36,30	1026,953



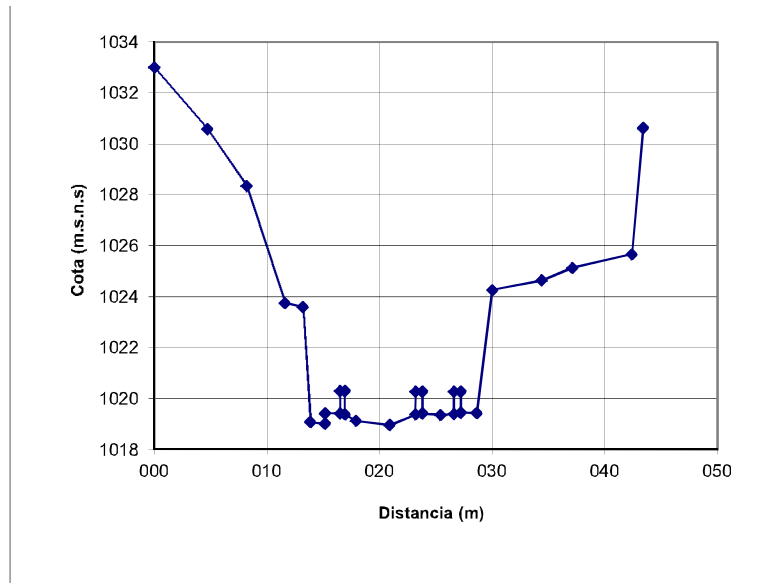
### SECCIÓN 6 - ABCISA K0 + 131 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1035,475
2,20	1036,579
7,70	1037,429
12,70	1034,32
14,70	1032,05
16,05	1020,546
24,05	1020,495
25,05	1020,25
27,05	1020,076
31,55	1019,646
33,50	1026,453
39,70	1027,72
51,70	1029,257
57,70	1030,525
69,10	1033,673
77,70	1037,343



### SECCIÓN 7 - ABCISA K0 + 168,70 Río Guadalajara (CVC, 1997)

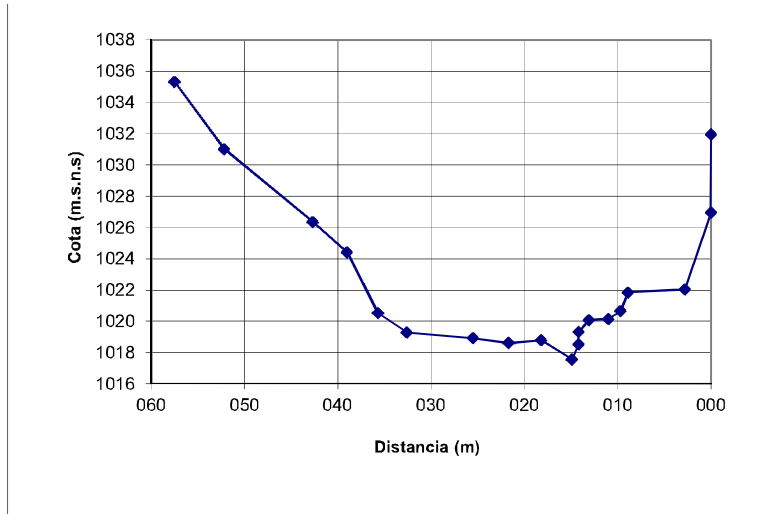
Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1033
4,70	1030,585
8,20	1028,347
11,60	1023,752
13,20	1023,592
13,85	1019,075
15,15	1019,01
15,16	1019,42
16,50	1019,42
16,50	1020,292
16,90	1020,292
16,90	1019,377
17,90	1019,125
20,90	1018,96
23,20	1019,375
23,20	1020,268
23,80	1020,27
23,80	1019,413
25,40	1019,355
26,60	1019,395
26,60	1020,273
27,20	1020,272
27,20	1019,44
28,63	1019,434



30,00	1024,266
34,40	1024,636
37,10	1025,131
42,40	1025,671
43,40	1030,634

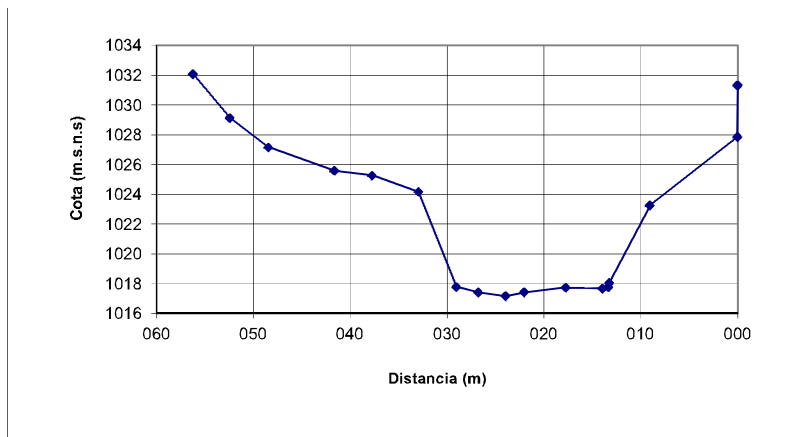
**SECCIÓN 8 - ABSCISA K0 + 191,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1031,951
0,00	1026,95
2,80	1022,04
8,90	1021,84
9,70	1020,647
11,00	1020,149
13,10	1020,065
14,20	1019,315
14,20	1018,523
14,90	1017,54
18,20	1018,78
21,70	1018,6
25,50	1018,902
32,60	1019,275
35,70	1020,522
39,00	1024,396
42,70	1026,349
52,20	1031,016
57,50	1035,318



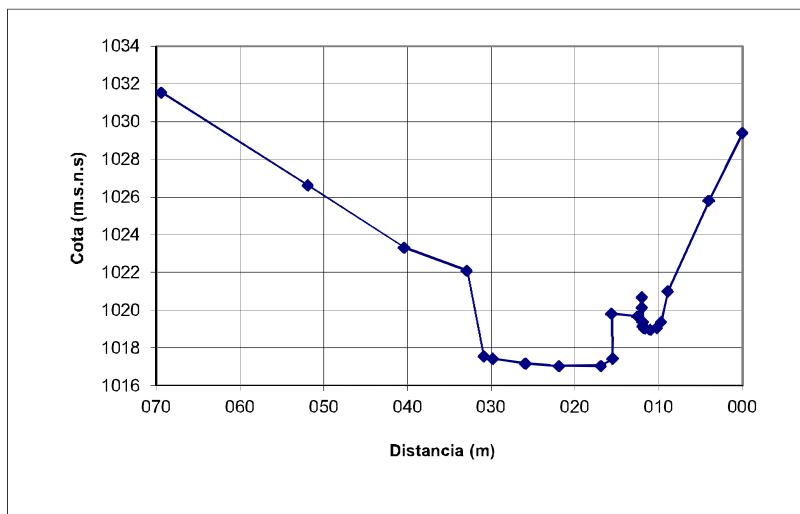
### SECCIÓN 9 - ABSCISA K0 + 240,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1031,332
0,00	1027,852
9,05	1023,258
13,25	1018,07
13,35	1017,77
13,95	1017,67
17,75	1017,73
22,05	1017,427
23,95	1017,16
26,75	1017,415
29,05	1017,788
32,95	1024,168
37,75	1025,258
41,65	1025,593
48,45	1027,156
52,45	1029,123
56,25	1032,075



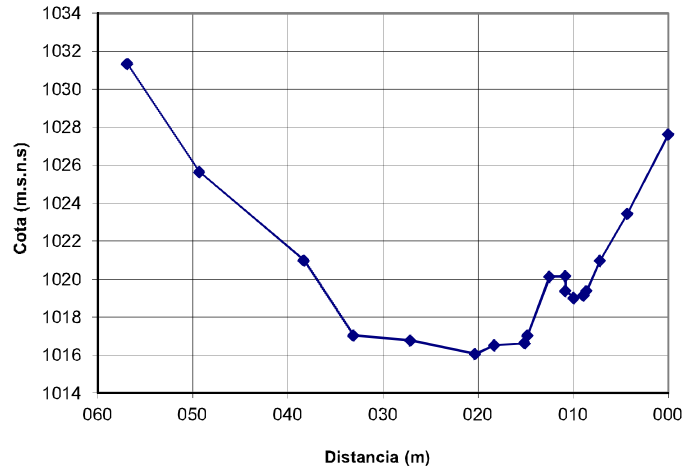
### SECCIÓN 10 - ABSCISA K0 + 280,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1029,395
4,00	1025,793
8,90	1021,003
9,70	1019,37
10,20	1019,058
11,00	1018,958
11,70	1019,033
11,90	1019,143
11,90	1019,37
12,00	1020,131
12,00	1020,685
12,50	1019,664
15,65	1019,813
15,50	1017,42
16,90	1017,028
21,90	1017,028
25,90	1017,17
29,83	1017,421
30,90	1017,528
32,90	1022,099
40,40	1023,321
51,90	1026,607
69,40	1031,536



**SECCIÓN 11 - ABSCISA K0 + 320,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

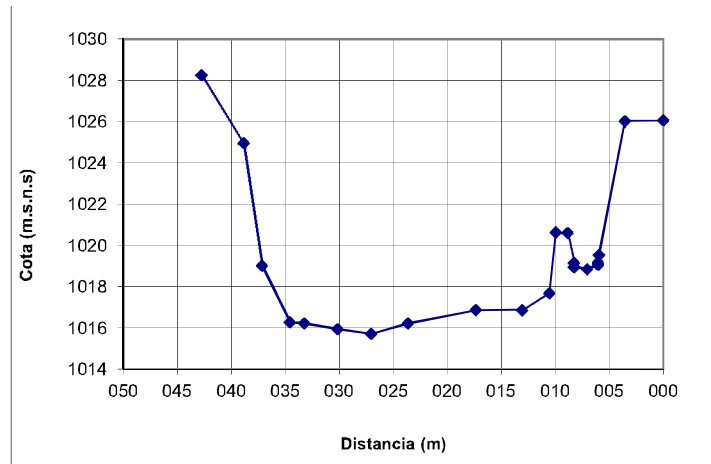
Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1027,618
4,30	1023,456
7,20	1020,966
8,60	1019,376
8,90	1019,136
9,95	1019,006
10,82	1019,376
10,82	1020,166
12,50	1020,136
14,80	1017,033
15,10	1016,623
18,30	1016,514
20,30	1016,059
27,10	1016,764
33,10	1017,034
38,30	1020,981
49,30	1025,632
56,90	1031,331





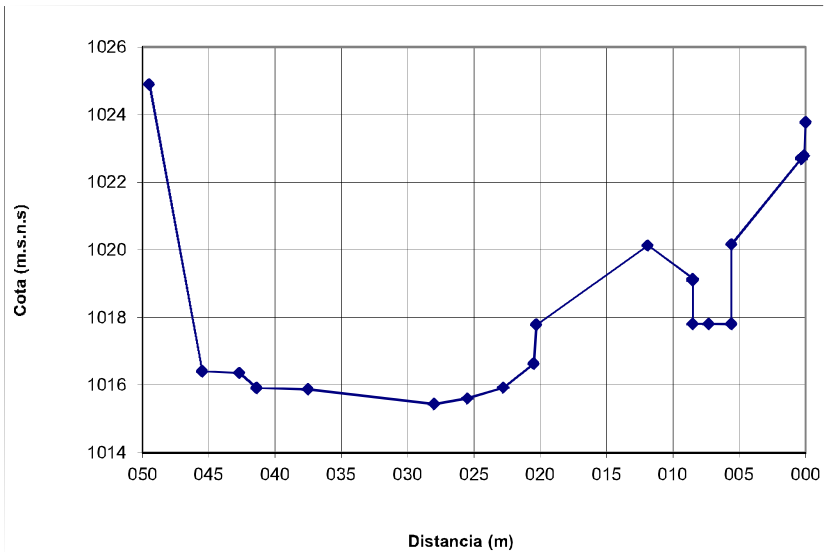
**SECCIÓN 12 - ABSCISA K0 + 360,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1026,068
3,55	1026,029
5,95	1019,549
6,05	1019,165
6,05	1019,066
7,05	1018,856
8,25	1018,956
8,25	1019,166
8,85	1020,601
9,95	1020,628
10,55	1017,691
13,05	1016,862
17,35	1016,862
23,65	1016,22
27,05	1015,712
30,15	1015,941
33,25	1016,217
34,56	1016,28
37,15	1019,015
38,85	1024,955
42,75	1028,255



