

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO	4
1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	7
1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES	7
1.2. ASPECTOS HISTÓRICOS	9
1.3. MARCO CLIMÁTICO	10
1.4. MARCO GEOLÓGICO	11
1.5. DEFINICIÓN DE LÍMITES DE ZONA URBANA Y DE EXPANSIÓN	12
2. HISTORICIDAD DE LOS EVENTOS	14
2.1. INTRODUCCIÓN	14
2.2. BÚSQUEDA DOCUMENTAL Y NOTICIAS DE EVENTOS	15
2.2.1. Periódicos	15
2.2.2. Informes del CLOPAD	20
2.2.3. Informes Técnicos	22
2.3. CONCLUSIONES	34
3. MEDICIONES TOPOGRÁFICAS	45
3.1. CONSTRUCCIÓN DE BASE CARTOGRÁFICA	45
3.2. LEVANTAMIENTO DE SECCIONES BATIMÉTRICAS	45
3.2.1. Posicionamiento	47
3.2.1.1. Equipos utilizados.	48
3.2.1.2. Puntos de control	51
3.2.1.3. Puntos Ajustados en WGS84 (Coord. Geogr. y Desv. Típica)	52
3.2.1.4. Elipses de Error de los Puntos Ajustados	53

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

3.2.2.	Levantamiento de secciones batimétricas.	53
Santiago de Cali, Julio de 2009		68
4.	ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	69
4.1.	RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	69
4.2.	GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA	90
4.2.1.	Mapa Básico	90
4.2.2.	Mapa Geológico	91
4.2.3.	Mapa Geomorfológico y Morfodinámico	91
4.2.4.	Mapa de Unidades Superficiales	92
4.2.5.	Mapa de Uso de Suelo Urbano	92
4.2.6.	Mapa de Isoyetas Mensuales Multianuales y Mapa de Precipitaciones Máximas con periodos de 24, 48 y 72 horas	92
4.2.7.	Mapa de Zonas con mayor frecuencia de Inundaciones y Deslizamientos	93
5.	RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO	104
5.1.	INTRODUCCIÓN	104
5.2.	OBJETIVO	104
5.3.	ALCANCE	104
5.4.	METODOLOGÍA	105
5.5.	TRABAJOS ANTERIORES	106
5.5.1	Síntesis de los estudios anteriores y algunas de sus recomendaciones.	106
5.5.2	Conclusiones y comentarios	115
5.6.	GEOLOGÍA REGIONAL	116
5.7.	GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE BUGA	124
5.7.1.	Formación La Paila (Tpm).	125
5.7.1.1.	Remanentes de Depósitos Cuaternarios Antiguos.	128

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.7.2.	Abanico de Buga (Qca).	132
5.7.3.	Cenizas volcánicas (Qcv)	133
5.7.3.1.	Geología estructural	134
5.8.	MAPA DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES	137
5.9.	MAPA GEOMORFOLOGÍCO	137
5.10.	CONCLUSIONES	150
5.11.	RECOMENDACIONES	151
5.12.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	152
5.13.	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	154
6.	ESTUDIO GEOFISICO EN LA CABECERA MUNICIPAL DE BUGA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA	157
6.1.	OBJETO	157
6.2.	LOCALIZACIÓN	157
6.3.	METODOLOGÍA	158
6.4.	GEOFÍSICA	158
6.4.1.	Equipos	159
6.4.2.	Método Exploratorio	160
6.4.3.	Interpretación Geofísica	162
7.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	164
7.1.	INTRODUCCIÓN	164
7.2.	REVISIÓN DE INFORMACIÓN	164
7.2.1.	Antecedentes e inventario histórico de eventos	164
7.2.2.	Información hidrológica recopilada	165
7.2.3.	Amenazas	167
7.2.3.1.	Inundaciones	167

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7.2.3.2.	Avenidas torrenciales _____	169
7.2.3.3.	Deslizamientos _____	169
7.3.	CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS _____	173
7.3.1.	Conformación de la base de datos hidrometeorológica _____	173
7.3.2.	Verificación de la calidad de la información _____	176
7.4.	MEDICIONES Y DETERMINACIONES DE CAMPO _____	180
7.4.1.	Visita 1; Reconocimiento de la zona de estudio _____	180
7.4.2.	Visita 2; Reconocimiento del uso del suelo _____	183
7.4.3.	Aforos Municipio de Buga _____	183
7.4.4.	Evaluación de la infiltración y perfiles del suelo _____	186
7.4.5.	Uso actual del suelo _____	193
7.4.6.	Conflictos de uso del suelo _____	197
7.5.	ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN _____	198
7.5.1.	Análisis espacial de la precipitación _____	198
7.5.2.	Análisis temporal de la precipitación _____	204
7.5.2.1.	Régimen de humedad _____	204
7.5.2.2.	Curvas de variación estacional _____	205
7.5.2.3.	Precipitaciones máximas _____	206
7.5.2.4.	Análisis de intensidad-frecuencia-duración _____	210
7.6.	REFERENCIAS Y DOCUMENTOS CONSULTADOS _____	212
8.	CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SEDIMENTOLÓGICA _____	215
8.1.	INTRODUCCIÓN _____	215
8.2.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN _____	217
8.2.1.	Información disponible _____	217
8.2.1.1.	Información recopilada acerca de eventos históricos _____	217
8.2.1.2.	Información recopilada acerca de caracterización del los cauces de la zona de estudio del municipio de Buga _____	221
8.2.2.	Investigación de campo _____	222

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

8.2.2.1.	Cauces a modelar y monitorear en el estudio	222
8.2.2.2.	Diseño del programa de campo	228
8.2.2.3.	Muestreo sedimentológico	245
8.3.	CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA E HIDRÁULICA	247
8.3.1.	Caracterización sedimentológica	247
8.3.1.1.	Recopilación de información sedimentológica	247
8.3.1.2.	Descripción del método de muestreo	256
8.3.1.3.	Diámetros característicos del material del lecho del río Guadalajara	258
8.3.2.	Caracterización hidráulica	259
8.3.2.1.	Características generales del río Guadalajara	259
8.3.2.2.	Caudales característicos del río Guadalajara	261
8.3.2.3.	Estimación de caudales máximos o de crecientes	264
8.3.2.4.	Curvas de Variación Estacional	265
8.3.2.5.	Curvas de duración de caudales	266
8.3.2.6.	Características hidráulicas y geométricas	268
8.3.2.7.	Secciones transversales del río Guadalajara	272
8.3.2.8.	Perfiles longitudinales del río Guadalajara	273
8.3.2.9.	Pendiente promedio del río Guadalajara	276
8.3.2.10.	Rugosidad	278
8.4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	281

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla A2.1. Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga	37
Tabla 3.1. Coordenadas Geográficas WGS 1984 y desviación típica de los puntos	52
Tabla 4.1. Información Cartográfica del POT.	70
Tabla 4.2. Información Cartográfica Básica CVC de la Cuenca Guadalajara.	74
Tabla 4.3. Información Cartográfica Temática CVC de la Cuenca Guadalajara.	75
Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000.	77
Tabla 4.5. Información Cartográfica Básica IGAC 1:2000.	88
Tabla 5.1. Sitios con remoción en masa y erosión.	150
Tabla 7.1. Tributarios de la cuenca	166
Tabla 7.2. Estaciones seleccionadas para el análisis de precipitaciones que cumplieron los criterios definidos de selección.	175
Tabla 7.3. Porcentaje de Datos Faltantes de las Estaciones (Base Diaria)	176
Tabla 7.4. Resultados análisis de datos extremos	179
Tabla 7.5. Resultados de los aforos realizados en la salida técnica al municipio de Buga	186
Tabla 7.6. Perfil del suelo sector Batallón Palacé – Municipio de Buga	190
Tabla 7.7. Perfil del suelo en el interior de las instalaciones del Sena	192
Tabla 7.8. Resultados del análisis de precipitaciones máximas estación La Primavera	207
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	240
Tabla 8.2. Muestreo del material del lecho a realizar en los cauces del municipio de Buga	245
Tabla 8.3. Ubicación de las muestras del lecho del río Guadalajara tomadas por el PMC (2002)	248
Tabla 8.4. Composición porcentual del material del lecho del río Guadalajara (Tomada De estudios realizados por el PMC, 2003)	250
Tabla 8.5. Diámetros característicos promedios del material de fondo en el río Guadalajara	250
Tabla 8.6. Diámetros medios del material de fondo en el río Guadalajara	251
Tabla 8.7. Curva granulométrica estación El Vergel – río Guadalajara	251
Tabla 8.8. Granulometría material de fondo río Guadalajara – Estación La María	254
Tabla 8.9. Diámetros característicos del lecho del Río Guadalajara	258
Tabla 8.10. Caudales característicos del río Guadalajara en la estación El Vergel (1972- 2008)	262
Tabla 8.11. Propiedades hidráulicas y geométricas en el río Guadalajara Estación: El Vergel	270

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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)	281
Tabla A8.4.1. Aforos líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC)	336
Tabla A8.5.1. Nivel de Frecuencia	343
Tabla A8.5.2. Nivel Intensidad o Magnitud	344
Tabla A8.5.3. Matriz de Amenaza según la frecuencia y la intensidad o magnitud	345
Tabla A8.5. 4. Niveles de Amenaza	346

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación geográfica del Municipio de Buga	7
Figura 1.2. Perímetros de la zona urbana y de expansión del municipio de Buga, definidos en conjunto con la Oficina de Planeación Municipal.	12
Figura 3.1. Materialización de puntos con placa en concreto	47
Figura 3.2. Diseño geométrico de la red.	48
Figura 3.3. Despliegue gráfico del resultado de procesamiento de la red.	52
Figura 5.1. Mapa Geológico Generalizado de la Cordillera Central al Norte del departamento del Valle del Cauca.	118
Figura 5.2. Pendientes en el municipio de Buga y alrededores 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.	136
Figura 6.1. Dispositivo de prospección sísmica y disposición de los geófonos sobre el terreno.	161
Figura 7.1. Estaciones meteorológicas utilizadas en el municipio de Buga	174
Figura 7.2. Serie temporal estación Acueducto Buga.	178
Figura 7.3. Reunión con los funcionarios de la CVC.	180
Figura 7.4. Margen izquierda río Guadalajara, aguas abajo derivación Aguas de Buga	181
Figura 7.5. Erosión en el barrio Alto Bonito, cerca de la acequia Chambimbal.	182
Figura 7.11. Aforo acequia Chambimbal en predios de la DAR Centro Sur	185
Figura 7.3. Ubicación de los puntos para las pruebas de infiltración municipio de Buga.	187
Figura 7.4. Infiltración acumulada Batallón Palacé; Prueba 1.	188
Figura 7.5. Curva de velocidad de infiltración Batallón Palacé; Prueba 1.	189
Figura 7.6. Infiltración acumulada Sena Buga; Prueba 1.	191
Figura 7.7. Curva de velocidad de infiltración Sena Buga; Prueba 1.	191
Figura 7.8. Mapa preliminar de usos de suelo de Buga	197
Figura 7.9. Distribución anual de la precipitación en la cuenca del río Guadalajara – Municipio de Buga.	200
Figura 7.10. Distribución mensual de la precipitación en la cuenca Guadalajara – Municipio de Buga.	201
Figura 7.11. Distribución anual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.	202
Figura 7.12. Distribución mensual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.	203
Figura 7.13. Distribución temporal de las precipitaciones en la estación Acueducto Buga - Municipio de Buga (1980 – 2007)	204

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Figura 7.14. Curvas de variación estacional estación Acueducto Buga (1980 – 2007)	205
Figura 7.15. Isoyetas de precipitaciones máxima – P24	208
Figura 7.16. Isoyetas de precipitaciones máximas – P48	209
Figura 7.17. Isoyetas de precipitaciones máximas – P72	210
Figura 7.18. Curva IFD con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 años; Estación Acueducto Buga.	212
Figura 8.1. Localización general de las derivaciones - municipio Guadalajara de Buga	226
Figura 8.2. Localización general de las principales acequias - municipio de Guadalajara de Buga	227
Figura 8.3. Esquema de las derivaciones y captaciones del río Guadalajara	228
Figura 8.4. Perímetro de la zona de estudio del municipio de Buga	229
Figura 8.5. Localización de secciones transversales a levantar en el municipio de Buga	242
Figura 8.6. Curvas granulométricas del material del lecho del río Guadalajara en la abscisa K0 + 707 (Estudios realizados por el PMC, 2003)	252
Figura 8.7. Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la abscisa K1 + 523 (Estudios realizados por el PMC, 2003)	252
Figura 8.8. Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la Estación el Vergel (Estudios realizados por el PMC, 2003)	253
Figura 8.9. Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la estación La María (PMC 1992)	255
Figura 8.10. Diámetros característicos del material del lecho del río Guadalajara	256
Figura 8.12. Curva granulométrica del material superficial del lecho	259
Sector Puente vía Panamericana y Puente del ferrocarril	259
Figura 8.13. Cuenca del río Guadalajara	260
Figura 8.14. Curva de calibración Nivel - Caudal	263
Figura 8.15. Caudales medios multianuales	263
Figura 8.16. Caudales medios, máximos y mínimos instantáneos anuales	264
Figura 8.17. Análisis de eventos extremos	265
Figura 8.18. Curvas de variación estacional	266
Figura 8.19. Curva de duración de caudales diarios en el río Guadalajara en la estación El Vergel	267
Figura 8.20. Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara	269
Figura 8.21. Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos	271

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Figura 8.22. Relaciones entre los niveles de agua y los parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara _____	272
Figura 8.23. Perfil longitudinal del río Guadalajara en el año 2003 (Fuente: CVC-Universidad del Valle, 2003) _____	274
Figura 8.24. Perfil longitudinal del río Guadalajara con base en las secciones levantadas 1997 (Fuente: CVC, 1997) _____	275
Figura 8.25. Perfil longitudinal del río Guadalajara (Fuente: CVC, 1997 y CVC-Universidad del Valle, 2003) _____	275
Figura 8.26. Perfil longitudinal del río Guadalajara en la zona de estudio (Fuente: CVC, 1997 y CVC-Universidad del Valle, 2003) dividido por zonas para el cálculo de la pendiente _____	278

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTENIDO DE FOTOS

Foto 2.1. Vista frontal de la Basílica del Señor de los Milagros, Guadalajara de Buga. _____	14
Fecha: 27 de mayo de 2009. _____	14
Foto 2.2. Creciente del 29 de noviembre de 1997. Inundación patinódromo, El Tiempo 01/12/97. _____	18
Foto 2.3. Informe Parque El Vergel. _____	23
Foto 2.4. Informe sobre el barrio Alto Bonito. _____	24
Foto 2.5. Informe sobre la Acequia Chambimbal. _____	25
Foto 2.6. Informe Técnico CVC sobre la Cárcava de Puente Negro. _____	30
Foto 2.7. Puente destruido, vereda El Janeiro. Documentos del CLOPAD, 29 de Mayo de 2.009. _____	31
Foto 2.7. Informe sobre la creciente del río Guadalajara. _____	32
Foto 2.8. Informe Creciente del río Guadalajara de Buga del 29 de noviembre de 1997. _____	33
Foto 5.1. Frente montañoso principal, al fondo, limitado por la falla de Guabas-Pradera, marcada por el cambio topográfico con mayor pendiente y elevación de la cordillera. _____	123
Vista hacia el oriente. _____	123
Foto 5.2. Afloramiento de conglomerado consolidado con tamaño de grano uniforme. _____	126
Foto 5.3. Arenisca gruesa, alternando con capas delgadas de conglomerado. Buzamiento al oeste. _____	127
Foto 5.4. Capas de arenisca y conglomerado, con buzamiento al Este. _____	127
Foto 5.5. Panorámica de la formación la Paila. Vista mirando al norte. _____	128
Foto 5.6. Topografía en forma de "lomo" (centro) _____	130
Foto 5.7. Superficie de aplanamiento o peniplanación _____	139
Foto 5.8. Lomo de grava cuaternaria y depósito de ladera en proceso de erosión. _____	142
Foto 5.9. Erosión superficial en las laderas al E de Buga. _____	142
Foto 5.10. Afloramiento de la Grava que conforma el depósito. _____	143
Foto 5.11. Deslizamiento superficial. _____	143
Foto 5.12. Erosión hacia el ápice. _____	144
Foto 5.13. Ceniza volcánica destapada por la erosión. _____	144
Foto 5.14. Reptación Alto Bonito. _____	145
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. _____	145
Foto 5.15. Deslizamiento en el barrio de Alto Bonito. _____	146

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

<i>(Tomada del Informe Técnico de CVC No 1130-05-028-212 de 2001)</i> _____	146
Foto 5.16. Deslizamiento rotacional, al SE de Buga. _____	147
Fotos 6.1 y 6.2. Sismografo modelo Ras-24 y Geofonos para recepción de ondas. _____	159
Foto 6.3 y 6.4. Cable de emisión, Platina y Mazo utilizado como fuente de energía. _____	159
Foto 6.5. Georesistivimetro, Modelo GPI FHMM-9601. _____	160
Foto 7.1. Deslizamiento sector Alto Bonito. _____	173
Foto 7.2. Estación Acueducto Buga _____	176
Foto 7.8. Aforo Quebrada Chambimbal; Puente vía Panorámica _____	184
Foto 7.9. Aforo Qda La Pachita 300 m aguas abajo Puente vía alterna entrada a Buga. _____	184
Foto 7.10. Aforo Qda La Honda; Pte vía alterna entrada a Buga. _____	185
Foto 7.12. Vista panorámica tomada desde el mirador (El Faro) sector centro de la ciudad de Buga. _____	195
Foto 7.13. Vista panorámica tomada desde el mirador (El Faro) sector sur de la ciudad de Buga. _____	195
Foto 7.14. Cultivo de Caña ubicado en la zona de expansión occidental, en el costado occidental de la vía panorama _____	196
Foto 7.15. Cultivo de maíz ubicado en la zona de expansión sur, en el costado oriental de la vía panorama. _____	196
Foto 8.7. Quebrada La Pachita en el casco urbano del municipio de Buga _____	235
Foto 8.8. Quebrada la Pachita en la Calle 24 con Carrera 16 antes de desembocar en la quebrada Honda _____	235
Foto 8.9. Quebrada Honda después de la desembocadura de la quebrada La Pachita _____	235
Foto 8.10. Quebrada Honda en el cruce con la vía Panamericana _____	235
Foto 8.11. Bocatoma Chambimbal _____	236
Foto 8.12. Acequia Chambimbal sobre la quebrada Varelas o La Pachita, al norte del municipio _____	236
Foto 8.13. Bocatoma El Albergue _____	237
Foto 8.14. Acequia El Albergue _____	237
Foto 8.15. Toma de agua de la acequia La Julia _____	238
Foto 8.16. Acequia La Julia _____	238
Foto 8.17. Acequia El Chircal _____	238
Foto 8.18. Bocatoma de la acequia El Chircal _____	238
Foto 8.19. Acequia El Chircal pasando por el barrio Los Ángeles _____	239
Foto 8.20. Marco utilizado por el PMC para muestreo de material superficial _____	248
Foto 8.21. Análisis grafico de muestras superficiales (PMC, 1992) _____	249

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- Figura 8.11.** *Identificación de partículas para análisis granulométricos de malla-número (a) Muestra
fotográfica; (b) Partículas delimitadas en las intersecciones de la malla* _____ 257
- Foto 8.22.** *Río Guadalajara cerca de su desembocadura en el Río Cauca* _____ 261

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

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**

- M I D A S -

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

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al informe de los resultados obtenidos de los estudios de Historicidad de eventos, Topografía, Geología, Geofísica, Hidrología e Hidráulica desarrollados 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 El Cairo, Buga, Riofrío, Dagua, y La Unión (Proyecto MIDAS)**, ejecutado por el Observatorio Sismológico del Suroccidente de la Universidad del Valle, mediante convenio interadministrativo CVC-UNIVALLE 188 DE 2008.

A partir de los estudios señalados y con el uso de la cartografía base, se han generado los mapas temáticos para el municipio de Buga dando cumplimiento a los términos del primer Otrosí del proyecto. Los mapas se han elaborado haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica, mediante los cuales se han generado los respectivos metadatos guardando la estructura definida por la CVC.

Los mapas que se entregan en el presente informe, cuya escala puede variar respecto a la planteada inicialmente en el contrato, se establecen de acuerdo con los diferentes tipos de información, lo cual ha sido concertado entre las partes (CV, Univalle e Hidro-Occidente), en reunión del 24 de Julio de 2009. La base cartográfica está a escala 1:2.000, a partir de la cartografía existente en el IGAC y de los levantamientos topográficos realizados para este proyecto.

Se presentan los siguientes mapas temáticos: Geología, Geomorfología, Formaciones Superficiales y procesos morfodinámicos, Mapa Básico, Mapa de Uso de suelo de la zona urbana y zona de expansión y cartografía de eventos históricos.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

El informe ha sido dividido por secciones de acuerdo con los estudios específicos realizados. En cada sección se presentan los resultados de éstos, buscando la interrelación en cada una de las áreas. Sin embargo, la mayor interrelación se logrará al momento de hacer los cruces de mapas temáticos para el cálculo de la amenaza. En cada sección se presentan los anexos que ella corresponden.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

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**

- M I D A S -

PERSONAL PARTICIPANTE

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO

No	NOMBRE	PROFESION	CARGO
DIRECCION Y ADMINISTRACION			
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	Ing. Topográfica	Auxiliar Administrativa
GRUPO DE GEOLOGIA Y GEOFISICA			
5	GABRIEL PARIS	Geólogo	Asesor en Geología
6	WILLIAM VARGAS	Geólogo	Coordinador
7	DANIEL RAMIREZ	Geólogo	Profesional
8	MAGNOLIA APONTE REYES	Estudiante Geografía	Monitora
GRUPO DE SIG			
9	EDDA CIFUENTES	Ing. Topográfica	Coordinadora
10	JIBER QUINTERO SALAZAR	Ing. Topográfico	Auxiliar en SIG y Topografía
11	VIVIANA BARRERO VARELA	Ing. Topográfica	Auxiliar en SIG y Topografía
GRUPO TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA			
12	JHON JAIRO BARONA	Ing. Topográfico	Coordinador
13	HECTOR FABIO HERNANDEZ	Tec. Topográfico	Operador de Topografía 1
14	JOSE RICARDO FRANCO BORJA	Aux. en Topografía	Auxiliar en Topografía 1
15	JULIAN ANDRES ESCOBAR	Ing. Topográfico	Operador de Topografía 2
16	JOSE JULIAN CASTRILLON	Aux. en Topografía	Auxiliar en Topografía 2
17	JHON LEANDRO PEREZ	Estudiante de Ing Topografica	Monitor
18	JEFFERSON VALENCIA GOMEZ	Estudiante de Ing Topografica	Monitor
GRUPO DE HIDROLOGÍA			
19	HENRY JIMENEZ ESCOBAR	Ing. Agrícola	Coordinador
20	FABIAN ULISES BARROSO	Ing. Agrícola	Ingeniero
21	JUAN PABLO URREGO	Ing. Agrícola	Ingeniero
22	ANDRES FABIAN BARRIOS	Ing. Agrícola	Ingeniero
23	JHONY HUMBERTO GARCES	Estudiante de Geografia	Monitor
24	TULIO ENRIQUE BONILLA	Estudiante de Tec. Manejo suelos y Aguas	Monitor
GRUPO DE HIDRAULICA			
25	CARLOS RAMIREZ	Ing. Civil	Coordinador
26	CARLOS OMAR AYALA COLLAZOS	Ing. Civil	Ingeniero
27	MARIA PAULA LORZA VILLEGAS	Ing. Civil	Ingeniero

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

GRUPO DE HISTORICIDAD

28	ELKIN SALCEDO HURTADO	Ph. D. en Física-Matemáticas	Coordinador Historiografía
29	LUZ ANGELA MAZUERA	Licenciada en Historia	Historiadora
30	NATHALY MAZO	Estudiante Geografía	Monitora

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

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**

- M I D A S -

1. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

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, contituyéndose en una verdadera despensa agrícola y ganadera. La ciudad está asentada sobre el margen derecho 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.

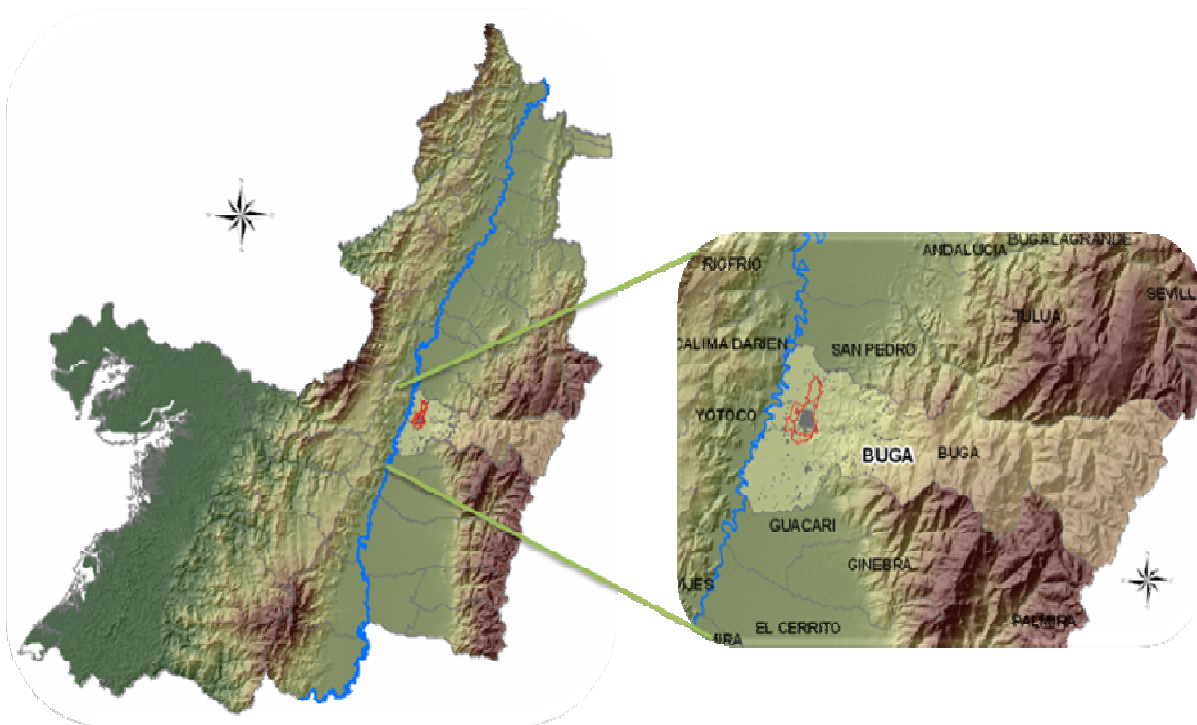


Figura 1.1. Ubicación geográfica del Municipio de Buga

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

La ciudad de Buga se localiza en la entrada del río Guadalajara al valle geográfico del río Cauca, que se trata de un sector de menor pendiente a la que trae el río en el sector montañoso. El Río Guadalajara que 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.¹

Cuenta con una extensión total de 832 km², de los cuales 16,2 km² corresponden a área urbana, para un total aproximado de 816 km² para el área rural del municipio, distribuidos de la siguiente manera: 145 km² corresponden a clima cálido, 243 km² a clima medio, 243 km² a clima frío y 271 km² 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 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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).

Posteriormente, en 1993 el Acuerdo 43 divide el territorio urbano en comunas, en 1996

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

aparecen el Plan Vial y el Estatuto Urbano; en 1997 y en 1998 el Plan de Desarrollo Municipal.²

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.

² Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

1.4. MARCO GEOLÓGICO

En el área de estudio afloran unidades de roca que varían en edad desde el Mesozoico hasta el Cuaternario.

En la cuenca hidrográfica del Río Guadalajara se presentan tres formaciones geológicas sobre las cuales se ha modelado la cuenca. La formación de rocas mesozoicas es la más importante por ocupar el 45.13 % del área de la cuenca. 14063.99 has, dentro de esta formación se distinguen tres unidades:

- El Macizo Ofiolítico de Ginebra formada por Anfibolitas y Gabros no diferenciados que se localizan en la parte media y alta del territorio: La María, Monterrey y Alaska.
- Batolito de Buga conformado por rocas metamórficas que afloran en La Habana, Janeiro y las Frías parte media alta,
- Formación Amaime está constituida por lavas basálticas y diabasas de origen oceánico que ocupan la parte más alta de la cuenca; sectores del Diluvio y La Italia. En orden de importancia le siguen los depósitos Cuaternarios que se presentan como depósitos aluviales de gran extensión, 36.16 % conformando la llanura aluvial del río Cauca y menores en el río Guadalajara, quebradas La María, Chambimbal y Janeiro formadas por arenas, limos y arcillas, y los abanicos del piedemonte conformados por materiales gruesos granulares como cantos, guijarros y gravas.

La formación terciaria denominada La Paila está formada por rocas acumuladas por procesos de origen sedimentarios-volcánicos formando la zona de relieve colinado suavemente ondulado que colinda con el piedemonte del Valle Geográfico ocupando el 16.79% de la cuenca.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 adicionar (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.

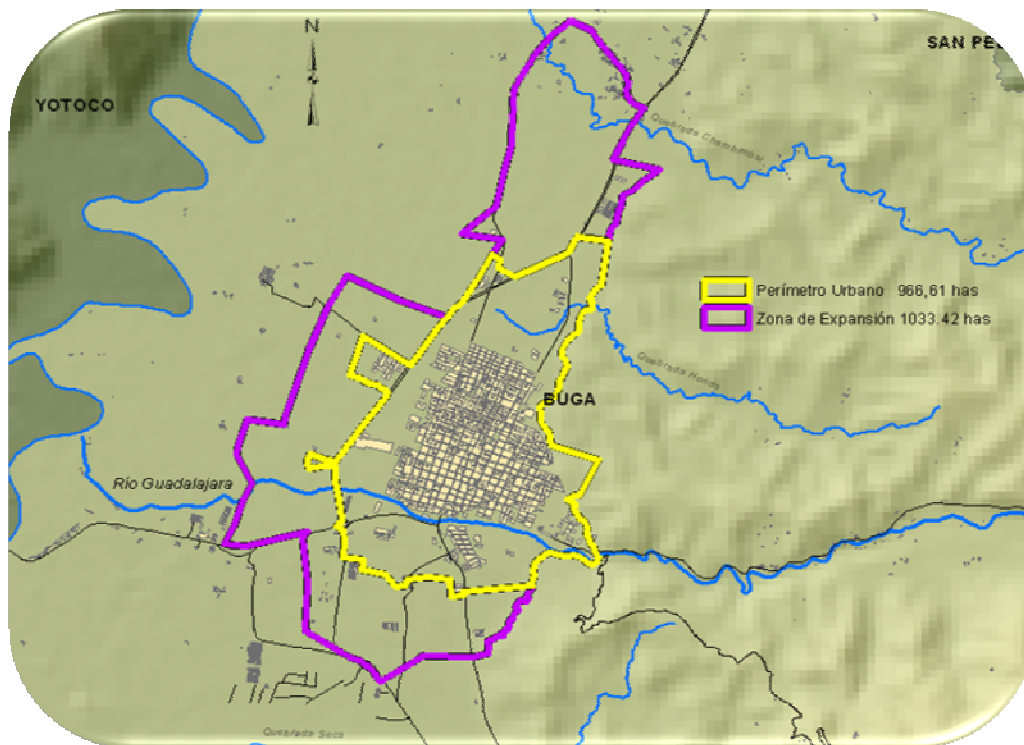


Figura 1.2. Perímetros de la zona urbana y de expansión del municipio de Buga, definidos en conjunto con la Oficina de Planeación Municipal.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

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**

- M I D A S -

2. HISTORICIDAD

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

2. HISTORICIDAD DE LOS EVENTOS

2.1. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo la realización del análisis de la historicidad de los eventos de Movimientos de masa, Inundaciones, Deslizamientos, Avenidas torrenciales y Sismos del Municipio de Buga, adelantado en el del Proyecto MIDAS. La Foto 2.1 muestra la vista frontal de la Basílica del Señor de los Milagros, Guadalajara de Buga, ubicada en la plaza central de la ciudad.



Foto 2.1. Vista frontal de la Basílica del Señor de los Milagros, Guadalajara de Buga.
Fecha: 27 de mayo de 2009.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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, Plantación 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.

2.2. BÚSQUEDA DOCUMENTAL Y NOTICIAS DE EVENTOS

A continuación se hace un registro de los documentos encontrados:

2.2.1. 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 nos habla de 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 la cuenca del río Guadalajara, la lluvia intensa se presentó en la parte media de la vertiente sur de dicha cuenca, la lluvia se presenta 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 registro aproximadamente entre las 8 y 9 p.m. de ese mismo día.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 agua debajo 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 causó algunos daños sobre las viviendas existentes. La creciente en los puentes de las carreras 9^a, 16^a y 19^a generó algún grado de remanso debido a que el nivel de las aguas no alcanzó 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 generó 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 entró a las propiedades y arrastró 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,

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 trabajo 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 2.2), 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 2.2. Creciente del 29 de noviembre de 1997. Inundación patinódromo, El Tiempo 01/12/97.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 las inmediaciones de presa 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, los jardines del hotel sufrieron la consecuencia de la inundación.

Frente al hotel e inmediatamente aguas arriba de las instalaciones de la Policía sobre el 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 creciente en la zona urbana no aportó mayores cantidades de sedimentos ni con 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 ciudad³.

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.

2.2.2. 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

³ Creciente del río Guadalajara, 29 de Noviembre de 1997...Pág. 18.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- Barrio La Ventura
- 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

2.2.3. 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 2.3). También en este informe se plantea la reconstrucción de la bocatoma de El Albergue.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 2.3. 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 el 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 realizo 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

deslizamiento. Un ejemplo del problema está registrado en esta fotografía que hace parte del informe técnico (Foto 2.4).



Foto 2.4. Informe sobre el barrio Alto Bonito.

- Informe Técnico N° 1130-05-028-085-142-2001

Proceso de Inestabilidad en la Acequia Chambimbál. CVC. Grupo Infraestructura. José Francisco Torres Baquero. Mayo 2001.

La acequia Chambimbál, 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 Chambimbál por los deslizamientos que afectan el suministro de agua y producen inundaciones. Según el informe, la CVC reglamentó el uso público de esta

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 2.5 registra el problema que se presenta en la acequia.



Foto 2.5. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 presentó 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 desbordó 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 afectó al barrio El Rosal. En este sitio, además de desbordarse en ambas márgenes, el agua rebosó 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 desbordó 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 presentó un deslizamiento rotacional, mencionado en el informe que sobre este barrio realizó 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 2002 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- 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 2.6).



Foto 2.6. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 2.7).



Foto 2.7. 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, causó 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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 2.7. Informe sobre la creciete 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.”⁴

⁴ Informe realizado por la CVC sobre la creciete presentada el 29 de noviembre de 1997

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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).



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

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

2.3. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

HISTORICIDAD

ANEXO 2.1

Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) del Municipio de Guadalajara de Buga

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A2.1. Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga

Municipio	Fecha	Evento	Lugar	Fuente	Observaciones
Buga	15/04/42	Desbordamiento	El Morro	ING.	Río Guadalajara
Buga	15/04/50	Desbordamiento		BDOD-00461	Rio Medialuna
Buga	02/05/66	Desbordamiento		BDOD-20034	Lluvias intensas
Buga	21/12/66	Otra causa		BDOD-20087	
Buga	18/01/71	Lluvias	Carretera Buga-Loboguerrero	EL TIEMPO 1971-01-19 P.9	
Buga	30/03/71	Desbordamiento		EL TIEMPO 1971-04-01 Pag 8	Rio Guadalajara
Buga	15/04/71	Desbordamiento		BDOD-20309	Rio 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 Buga-Loboguerrero	EL TIEMPO 1979-04-30 P.8A	
Buga	07/05/81	Sismo	Carretera Buga-Madroña	EL TIEMPO 1979-11-25 P.2A	Desbordamiento río Cauca
Buga	15/05/81	Desbordamiento		BDOD-60028	Rio 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A2.1. 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 Buga-Buenaventura	TIEMPO 1989-10-14 P.9A	
Buga	04/02/90	Desconocida	Zona Rural	BDOSSO	
Buga	15/04/90	Desbordamiento		REONAD	Rio 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A2.1. 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 País 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A2.1. 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	Rio 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A2.1. Catálogo de eventos (inundaciones y movimientos en masa) – Guadalajara de Buga (Continuación)

Buga	14/12/99	Inundación	Sin especificar	Inventario Emergencias DNPAD	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 Proceso de Inestabilidad Acequia Chambimbal	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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A2.1. 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 Emergencias 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 Emergencias 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

HISTORICIDAD

ANEXO 2.2

Mapa 2.1. – Cartografía Social. Sectores donde se presentan eventos (inundaciones y movimientos en masa) del Municipio de Guadalajara de Buga

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

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**

- M I D A S -

3. TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

3. MEDICIONES TOPOGRÁFICAS

3.1. CONSTRUCCIÓN DE BASE CARTOGRÁFICA

Para el municipio de Buga, se adquirió directamente al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la cartografía en formato DXF del municipio de Buga a escala 1:2000, esta información se complementará con información de planeación municipal de Buga, con el fin de contar con una base cartográfica adecuada para el estudio a desarrollar.

3.2. LEVANTAMIENTO DE SECCIONES BATIMÉTRICAS

Esta actividad se inició con la materialización y posicionamiento de los puntos de control, que servirían de amarre a los levantamientos topo-batimétricos 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 la 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 3w y se obtuvieron inconsistencias que generan algunas dudas sobre la pertinencia de el uso de estos puntos en el proyecto. Por tal motivo se decidió materializar y georeferenciar nuevos puntos de control para el estudio.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

La presentación propuesta para las placas, consiste 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

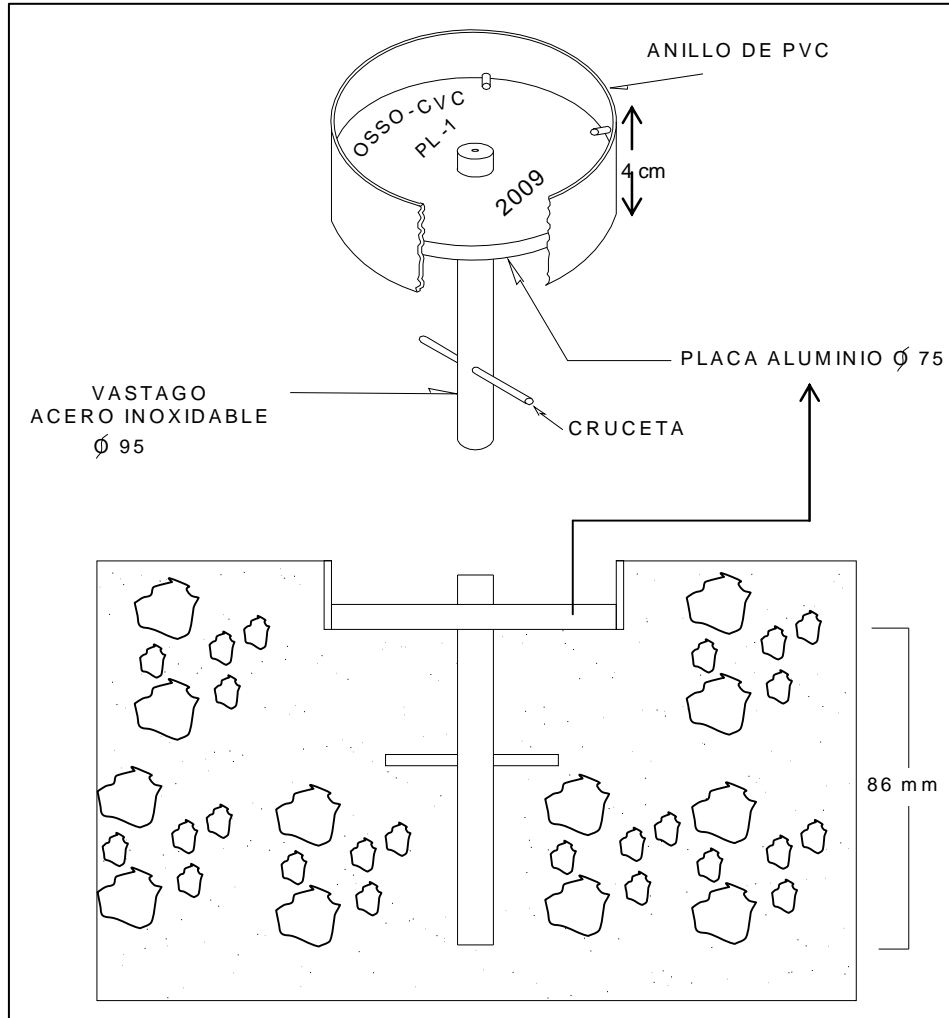


Figura 3.1. Materialización de puntos con placa en concreto

3.2.1. Posicionamiento

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). 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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

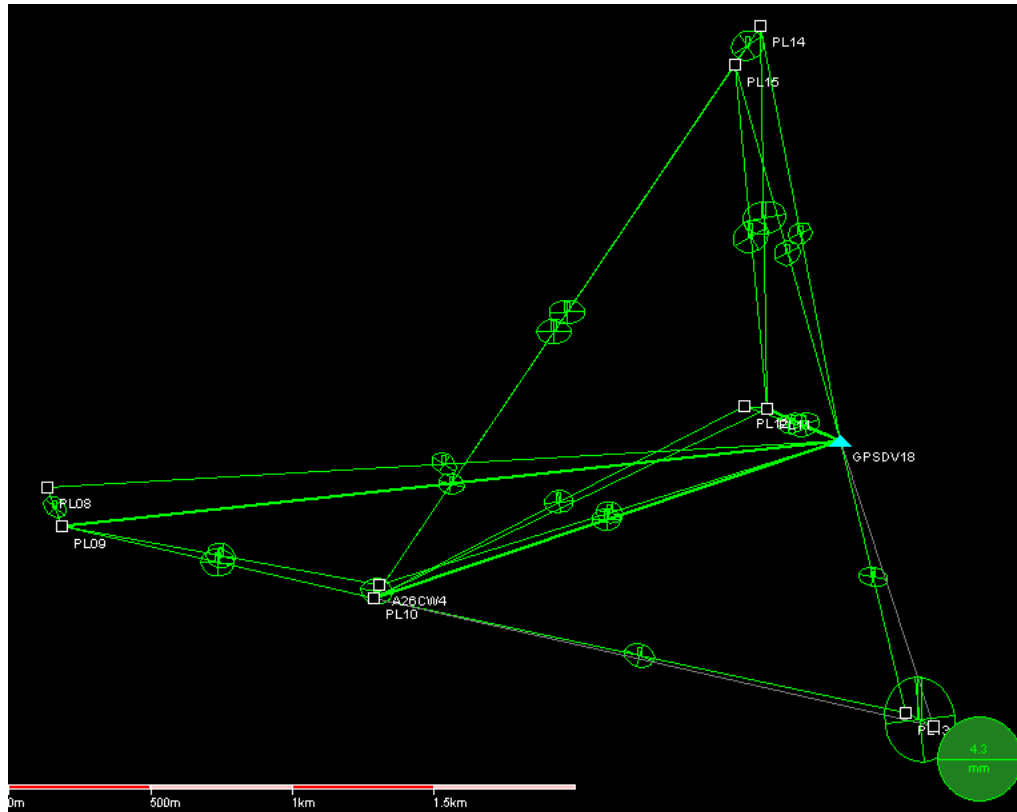


Figura 3.2. Diseño geométrico de la red.

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.

