



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



1. INTRODUCCIÓN

La Central de Abastos de Bucaramanga S.A., es el principal operador logístico para la comercialización de productos agroalimentarios y agroindustriales del Nororiente Colombiano, siendo la tercer Central de abasto con mayores volúmenes comercializados de Colombia. Centroabastos S.A. es un importante eje de conexión del campo con la ciudad en el Departamento de Santander desde hace 32 años, contando con alrededor de 1300 establecimientos comerciales en sus 26 hectáreas, comercializando 3300 toneladas de productos con visitas de entre 13000 y 15000 personas por día de mercado, generando 27000 empleos entre directos e indirectos, por lo cual es una empresa cardinal en el desarrollo de la región.

En el sector de Centroabastos se habían instalado en el año 2006 muros en gavión de 3 m de altura cimentados sobre un dentellón de 4 m de profundidad; no obstante, la estructura ya fue socavada por el cauce y se ha presentado el colapso de varios tramos de muro en una longitud aproximada de 200 m.

La sede de la Empresa Centroabastos se localiza entre el anillo vial y el Río de Oro; no obstante, este importante afluente durante las últimas décadas ha visto un incremento sustancial en sus procesos de erosión lateral de cauce, por un desequilibrio en sus procesos naturales de transporte y depositación de sedimentos.

Este tipo de desequilibrios ha sido una constante en la mayoría de los cauces urbanos, debido en gran parte al endurecimiento de amplias extensiones urbanas localizadas en su área aferente, disminuyendo sustancialmente los tiempos de recorrido de los flujos de escorrentía y por tanto, aumentando los caudales pico concentrados en algunos puntos de descarga específicos, con lo cual, se incrementa significativamente la capacidad de arrastre de sólidos en el cauce durante periodos cortos de duración de altas precipitaciones y el volumen de sólidos depositados después de las crecientes.

En el sector existen factores antrópicos adicionales concernientes a la extracción minera en el Río de Oro, con varias licencias aguas abajo de Centroabastos, que han causado una profundización del cauce a una escala difícilmente medible desde el área de la ingeniería, pero fácilmente observable en algunos sectores con obras de control de cauce, como es el caso de Centroabastos, cuya socavación supera los 4 m de profundidad en obras con aproximadamente 15 años de existencia y fue la causa del colapso de varios tramos de muro en gavión.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el Río de Oro hidrológica e hidráulicamente a la altura de Centroabastos S.A. con el objetivo de proyectar las obras que garanticen un adecuado control de cauce, mitigando la amenaza por fenómeno de inundación y frenando los procesos de erosión lateral de cauce.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los caudales de diseño del Río de Oro en el sector de interés, con base en los parámetros de las Normas Geotécnicas CDMB vigentes (Resolución No. 1294 de 2009).
- Realizar el análisis hidráulico del cauce y establecer los niveles máximos de la lámina de agua.
- Evaluar la socavación máxima en el sector objeto de estudio.
- Proyectar las obras de control de cauce.
- Mediante el análisis de los resultados emitir las conclusiones correspondientes.

3. LOCALIZACIÓN



Figura 1 Localización del sector de estudio



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Centroabastos S.A. se localiza en la Vía Palenque a Café Madrid No. 44 – 96 del Municipio de Bucaramanga, hacia la margen derecha del Río de Oro, en coordenadas 7°06'10.72" N y -73°09'57.77" E, sobre los 668 msnm. De acuerdo con lo comentado por el personal de Centroabastos, su muro de cerramiento del costado occidental, originalmente se localizaba a más de 30 m de la margen derecha del Río de Oro; no obstante, por el avance de la línea de erosión, a día de hoy en algunos sectores se ubica a menos de 15 m.

4. ÁREA AFERENTE

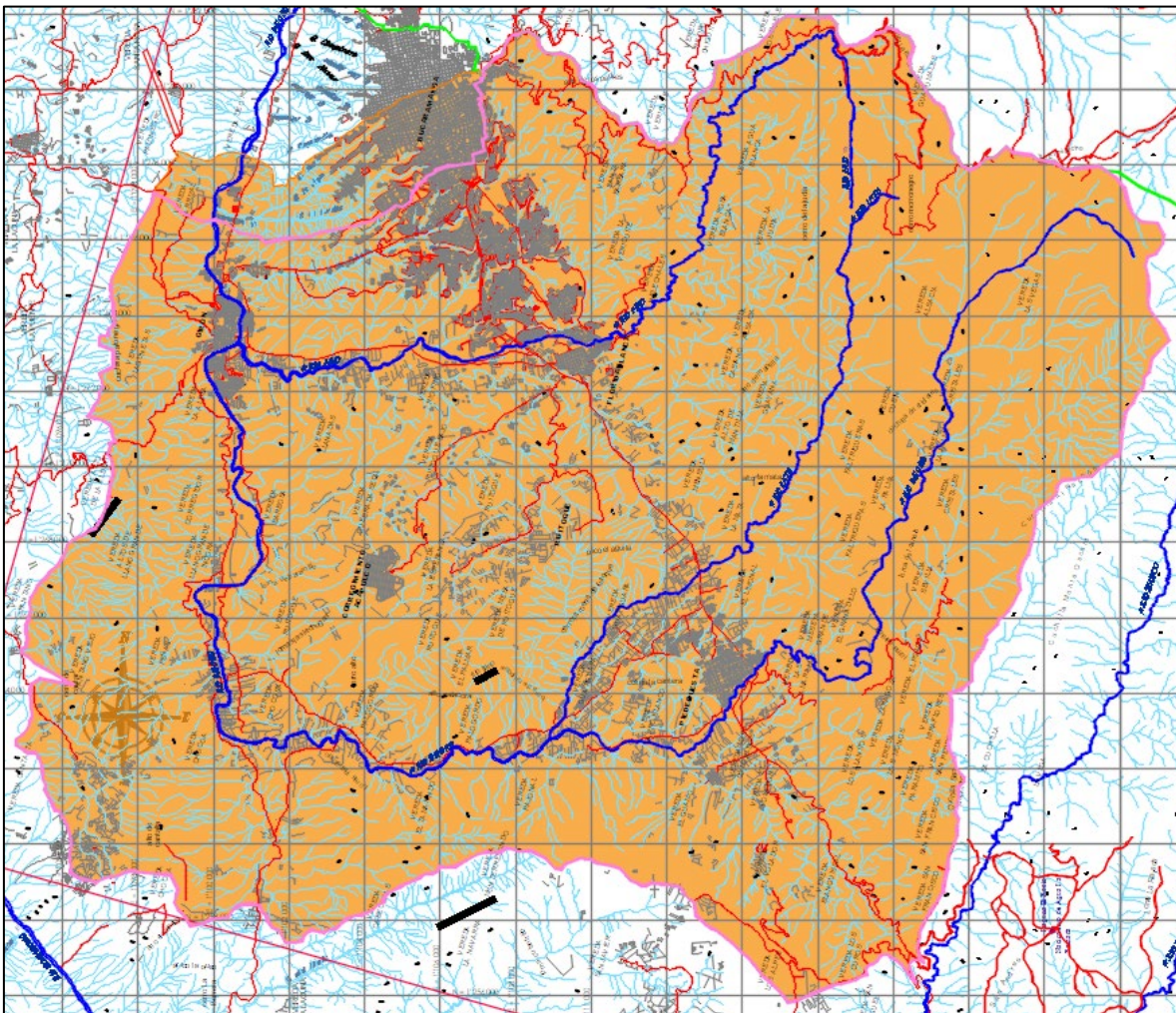


Figura 2 Delimitación Área Aferente de la Microcuenca Río de Oro a la altura del proyecto – Fuente: Estudio CDMB

El Río de Oro nace sobre los 3450 msnm, y tras un recorrido de su brazo principal de 67.23 Km hasta la confluencia del Río Suratá sobre los 600 msnm, posee un



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



área aferente total de 573.59 Km²; no obstante, hasta Centroabastos, posee un área aferente de 544.36 Km² (54435.87 Ha) con una longitud de su brazo principal de 62.90 Km (62900.795 m) (Ver Figura 2).

5. GEOLOGÍA

El presente capítulo tomado del Estudio de actualización amenaza por inundación del Río de Oro de la CDMB, se refiere a lo relacionado con la geología, litología, geología estructural, geomorfología, discontinuidades, características físicas de las rocas, presencia de suelos, depósitos no consolidados, problemas de inestabilidad, erosión etc.

5.1. GEOLOGIA REGIONAL

5.1.1. Rocas Metamórficas

Neis de Bucaramanga (PEb)



Foto 1 Neis de Bucaramanga al oriente de la UDES, le intruyen diques de roca ígnea

Nombre propuesto por Goldsmith y otros (1971, en Ward et al. 1973), para el conjunto de rocas cristalinas de edad Precámbrico que aflora al oriente del Área Metropolitana. Se localiza al oriente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, siendo su límite occidental fallado en dirección N30°W, los mejores afloramientos se encuentran sobre la vía que conduce a las antenas de RCN, al oriente del barrio Los Alares y en el carretable de la vereda Vericute (municipio de Floridablanca).



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Dicha unidad forma parte del Macizo de Santander, el cual se distingue por presentar relieve marcadamente sobresaliente por su elevada topografía, pendientes abruptas (entre 25° y 40°) y un patrón de drenaje dendrítico a subdendrítico y subparalelo.

Ésta unidad consta de rocas metamórficas de alto grado, con fábrica orientada y textura gruesa a media. Entre Floridablanca y Piedecuesta la foliación tiene orientación variable, indicativo de perturbaciones tectónicas severas, aunque con ligera tendencia hacia el noreste en la dirección del buzamiento de la foliación. Está compuesta, principalmente, de neis semipelítico, neis hornbléndico, anfibólita y esquisto; incluye también zonas de migmatitas (Ward et al., 1973) y es posible la existencia de rocas cataclásticas, cerca de los planos de las fallas principales.

Se encuentran dos tipos de neis: Uno de color blanco a rosado, constituido esencialmente por plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico (Chaparro y Guerrero 1991). Debido a su aspecto masivo y a la ausencia de estratificación, Ward et al. (1973), suponen un origen ígneo intrusivo primario y lo clasifican como Ortoneis. El otro es un paraneis, de color gris verdoso y alternancia de bandas máficas, principalmente anfibólicas y bandas félsicas cuarzofeldespáticas.

De los minerales constituyentes el único que se conserva casi inalterado es el cuarzo y la muscovita; esta última se presenta en láminas muy finas. Los feldespatos y ferromagnesianos, por lo general, se encuentran en estado de meteorización alta.

La mayoría de afloramientos del Neis de Bucaramanga se encuentran parcialmente saprolitizados, en estado de meteorización entre moderada y alta. Esta unidad litológica, en especial dentro de una franja aproximada de unos 500 metros paralela al sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, se presenta intensamente fracturada y es altamente susceptible a fenómenos de remoción en masa que involucran saprolito y fragmentos de roca de tamaño diverso. Los desprendimientos ocurren en las laderas o cortes de talud y la roca superficial descompuesta es variable en espesor, con un promedio entre 3 y 8 metros. Hacia el oriente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, y sobre las cotas alrededor de 1400 y 1600 m.s.n.m, el Neis de Bucaramanga se presenta intruído por una masa de origen ígneo denominada Cuarzomonzonita de La Corcova (JRcg). Ward et al. (1973), le han asignado al Neis de Bucaramanga una edad de 940-945 m.a, debido a que puede reflejar el ciclo de Orogenia del Pre-Cámbrico.

Esta unidad no aflora dentro de la zona del proyecto, encontrándose al oriente del sistema de fallas de Bucaramanga – Santa Marta (ver Foto 1).

Formación Silgará (PDs)



**Alcaldía de
Bucaramanga**

**ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS**



Foto 2 Suelos producto de la meteorización de rocas esquistosas de la Formación Silgará, al nororiente de la Mesa de los Santos

Se observa al oriente y suroriente de Piedecuesta, conformando una morfología ondulada y de relieve bajo, sobre la zona de influencia del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, donde aparece en forma discontinúa en una longitud aproximada de 3 Km. También aflora al nororiente del área en inmediaciones de la confluencia de los ríos Tona y Suratá, presentándose como una franja alargada de dirección noreste, limitada por rocas del neis de Bucaramanga y Tonalita.

Corresponde a una unidad de rocas metamórficas compuesta por esquistos cuarzo cloríticos, de color gris verdoso, filitas, anfibolitas verdes y grises, con foliación delgada a media, intercalados con niveles de mármol. Corresponde a la facies esquistos verdes, indicativo de un grado de metamorfismo bajo a medio.

La roca se presenta alta a completamente meteorizada, pero con muy buena foliación. La secuencia presenta dirección de buzamiento de la foliación del orden de $120^{\circ}/40^{\circ}$, tal como aparece indicado en el Mapa Geológico del Cuadrángulo H-12 (INGEOMINAS-U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 1977).

Debido a su poca extensión y bajo relieve, a la formación Silgará no se asocian procesos de inestabilidad de alguna consideración. Su edad ha sido asignada al Devoniano por Ward et al. (1973).