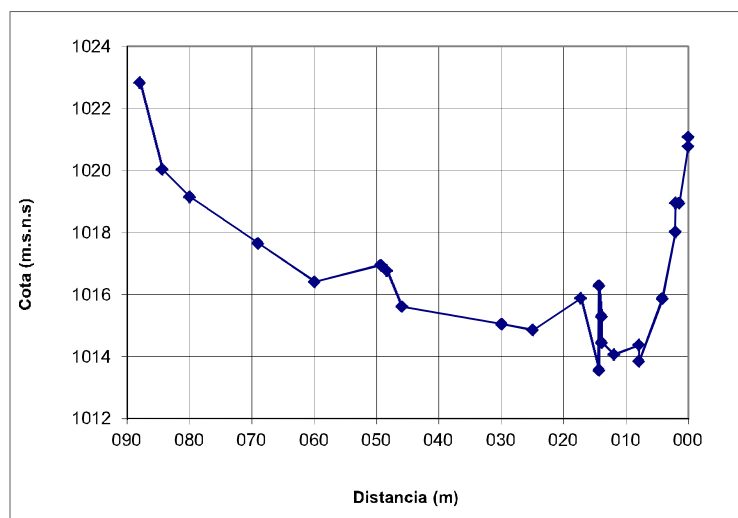
**SECCIÓN 13 - ABSCISA K0 + 399,840 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1023,772
0,10	1022,79
0,30	1022,683
0,30	1022,723
5,60	1020,16
5,60	1017,805
7,30	1017,805
8,50	1017,805
8,50	1019,095
8,50	1019,141
11,90	1020,131
20,30	1017,786
20,50	1016,636
22,80	1015,92
25,50	1015,606
28,00	1015,44
37,50	1015,876
41,40	1015,917
42,70	1016,356
45,50	1016,411
49,50	1024,891



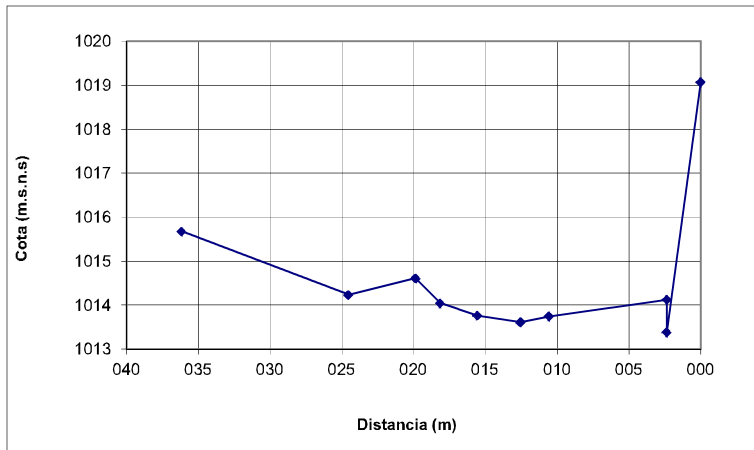
### SECCIÓN 14 - ABSCISA K0 + 492,900 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1021,08
0,00	1020,781
1,45	1018,951
2,05	1018,954
2,05	1018,024
4,15	1015,864
7,90	1013,846
7,90	1014,371
11,90	1014,066
13,90	1014,446
13,90	1015,294
14,30	1016,294
14,30	1013,556
17,20	1015,88
24,90	1014,856
29,90	1015,046
45,90	1015,611
48,30	1016,765
49,30	1016,956
59,90	1016,406
69,00	1017,656
79,90	1019,145
84,30	1020,035
87,90	1022,835



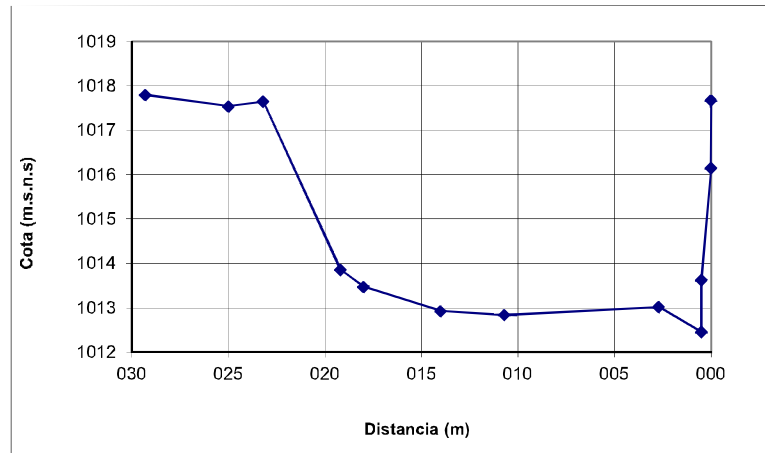
**SECCIÓN 15 - ABSCISA K0 + 540,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1019,067
2,35	1013,381
2,35	1014,121
10,56	1013,746
12,55	1013,611
15,55	1013,761
18,15	1014,047
19,85	1014,611
24,55	1014,231
36,15	1015,676



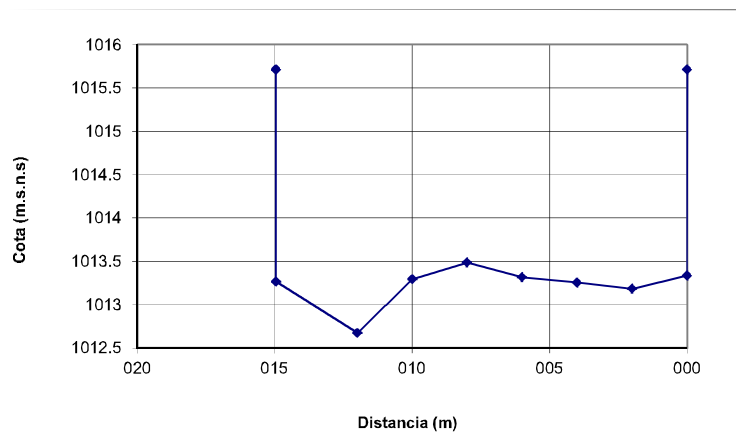
**SECCIÓN 16 - ABSCISA K0 + 560,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1015,714
0,00	1013,335
2,00	1013,185
4,00	1013,255
6,00	1013,315
8,00	1013,485
10,00	1013,295
12,00	1012,675
14,95	1013,265
14,95	1015,714



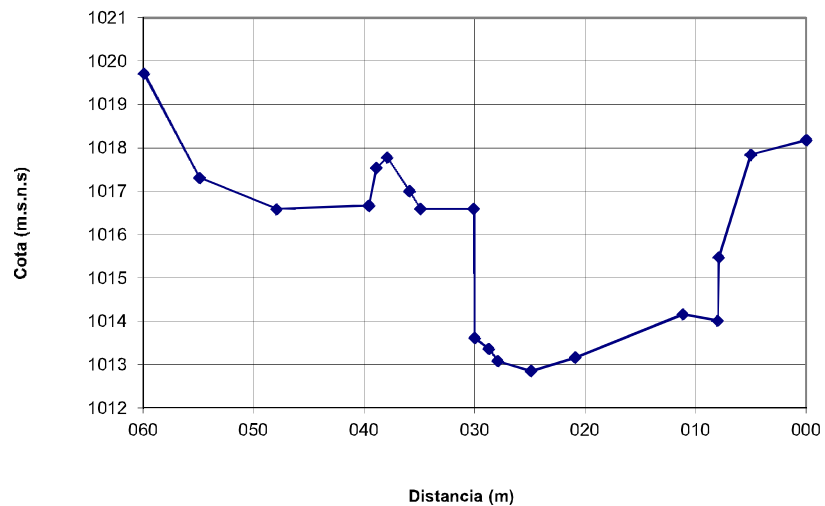
**SECCIÓN 17 - ABSCISA K0 + 569,325 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1017,668
0,00	1016,143
0,50	1013,621
0,50	1012,444
2,70	1013,014
10,70	1012,834
14,00	1012,924
18,00	1013,474
19,20	1013,854
23,20	1017,644
25,00	1017,539
29,30	1017,794



### SECCIÓN 18 - ABSCISA K0 + 572,220 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1018,176
5,00	1017,84
7,90	1015,47
8,00	1014,011
11,15	1014,161
20,90	1013,161
24,90	1012,851
27,90	1013,08
28,70	1013,361
30,00	1013,611
30,10	1016,594
34,90	1016,589
35,90	1016,999
37,90	1017,779
38,90	1017,534
39,55	1016,669
47,90	1016,587
54,90	1017,309
59,90	1019,708



### SECCIÓN 19 - ABSCISA K0 + 620,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)

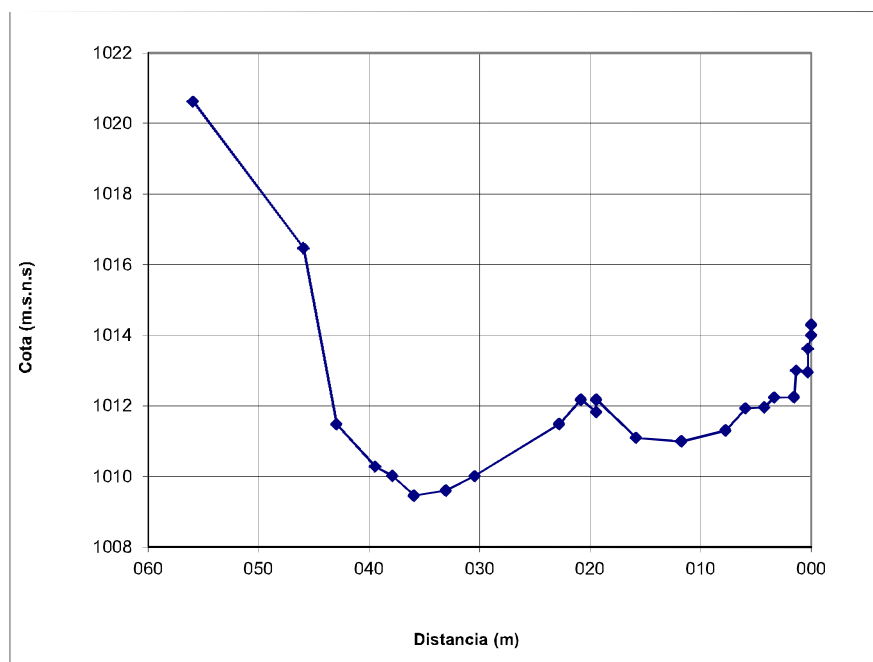
Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1015,715
0,00	1015,457
0,55	1015,457
0,55	1014,477
1,55	1014,477
1,95	1014,707
3,75	1013,447
4,55	1013,197
5,95	1012,645
8,95	1012,909
12,55	1012,547
14,55	1013,039
16,56	1013,994
22,56	1014,097
29,95	1013,694
34,85	1012,359
37,75	1011,691
41,15	1012,204
42,45	1012,357
49,15	1012,614
50,45	1015,213
57,75	1020,213





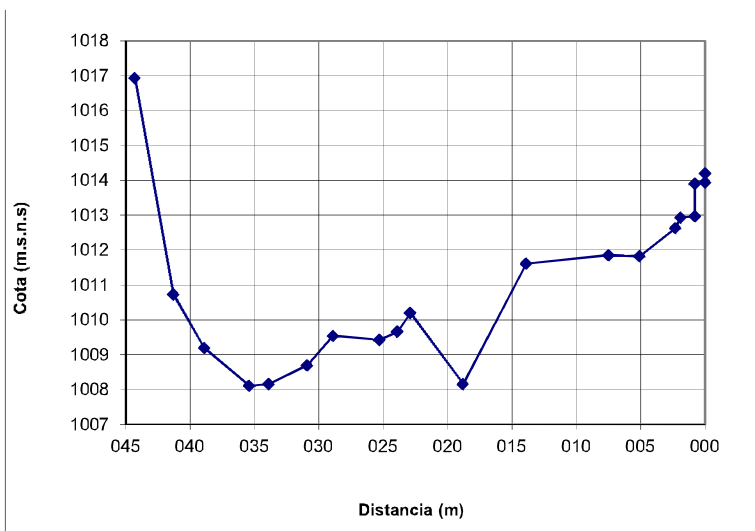
### SECCIÓN 20 - ABSCISA K0 + 669,640 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1014,295
0,00	1013,995
0,30	1013,615
0,30	1012,954
1,35	1012,996
1,55	1012,246
3,35	1012,236
4,25	1011,956
5,95	1011,926
7,75	1011,299
11,75	1010,993
15,85	1011,091
19,45	1012,175
19,45	1011,821
20,85	1012,176
22,80	1011,486
30,45	1010,011
33,05	1009,604
35,95	1009,456
37,90	1010,013
39,45	1010,276
42,95	1011,471
45,95	1016,471
55,95	1020,617