3.2.1.1. Equipos utilizados.

En el trabajo de fotocontrol se han utilizado dos receptores GPS Hiper Lite + de la casa fabricante TOPCON y dos receptores GPS 4600 LS de la casa Trimble Navigation a continuación se presentan las fichas técnicas de estos equipos.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



GPS HIPER LITE+
TOPCON

SERIE HIPER	
DESCRIPCIÓN	Receptor/antena GPS+ Integrado de 40 canales con interface MINTER
ESPECIFICACIONES DE SEGUIMIENTO	
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
PRESTACIONES	
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
ESPECIFICACIONES DE ENERGÍA	
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)
ESPECIFICACIONES AMBIENTALES	
Cubierta	Aluminio extruido, impermeable
Temperatura Operación	-30°C a 60°C
Dimensiones	159 x 172 x 88 mm
Peso	1.65 kg
ESPECIFICACIONES ANTENA GPS+	
Antena GPS / GLONASS	Integrada (Hiper GGD & Hiper+)
Tipo Antena	Microstrip (Hiper/HiperGGD) y Antena UHF centrada (sólo Hiper+)
Plano de Tierra	Antena sobre estrecho plano de tierra
ESPECIFICACIONES DE RADIO	
Radio Modem UHF	Interno Rx o Externo Tx/Rx
Modem CDPD & GS	Modelo Opcional
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	
Comunicación	Bluetooth® versión 1.1 comp.™+ (sólo Hiper+)
ENTRADA / SALIDA	
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
MEMORIA Y REGISTRO	
Memoria Interna	Hasta 96MB (Hiper/HiperGGD) o 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
SALIDA DE DATOS	
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)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



GPS 4600 LS

Trimble Navigation

4600LS

Economical, fully integrated single-frequency GPS survey unit

STANDARD FEATURES

- RTCM Version 2 input
- NMEA-0183 output
- Internal memory

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Physical

Size: 22.1 cm (8.7") Dia. x 11.8 cm (4.64") H
Weight: 1.4 kg (3.1 lbs)
1.7 kg (3.7 lbs) with batteries for >32 hours

Electrical

Receiver power: <1 Watt receiver only
5 VDC with C-size batteries. 9 to 20 VDC external supply

Battery life (typical): >32 hours continuous receiver operation on 4 standard C-size alkaline batteries

Certification: FCC & CE mark approved

Environmental

Operating temp: -40°C to +65°C (-40°F to +149°F)
Storage temp: -55°C to +75°C (-67°F to +167°F)
Humidity: 100%, fully sealed. Buoyant
Shock: 2 m (6ft) accidental pole drop

OPTIONS AND ACCESSORIES

- Survey options:** 2 m rangepole
2 m adjustable height tripod
Rugged transit cases
- Datalogging options:** TSC1 data collector with Trimble Survey Controller software
GPS Configurator software
- Batteries:** Camcorder battery (24 hours of operation)
6 Ah battery (72 hours of operation)
10 Ah battery (120 hours of operation)
- Support:** Extended hardware warranty
Firmware and software update agreement
Training on-site or at factory
- Software:** Trimble Geomatics Office — *The total GPS and conventional survey data processing solution.*
GPS Configurator software — *Free software that runs on a CE or iPAQ device to control static surveys.*

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>.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

PERFORMANCE SPECIFICATIONS	
<i>Static Survey Performance</i>	
Modes:	Quick-Start, L1 FastStatic
Accuracy:	
Horizontal:	±5 mm + 1 ppm (≤10 km)
Vertical:	±10 mm + 2 ppm (≤10 km)
Azimuth:	±1 arc second + 5/baseline length in kilometers
<i>Kinematic Survey Performance (Postprocessed)</i>	
(Requires TSC1 data collector with Trimble Survey Controller at rover)	
Modes:	Continuous, Stop-&-go
Accuracy:	
Horizontal:	±1 cm + 1 ppm
Vertical:	±2 cm + 1 ppm
Occupation:	
Continuous:	1 measurement
Stop & go:	2 epochs (min) with 5 satellites
Fastest datalogging rate:	1 Hz
<i>General Performance</i>	
Start-up:	<30 seconds from power-on to start survey with recent ephemeris
Measurements:	L1 C/A-code, L1 full-cycle carrier
Number of channels:	12
Datalogging:	In internal memory; in optional TSC1 data collector; or on TSC1 optional removable PC card
Receiver data storage:	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

3.2.1.2. *Puntos de control*

Se Utilizó el puntos GPS-DV-18 que se considero suficiente ante las longitudes de línea base tan cortas.

A continuación se pueden apreciar los reportes estadísticos resumen del posicionamiento, en la parte superior la Figura 3.3 ilustra el despliegue gráfico de la red de control GPS del software Trimble Total Control.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

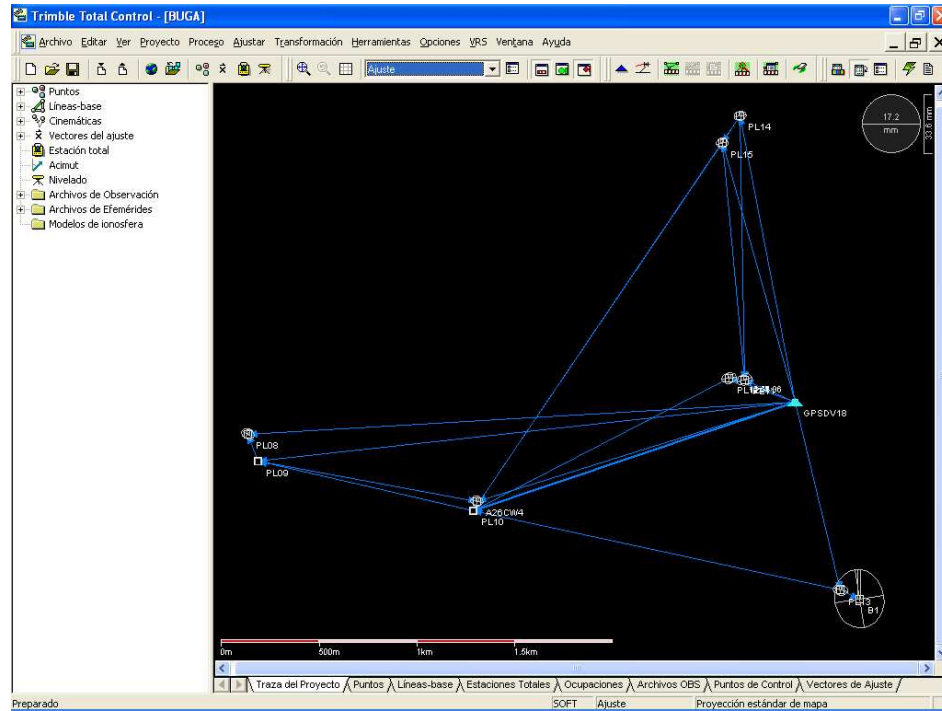


Figura 3.3. Despliegue gráfico del resultado de procesamiento de la red.

Uno de los puntos de apoyo fue el Np del IGAC A26CW4, ubicado en el parque Simón Bolívar, que suministrará al estudio un adecuado control vertical (Tabla 3.1). Sin embargo, se buscarán más opciones.

3.2.1.3. Puntos Ajustados en WGS84 (Coord. Geogr. y Desv. Típica)

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

Punto	X	σ	Y	σ	Z	σ
A26CW4	1507115.6060m	3.3mm	-6183484.9183m	4.5mm	430382.2574m	3.0mm
GPSDV18	1508709.1977m	0.0mm	-6183160.4608m	0.0mm	430893.0000m	0.0mm
PL08	1505970.4408m	3.4mm	-6183726.5634m	5.0mm	430722.1362m	3.4mm
PL09	1506022.3246m	2.9mm	-6183723.4993m	4.0mm	430583.2278m	2.7mm
PL10	1507096.1723m	2.6mm	-6183492.9373m	3.3mm	430334.6227m	2.1mm

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

PL11	1508439.4532m	4.0mm	-6183136.4337m	5.8mm	431001.0580m	3.4mm
PL12	1508361.2177m	4.6mm	-6183153.9167m	4.6mm	431008.9210m	3.3mm
PL13	1508936.9491m	3.9mm	-6183111.9139m	5.2mm	429932.5346m	3.2mm
PL14	1508393.0558m	3.2mm	-6183045.3557m	4.3mm	432346.2087m	2.8mm
PL15	1508304.9182m	3.3mm	-6183075.3367m	4.3mm	432208.7435m	2.9mm

3.2.1.4. Elipses de Error de los Puntos Ajustados

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

3.2.2. Levantamiento de secciones batimétricas.

Esta actividad se adelanta actualmente con un avance del 20%.

Se anexan las fichas de los puntos con sus respectivas coordenadas (Anexo 3.2).

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA


ANEXO 3.1

**Certificación del IGAC sobre punto de control del
vértice MAGNA GPS D-V-18**


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión


3367803



Libertad y Orden



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI
Calle Comfama



BICENTENARIO
de la Independencia de Colombia
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° 53' 56.928 98" N
Longitud: 76° 17' 15.381 50" W
Altura elipsoidal: 1 094.725 m
Altura (snm): 1 065.8 m (Niv. GEOCOL)

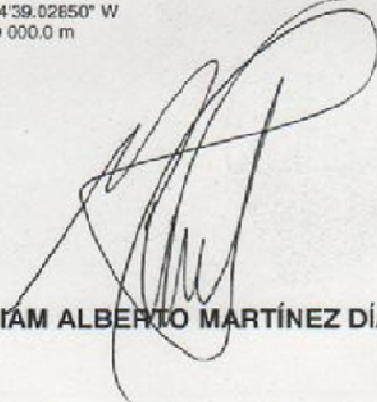
GEOCÉNTRICAS CARTESIANAS Y SUS VELOCIDADES
X = 1 508 709.130 m Vx = 0.0048 m/año
Y = - 6 183 160.489 m Vy = 0.0020 m/año
Z = 430 893.749 m Vz = 0.0121 m/año

PLANAS DE GAUSS-KRÜGER
Norte : 922 960.686 m
Este : 1 087 732.076 m

Origen de las coordenadas planas:
OESTE MAGNA
Latitud: 04°35'46.32150" N Longitud: 77°04'39.02850" W
Norte: 1000 000.0 m Este: 1000 000.0 m

Cálculos realizados en el año 2000
Con destino a: UNIVERSIDAD DEL VALLE
Recibo No.: SB86417
Papel de seguridad No.: 3367803

Preparó: Jhon Tellez
Revisó: Flor Alba Espejel



WILLIAM ALBERTO MARTÍNEZ DÍAZ

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

ANEXO 3.2

Fichas de los puntos de coordenada del levantamiento de secciones batimétricas

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: B1 Municipio: Buga</p>			
<p>COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 53' 24.22937"</p> <p>Longitud: O 76° 17' 04.71799"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 1042.352m</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 921956.483 Cota: 1015.330m (Geocol)</p> <p>Este: 1088062.039</p>			
<p>FOTO</p>		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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.</p>	


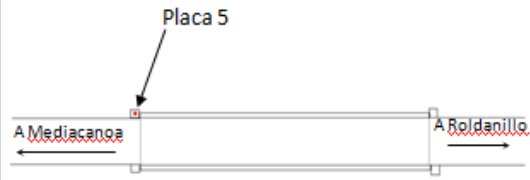
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: PLACA A26CW4 Municipio: Buga</p>			
<p align="center">COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 53' 40.45614"</p> <p>Longitud: O 76° 18' 08.04588"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 997.755m</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 922453.140 Cota: 970.781m (Geocol)</p> <p>Este: 1086107.639</p>			
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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.</p>	


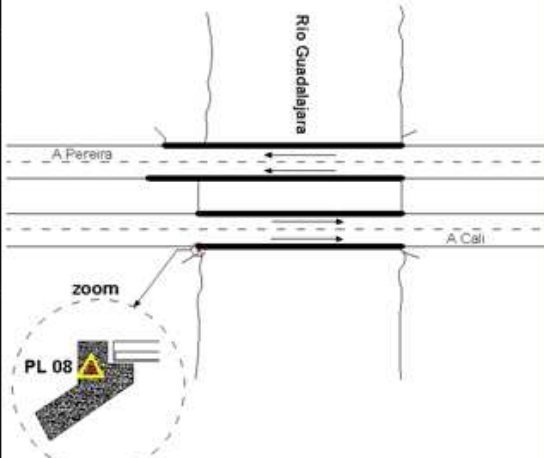

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: PLACA 5 Municipio: Riofrío</p>			
<p>COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 4° 08' 39.17972</p> <p>Longitud O 76° 17' 12.70600</p> <p>Alt. Elipsoidal: 964.931</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 950063,064 Cota 937.5926m m (Geocel)</p> <p>Este: 1087788,389</p>			
<p style="text-align: center; font-size: 2em;">FOTO</p>		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>En el puente sobre el Río frío de la vía panorama sobre el estribo derecho en el sentido Roldanillo - 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.</p>	


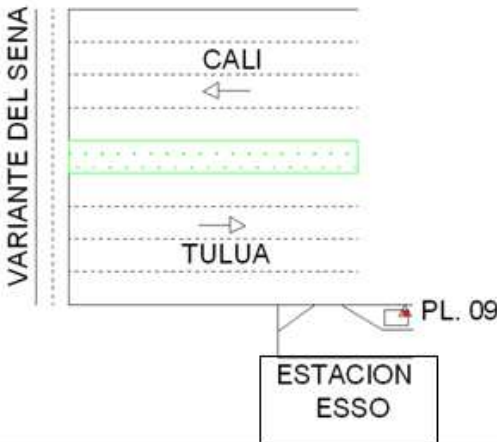

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>
<p>Nombre del Punto: PLACA 8 Municipio: Buga</p>		
<p>COORDENADAS</p>		
<p>Geográficas</p>		
<p>Dátum: WGS84 Latitud: N 3° 53' 51.57414" Longitud O 76° 18' 45.95825" Alt. Elipsoidal: 984.638m</p>		
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 922793.607 Cota: 957.693m (Geocod) Este: 1084937.584</p>		
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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.</p>

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: <u>PLACA 9</u> Municipio: Buga</p>			
<p>COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p>			
<p>Dátum: WGS84 Latitud: N 3° 53' 47.04245" Longitud: O 76° 18' 44.30101" Alt. Elipsoidal: 984.475</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 922654.445 Cota 957.5304m (Geocol) Este: 1084988.842</p>			
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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-Tulúa 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>	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrio, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: PLACA 10 Municipio: Buga</p>			
<p>COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 53' 38.90213"</p> <p>Longitud: O 76° 18' 08.71933"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 997.702m</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 922405.380 Cota: 970.741m (Geocod)</p> <p>Este: 1086086.899</p>			
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</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 vástago 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>	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: PLACA 11 Municipio: Buga</p>			
<p>COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 54' 00.60708"</p> <p>Longitud O 76° 17' 23.68749"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 1014.934</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 923073.439 Cota 987.9184m (Geocol)</p> <p>Este: 1087475.697</p>			
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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.</p>	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>
<p>Nombre del Punto: PLACA 12 Municipio: Buga</p>		
<p align="center">COORDENADAS</p>		
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 54' 00.86588"</p> <p>Longitud: O 76° 17' 26.28505"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 1013.915m</p>		
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 923081.309 Cota: 986.911m (Geoco)</p> <p>Este: 1087395.546</p>		
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</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>

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: PLACA 13 Municipio: Buga</p>			
<p align="center">COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 53' 25.69833"</p> <p>Longitud: O 76° 17' 07.83555"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 1036.236</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 922001.518 Cota 986.9109m (Geocol)</p> <p>Este: 1087965.807</p>			
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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.</p>	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: PLACA 14 Municipio: Buga</p>			
<p>COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 54' 44.51140"</p> <p>Longitud O 76° 17' 24.44875"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 1007.323</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 924422.121 Cota 980.3369m (Geocol)</p> <p>Este: 1087450.940</p>			
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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 1.00 cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.</p>	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

<p>CVC Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente Hacia una proyección social</p>		<p>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</p>	
<p>Nombre del Punto: PLACA 15 Municipio: Buga</p>			
<p>COORDENADAS</p>			
<p>Geográficas</p> <p>Dátum: WGS84</p> <p>Latitud: N 3° 54' 40.02896"</p> <p>Longitud: O 76° 17' 27.45413"</p> <p>Alt. Elipsoidal: 1006.164</p>			
<p>Planas MAGNA</p> <p>Origen: 3 grados al oeste del Obs. Astronómico de Bogotá.</p> <p>Norte: 924284.345 Cota 979.1449m (Geocd)</p> <p>Este: 1087358.352</p>			
		<p>LOCALIZACION Y ACCESO:</p> <p>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. cm por debajo de la superficie del concreto, por lo tanto se recomienda limpiar tierra o arena del estribo, para su fácil identificación.</p>	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

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**

- M I D A S -

<p>4. CARTOGRAFÍA BÁSICA Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – SIG –</p>

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

4. ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

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 1) y de adiciones a la estructuración planteada por CVC (Anexo 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla 4.1. Información Cartográfica del POT (Continuación).

Suelos de protección	BOGOTA	DWG	Polígono	Parque Nacional Natural las Hermosas, 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	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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.
Construcción 93-99	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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 Tuluá, 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 carretero 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

Tema	Año	Dátum	Formato	Geometría	Descripción
Isoetas29_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 chircal. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 IIs, 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, chambimbal1, el placer, frisoles, la habana, la maría, monterrey, nogales, presidente1, presidente2, quebradaseca, quebradaseca1, todos los santos2, vinculo1, zanjón hondo, zu buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de Planchas 1:5000⁵.

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

⁵ Producto de restitución fotogramétrica realizada por FAL Ltda para la CVC.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

261iuid2c	c5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iuid2c	c6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

261iuid4b	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
261iuid4c	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Coordenadas
261iuid4c	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
261iuid4c	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iuid4c	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
261iuid4c	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iuid4c	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
261iuid4c	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Construcciones
261iuid4c	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
261iuid4c	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iuid4c	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iuid4c	2312	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iuid4c	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
261iuid4c	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
261iuid4c	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
261iuid4c	2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Tanque
261iuid4c	2343	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Jarillón
261iuid4c	3102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Caminos
261iuid4c	3103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías férreas
261iuid4c	3108	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Senderos
261iuid4c	3109	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vías peatonales
261iuid4c	3120	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Carreteables
261iuid4c	3121	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía pavimentada ancha
261iuid4c	3124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iuid4c	3125	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Vía sin pavimentar ancha
261iuid4c	3411	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Puentes
261iuid4c	3414	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Línea de Transmisión
261iuid4c	3415	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Tubería - oleoducto

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

261iuid4c	3417	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Torres de energía
261iuid4c	3420	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Poste
261iuid4c	4102	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Zonas blandas
261iuid4c	4107	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Bosques
261iuid4c	5101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ríos dobles
261iuid4c	5103	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Acequias
261iuid4c	5112	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Lagos
261iuid4c	5114	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Ciénagas y pantanos
261iuid4c	5124	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Ríos sencillos
261iuid4c	5128	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	Jagüey – Aljibe
261iuid4c	5201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Arena Río
261iuid4c	6101	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Curvas de nivel
261iuid4d	1001	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	coordenadas
261iuid4d	1002	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Escuelas, Cementerio, Monumentos
261iuid4d	1201	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iuid4d	1202	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de aerotriangulación
261iuid4d	1999	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	Puntos de Cota
261iuid4d	2110	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	Corregimiento, cultivos, veredas
261iuid4d	2301	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	construcciones
261iuid4d	2307	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Canchas
261iuid4d	2309	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Zonas de parques
261iuid4d	2310	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Muro
261iuid4d	2311	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Cercas
261iuid4d	2312	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)		
261iuid4d	2330	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Loteo
261iuid4d	2332	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Perímetro manzana
261iuid4d	2339	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	Piscinas
261iuid4d	2341	1999	1:5.000	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	tanque

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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	Camino
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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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	Camino
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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 1:2000⁶.

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

⁶ Producto de restitución fotogramétrica realizada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