Esta unidad o aflora dentro de la zona del proyecto; emplazamientos de rocas esquistosas meteorizadas se hallan nororiente de la Mesa de los Santos observables sobre de los taludes de corte por la vía que comunica el sector de Tres Esquinas con la Mesa de Los Santos (ver fotografía 2).



Alcaldía de
Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



5.1.2. Rocas Ígneas

Diorita y Tonalita del Área del río Suratá (TRt)

Un cuerpo ígneo alargado de dirección noreste se observa al norte de la confluencia del río Tona y el río Suratá; lo conforman rocas dioríticas y tonalíticas, bastante alteradas y cizalladas por fallamiento. La morfología es similar a la del Neis de Bucaramanga y el drenaje es dendrítico a paralelo.

Hacia el occidente la Tonalita está en contacto con neis rico en anfibolita y paraneis, y hacia el oriente, está afectada por fallamiento que en diversos sectores convierte la roca en esquisto clorítico, aunque en algunas zonas se observa la Tonalita intruyendo esquistos y neises metasedimentarios. La roca es equigranular, de grano medio, de color verde grisáceo; es común encontrar inclusiones de Diorita de grano fino y en sección delgada la textura es hipidiomórfica (el Cuarzo varía de 1 a 15%, la Andesina es zonada de 40 a 60%, la Biotita es de color verde marrón de 0 a 25% y la Hornblenda es verde azulosa de 0 a 45%. Los accesorios son Feldespato Potásico, Esfena, Apatito, Óxido de Hierro, Clorita y Epidota Secundaria) (Ward et al., 1973).

Al occidente de la desembocadura de la quebrada Chitota en el río Suratá, aflora un cuerpo ígneo de composición diorítica de color gris verdoso que en sección delgada presenta textura afanítica y pórfidos con cuarzos de hasta 5 mm de diámetro (el cuarzo va de 10 a 20 %, plagioclasas de 40 a 50%, feldespatos de 3 a 5 % y biotita 5 %).

Según Ward et al., 1973, se ignora si todas las Tonalitas y Dioritas tienen la misma edad. Estas rocas pos-metamórficas son probablemente más jóvenes que el metamorfismo de la formación Silgará, pero alguna puede ser metamórfica tardía. Teniendo en cuenta el contacto intrusivo con la formación Tiburón, su edad debe corresponder al pos-Triásico.

Cuarzomonzonita de la Corcova (JRcl)

Ocurre hacia la zona nororiental del área, en el sector de La Corcova sobre la vía Bucaramanga - Pamplona y al norte de la población de Piedecuesta, formando la masa principal del plutón de la Corcova. Se caracteriza por desarrollar una morfología abrupta con colinas alargadas donde se observa un drenaje dendrítico.

Esta unidad se encuentra bastante fracturada y cizallada, se presenta en algunos sectores como Diques y masas pequeñas. En estado poco alterado la cuarzomonzonita se observa de color gris, de grano fino a medio, equigranular, de textura sacaroide, con biotita uniformemente diseminada. Esta roca al meteorizarse pasa a un material areno arcilloso de colores gris claro y gris amarillo y de consistencia media; cuando es masiva se altera en forma esferoidal (en cebolla). En sección delgada la textura es cenomórfica a subhidiomórfica granular



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



aplítica. La roca está compuesta de 30 a 35% de cuarzo, 25 a 45% de plagioclasa zonada, 30 a 45% de feldespato de potasio predominantemente microclina, 3% de biotita y trazas hasta de 2% de moscovita. Los accesorios son: Apatito, óxido de hierro y Zircón, los productos de alteración son clorita, epidota y sericita (Ward et al., 1973).

Una edad K/Ar en moscovita de La Corcova es semejante a edades K/Ar en biotita de rocas de los batolitos principales del macizo de Santander. La edad de la cuarzomonzonita de La Corcova con relación a otras rocas del Grupo Plutónico de Santander, es incierta (Ward et al., 1973)

Cuarzomonzonita, Granito y Pórfido Cuarzoso (JRcg)

Esta unidad que fue definida por Ward et al, (1973) aflora en el sector oriental de los barrios Álvarez, Cabecera y el conjunto residencial Montearroyo, en Bucaramanga. Cuerpos ígneos de granito y cuarzomonzonita aparecen junto con el Neis de Bucaramanga conformando un complejo ígneo metamórfico en el sector de la planta de tratamiento del acueducto sobre el río Suratá en la vía Bucaramanga – Matanza.

Los mejores afloramientos observados de esta unidad están sobre la quebrada La Flora, donde se encuentra asociado con el Neis de Bucaramanga, también se encuentra expuesta al suroccidente de Morrórico, al norte y nororiente del Área Metropolitana.

La geomorfología es muy semejante a la del Neis de Bucaramanga, reconociéndose lomos, escarpes y depósitos de ladera asociados. Macroscópicamente es de grano grueso, inequi-granular, rosado, naranja y gris violáceo, con textura hipidiomórfica. La oligoclasa y albita se presentan ligeramente zonadas, subtabulares y equidimensionales.

Estos pequeños cuerpos intrusivos están altamente meteorizados, cizallados y presentan algún grado de metamorfismo debido a la acción del sistema de fallas Bucaramanga - Santa Marta. El contacto con el Neis de Bucaramanga en algunos sectores es fallado, y en otros se presenta como intrusivo. Mediciones radiométricas (K/Ar) hechas en biotita y muscovita de estas rocas intrusivas han dado una edad Jurásica. (Ward et al., 1973).

5.1.3. Rocas Sedimentarias

Formación Floresta (Df)

El nombre “Floresta Series” fue introducido por Caster (1939) para designar estratos del Devónico por A. A. Olson y Teófilo Ramírez en 1935 (Dickey, 1941) en cercanías a la población de Floresta en el Departamento de Boyacá. Posteriormente Botero R. (1950) introdujo el nombre de formación Floresta para



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



los estratos del Devónico que suprayacen esquistos y neises en la localidad de Floresta y sectores adyacentes. En el área actualmente estudiada se presenta al norte de Bucaramanga, en una franja alargada de dirección NNE, al occidente de la quebrada La Lomera y al sur de la quebrada Las Monas.

Los afloramientos son bastante limitados, las rocas no son muy resistentes a la meteorización dando una morfología de lomos suaves ondulados. No se conoce el contacto normal de la formación Floresta con las unidades infrayacentes, en este caso con la formación Diamante. Las rocas presentes al norte de Bucaramanga son de grano fino, muy fracturadas y se encuentran ligeramente metamorfoseadas, siendo principalmente filitas bien laminadas micáceas de colores amarillo, gris verdoso a gris amarillento, de lustre sedoso, intercaladas con cuarcitas de color gris amarillento, muy duras, laminadas con espesores de hasta 60 cm. Estas rocas desarrollan un suelo delgado, arenoso, gris amarillento.

Se observan capas con alto contenido fosilífero, hacia las partes altas del flanco occidental de la quebrada La Lomera, aparentemente los fósiles calcáreos y el cemento han sido lixiviados de una limolita calcárea dura, presentándose una roca marrón, amarillenta clara, porosa y blanda con abundantes moldes y rellenos de fósiles que se encuentran fragmentados. Según muestras colectadas e identificadas por J.T. Dutro, Jr. Del U.S. Geological Survey, se le asigna una edad Devónico Inferior Alto (WARD et al., 1973).

Formación Diamante (Pcd)

Definida por Dickey (1941), en la quebrada La Mona (municipio de Rionegro). Esta secuencia se encuentra aflorando al norte del casco urbano de Bucaramanga, en dos franjas bien definidas con dirección preferencial nor-nororiente. La primera franja es paralela a la carretera Bucaramanga-Rionegro, hacia el norte del río Suratá y al oriente de la quebrada las Monas, con una longitud de aproximadamente 3 Km. La segunda franja es paralela a la margen izquierda de la quebrada la Lomera desde la estación de servicio de Vijagual hasta el sitio denominado “Puente de Tierra”, con una longitud de 1.5 Km.

Geomorfológicamente presenta un relieve de colinas bajas con pendientes moderadas a suaves. Esta unidad es una secuencia sedimentaria compuesta por tres miembros principales (González et al., 1994):

Miembro Inferior: Constituido por areniscas lodosas de grano muy fino a muy grueso, de variados colores (morado, gris crema, verde, pardo rojizo, blanco y marrón), intercaladas con lodolitas y principalmente arcillolitas moradas, pardo rojizas y verdes.



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Las capas presentan contactos irregulares de planos a ondulados, no paralelos, con laminación de plano paralela a flaser, bioperturbación, rill marks, ripple marks, calcos de carga, etc.

Miembro Medio: Conformado por lodolitas, areniscas de grano muy fino, verdes pardas y grises, intercalaciones de rocas carbonatadas (microesparita, microesparita fosilífera, biomicrita, bioesparita e intramicrita) de color gris y pardo.

Los contactos con las capas son ligeramente ondulados a ondulados no paralelos, irregulares, plano paralelos, con laminación ondulosa paralela a no paralela y plana paralela.

Miembro Superior: La secuencia calcárea aflora en la cantera de Cementos Diamante y en la quebrada El Ceilán, representado en su totalidad por calizas duras, masivas, cristalinas de grano fino a medio, ligeramente arcillosas, fosilíferas, en especial biomicritas y bioesparitas, y en menor proporción micritas a micritas fosilíferas grises claras. Los contactos son ondulados a ligeramente ondulados.

Al norte del río Suratá, sureste de la mina de Cementos Diamante, se presenta como areniscas masivas de grano fino a medio, de colores rojo, crema, con matriz calcárea. También aparece una secuencia calcárea, explotada por la compañía Cementos Diamante, caracterizada por calizas esparíticas, gris claras, con piritas y contenido fósil (Crinoideos y Braquiopodos), en capas de 10 a 40 cm intercaladas con arcillolitas calcáreas, grises, verdosas y violáceas con espesores hasta de 10 cm.

En cercanías al sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta las rocas se encuentran bastante fracturadas y medianamente meteorizadas. La edad de esta unidad es Pérmica, de acuerdo con la identificación de dos braquiópodos, Meekella Sp. y Orthotichia Sp. (R.E. Grant of the Geological Survey, in Ward et al. - 1973).

Formación Tiburón (TRPt)

Definida por Ward et al. (1973), para referirse a la parte superior de la serie Suratá de Dickey (1941; en Ward et al., 1973).

La sección tipo aflora al norte del área estudiada, en inmediaciones del antiguo club Los Tiburones, a lo largo del sector sur del río Suratá; además se encuentran afloramientos en la zona que comprenden la quebrada el Ceylan, la Granja, la cuchilla de los Angelinos, al norte del barrio Villa Helena II Etapa, en la parte este del Cerro la esperanza y en una franja alargada en los alrededores de la vereda Vijagual.

La morfología de esta unidad corresponde a colinas suaves a moderadamente abruptas hacia el sector del valle del río Suratá. Esta unidad presenta



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



conglomerados muy compactos, cuyos espesores varían entre 5 y 20 m, conformados por guijos de caliza, dolomita, arenisca y chert negro; de formas subangulares a subredondeados, de 2 a 10 cm de diámetro, incluidos y firmemente cementados en una matriz calcárea, gris, de grano fino a medio. Localmente se hallan algunos guijos de cuarzo hasta de 5 mm de diámetro.

Existen niveles de caliza gris clara a oscura, masiva, ligeramente arcillosa, cristalina, de grano fino a medio, micácea, con venas rellenas de calcita de espesor variable, principalmente del tipo micrita intraclástica; los espesores son variables, pero en promedio van de 1.5 a 7 m. Se observan limolitas grises a gris oscuras, en algunas ocasiones con tonalidades rojizas, de dureza media, calcáreas, arcillosas, ligeramente micáceas; sus espesores varían entre los 4 a 25 m. También existen niveles de areniscas de grano fino, con cemento calcáreo, de colores gris rojizo, cuyos espesores están entre 1 y 3 m. El espesor total de la formación según Gómez (1993) es de 350 m; Ward et al. (1973), afirman que este puede alcanzar entre 450 a 500 m.

El límite estratigráfico con la infrayacente formación Diamante, en la cantera de Cementos Diamante S.A., es discordante en 42 grados, igualmente en el sector de la quebrada la Pajuela la discordancia alcanza los 34 grados. Su límite superior con la formación Bocas está expuesto en el cerro la Esperanza en donde se observa que la relación entre dichas formaciones es concordante. En los alrededores de la quebrada la Lomera, cerca del barrio los Colorados, el contacto con los depósitos suprayacentes del Cuaternario está dado por una discordancia de tipo angular.

En general la roca se encuentra relativamente fresca, presentando una dureza alta y hacia la zona de influencia del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta se encuentra fracturada y cizallada.

La edad de la formación dada por Ward et al. (1973), está comprendida entre el Carbonífero Superior - Pérmico Medio y Triásico.

Formación Bocas (TRb)

Definida por Dickey (1941), como la Serie Bocas; Ward et al. (1973), le dan el nombre de formación Bocas.