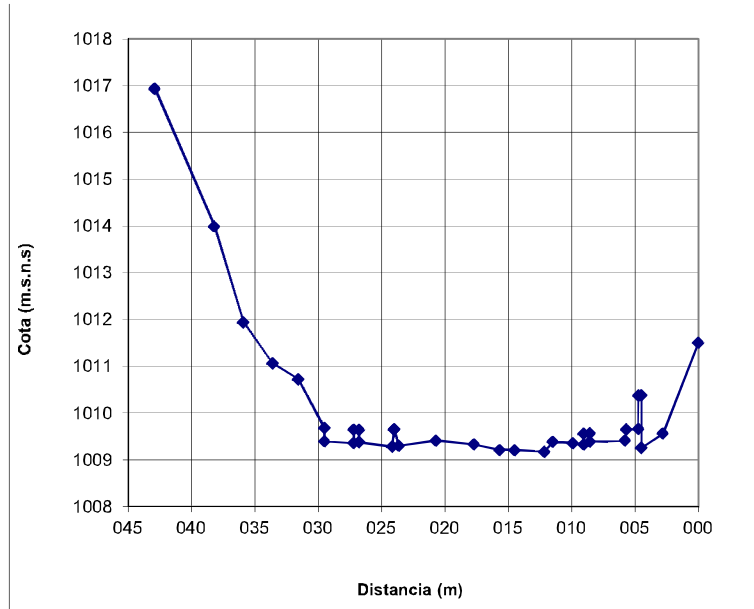
### SECCIÓN 21 - ABSCISA K0 + 692,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1014,196
0,00	1013,936
0,80	1013,905
0,80	1012,966
1,90	1012,934
2,30	1012,63
5,10	1011,819
7,50	1011,849
13,90	1011,607
18,80	1008,152
22,90	1010,195
23,90	1009,653
25,30	1009,42
28,90	1009,541
30,90	1008,695
33,90	1008,155
35,40	1008,104
38,90	1009,185
41,30	1010,732
44,30	1016,935



**SECCIÓN 22 - ABSCISA K0 + 723,080 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

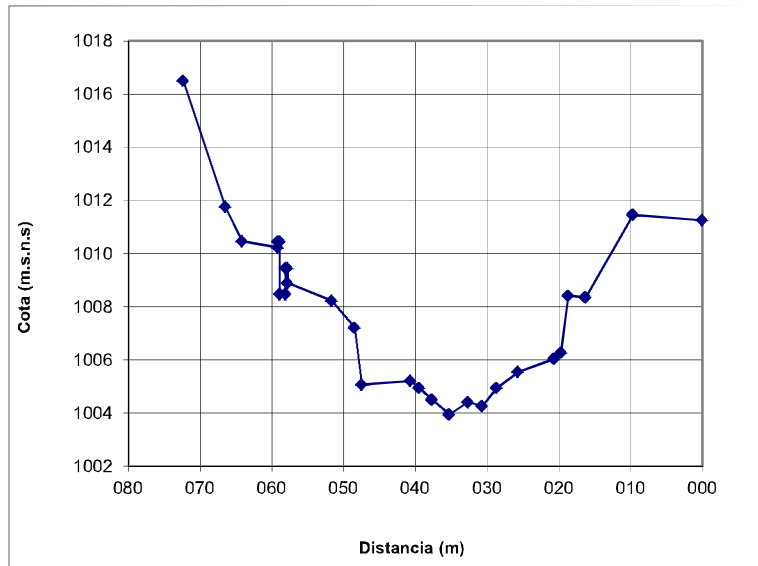
Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1011,506
2,80	1009,559
4,50	1009,254
4,50	1010,377
4,73	1010,378
4,73	1009,657
5,70	1009,65
5,80	1009,409
8,56	1009,388
8,56	1009,566
9,05	1009,557
9,05	1009,329
9,90	1009,357
11,50	1009,384
12,15	1009,174
14,50	1009,207
15,68	1009,208
17,70	1009,327
20,70	1009,414
23,65	1009,299
24,00	1009,648
24,02	1009,646
24,15	1009,279
26,78	1009,374



26,78	1009,644
27,20	1009,644
27,20	1009,356
29,50	1009,395
29,50	1009,676
31,56	1010,716
33,60	1011,057
35,90	1011,935
38,20	1013,993
42,90	1016,935

**SECCIÓN 23 - ABSCISA K0 + 780,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

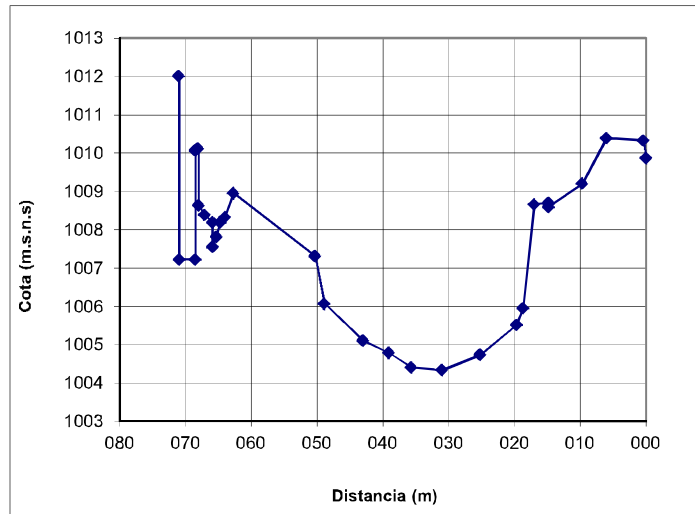
Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1011,25
9,70	1011,451
16,30	1008,351
18,70	1008,414
19,70	1006,266
20,70	1006,035
25,70	1005,546
28,70	1004,942
30,70	1004,265
32,70	1004,406
35,30	1003,947
37,70	1004,497
39,50	1004,945
40,70	1005,206
47,50	1005,067
48,50	1007,214
51,70	1008,222
57,84	1008,884
57,84	1009,449
58,10	1009,449
58,10	1008,474
58,92	1008,473
58,92	1010,449
59,20	1010,449



59,20	1010,222
64,20	1010,462
66,50	1011,753
72,40	1016,497

**SECCIÓN 24 - ABSCISA K0 + 820,000 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1009,873
0,40	1010,333
6,00	1010,393
9,70	1009,206
14,80	1008,601
14,80	1008,699
17,00	1008,665
18,70	1005,948
19,70	1005,518
25,20	1004,738
31,00	1004,338
35,70	1004,408
39,10	1004,788
43,00	1005,106
48,90	1006,071
50,30	1007,311
62,70	1008,953
64,00	1008,331
64,70	1008,195
65,30	1007,825
65,90	1007,553
65,90	1008,194
67,1	1008,391
68,00	1008,636

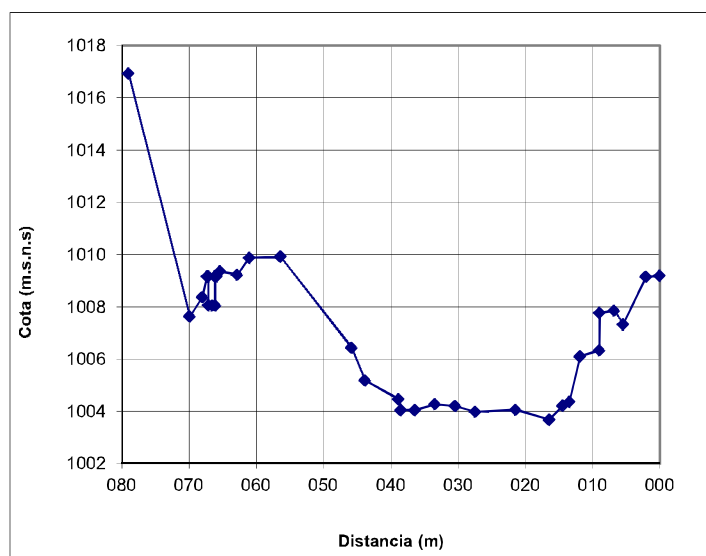


68,10	1010,123
68,50	1010,073
68,50	1007,222
70,95	1007,222
71,05	1012,013



### SECCIÓN 25 - ABSCISA K0 + 860 Río Guadalajara (CVC, 1997)

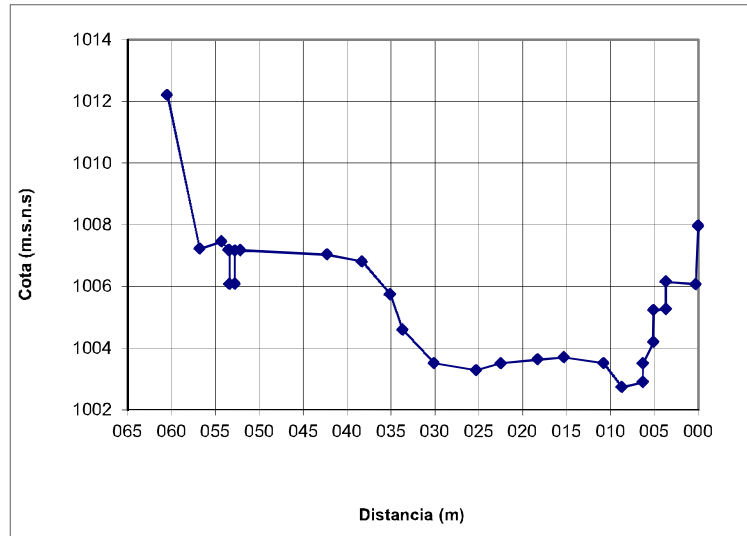
Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1009,186
2,05	1009,155
5,45	1007,328
6,75	1007,855
8,95	1007,766
8,95	1006,337
11,85	1006,107
13,45	1004,358
14,45	1004,215
16,45	1003,678
21,45	1004,058
27,45	1003,978
30,45	1004,197
33,45	1004,273
36,45	1004,038
38,55	1004,048
38,85	1004,456
43,85	1005,177
45,85	1006,427
56,45	1009,919
61,05	1009,878
62,85	1009,229
65,45	1009,357
65,90	1009,158



66,15	1009,158
66,15	1008,054
66,55	1008,054
67,15	1008,056
67,15	1009,164
67,35	1009,164
68,05	1008,368
69,95	1007,627
79,05	1016,933

**SECCIÓN 26 - ABSCISA K0 + 900 Río Guadalajara (CVC, 1997)**

Distancia (m)	Cota (m.s.n.m.)
0,00	1007,963
0,30	1006,067
3,70	1006,147
3,70	1005,258
5,10	1005,223
5,10	1004,196
6,30	1003,508
6,30	1002,888
8,70	1002,737
10,80	1003,508
15,30	1003,697
18,30	1003,628
22,50	1003,508
25,30	1003,278
30,10	1003,508
33,70	1004,598
35,10	1005,738
38,30	1006,807
42,30	1007,027
52,15	1007,176
52,80	1007,155
52,80	1006,073
53,4	1006,073
53,40	1007,177