4.2. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA

4.2.1. 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, 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:

```
PROJCS["Buga",GEOGCS["GCS_Bogota",DATUM["<custom>"],SPHEROID["<custom>"],6379358.0,297.0],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],PROJECTION["Transverse_Mercator"],PARAMETER["False_Easting",88421.0],PARAMETER["False_Northing",22723.0],PARAMETER["Central_Meridian",-76.28483944],PARAMETER["Scale_Factor",1.0],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

coordenadas geográficas datum 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 (Mapa 4.2).

4.2.2. 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.

4.2.3. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

4.2.4. 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.

4.2.5. 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.

4.2.6. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

4.2.7. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

**CARTOGRAFÍA BÁSICA Y SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
– SIG –**

ANEXO 4.1

Propuesta de Estructuración

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

A4.1. UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES

DATASET:

Feature Class: unidades_superficiales

Nombre de la capa: Unidades superficiales

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
UNID_SUP	Texto	10		Uso suelo urbano	Dom_Unid_Sup
SIMBOLO_UNID_SUP	Texto	10		Símbolo unidad superficial	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Nombre del dominio: Dom_Municipio

Código	Definición
76001	Cali
76020	Alcala
76036	Andalucia
76041	Ansermanuevo
76054	Argelia
76100	Bolivar
76109	Buenaventura
76111	Guadalajara de Buga
76113	Bugalagrande
76122	Caicedonia
76126	Calima
76130	Candelaria
76147	Cartago

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

76233	Dagua
76243	El Aguila
76246	El Cairo
76248	El Cerrito
76250	El Dovio
76275	Florida
76306	Ginebra
76318	Guacari
76364	Jamundi
76377	La Cumbre
76400	La Union
76403	La Victoria
76497	Obando
76520	Palmira
76563	Pradera
76606	Restrepo
76616	Riofrio
76622	Roldanillo
76670	San Pedro
76736	Sevilla
76823	Toro
76828	Trujillo
76834	Tulua
76845	Ulloa
76863	Versalles
76869	Vijes
76890	Yotoco
76892	Yumbo
76895	Zarzal

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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_Unid_Sup

Código	Definición
Ri	Unidad de roca ígnea
Rs	Unidad de roca sedimentaria
Rv	Unidad de roca volcánica
Sri	Suelo residual roca ígnea
Srp	Suelo residual formación la paila
Sra	Suelo residual formación amaime
Src	Suelo residual formación Cisneros
Sre	Suelo residual formación espinal
Srg	Suelo residual del gabro de Riofrío
Srb	Suelo residual del complejo ultramáfico de Bolívar
Sfar	Suelos fluvio arenosos
Srm	Suelo residual rocas metamórficas
Sal	Llanura aluvial
Sal1	Abanico nuevo
Sal2	Abanico intermedio
Sal3	Abanico antiguo
Sal4	Depositos de pantanos aluviales
Sal5	Zonas desecadas y rellenos de cauce
Sal6	Barras puntuales o point ears
Sal7	Depositos aluviales activos y terrazas
Sal8	Cauces o meandros abandonados
Sat	Terraza nueva

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Sat1	Terraza intermedia
Sat2	Terraza antigua
Iv	Material intermedio volcánico
Is	Material intermedio sedimentario
Sft	Suelos fluvio torrenciales
Sfa	Suelos fluvio arcillosos
Sfe	Flujos de escombros
Sco	Suelos coluviales
Sac	Escombros de construcción
Sam	Esteriles de minería
Sea	Suelos de explotación agrícola

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

**CARTOGRAFÍA BÁSICA Y SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
– SIG –**

ANEXO 4.2

**Propuesta de Adiciones a la Estructuración
propuesta por CVC**

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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
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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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: 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	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Descripción de Dominios:

Nombre del Dominio: Dom_Estructura_Geologica

Código	Definición
100000	Falla definida
100100	Falla inferida
100200	Falla incierta
100300	Falla 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

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**

- M I D A S -

5. GEOLOGÍA

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

5.1. INTRODUCCIÓN

En virtud del contrato interadministrativo 188 entre CVC y UNIVALLE (Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente, OSSO), 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.

5.2. 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.

5.3. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.4. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

5.5. 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.

5.5.1 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 Guadalejo 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

5.5.2 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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*.

5.6. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Paleozoica, del Grupo Arquía del Jura-Cretáceo, y las rocas ultramáficas del Macizo Ofiolítico de Ginebra, la formación Amaime y el Batolito de 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 Rio 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

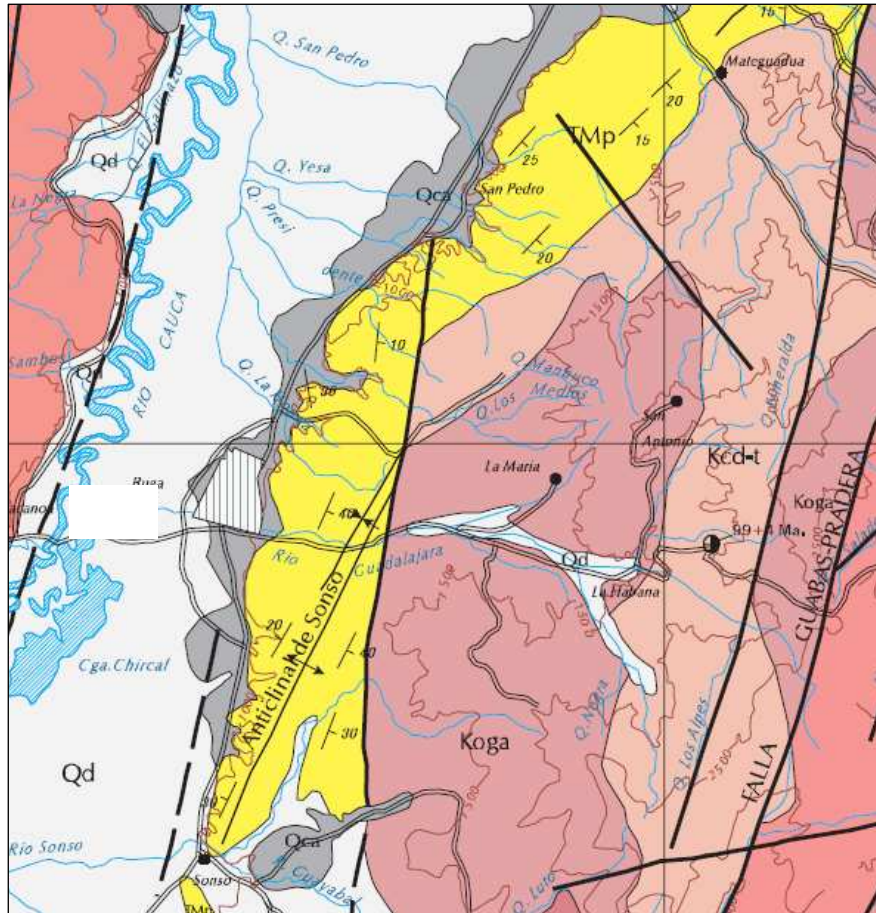


Figura 5.1. Mapa Geológico Generalizado de la Cordillera Central al Norte del departamento del Valle del Cauca.

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 ± 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 cuarzodiorita 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 ± 10 Ma; Brook (1984) obtuvo una edad Rb-Sr en biotita de 99 ± 4 Ma, con

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

edades minerales K/Ar discordantes de 71 a 89 Ma y 114 ± 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 (TMp)

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 σ_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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

dextral en las fallas de dirección NEE. Parece que el campo de esfuerzos cambia ligeramente hacia el norte, hacia el sector de Tuluá, donde σ_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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 retrocabalgamientos (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.

5.7. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

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.

5.7.1. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 cuarzdiorita, 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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 Fotografía 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

5.7.1.1. *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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.7.1.1.1. 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, cuarzodiorita, 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.

5.7.1.1.2. 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, cuarzodiorita, 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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.

5.7.1.1.3. Depósito 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

presenta problemas históricos de inestabilidad hacia el barrio la Revolución. Otros depósitos similares aislados, adosados a la formación La Palia, se presentan al sur del río Guadalajara, en cercanías del colegio José María Cabal. Tal como se muestran en el Mapa 5.3.

5.7.1.1.4. Coluvión (Q_c)

El coluvión (Q_c) 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.

5.7.1.1.5. Abanico Aluviales Antiguos (Q_{cal}).

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.7.2. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

5.7.3. 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 Fotografía 5.13. Este depósito sólo se ha cartografiado, de manera individual, al SE del Mapa 5.1, donde reposa sobre aluviones antiguos del Qal1.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.7.3.1. 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.

5.7.3.1.1. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.7.3.1.2. 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 σ_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 linearidad 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.

5.7.3.1.3. 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, con vergencia 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

contundente en el mapa de pendientes del la Figura 5.2. (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.

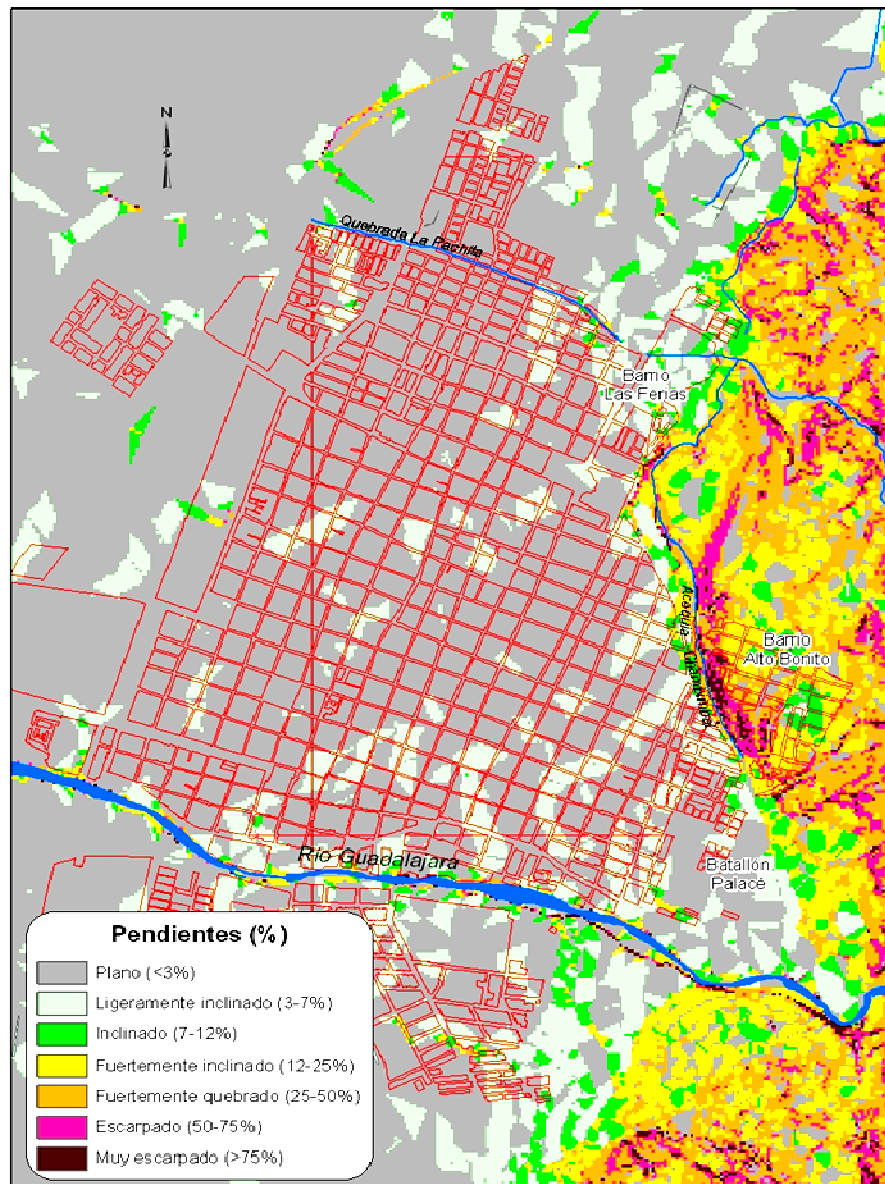


Figura 5.2. Pendientes en el municipio de Buga y alrededores

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.8. 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, las cuales se relacionan con las unidades geológicas que se representan en el Mapa 5.1, de acuerdo a su naturaleza litológica y origen.

5.9. 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 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 el Mapa 5.3. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 del 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 el Mapa 5.3, 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 el Mapa 5.1, de forma longitudinal, conformado por gravas y suelos areno-limosos cuaternarios, muestra dos geoformas: 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 m². 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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



Foto 5.11. Deslizamiento superficial.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 5.12. Erosión hacia el ápice.



Foto 5.13. Ceniza volcánica destapada por la erosión.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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

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 1000m², 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.

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla 5.1. Sitios con remoción en masa y erosión.

SITIOS CON REMOCIÓN EN MASA Y EROSIÓN					
ESTACIÓN	LOCALIZACIÓN	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
E1	Barrio Las Ferias.	Gravas de rocas ígneas ácidas, básicas y rocas volcánicas basálticas. Intercalaciones de arenas. Suelos limoarenosos. Del cuaternario antiguo. Qa3	Deslizamientos rotacionales superficiales, cárcavas, y nichos de erosión. Fenómenos de erosión laminar. Con predominio hacia la parte media y baja de la topografía.	1087487, 497 E, 923605, 123 N	Fenómenos de remoción en masa dispersos por toda la zona dentro de un área de 2.000 metros cuadrados.
E2	Sector Alto Bonito	Gravas y arenas de variadas composiciones. Flujos torrenciales, del cuaternario antiguo. Qa2	El deslizamiento tuvo lugar hacia el sector situado sobre la ladera al frente de la calle 13.	1087459, 529 E, 923297, 479 N	El deslizamiento afectó la acequia Chambimbal, pero no muestra mayores cicatrices en el terreno.
E2a	Barrio Alto Bonito	Depósitos torrenciales de gravas de tamaño irregular y arenas que en parte conforman depósitos de talus. Qa2	Reptación activa del terreno a lo largo de por lo menos unos cien metros paralelos a la acequia Chambimbal. La pendiente escarpada favorable para el proceso se evidencia en color marrón oscuro en el mapa de pendientes de la figura 5.1	1087583, 386 E, 923081, 729 N	La inclinación de la vegetación arborea evidencian el proceso de reptación o <i>creep</i> .
E3	Barrio Alto Bonito	Gravas del Qa2, descritas en la estación anterior.	Deslizamiento rotacional de tipo rotacional en el sector de los Tanques al nor-este del barrio Alto Bonito. Hacia el frente del batallón el depósito se deslizó recientemente.	1088078, 812 E, 923057, 757 N	Información tomada del informe de Historicidad con base en datos del CLOPAD.