La sección tipo de la formación Bocas se localiza en el sector comprendido entre Puente Tierra y la inspección de Bocas, por la carretera a Rionegro (Tomado de Ward et al. 1973). Estas rocas afloran hacia el este de las montañas de los Angelinos y hacia el norte, en la confluencia de los ríos De Oro y Suratá. Sobre esta unidad se encuentra ubicado el barrio El Pablón. Esta formación se observa en contacto fallado con las formaciones Girón, Tiburón y Floresta.

La morfología es moderada a abrupta, observándose un drenaje radial en el sector del barrio el Pablón. La morfología moderada corresponde a las áreas donde



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



predominan limolitas, arcillolitas y shale, poco resistentes a la meteorización, originando suelos de colores anaranjados, amarillos y marrones. Esta formación consiste en limolitas calcáreas, de grano fino, de colores gris verdoso y pardo rojizo, ocasionalmente en capas de 1 m de espesor. También contiene limolitas grises verdosas, calcáreas, delgadas con nódulos calcáreos grises de 4 mm de diámetro, conglomerados con cantos redondeados, calizas grises y cuarzos en una matriz arenosa calcárea (Ward et al. 1973).

Al oriente del cerro los Angelinos y al norte de la confluencia de los ríos de Oro y Suratá se presentan estratos de areniscas calcáreas de grano fino a medio, de colores pardo, rojizo y crema, intercalados con capas de conglomerados arenosos, de color verde, con guijos calcáreos hasta de 1 cm de diámetro; también se observan areniscas, pardas con nódulos calcáreos de 1 cm de diámetro.

Esta unidad, además, presenta conglomerados polimícticos con espesores que varían entre 15 y 20 m, de colores gris verdosos, duros, masivos, con gránulos y guijos subredondeados a subangulares de caliza gris, shale gris oscuro, feldespato y cuarzo, con tamaños que varían de 2 mm en promedio hasta 10 mm, incluidos dentro de una matriz arenosa, calcárea, gris verdosa.

Se observan areniscas de grano grueso a conglomeráticas, pardo verdosas, con granos subangulares a subredondeados compuestos por cuarzo y feldespato principalmente que conforman el 70% de la roca. La matriz es del 20% y el cemento silíceo es del 10%. Su espesor varía de 1 a 3 m.

Presenta niveles de arcillolitas ligeramente duras a físciles, de colores gris verdoso a gris azulado, silíceas, ligeramente calcáreas, con pirita, micas y restos de plantas. Sus espesores varían entre 6-8 m.

Se aprecian también, limolitas ligeramente calcáreas, gris verdosas a pardo rojizas, con pequeñas concreciones de hasta 1 cm, calcáreas, de color gris a negro, arcillosas, micáceas, masivas, de dureza media a alta, con espesores entre los 7 a 20 m.

El espesor de esta unidad es de aproximadamente 590 m según Ward et al, (1973).

Esta formación infrayace a la formación Jordán en contacto transicional. Ward et al, (1973) por criterios estratigráficos le asignan una edad Triásica.

Formación Jordán (Jj)

Fue inicialmente reconocida por Cediél (1968) en su estudio sobre la formación Girón del área de Bucaramanga. Según Cediél (1968), la formación Jordán incluye dos facies:



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



Facies Superior: (200 m) Limolita de color marrón rojizo y arenisca de grano muy fino, bien estratificada en capas de 30 a 80 cm de espesor.

Facies Inferior: (Aprox. 100 m) Principalmente arenisca de grano grueso, gris verdosa, en capas hasta de 1 m de espesor y algunas capas de shale gris verdoso hasta de 2 m de espesor; algunas capas gruesas con estratificación cruzada contienen niveles conglomeráticos con guijos hasta de 2 cm de diámetro.

En el área estudiada la unidad subyace de manera concordante la formación Girón. La totalidad de afloramientos definen un área de extensión relativamente pequeña, inferior a 5 km². La formación Jordán aflora a lo largo de una franja desde el barrio La Trinidad hasta la urbanización Bucarica, y sobre parte de la ladera norte del cerro La Cumbre. Allí se encuentran secuencias de areniscas violetas claras, de grano fino a medio, con intercalaciones de lodolitas y limolitas violetas oscuras a marrón, en espesores de 20 a 30 cm.

Hacia el sur del barrio El Carmen y sobre el cerro que comunica este sector con el barrio La Cumbre, afloran algunas capas de arenisca violácea de grano medio, las cuales también se observan en los alrededores del casco urbano de Piedecuesta, donde se encuentra cubierta parcialmente por depósitos aluviales de tipo cono de deyección. Dentro de las geformas sobresalientes se destaca el Cerro de la Cruz.

Las mejores exposiciones se encuentran dispersas al occidente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta dentro de un corredor de 1 a 3 km de ancho, como es el caso de la urbanización José A. Morales.

Las rocas de la formación Jordán presentan morfología suave y diaclasas moderadamente espaciadas y en estado de meteorización media. En algunos sectores, especialmente en las divisorias de aguas, la roca está alta a completamente meteorizada (saprolito) con coloraciones amarillentas, rojizas y violáceas donde es notable el carácter deleznable.

Con base en relaciones estratigráficas se le asigna una edad Jurásico inferior (Ward et al, 1973).

Formación Girón (Jg)

Descrita inicialmente por Hettner (1892) como “Girón Series” en Ward et al., (1973). Similar a la formación Jordán, esta unidad se presenta separada del Macizo de Santander por el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta; es decir que aflora al occidente de dicha estructura.

Estratigráficamente infrayace la formación Tambor y suprayace la formación Jordán. Las mayores exposiciones ocurren en la margen izquierda del río de Oro, en el cerro de Palonegro, sobre la vía que comunica con el aeropuerto, donde consta de conglomerados y areniscas, de color amarillo-naranja, alternando con



**Alcaldía de
Bucaramanga**

**ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS**



capas de lodolitas rojas violáceas. Las rocas en dicho sector se presentan muy fracturadas y cizalladas debido a la acción del sistema de fallas del Suárez. También se observa bastante bien en los alrededores de la Mesa de Ruitoque, en el sector de La Cumbre y el cerro de La Cruz en Piedecuesta, donde las pendientes de las laderas varían entre 15 y 25°.

La morfología que presentan corresponde a escarpes fuertes, colinas y cerros aislados como se observa al occidente del casco urbano de Piedecuesta. Lanhenheim (1954), quien designó los afloramientos del cañón del río Lebrija como la sección tipo, la dividió informalmente en un miembro inferior arenoso de 750 m, un miembro medio arcilloso de 1250 m y en otro superior arenoso de 1500 m.

En la sección tipo, Cediell (1968) le midió un total de 4650 m.; la dividió en 7 facies litológicas que, en general, están constituidas de areniscas de grano grueso, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y capas rojas interestratificadas de limolita y arcillolita, en estratos hasta de 1 m de espesor, areniscas de grano grueso, conglomeráticas, gris claro, con estratificación cruzada y areniscas rojizas, de grano medio a grueso. Las capas conglomeráticas contienen guijos de cuarzo y de calizas hasta de 4 cm de diámetro.

Al occidente del río de Oro se presenta en estratos gruesos con intercalaciones de conglomerados, areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada, y areniscas de grano grueso a medio, cuarzofeldespáticas, de colores crema, verde y rojo. También se observan intercalaciones de lodolitas masivas, violáceas, con bajo contenido de micas.

En la quebrada La Picha y la quebrada Chapinero, sobre la vía Café Madrid-El Palenque, se encuentran areniscas silíceas, grisáceas hasta de 2 m de espesor, de grano fino a medio, bien cementadas, con niveles gravosos de cuarzo lechoso redondeado y abundante contenido de muscovita.

Al occidente del río de Oro se encuentra cubierta, en su mayor parte, por depósitos sedimentarios de origen aluvial y coluvial, tales como la formación Bucaramanga y los flujos de escombros y detritos de Floridablanca y Piedecuesta, así como de otros provenientes del cerro de Palonegro.

Sobre el talud derecho de la autopista Floridablanca a Piedecuesta, correspondiente a la base de la ladera de la Mesa de Ruitoque, conforma una faja alargada de dirección aproximada norte-sur, caracterizada por la alternancia de estratos muy duros de conglomerados, hasta de 3 m de espesor, capas de arenisca dura de 0.8 a 2 m de espesor, y niveles blandos de lutitas violeta hasta de 2.5 m. Las areniscas presentan estratificación cruzada y gradación, pasando desde grano fino, medio, grueso, a conglomeráticas; su color es café claro. Los conglomerados se componen en su mayor parte de cantos de cuarzo, chert y



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



riolita. La orientación de la estratificación varía entre $N5^{\circ}E/50W$ y $N5^{\circ}W/60^{\circ}W$; se destacan tres juegos de diaclasas: $N5^{\circ}W/50^{\circ}E$; $N60^{\circ}W/40^{\circ}S$; $N80^{\circ}E/60^{\circ}N$.

En los alrededores de Floridablanca, muestra niveles de areniscas conglomeráticas de color marrón rojizo con intercalaciones de areniscas violáceas, de grano fino. Las areniscas conglomeráticas están intercaladas con niveles de areniscas de grano medio de mala selección. Estos bancos de areniscas son muy competentes; sin embargo, presentan alto grado de fracturamiento tanto paralelo como perpendicular a la estratificación.

Afloramientos esporádicos de la formación Girón aparecen en la parte baja de las quebradas que llegan del escarpe occidental de la Meseta de Bucaramanga hacia el río de oro. Se caracterizan por capas competentes de conglomerados, areniscas verdosas y rojizas, intercaladas con lodolitas violetas masivas.

Las rocas de la formación Girón presentan alteraciones medias a altas, principalmente hacia el cerro de la Cruz en Piedecuesta y en el cerro de Palonegro. Ward et al., (1973) le asigna una edad Jurásica a esta unidad litológica.

Formación Tambor (Kita)

Definida por Morales et al., (1958), la sección tipo se encuentra en el valle del río Lebrija, entre los kilómetros 92 y 95 del ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches; el nombre fue utilizado inicialmente por H. D. Hedberg en un informe inédito de 1931.

Aflora al sur del área de estudio, sobre una extensión de aproximadamente 20 Km², entre las cotas de 1000 y 1200 m de altitud, conformando la parte superior de la Mesa de Ruitoque y se distribuye en cuerpos aislados con morfología moderada hacia el extremo suroccidental del área, formando parte de las laderas del valle del río de Oro.

Según Ward et al., (1973), al sur de Bucaramanga la formación Tambor alcanza espesores entre 100 y 250 metros. El límite inferior de esta formación es una inconformidad y sus capas basales generalmente corresponden a niveles conglomeráticos y en algunos sectores los materiales más gruesos son fragmentos angulares de arenisca conglomerática y conglomerado de la formación Girón. En otros sectores se observan solamente pequeños guijos bien redondeados de cuarzo y bancos de areniscas micáceas, de color amarillo y grano fino, con espesores máximos de 3 m, intercalados con capas de shale de color amarillo rojizo. Forma una superficie estructural de baja inclinación al occidente, con pendiente promedio de 3° , suprayaciendo aparentemente en discordancia angular la formación Girón.

Morfológicamente esta formación conforma la parte superior de meseta de Ruitoque. Se observa la roca completamente meteorizada alcanzando espesores



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



hasta de 4 metros y debido a su morfología más o menos plana y suavemente ondulada, en los montículos se presentan remanentes delgados de suelo residual y en las depresiones pequeñas acumulaciones de suelos de grano fino, producto de estancamiento de aguas. La formación Tambor fue datada dentro del Cretáceo inferior (Ward et al. 1973).

Formación Bucaramanga

La formación Bucaramanga fue descrita inicialmente por De Porta (1958). Se trata de un importante depósito sedimentario de edad Cuaternaria que morfológicamente corresponde a un abanico aluvial erosionado, posiblemente asociado en su mayor parte al río Suratá, acumulado sobre una depresión de origen tectónico, sobre el cual se ubica el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga. Este abanico limita al nororiente y oriente con el Macizo de Santander, al noroccidente y occidente con el cerro de Palonegro y el río de Oro, y al sur con la Mesa de Ruitoque. Presenta una superficie suavemente ondulada, con pendiente ligeramente inclinada al occidente, entre 2° y 7° y una extensión aproximada de 60 a 80 Km². La formación Bucaramanga es disectada por varias quebradas, la mayoría afluentes del río de Oro, conformando un drenaje dendrítico subparalelo.

El espesor del depósito aumenta de oriente a occidente y aunque el valor real de éste se desconoce, siendo actualmente motivo de investigación, algunos cortes geológicos permiten estimar, en los sectores más profundos, valores promedios cercanos a los 250 m.

De acuerdo con la granulometría, morfología, agentes de transporte y fuentes de los materiales, esta unidad se acumuló en un ambiente típicamente fluvial, donde alternan materiales de origen aluvial tipo cono de deyección, flujos de escombros, canal y lagunar.

De Porta (1958) divide la formación Bucaramanga en los siguientes niveles: a) un paquete inferior con más de 150 m de espesor, conformado por niveles discontinuos de gravas, clasto soportado, con lentes arenosos intercalados; b) una capa relativamente delgada de 10 a 18 m de espesor, ubicada en la parte intermedia a alta, compuesta de sedimentos arcillosos, la cual se extiende por una buena parte de la terraza; y c) un nivel superior de 8 a 15 m de espesor, constituido por una mezcla de fragmentos angulares gruesos y finos arenosos.