53,50	1007,176
54,30	1007,455
56,80	1007,216
60,50	1012,21

**Anexo 8.4: Hidráulica - Aforos líquidos en el municipio de Buga**  
(Fuente: CVC)

**Anexo 8.4.** Aforos líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC)

FUENTE	SITIO AFORO	FECHA	HORA	Q (m3/seg)
QDA. CHAMBIMBAL	VEREDA CERRO RICO	20/03/1997	00:00	0.10
RIO GUADALAJARA	EL VERGEL	21/03/1997	00:00	7.04
RIO GUADALAJARA	LA ARENERA	04/02/1998	11:15	0.24
RIO GUADALAJARA	ESTACION EL VERGEL	28/01/1998	08:15	1.92
RIO GUADALAJARA	ANTES B/TOMA ACUED.	28/01/1998	09:00	1.97
RIO GUADALAJARA	ANTES B/TOMA CHAMBIMBAL	28/01/1998	09:35	1.45
RIO GUADALAJARA	ANT. B/TOMA ACUEDUCTO .MPAL.	26/09/1997	07:20	2.03
RIO GUADALAJARA	ANT. B/TOMA CHAMBIMBAL	26/09/1997	08:20	1.39
RIO GUADALAJARA	ANTES BOCATOMA ACUED. VIEJO	26/09/1997	08:25	0.59
RIO GUADALAJARA	ANTES BOCATOMA EL ALBERGUE	26/09/1997	09:15	0.40
RIO GUADALAJARA	ANT. B/TOMA EL CHIRCAL	26/09/1997	10:40	0.10
RIO GUADALAJARA	DESP. DE B/TOMA EL CHIRCAL	26/09/1997	11:10	0.06
ACEQ. EL ALBERGUE	PREDIO SAN JORGE ( CHAMBIMBAL )	10/02/1981	00:00	0.39
ACEQ. EL ALBERGUE	15 MTS ANTES DE COMPUERTA	03/08/1981	00:00	0.29
ACEQ. EL ALBERGUE	ENTRADA CANAL NUEVO	03/08/1981	00:00	0.19
ACEQ. EL ALBERGUE	SALIDA CANAL NUEVO	03/08/1981	00:00	0.16
ACEQ. EL ALBERGUE	15 MTS ANTES DE COMPUERTA	03/08/1981	00:00	0.25
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	28/09/1981	00:00	2.32
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	06/10/1981	00:00	2.35
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	13/10/1981	00:00	0.66
RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA PLANTA	19/10/1981	00:00	2.30
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	19/10/1981	00:00	0.96
RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA PLANTA	26/10/1981	00:00	2.60

RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	26/10/1981	00:00	2.06
RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA PLANTA	09/11/1981	00:00	3.43
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	09/11/1981	00:00	0.64
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PRINCIPAL	21/01/1982	00:00	1.22
RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA DE CANAL PRINC	21/01/1982	00:00	3.32

**Anexo 8.4.** Aforos líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC). Cont.

FUENTE	SITIO AFORO	FECHA	HORA	Q (m3/seg)
RIO GUADALAJARA	200 M ANTES DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	21/01/1982	00:00	1.17
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PRINCIPAL (H=0.28)	13/05/1982	00:00	0.41
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.57 )	23/06/1982	00:00	2.27
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.63 )	25/06/1982	00:00	2.46
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.38 )	25/06/1982	00:00	0.93
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.53 )	25/06/1982	00:00	1.97
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.55 )	27/06/1982	00:00	2.02
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.52 )	10/08/1982	00:00	1.67
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.49 )	25/08/1982	00:00	1.53
RIO GUADALAJARA	ABAJO DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	30/08/1982	00:00	1.35
RIO GUADALAJARA	200 MTS ANTES DE ESTACION HIDROMETRICA	30/08/1982	00:00	1.13
RIO GUADALAJARA	CANAL (ABAJO DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA )	14/09/1982	00:00	1.42
RIO GUADALAJARA	CANAL ( ANTES DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA )	14/09/1982	00:00	1.18
RIO GUADALAJARA	30 MTS ANTES DE TOMA CANAL PRINCIPAL	14/09/1982	00:00	1.39
RIO GUADALAJARA	CANAL (ANTES DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA )	14/09/1982	00:00	1.06
RIO GUADALAJARA	CANAL (ABAJO DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA )	14/09/1982	00:00	1.56
ACEQ. CHAMBIMBAL	CAUCE PRINCIPAL	15/08/1985	00:00	1.04
ACEQ. CHAMBIMBAL	CAUCE PRINCIPAL	30/08/1985	00:00	0.18
ACEQ. CHAMBIMBAL	DESPUES DE CONFL A. LA CATALINA	30/08/1985	00:00	0.17
ACEQ. CHAMBIMBAL	CAUCE PRINCIPAL	19/12/1985	00:00	0.28



ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE DERIV. LA CATALINA	19/12/1985	00:00	0.10
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE DERIVACION No 3	19/12/1985	00:00	0.08

**Anexo 8.4.** Aforos líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC). Cont.

FUENTE	SITIO AFORO	FECHA	HORA	Q (m3/seg)
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE DERIVACION No 4	19/12/1985	00:00	0.08
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE AC. SAN JOSE Y LAS PACHITAS: ABS=25CM	24/11/1987	00:00	0.37
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE AC. SAN JOSE Y LAS PACHITAS: ABS=15 CM	24/11/1987	00:00	0.32
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE AC. SAN JOSE Y LAS PACHITAS: ABS=10 CM	24/11/1987	00:00	0.23
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.55 )	22/07/1992	00:00	0.69
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.60 )	22/07/1992	00:00	0.75
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.37 )	23/07/1992	00:00	0.36
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.47 )	23/07/1992	00:00	0.54
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.50 )	23/07/1992	00:00	0.57
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.70 )	23/07/1992	00:00	0.84
ACEQ. EL ALBERGUE	BOCATOMA ( H= 0.72 )	23/07/1992	00:00	0.39
ACEQ. EL ALBERGUE	BOCATOMA ( H= 0.64 )	23/07/1992	00:00	0.32
ACEQ. EL ALBERGUE	BOCATOMA ( H= 0.57 )	23/07/1992	00:00	0.26
ACEQ. SEPULTURAS	BOCATOMA ( H= 0.45 )	24/07/1992	00:00	0.05
ACEQ. SEPULTURAS	BOCATOMA ( H= 0.40 )	24/07/1992	00:00	0.04
ACEQ. CHAMBIMBAL	PISCICULTURA	28/01/1998	10:35	0.63
QDA. EL OREGANO	30MTS. DESPUES BOCAT. LAS DELICIAS	18/03/2002	13:40	0.01
QDA. EL OREGANO	200MTS.ANTES BOCAT. LAS DELICIAS	18/03/2002	13:00	0.01
QDA. PITINGO	20MTS. ANTES DE BOCAT. PREDIO LA OLGA	18/03/2002	15:00	0.00
QDA. EL OREGANO	10MTS.ANTES D BOCAT.GUADALEJO	12/08/2002	12:05	0.00

QDA. EL OREGANO	40MTS. DESPUES D BOCAT.PRED.VELLAVISTA	12/08/2002	10:30	0.00
QDA. EL OREGANO	2MTS. DESP. D BOCAT.PRED. BELLAVISTA	12/08/2002	10:00	0.00

**Anexo 8.4.** Aforos líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC). Cont.

FUENTE	SITIO AFORO	FECHA	HORA	Q (m3/seg)
QDA. CHAMBIMBAL	HDA EL VERGEL	14/02/1989	00:00	0.18
QDA. CHAMBIMBAL	1 KM DE VIA BUGA - TULUA POR F. VINCER	17/07/1989	00:00	0.04
ACEQ. LA JULIA	BOCATOMA ( H= 0.32 )	24/07/1992	00:00	0.17
ACEQ. LA JULIA	BOCATOMA ( H= 0.28 )	26/07/1992	00:00	0.13
ACEQ. LA JULIA	BOCATOMA ( H= 0.25 )	26/07/1992	00:00	0.09
QDA. CHAMBIMBAL	VEREDA CERRO RICO	20/03/1997	00:00	0.10
ACEQ. CHAMBIMBAL	CAUCE PRINCIPAL	15/08/1985	00:00	1.04
ACEQ. CHAMBIMBAL	CAUCE PRINCIPAL	30/08/1985	00:00	0.18
ACEQ. CHAMBIMBAL	DESPUES DE CONFL A. LA CATALINA	30/08/1985	00:00	0.17
ACEQ. CHAMBIMBAL	CAUCE PRINCIPAL	19/12/1985	00:00	0.28
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE DERIV. LA CATALINA	19/12/1985	00:00	0.10
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE DERIVACION No 3	19/12/1985	00:00	0.08
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE DERIVACION No 4	19/12/1985	00:00	0.08
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE AC. SAN JOSE Y LAS PACHITAS ( ABS=25CM )	24/11/1987	00:00	0.37
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE AC. SAN JOSE Y LAS PACHITAS ( ABS=15 CM)	24/11/1987	00:00	0.32
ACEQ. CHAMBIMBAL	SOBRE AC. SAN JOSE Y LAS PACHITAS (ABS=10 CM )	24/11/1987	00:00	0.23
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.55 )	22/07/1992	00:00	0.69
AQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.60 )	22/07/1992	00:00	0.75
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.37 )	23/07/1992	00:00	0.36
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.47 )	23/07/1992	00:00	0.54
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.50 )	23/07/1992	00:00	0.57
ACEQ. CHAMBIMBAL	BOCATOMA PRINCIPAL ( H= 0.70 )	23/07/1992	00:00	0.84
ACEQ. CHAMBIMBAL	PISCICULTURA	28/01/1998	10:35	0.63

QDA. CHAMBIMBAL	HDA EL VERGEL	14/02/1989	00:00	0.18
QDA. CHAMBIMBAL	1 KM DE VIA BUGA - TULUA POR F. VINCER	17/07/1989	00:00	0.04

**Anexo 8.4.** Aforos líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC). Cont.

FUENTE	SITIO AFORO	FECHA	HORA	Q (m3/seg)
ACEQ. EL ALBERGUE	PREDIO SAN JORGE ( CHAMBIMBAL )	10/02/1981	00:00	0.39
ACEQ. EL ALBERGUE	15 MTS ANTES DE COMPUERTA	03/08/1981	00:00	0.29
ACEQ. EL ALBERGUE	ENTRADA CANAL NUEVO	03/08/1981	00:00	0.19
ACEQ. EL ALBERGUE	SALIDA CANAL NUEVO	03/08/1981	00:00	0.16
ACEQ. EL ALBERGUE	15 MTS ANTES DE COMPUERTA	03/08/1981	00:00	0.25
ACEQ. EL ALBERGUE	BOCATOMA ( H= 0.72 )	23/07/1992	00:00	0.39
ACEQ. EL ALBERGUE	BOCATOMA ( H= 0.64 )	23/07/1992	00:00	0.32
ACEQ. EL ALBERGUE	BOCATOMA ( H= 0.57 )	23/07/1992	00:00	0.26
RIO GUADALAJARA	EL VERGEL	21/03/1997	00:00	7.04
RIO GUADALAJARA	LA ARENERA	04/02/1998	11:15	0.24
RIO GUADALAJARA	ESTACION EL VERGEL	28/01/1998	08:15	1.92
RIO GUADALAJARA	ANTES B/TOMA ACUED.	28/01/1998	09:00	1.97
RIO GUADALAJARA	ANTES B/TOMA CHAMBIMBAL	28/01/1998	09:35	1.45
RIO GUADALAJARA	ANT. B/TOMA ACUED.MPAL.	26/09/1997	07:20	2.03
RIO GUADALAJARA	ANT. B/TOMA CHAMBIMBAL	26/09/1997	08:20	1.39
RIO GUADALAJARA	ANTES BOCATOMA ACUED. VIEJO	26/09/1997	08:25	0.59
RIO GUADALAJARA	ANTES BOCATOMA EL ALBERGUE	26/09/1997	09:15	0.40
RIO GUADALAJARA	ANT. B/TOMA EL CHIRCAL	26/09/1997	10:40	0.10
RIO GUADALAJARA	DESP. DE B/TOMA EL CHIRCAL	26/09/1997	11:10	0.06
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	28/09/1981	00:00	2.32
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	06/10/1981	00:00	2.35
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	13/10/1981	00:00	0.66
RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA PLANTA	19/10/1981	00:00	2.30
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	19/10/1981	00:00	0.96

RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA PLANTA	26/10/1981	00:00	2.60
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	26/10/1981	00:00	2.06
RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA PLANTA	09/11/1981	00:00	3.43
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA	09/11/1981	00:00	0.64
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PRINCIPAL	21/01/1982	00:00	1.22
RIO GUADALAJARA	ANTES DE TOMA DE CANAL PRINCIPAL	21/01/1982	00:00	3.32