E4	Ladera izquierda del río Guadalajara arriba del ápice del abanico.	Bloques y fragmentos de roca de variada de composición provenientes de depósitos cuaternarios colgados (Qc) y de rocas del Terciario.	Zona con numerosos deslizamientos rotacionales y traslacionales coalescentes los cuales cubren un área de 20 a 25 Ha en la ladera.	1087823, 108 E, 21539, 514 N	Este es el único deslizamiento de grandes proporciones cerca del casco urbano de Buga, pudo haber sido producido por el terremoto de 1.766, lo cual estaría por comprobar.
E5	Aguas debajo de la estructura que origina la acequia El Vergel	Parte del abanico aluvial donde afloran secuencias de grava con algunas intercalaciones de arenas y limos.	Fenómenos variados de erosión lateral con destrucción de la orilla en unos 40 metros de longitud.	1087691, 261 E, 922026, 950 N	Información tomada del informe de Historicidad con base en datos del CLOPAD.
E6	Vecindades del Parque El Vergel en la parte externa de una curva del río Guadalajara.	Parte del abanico de Buga con gravas finas y arenas y un relleno de escombros sin compactar.	Erosión lateral que se extiende a lo largo de unos 100 metros con altura del barranco entre 2 y 5 metros.	1087555, 418 E, 922138, 820 N	Mediciones realizadas en la época de ocurrencia del fenómeno de acuerdo al informe de Historicidad del proyecto.
E7	A 120 metros aguas debajo de la toma de la acequia El Albergue.	Grava poco consolidada con predominio de cantos de rocas antiguas en matriz arenosa.	Erosión lateral a lo largo de 100 metros de longitud y 5 metros de altura en el barranco. La erosión afecta un tramo de un muro de protección en gaviones, destruido por la socavación.	1087283, 732 E, 922246, 695 N	Información tomada del informe de Historicidad con base en datos del CLOPAD.
E8	Margen derecha del río Guadalajara cercana a la iglesia del Carmen, sector de la calle 1 sur, entre carreras 9 y 12.	Secuencia sedimentaria del abanico con gravas finas y arenas interestratificadas.	Erosión lateral en la zona cercana al Antiguo Acueducto.	1086884, 195 E, 922378, 543 N	Verificación de campo y datos del CLOPAD.
E9	Margen derecha del río Guadalajara al sur del terminal de buses municipal de Buga.	Secuencia de gravas gruesas hacia la base, con intercalaciones de arenas, arenas limosas y gravas finas hacia el tope de la secuencia.	Destrucción de muros de contención de concreto y fenómenos de erosión lateral.	1085146, 206 E, 922857, 988 N	Datos de visita al campo.
E10	Hacia el extremo NE del sector de estudio. En el piedemonte del frente montañoso.	Abanicos aluviales recientes y terrazas bajas recientes.	Erosión lateral y socavamiento	1088718, 072 E, 927380, 753 N	Datos del CLOPAD y visita al terreno.

5.10. CONCLUSIONES

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,

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

5.11. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.12. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

5.13. 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 Utiaca-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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

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**

- M I D A S -

6. GEOFÍSICA

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

6. ESTUDIO GEOFISICO EN LA CABECERA MUNICIPAL DE BUGA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Se tomarán 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 (Mapa 6.1). La exploración del subsuelo por ensayos de geoelectrónica 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.
- Cálculo de las velocidades y profundidades de los diferentes horizontes explorados.
- Elaboración de perfiles geofísicos.
- Correlación geológico-Geofísica.
- Informe final.

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

6.4.1. Equipos

Los equipos a emplear corresponden a un **Sismografo 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. Sismografo modelo Ras-24 y Geofonos para recepción de ondas.

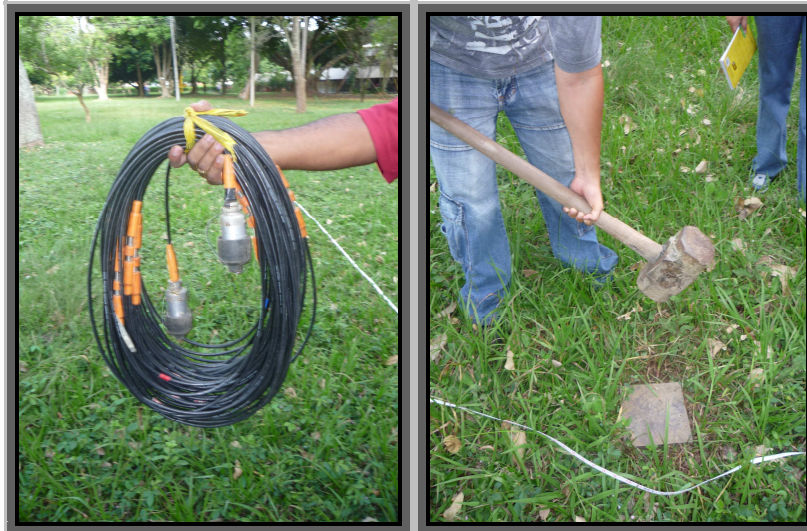


Foto 6.3 y 6.4. Cable de emisión, Platina y Mazo utilizado como fuente de energía.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Uno 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

Previa 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 6.1). 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.

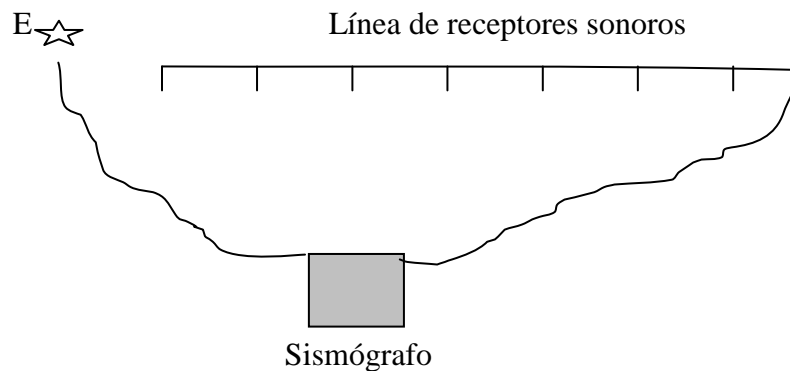


Figura 6.1. Dispositivo de prospección sísmica y disposición de los geófonos sobre el terreno.

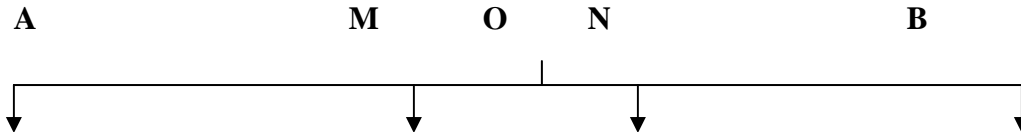
Si en un punto del terreno se provoca una sacudida, ésta se propaga amortiguándose; el tiempo necesario para que llegue a los receptores (geófonos), dependiendo de la naturaleza y disposición de las formaciones geológicas. Los geófonos transmiten los impulsos que reciben al sismógrafo y el registro obtenido 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

dispositivo de medida utilizado más corrientemente es el tipo SCHLUMBERGER, llamado cuádrupolo.



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 gráfico 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**.

Finalmente se queda a la espera de una reunión con la interventoria del proyecto, para coordinar y darle viabilidad para la realización de la geofísica.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

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**

- M I D A S -

7. HIDROLOGÍA

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7. ESTUDIO HIDROLÓGICO

7.1. INTRODUCCIÓN

El presente informe es resultado del trabajo realizado por el grupo de Hidrología en el segundo trimestre 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 Municipio de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión” (MIDAS).

7.2. REVISIÓN DE INFORMACIÓN

7.2.1. Antecedentes e inventario histórico de eventos

Informes realizados en los últimos años por entidades especializadas en prevención y atención de desastres muestran el aumento de la frecuencia de los efectos de los desastres naturales en el mundo, con pérdidas de vidas humanas e infraestructura importantes, en su mayoría en países en vía de desarrollo, los impactos llegan a modificar los sistemas socioculturales y socioeconómicos de dichos países. Debido a esto se han venido realizando actividades dirigidas a la prevención y atención de desastres, para el riesgo y reducir la vulnerabilidad de las poblaciones.

En los últimos años las instituciones regionales y municipales dedicadas a la prevención y atención de desastres han llevado un registro de los desastres ocurridos en el municipio de Buga; sin embargo, se encontró que muchas veces los llamados “pequeños” desastres no son reportados por el respectivo municipio a los entes territoriales encargados, ya que sus efectos no son de consideración y el municipio puede afrontar la emergencia en una forma directa. Dificultades como esta, además del desorden en la información reflejado en las fichas de

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

informes, hicieron de la recopilación una tarea ardua y lenta. A partir del programa DesInventar y la base de datos entregada por el grupo de Historicidad de eventos Tabla A2.1 (Anexo 2.1 sección historicidad) se realizó un inventario histórico para el municipio de Buga recopilando la cantidad de eventos ocurridos durante los últimos años, teniendo en cuenta que los fenómenos de interés son las inundaciones, deslizamientos y avenidas torrenciales. Cabe mencionar que se reportaron 90 eventos, de los cuales el 3,33 % corresponde a avenidas torrenciales, El 61,11 % corresponde a inundaciones y el 34,44% corresponde a deslizamientos. Con un total de 7 personas muertas, 2 desaparecidos, 7 personas heridas y aproximadamente 27.920 damnificados.

7.2.2. Información hidrológica recopilada

El municipio de Guadalajara de Buga se ve principalmente afectado por la Sub-cuencas Guadalajara, las Qdas 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 142,4 km² y perímetro de 104,62 km, 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, 8 km aproximadamente.

El río Guadalajara se forma en la parte alta de la cordillera 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. 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. A continuación en la Tabla 7.1 se presentan los principales tributarios.

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,

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 Quebrada Chambimbal cruza la zona de expansión al norte de Buga su área de drenaje es de aproximadamente 60,52 km², su altura máxima se encuentra a 1760 m.s.n.m. y su altura mínima a 915 m.s.n.m.

La Quebrada Pachita entrega sus aguas al río Cauca a una altura de 915 m.s.n.m., cruza la parte urbana y de expansión del municipio de Buga, en esta quebrada desemboca la quebrada La Honda a una altura de 940 m.s.n.m., su altura máxima corresponde a la quebrada la Honda con 1353 m.s.n.m. y el área correspondiente a estas dos quebradas es de unos 15,29 km².

Tabla 0.1. Tributarios de la cuenca

Subcuencas	Tributarios menores	
Los Alpes	La Palma La Danta Sinaí La Italia Morro Azul El Silencio Betulia	
Los Indios	La Nevera	
Las Frías	Cominal Dosquebradas	Manantial El Diamante Aguabonita La Arenosa Gallinazo
La María	Las Animas	
La Zapata	La Margarita Santa Barbara	
La Piscina		
La Magdalena	El Janeiro	La Graciela Manantial La negra El Crespo Manantial La Pedregosa Bochica La Arenosa La Palma

Fuente: POT, 2000

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7.2.3. Amenazas

7.2.3.1. Inundaciones

De acuerdo con el POT 2000 dentro del casco Urbano, el río Guadalajara en épocas lluviosas afectan a los sectores:

- Parque el vergel: Este sitio se considera crítico por cuanto el río Guadalajara, que hasta este lugar viene encausado por sus dos márgenes se abre formando un abanico aluvial, siendo la zona del vergel el ápice del mismo, ocasionando así erosión lateral (socavación) a lado y lado del río.
- El Palo, es un lugar por donde bota el río en épocas de crecientes.
- Calle 3 entre CR. 1 y 7 (planta del morro, 35 viviendas)
- Calle 1 entre CR. 10,11 (parte posterior sede de Coagro 10 viviendas)
- Patinodromo.
- Hotel Guadalajara.
- Colegio departamental Mixto N.C.S.
- Son afectados, todos los Puentes construidos sobre el río Guadalajara; (P. EL VERGEL, P. sobre el CR. 9, P. LIBERTAD, P. CR. 16, P. MERCED, P. FERROCARRIL).
- Alto Bonito, presenta problemas de inundación y por ende afectando los barrios localizados debajo de la acequia Chambimbal.
- Santiago Vergara - Crespo inundaciones sobre el área aledaña a la Chambimbal entre calle 9 y 11.
- Sobre el Molino escurrimiento de la acequia a la altura de la calle 8 y CR. 6E y 7.
- En la Revolución área aledaña a la acequia, inundable calle 11 y 12.
- La Esperanza inundaciones sobre la CR.6e.
- La Ventura y San Marino, en donde llegan las aguas de escorrentía de algunas calles.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- Jorge Eliecer Gaitán y la Honda; afectados por las acequias La Panchita y la Honda respectivamente, las cuales por haberse construido los puentes a baja altura el agua se represa constantemente, además los habitantes de estos sectores toman estos como botaderos de basura, lo cual influye especialmente en el constante represamiento de sus aguas

En la zona de la cuenca del río Guadalajara las amenazas se encuentran en:

- Vereda El Janeiro: Los represamientos que se presentan en la Quebrada La Negrita y El Janeiro pueden representar riesgo para las viviendas localizadas a lo largo de las riveras de las mismas.
- Sector de cruce-bar: Recibe las aguas crecidas de todas las quebradas que desembocan a la Quebrada La Zapata, la cual en épocas de lluvias recibe abundante caudal y sedimentos.
- Vereda La Magdalena: El río Guadalajara ha generado un segundo canal amenazando con que en un evento torrencial socave el tramo abierto generando una situación de amenaza para la población.
- El aumento considerable del caudal del río Guadalajara afecta todos los sectores en donde se encuentran grupos de viviendas como son: Puente Abadía, Puente Negro, Los Caímos, La Granjita, (Población en posible riesgo, 120 viviendas aproximadamente)

En la zona de piedemonte y plana:

- La Palomera y El Porvenir: Asentamientos subnormales localizados en una esquina de confluencia del río Guadalajara y río Cauca; sobre la zona hay amenaza por inundación afectando a una gran parte de la población allí asentada no obstante, a la fecha no se ha desarrollado un verdadero estudio que evalúe la población en situación de riesgo por efecto de la inundación, el área carece de alcantarillado y no es factible la dotación del mismo por el nivel de las aguas. Es un asentamiento de cerca de 125 viviendas.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- Puerto Bertin: Asentamiento localizado sobre la margen izquierda (carretera Buga- Cali); sobre la cota de la laguna de sonso; deben ser reubicados en su totalidad.

7.2.3.2. Avenidas torrenciales

Históricamente el río Guadalajara ha afectado con avenidas torrenciales algunos de sus sectores ribereños, entre ellos a la misma ciudad de Buga, como lo fue en el caso de diciembre de 1997, cuando se produjo una creciente a causa de un evento de lluvias concentradas en la parte media del río, la cual alcanzó 127 mm en menos de dos horas, causando numerosos deslizamientos en las vertientes naturales de afluentes de la margen izquierda del río. En el área urbana, debido a la disminución de la luz de un puente para la construcción del patinódromo, el río se desbordó y produjo cuantiosos daños en dirección aguas abajo.

En la parte media del curso del río Guadalajara, los corregimientos de la Habana y la Magdalena, se localizan sobre terrazas producto de varias crecientes, que evidencian el comportamiento torrencial del río desde épocas pasadas (pre-Holocénicas).

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario considerar estos corregimientos como zonas de alto riesgo por avenidas torrenciales, y en consecuencia, es necesario inhibir su expansión futura, con fin de disminuir el número de personas expuestas a este tipo de fenómenos naturales. Esta situación amerita un estudio a fondo para determinar la periodicidad y tamaño de los eventos, con el fin de precisar las áreas más expuestas (PONCH-2008).

7.2.3.3. Deslizamientos

En todos estos casos se debe proceder a un estudio de vulnerabilidad de la población.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Zona de la cuenca del río Guadalajara

Quebrada El Gallinazo Vereda el Diamante: Deslizamientos planares y pequeños socavamientos los cuales pueden ser causantes de un represamiento de la quebrada.

El Arenal, Vereda el Diamante: Se trata de 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; lo cual pone en posible riesgo a la población.

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

Guadualejo, hay problemas de erosión que genera un fuerte y frecuente escurrimiento de tierra al río Guadalajara. Hay 15 viviendas en situación de riesgo que deben ser reubicadas.

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Quebrada Zapata, deslizamientos rotacionales a lo largo de esta.

Cruce-bar, socavación del río Guadalajara afectando la banca, coluviones por sobrepastoreo y carcavamiento por explotación inadecuada de material de construcción.

Región montañosa oriental

El Placer, existe deslizamiento sobre la carretera; y una parte de la población está ubicada en esta zona representando una posible amenaza.

Miravalle, movimientos en masa por corte de la carretera en rocas sedimentarias terciarias y sobrepastoreo

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

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

Las frías - El placer: Gran cantidad de movimientos en masa debido al alto grado de meteorización producto de la alta humedad de la zona, además alto fracturamiento de la roca debido a efectos tectónicos locales. Se debe tener en cuenta que el gran problema es el mal trazo de la carretera.

Vía Buga Guadalejo (a 100 mts. del balneario Villa del río, a 200mts. después del mismo balneario, a 50 mts. antes de Puente Negro).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

La avalancha presentada en la vereda El Janeiro que afectó al Municipio en el año 1997 causó innumerables daños aguas abajo hasta la desembocadura en el río Cauca.

En el recorrido efectuado por la Cruz Roja se encontraron aproximadamente 20 deslizamientos, (las dimensiones de estos aumentaban a medida que se ascendía en la montaña).

Zona plana y piedemonte

San Antonio: Presenta zona de 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.

La campiña: Se encuentran ladrilleras las cuales utilizan técnicas inadecuadas ocasionando deslizamientos.

Alto Bonito, presenta problemas de deslizamientos como se observa en la Foto 7.1.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 0.1. Deslizamiento sector Alto Bonito.

7.3. CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS

7.3.1. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

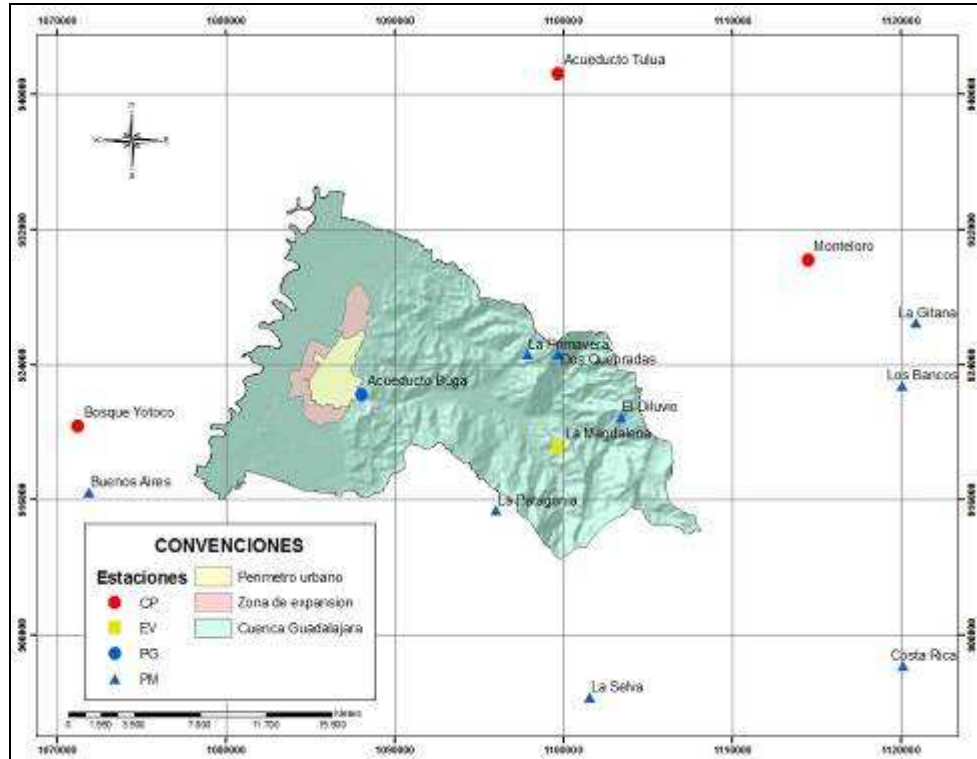


Figura 0.1. Estaciones meteorológicas utilizadas en el municipio de Buga

Los datos faltantes de las series fueron estimados aplicando el método de los k vecinos cercanos. De esta forma se conformaron las bases de datos georeferenciadas para la realización del análisis de la precipitación. Las estaciones utilizadas se muestran en la Tabla 7.2.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla 0.2. 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

A continuación se presenta una imagen de la estación Acueducto Buga, la cual se visitó en una de las salidas técnicas (en la Foto 7.2). Donde se observó el manejo que se le da a la estación con el fin de verificar que tanto la medición de los datos como el punto de ubicación de la estación sean lo más adecuados para garantizar unos buenos resultados.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 0.2. Estación Acueducto Buga

7.3.2. Verificación de la calidad de la información

En la Tabla 7.3 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 0.3. Porcentaje de Datos Faltantes de las Estaciones (Base Diaria)

Estación	Periodo	Total Registros	No Datos Faltantes	Proporción	No Datos Validos	Proporción
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%

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

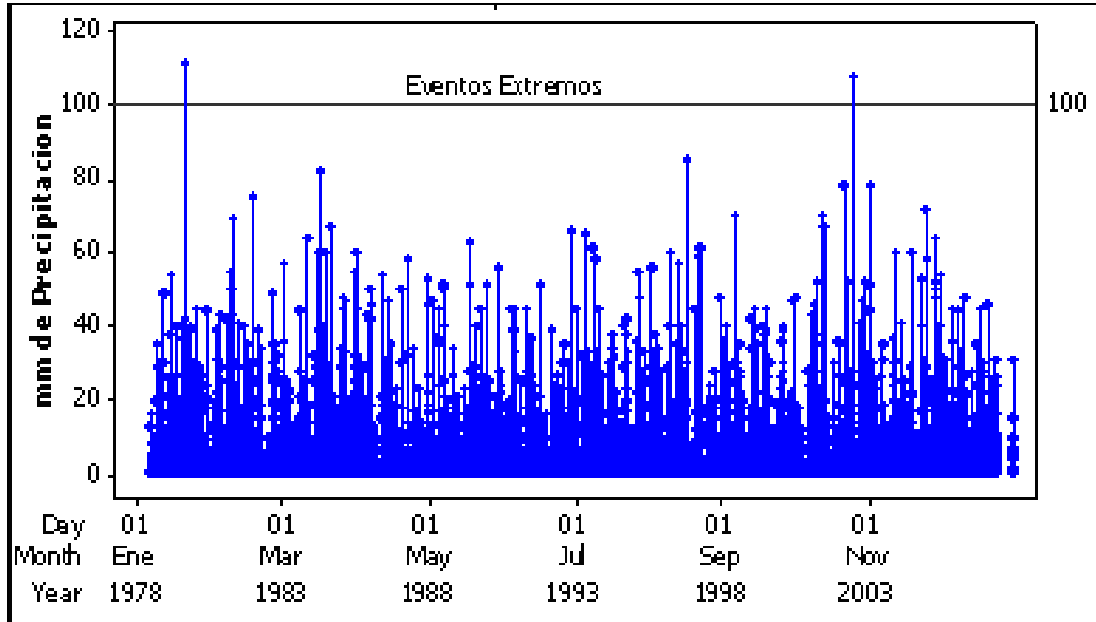


Figura 0.2. Serie temporal estación Acueducto Buga.

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.

Lo anterior se realiza para tener los eventos de precipitación máxima por fecha se comparan con los caudales presentados por la estación limnimetrica mas cercana río abajo para evaluar si dichos posibles datos atípicos corresponden a datos reales que ocasionaron subidas en los caudales o simplemente fue un error del operario (Tabla 7.4).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla 0.4. Resultados análisis de datos extremos

Fecha evento	Valor Precipitación	Fecha caudal máximo	Valor Caudal	Observación
23-Ene-85	100	23-ene-85	10.7	Dato real ya que se sube el caudal posterior a la lluvia
20-Abr-85	100	20-abr-85	9.1	Dato real ya que se sube el caudal posterior a la lluvia
16-Nov-88	100	16-nov-88 17-nov-88	7.3 12.0	Dato real ya que se sube el caudal posterior a la lluvia
08-Abr-88	103	08-abr-88 09-abr-88 10-abr-88	3.0 6.4 10.3	Dato real ya que se sube el caudal posterior a la lluvia
15-Nov-93	110	15-nov-93 16-nov-93	7.2 8.7	Dato real ya que se sube el caudal posterior a la lluvia
01-Abr-90	113	01-abr-90	34.7	Dato real ya que se sube el caudal posterior a la lluvia
12-Oct-87	130	12-oct-87 13-oct-87	10.2 8.2	Dato real ya que se sube el caudal posterior a la lluvia

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. Se evidenciaron 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 Riofrío pueden ser utilizadas para la aplicación del análisis hidrológico.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7.4. MEDICIONES Y DETERMINACIONES DE CAMPO

7.4.1. 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).



Figura 0.3. Reunión con los funcionarios de la CVC.

Los funcionarios de la CVC manifestaron que en los sectores aledaños del río Guadalajara de Buga (Foto 7.4) 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Figura 0.4. Margen izquierda rio Guadalupe, aguas abajo derivación Aguas de Buga

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:

3. Informe final POMCH Guadalupe.
4. Calidad de los recursos hídricos superficiales en el Valle del Cauca, actualización a 2006.
5. Informe Diagnostico La Honda.
6. Estudios hidrológicos e hidráulicos en las acequias La Honda y La Pachita.
7. 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 7.5)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Figura 0.5. 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 7.6 y 7.7).



Figura 0.6. Acequia La Honda.



Figura 0.7. Acequia La Pachita.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7.4.2. 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.

7.4.3. Aforos Municipio de Buga

En la salida del 7 al 10 de julio 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 la Quebrada Chambimbal (Foto 7.8) y los flujos de la quebrada la Pachita y la Honda (Foto 7.9 y 7.10).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 7.8. Aforo Quebrada Chambimbal; Puente vía Panorámica



Foto 7.9. Aforo Qda La Pachita 300 m aguas abajo Puente vía alterna entrada a Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 7.10. Aforo Qda La Honda; Pte vía alterna entrada a Buga.

Durante esta visita se observó la derivación llamada acequia Chambimbabal del río Guadalajara (Foto 7.11).



Figura 7.11. Aforo acequia Chambimbabal en predios de la DAR Centro Sur

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

En la visita los días 16 y 17 de julio se desarrolló el aforo de las quebradas anteriormente referenciadas, pero no se observaron mayores cambios en las mismas (Tabla 7.5).

Tabla 7.5. Resultados de los aforos realizados en la salida técnica al municipio de Buga

RIO Y/O QUEBRADA	SITIO DE AFORO	CAUDAL (m ³ /s)
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

7.4.4. 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 realizaron 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 las imágenes que se muestran a continuación se puede observar una de las pruebas con los anillos infiltrómetros y el análisis del perfil de suelo.

En cada uno de los puntos donde se evaluó la infiltración, se desarrollaron dos pruebas simultáneas con el fin de corroborar la información. A continuación se presentan los puntos de las pruebas de infiltración y análisis de perfiles del suelo realizados en el municipio de Buga (Figura 7.3).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

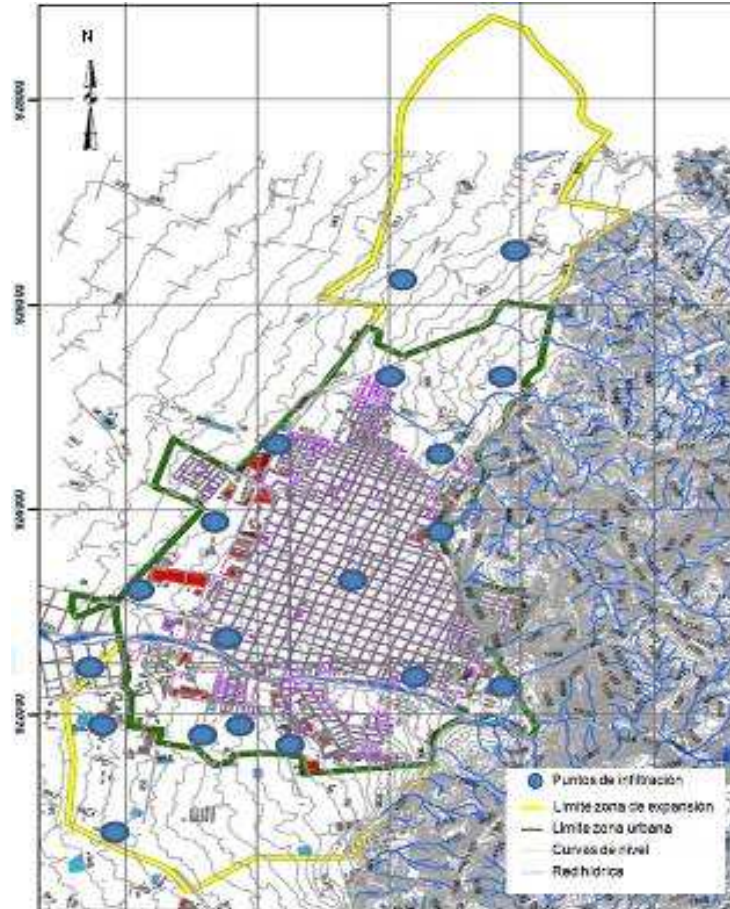


Figura 7.3. Ubicación de los puntos para las pruebas de infiltración municipio de Buga.

A continuación se presentan los puntos de las pruebas de infiltración y análisis de perfiles del suelo, pendientes y realizados hasta la fecha:

En cada uno de los puntos donde se evaluó la infiltración, se desarrollaron dos pruebas simultáneas con el fin de corroborar la información. Los resultados para dos de las pruebas se presentan a continuación:

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Sector Batallón Palace

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

Obtenidos los datos, se organizaron y procesaron en Excel para las respectivas ecuaciones y gráficas. Se aplicó el modelo matemático de Kostiakov, cuyos parámetros se determinaron por medio de regresiones de tipo potencial con las cuales fue posible elaborar las curvas de lámina acumulada y velocidad de infiltración en función del tiempo (Figuras 7.4 y 7.5).

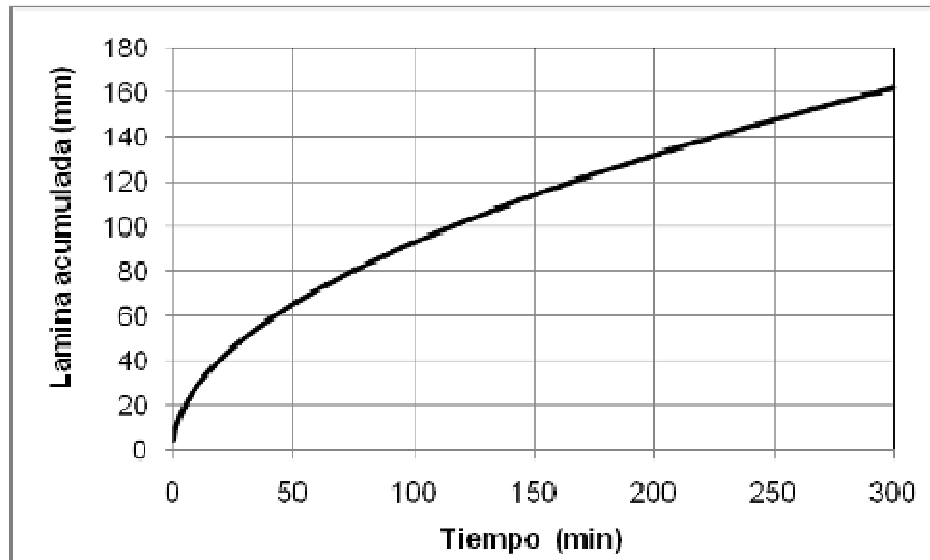


Figura 7.4. Infiltración acumulada Batallón Palace; Prueba 1.

$$L = 8.99 T^{0.507}$$

Donde:

L = Lámina acumulada: mm

T = Tiempo en minutos

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

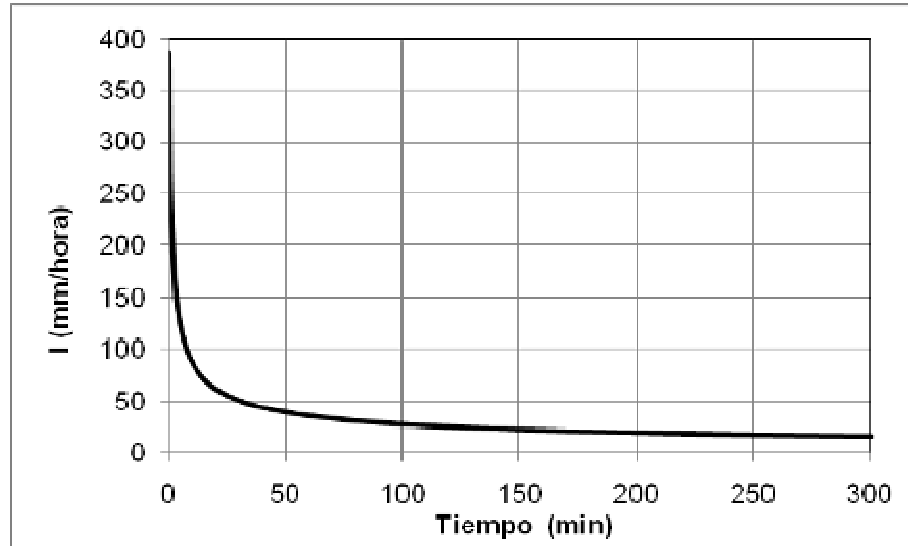


Figura 7.5. Curva de velocidad de infiltración Batallón Palacé; Prueba 1.

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

Donde:

Donde:

I = Velocidad de infiltración: mm/hora

T = Tiempo en horas

De acuerdo a la grafica 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 7.6).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla 7.6. 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

Instalaciones del Sena sede Buga (Figuras 7.6 y 7.7).

Fecha	07/07/2009
Lugar	Sena sede Buga
Prueba	1
Cobertura	Pasto
Latitud	3° 53' 34"
Longitud	76° 19' 3,2"
Altura	982 m.s.n.m.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