Algunos trabajos recientes proponen 5 miembros definidos de base a techo como: Calcáreo, Órganos, Finos, Gravoso y Limos Rojos. Dos de ellos propuestos por Hubach, (1952) y tres por Niño y Vargas, (1992). Es importante destacar que las relaciones estratigráficas del miembro Calcáreo, descritas por Niño y Vargas, con respecto al miembro Órganos, no se pudieron determinar durante el trabajo de campo, debido a que el denominado miembro Calcáreo no presenta límites



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



estratigráficos claros que permitan separarlo del Órganos, no presenta distribución lateral y se observa en forma de lentes locales en la quebrada La Picha, al noroccidente del Área Metropolitana. Lo anterior indica que el denominado miembro Calcáreo forma parte del miembro Órganos; por lo tanto, teniendo en cuenta las clasificaciones hechas por Hubach (1952) y Niño y Vargas (1993), se propone dividir la formación Bucaramanga, de base a techo, en los siguientes miembros: miembro Órganos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr).

De acuerdo con las dataciones paleomagnéticas publicadas en el proyecto hidroeléctrico Fonce-Suárez, la parte más antigua de la formación Bucaramanga tiene unos 730.000 años ubicándola dentro del Pleistoceno medio-superior.

Miembro Órganos (Qbo). Definido por Hubach (1952). Aflora en las laderas y escarpes de la parte occidental de la Meseta de Bucaramanga y el Área Metropolitana, en los alrededores del municipio de Girón, anillo vial, en las estribaciones de la parte norte de la mesa de Ruitoque y en los cortes de la carretera que comunica la población de Girón con la ciudad de Bucaramanga. Los mejores afloramientos donde se puede observar casi toda la secuencia se presentan en una extensa área sobre el escarpe occidental del Abanico de Bucaramanga, destacándose los siguientes espesores: En las quebradas dos Aguas (espesor : 164.8 m), las Navas (espesor : 72 m de la base del nivel), Argelia (espesor : 60 m de la parte superior del nivel) y la parte norte de la Cuyamita (espesor : 8.8 m de la parte superior del nivel) ; otros afloramientos son referidos a los barrios La Feria (espesor : 144.2 m) y Don Bosco (5.2 m del tope del nivel).

Con base en las columnas realizadas, correlaciones estratigráficas y cortes topográficos, se estima que su espesor podría superar los 180 m, siendo el nivel más potente de la Formación Bucaramanga (Mancera y Salamanca, 1994). Morfológicamente este miembro constituye valles en “V”, interfluvios de filos ondulados con crestas agudas ramificadas.

Se caracteriza por erosionarse fácilmente, formando surcos, cárcavas y tierras malas que dan formas de estoraques que alcanzan alrededor de 15 m de altura y sobre el se desarrolla un drenaje dendrítico subparalelo.

De acuerdo con Bueno y Solarte (1994), corresponde a una serie monótona de niveles polimícticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, en alternancia con capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura. Hubach (1952) describe niveles lenticulares limo arenosos, con espesores hasta de 5 m.

Los niveles de aspecto “conglomerático” conforman depósitos de gravas y bloques, débilmente consolidados, clastos soportados (60%) y grano soportados (40%), dispuestos en forma de capas gruesas a muy gruesas, con espesores hasta de 15



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



m. El tamaño de los cantos varía entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 1 metro de diámetro. Estos se componen en su mayoría de areniscas silíceas de grano medio, bien cementadas y en menor proporción de fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neis micáceo de color amarillo a rosado, areniscas lodosas rojizas de grano fino y alto contenido de micas, cuarzo lechoso, liditas y cherts. Todos los fragmentos tienen formas redondeadas a sub redondeadas, esfericidad baja a media y mala selección. Los niveles gravosos presentan matriz arcillosa, pardo amarillenta, con algunas variaciones a gris amarillento. Los feldepatos en las rocas se encuentran moderadamente.

Los niveles finos corresponden a arcillas arenosas y arenas arcillosas compactas, de consistencia firme, ligeramente micáceas, con trazas de materia orgánica. Su origen se relaciona con depósitos cíclicos intercanales. El mayor espesor de los niveles limo arenosos se presentan hacia la base, lo que explica periodos más largos de retrabajamiento, bajo un régimen fluvial constante. El predominio de lentes hacia la parte superior y los contactos irregulares podrían indicar periodos de erosión por corrientes intermitentes (Bueno y Solarte, 1994).

Los depósitos se encuentran medianamente meteorizados, presentando poca compactación de éstos, con alta permeabilidad y son fácilmente erodables, lo que facilita el desprendimiento de bloques y cantos en las épocas de fuertes precipitaciones.

El ambiente de depositación de este miembro se relaciona con flujos de escombros y flujos torrenciales, e interdigitación de facies de corrientes de canal, correspondiendo a la parte proximal y media del Abanico de Bucaramanga. La edad del Miembro Órganos podría abarcar el Pleistoceno medio.

Miembro Finos (Qbf). Este nivel fue reconocido y definido por Hubach (1952). Se ubica estratigráficamente entre el nivel inferior de la Formación Bucaramanga (Miembro Órganos) y el nivel superior (Miembro Gravoso) en contactos netos plano-paralelos. Es una extensa capa lenticular horizontal, más o menos continua, de unos 15 m de espesor promedio, donde alternan niveles arcillosos, limo arenoso y areno limosos, de colores gris verdosos. Los mejores afloramientos se encuentran en las canteras de la antigua ladrillera Bucaramanga y en la empresa de ladrillos y tubos donde es explotada para la producción de ladrillos y tejas. Otros sectores donde aflora son los barrios Ciudadela Real de Minas, Campo Hermoso y La Feria entre otros.

La geometría de sus niveles es tabular a lenticular, con espesores que oscilan entre 5 y 40 cm, de estratificación plana paralela, cruzada y ondulosa. La secuencia del miembro Finos se puede dividir en dos conjuntos: 1) Conjunto Arcilloso: Localizado hacia la base, se caracteriza por ser arcillo-limoso, masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plana paralela, en donde el espesor



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



varía ampliamente, como en el barrio el Porvenir (9 m) y cuchilla de Palomitas (2 m).

Conjunto Arenoso: Se localiza hacia el techo, donde muestra una alternancia de niveles areno limosos con niveles limo arenosos arcósicos de colores amarillento a pardo amarillento. Hacia la base de este conjunto predominan costras y un nivel arcilloso pardo oscuro. En la cuchilla Palomitas solo se observan las arcillas grises a verdes en contacto erosivo con el suprayacente miembro Gravoso (Qbg).

En el barrio Malpaso, el miembro Finos, muestra niveles arenosos abigarrados, con un nivel intermedio de base conglomerática, suprayaciendo un nivel arcillo arenoso, de color gris verdoso, moteado de blanco, producto de la alteración de los feldespatos.

En los sitios donde aflora su geomorfología corresponde a escarpes, observándose un grado de alteración moderada con consistencia plástica para el Conjunto Arcilloso. El Miembro Finos es, en gran parte del área, un nivel guía de baja permeabilidad.

El ambiente de depositación de este miembro es de depósitos de ambiente aluvial de intercanales poco profundo, de baja energía y de escasas interdigitaciones de flujo de escombros de facies arenosas.

Miembro Gravoso (Qbg). Definido por Niño y Vargas (1992), ubicado sobre la escarpa occidental y norte de Bucaramanga, también conforma los escarpes superiores de la parte alta del nacimiento de la quebrada La Iglesia, en los alrededores de los barrios Lagos del Cacique, Diamante II y San Luis. Otras secciones importantes se localizan en los barrios La cumbre, La Feria, Polvorines, Don Bosco y la vía a Café Madrid.

La morfología que presenta el miembro Gravoso es similar a la del Órganos en los sectores de los valles de las quebradas, pero hacia la parte sur de la quebrada la Iglesia la morfología corresponde a colinas suaves onduladas, con un drenaje dendrítico.

Su espesor varía entre 8 y 30 m; presenta niveles gravosos, gravo arenosos y gravo lodosos. Los cantos son, en su mayor parte, tamaño grava de diámetro promedio 15 cm y bloques de roca, en menor cantidad, hasta de 0,8 m de diámetro, subangulares a subredondeados, en matriz areno-arcillo-limosa, color pardo rojizo, rojizo y ocre pálido; en general el depósito es matriz soportado, aunque localmente se presenta clasto soportado. El contacto inferior con el miembro Finos es neto, continuo y suavemente ondulado y el contacto superior con el miembro Limos rojos es gradacional (Niño y Vargas, 1992).

Macroscópicamente se estima que la matriz representa alrededor de un 60% del volumen total, con aproximadamente 2/3 partes de arena tamaño medio a grueso



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



y 1/3 de finos. Los cantos están compuestos en su mayor parte por rocas metamórficas-ígneas del Macizo de Santander, y areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas moradas de las Formaciones Girón y Jordán. La matriz, por su parte, es de composición cuarzo-feldespática micácea (cuarzo, plagioclasa, láminas de muscovita), de consistencia media y de baja cohesión.

Existen unos depósitos bastante meteorizados que cubren el cerro La Cumbre, probablemente pertenecientes al Miembro Gravoso, los cuales pudieron ser levantados por acción tectónica; en este caso, los materiales que lo componen son en su mayor parte cantos y bloques de rocas sedimentarias de las Formaciones Girón y Jordán, cuyas características litológicas ya se han perdido debido a su alteración, embebidos en una matriz arcillosa de colores rojo y amarillo.

Los depósitos que conforman el miembro Gravoso presentan un grado de meteorización medio a alto. Los bajos porcentajes de humedad natural ($W < 15\%$), el predominio granular y el grado de meteorización sugiere que, al menos la parte superficial de este miembro tiene poca compactación y buena permeabilidad. El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de escombros.

Miembro Limos Rojos (Qblr). Nivel definido por Julivert (1963). Este miembro se localiza en el sector urbanizado de Bucaramanga, aunque no en forma uniforme y se continúa hacia el sur, hasta el sector norte del municipio de Floridablanca.

Geomorfológicamente este miembro constituye lo que anteriormente se denominaba como “Meseta de Bucaramanga”, con relieve semiplano y pendientes entre 2 y 7%; el drenaje es escaso paralelo y superficial (Niño y Vargas, 1992). Está constituido por arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. Se observó la presencia esporádica de bloques angulares de arenisca asociados superficialmente a este miembro; estos cantos pueden estar embebidos dentro de limos rojos y se caracterizan por estar meteorizados. Suprayace al segmento gravoso y su contacto con éste es gradacional.

La parte más superficial de este miembro se encuentra altamente meteorizada, formándose en algunos sectores niveles de oxidación que le ayudan a incrementar su compactación y resistencia a la erosión. El ambiente de depositación indica un dominio de flujo de lodos combinados con caídas de bloques de la pendiente del macizo.

Depósitos de flujos de Escombros (Qfe)

Son depósitos de piedemonte de origen aluvio torrencial y aluvio gravitacional, provenientes principalmente de la denudación de los materiales alterados que componen el Macizo de Santander, los cuales son transportados a lo largo de los cauces de corrientes de agua que nacen en éste. De acuerdo con las



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



características granulométricas, geométricas y composicionales, estos depósitos provienen de flujos torrenciales de detritos y, en parte, flujos de escombros.

Se presentan sobre el piedemonte oriental del Área Metropolitana, entre el casco urbano de Floridablanca y Piedecuesta, donde se reconocen materiales cuyo depósito, al pie de la ladera montañosa, forma abanicos y conos de deyección coalescentes con pendiente de $2,5^{\circ}$ a $3,5^{\circ}$ y superficie suavemente ondulada, con drenaje paralelo a subparalelo. Se destaca los depósitos donde se localizan los perímetros urbanos de Floridablanca y Piedecuesta.

Están constituidos esencialmente por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas del macizo, tamaño grava y bloque, principalmente neises y granodiorita, esporádicamente anfibolitas y esquistos, en matriz areno-limosa. Estos depósitos sedimentarios se han venido acumulando mediante repetidos episodios de descargas torrenciales, probablemente violentas, por lo que los espesores y sus proporciones granulométricas y volumétricas son muy variados. Se pueden encontrar eventos clasto soportados, con predominio de bloques y gravas, como también matriz soportados, con predominio de arena; el tamaño máximo de estos bloques puede sobrepasar 1 m de diámetro.

La matriz intersticial es de arena media a gruesa en alrededor de un 80% (aproximadamente un 20% de finos limo-arcillosos), principalmente cuarzo, feldspatos y partículas de rocas moderadamente meteorizadas, muscovita en laminillas y algunos máficos; los depósitos presentan coloración blancuzca, rojiza y ocre, dependiendo del grado de oxidación y baja humedad.

En general los materiales que conforman los depósitos de flujos de escombros se encuentran en condición medianamente suelta. De acuerdo con lo observado en el área de estudio, estos depósitos descansan, principalmente, sobre rocas de las Formaciones Girón, Jordán y Silgará; su espesor medio se estima en alrededor de 10 a 15 m.