**Anexo 8.4.** Aforos líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC). Cont.

<b>FUENTE</b>	<b>SITIO AFORO</b>	<b>FECHA</b>	<b>HOR A</b>	<b>Q (m3/seg)</b>
RIO GUADALAJARA	200 MTS ANTES DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	21/01/198 2	00:00	1.17
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PRINCIPAL (H=0.28)	13/05/198 2	00:00	0.41
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.57 )	23/06/198 2	00:00	2.27
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.63 )	25/06/198 2	00:00	2.46
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.38 )	25/06/198 2	00:00	0.93
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.53 )	25/06/198 2	00:00	1.97
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.55 )	27/06/198 2	00:00	2.02
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.52 )	10/08/198 2	00:00	1.67
RIO GUADALAJARA	SOBRE CANAL PLANTA ( H= 0.49 )	25/08/198 2	00:00	1.53
RIO GUADALAJARA	ABAJO DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	30/08/198 2	00:00	1.35
RIO GUADALAJARA	200 MTS ANTES DE ESTACION HIDROMETRICA	30/08/198 2	00:00	1.13
RIO GUADALAJARA	CANAL, ABAJO DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	14/09/198 2	00:00	1.42
RIO GUADALAJARA	CANAL, ANTES DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	14/09/198 2	00:00	1.18
RIO GUADALAJARA	30 M ANTES DE TOMA CANAL PRINC	14/09/198 2	00:00	1.39
RIO GUADALAJARA	CANAL, ANTES DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	14/09/198 2	00:00	1.06



RIO GUADALAJARA	CANAL, ABAJO DE CONFL DE QDA. LA ZAPATA	14/09/198 2	00:00	1.56
RIO GUADALAJARA	PUENTE ARRIBA DE BOMBEROS	18/07/198 5	00:00	0.72
ACEQ. LA JULIA	BOCATOMA ( H= 0.32 )	24/07/199 2	00:00	0.17
ACEQ. LA JULIA	BOCATOMA ( H= 0.28 )	26/07/199 2	00:00	0.13
ACEQ. LA JULIA	BOCATOMA ( H= 0.25 )	26/07/199 2	00:00	0.09

**Anexo 8.5: Hidráulica - Metodología utilizada para determinar los mapas de amenaza**

En el presente anexo se realiza una propuesta metodológica para la determinación de niveles de amenaza por inundaciones y crecientes torrenciales que debe ser discutida por los diferentes grupos del proyecto involucrados en la determinación de vulnerabilidad y riesgos.

## **A8.5.1. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA AMENAZA POR INUNDACIONES**

### **A8.5.1.1. Niveles de frecuencia del evento**

A cada escenario seleccionado de mapas de inundación se le debe asignar un nivel de frecuencia en términos cualitativos: frecuencia alta, media, moderada, baja, etc.

Los umbrales de periodos de frecuencia o recurrencia recomendados se presentan en el Tabla A8.5.1. Los umbrales de los periodos seleccionados corresponden inicialmente a 2 veces el periodo de retorno de los diseños de los drenajes urbanos (10 años), el segundo umbral corresponde aproximadamente a los diseños que la normativa colombiana debe garantizar en las obras de infraestructura vial y de cultivos (25 años) y el tercer umbral corresponde a la norma que estipula que cualquier comunidad aledaña a un cauce debe tener garantizada su integridad para un periodo de retorno de 100 años.

**Tabla A8.5.1.** Nivel de Frecuencia

<b>Frecuencia</b>	<b>Nivel de Frecuencia de la Inundación</b>
$Tr \leq 10$ Años	Alto
$10 \text{ Años} < Tr \leq 25$ Años	Medio
$25 \text{ Años} < Tr \leq 100$ Años	Bajo

### **A8.5.1.2. Niveles de Intensidad o Magnitud del Evento**

A cada escenario seleccionado de mapa de inundación se le debe realizar una clasificación cualitativa de acuerdo a su intensidad o magnitud.

Las características hidráulicas a tener en cuenta para determinar la intensidad y magnitud son la profundidad y la velocidad.

Los umbrales de intensidad o magnitud recomendados se presentan en el Tabla A8.5.2. El primer umbral determinado corresponde al nivel observado a partir del cual las comunidades desalojan sus viviendas (0.40 m) y el segundo umbral corresponde al criterio en el cual una persona corre riesgo por su vida. En lo que respecta a las velocidades los umbrales corresponden a 1.00 m/s y 1.50 m/s respectivamente.

**Tabla A8.5.2.** Nivel Intensidad o Magnitud

<b>Intensidad o Magnitud de la Inundación</b> <b>Profundidad (H) (m)</b> <b>Profundidad por Velocidad del Flujo (H*V (m<sup>2</sup>/s))</b>	<b>Nivel de Intensidad o Magnitud de la Inundación</b>
$H \geq 0,80$ ó $H*V \geq 1,20$	Alto
$0,40 \leq H < 0,80$ ó $0,40 \leq H*V < 1,20$	Medio
$H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40$	Bajo

**A8.5.1.3. Determinación de los niveles de amenaza por evento**

Determinado los umbrales y niveles de frecuencia e intensidad se procede a clasificar los mapas de inundación en diferentes niveles cualitativos de amenaza (alta, significativa, media, moderada alta, moderada, moderada baja, baja, etc.).

Los niveles de amenaza que se recomiendan son alta, media y baja, niveles que dependen de los niveles de frecuencia o recurrencia y de los niveles de intensidad de la amenaza, expresada con los tres rangos de profundidades de agua recomendados, como se observa en los Tablas A8.5.3 y A8.5.4.

**Tabla A8.5.3.** Matriz de Amenaza según la frecuencia y la intensidad o magnitud

		Nivel de Amenaza		
<b>Nivel de Intensidad</b>	Alta $H \geq 0,80 \text{ m}$ ó $H*V \geq 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta	Alta	Media
	Media $0,40 \text{ m} \leq H < 0,80 \text{ m}$ $0,40 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta	Media	Baja
	Baja $H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40 \text{ m}^2/\text{s}$	Media	Baja	Baja
<b>Frecuencia de la Inundación</b>		Alta $Tr \leq 10$	Media $10 < Tr \leq 25$	Baja $25 < Tr \leq 100$

**Tabla A8.5. 4.** Niveles de Amenaza

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Nivel de Intensidad</b>	<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>Nivel de Frecuencia</b>	<b>Nivel de Amenaza</b>
$H \geq 0,80 \text{ m}$ ó $H*V \geq 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta	$Tr \leq 10$	Alta	Alta
$H \geq 0,80 \text{ m}$ ó $H*V \geq 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta	$10 < Tr \leq 25$	Media	Alta
$H \geq 0,80 \text{ m}$ ó $H*V \geq 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta	$25 < Tr \leq 100$	Baja	Media
$0,40 \text{ m} \leq H < 0,80 \text{ m}$ ó $0,40 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Media	$Tr \leq 10$	Alta	Alta
$0,40 \text{ m} \leq H < 0,80 \text{ m}$ ó $0,40 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Media	$10 < Tr \leq 25$	Media	Media
$0,40 \text{ m} \leq H < 0,80 \text{ m}$ ó $0,40 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 1,20 \text{ m}^2/\text{s}$	Media	$25 < Tr \leq 100$	Baja	Baja
$H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40 \text{ m}^2/\text{s}$	Baja	$Tr \leq 10$	Alta	Media
$H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40 \text{ m}^2/\text{s}$	Baja	$10 < Tr \leq 25$	Media	Baja
$H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40 \text{ m}^2/\text{s}$	Baja	$25 < Tr \leq 100$	Baja	Baja

En el sistema de información geográfica (SIG) de la zona de estudio se llevan los resultados obtenidos de la modelación hidráulica para los diferentes escenarios simulados. Con base en las profundidades de agua en las áreas inundadas, velocidades y teniendo en cuenta la intensidad de la inundación se generan los mapas de amenaza. A cada frecuencia de inundación corresponde un mapa de amenaza. En cada mapa se identifican las áreas inundadas y el nivel de amenaza al cual se encuentran sometidas.

Teniendo los resultados de los mapas de amenaza para cada escenario se construye un mapa final que representa la envolvente crítica (superposición de los resultados de los tres escenarios, tomando para cada espacio del territorio el máximo nivel de amenaza) de los resultados píxel por píxel del territorio de los diferentes escenarios considerados, construyendo un único mapa denominado mapa de amenaza global que servirá de base para la planificación territorial de la zona de estudio.

#### **A8.5.2. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA AMENAZA POR CRECIENTES TORRENCIALES**

A continuación se muestra la metodología propuesta para determinar la amenaza por Avenidas Torrenciales.

**Matriz para la determinación del grado de Amenaza por Crecientes Torrenciales**

<b>Umbrales de Profundidad</b>	H=	<b>0.20 m</b>
	H=	<b>0.40 m</b>
<b>Umbrales de Velocidad</b>	V=	<b>0.80 m/s</b>
	V=	<b>1.20 m/s</b>
<b>Umbrales de frecuencia</b>	Tr=	<b>10 años</b>
	Tr=	<b>25 años</b>
	Tr=	<b>100 años</b>

		Nivel de Amenaza		
		Alta	Media	Baja
Nivel de Intensidad	Alta $H \geq 0,40 \text{ m}$ ó $H*V \geq 0.48 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta	Alta	Media
	Media $0,20 \text{ m} \leq H < 0,40 \text{ m}$ $0,16 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 0.48 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta	Media	Baja
	Baja $H < 0,20$ ó $H*V \leq 0,16 \text{ m}^2/\text{s}$	Media	Baja	Baja
Frecuencia de la Inundación		Alta	Media	Baja



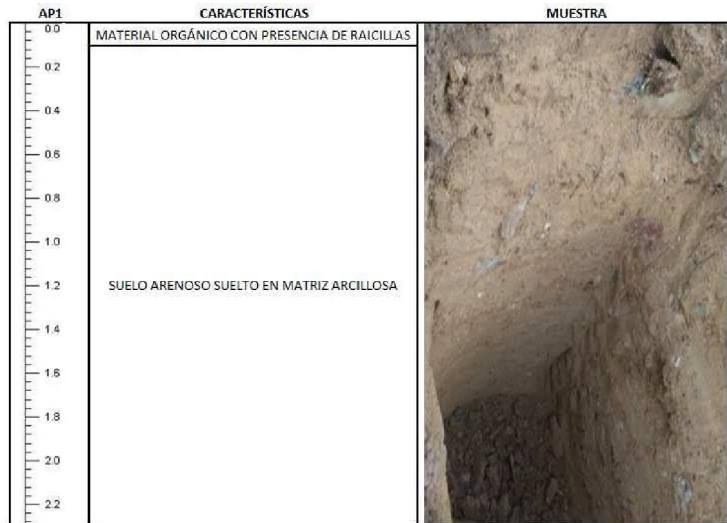
**Anexo 9.1: Geotecnia – Registro de exploración del subsuelo (apiques)**

**REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO MUNICIPIO DE BUGA**

**AP1**

**Coordenadas: N 923221**

**E 1088345**



**AP2**

**Coordenadas: N 923418**

**E 1088110**



### AP3

Coordenadas: N 923256

E 1087819

AP3	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	LIMO ORGANICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4	LIMO ARENO ARCILLOSO COLOR CAFÉ, CON PRESENCIA DE OXIDACIONES Y GRAVAS REDONDEADAS DE 2-3 CM	
0.6		
0.8		
1.0		
1.2		
1.4		
1.6	LIMO ARENO ARCILLOSO COLOR AMARILLO	
1.8		
2.0		

### AP4

Coordenadas: N 923754

E 1087984

AP4	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4	ARENA SUELTA DE GRANO MEDIO CON PRESENCIA DE CANTOS RODADOS DE 15 CM	
0.6		
0.8		
1.0		
1.2		
1.4		
1.6	SUELO ARENOSO SUELTO EN MATRIZ ARCILLOSA CON PRESENCIA DE ROCAS DE MENOR TAMAÑO	
1.8		
2.0		
2.2		

**AP5**

**Coordenadas:** N 924111  
E 1088098



**AP6**


**Coordenadas:** N 924764  
E 1088423



**AP7**

**Coordenadas:** N 925613

E 1088514

AP7	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4		
0.6		
0.8		
1.0	SUELO DE MEDIA RESISTENCIA, ARENOSO	
1.2		
1.4		
1.6		
1.8		
2.0		

**AP8**

**Coordenadas:** N 926587

E 1088936

AP8	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0		
0.2		
0.4		
0.6		
0.8		
1.0	LIMO ARENO ARCILLOSO DE COLOR CAFE CLARO CON PRESENCIA DE OXIDACIONES, DE UNA CONSISTENCIA MEDIA	
1.2		
1.4		
1.6		
1.8		