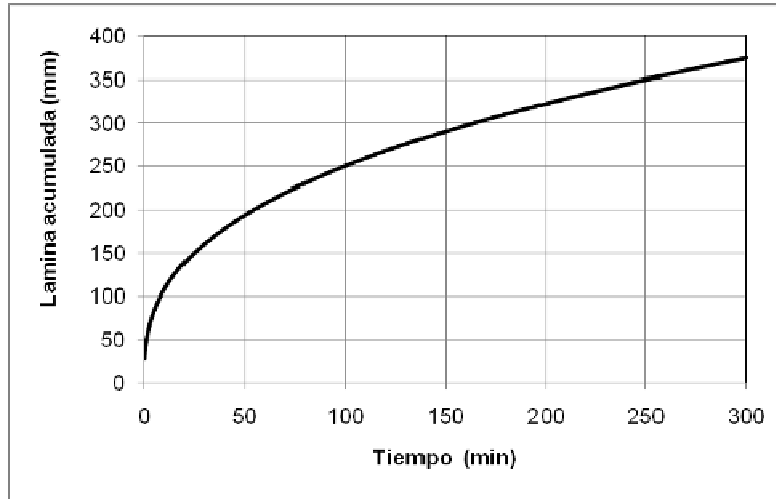


Figura 7.6. Infiltración acumulada Sena Buga; Prueba 1.

$$L = 45.864 T^{0.368}$$

Donde:

L = Lámina acumulada: mm

T = Tiempo en minutos

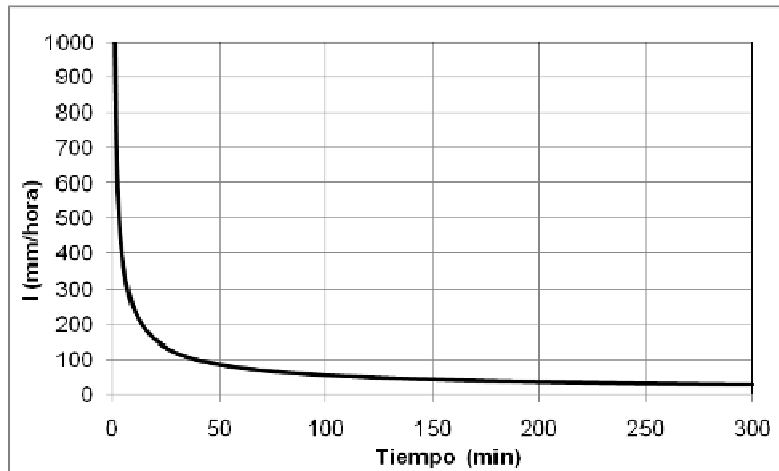


Figura 7.7. Curva de velocidad de infiltración Sena Buga; Prueba 1.

$$I = 1012.95 T^{-0.63}$$

Donde:

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

I = Velocidad de infiltración: mm/hora

T = Tiempo en horas

De acuerdo a la grafica de velocidad de infiltración al interior de las instalaciones del sena la infiltración básica es igual a 27 mm/h que corresponde a moderadamente lenta. A continuación se puede observar en la Tabla 7.7 el análisis del perfil del suelo.

Tabla 7.7. Perfil del suelo en el interior de las instalaciones del Sena



0 - 120 cm

Horizonte A

Franco -Arcilloso con presencia de grava

Color: Negro

120 cm

Interface Horizonte A – Horizonte B

Horizonte B

Franco -Arcilloso

Color: Negro y Pardo amarillento claro

120-200 cm

Horizonte B

Franco

Color: Pardo amarillento claro

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7.4.5. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- 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 7.12 y 7.13).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 7.12. Vista panorámica tomada desde el mirador (El Faro) sector centro de la ciudad de Buga.



Foto 7.13. 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 7.14 y 7.15).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



Foto 7.14. Cultivo de Caña ubicado en la zona de expansión occidental, en el costado occidental de la vía panorama



Foto 7.15. 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 (Figura 7.8) y la clasificación de acuerdo el área.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

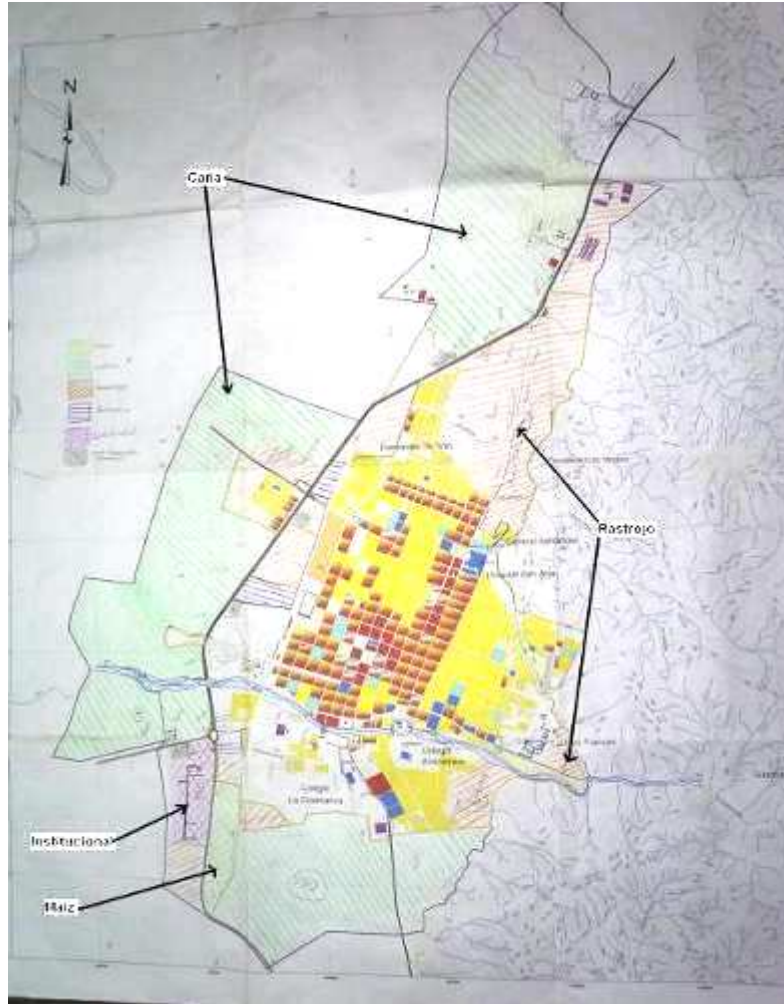


Figura 7.8. Mapa preliminar de usos de suelo de Buga

7.4.6. Conflictos de uso del suelo

Para el estudio del conflicto de usos de suelo, es necesario conocer el uso potencial de los mismos. En la determinación del uso potencial se emplean metodologías propuestas por la FAO, el IGAC, la CVC, entre otras instituciones; sin embargo, debido a que el proyecto es en la zona urbana y de expansión, estos métodos no son del todo adecuados o resultan muy genéricos para clasificar las potencialidades de estas áreas, debido a que lo agrícola ó forestal

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

no es tan relevante en las zonas urbanas, sino que intervienen otros factores de tipo socioeconómico.

En este sentido, se acordó con profesionales de la CVC que no se tiene un sistema de clasificación adecuado para la clasificación de usos potenciales en la zona urbana. Se procederá con la CVC a la elaboración de unos criterios para la elaboración de mapas de uso potencial en la zona urbana, los cuales se aplicarán en el proyecto

7.5. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN

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

7.5.1. 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 7.2 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 **Figura** se puede observar la distribución espacial anual y mensual de la precipitación para el municipio de Buga y la zona urbana del mismo.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

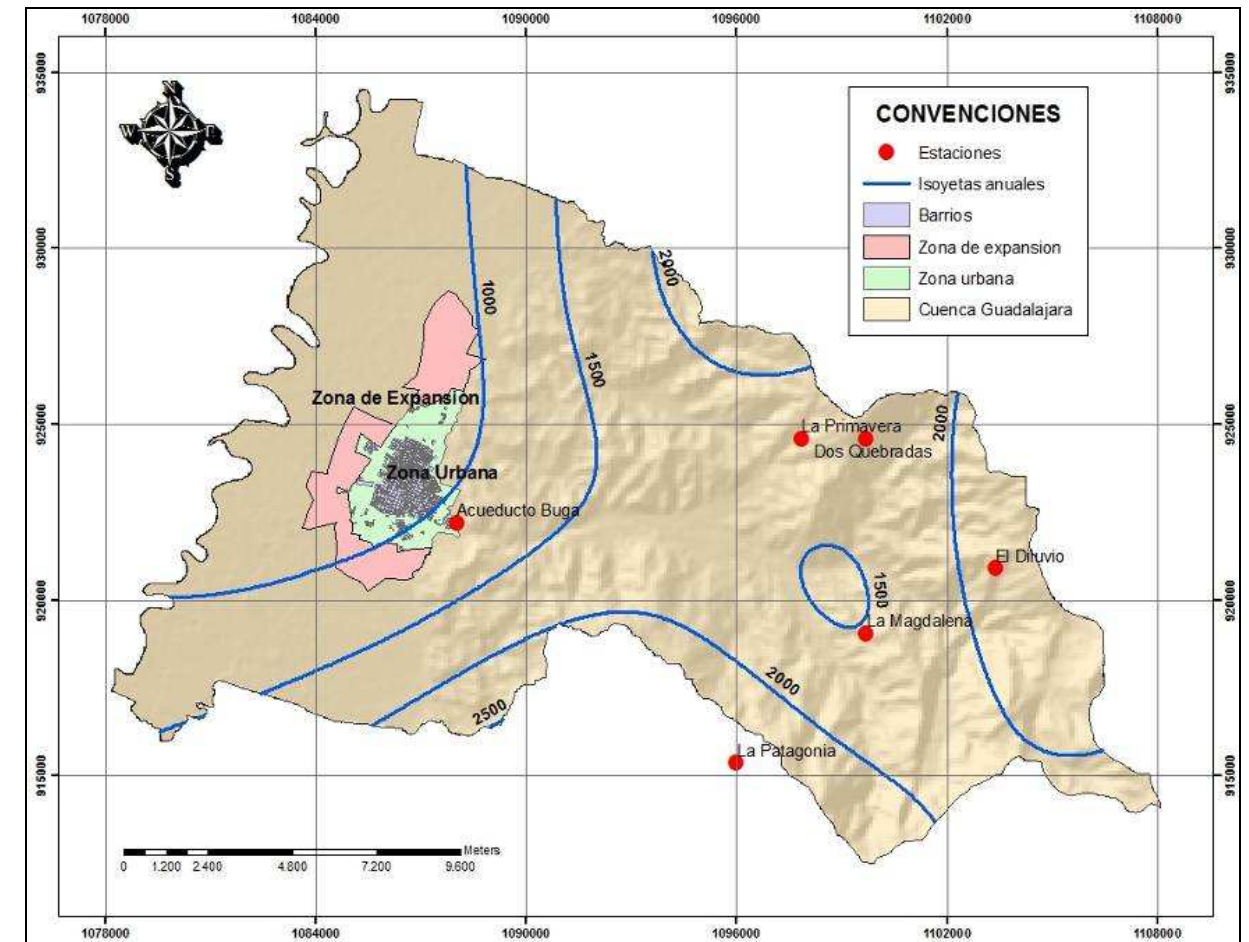


Figura 7.9. Distribución anual de la precipitación en la cuenca del río Guadalajara – Municipio de Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

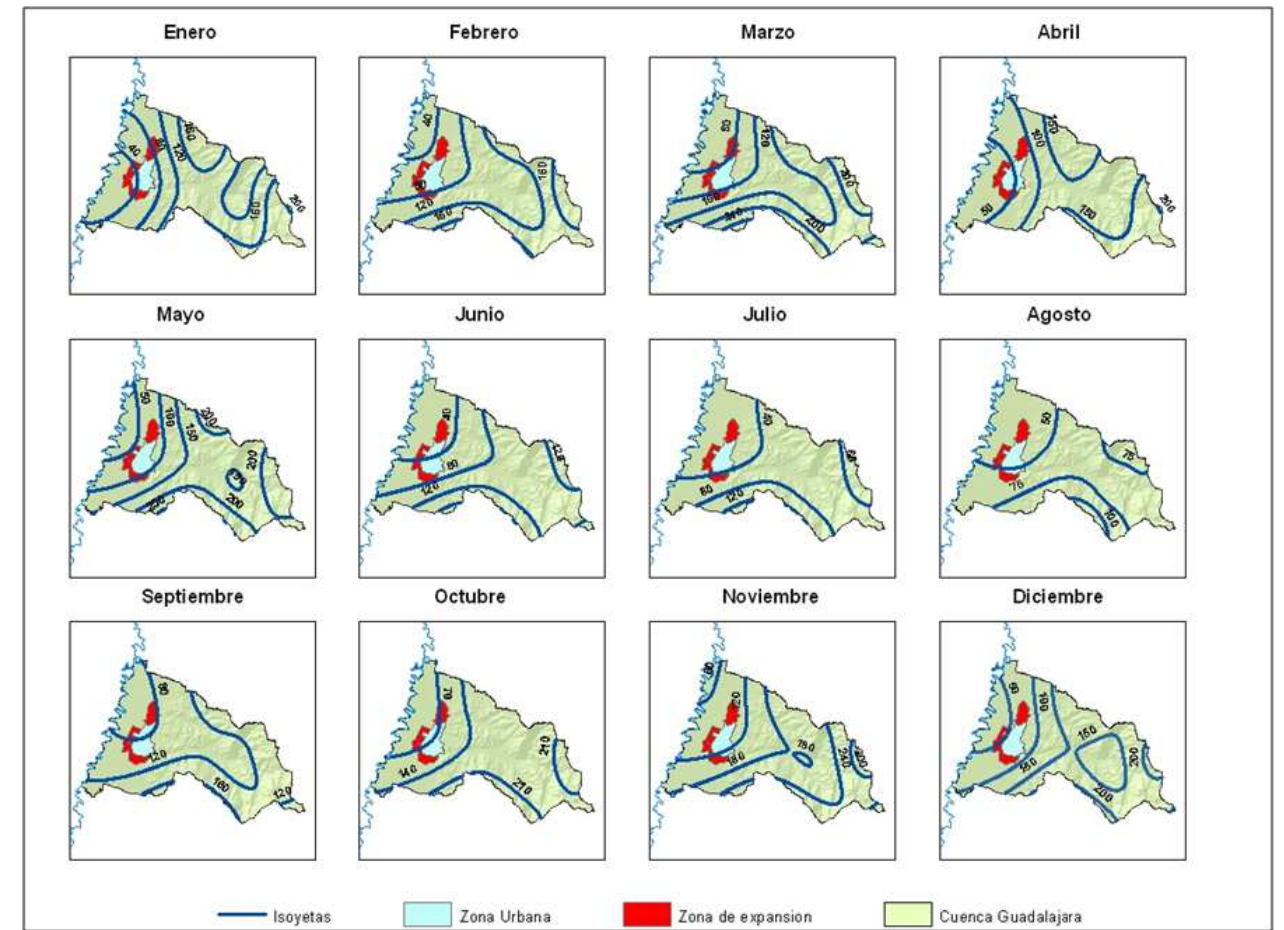


Figura 7.10. Distribución mensual de la precipitación en la cuenca Guadalajara – Municipio de Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

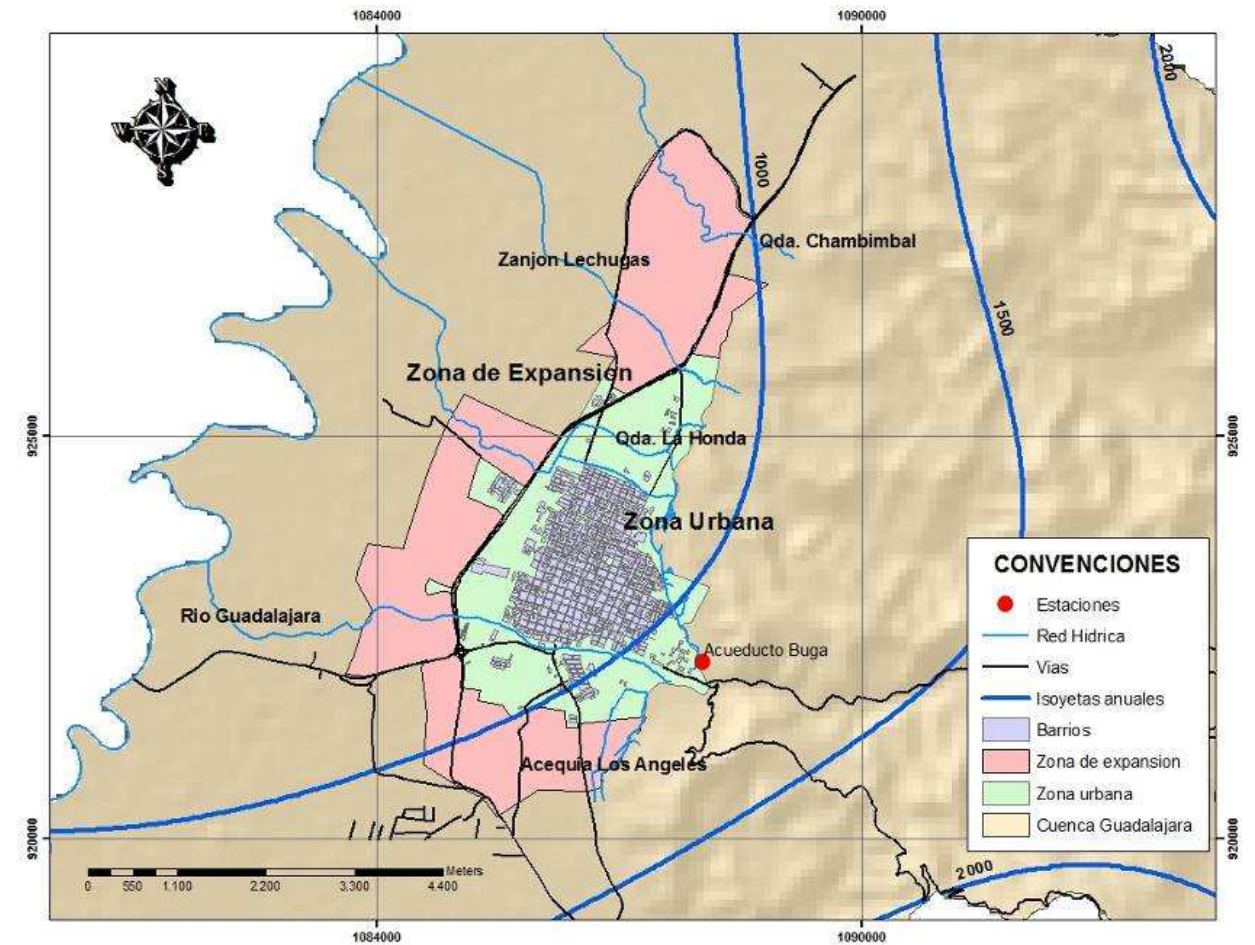


Figura 7.11. Distribución anual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

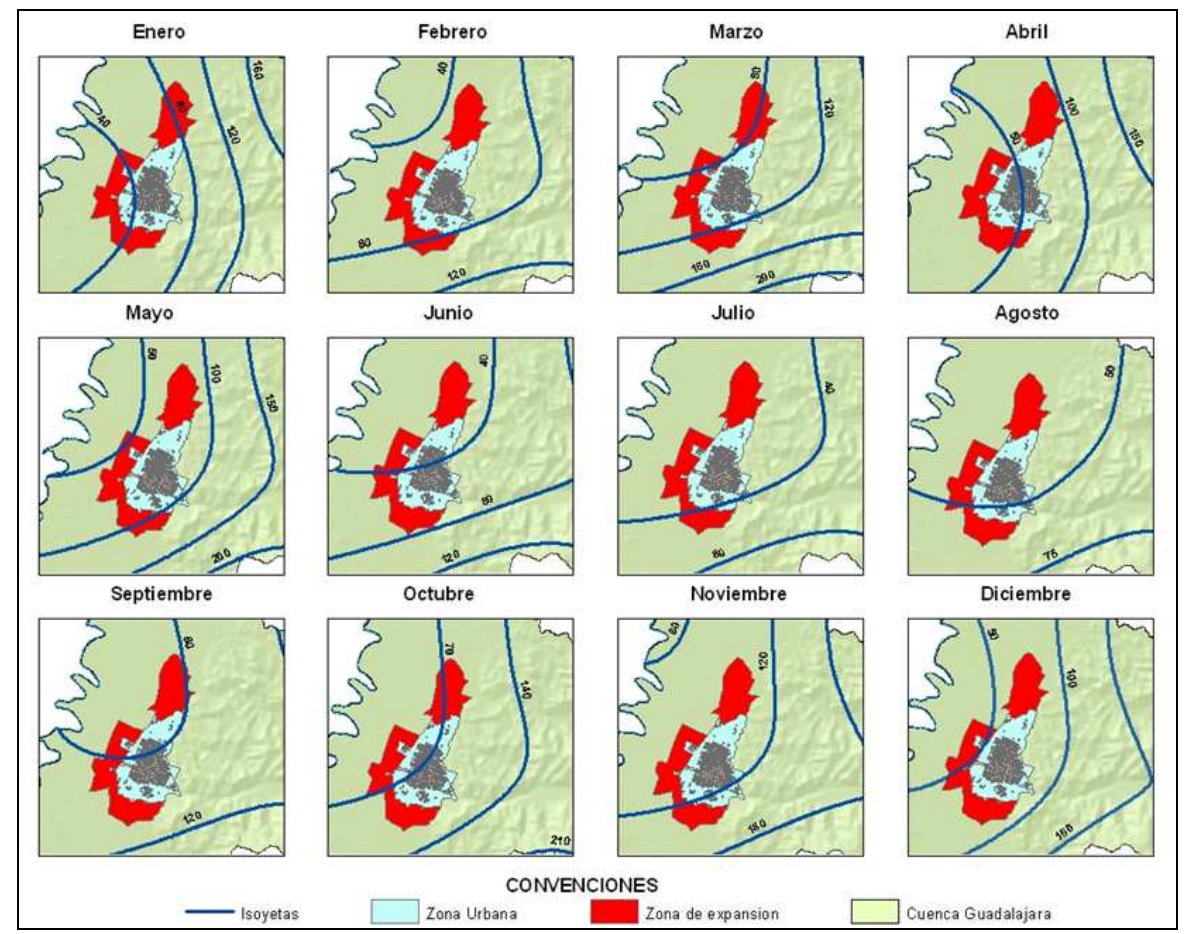


Figura 7.12. Distribución mensual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7.5.2. 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.

7.5.2.1. 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).

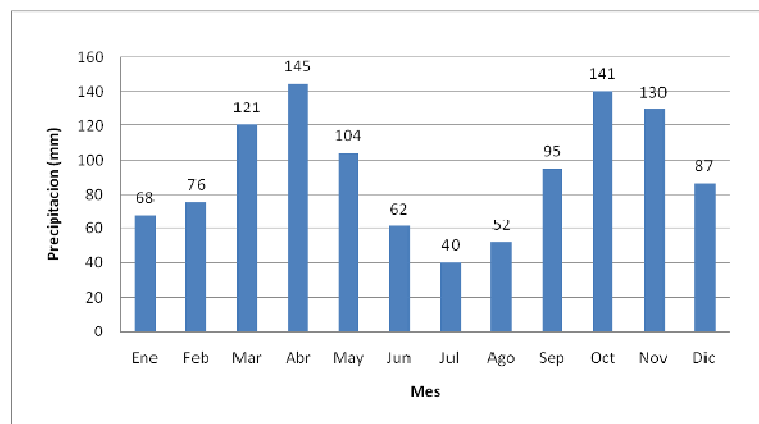


Figura 7.13. Distribución temporal de las precipitaciones en la estación Acueducto Buga - Municipio de Buga (1980 – 2007)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

7.5.2.2. 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 obtubieron los siguientes resultados (Figura 7.14):

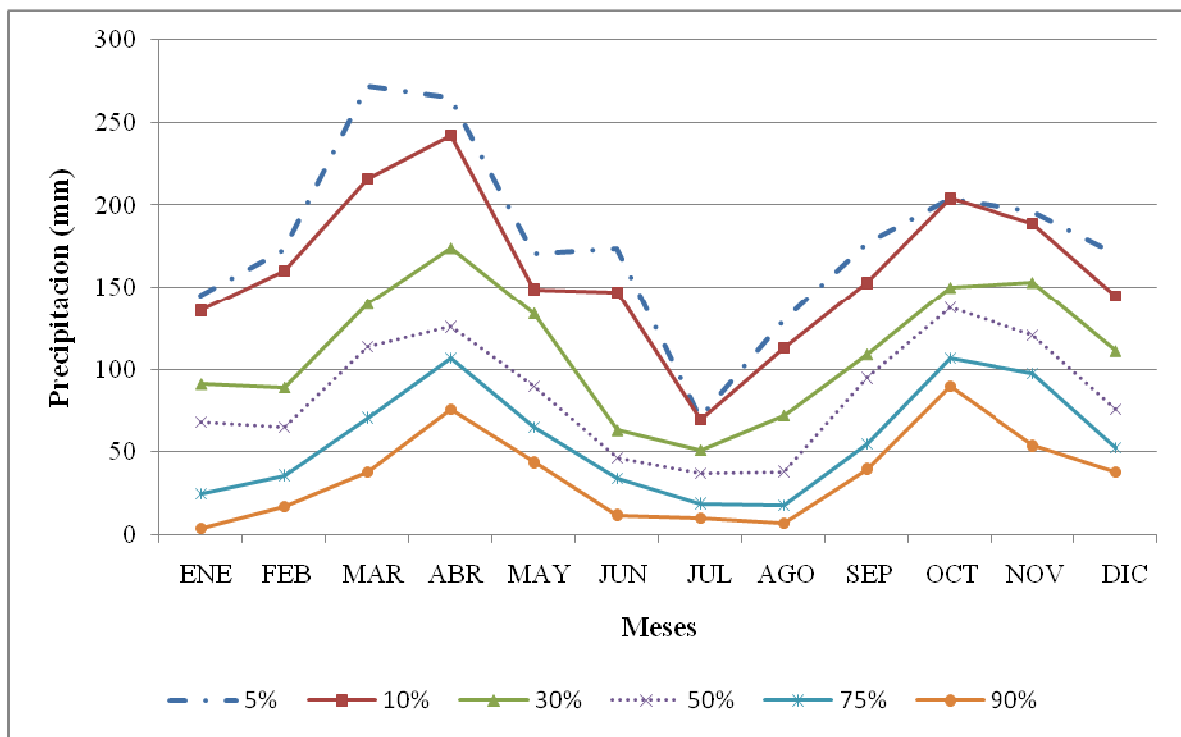


Figura 7.14. Curvas de variación estacional estación Acueducto Buga (1980 – 2007)

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 maximas 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 rios y quebradas que estan en

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

el municipio presentandose asi una alta probabilidad de presentar inundaciones y ademas con las altas precipitaciones tambien aumentan los riesgos a deslizamientos en algunas zonas.

7.5.2.3. *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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 7.8.

Tabla 7.8. 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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

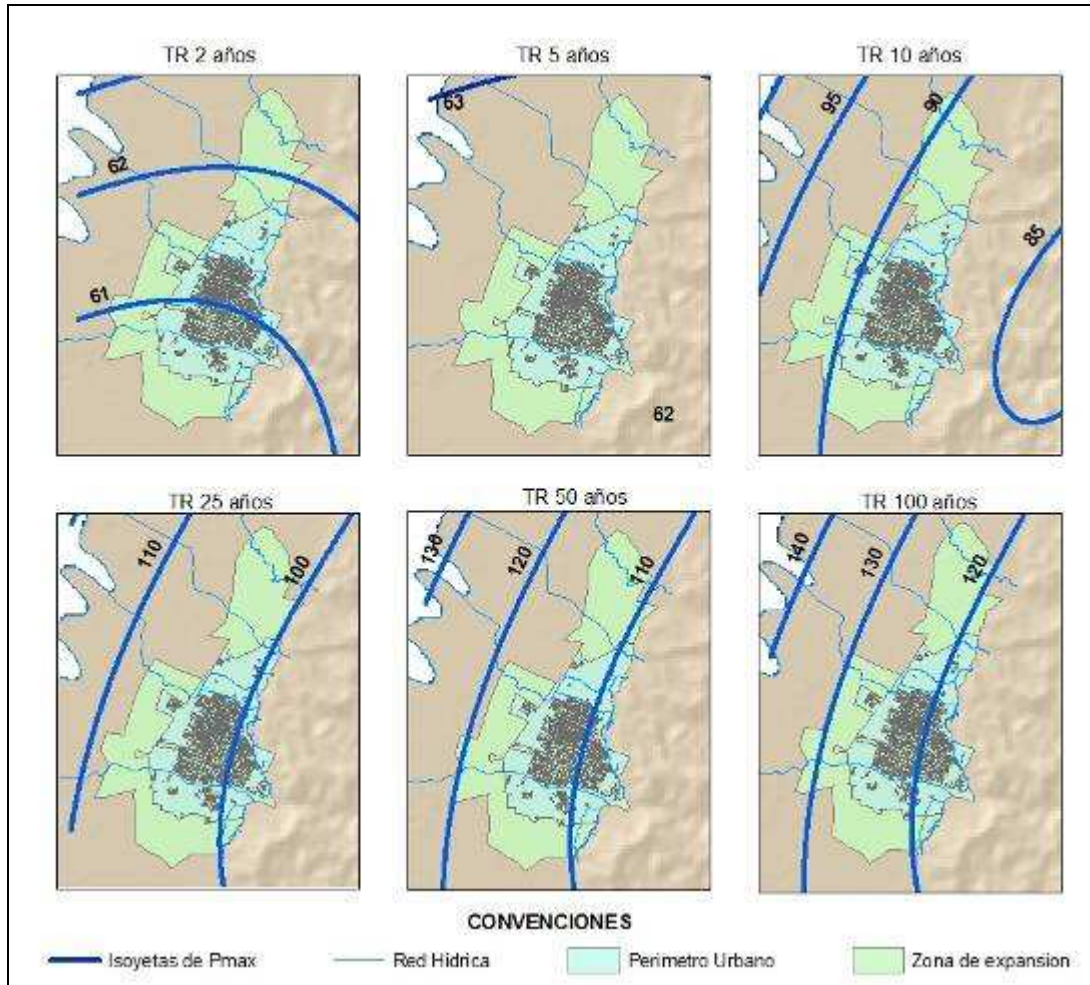


Figura 7.15. Isojetas de precipitaciones máxima – P24

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

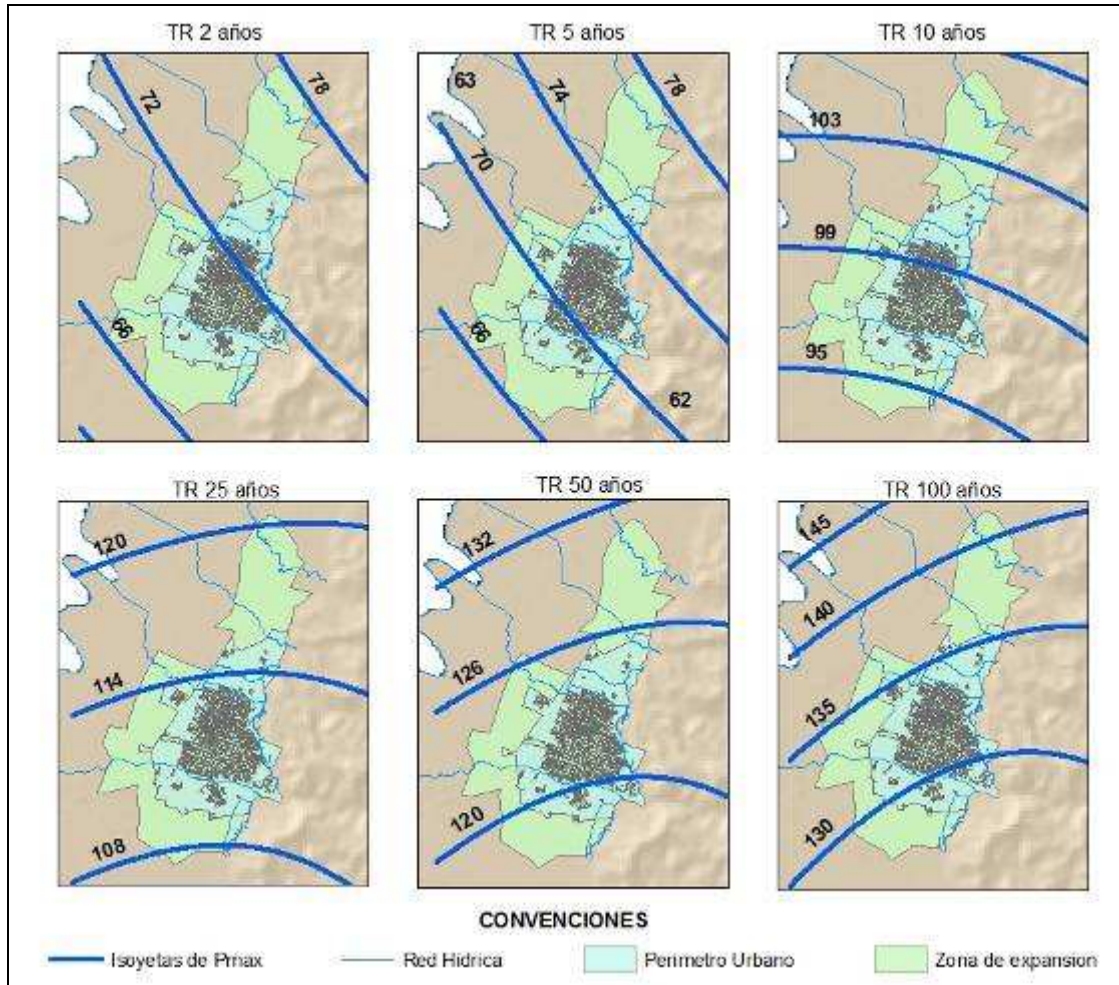


Figura 7.16. Isojetas de precipitaciones máximas – P48

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

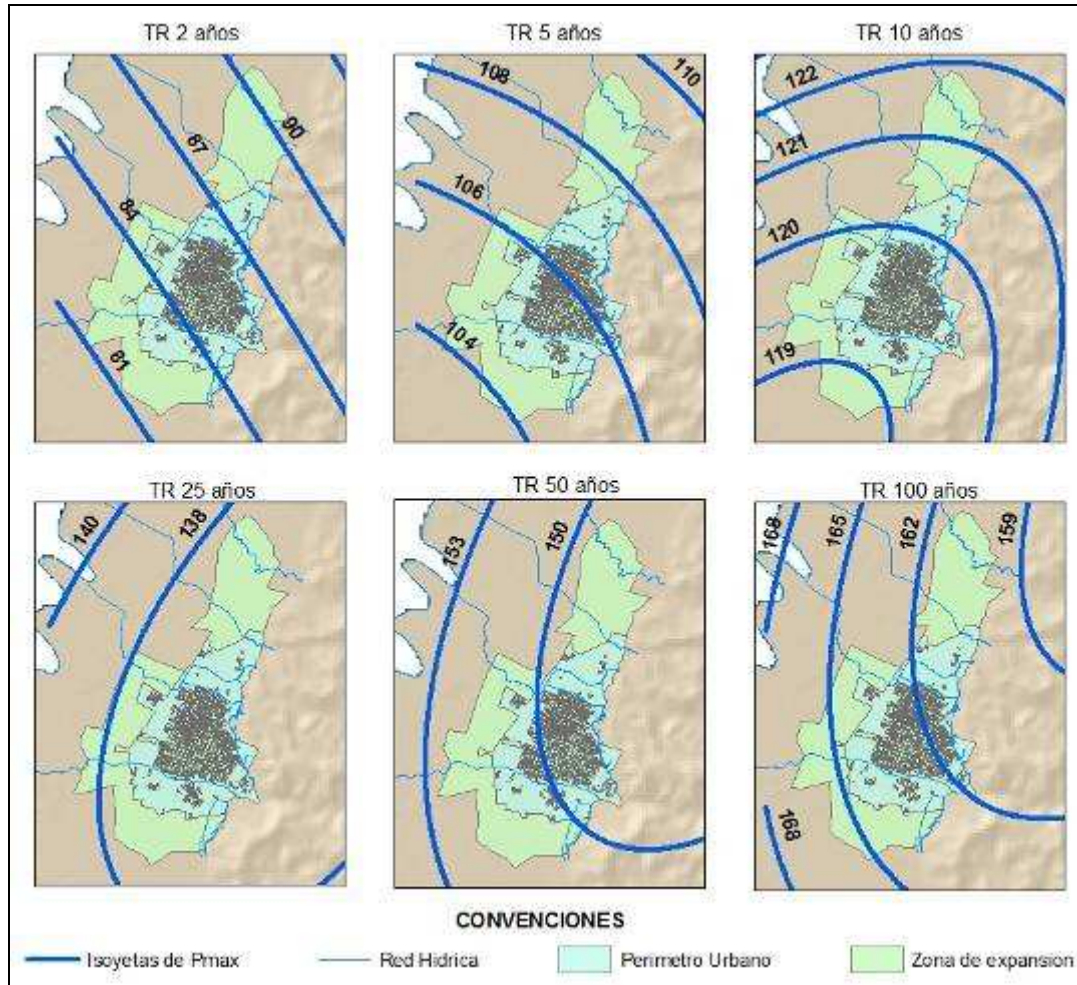


Figura 7.17. Isoyetas de precipitaciones máximas – P72

7.5.2.4. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 mm/min . Cabe mencionar que para cada uno de los periodos de las intensidades máximas analizadas se debe determinar la media y la desviación estándar.

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^2 .

Cálculo de las curvas IFD para la estación Acueducto Buga

A continuación se muestra en la Figura 7.18 las curvas IFD generadas a partir de ecuación suministrada por Aguas de Buga de la estación Acueducto Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

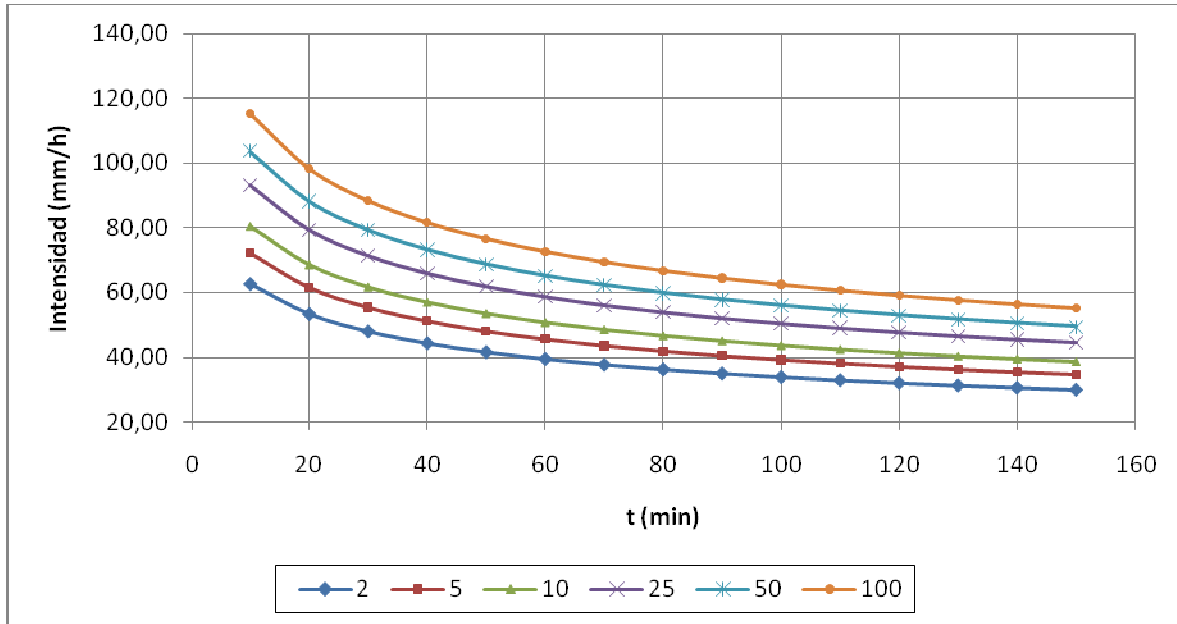


Figura 7.18. Curva IFD con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 años; Estación Acueducto Buga.

7.6. REFERENCIAS Y DOCUMENTOS CONSULTADOS

- PONCH 2008. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Guadalajara.
- 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
- Base de datos estaciones IDEAM consultada en la página <http://intranet.ideam.gov.co/vinfmteteo/Mventaig.asp>
- Base de datos DesInventar, diciembre de 2007
- Chow, V. 1994. Hidrología Aplicada. McGraw Hill. Interamericana S.A.
- CVC, 2001. Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- CVC, 2007. Estudio de actualización de la precipitación media en el Valle del Cauca y elaboración de las isolíneas de las variables brillo solar, evaporación y temperatura.
- Custodio y Llamas, 2001. Hidrología Supereficial - Tomo I.
- POT, 2000. Plan de Ordenamiento y Manejo Territorial del municipio de Guadalajara de Buga.
- 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

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**

- M I D A S -

8. HIDRÁULICA

Santiago de Cali, Julio de 2009

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

8. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA Y SEDIMENTOLÓGICA

8.1. INTRODUCCIÓN

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 informe consta de tres (3) capítulos:

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 eventos históricos

En el mes de marzo del presente año se realizaron visitas a la CVC, principalmente a la Subdirección de Recursos Hídricos y a la Biblioteca, para recopilar información relacionada con los eventos históricos de inundaciones y avalanchas presentadas en el municipio de Buga. Se revisaron los diferentes informes y documentos que contienen dicha información, en los cuales se describe el comportamiento del río ante estos fenómenos, los niveles de agua alcanzados, los caudales registrados (si los hay) y las afectaciones al municipio. Los documentos en los que se obtuvo información de este tipo son los siguientes:

- Rodrigo Ayala, Olga Patricia Villa, Freide Guzmán y Omar Chávez M. LA CRECIENTE DEL RÍO GUADALAJARA DE NOVIEMBRE 29 DE 1997.
- Ingeniero José Francisco Torres Baquero. INFORME TÉCNICO 1130-09-028-086-204-2002 EVALUCIÓN DE LAS OBRAS PARA PREVENIR Y MITIGAR INUNDACIONES EN GUADALAJARA DE BUGA. 2002.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- Juan Guillermo Arango. INFORME TÉCNICO 1130-09-028-085-335-2.0001 PREDIO LA RIVERA, MARGEN DERECHA DEL RÍO GUADALAJARA. 2001.
- Juan Guillermo Arango. INFORME TÉCNICO 1130-09-028-085-337-2.0001 PREDIO CIPRÉS, MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO GUADALAJARA. 2001.
- José Francisco Torres Baquero. INFORME TÉCNICO 1130-09-028-085-318-2.0001 INESTABILIDAD EN EL SECTOR DEL VIADUCTO, ACEQUIA CHAMBIMBAL. 2001.
- José Francisco Torres Baquero. INFORME TÉCNICO 1130-09-028-086-280-2002 EROSIÓN MARGINAL PARQUE EL VERGEL. 2002.

En estos documentos se encontró la siguiente información:

El 29 de noviembre de 1997, se presentó una creciente torrencial en el río Guadalajara afectando gran parte de las instalaciones del parque El Vergel y el Hotel Guadalajara. En este evento los sitios más afectados fueron el concesionario de carros ubicado en la margen derecha del río, inmediatamente aguas arriba del puente de la Carrera 12 y el Patinódromo, ya que el nivel de agua rebasó el muro marginal a la altura del concesionario y el agua que llegó hasta este sitio arrastró los vehículos hasta el Patinódromo. En el Patinódromo se destruyeron las barandas y las pistas quedaron colmatadas con sedimentos y escombros. Adicionalmente, el puente colonial de la Carrera 12 sufrió socavación de su pila central.

En la zona de ladera, de acuerdo con la información pluviométrica de la CVC y suministrada por las personas de la región, el área más afectada en el evento del 29 de noviembre corresponde a las cuencas de las quebradas La Magdalena (parte baja), La Negra y La Zapata (partes media y alta en el sector conformado por sus afluentes La Margarita, La Cristalina y Santa Bárbara), donde se estimaron caudales entre 190 y 200 m³/s en la quebrada La Negra y entre 70 y 90 m³/s en la quebrada La Zapata. En la estación El Vergel (río Guadalajara) fue registrado un caudal de 260 m³/s, el cual es inferior a la suma de los

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

caudales de las quebradas, debido a la deformación que sufren los caudales picos en el tránsito desde la parte alta de la cuenca hasta la parte más baja de la misma.

Posteriormente en el mes de noviembre de 1999, en la vereda La Piscina, debido a una creciente y muy posiblemente la intervención antrópica (al haber desviado el río y construir obras en el cauce), se presentó erosión en el talud de la margen izquierda del río inundando el predio.

En el año 2001 se registraron 100 m de erosión lateral con un desplazamiento de 1 m. En el mismo año, a 3 km al norte de la cabecera municipal de Buga se presentó erosión severa de la margen derecha de la quebrada Chambimbal, donde en 1993 colapsó una contrapresa que junto con un empedrado escalonado se había construido para la protección de la cimentación del viaducto. Estos fenómenos han ocurrido –según se indica en el documento– debido a causas naturales y antrópicas como la extracción de materiales del lecho, la falta de protección del barranco y la falta de mantenimiento del viaducto desde 1997.

La lluvia torrencial del 29 de noviembre del 2007 afectó la cuenca del río Guadalajara y ocasionó problemas en la ciudad de Buga. La estación La Magdalena registró 127 mm de lluvia con un caudal del orden de 280 m³/s, provocando el desbordamiento del río en el parque El Vergel. Se produjo el desplome del muro de cierre de una de las canchas frente a las cuales se ubica la bocatoma El Albergue, afectada por la socavación local, con la semidestrucción de la contrapresa de los muros laterales (aletas) y del canal de conducción sobre la margen izquierda. En la margen derecha del tramo del río comprendido entre los puentes El Derrumbado y la Carrera 99, las crecientes ocasionaron erosión lateral, causando daños en varias casas del barrio El Carmelo.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Como consecuencia de las fuertes lluvias registradas el 19 y el 28 de marzo del 2002 en la zona urbana de Buga y las microcuencas de las quebradas Honda y 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 dichas quebradas. Esto ocasionó pérdidas económicas, erosión y deslizamiento en la zona de ladera por donde la acequia Chambimbal bordea la zona urbana del municipio.