En el sector oriental del casco urbano de Piedecuesta se presentan unos depósitos delgados, pseudo estratificados, de arena limosa con grava fina, caracterizados por su consistencia firme y baja humedad. Parecen corresponder a depósitos de lavado, depositados sobre el cono aluvial de Piedecuesta, que podrían cubrir una buena parte del sector urbano de dicha localidad.

Depósitos Aluviales

Son los depósitos de material dejados por los ríos y quebradas mayores, los cuales se distribuyen de acuerdo con la altura y posición en los valles. Se dividen en Terrazas Medias (Qtm), Terrazas Bajas (Qtb) y Depósitos Aluviales de Cauce y Llanuras de Inundación (Qal).



Alcaldía de
Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



Depósitos Aluviales de Terrazas Medias (Qtm). Como su nombre lo indica, son depósitos de origen aluvial, de superficie más o menos plana y horizontal, muy poco disectados, ubicados hacia las márgenes de las corrientes de agua principales. Su composición granulométrica es muy similar a la de los conos de deyección descritos en los flujos de escombros, incluso el tamaño máximo de los bloques es también superior a 1 m de diámetro y hay bloques esporádicos de 2 m.

Sobre la margen izquierda de la quebrada La Estancia, afluente del río Frío, al occidente de Floridablanca, conforma un nivel de terraza de 15 m de altura respecto al cauce, compuesta por fragmentos angulares a subangulares, de 20 cm promedio de diámetro, clasto soportado, con coloración blancuzca, en matriz de arena cuarzo feldespática, provenientes del macizo de Santander. En estos depósitos se aprecia que hay predominio de rocas de neis cuarzo feldespático - micáceos, además de que los clastos se encuentran en estado de meteorización alto-moderado. Las partículas que componen la terraza media se encuentran, en dicho sector, en estado suelto y con humedad baja, siendo fácilmente disgregables o erosionables. El cuarzo y las plagioclasas conforman casi el 90% de la matriz arenosa (70% arena y 30% finos), con algo de muscovita y máficos; mientras que las gravas y bloques son en esencia neises y probablemente cuarzomonzonita.

Este nivel se extiende hacia el occidente de Floridablanca, siendo especialmente extenso sobre la margen izquierda de la quebrada La Estancia, donde también se desarrolla un nivel de terraza aluvial más bajo (Qal1).

Depósitos Aluviales de Terrazas Bajas (Qtb). Los mayores depósitos de este tipo conforman el área urbana de Girón, se observan en las márgenes de los ríos de Oro y Frío (valles de Guatiguará y Río Frío). Además, corresponden estos depósitos a los niveles máximos de inundación alcanzados por las crecientes extraordinarias actuales. Los cortes de terraza, de profundidad inferior a 6 metros, muestran cantos subredondeados a redondeados de areniscas cuarzosas blancas, amarillentas y resistentes, guijos ígneo-metamórficos, algunas areniscas violáceas y fragmentos de cuarzo lechoso con una disposición no uniforme y algunos lentes arenosos.

En el municipio de Floridablanca este nivel se presenta como un depósito de forma alargada, de superficie más o menos plana, de aproximadamente 4 km de longitud por 250 m promedio de ancho, donde se ubican los barrios Bucarica y Lagos II etapa. Este nivel se distribuye aguas abajo por el río Frío, donde presenta un espesor de 6 m, y la quebrada La Estancia, hasta muy cerca de la confluencia con el río de Oro.

En dicho sector, está compuesto de gravas arenosas y arenas gravosas, de forma angular a subangular, con algunos bloques de roca de tamaño métrico, de neis y



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



cuarzomonzonita provenientes del macizo de Santander. Corresponde a depósitos aluviales, tipo flujos torrenciales y flujos de escombros, transportados a lo largo del río Frío en época reciente; dicho nivel es susceptible a flujos torrenciales y flujos de escombros.

Depósitos Aluviales de Cauce y Llanura de Inundación (Qal). Las principales acumulaciones están localizadas en los valles y llanuras de inundación de los ríos de Oro, Suratá, del Hato y Frío, además de sus quebradas tributarias como la Iglesia, Zapamanga, Suratoque, Aranzoque y en general toda la red hidrográfica que se desarrolla al occidente del Macizo de Santander, en especial las corrientes que entallan, de manera profunda, el abanico aluvial conformado por la formación Bucaramanga. Estos depósitos están compuestos por fragmentos de composición y granulometría muy variable.

En general contienen cantos de areniscas silíceas, areniscas conglomeráticas, conglomerados, cuarcitas y lodolitas, como también granito, granodiorita, diorita, gabro, neis y esquisto, en una matriz areno lodosa. El tamaño de los cantos varía desde unos pocos centímetros hasta 1 m, con predominio del diámetro de 50 cm., de forma subredondeada a redondeada y baja esfericidad.

El aluvión del río Suratá muestra bloques de calizas redondeadas de 2 m de diámetro, conglomerados calcáreos, neises, granitos y areniscas cuarzosas de estratificación cruzada incluidas dentro de una matriz arenosa. Estos depósitos son bastante sueltos y permeables.

Depósitos Coluviales o de Ladera (Qd)

Son depósitos acumulados, por lo general, en la base de escarpes, y provienen del desprendimiento de materiales de laderas adyacentes, por la acción de la fuerza de gravedad. La mayoría se originan por fenómenos de remoción en masa de tipo caída de rocas, deslizamientos y volcamiento. Son de común ocurrencia en escarpes de roca muy fracturada, saprolitos y depósitos de suelos finos.

La mayor parte de estos depósitos están localizados hacia el occidente del área de estudio, entre el escarpe oriental del cerro de Palonegro y la margen izquierda del río de Oro. En dicho sector los coluviones están asociados con rocas meteorizadas y fracturadas de la formación Girón, localizadas sobre el sistema de la traza de la Falla de Suárez. Son depósitos de color amarillo claro y rojizo, en el que los cantos y bloques son principalmente de conglomerados y areniscas cuarzofeldespáticas rojizas, subangulares, de baja esfericidad. Los cantos están en proporción de un 60%, embebidos en una matriz arenosa a areno arcillosa que ocupa el 40 % del volumen total del depósito. El tamaño y espesor de los coluviones es variable, pero relativamente pequeño si se compara con los depósitos aluviales. Su extensión promedio es inferior a 0.5 hectáreas y su espesor está entre 5 y 10 metros.



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Otros depósitos coluviales se presentan dispersos por toda el área de estudio; algunos se relacionan con roca muy fracturada del Neis de Bucaramanga, a lo largo de la Falla del mismo nombre, otros con areniscas y arcillolitas de las formaciones Jordán, Tambor y Girón.

Por la carretera que parte hacia la Mesa de Ruitoque se observan coluviones a partir de Formación Girón, los cuales presentan coloración café rojizo; están compuestos por gravas y bloques de arenisca y conglomerado, en matriz de arena media (80%) y finos (20%) que además muestran contenidos de humedad del orden de 20%.

5.2. GEOLOGIA LOCAL

La mayor parte del corredor se desarrolla sobre depósitos cuaternarios conformados por depósitos aluviales recientes del río de Oro, depósitos de terrazas bajas, depósitos de ladera, unidades gravosas y arcillosas del Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, además, de afloramientos aislados de la Formación Girón en ventanas de erosión y rellenos compactados y rellenos sin compactar.

5.2.1. Formación Girón (Jg)

Esta unidad aflora sobre el valle del río de Oro en sectores aislados; el primer afloramiento se encuentra en los alrededores del sitio denominado Bahondo (ver Foto 3), en pequeñas ventanas delante de las instalaciones de la Central de abastos (Foto 4). En el afloramiento se identifican unidades de roca arenisca de grano grueso y conglomerática de color amarillo rojizo; los estratos de arenisca presentan una orientación media de N55E/12NE.

En los alrededores de Bahondo, sobre el cauce del río de Oro predominan bloques de más de 1.00 metros de diámetro conformados por areniscas pertenecientes a la Formación Girón (ver Foto 5).

Por la vía al Café Madrid en el sector comprendido entre las cuencas de las quebradas Nariño y Nápoles afloran horizontes de areniscas de la Formación Girón, con buzamiento subhorizontal (ver Foto 4).

Entre las cuencas de las quebradas Chapinero y La Picha, sobre los cortes efectuados para la ampliación de la vía al Café Madrid, se exponen buenos afloramientos de limolitas de color rojizo que se intercalan con areniscas (ver Foto 6). Sobre el mismo sector, sobre el cauce del río de Oro, afloran unidades de roca arenisca pertenecientes a la Formación Girón (ver Foto 7).

En la zona de confluencia del río de Oro con el río Suratá afloran espesos paquetes de rocas areniscas pertenecientes a la Formación girón, las cuales buzaban al occidente con una inclinación de 75 grados. Estas unidades de roca se



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



prolongan hacia el norte y occidente del área conformando el flanco oriental del cerro de Palonegro.

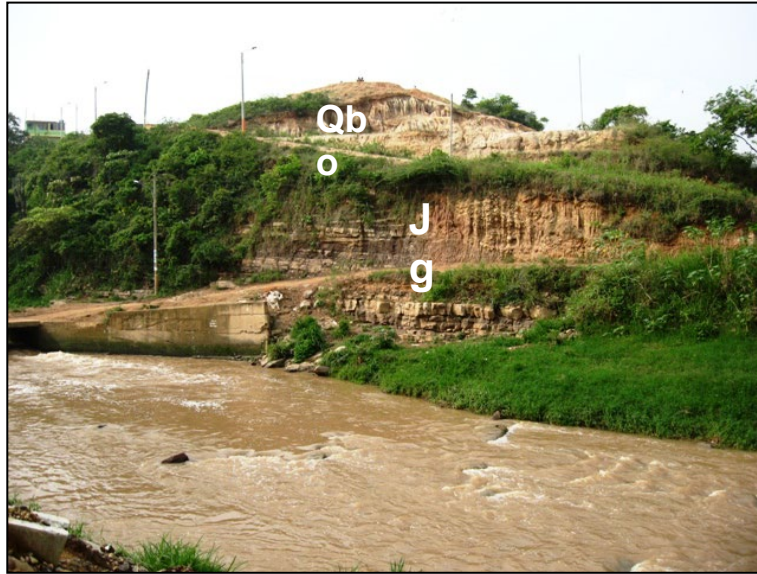


Foto 3 Areniscas de la formación Girón sector Bahondo, margen izquierda del río de Oro



Foto 4 Afloramiento de areniscas de la Formación Girón, vía Palenque, Café Madrid



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Foto 5 Bloques angulares de roca arenisca sobre la margen derecha del río de Oro



Foto 6 Limolitas de la Formación Girón, taludes de corte ampliación vía Palenque, Café Madrid



Foto 7 Areniscas de la Formación Girón, sobre el cauce del río de Oro, sector quebrada La Picha

5.2.2. Miembro Órganos de la Formación Bucaramanga (Qbo)

Aflora en las márgenes del río de Oro y éste discurre sobre esta unidad (horizonte arcilloso – gravoso de color gris), en sector, esta unidad se encuentra cubierta por depósitos aluviales recientes y depósitos de terrazas bajas.

En el tramo comprendido entre el sector de Bahondo y el Malecón del casco antiguo, sobre la margen izquierda del río de Oro se desarrollan taludes naturales afectados por procesos erosivos sobre los horizontes gravosos y arcillosos (ver Foto 8 y Foto 9).

Por la vía al café Palenque – Café Madrid, se observan afloramientos del miembro órganos, debajo de los depósitos aluviales recientes y de flujos de escombros (ver Foto 10).



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Foto 8 Miembro Órganos afectados por socavación del río de Oro



Foto 9 Erosión en surcos y cárcavamiento sobre los taludes localizados sobre la margen izquierda del río de Oro, frente al barrio Santa Cruz de Girón



Alcaldía de
Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



Foto 10 Base del Órganos cubierto por depósitos aluviales recientes

5.2.3. Depósitos de ladea (Qd)

Son depósitos acumulados, por lo general, en la base de escarpes, y provienen del desprendimiento de materiales de laderas adyacentes, por la acción de la fuerza de gravedad. La mayoría se originan por fenómenos de remoción en masa de tipo caída de rocas, deslizamientos y volcamiento.

A lo largo de corredor se aprecian depósitos recientes cubriendo el miembro Órganos de la Formación Bucaramanga, en ambas márgenes del río compuestos por niveles heterogéneos de cantos y gravas en matriz arcillosa, siendo cuerpos de carácter inestable (ver Foto 11).



Foto 11 Depósitos de ladera sobre la margen izquierda del río de Oro

5.2.4. Depósitos aluviales de terrazas bajas y Terraza medias (Qtb, Qtm)

Corresponden a niveles máximos de inundación del río de Oro alcanzados por corrientes extraordinarias y se componen de cantos subredondeados a redondeados de areniscas cuarzosas blancas, amarillentas y resistentes, guijos ígneo-metamórficos, algunas areniscas violáceas y fragmentos de cuarzo lechoso con una disposición no uniforme y algunos lentes arenosos. La mayor parte del caso urbano se asienta sobre estos depósitos de terraza bajas, con pendientes menores al 4% (ver Foto 12 y Foto 13).