**AP9**

**Coordenadas:** N 921354

E 1087857

AP9	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
	<p>MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS</p> <p>ARENA COLOR AMARILLO DE GRANOS MEDIOS A FINOS CON ALGUNAS ROCAS DE MEDIANO TAMAÑO</p>	

**AP10**

**Coordenadas:** N 921164

E 1088267

AP10	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
	<p>LIMO ARENO ARCILLOSO DE COLOR CAFE CLARO CON PRESENCIA DE OXIDACIONES, DE UNA CONSISTENCIA MEDIA</p>	

**AP11**

**Coordenadas:** N 920685


E 1087587

AP11	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4	SUELO LIMO ARCILLOSO CON PRESENCIA DE OXIDACIONES Y CANTOS DE GRAN TAMAÑO	
0.6		
0.8		
1.0		
1.2		
1.4	SUELO LIMO ARCILLOS DE CONSISTENCIA MEDIA Y PRESENCIA DE OXIDACIONES	
1.6		
1.8		
2.0		

**AP12**

**Coordenadas:** N 925735

E 1088847

AP12	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0		
0.2		
0.4		
0.6		
0.8		
1.0	SUELO ARENOSO DE RESISTENCIA, COLOR AMARILLO	
1.2		
1.4		
1.6		
1.8		
2.0		

## **Anexo 9.2: Geotecnia - Ensayos de laboratorio**

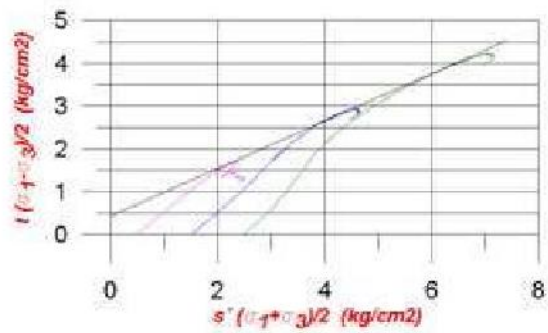
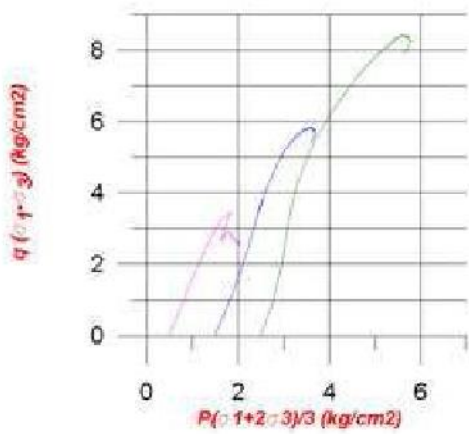
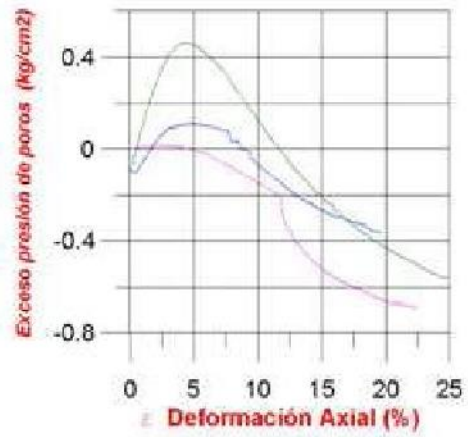
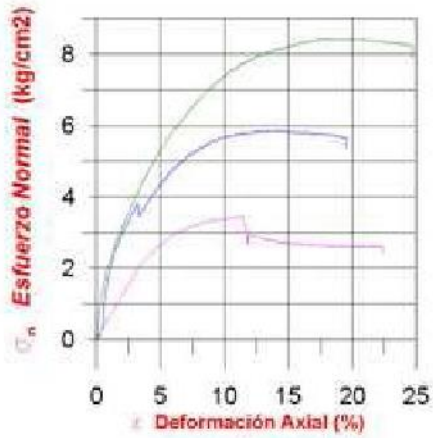


## ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-1.90

APIQUE: 3  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M3



$\phi = 29.5$

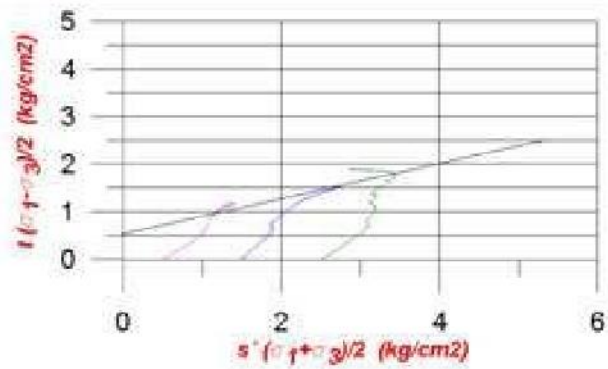
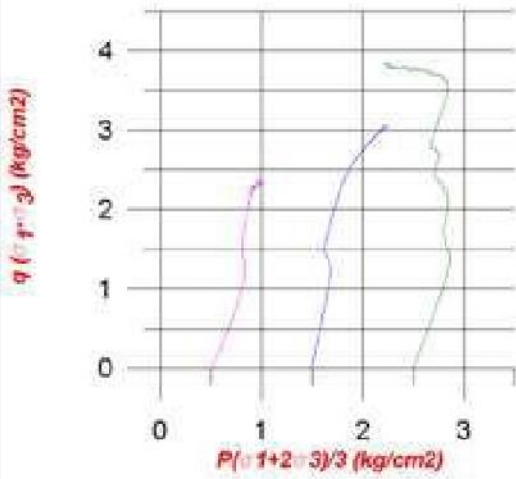
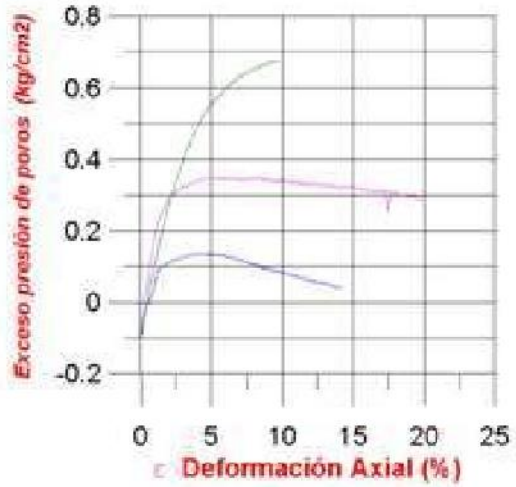
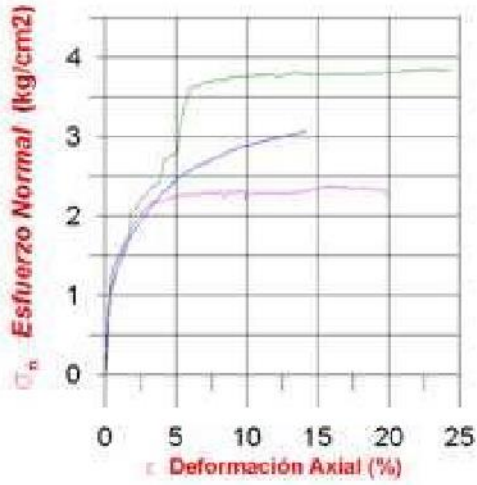
$c' [\text{kg/cm}^2] = 0.40$

# ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-2.00

APIQUE: 5  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M5



$\phi = 18.9$

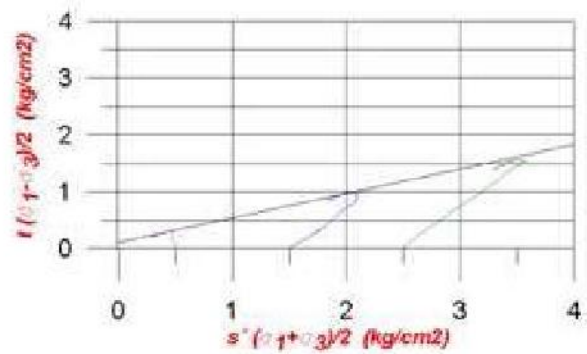
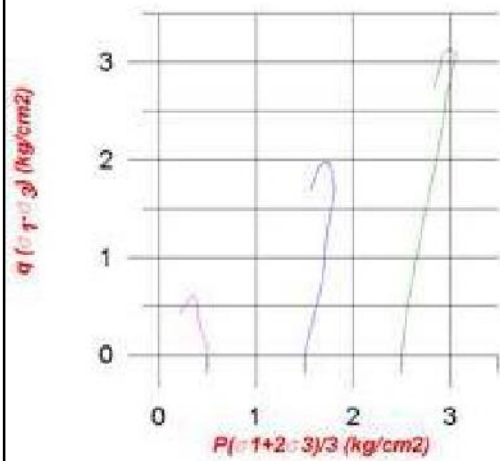
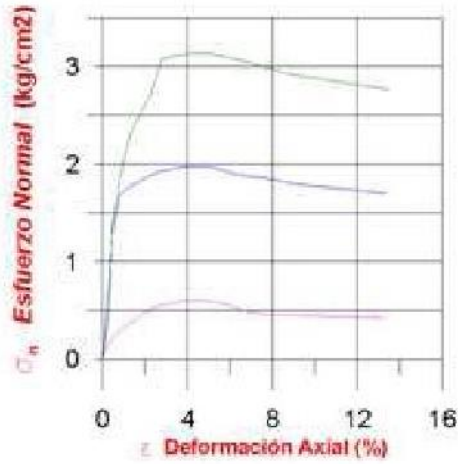
$c' [kg/cm^2] = 0.60$

## ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-2.10

APIQUE: 8  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M9



$\phi = 21.8$

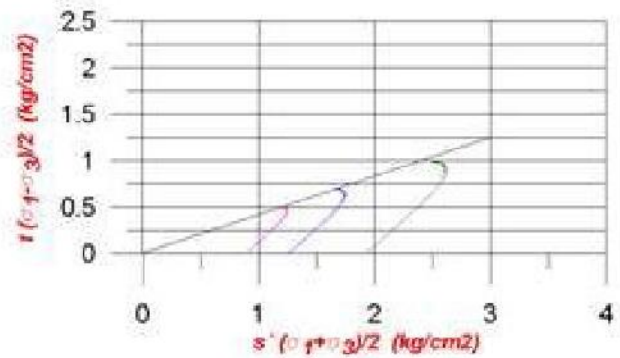
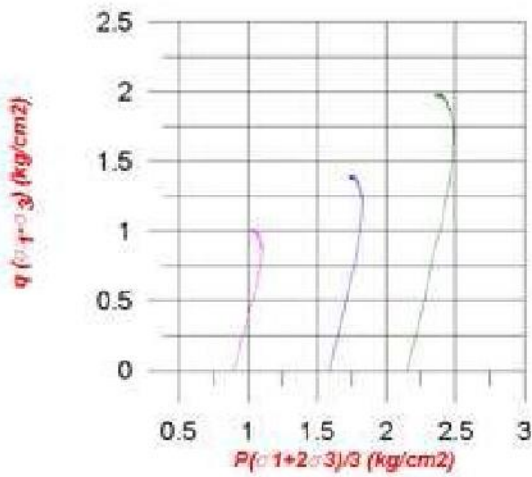
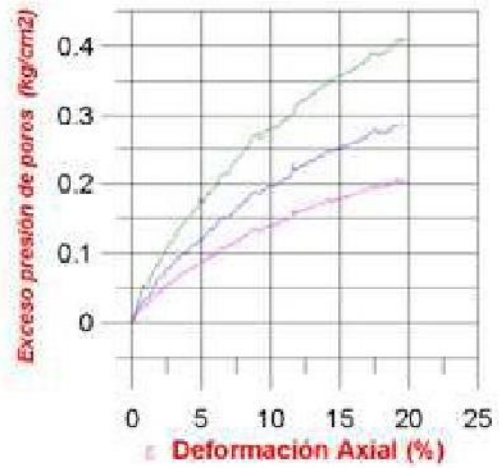
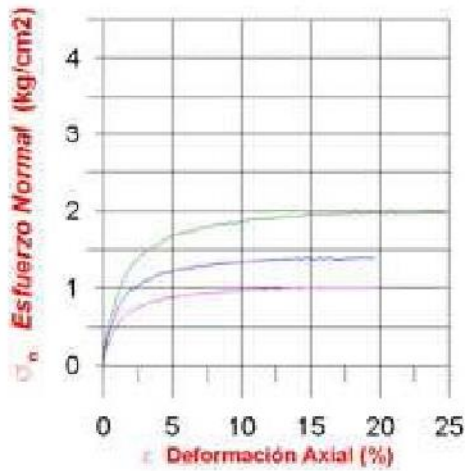
$c' [\text{kg/cm}^2] = 0.20$

## ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-2.00

APIQUE: 11  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M11



$\phi = 21.8$

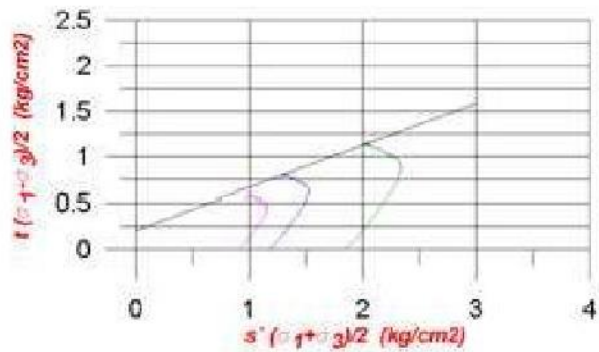
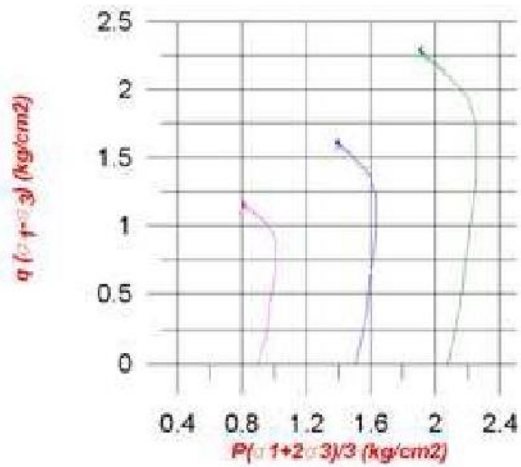
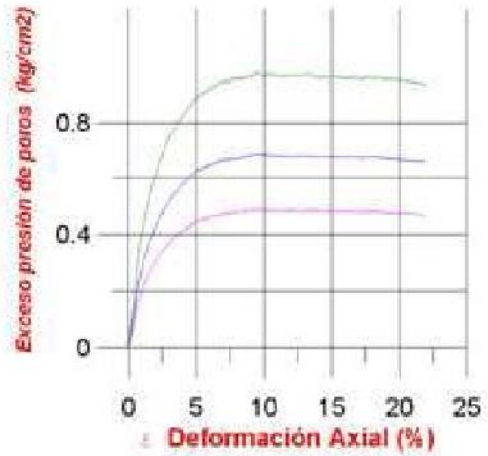
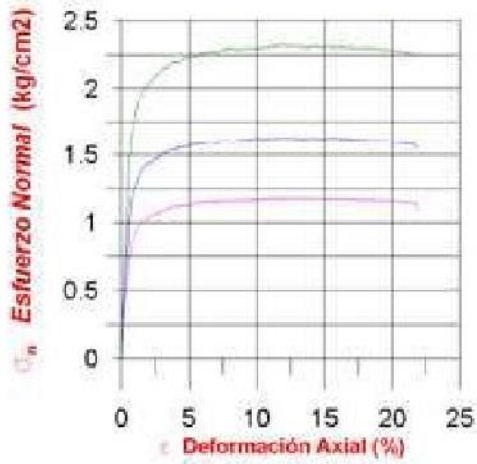
$c' [\text{kg/cm}^2] = 0.00$

## ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-2.10

APIQUE: 12  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M12



$\phi = 23.4$

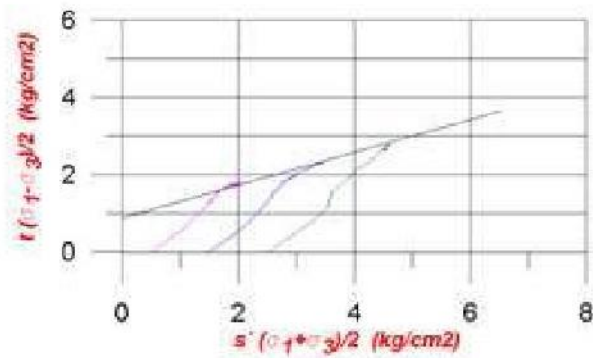
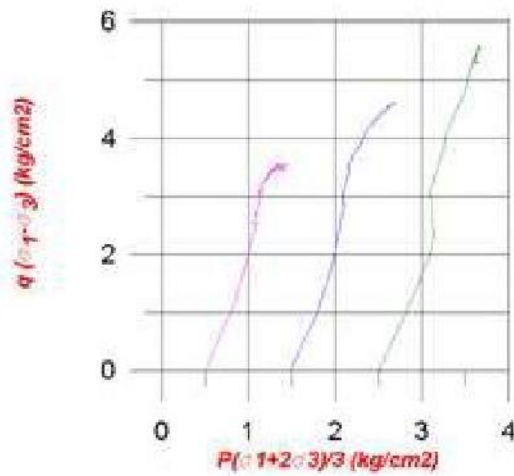
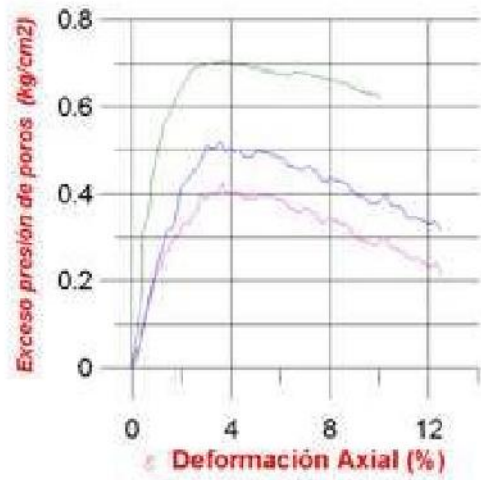
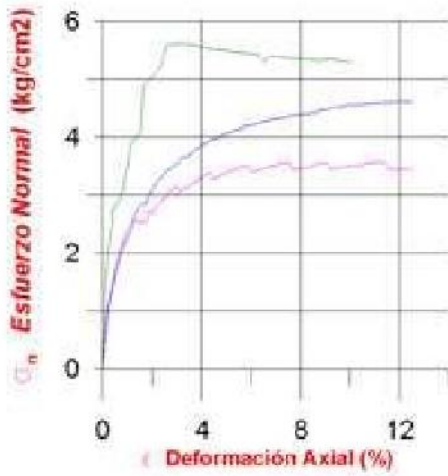
$c' [kg/cm^2] = 0.20$

# ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 3.00-4.50

SONDEO: 1  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M2



$\phi = 21.8$

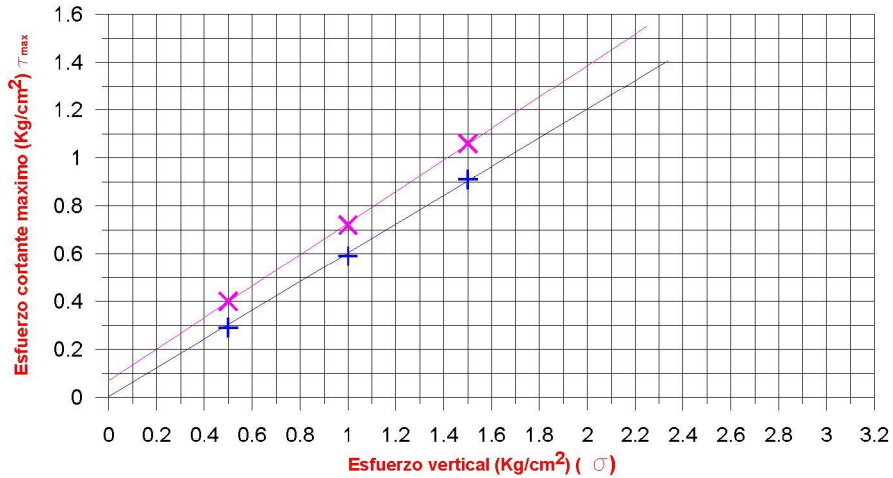
$c' [kg/cm^2] = 0.90$

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-2.20

APIQUE: 1  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M1



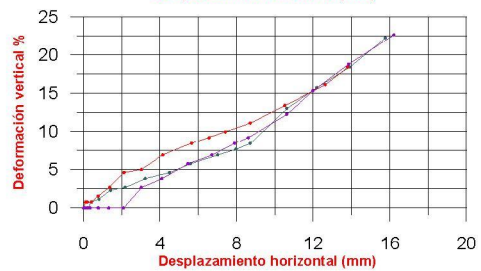
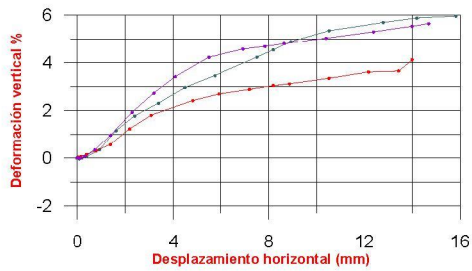
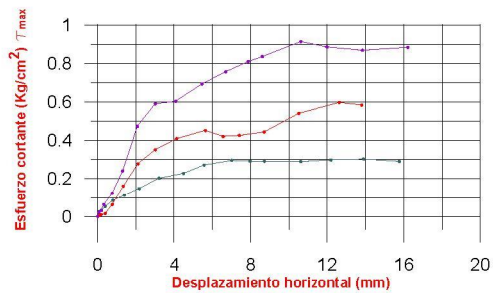
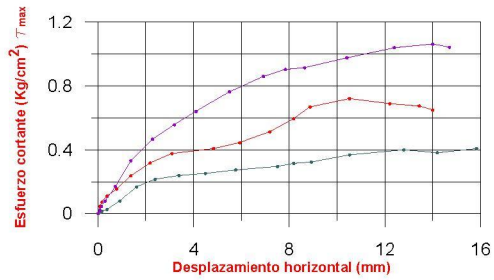
punto 1 ———  
punto 2 ———  
punto 3 ———

### RESULTADOS

$\phi$  pico = 37.00°       $c'$  pico = 0.08 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\phi$  residual = 32.3°       $c'$  residual = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup>

### CONDICIÓN PICO

### CONDICIÓN RESIDUAL



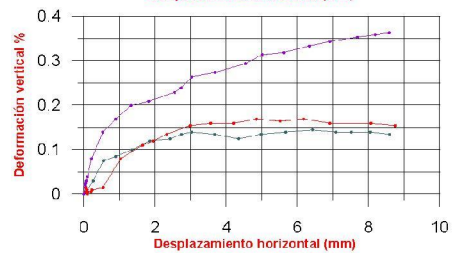
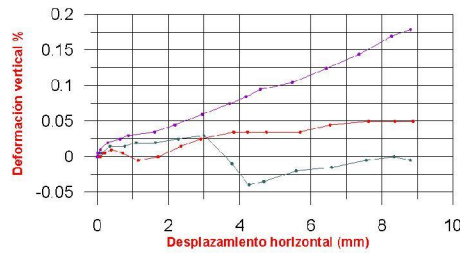
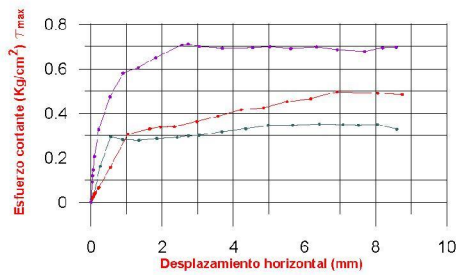
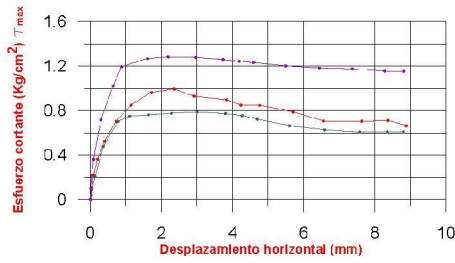
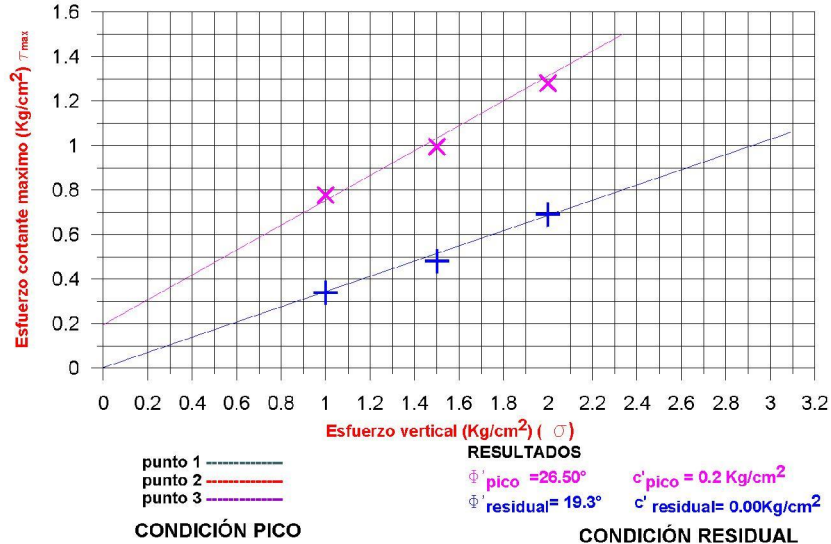
CI AMBIENTAL