En la quebrada Honda los desbordamientos ocurrieron en terrenos del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y 200 m aguas abajo del cruce de la quebrada con la variante norte de la doble calzada Buga – Tuluá – La Paila. La quebrada cerca del ICBF tiene una sección única de 4 m de ancho y 2 m de profundidad con sedimentos en el fondo del cauce. El agua desbordada se canalizó por la zanja destinada para la rectificación de la quebrada Honda, desbordándose posteriormente. El remanso en la zanja destinada para la rectificación de la quebrada Honda, localizado a partir de la confluencia de la zanja con dicha quebrada, fue propiciado por la acumulación de sedimentos y por la formación de una empalizada aguas arriba del boxculvert doble en la Carrera 16 con Calle 30. Finalmente, en el cruce de la quebrada Honda con la Carrera 16 hubo un desbordamiento que afectó el barrio El Rosal, debido a la reducción de la capacidad del cauce por la acumulación de sedimentos y escombros.

En la acequia Chambimbal se presentó un desbordamiento en el sitio donde se encuentra la entrega de un drenaje natural en la zona de ladera (barrio Alto Bonito). En este lugar se presentó en abril de 2001 un deslizamiento rotacional después de una fuerte lluvia, ocasionando la obstrucción en un tramo de la acequia, inundando los barrios aledaños. En este sitio se presentó nuevamente el taponamiento de la acequia durante el periodo invernal en marzo de 2009, debido a los sedimentos aportados por las aguas de escorrentía provenientes del barrio Alto Bonito. También se presentó desbordamiento frente al barrio Las palmitas.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

En la quebrada La Pachita, en la misma época de marzo de 2002, se identificó únicamente un sitio de desbordamiento a su paso por el casco urbano de Buga, localizado en el cruce de la quebrada con la Calle 25 y la Carrera 16, donde existe un boxculvert doble que fue obstruido por la acumulación de sedimentos y la empalizada formada debido a la falta de mantenimiento en la quebrada. Esto propició el remanso aguas arriba del boxculvert en una longitud aproximada de 300 m, ocasionando el desborde de la quebrada e inundando parte del parque El Jardín y algunas cuadras de los barrios Jorge Eliécer Gaitán y Popular. Además, en las Carreras 14 y 13 existen dos puentes vehiculares sobre la quebrada La Pachita, los cuales tienen una luz de aproximadamente 4 m y un gálibo de 0.8 m, lo cual ocasionó la empalizada y posterior desbordamiento de la quebrada en este sector.

8.2.1.2. 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*).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 tablonés. 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 tabloncillos 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

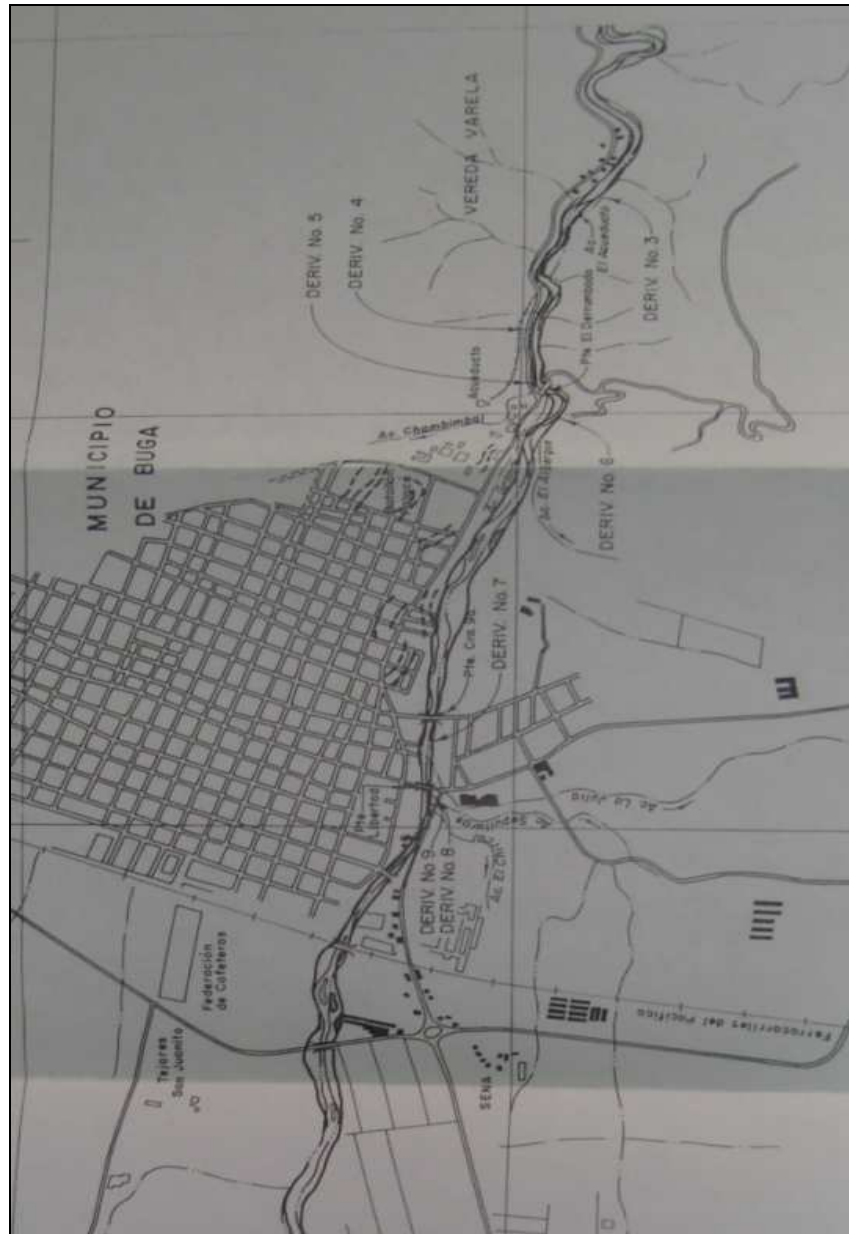


Figura 8.1. Localización general de las derivaciones - municipio Guadalajara de Buga

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

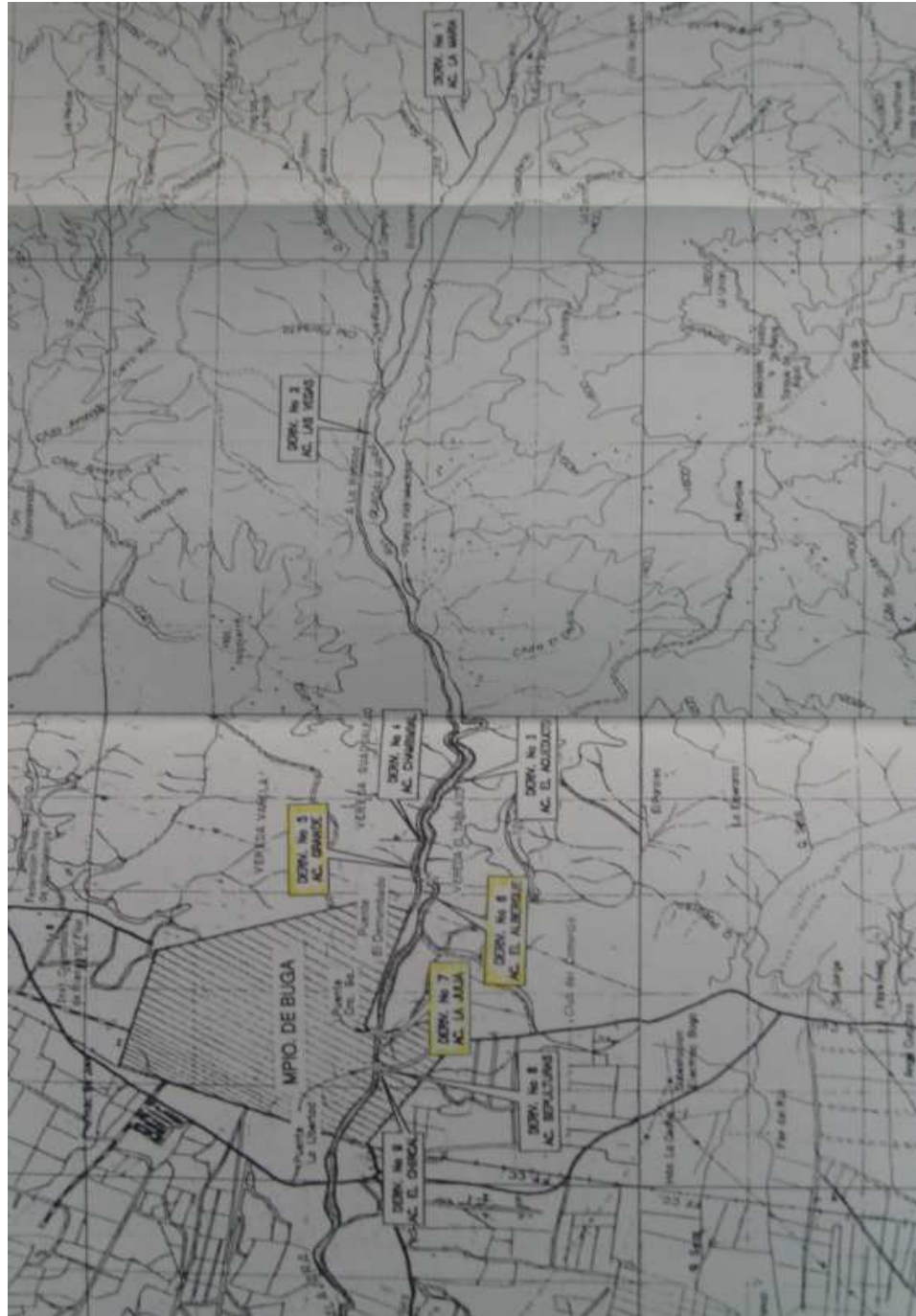


Figura 8.2. Localización general de las principales acequias - municipio de Guadalajara de Buga

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

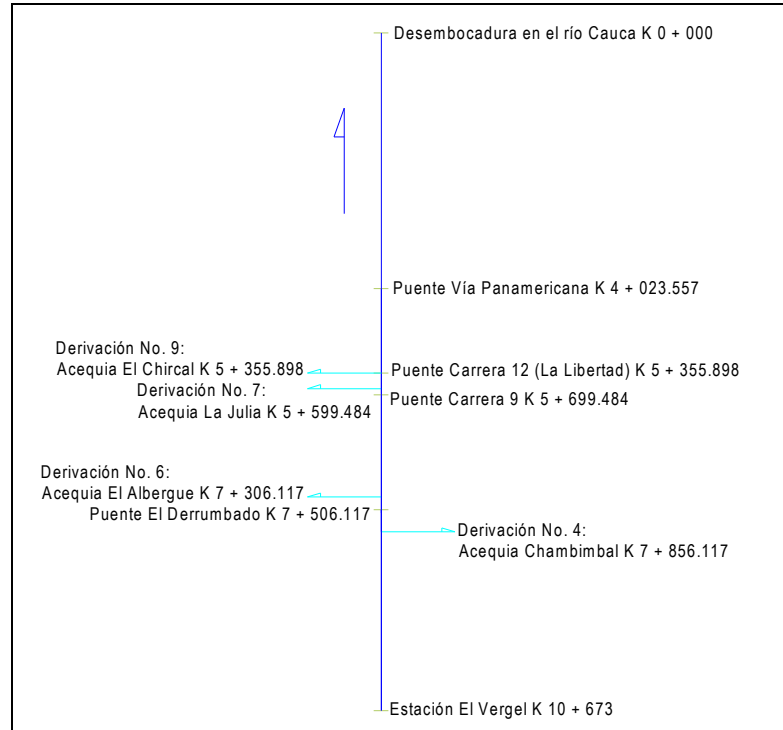


Figura 8.3. Esquema de las derivaciones y captaciones del río Guadalajara

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

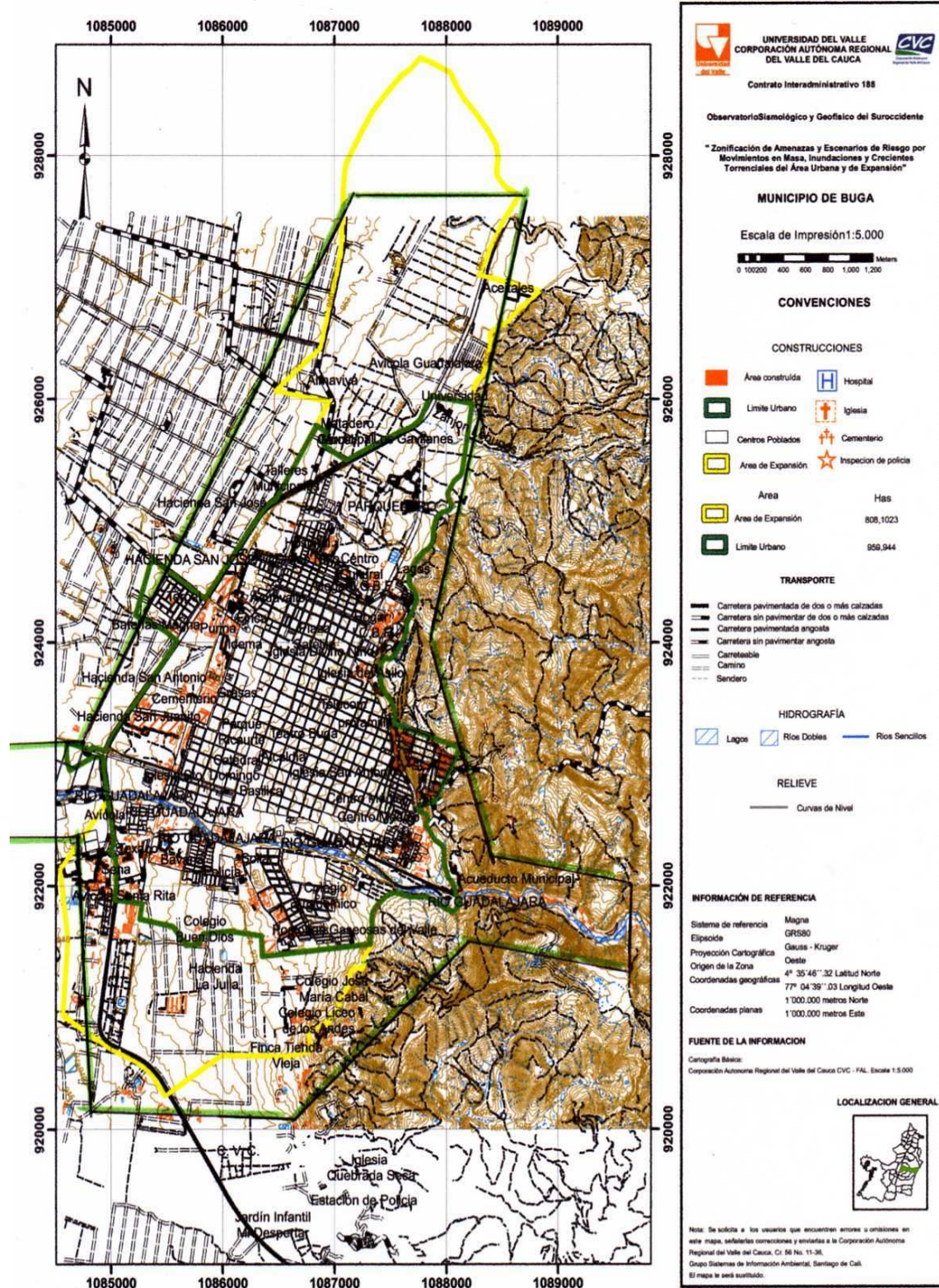


Figura 8.4. Perímetro de la zona de estudio del municipio de Buga

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
*Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes
torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión*

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 debuta y que históricamente he 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 81.4).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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 se presenta la localización de las secciones transversales a levantar en el municipio de Buga.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

Cauce	Frontera superior	Frontera inferior	Longitud del cauce a modelar (m)	Numero de Secciones con levantamiento batimétrico y topográfico	Distancia entre secciones en las zonas urbana y de expansión (m)	Distancia entre secciones fuera de las zonas urbana y de expansión (m)
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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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)

Cauce	Frontera superior	Frontera inferior	Longitud del cauce a modelar (m)	Numero de Secciones con levantamiento batimétrico y topográfico	Distancia entre secciones en las zonas urbana y de expansión (m)	Distancia entre secciones fuera de las zonas urbana y de expansión (m)
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		

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

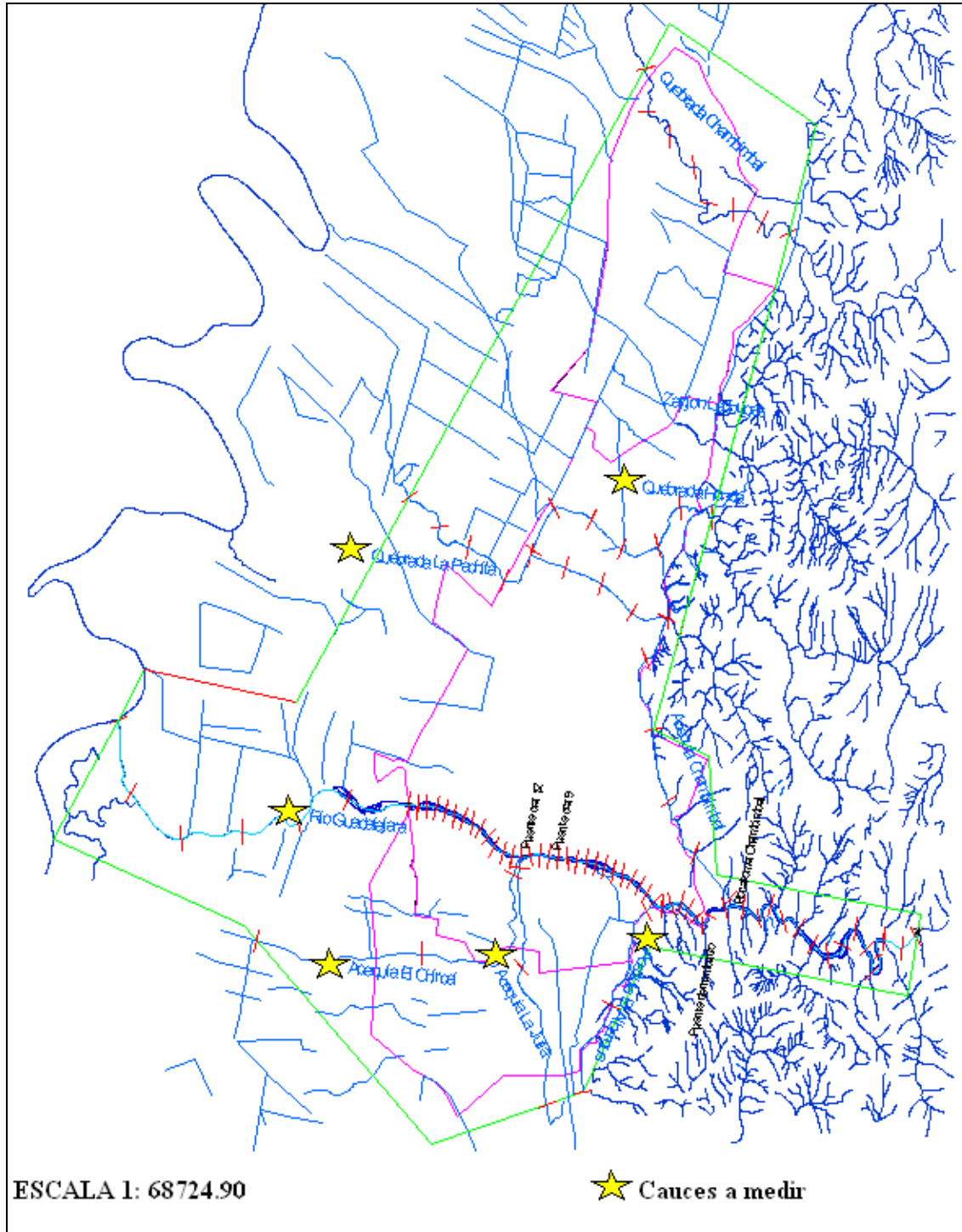


Figura 8.5. Localización de secciones transversales a levantar en el municipio de Buga

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 n muestreo superficial tomando un registro

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 grafico.



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)

Cauce	Código de la muestra	Coordenada Norte	Coordenada Este	Abscisa
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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 gráfico de muestras superficiales (PMC, 1992)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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	σ_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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

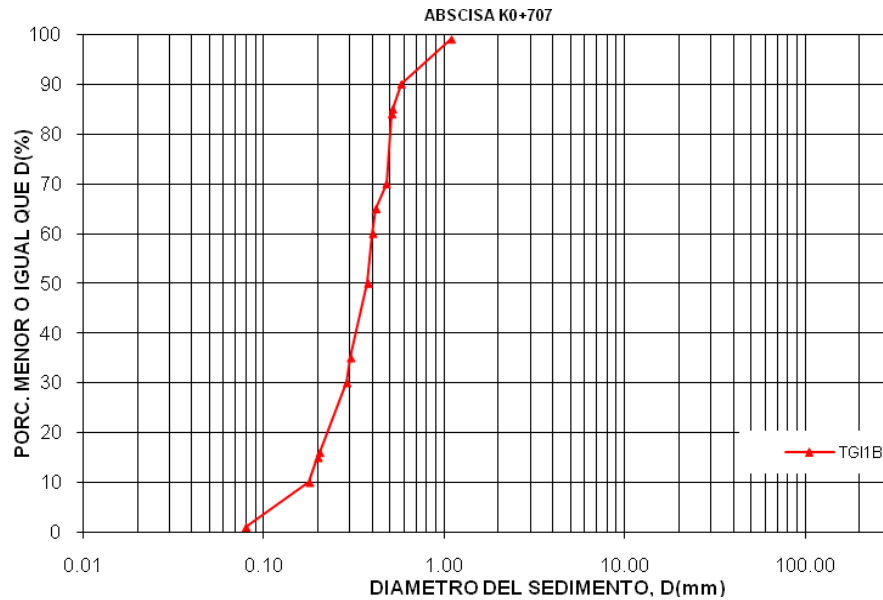


Figura 8.6. Curvas granulométricas del material del lecho del río Guadalajara en la abscisa K0 + 707 (Estudios realizados por el PMC, 2003)

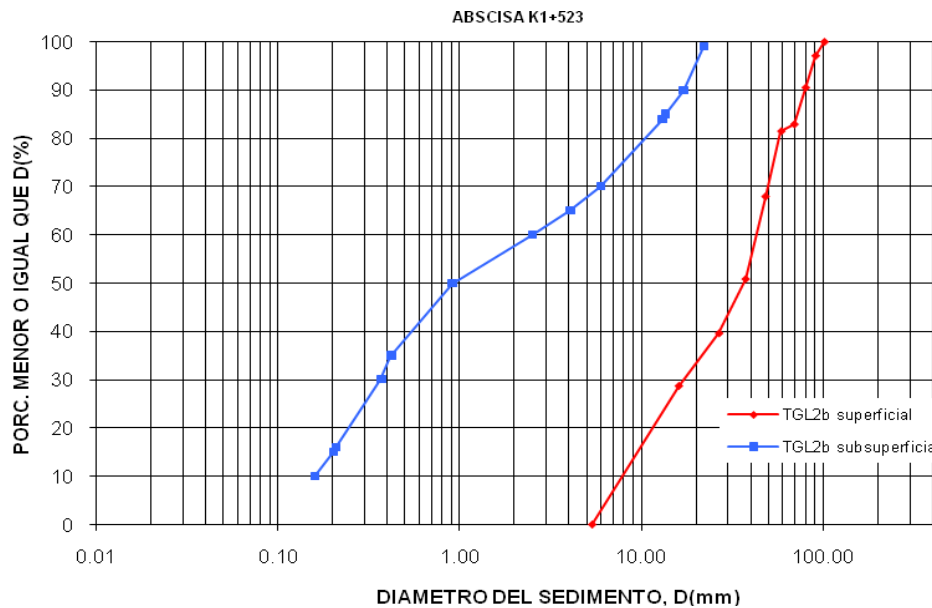


Figura 8.7. Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la abscisa K1 + 523 (Estudios realizados por el PMC, 2003)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

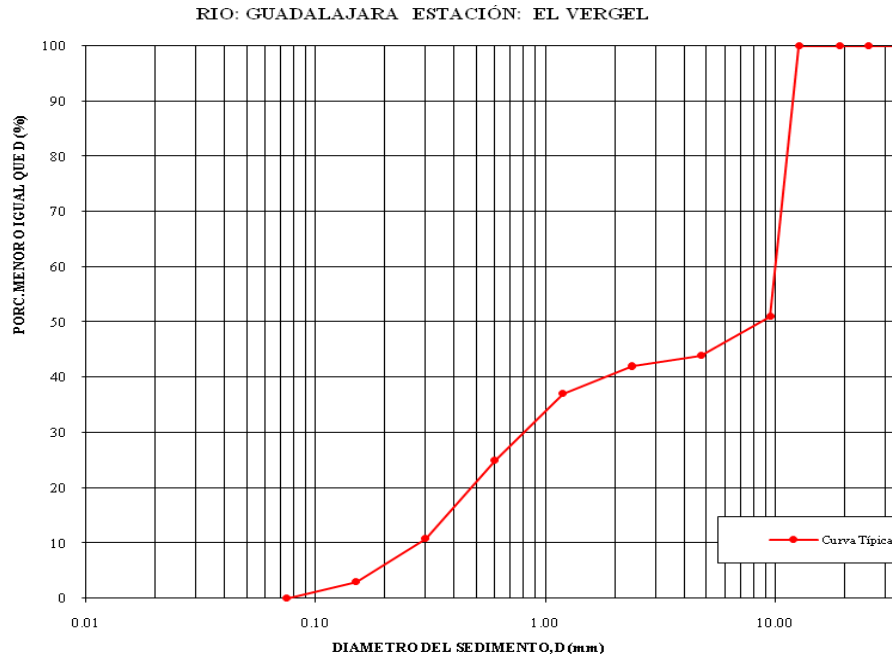


Figura 8.8. Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la Estación el Vergel (Estudios realizados por el PMC, 2003)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

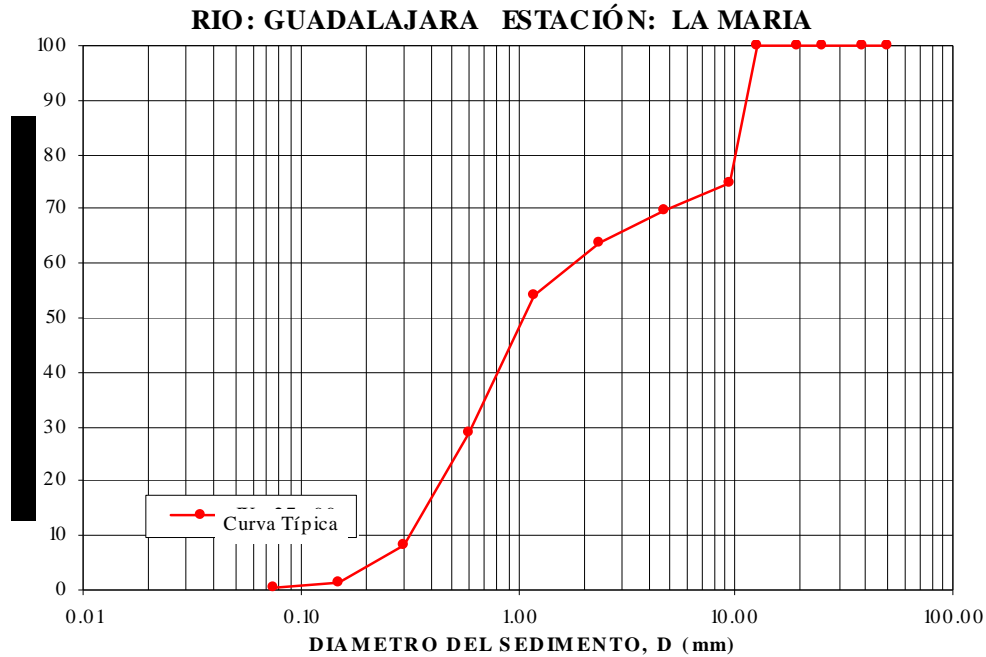


Figura 8.9. Curvas granulométricas de las muestras del lecho del río Guadalajara en la estación La María (PMC 1992)

Los diámetros característicos del material del lecho (d_{15} , d_{50} y d_{85}) del río Guadalajara se muestran en la Figura 8.10.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

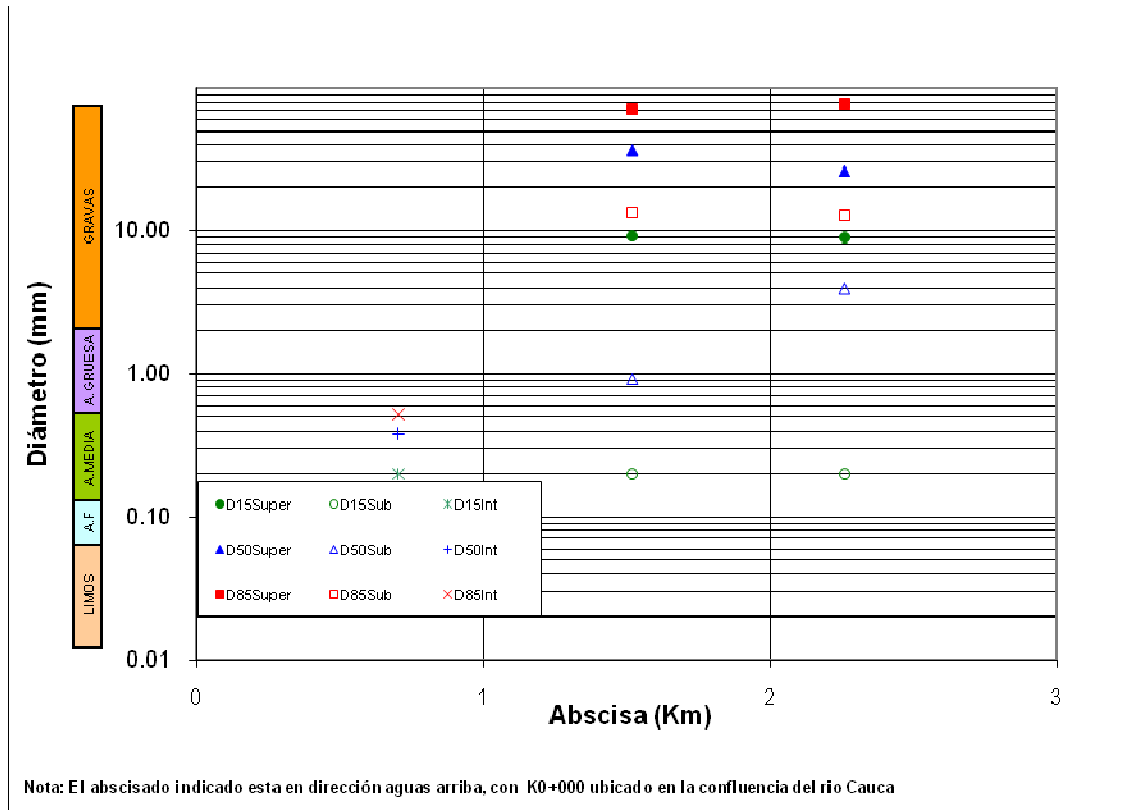


Figura 8.10. Diámetros característicos del material del lecho del río Guadalajara

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 m² 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 m². 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

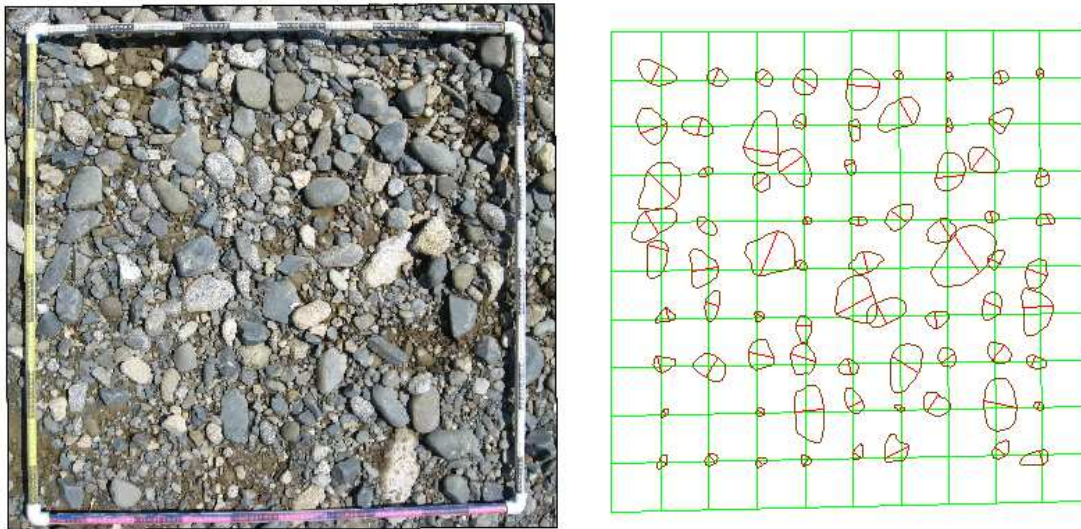


Figura 8.11. *Identificación de partículas para análisis granulométricos de malla-número (a) Muestra fotográfica; (b) Partículas delimitadas en las intersecciones de la malla*

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- 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).

8.3.1.3. 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
Punte del Ferrocarril	Muestra superficial	---	---	13	28	41	50	56

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

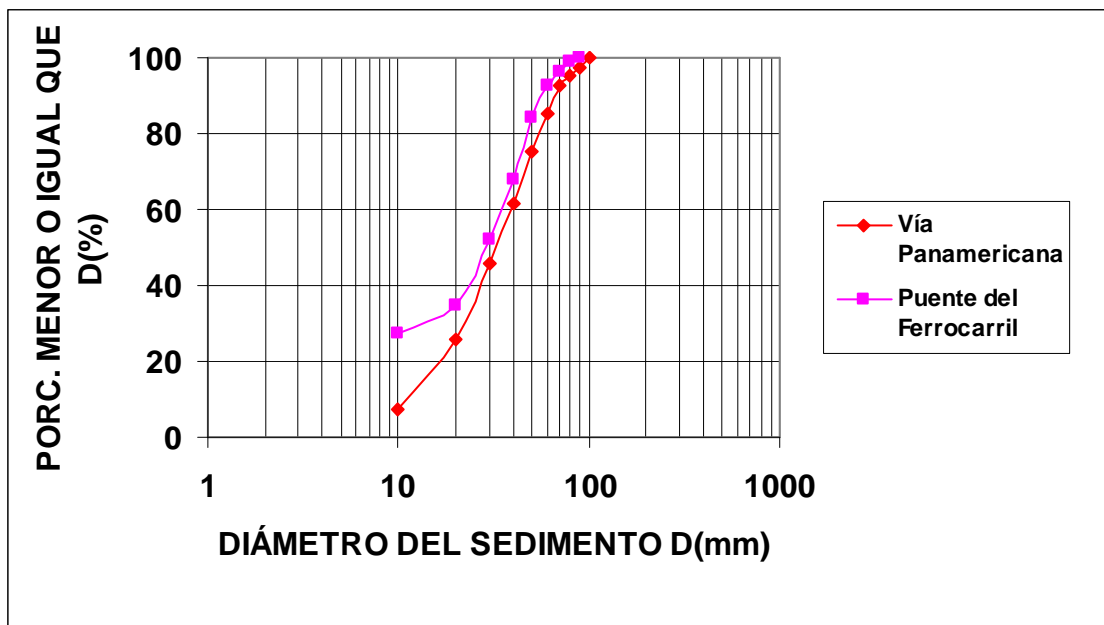


Figura 8.12. Curva granulométrica del material superficial del lecho Sector Puente vía Panamericana y Puente del ferrocarril

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 km², abarcando desde el nacimiento del río (sobre la cota 2800 msnm), hasta su desembocadura en el río Cauca una longitud de 17.0 km.

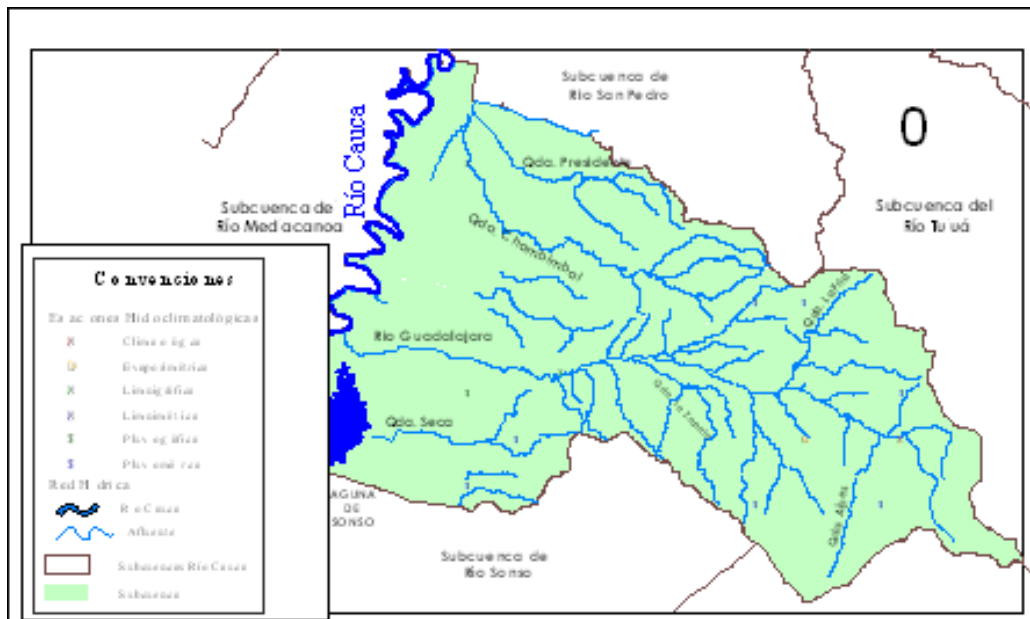


Figura 8.13. Cuenca del río Guadalajara

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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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)

CAUDAL CARACTERÍSTICO		VALOR	
Caudal medio mensual multianual (m ³ /s)	Máximo	5.19	Noviembre
	Mínimo	2.37	Agosto
	Medio	3.89	
Caudal instantáneo histórico (m ³ /s)	Máximo	230.7	May-1981
	Mínimo	0.15	2005
Caudal promedio de máximos instantáneos anuales (m ³ /s)		66.3	
Caudal promedio de mínimos instantáneos anuales (m ³ /s)		1.3	

Tabla 8.10. Caudales característicos del río Guadalajara en la estación El Vergel (1972- 2003) (Continuación).

Curva de Duración de Caudales	Caudal (m ³ /s)	% de Tiempo en que los caudales son igualados o excedidos	10%	7.8
			25%	5.4
			50%	3.5
			75%	2.7
			90%	2.0
Caudales máximos estimados para un periodo de retorno (T) (m ³ /s)	T(años)=2		120	
	T(años)=5		180	
	T(años)=7		199	
	T(años)=10		210	
	T(años)=20		240	
	T(años)=50		300	
	T(años)=100		330	
Caudal Específico (m ³ /s/m ²) x 10 ⁻⁸			3.30	
Caudal Unitario (m ³ /s/m) x 10 ⁻⁴			2.47	

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

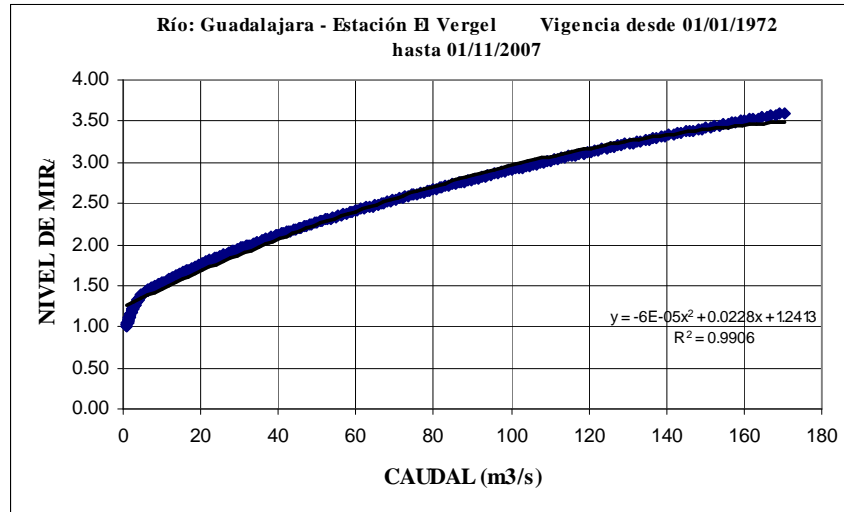


Figura 8.14. Curva de calibración Nivel - Caudal

En la Figura 8.15 se presentan los caudales medios mensuales multianuales en la Estación Hidrométrica El Vergel. En general en esta estación se aprecia un comportamiento bimodal con caudales altos en los períodos abril - junio y octubre - diciembre y caudales bajos en los períodos enero - marzo y julio - septiembre. El mínimo valor se presenta en el mes de agosto y el máximo en el mes de mayo.

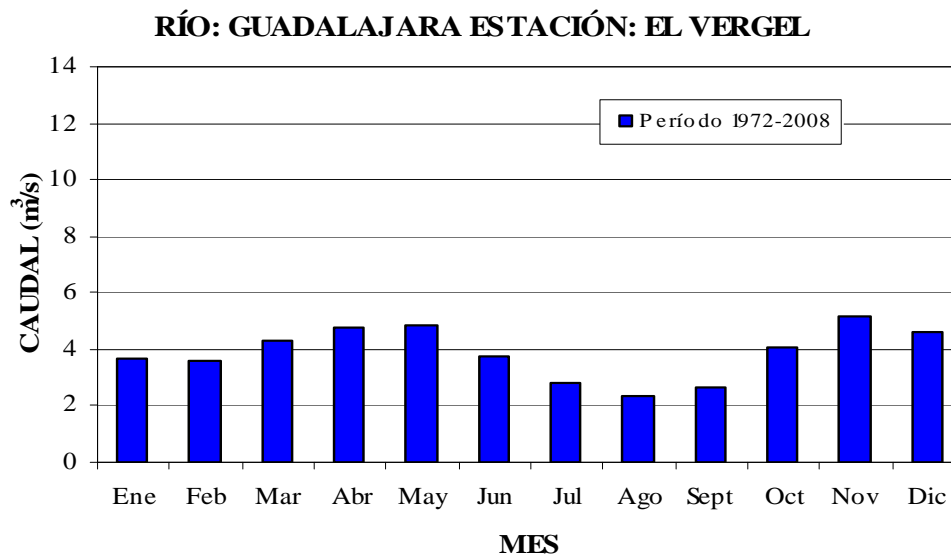


Figura 8.15. Caudales medios multianuales

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

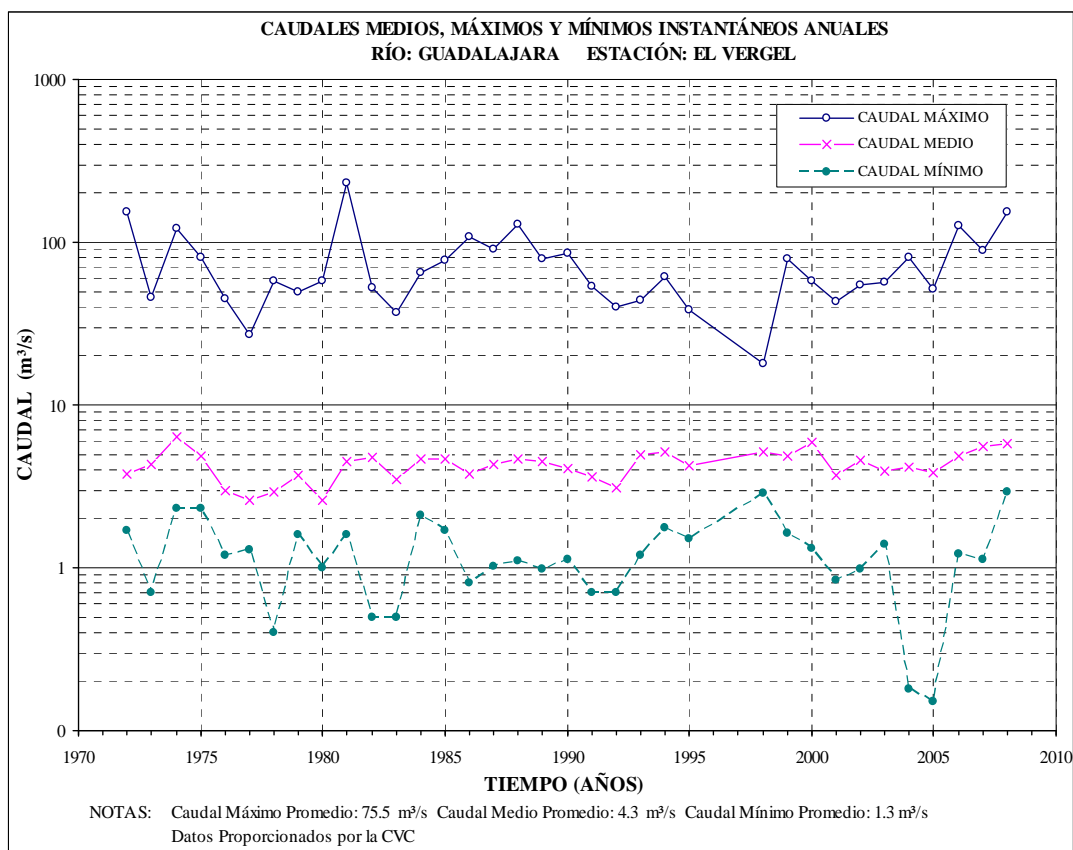


Figura 8.16. Caudales medios, máximos y mínimos instantáneos anuales

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

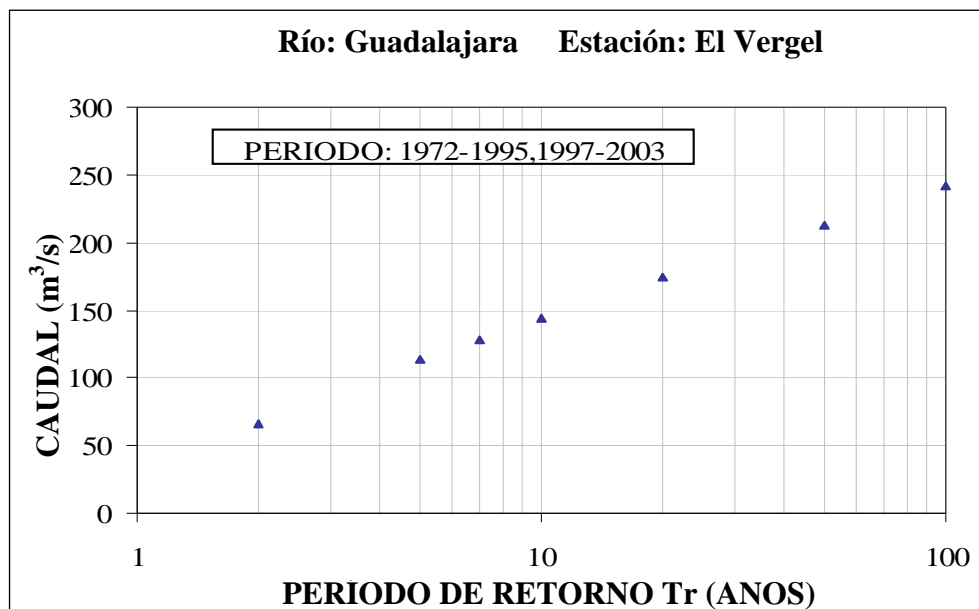


Figura 8.17. Análisis de eventos extremos

La información perteneciente a los años posteriores a 2003 se está procesando actualmente.

8.3.2.4. 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%.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

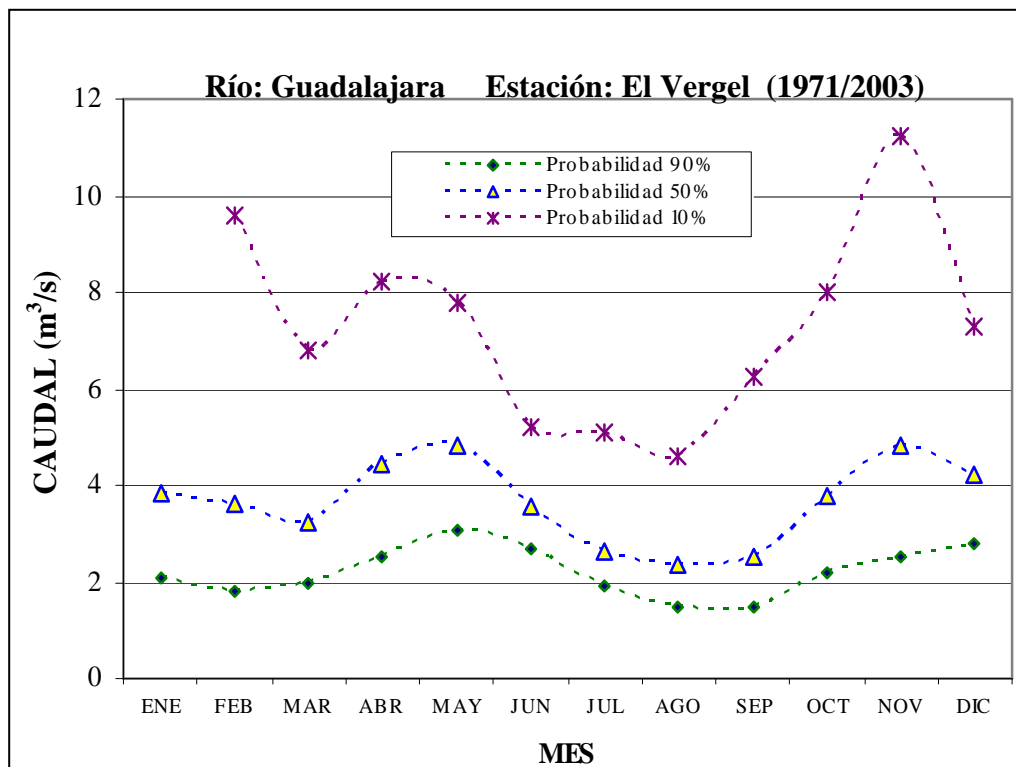


Figura 8.18. Curvas de variación estacional

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.

8.3.2.5. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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%.

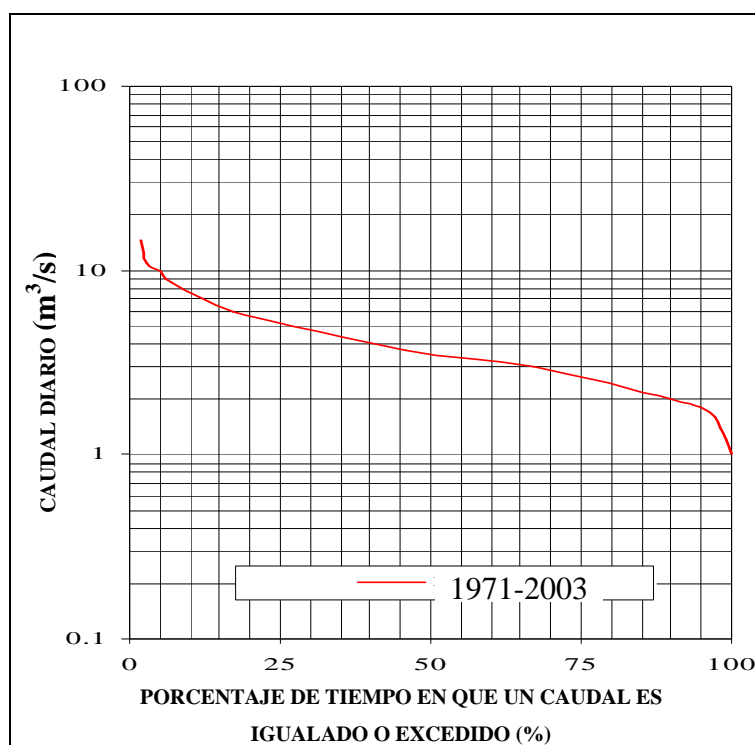


Figura 8.19. Curva de duración de caudales diarios en el río Guadalajara en la estación El Vergel

La información perteneciente a los años posteriores a 2003 se está procesando actualmente.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

8.3.2.6. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

rango de validez de las regresiones obtenidas. También se presenta en este cuadro el Número de Froude para cada uno de los caudales utilizados.

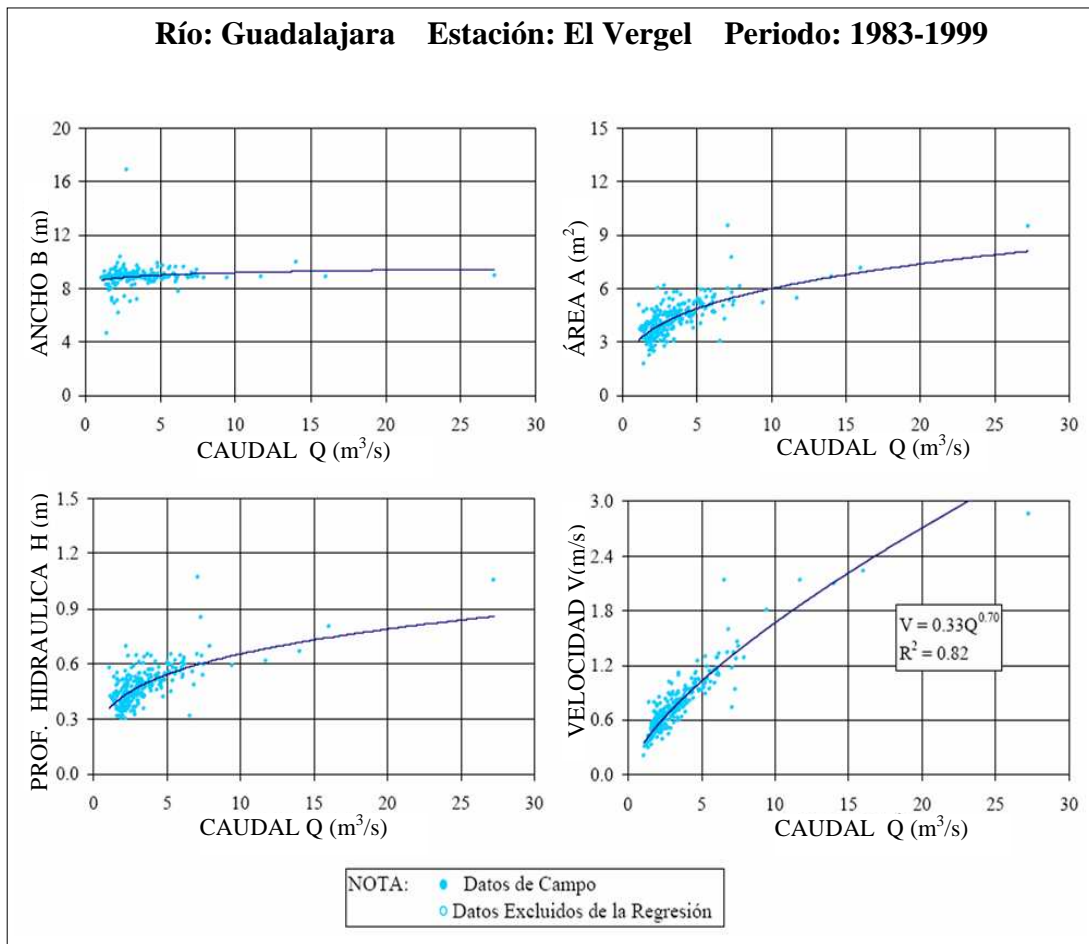


Figura 8.20. Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla 8.11. Propiedades hidráulicas y geométricas en el río Guadalajara Estación: El Vergel

PARÁMETROS		CAUDAL (m ³ /s)					
		3.00	4.00	5.00	10.0	12.00	15.00
Velocidad (m/s)	P. T. ⁽¹⁾	0.71	0.87	1.02	1.65	1.58	2.20
	P. A. ⁽²⁾	0.69	0.83	0.95	1.46	1.63	1.88
Área (m ²)	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

⁽¹⁾ P. T.: Período Total de Registros Disponibles (1983 – 1999)

⁽²⁾ 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

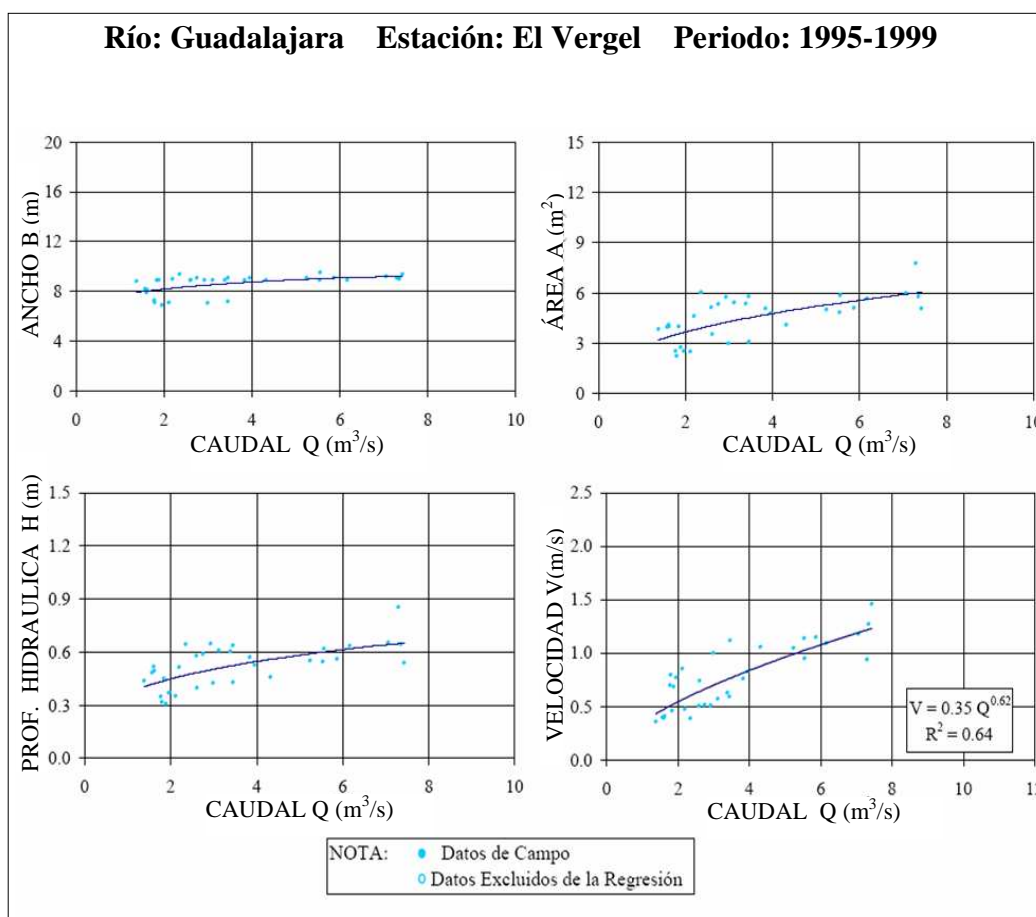


Figura 8.21. Relación caudal vs. Parámetros hidráulicos y geométricos

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

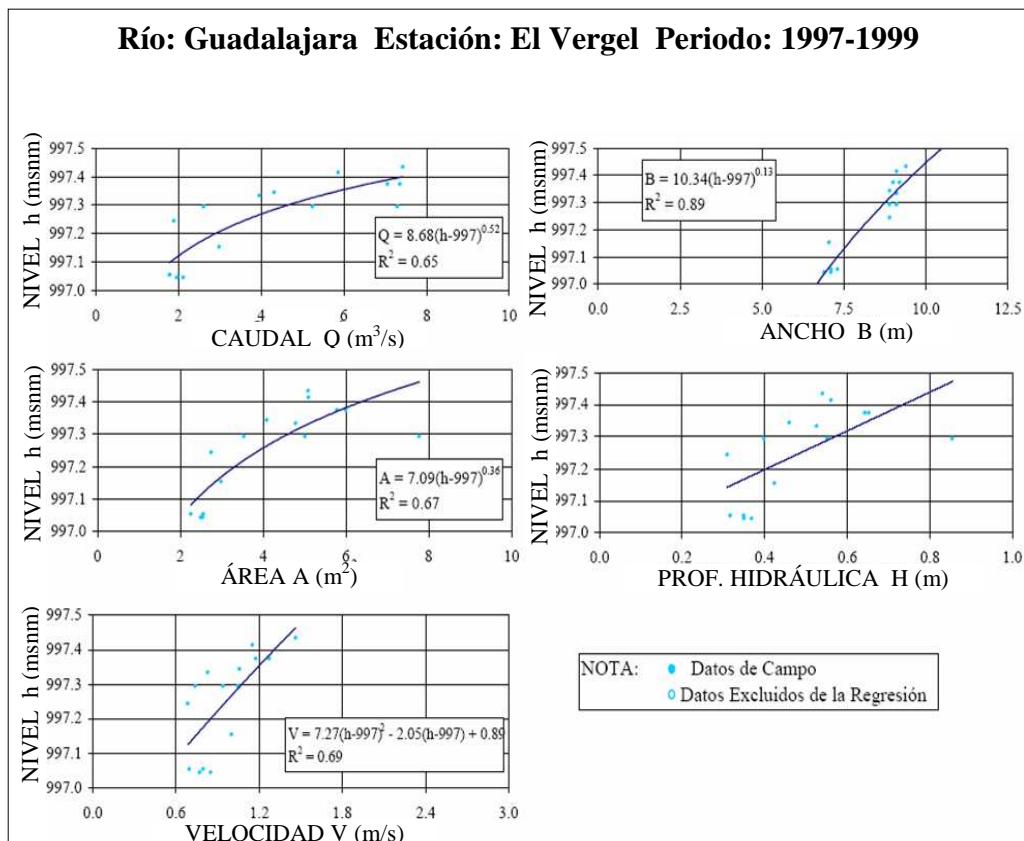


Figura 8.22. Relaciones entre los niveles de agua y los parámetros hidráulicos y geométricos en el río Guadalajara