Foto 12 Depósitos de terrazas bajas, margen izquierda del Río de Oro, sector vereda Carrizal



Foto 13 Depósitos de terrazas medias, margen derecha del Río de Oro, sector Q. La Picha

5.2.5. *Depósitos aluviales de cauce y llanura de inundación (Qa)*

Se localizan en la parte más próxima al cauce del Río de Oro y corrientes menores que entregan las aguas al río. Estos depósitos se componen principalmente por cantos de areniscas silíceas, areniscas conglomeráticas, conglomerados, cuarcitas y lodolitas, como también granito, granodiorita, diorita, gabro, neis y esquisto, en una matriz areno lodosa (ver Foto 14).



Foto 14 Llanura aluvial del Río de Oro



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



5.2.6. Rellenos Antrópicos (RelInc)

Sobre las márgenes del Río de Oro se han acumulado materiales provenientes de desechos de construcción, basuras y materiales provenientes de cortes y explanaciones que han alterada el pasaje, su morfología y dinámica hídrica del río de Oro (ver Foto 15 y Foto 16).



Foto 15 Llenos de basuras y escombros, sector industrial de Girón



Foto 16 Rellenos compactados, sector industrial Bucaramanga y Girón, margen derecha Río de Oro



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Estos materiales de rellenos sin compactar se han arrojado sobre la ronda hídrica del río de Oro sin control, que contribuyen a la proliferación de plagas y enfermedades, presencia de malos olores.

5.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

5.3.1. Falla de Bucaramanga

Regionalmente la Falla de Bucaramanga es una falla de rumbo, con dirección constante NW, que en la actualidad presenta hundimientos del bloque Oeste y elevación del bloque Este. En algunos lugares han sido reconocidos movimientos verticales de hasta 20 m de altura y desplazamiento horizontal de 120 Km de longitud. Catalogada como una falla activa debido a los rasgos neotectónicos asociados a ella, con una tasa de actividad de 0.1 a 10 mm/año.

Esta falla presenta cambios en su dirección y una serie de fallas satélites, paralelas a subparalelas que se distribuyen en una franja de 1.0 a 1.5 km. de ancho. Principalmente son fallas sinextrales de alto ángulo, con el levantamiento de los bloques localizados al este, afecta el Macizo de Santander.

Cruza por el borde oriental del Casco urbano de Bucaramanga poniendo en contacto rocas del complejo ígneo – metamórfico del Macizo de Santander, de edad Precámbrica con los depósitos sedimentarios Cuaternarios sobre los que está situada la ciudad.

5.3.2. Falla del Suárez

Esta falla tiene aproximadamente 120 km. de longitud, movimiento principal inverso y leve componente sinextral. Su trayectoria es irregular, preferencialmente N20°E, plano de falla de alto ángulo buzando hacia el Noroeste, y termina al Norte contra la Falla de Bucaramanga delimitando, junto con esta, la depresión tectónica que alberga los depósitos Cuaternarios del Abanico de Bucaramanga, siendo las generadoras de la gran mayoría de lineamientos y pequeñas fallas presentes en la zona de influencia del presente estudio. Localmente presenta fallas satélites subparalelas, de corta longitud como la falla del Río de Oro.

De acuerdo con las evidencias neotectónicas obtenidas, en el sector Norte de la Falla del Suárez se cataloga como activa, con una tasa de movimiento baja de 0,01 – 0,1 mm/año y de Girón hacia el Sur potencialmente activa.

5.4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La descripción de las unidades y la clasificación obtenida sobre el área de estudio a escala 1:25.000, se realizó tomando como base la metodología y la clasificación de unidades geomorfológicas presentadas en el Estudio “Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa de Algunas Laderas de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta” (INGEOMINAS, 2006).



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



El análisis geomorfológico del estudio de Servicio Geológico Colombiano – SGC, utilizó la metodología del ITC de Holanda (Verstappen y Van Zuidam (1975), Verstappen, 1983 y Van Zuidam, 1986). Las unidades extraídas del estudio del SGC fueran agrupadas teniendo en cuenta la nueva escala de trabajo, extrapolándose a la totalidad del área del DMI.

5.4.1. Marco general

Los geomorfólogos se han interesado por muchas décadas en el desarrollo de los diferentes tipos de geoformas, los cuales han sido estudiados y explicados desde el punto de vista de su forma geométrica y de su origen o de los procesos que las han originado. De esta forma, la geomorfología es una disciplina que juega un papel importante en la identificación de los procesos que le dan forma al paisaje, muchos de los cuales permiten predecir la evolución de los mismos y su comportamiento.

5.4.2. Indicadores geomorfológicos

Los indicadores geomorfológicos denotan aspectos relacionados con la forma y morfometría del paisaje que permiten deducir el origen, su evolución y posibles amenazas que lo modifiquen. Formas del paisaje tales como depresiones, lagos de falla, abertura de grietas y prominentes escarpes, sugieren reciente desplazamiento de las fallas y constituyen contundentes indicadores de trazos activos de las fallas. Colinas residuales, escarpes denudacionales, cuerpos de deslizamiento, cárcavas, tierras malas, terracetos, entre otros, representan ciclos de denudación del paisaje.

Cauces actuales, planicies de inundación, terrazas, barras puntuales, meandros y otras geoformas relacionadas con la actividad aluvial, demuestran el poder erosivo y de depositación de las corrientes fluviales.

5.4.3. Elementos geomorfológicos

Geoformas de origen fluvial

- **Cauce o Lecho Actual del Río (F1)**

Los cauces o lechos aluviales corresponden a las áreas por donde frecuentemente circulan las corrientes permanentes de agua. Dependiendo de la época del año estas geoformas pueden presentar una pequeña variación a la escala cartografiada, debido a la divagación de las corrientes (ver Foto 14).

En zonas cercanas a Bahondo se identifican localizan sobre el cauce activo del río de Oro (ver Foto 17).



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Foto 17 Viviendas dentro de la zona de cauce del río de Oro, sector Bahondo

- Llanura de Inundación (F2)



Foto 18 Dique lateral en gaviones revestidos, para evitar desborde del río de Oro, zona urbana de Santa Cruz, Girón

Las zonas correspondientes a llanuras de Inundación corresponden a las zonas donde las corrientes permanentes han venido trabajando. También se conoce como zonas de divagación de corrientes fluviales, estos depósitos se caracterizan por presentar materiales sueltos dejados por una corriente natural de agua o por un movimiento de tipo flujo canalizado. Se localizan a lo largo de los valles de los ríos de Oro y Suratá, y en algunos casos han sido intervenidas por el hombre



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



mediante canalizaciones y/o construcción de diques laterales, evitando el desborde de las corrientes durante avenidas torrenciales (ver Foto 18).

Estas unidades constituyen zonas activas de sedimentación y de inundación por desborde de avenidas torrenciales, por lo que de ninguna manera deben ser habilitadas para usos urbanos (ver Foto 19).



Foto 19 Zonas suburbana sobre la margen derecha del río de Oro en llanura de inundación, sector industrial

- **Niveles de Terraza Aluvial (F3)**

Presentan una morfología plana a ligeramente inclinada limitada por un talud o escarpe adyacente al curso actual del río de Oro. Se forman por la acumulación de material mediante procesos fluviales o fluvio-torrenciales, dejando diferentes niveles con alturas menores a los 2 m para terrazas bajas y de 8 m para terrazas medias.

Se destaca que solo en las corrientes principales como Río de Oro y Frío se pueden observar simultáneamente niveles de terrazas bajas y medias (ver Foto 12 y Foto 13).

A nivel de los escarpes de terraza se presentan sobre su cara frontal con inclinación aproximadamente vertical (entre 80° y 90°), reflejando la socavación y profundización de las corrientes adyacentes.

- **Cono de Deyección y Flujos Torrenciales (F4)**

Modelado fluvial caracterizado por tener una silueta cónica con pendientes menores a 8 grados. Estos se desarrollan donde hay cambios de pendiente entre



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



zonas montañosas y zonas planas o de valle, debido a pérdidas de energía al disminuir la pendiente. Se asocian a las zonas de transición entre el escarpe occidental del abanico de Bucaramanga y en la desembocadura de algunas quebradas o corrientes menores sobre el valle principal aluvial.

En el Escarpe oriental de la Mesa de Lebrija, hacia la parte media e inferior se identifican cuerpos coluviales con granulometría heterogénea, donde se identifican grandes bloques angulares de roca arenisca aflorando sobre la superficie del depósito (ver Foto 11).

A nivel de flujos torrenciales corresponden a flujos canalizados muy rápidos a extremadamente rápidos de detritos saturados, originados por una creciente de un cauce natural con volúmenes excepcionales de materiales provenientes de laderas empinadas contiguas, que se producen por causas hidrometeorológicas, gravitacionales, sísmicas o volcánicas.

Geoformas de origen denudacional

Son aquellas formas del terreno asociadas a factores externos (acción del agua y el viento) que tienen que ver con procesos erosivos. El agua en forma de lluvia, ríos y de escorrentía superficial es el agente principal en los procesos de meteorización, erosión, transporte y depositación de los materiales que generan las geoformas de origen denudacional.

- **Cimas anchas (D1):**

Estas geoformas, también denominadas cumbres, se definen como elevaciones naturales del terreno, de diverso origen, cuyas cúspides tienen formas semicirculares, a partir de las cuales divergen laderas en todas las direcciones. Este tipo de geoformas se presentan achatadas y por lo general semiplanas. Estas formas son comunes en algunas divisorias del abanico de Bucaramanga en su costado occidental.

- **Lomos Denudacionales (D2):**

Corresponden a divisorias de aguas que presentan terminación en forma de crestas semiredondeadas, agudas, aplanadas e incluso llanas. Muchas de estas crestas son aprovechadas para la construcción de caminos de herradura. La inclinación de sus pendientes es mayor a 10° y conforman pendientes rectas a levemente cóncavas. Geoformas de este tipo son comunes en toda el área de estudio, siendo representativas las observadas al occidente de la escarpa del abanico de Bucaramanga, Escarpe de Lebrija y estribaciones de las mesas de Ruitoque.

- **Divisorias Subhorizontales (D3):**



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



Se han agrupado en esta categoría cúspides de colinas con geometría angosta, semiredondeadas a redondeadas, cimas puntiagudas y lomos anchos a angostos.

Las cimas angostas y semiredondeadas presentan en su parte superior laderas con inclinación suave. Las cimas puntiagudas, a diferencia de las cimas angostas, presentan pináculos de colinas con geometría angosta y puntiaguda terminando en forma de punta de lanza. Algunas de estas geoformas se observan hacia la margen izquierda de la Quebrada La Joya, al norte del Barrio Campo Hermoso en Bucaramanga.

Los lomos anchos corresponden a divisorias de aguas que presentan terminación en forma de crestas semiredondeadas, aplanadas e incluso llanas. Muchas de estas crestas son aprovechadas, por su morfología, para la construcción de caminos de herradura. Sus pendientes no superan los 20° y conforman pendientes rectas a levemente cóncavas.

Los lomos angostos y redondeados corresponden a divisorias de aguas que terminan en crestas semiagudas, semiredondeadas a redondeadas, en donde la inclinación de sus partes externas oscila entre 20° y 35°.

- **Laderas Subhorizontales (D4):**

Comprenden superficies naturales suavemente inclinadas del terreno, producto de procesos denudacionales, caracterizada por presentar pendientes menores a 12%. Algunas de estas geoformas son aprovechadas para construir bodegas en los chircales al suroccidente de Girón.

- **Laderas moderadas (D5):**

Superficie natural del terreno, producto de procesos principalmente denudacionales, caracterizada por presentar pendientes onduladas con inclinaciones entre 12 y 25%. Por lo general en estas zonas se presenta una buena cobertura vegetal. Son comunes en toda el área de estudio, particularmente en sectores de pie de ladera aledaños a zonas de fuerte pendiente sobre sectores transicionales a las unidades de dominio aluvial.

- **Laderas muy inclinadas (D6):**

Superficie natural del terreno cuyas laderas son muy empinadas, producto de procesos principalmente denudacionales, caracterizada por presentar pendientes con inclinaciones entre 25 y 75%. Por lo general en estas zonas la cobertura vegetal es moderada a escasa. Su distribución es amplia en toda la zona de estudio, pero son frecuentes en la escarpa occidental de Bucaramanga, donde se erosionan formando escarpes denudacionales.

- **Escarpes denudacionales (D7):**



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



Laderas cortas, verticales o semi-verticales (inclinación mayor a 75%) que se forman en macizos rocosos o en depósitos de suelo firme debido exclusivamente a procesos denudativos o de remoción en masa. Se observan en un alto porcentaje asociadas al escarpe occidental del abanico de Bucaramanga y en el municipio de Girón en las cuencas de las quebradas Las Papas, Zamarcanda, Villa de Los Caballeros, La Fical y El Tornillo.