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-1.90

APIQUE: 6  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M6



CI AMBIENTAL

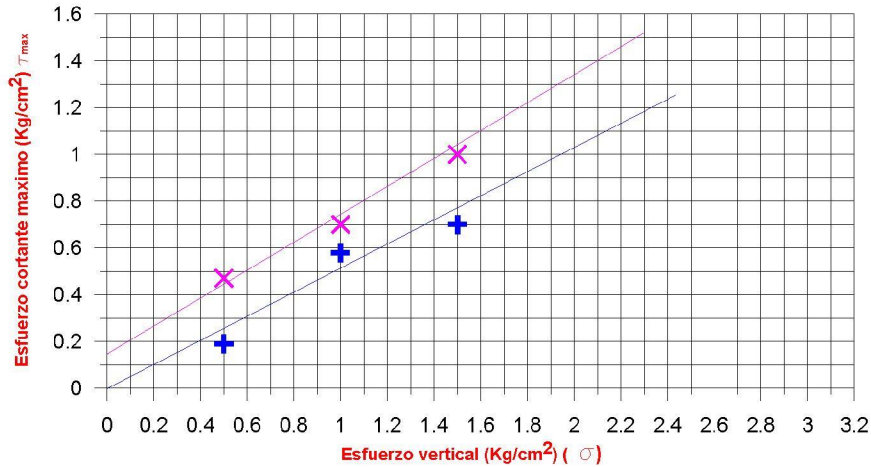


## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): 0.00-1.90

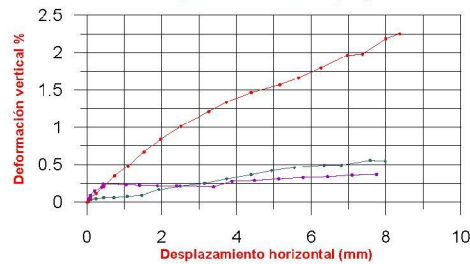
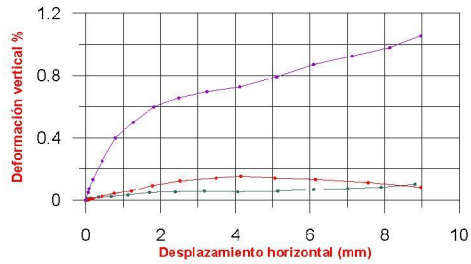
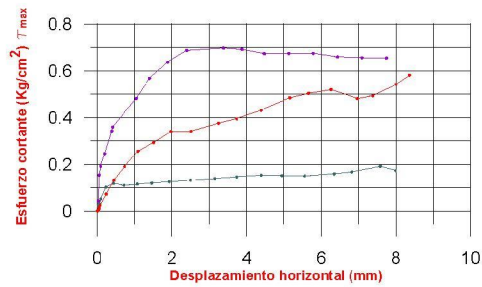
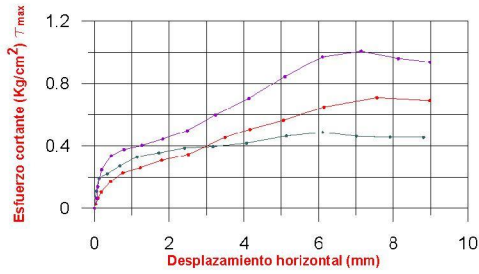
APIQUE: 7  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M7



punto 1 ———  
punto 2 ———  
punto 3 ———  
**CONDICIÓN PICO**

**RESULTADOS**  
 $\phi^{\circ}$  pico = 32.60°       $c^{\circ}$  pico = 0.15 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\phi^{\circ}$  residual = 19.50°       $c^{\circ}$  residual = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup>



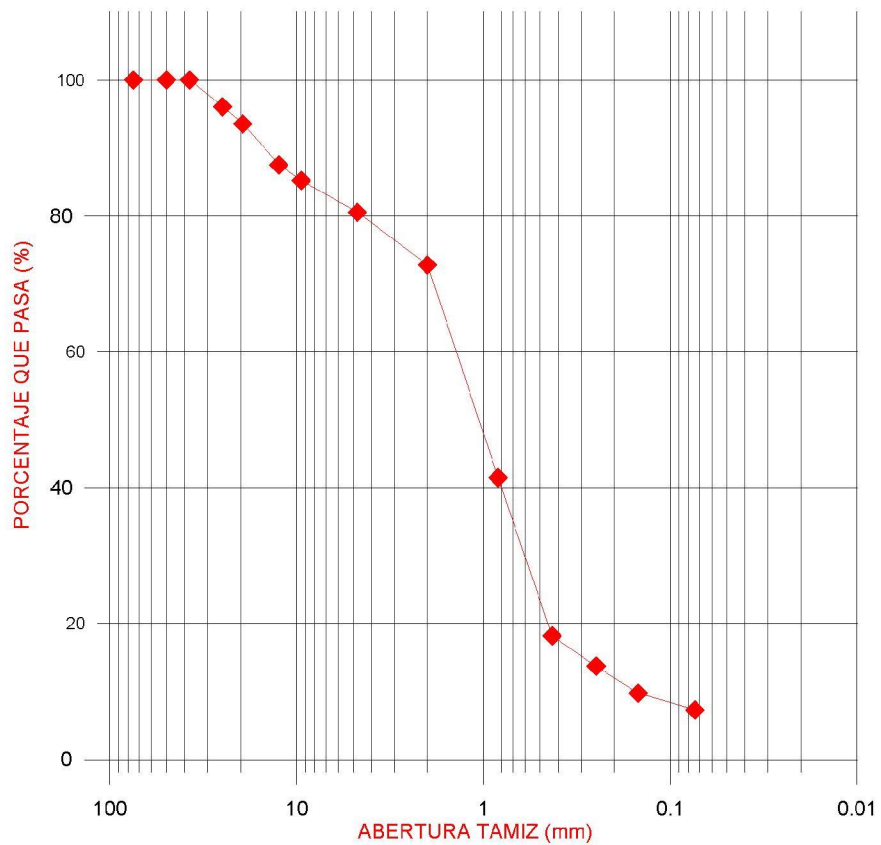
CI AMBIENTAL

# ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): (0.00-2.00)

APIQUE: 4  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M4



$D_{60} = 1.5$

$D_{10} = 0.2$

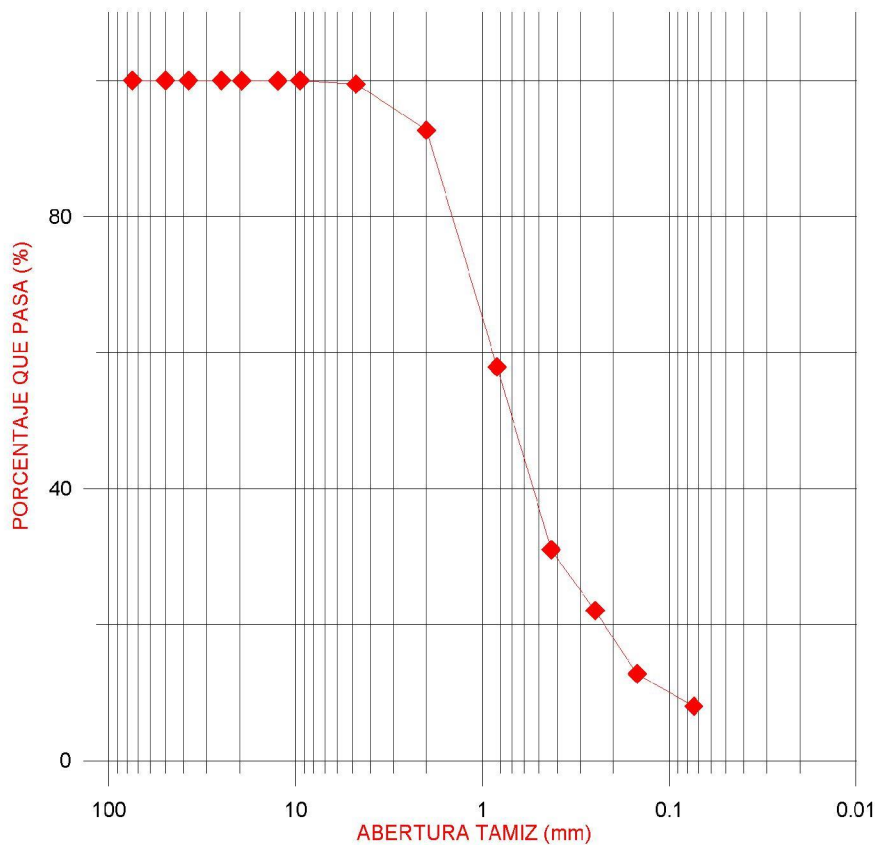
$C_u = 10$

# ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

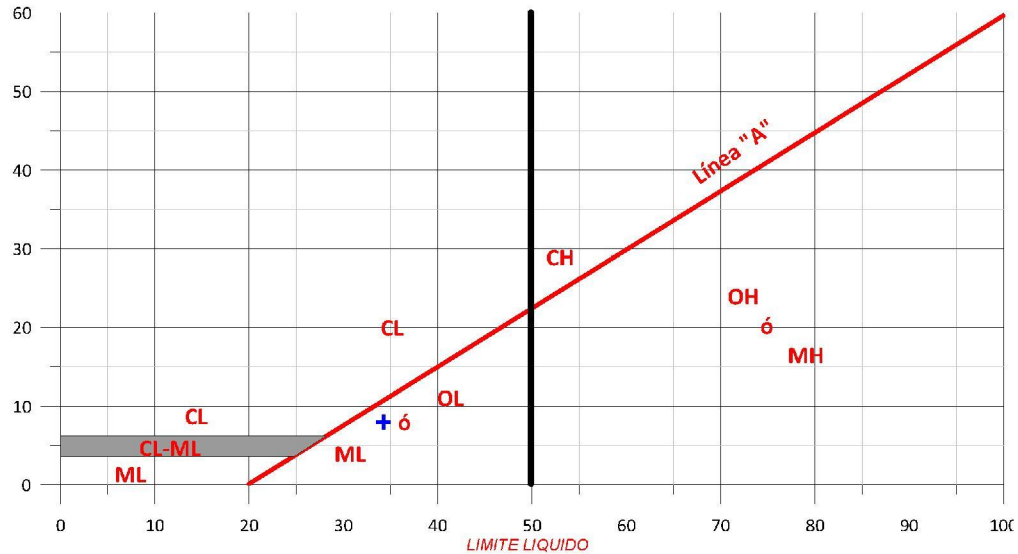
PROYECTO: VALLE DEL CAUCA  
Prof(m): (6.00-7.50)

SONDEO: 2  
SITIO: BUGA

MUESTRA: M8



**CARTA DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACIÓN  
EN LABORATORIOS DE SUELOS FINOS  
BUGA - VALLE DEL CAUCA**



**NOMBRES TÍPICOS**  
 ML: Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillas con ligera plasticidad.  
 CL: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o media, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.  
 OL: Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.  
 MH: Limos inorgánicos, suelos limosos a arenosos finos micáceos o con distomeas, limos elásticos.  
 CH: Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas.  
 OH: Arcillas orgánicas de plasticidad media alta.