8.3.2.7. 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).

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- **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.

8.3.2.8. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

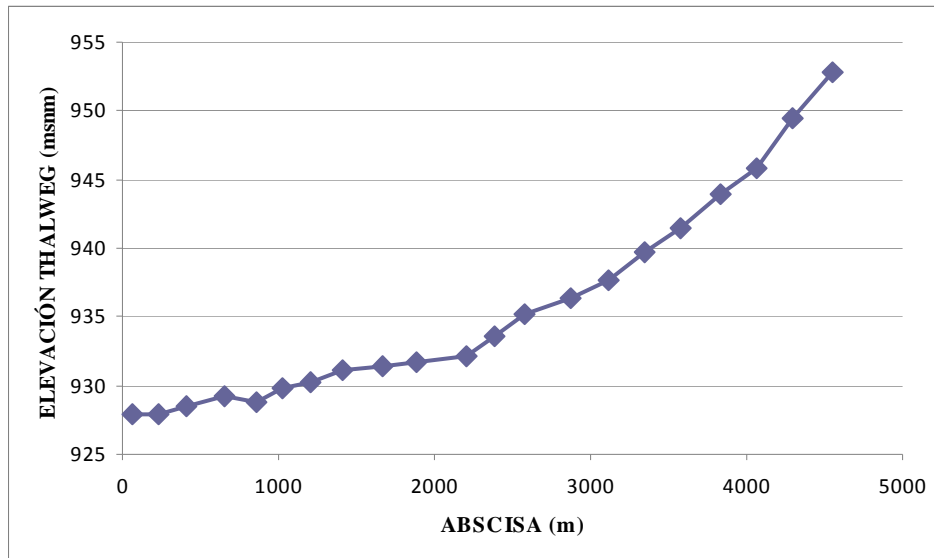


Figura 8.23. Perfil longitudinal del río Guadalajara en el año 2003 (Fuente: CVC-Universidad del Valle, 2003)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

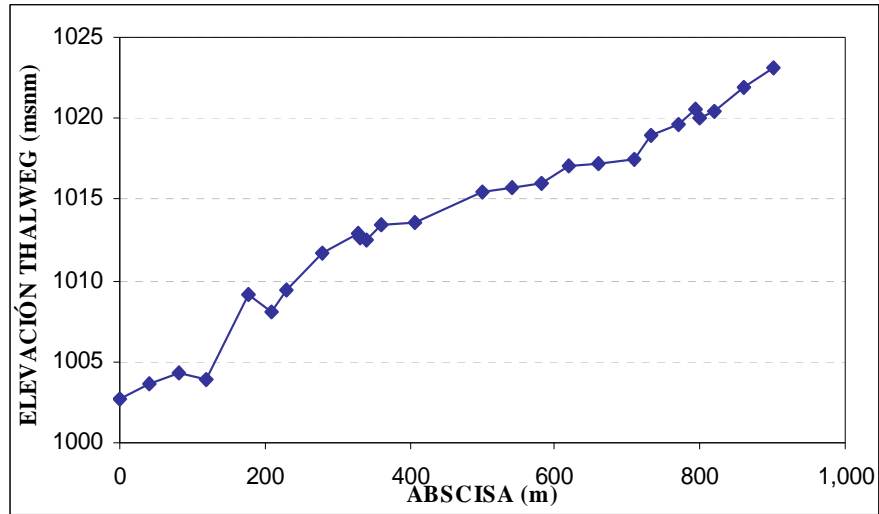


Figura 8.24. Perfil longitudinal del río Guadalajara con base en las secciones levantadas 1997
(Fuente: CVC, 1997)

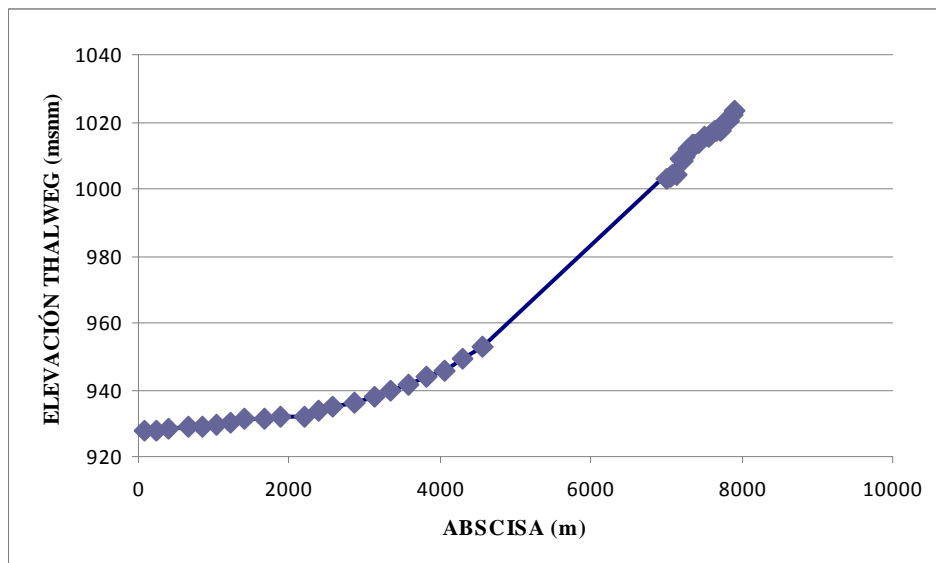


Figura 8.25. Perfil longitudinal del río Guadalajara (Fuente: CVC, 1997 y CVC-Universidad del Valle, 2003)

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

8.3.2.9. 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 ΔH 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:

ΔH = 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:

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

$$S = \left(\frac{m}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{S_i} \right)^{1/2}} \right)^2$$

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

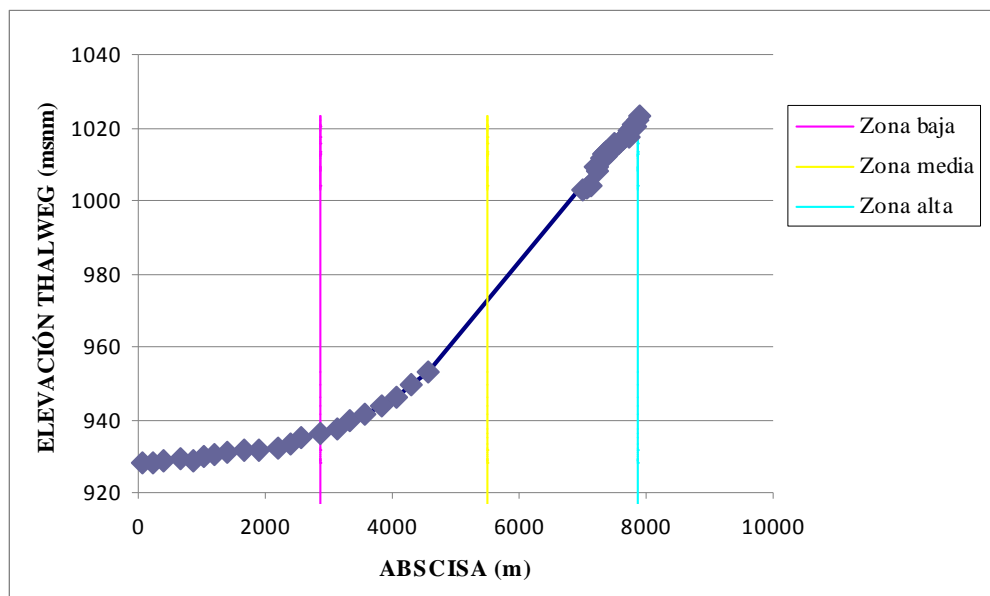


Figura 8.26. Perfil longitudinal del río Guadalajara en la zona de estudio (Fuente: CVC, 1997 y CVC-Universidad del Valle, 2003) dividido por zonas para el cálculo de la pendiente

8.3.2.10. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 m².

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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 m³/s) es 0,05 s/m^{1/3}.

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)

Q (m³/s)	R (m)	n (s/m^{1/3})	f	C (m^{1/2}/s)
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

8.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Proyecto de Reglamentación de los Cauces del Municipio de Guadalajara de Buga
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial Vigente (POT), municipio de Guadalajara de Buga
- 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

- 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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

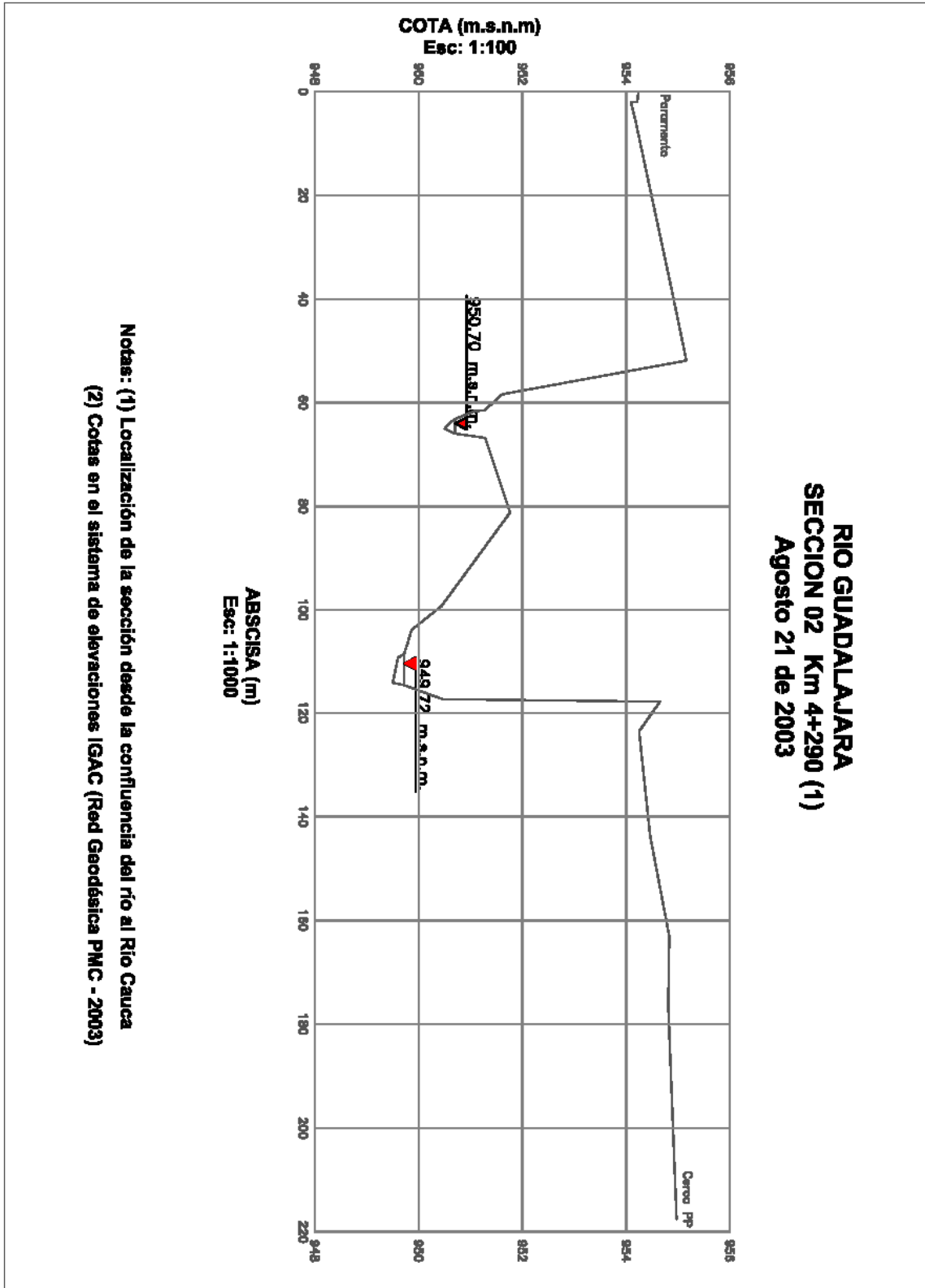
HIDRÁULICA

ANEXO 8.1

Secciones transversales del Río Guadalajara realizadas por estudios elaborados por el PMC, 2003

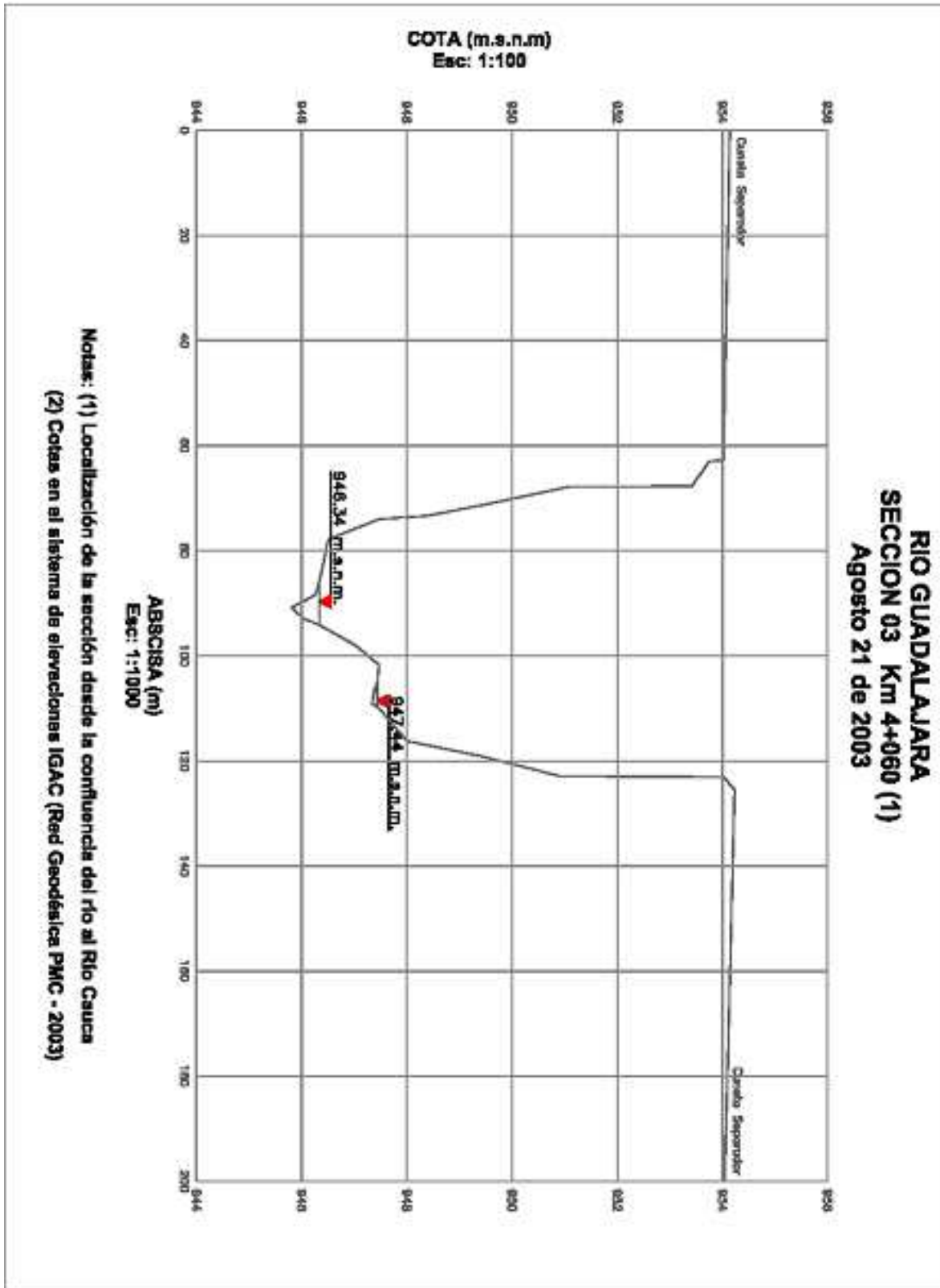
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



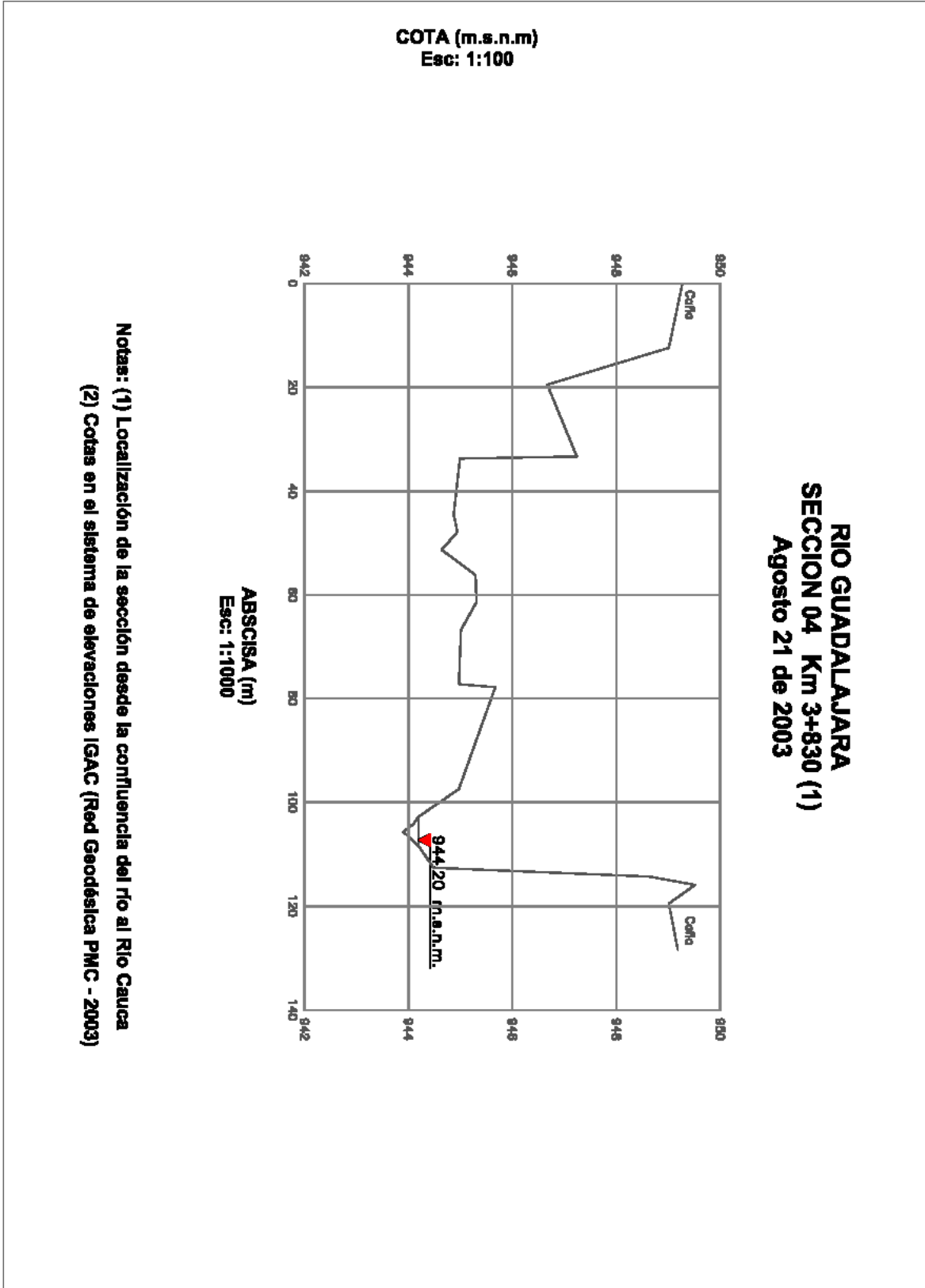
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



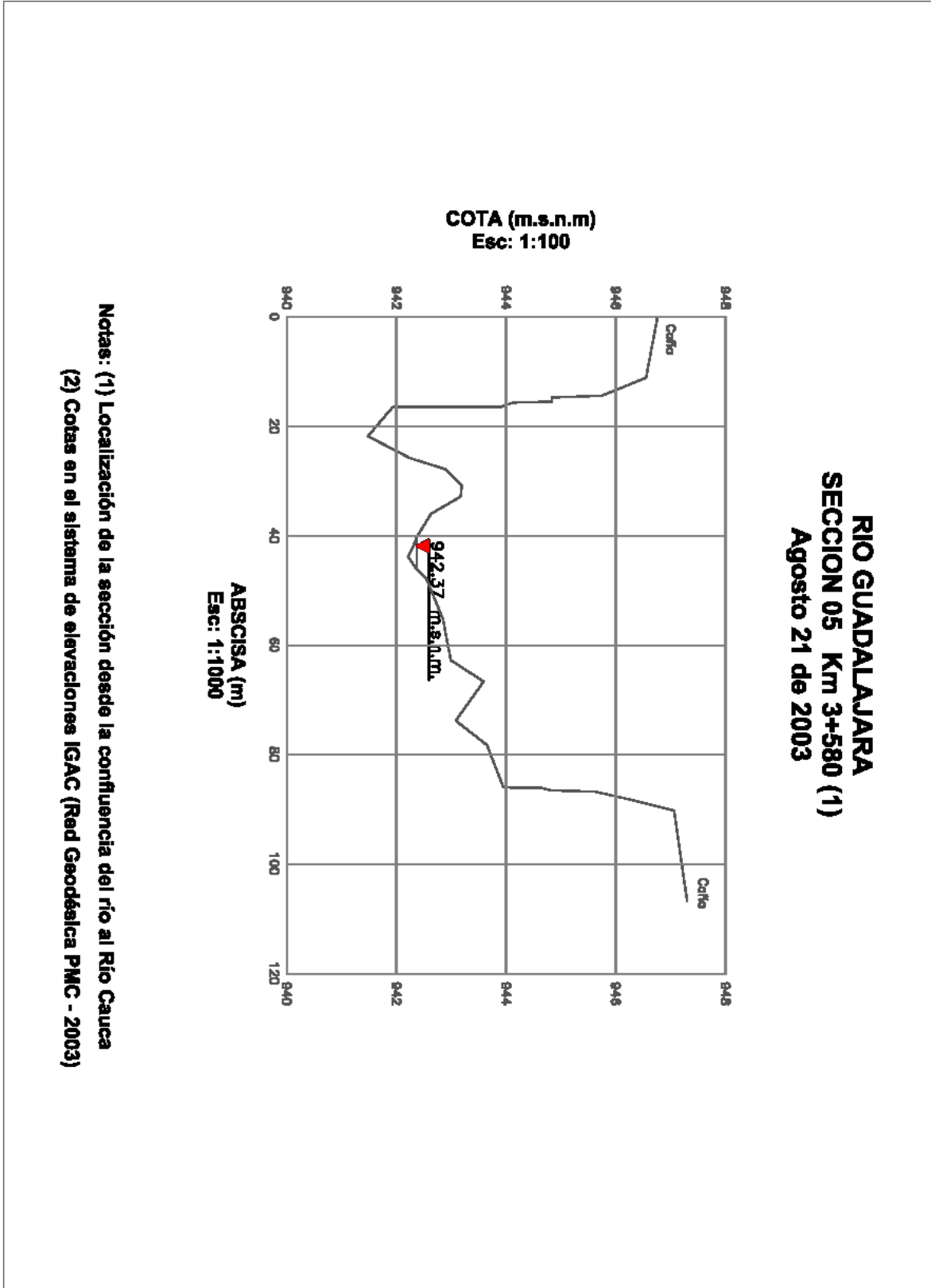
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



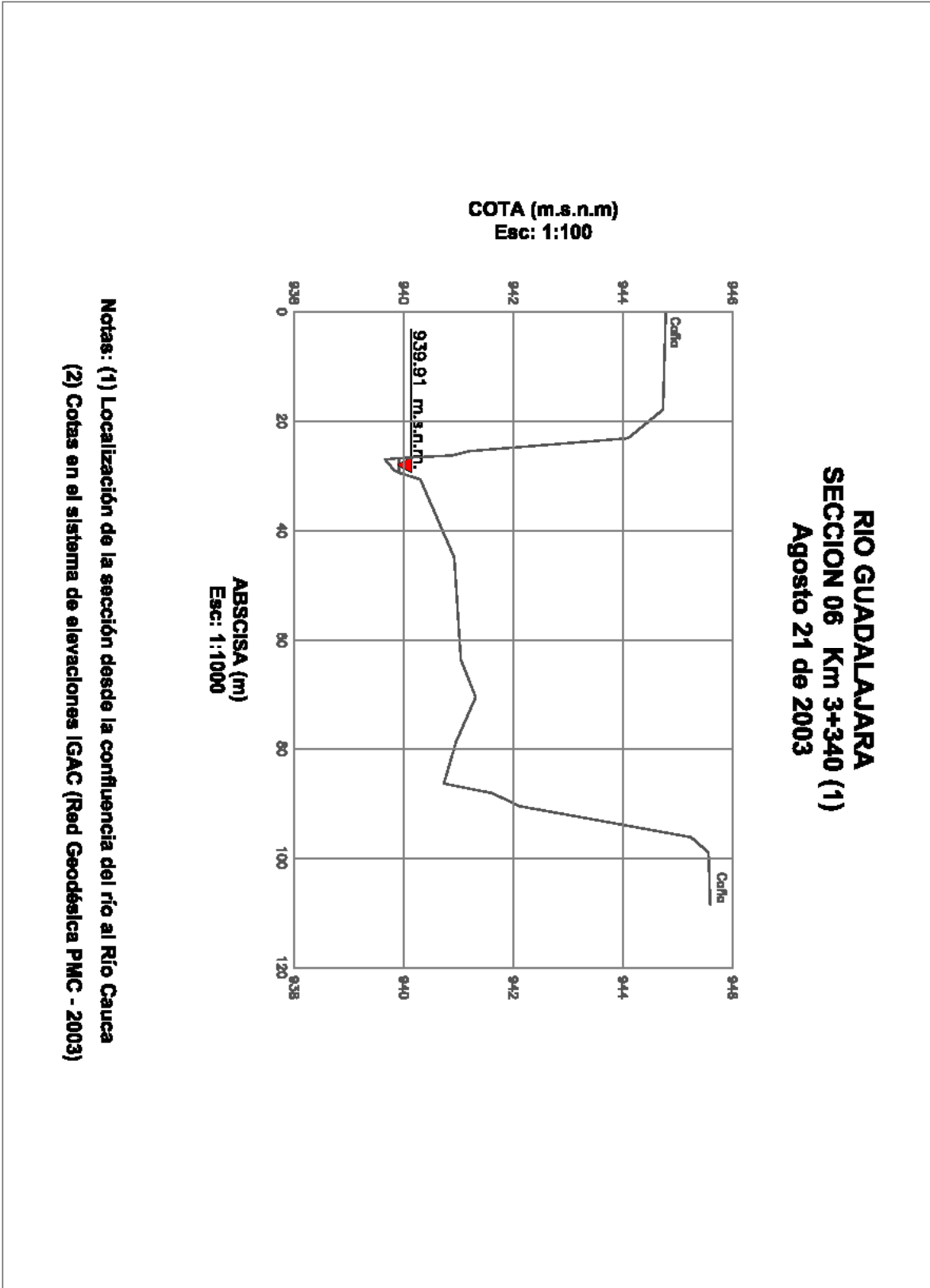
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



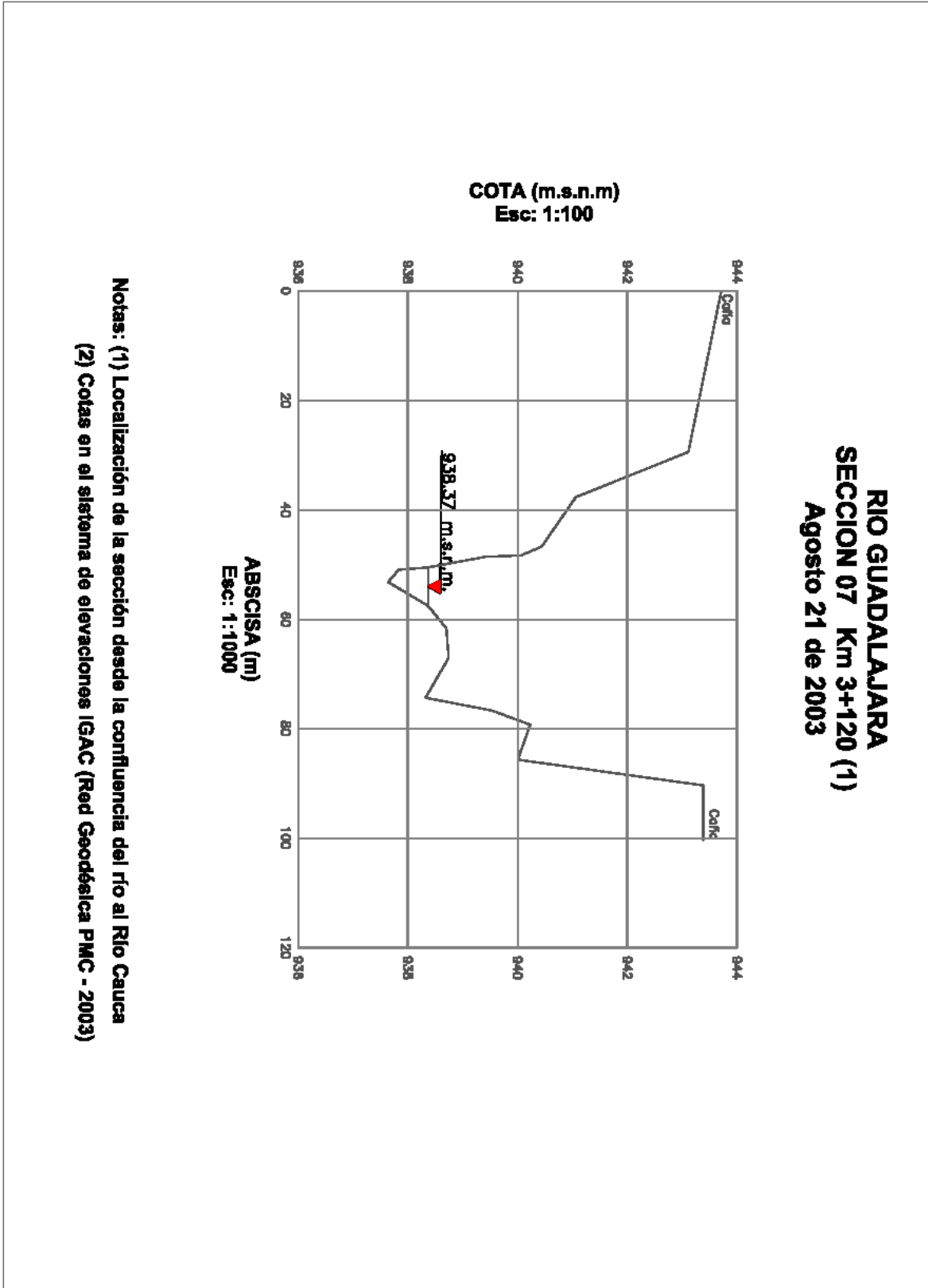
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



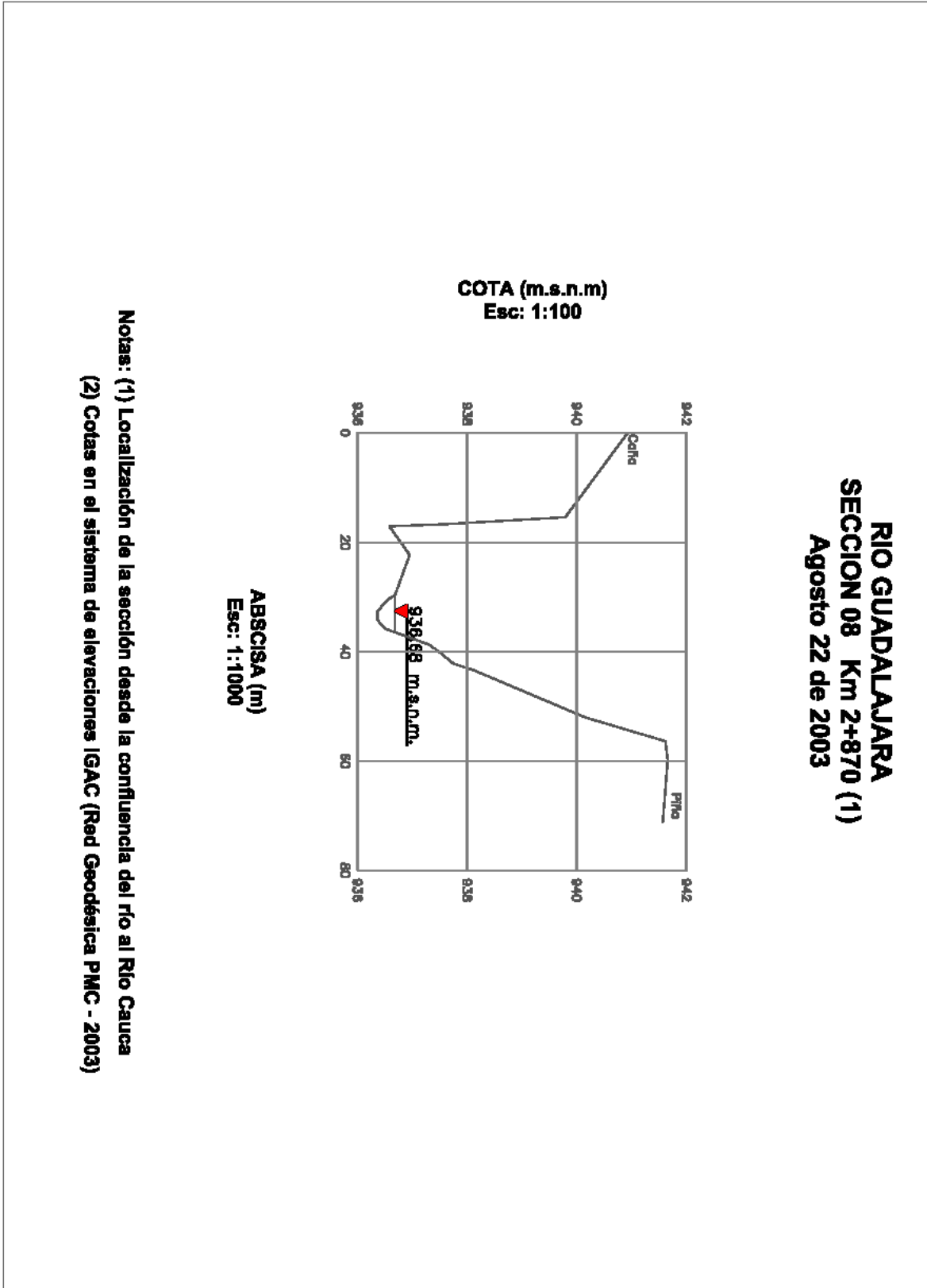
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



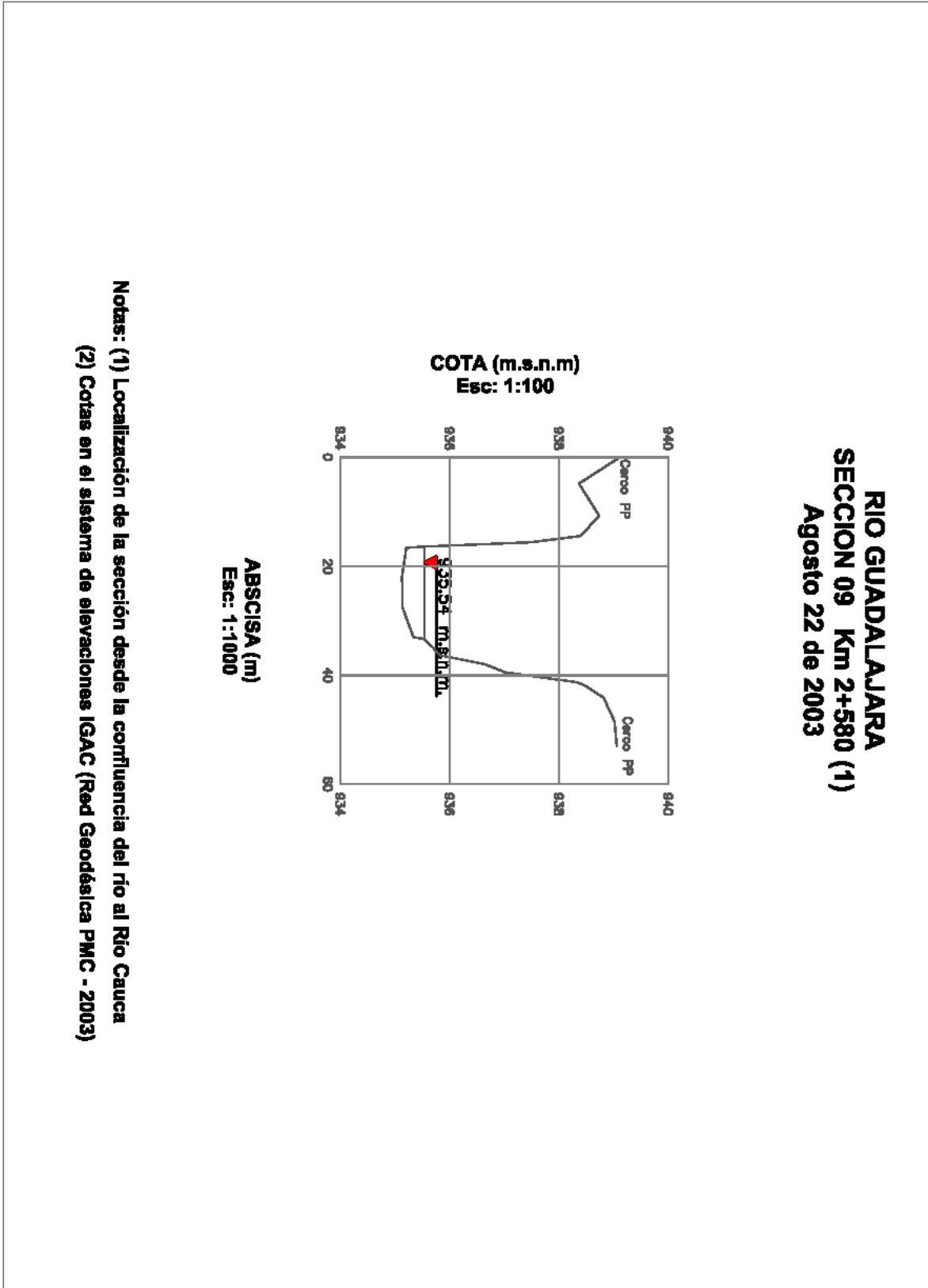
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

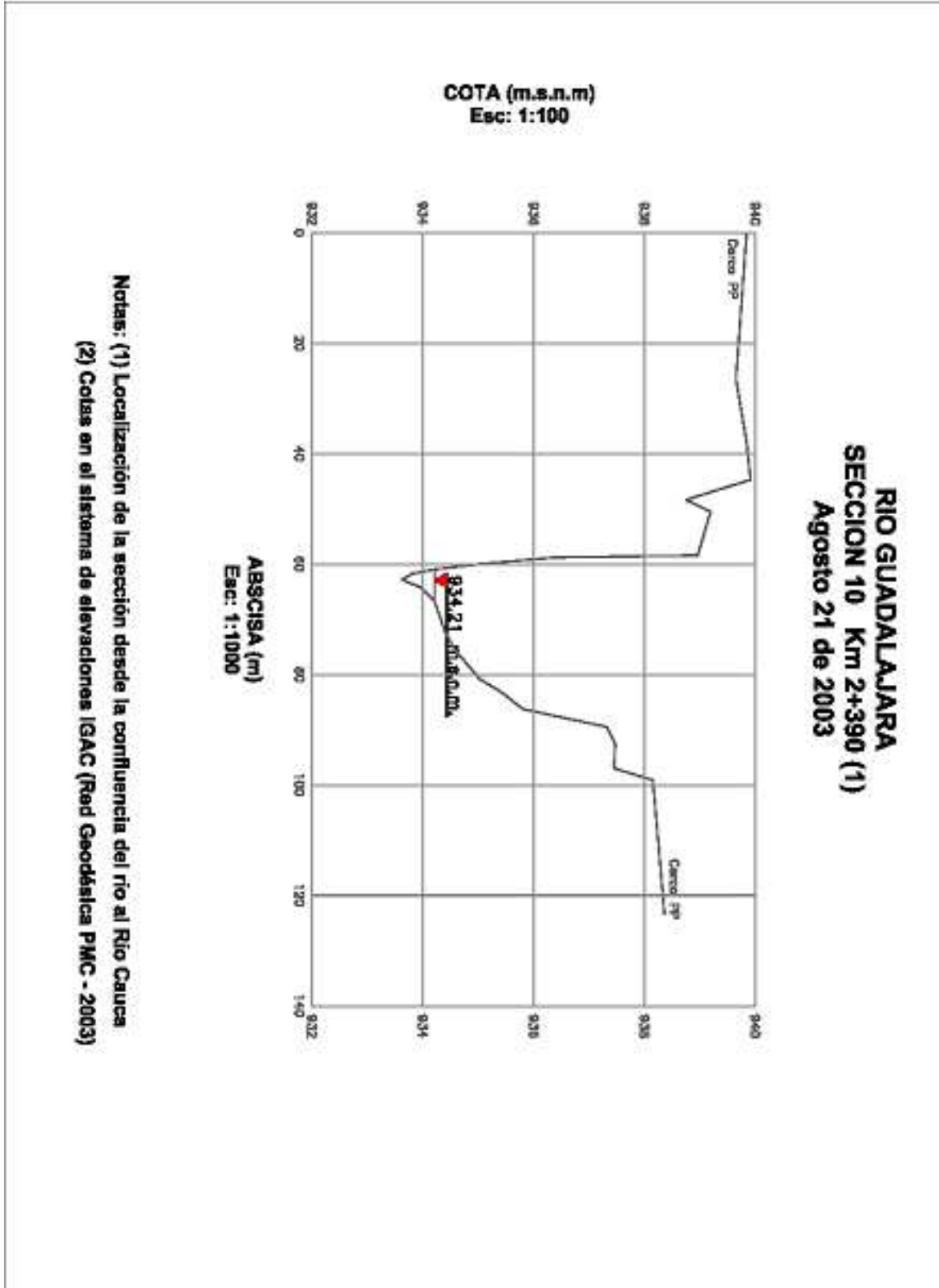
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



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)

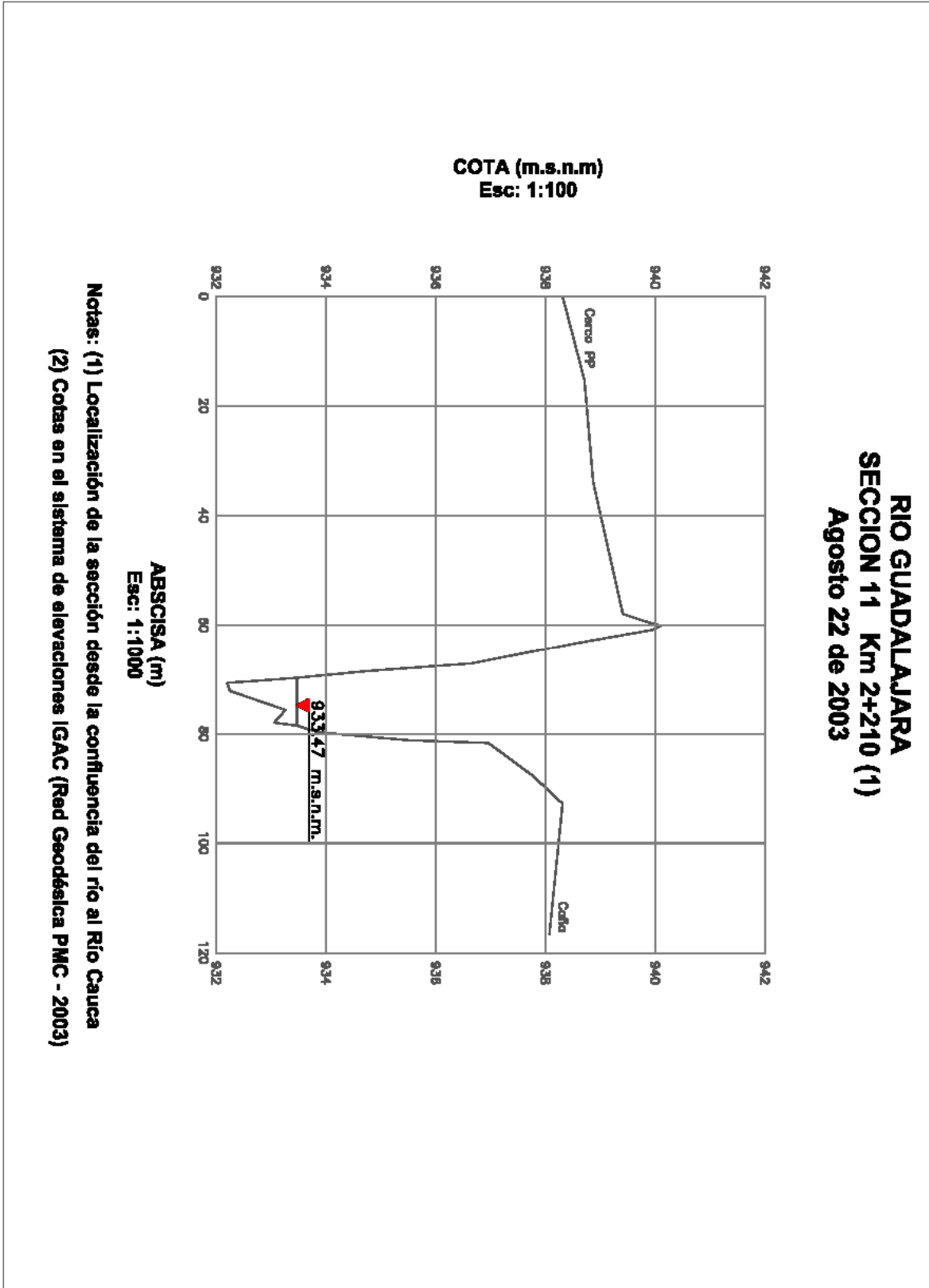
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



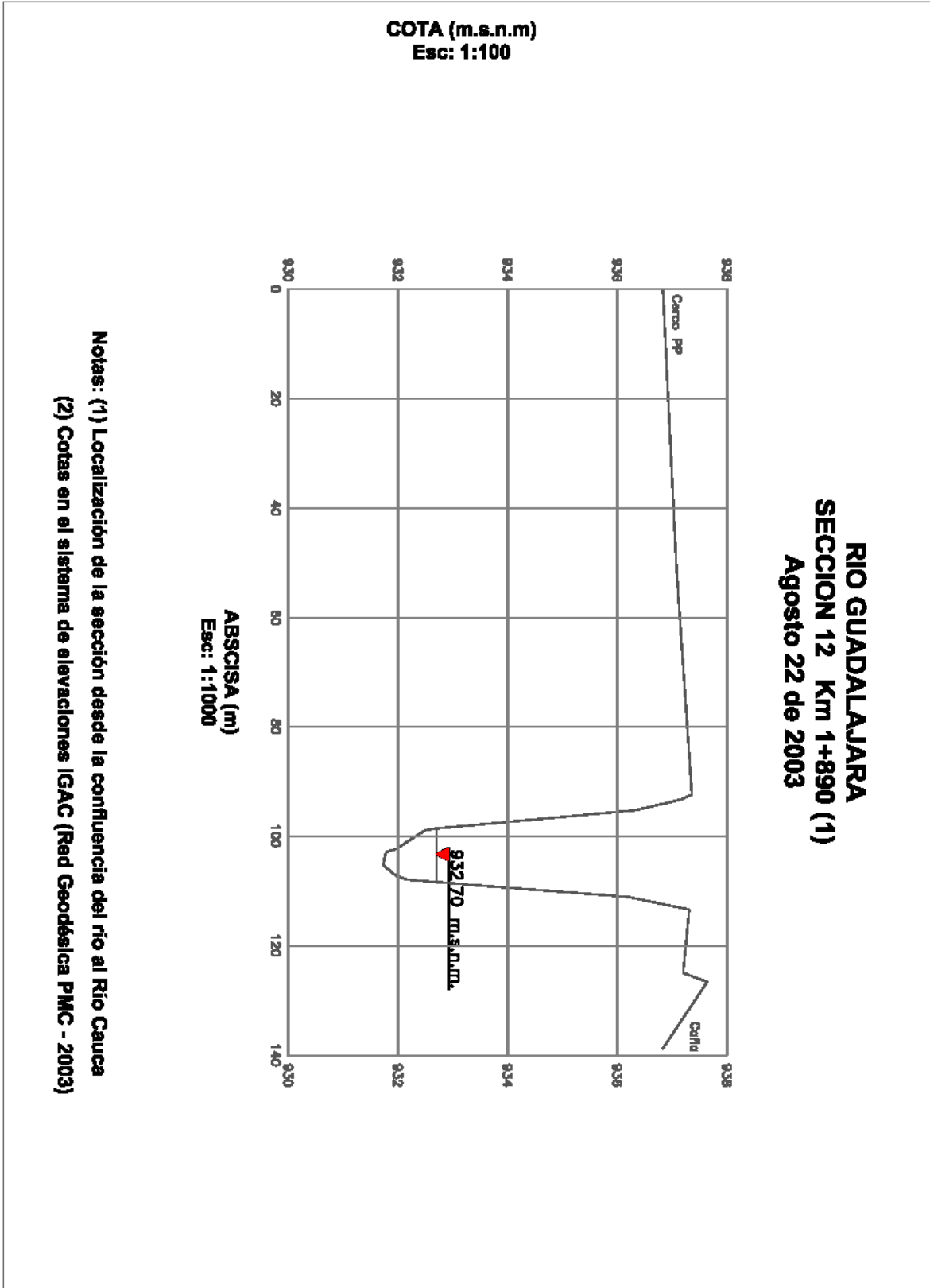
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



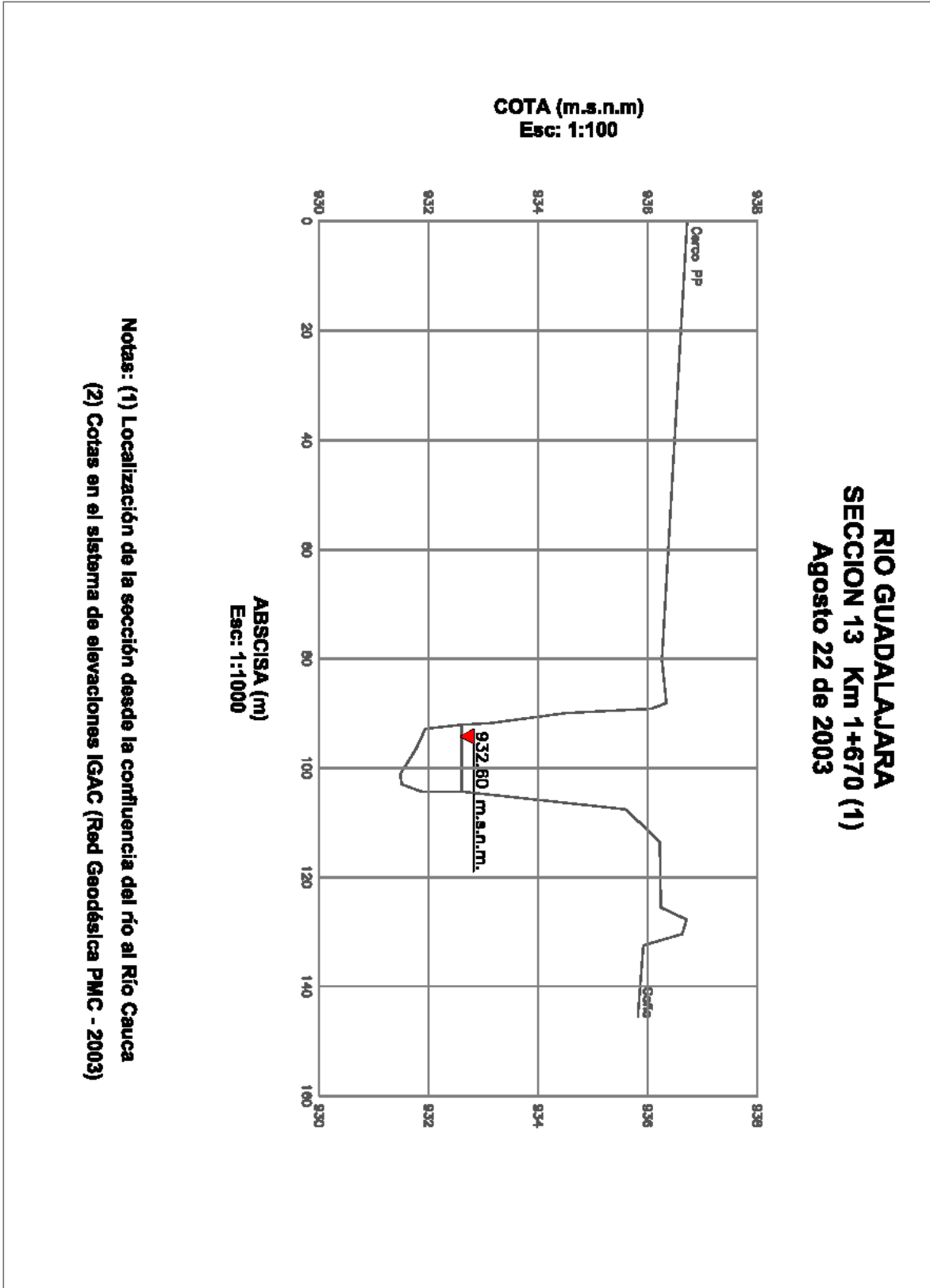
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



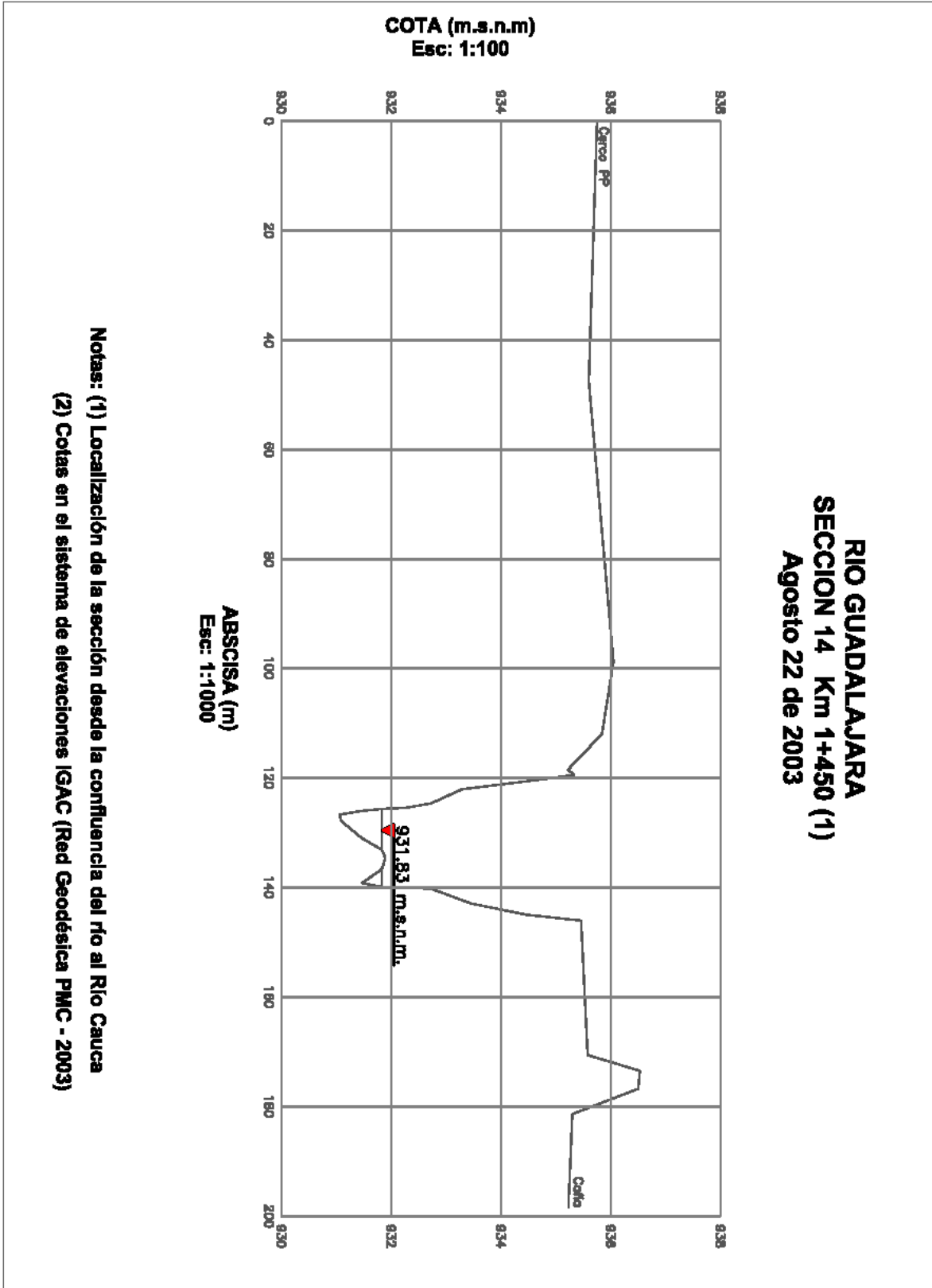
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



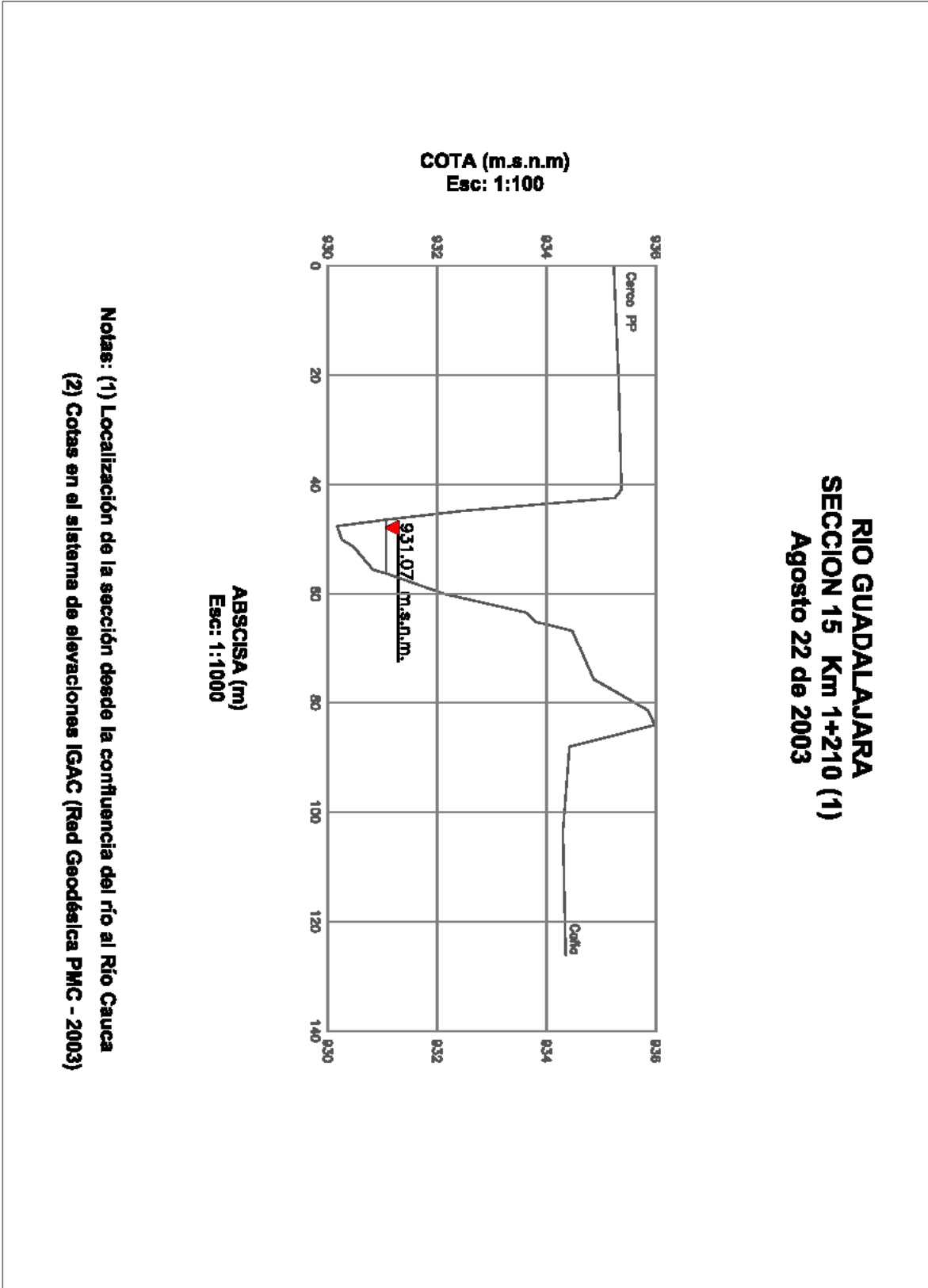
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



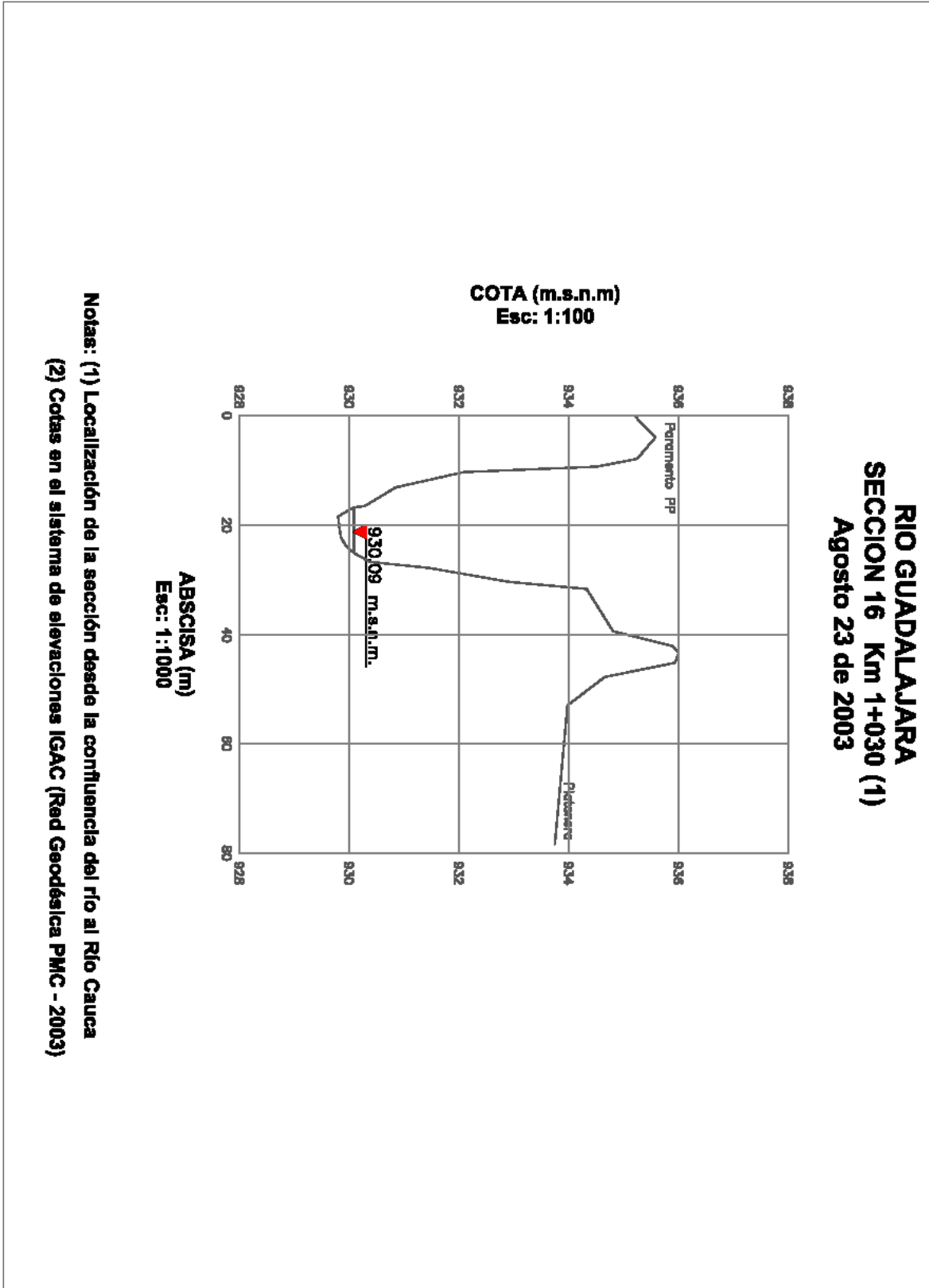
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



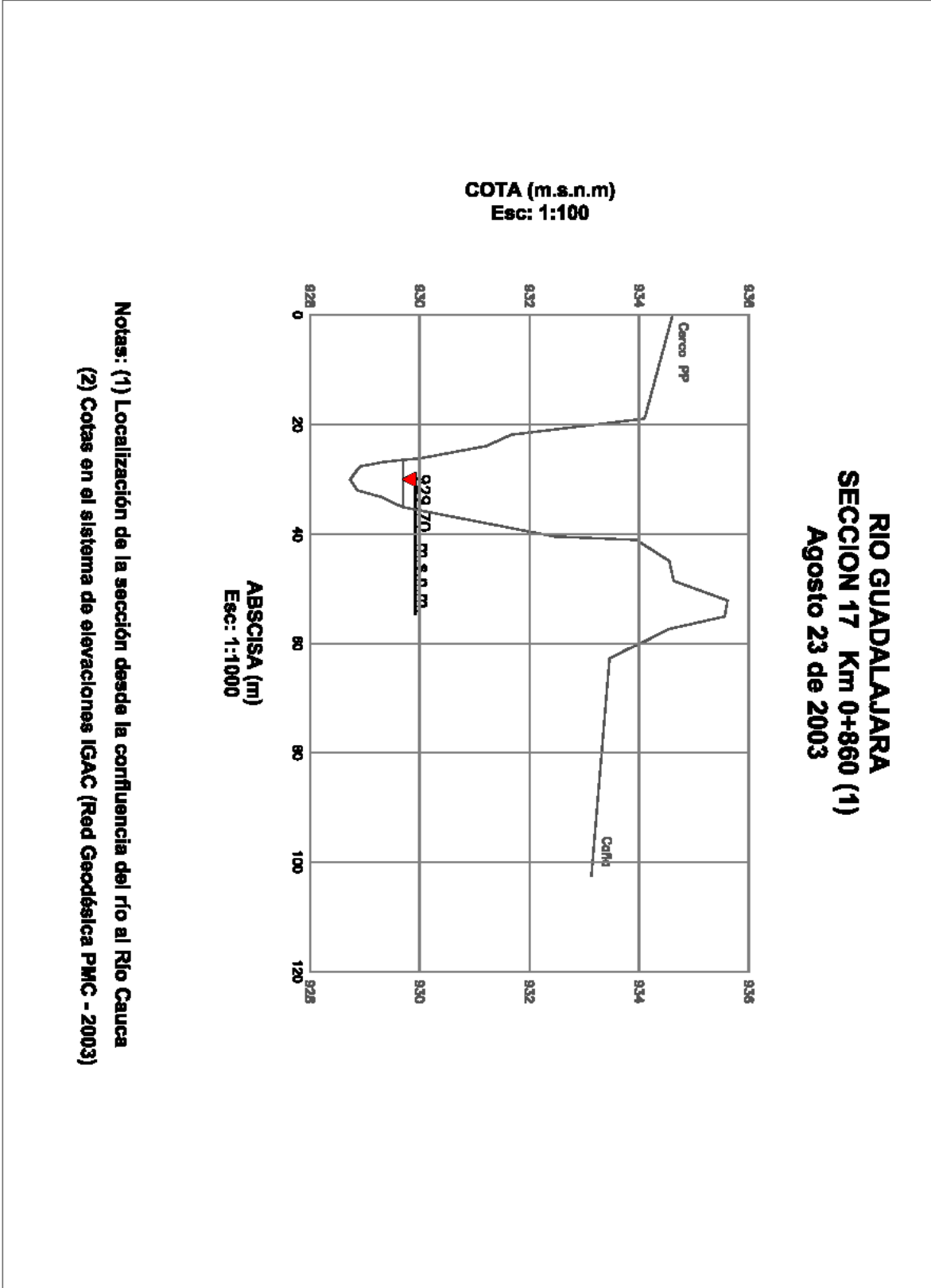
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



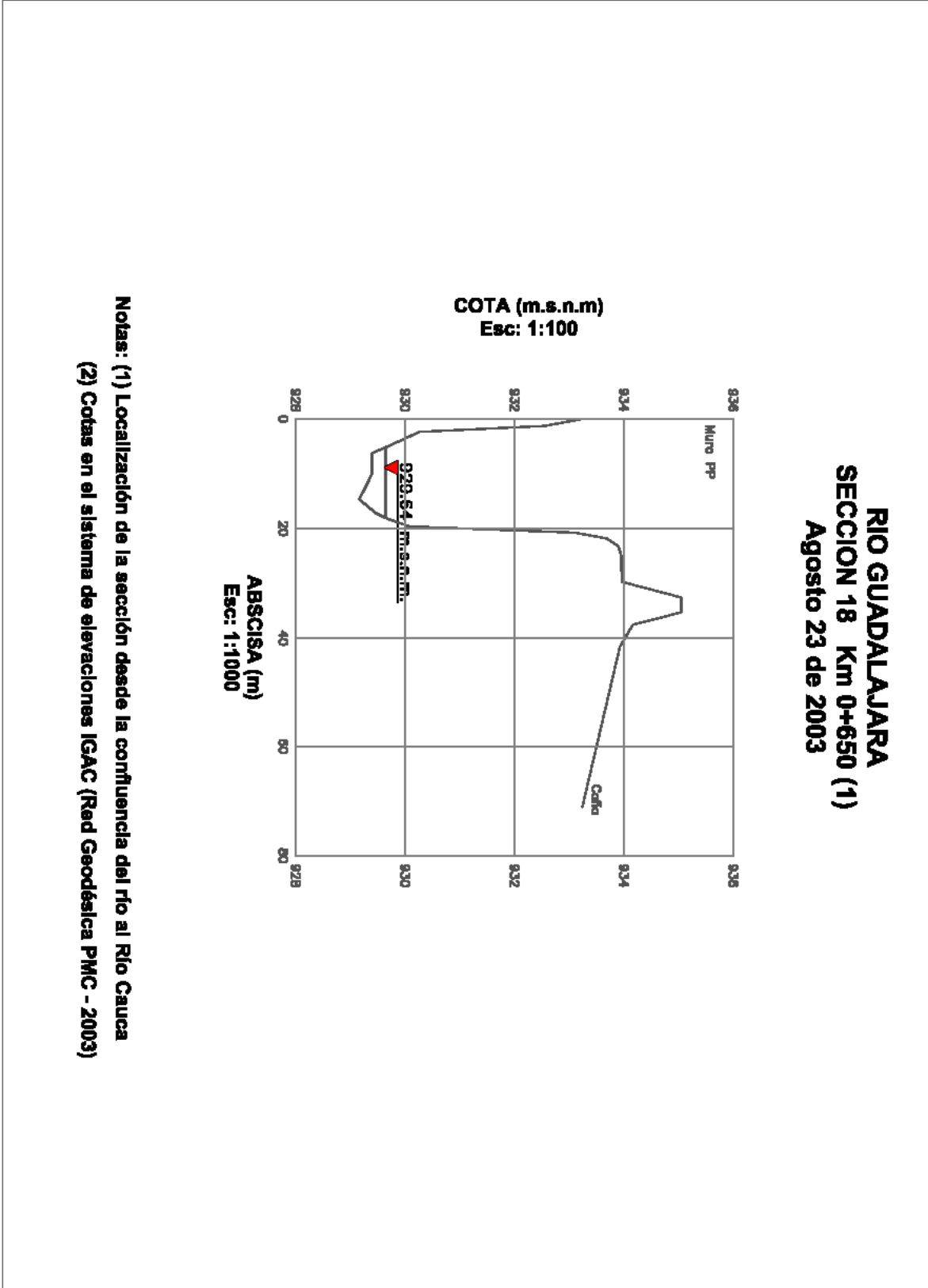
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



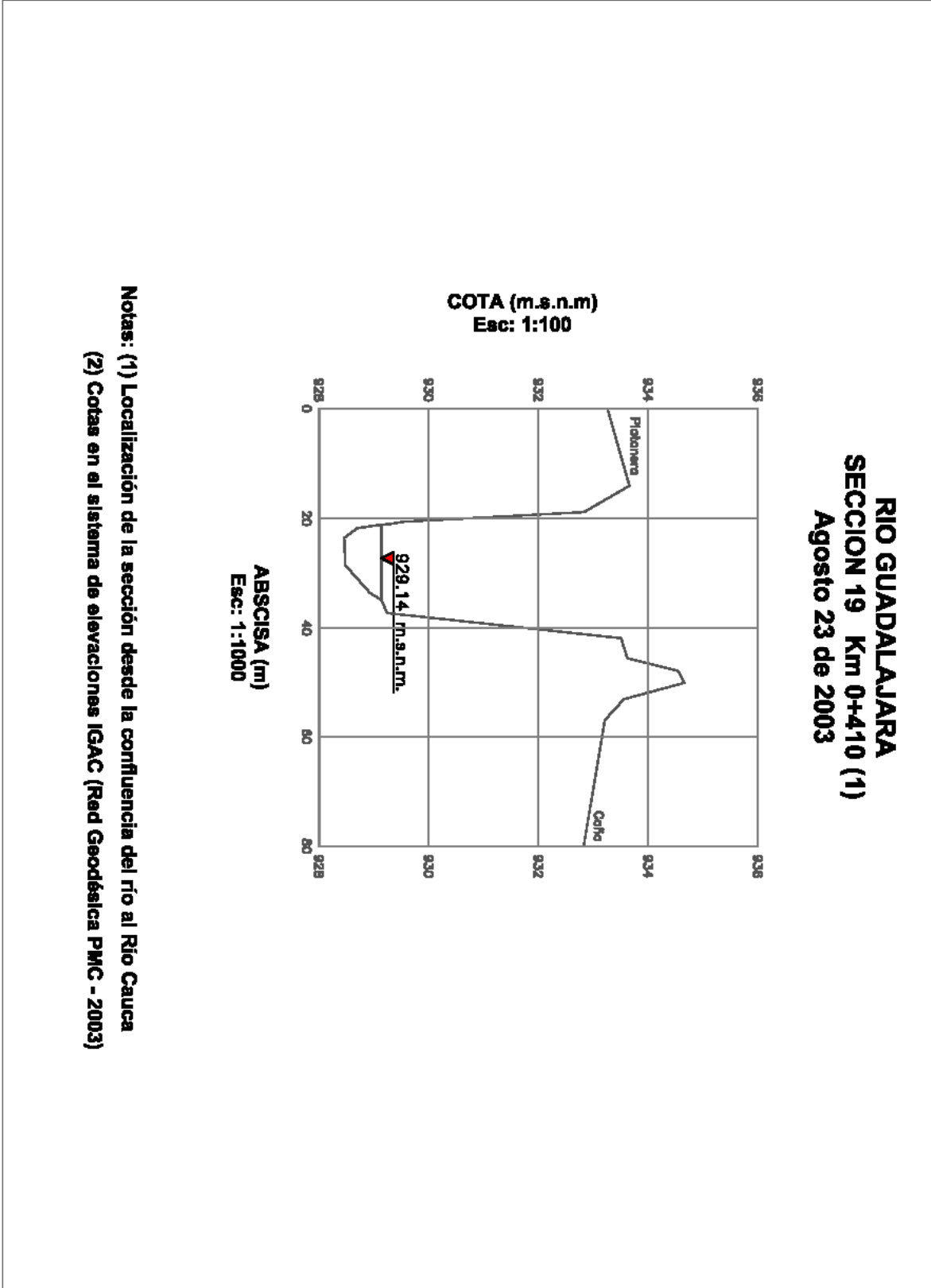
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



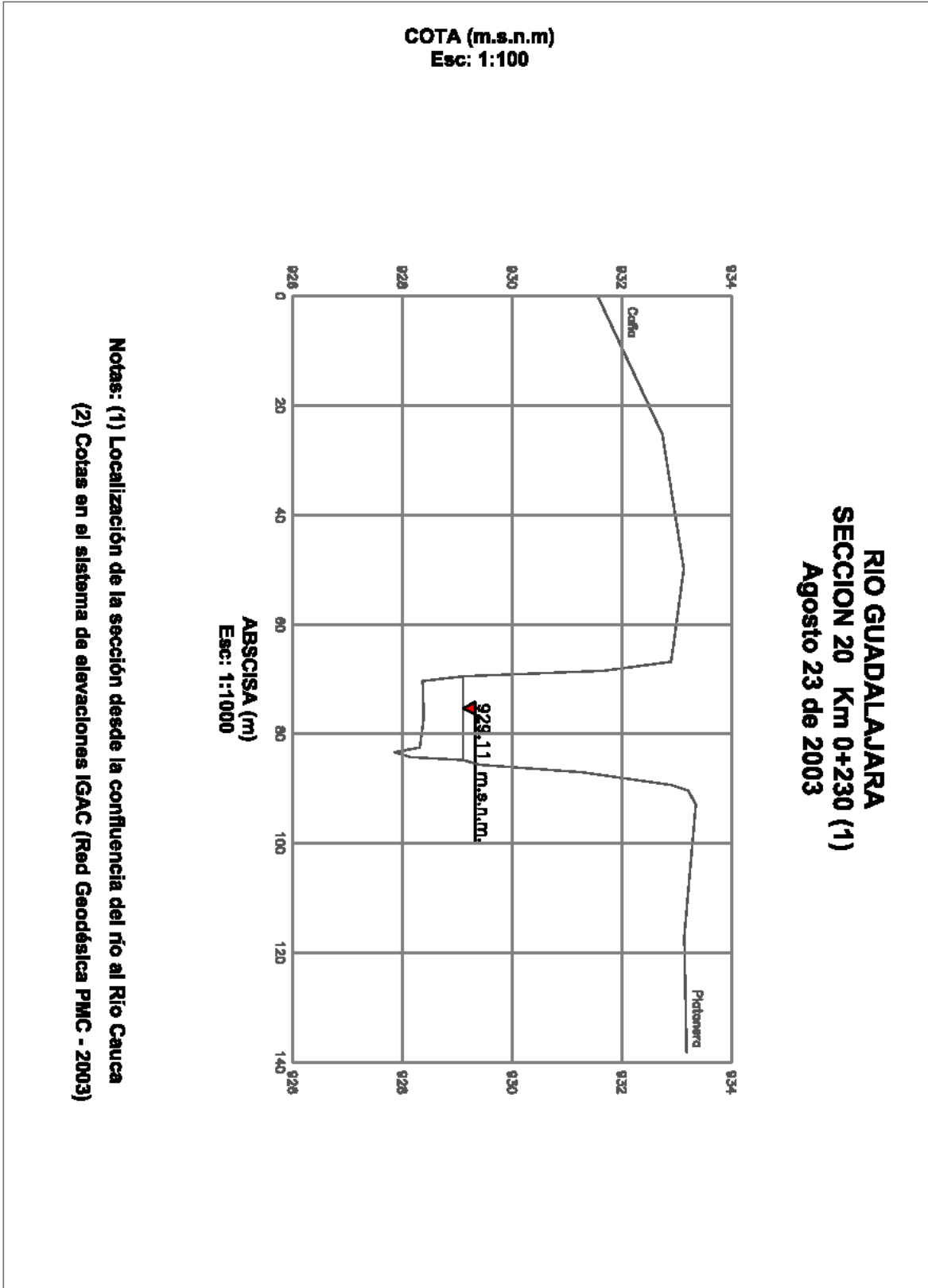
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



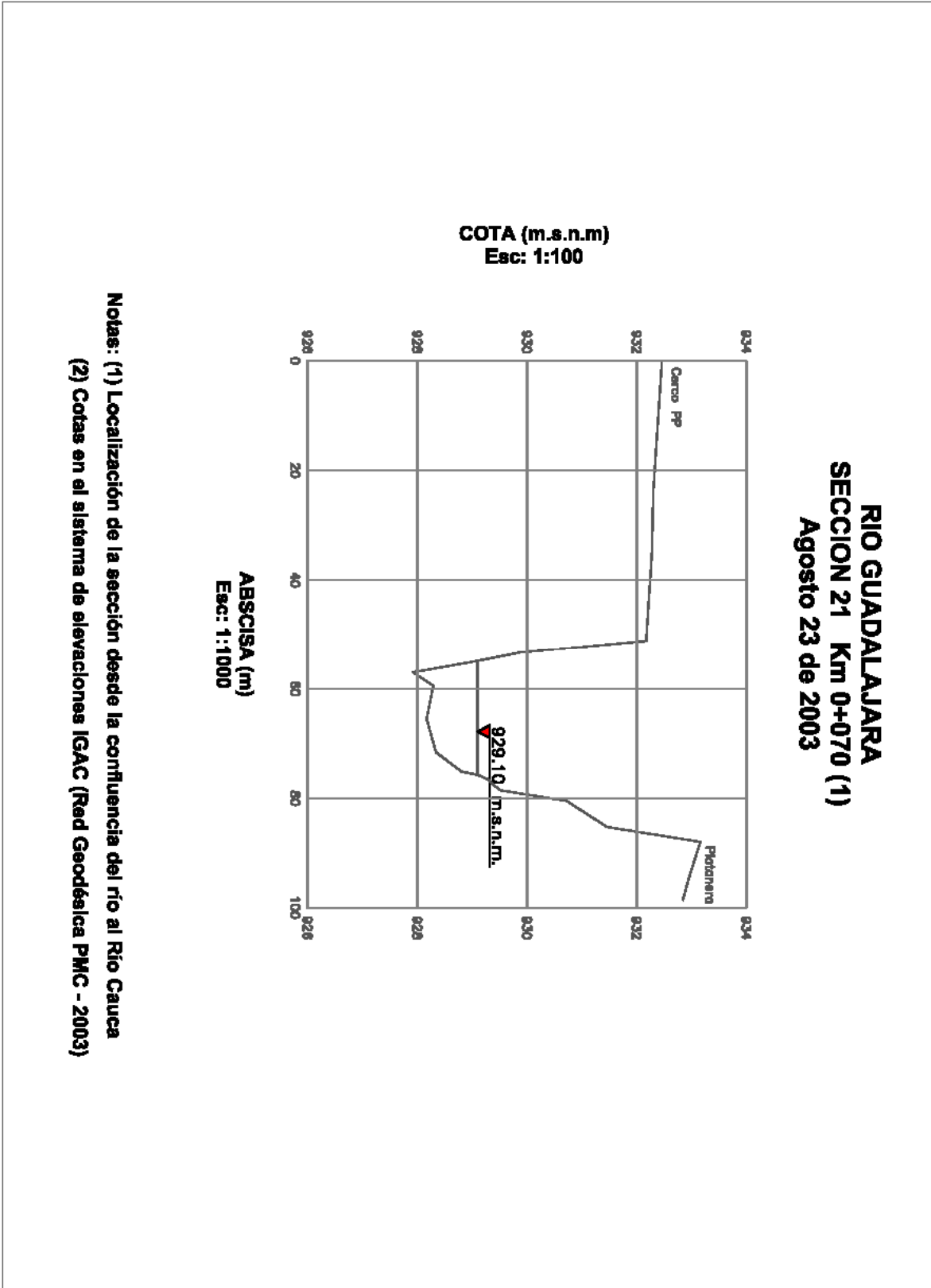
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

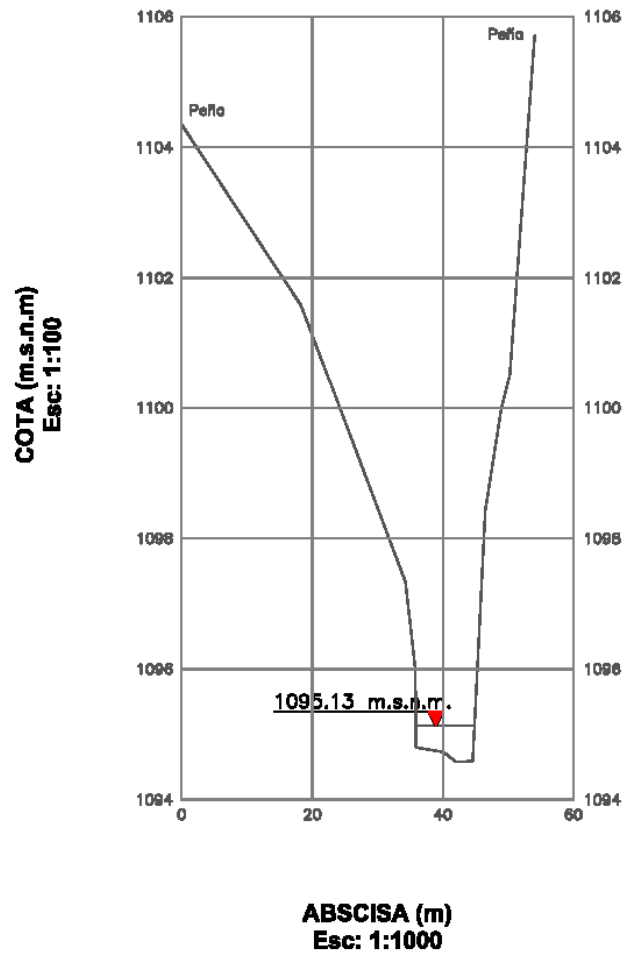
Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión



CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

**RIO GUADALAJARA
ESTACION HIDROMETRICA PUENTE NEGRO
SECCION 22
Agosto 23 de 2003**



Notas: COORDENADAS Y ELEVACIONES ARBITRARIAS.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

HIDRÁULICA

ANEXO 8.2

Ubicación de los tramos correspondientes a las secciones transversales realizadas por CVC en 1997

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

HIDRÁULICA

ANEXO 8.3

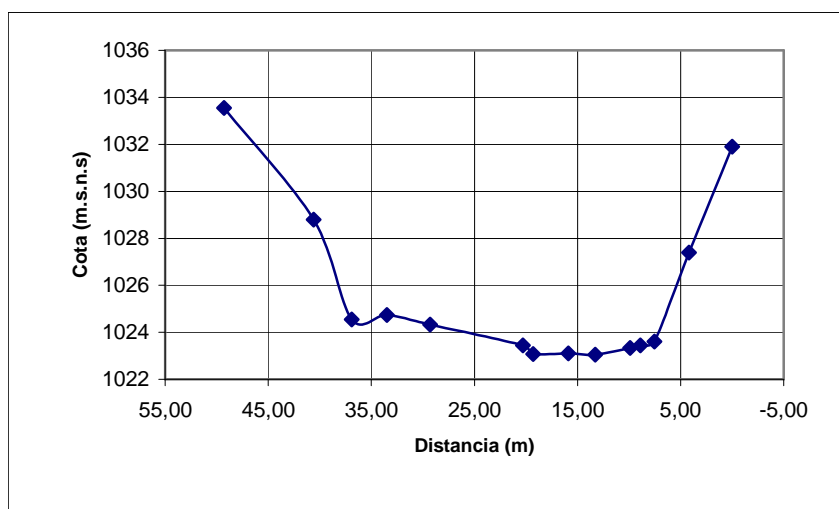
**Secciones transversales de Rio Guadalajara realizadas
en 1997 por la CVC**

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

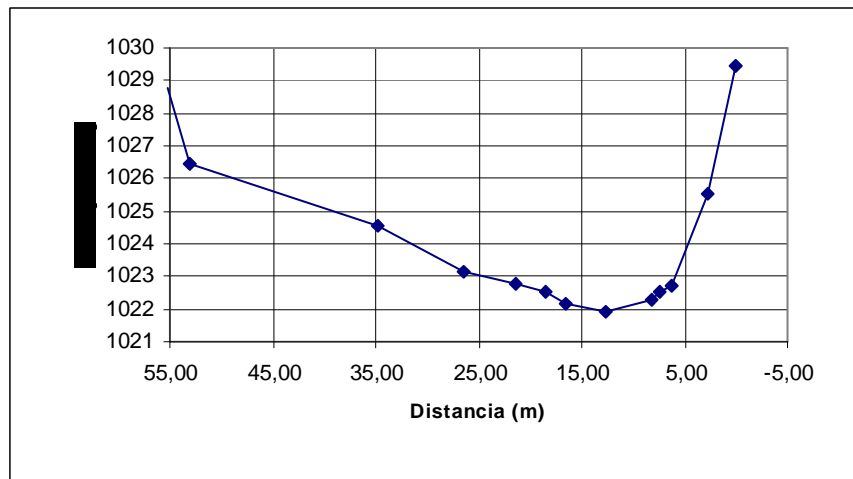


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

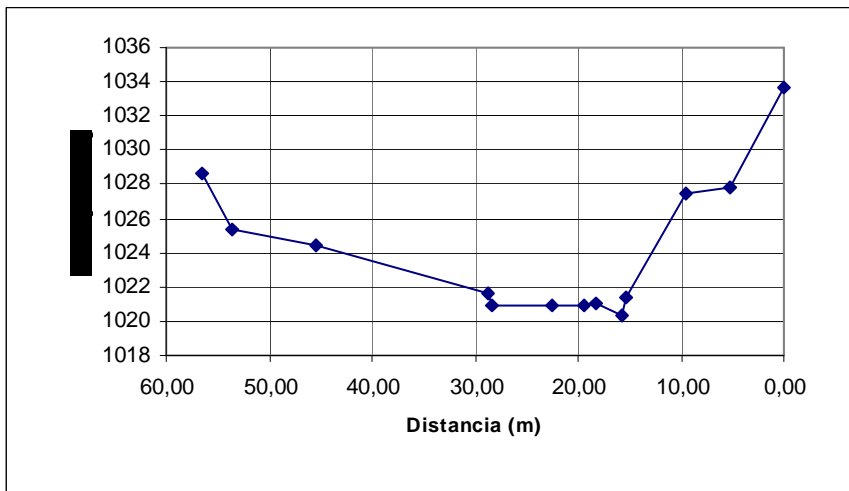


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

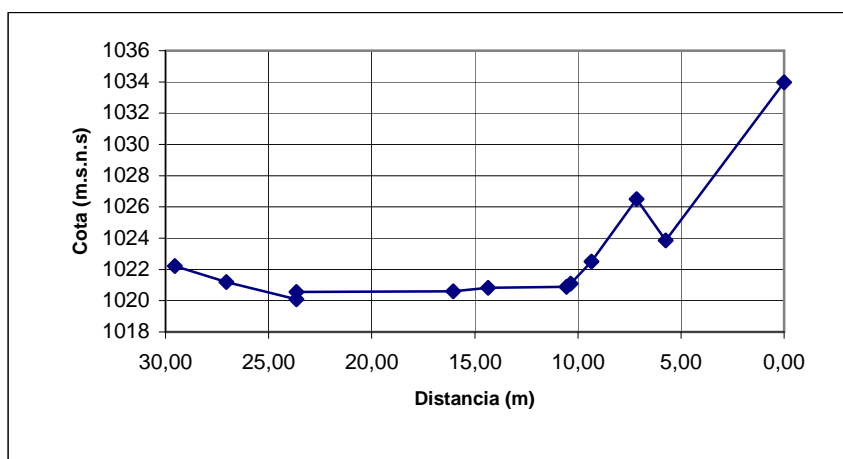


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

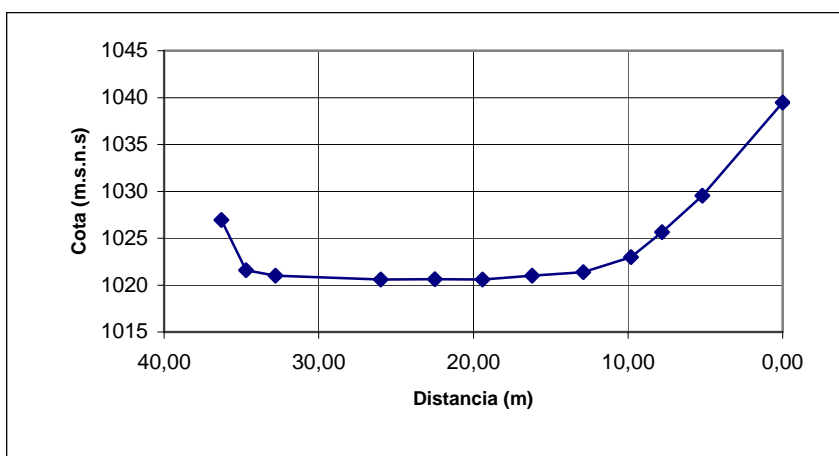


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

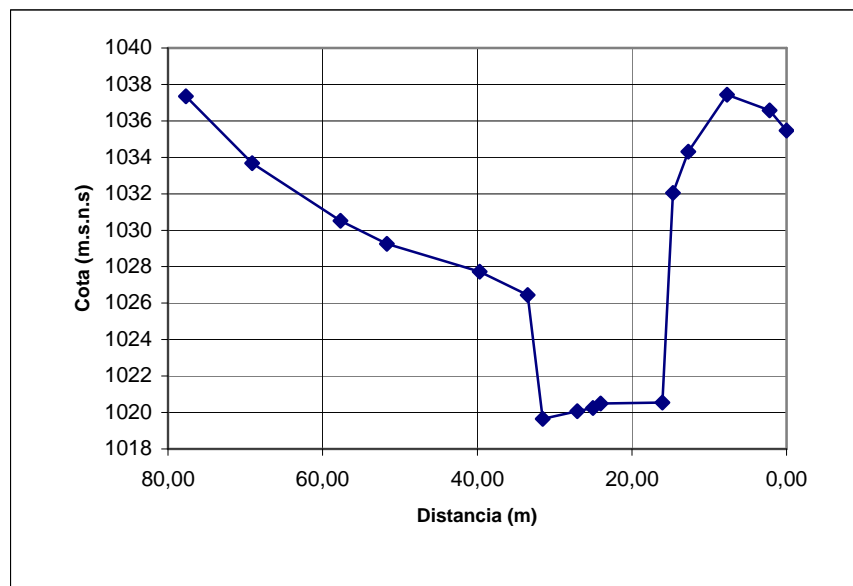


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 6 - ABCISIA 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

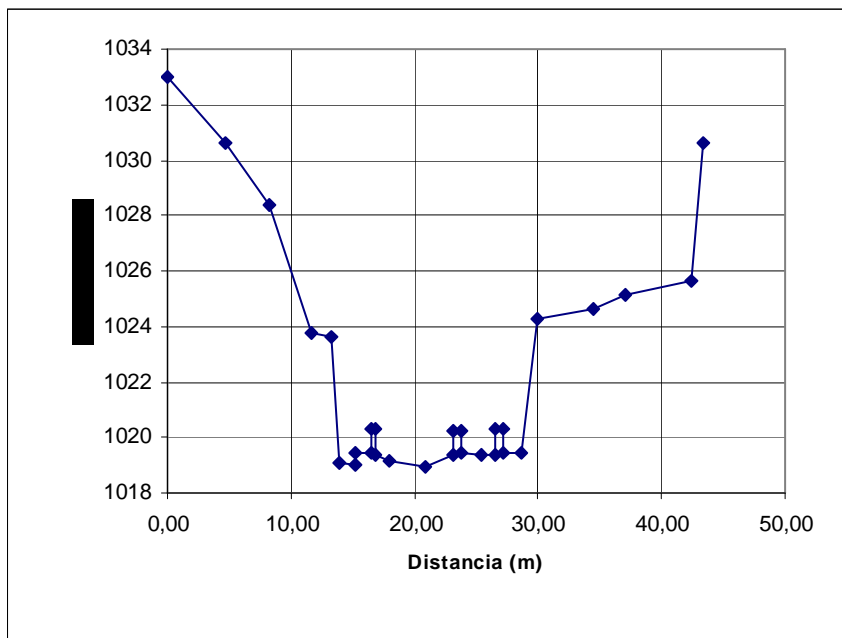


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 7 - ABSCISA 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

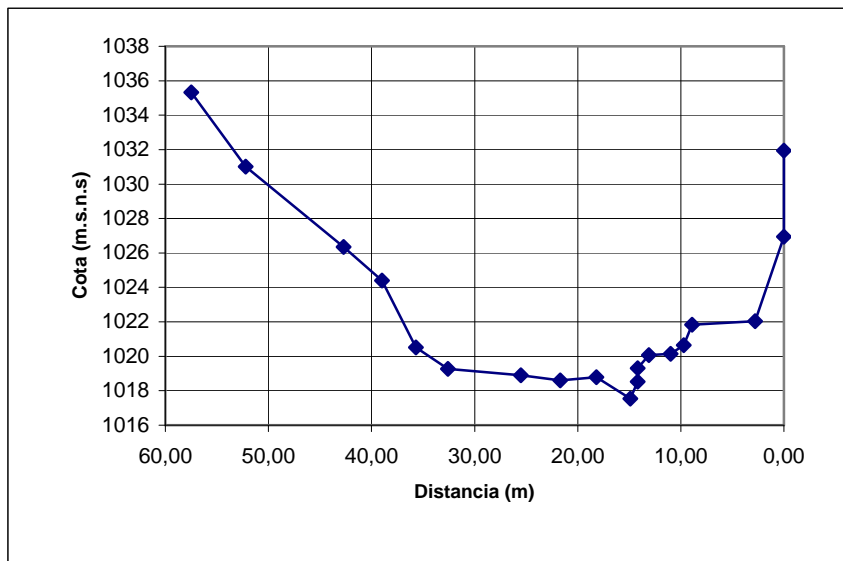


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 8 - ABCISIA 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

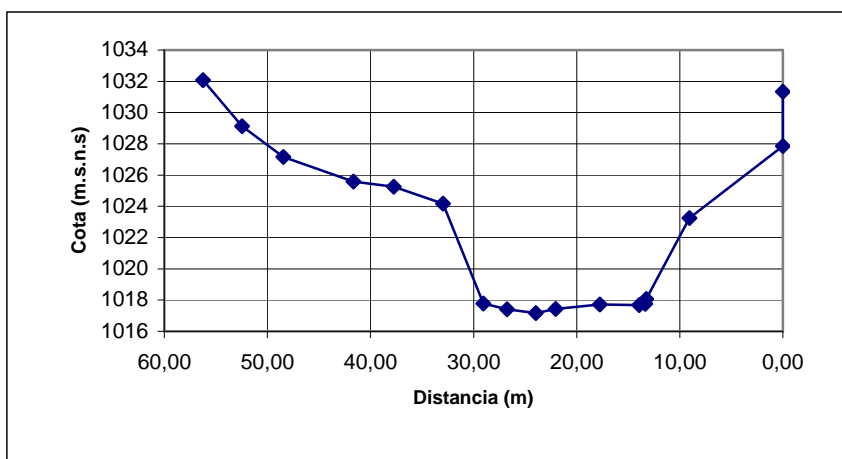


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

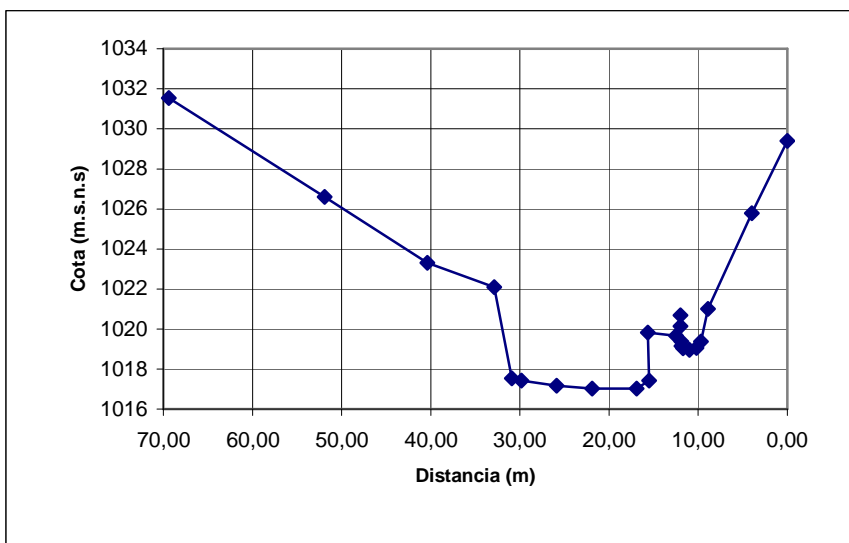


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 10 - ABCISIA 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

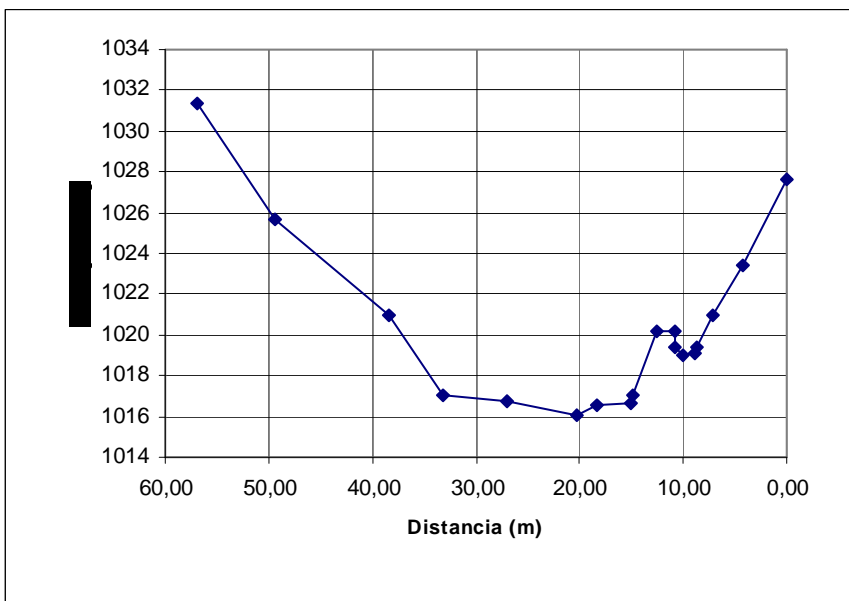


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

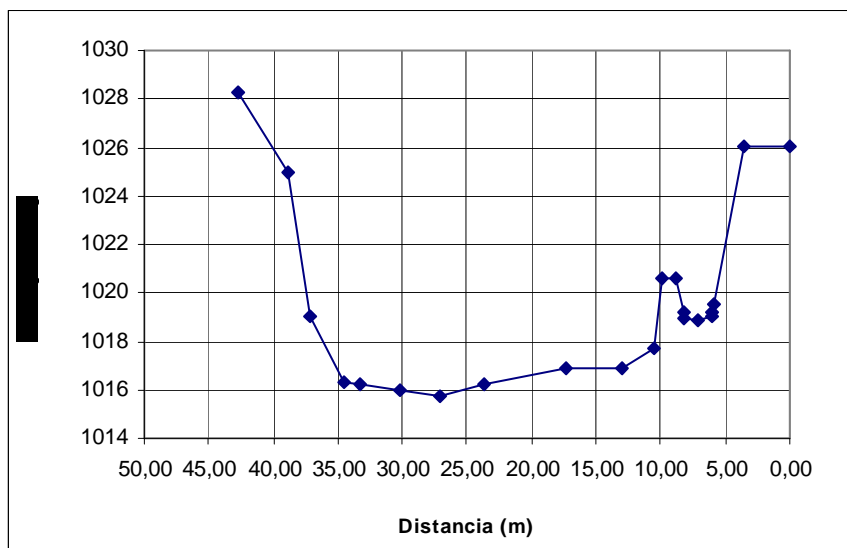


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

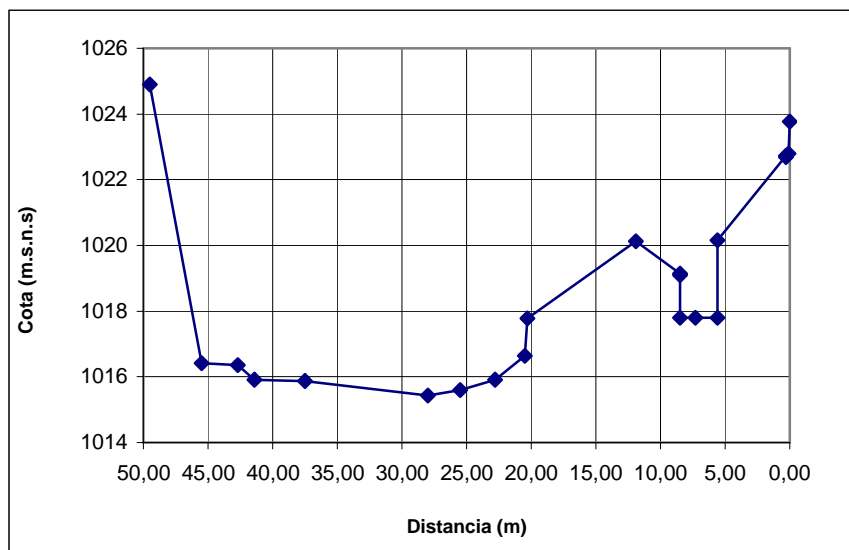


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

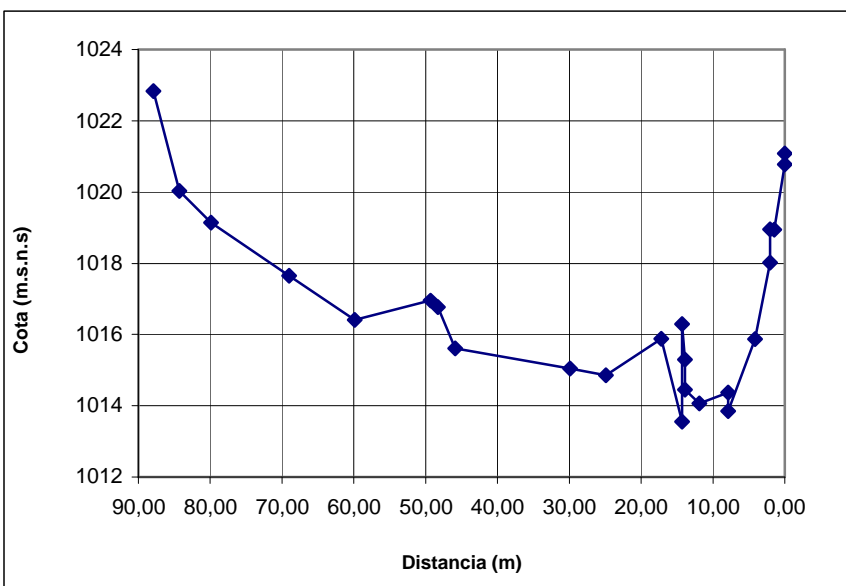


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

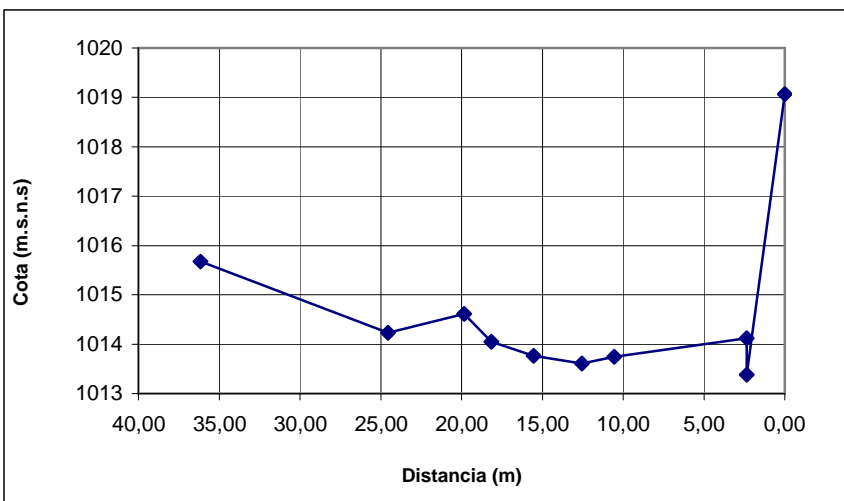


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 15 - ABCISA 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

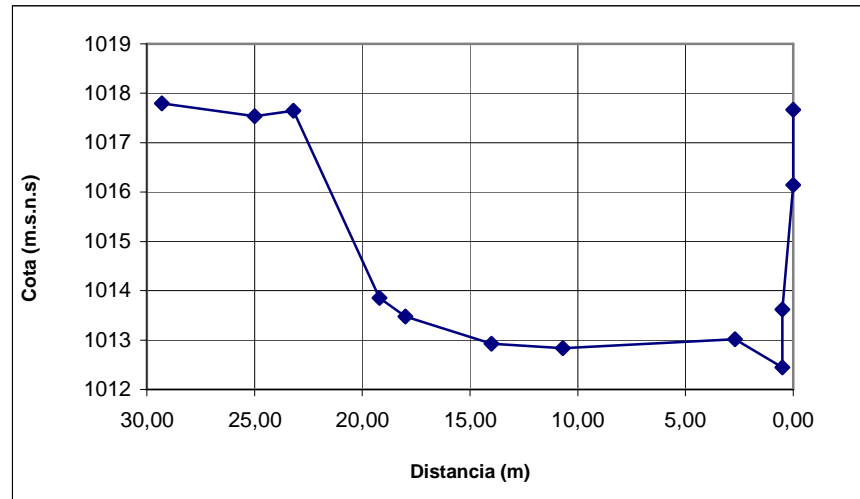


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 16 - ABSCISA K0 + 560,000 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

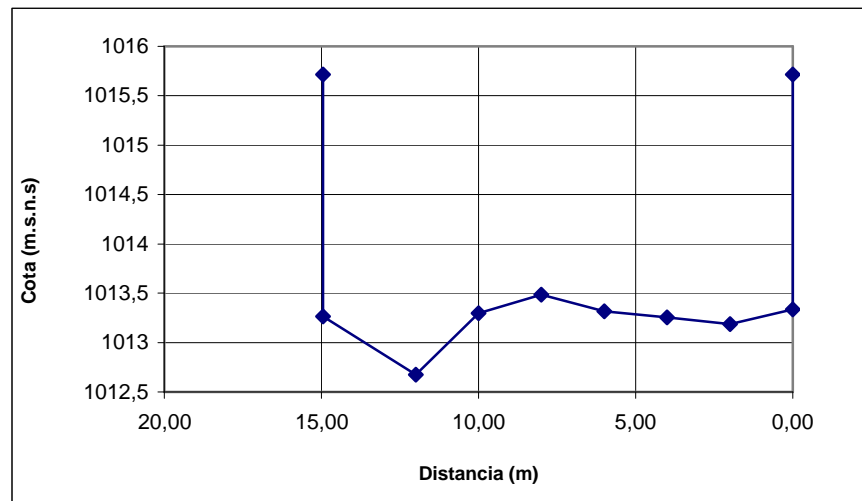


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 17 - ABCISIA K0 + 569,325 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

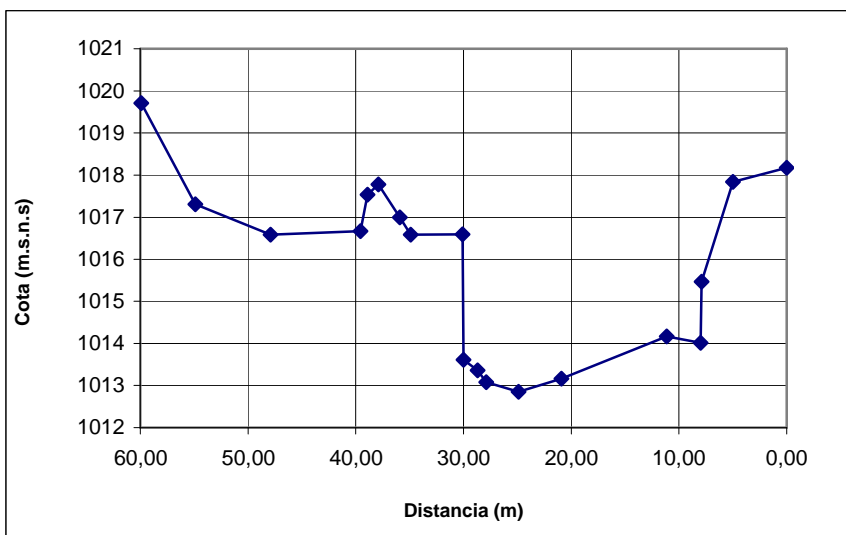


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

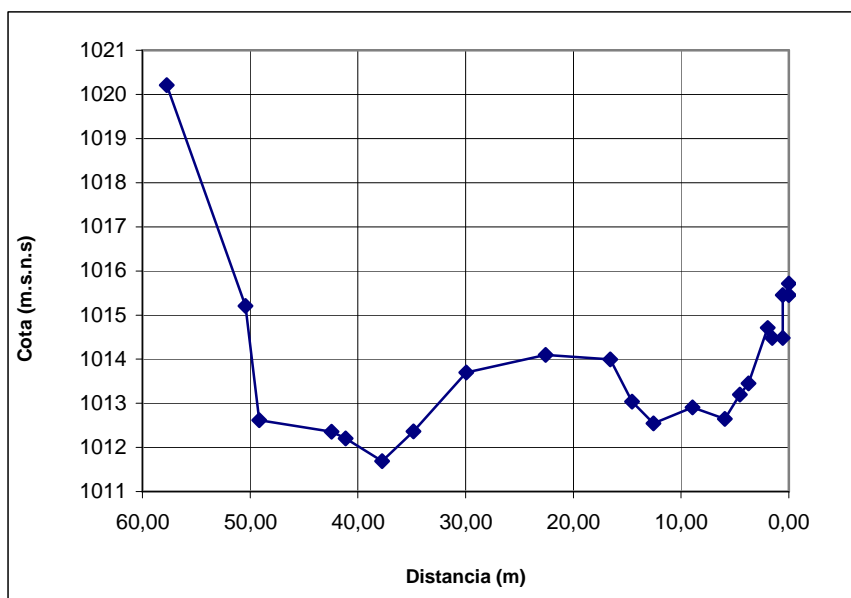


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 19 - ABCISIA 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

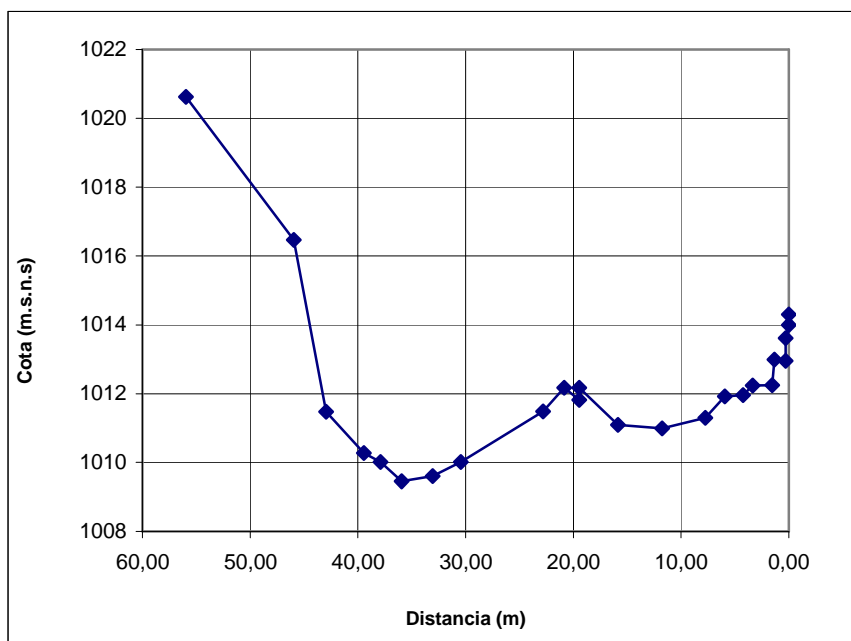


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 20 - ABCISA 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

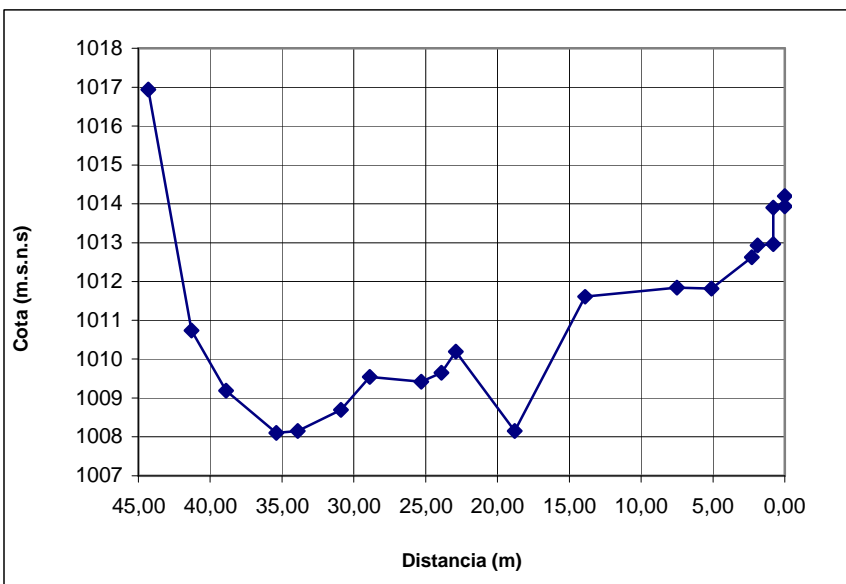


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

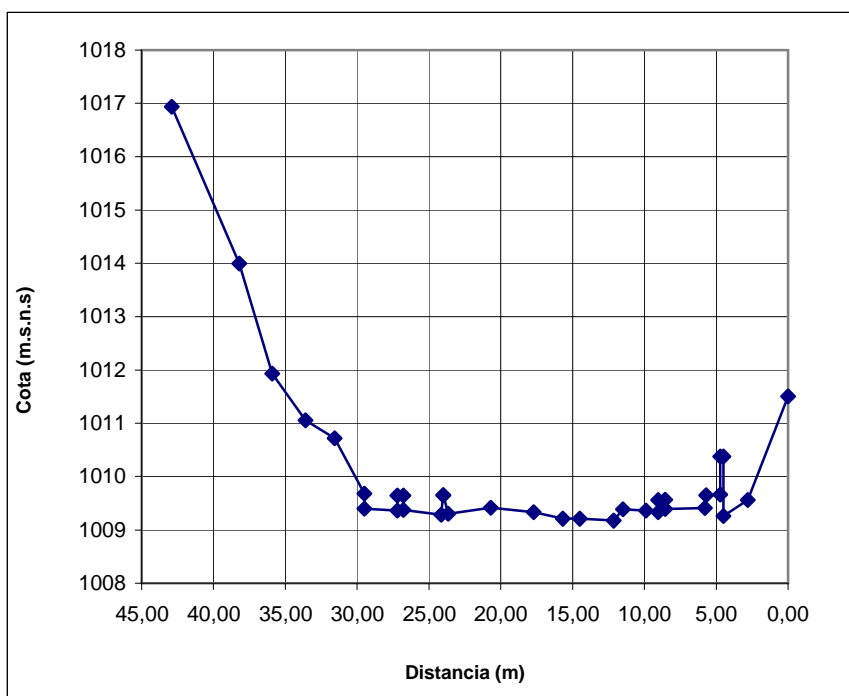


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 22 - ABCISA 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

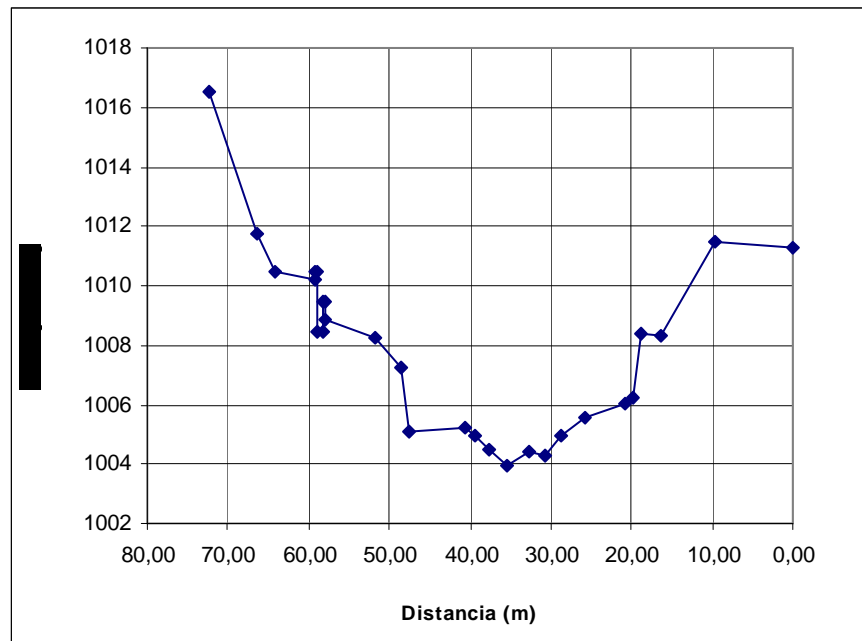


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 23 - ABCSISA 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

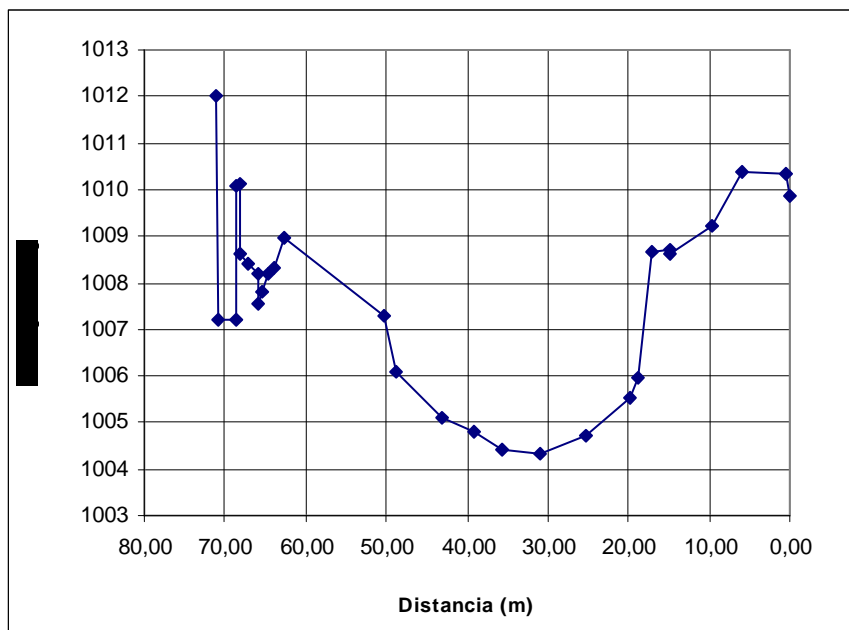


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 24 - ABCISA 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

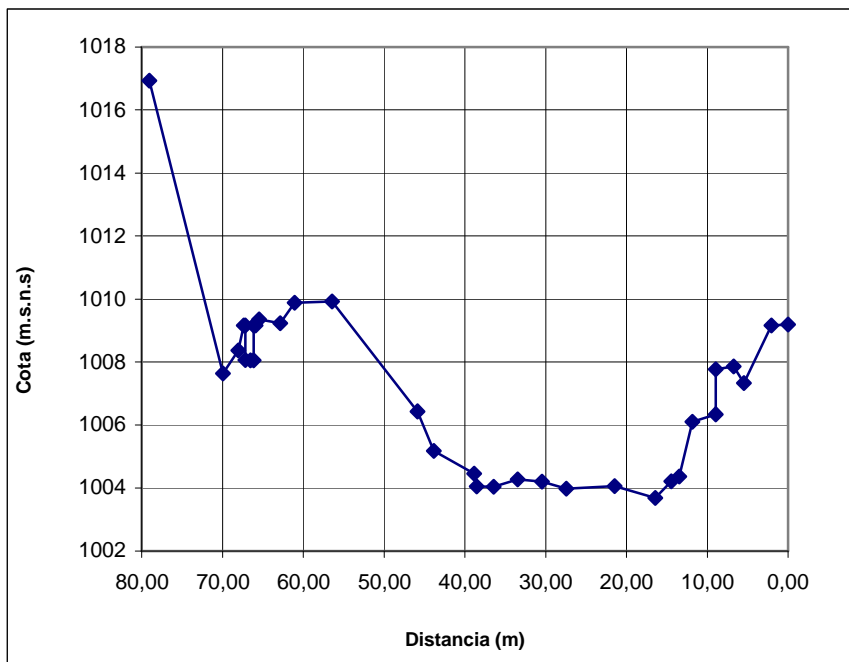


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 25 - ABCSISA 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

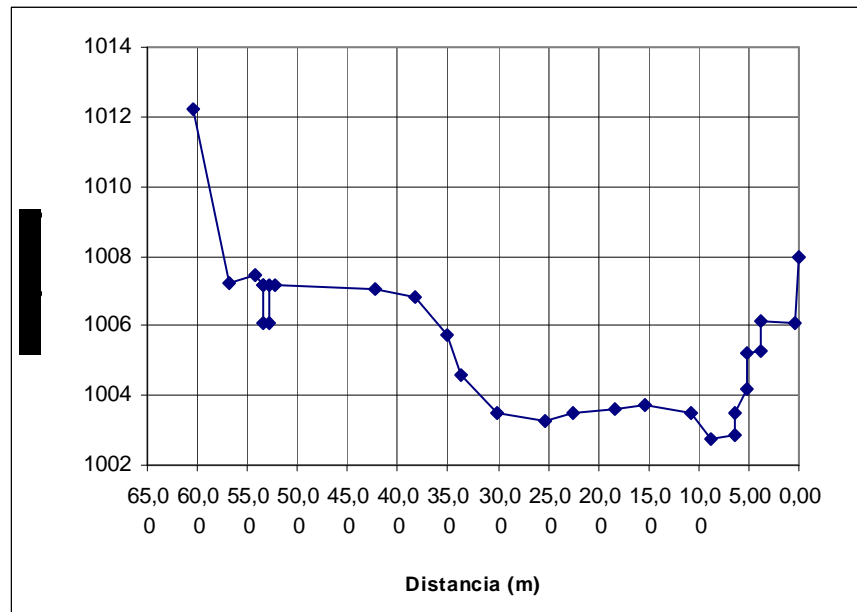


CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

SECCIÓN 26 - ABCISIA 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



CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

HIDRÁULICA

ANEXO 8.4

**Aforos líquidos en el municipio de Buga
(Fuente: CVC)**

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A8.4.1. 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A8.4.1. Afors 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A8.4.1. Afors 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A8.4.1. Afors 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A8.4.1. Afors 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A8.4.1. Afors líquidos en el municipio de Guadalajara de Buga (Fuente:CVC). Cont.

FUENTE	SITIO AFORO	FECHA	HORA	Q (m3/seg)
RIO GUADALAJARA	200 MTS 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 M ANTES DE TOMA CANAL PRINC	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
RIO GUADALAJARA	PUENTE ARRIBA DE BOMBEROS	18/07/1985	00:00	0.72
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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

HIDRÁULICA

ANEXO 8.5

Metodología utilizada para determinar los mapas de amenaza

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

Frecuencia	Nivel de Frecuencia de la Inundación
$Tr \leq 10$ Años	Alto
$10 \text{ Años} < Tr \leq 25$ Años	Medio
$25 \text{ Años} < Tr \leq 100$ Años	Bajo

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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

Intensidad o Magnitud de la Inundación Profundidad (H) (m) Profundidad por Velocidad del Flujo (H*V (m²/s))	Nivel de Intensidad o Magnitud de la Inundación
$H \geq 0,80$ 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

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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		
			Alta	Media
Nivel de Intensidad	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
Frecuencia de la Inundación		Alta $Tr \leq 10$	Media $10 < Tr \leq 25$	Baja $25 < Tr \leq 100$

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Tabla A8.5. 4. Niveles de Amenaza

Profundidad (m)	Nivel de Intensidad	Periodo de Retorno (años)	Nivel de Frecuencia	Nivel de Amenaza
$H \geq 0,80$ m ó $H*V \geq 1,20$ m ² /s	Alta	$Tr \leq 10$	Alta	Alta
$H \geq 0,80$ m ó $H*V \geq 1,20$ m ² /s	Alta	$10 < Tr \leq 25$	Media	Alta
$H \geq 0,80$ m ó $H*V \geq 1,20$ m ² /s	Alta	$25 < Tr \leq 100$	Baja	Media
$0,40$ m $\leq H < 0,80$ m ó $0,40$ m ² /s $\leq H*V < 1,20$ m ² /s	Media	$Tr \leq 10$	Alta	Alta
$0,40$ m $\leq H < 0,80$ m ó $0,40$ m ² /s $\leq H*V < 1,20$ m ² /s	Media	$10 < Tr \leq 25$	Media	Media
$0,40$ m $\leq H < 0,80$ m ó $0,40$ m ² /s $\leq H*V < 1,20$ m ² /s	Media	$25 < Tr \leq 100$	Baja	Baja
$H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40$ m ² /s	Baja	$Tr \leq 10$	Alta	Media
$H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40$ m ² /s	Baja	$10 < Tr \leq 25$	Media	Baja
$H < 0,40$ ó $H*V \leq 0,40$ m ² /s	Baja	$25 < Tr \leq 100$	Baja	Baja

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

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.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008

Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión

Matriz para la determinación del grado de Amenaza por Crecientes Torrenciales

Umbrales de Profundidad	H=	0.20 m
	H=	0.40 m
Umbrales de Velocidad	V=	0.80 m/s
	V=	1.20 m/s
Umbrales de frecuencia	Tr=	10 años
	Tr=	25 años
	Tr=	100 años

		Nivel de Amenaza		
		Nivel de Intensidad	Alta $H \geq 0,40 \text{ m} \text{ ó } H*V \geq 0.48 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta
Media $0,20 \text{ m} \leq H < 0,40 \text{ m} \text{ ó } 0,16 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 0.48 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta		Media	Baja
Baja $H < 0,20 \text{ m} \text{ ó } H*V \leq 0,16 \text{ m}^2/\text{s}$	Media		Baja	Baja
Frecuencia de la Inundación		Alta $Tr \leq 10$	Media $10 < Tr \leq 25$	Baja $25 < Tr \leq 100$