- **Hondonadas Paralelas y Subparalelas (D8):**

Depresiones alargadas paralelas a la pendiente del terreno, formadas por erosión profunda, algunas de las cuales se asocian a corrientes de agua. A estas geoformas se asocia principalmente la denominada escarpa occidental de la meseta de Bucaramanga, que corresponden a la parte distal del Abanico de Bucaramanga, la cual ha sido disectada profundamente por los agentes denudativos, así como microcuencas en el área de Girón sobre el pie de ladera norte de la Mesa de Ruitoque.

A nivel cartográfico se distinguen por la alta densidad del drenaje y el avance a sectores de tierras malas o bad-lands.

- **Geoformas coluviales (D9):**

Se han agrupado en esta categoría todas las geoformas producto de acumulación de materiales (suelo residual y/o fragmentos de roca), transportados por la acción de la gravedad de zonas puntuales ligeramente más elevadas. Presentan formas irregulares con pendientes leves a moderadas. Se presenta en la mayor parte de la zona de estudio, siendo relevantes en las zonas de pie de ladera adedañas a zonas de mayor pendiente, las zonas más representativas son la ladera oriental del cerro de Palonegro. (Ver Foto 11).

Origen estructural – denudacional

Son aquellas geoformas generadas a partir de la combinación de procesos endógenos (internos) y exógenos (externos), los cuales crean cambios significativos sobre la superficie. Sin las fuerzas internas la tierra tendría una superficie uniforme sin relieve, pero es el tectonismo el encargado de desarrollar las formas del relieve más relevantes, las cuales pueden ser clasificadas de acuerdo con la escala en la cual se consideren sus características. Los aspectos que se relacionan con estas geoformas son la estratificación, fallas, pliegues, lineamientos, foliación, etc.

Por ejemplo, la inclinación a escala pequeña asociada con movimientos de falla produce depresiones, a menudo llenas con agua, que forman las denominadas charcas de falla. Características topográficas de destrucción física, formadas durante períodos de actividad por un gran terremoto, resultan en la formación de lomos truncados. Tales cerros desplazados pueden ser transportados grandes



**Alcaldía de
Bucaramanga**

**ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS**



distancias a lo largo de la falla de rumbo, pudiendo producir cerros o lomos de obturación (Selby, 1985).

Sobre el área de estudio se han agrupado los siguientes elementos geomorfológicos:

- **Lomo, Cima Estructural y silletas de falla (E1)**

El Lomo Estructural corresponde a un abombamiento de la superficie del terreno acompañada por plegamiento y fallamiento. Las dimensiones pueden variar fuertemente de unas decenas de metros a kilómetros o más dando lugar a cerros o montañas enteras alineadas alrededor de un sistema estructural de mayor extensión. Geoformas de este tipo fueron cartografiadas a lo largo del trazo de la Falla del Suárez, destacándose algunos lomos estructurales sobre el escarpe de la Mesa de Lebrija asociados a la Falla del Suárez.

También dentro de esta categoría se han clasificado las silletas de falla que son geoformas con quiebres de pendiente que presentan forma de cabalgadura o montura, situados en una cresta o interfluvio y que son el resultado de desplazamientos vertical o subvertical de planos de falla. Reconocidas principalmente a lo largo de todo el trazo de las Fallas de Bucaramanga y Suárez.

- **Escarpes de falla y facetas triangulares (E2)**

Son desniveles topográficos escarpados que se producen a lo largo de una falla, generados cuando se produce un desplazamiento. Inicialmente el escarpe puede corresponder al afloramiento del plano de falla, que se transforma en una superficie declinada por el proceso de degradación y erosión.

Las facetas triangulares corresponden a superficies de forma triangular o trapezoidal, cuyo ápice apunta hacia arriba. Se presenta en la cara libre de un interfluvio cuando es cortado por una falla. Se considera como el resultado del proceso de degradación y declinación que actúan sobre el escarpe de falla. Estas geoformas se hallan al occidente de la cuenca del Río de Oro, sobre el escarpe oriental del cerro de Palonegro.

- **Laderas Estructurales (E3)**

Son superficies naturales del terreno que se hallan inclinadas, formadas por capas o planos de discontinuidad ubicados en el mismo sentido de la pendiente. Otro tipo de ladera estructural lo constituyen los contraescarpes o contrapendientes estructurales que corresponden a escarpes de falla o ladera que mira en sentido opuesto a la pendiente general de un cerro. La falla puede ser vertical o inclinada con el plano buzando en el sentido opuesto de la pendiente topográfica. Estas geoformas son comunes en los sectores de Café Madrid, El Pablón Alto.

- **Cañada y cauces Estructural (E4)**



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



Microcuenca de forma alargada, limitada por laderas estructurales o filos rocosos, la cual es atravesada longitudinalmente por una falla produciendo valles estrechos y profundos. También se han clasificado dentro de esta categoría cañadas con drenajes rectilíneos que siguen la dirección de la estratificación, foliación o de un sistema de diaclasas dominante, por lo cual tienden a presentarse agrupados o paralelos a sistemas de fallas principales.

Un ejemplo típico lo constituye la Quebrada Montes en el costado noroccidental de la Mesa de Los Santos y la Quebrada la Flora en el sector del Macizo de Santander.

Origen antropogénico

- **Laderas Explanadas (A1)**

Se han agrupado en esta categoría las geoformas de cimas explanadas, laderas terrazadas, cortes verticales, obras de ingeniería y canteras, teniendo como característica común la remoción lineal del material in situ, generando superficies planas y cortes verticales y uniformes, muy distinguibles a nivel de las planchas topográficas.

Las cimas explanadas corresponden a las superficies resultantes como consecuencia de explanaciones realizadas mecánicamente con fines urbanísticos o de infraestructura en la parte alta de interfluvios, cimas estructurales o denudacionales. En muchos barrios del área metropolitana se han realizado este tipo de excavaciones, trayendo como consecuencias problemas de inestabilidad cuando permanecen por largo tiempo expuestas a la erosión generándose cárcavas y hondonadas en los alrededores de estas cimas.

Las laderas terrazadas son superficies naturales del terreno con inclinaciones de la pendiente entre 10° y 90° caracterizada por haber sido intervenidas por la acción del hombre con fines ingenieriles (estabilización de laderas, urbanismo, etc.). Son representativas de esta geoforma, los taludes terrazados con gradas de más de 6 m de altura en el sector del Intercambiador El Bueno - la Autopista a Girón y la vía Palenque – Café Madrid. A nivel de estabilidad estas laderas subverticales afectan principalmente el Miembro Órganos, mostrando buen comportamiento frente a procesos de remoción en masa; sin embargo, frente a los procesos de erosión concentrada son altamente susceptibles.

En muchos sectores en los alrededores de Girón, es común la práctica de terrazar las laderas, lotearlas, venderlas; tiempo durante el cual se genera erosión concentrada en los planos y terrazas conformadas a causa de la exposición de los taludes a acción hídrica de las aguas lluvias y de escorrentía sin obras de control hidráulico y falta de cobertura vegetal protectora de taludes, antes



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



del proceso constructivo generando costos de control de erosión a los proyectos urbanísticos.

Laderas explanadas se asocian a terrenos en donde se han realizado corte en laderas y cuyo material de corte o escombros han sido movidos para llenar zonas contiguas con el fin de adecuar terrenos para viviendas e incluso obras de infraestructura. Estas geoformas son muy comunes en el área de Girón, sobre todo en pequeñas cuencas aledañas a la Autopista a Girón y en barrios como Valle de los Caballeros, Las Papas, Zamarcanda y en algunas laderas como en Corviandi 3, El Paraíso y por la vía Girón – Aeropuerto.

Las canteras son geoformas estrechamente relacionadas con la acción del hombre, en cuanto se refiere a explotación de materiales principalmente de construcción. En diferentes zonas del área estudiada existen canteras para explotación de material arcilloso, arcillo-arenoso del Miembro Finos de la Formación Bucaramanga, niveles conglomeráticos del Miembro órganos de la misma formación y calizas y margas de la Formación Diamante, cuya extracción se realiza a través de cortes verticales y terrazas por medio de buldóceres.

En las canteras de arcillas, el material se acumula, se trabaja y hornea en el mismo sitio donde se fabrican tubos, tejas y ladrillos de diferentes clases. Son comunes chircales en el área de Malpaso en límites entre los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y en la Vereda Lagunetas al occidente de Girón.

- **Llenos de Escombros y Llenos Mixtos (A2)**

Son formas asociadas a botaderos de desechos o estériles provenientes de la explotación minera y de la construcción (ver Foto 15 y Foto 16), distribuidos especialmente a lo largo de del cauce del río de Oro, así como en laderas explanadas y pequeñas depresiones del terreno para uniformizar la superficie.

En la mayoría de los casos a pesar de poseer los permisos respectivos para disponer estos materiales el manejo técnico de estos es muy deficiente y se reciben basuras y materiales que deben ser dispuestos en rellenos sanitarios o de residuos sólidos, estos últimos han sido denominados llenos mixtos (Ver Foto 20).



Foto 20 Llenos compactados, en la zona industrial, margen derecha del río de Oro

5.5. COMPOSICIÓN DEL LECHO DEL RÍO DE ORO

Para el análisis de la socavación se requiere conocer la composición del lecho, que de acuerdo a los análisis del sector cuyos depósitos corresponden a unidades de origen fluvial, suelos transportados aluviales arenos limosos de terraza baja, que arrojaron valores de arenas limosas, con valores promedio de arenas de 53.77% de arenas, 38.42% de finos y un 6.96% de gravas, algunas muestras arrojaron limos y arcillas presentan valores promedio de 39.87% de arenas, 59.27% de finos y 0.86 de gravas, humedades promedio de las muestras que corresponden a esta unidad es de 6.68% y muchas de estas no presentan límite líquido ni límite plástico. Las pocas muestras que arrojaron límites obtuvieron valores promedio de 30.04 de limite líquido, 21.02 de limite plástico y un 9.02% de índice de plasticidad.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



6. **HIDROLOGÍA RÍO DE ORO**

6.1. **DEFINICIÓN DE LA CUENCA**

Con base en la cartografía disponible, el estudio de la CDMB subdivide los 573.59 Km² totales de la subcuenca del Río de Oro, en sus microcuencas principales tal como se resume en la Figura 2 y la Tabla 1.

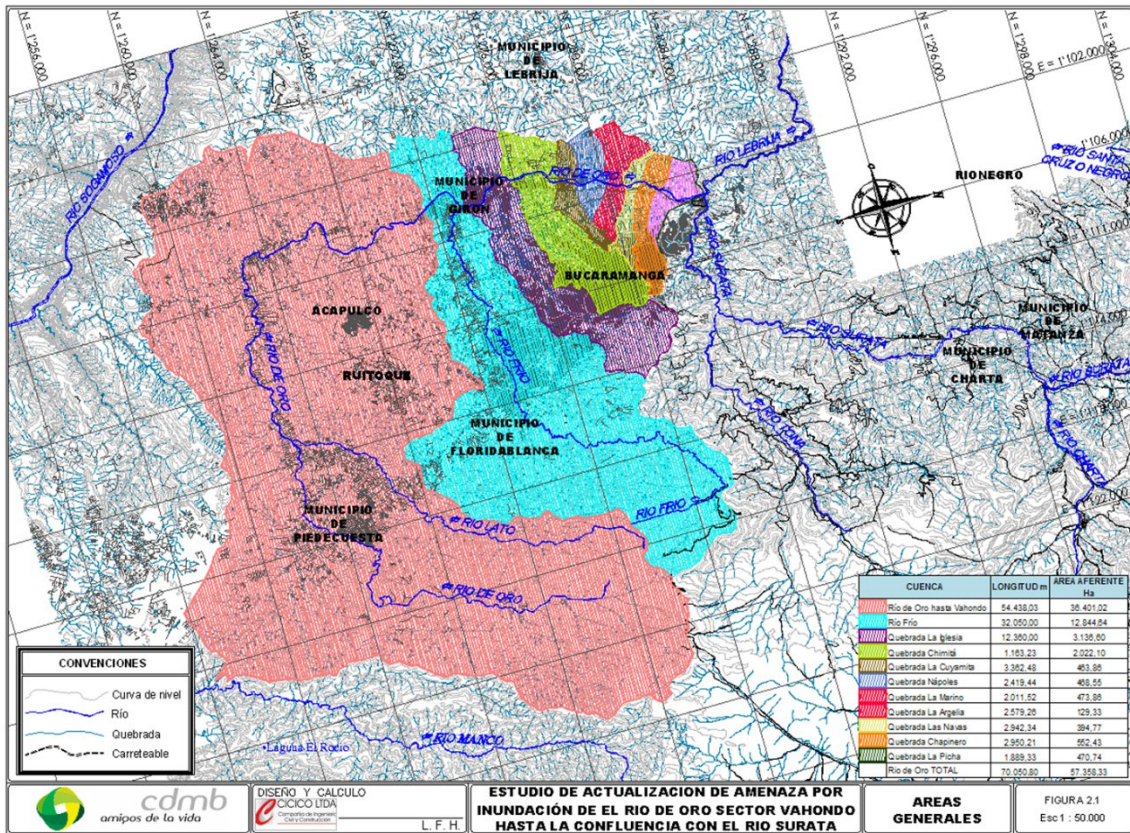


Figura 3 Delimitación de Áreas Aferentes Río de Oro – Fuente: Estudio CDMB

Tabla 1 Microcuencas Río de Oro – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	LONGITUD m	AREA AFERENTE Ha
Río de Oro hasta Bahondo*	54273	36085
Río de Oro hasta Café Madrid**	68069	57357
Río Frío	31750	12.844
Quebrada La Iglesia	7610	3135
Quebrada Chimitá	6309	2.022
Quebrada La Cuyamita	3318	464



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



6.2. PRECIPITACIÓN

6.2.1. Estaciones en el área de estudio

En el área de estudio se encuentran estaciones Pluviográficas, Pluviométricas y Limnimétricas operadas algunas por el IDEAM y otras por la CDMB. De estas se cuenta con la información de 5 estaciones Pluviográficas, de 2 estaciones Pluviométricas, de 2 estaciones Limnimétricas y 1 estación Limnigráfica.

Una descripción de las estaciones disponibles en el área de estudio es como sigue:

Estaciones operadas por el IDEAM

• **Estaciones pluviográficas**

Nombre: Piedecuesta La Granja 2319070
 Latitud: 07 00 N
 Longitud: 75 05 W
 Elevación: 1000 msnm
 Fecha de instalación 1970

Nombre: Llano Grande 2319511
 Latitud: 07 01 N
 Longitud: 73 10 W
 Elevación: 777 msnm
 Fecha de instalación 1971

Nombre: La Floresta 2319059
 Latitud: 07 05 N
 Longitud: 73 08 W
 Elevación: 925 msnm
 Fecha de instalación 1978

Nombre: Vivero Suratá 2319509
 Latitud: 07 05 N
 Longitud: 73 08 W
 Elevación: 925 msnm
 Fecha de instalación 1978

Nombre: Aeropuerto Palonegro 2319513
 Latitud: 07 07 N
 Longitud: 73 11 W
 Elevación: 1189 msnm
 Fecha de instalación 1974



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



• **Estaciones pluviométricas**

Nombre: El Picacho 2319030
 Latitud: 07 21 N
 Longitud: 73 00 W
 Elevación: 1725 msnm
 Fecha de instalación 1968

Nombre: Palogordo 2319028
 Latitud: 06 58 N
 Longitud: 73 07 W
 Elevación: 950 msnm
 Fecha de instalación 1967

• **Estaciones limnimétricas**

Nombre: El Conquistador 2319743
 Latitud: 06 59 N
 Longitud: 73 02 W
 Elevación: 1000 msnm
 Fecha de instalación 1978

Nombre: Bahondo 2319730
 Latitud: 07 03 N
 Longitud: 73 10 W
 Elevación: 690 msnm
 Fecha de instalación 1969

• **Estaciones limnigráficas**

Nombre: Café Madrid 2319729
 Latitud: 07 10 N
 Longitud: 73 09 W
 Elevación: 600 msnm
 Fecha de instalación 1968

De estas estaciones se seleccionó por su disponibilidad de datos y nivel de importancia de acuerdo con su posición relativa en piedemonte o valle, las estaciones de Llano Grande, La Granja, La Floresta y Aeropuerto Palonegro.

La selección de los pluviogramas se realizó a partir de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Estaciones operadas por la CDMB

• **Estaciones pluviográficas**

Nombre: Campestre
 Latitud: E 1.106.398,82 m
 Longitud: N 1.273.071,53 m
 Elevación: 940 msnm

Nombre: El Rasgón
 Latitud: E 1.120.296,24
 Longitud: N 1.270.516,82
 Elevación: 2.140 msnm

A las estaciones seleccionadas se les procesó la información de precipitaciones máximas en 24 horas las cuales sirvieron para la escogencia de algunos de los aguaceros históricos más representativos.

6.2.2. Caracterización Física

Topográficamente una cuenca hidrográfica está delimitada por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales. La medición y análisis morfométrico permiten determinar características de tamaño y forma que dependen de las condiciones geológicas del terreno.

Otros parámetros como el patrón y densidad de las corrientes que drenan el área no sólo dependen de su estructura geológica, sino también del relieve de la superficie terrestre, el clima, la cobertura vegetal y el uso y tipo de suelo.

Con base en este concepto se presenta a continuación el análisis cuantitativo de los parámetros relativos a la forma y relieve de la cuenca y su conexión con la red fluvial.

6.2.3. Parámetros Generales

Se denomina cuenca hidrográfica a la zona de terreno en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto común.

Tabla 2 Áreas por Microcuencas del Río de Oro – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	A (km ²)	A (%)
1. Cuenca media Río de Oro		
Río de Oro Alto	77.58	13.39
Quebrada Grande	54.74	9.50
Quebrada Soratoque	14.37	2.44

Río Lato	51.05	9.11
Quebrada El Palmar	43.39	7.60
Quebrada Ruitoque	107.26	18.73
Quebrada San Antonio	15.62	2.70
2. Cuenca baja Río de Oro		
Río Frío	128.45	22.39
Quebrada La Iglesia	31.35	5.47
Quebrada Chimitá	20.22	3.53
Quebrada Cuyamita	4.64	0.81
Quebrada Nápoles	4.69	0.82
Quebrada Nariño	4.74	0.83
Quebrada Argelia o Cantera	1.29	0.22
Quebrada Las Navas	3.95	0.69
Quebrada Chapinero	5.52	0.96
Quebrada La Picha	4.71	0.82

Tabla 3 Perímetros de las Mircocuencas del Río de Oro – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	P (km)
1. Cuenca media Río de Oro	
Río de Oro Alto	46.89
Quebrada Grande	32.80
Quebrada Soratoque	21.97
Río Lato	48.21
Quebrada El Palmar	32.15
Quebrada Ruitoque	66.44
Quebrada San Antonio	17.69
2. Cuenca baja Río de Oro	
Río Frío	74.33
Quebrada La Iglesia	41.34
Quebrada Chimitá	37.00
Quebrada Cuyamita	16.07
Quebrada Napoles	13.78
Quebrada Nariño	13.94
Quebrada Argelia o Cantera	8.09
Quebrada Las Navas	19.59
Quebrada Chapinero	18.90
Quebrada La Picha	16.83



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 4 Longitudes brazos principales de los cauces – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	L (km)
1. Cuenca media Río de Oro	
Río de Oro Alto	23.80
Quebrada Grande	11.45
Quebrada Soratoque	8.35
Río Lato	21.14
Quebrada El Palmar	9.62
Quebrada Ruitoque	11.57
Quebrada San Antonio	3.09
2. Cuenca baja Río de Oro	
Río Frio	32.05
Quebrada La Iglesia	12.36
Quebrada Chimitá	1.16
Quebrada Cuyamita	3.36
Quebrada Napoles	2.42
Quebrada Nariño	2.01
Quebrada Argelia o Cantera	2.58
Quebrada Las Navas	2.94
Quebrada Chapinero	2.95
Quebrada La Picha	1.89

6.2.4. Parámetros de Forma

La forma de la cuenca permite comprender su hidrología y calcular los riesgos de inundación. Esto se debe a que, dada una determinada cantidad de lluvia, cuanto menos alargada sea la cuenca, mayor será la escorrentía máxima y antes alcanzarán las aguas la salida o desembocadura.

Coefficiente de Gravelius [Cs]

Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra teórica circular de la misma superficie. El coeficiente de Gravelius se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$C_s = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

- Cs : Coeficiente de Gravelius
- P : Perímetro de la Cuenca en km
- A : Área de la cuenca en km²



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Cuanto más irregular sea la hoya mayor es su coeficiente de Gravelius Cs. Las cuencas redondas poseen un coeficiente de compacidad igual a uno, que indica una mayor tendencia a las crecientes.

Tabla 5 Clasificación por Gravelius

Cs	Forma
1.00 - 1.25	Redonda
1.25 - 1.50	Ovalada
1.50 - 1.75	Oblonga

En la siguiente Tabla se resumen los datos calculados para las cuencas en consideración y su respectiva clasificación según su forma:

Tabla 6 Forma de las microcuencas según Cs – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	Cs	Forma
1. Cuenca media Río de Oro		
Río de Oro Alto	1.50	Oblonga
Quebrada Grande	1.25	Ovalada
Quebrada Soratoque	1.64	Oblonga
Río Lato	1.90	Irregular
Quebrada El Palmar	1.38	Ovalada
Quebrada Ruitoque	1.81	Irregular
Quebrada San Antonio	1.26	Ovalada
2. Cuenca baja Río de Oro		
Río Frio	1.85	Irregular
Quebrada La Iglesia	2.08	Irregular
Quebrada Chimitá	2.32	Irregular

Rectángulo Equivalente

Índice obtenido al calcular las dimensiones de un rectángulo que posee la misma área, e igual coeficiente de compacidad y repartición hipsométrica de la cuenca en estudio. Dicho rectángulo, bajo idénticas condiciones climatológicas de cobertura vegetal, y uso del suelo entre curvas de nivel, presenta el mismo escurrimiento de la cuenca en consideración.

$$l = \frac{Cs\sqrt{A}}{1.12} * \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Cs}\right)^2} \right)$$

$$L = \frac{Cs\sqrt{A}}{1.12} * \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Cs}\right)^2} \right)$$

Donde:



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Cs : Coeficiente de Gravelius
A : Área de la cuenca en km²

Los valores obtenidos para las cuencas se presentan a continuación:

Tabla 7 Rectángulos equivalentes – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	I km	L km	AREA km ²
1. Cuenca media Río de Oro			
Río de Oro Alto	3.94	19.68	77.58
Quebrada Grande	4.59	11.94	54.74
Quebrada Soratoque	1.50	9.57	14.37
Río Lato	2.32	21.96	51.05
Quebrada El Palmar	3.39	12.81	43.39
Quebrada Ruitoque	3.59	29.88	107.26
Quebrada San Antonio	2.40	6.51	15.62
2. Cuenca baja Río de Oro			
Río Frio	3.82	33.62	128.45
Quebrada La Iglesia	1.63	19.19	31.37
Quebrada Chimitá	1.16	17.48	20.22

6.2.5. Parámetros de Relieve

La proporción de conversión de energía potencial en energía cinética de las aguas que recorren la cuenca depende del coeficiente de relieve, que se define como la diferencia de altura entre el punto más bajo y el más alto de la cuenca, dividida por la longitud máxima de la misma. La escorrentía suele ser más rápida en cuencas con alta pendiente, lo que provoca caudales más elevados y mayor poder erosivo.

A continuación, se calculan los índices más utilizados para representar cuantitativamente el relieve de la cuenca.

Curva Hipsométrica

Es frecuente definir el relieve por la curva isométrica de la cuenca, que representa gráficamente cotas del terreno en función de las superficies correspondientes. Para realizarlo se lleva, a escalas convenientes, la latitud dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca, para la cual cada punto tiene de cota al menos igual a esa altitud, en proyección horizontal en las abscisas. Esta última se obtiene planimetrando la superficie correspondiente al área definida en la cuenca entre la curva de nivel cuya cota se ha definido en las ordenadas y los límites de la cuenca por encima de la citada cota.

La curva hipsométrica permite caracterizar el relieve. Una pendiente fuerte en el origen hacia cotas inferiores indica llanuras o penillanuras; si la pendiente es muy



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



fuerte hay peligro de inundación. Una pendiente muy débil en esa parte revela un valle encajonado. Una pendiente fuerte hacia la parte media indica una meseta.

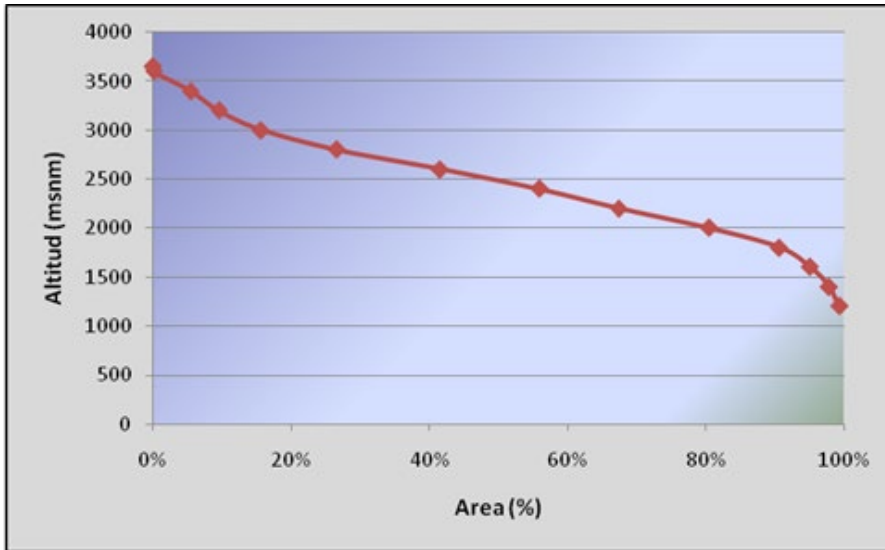


Figura 4 Curva Hipsométrica cuenca Río de Oro Alto – Fuente: Estudio CDMB

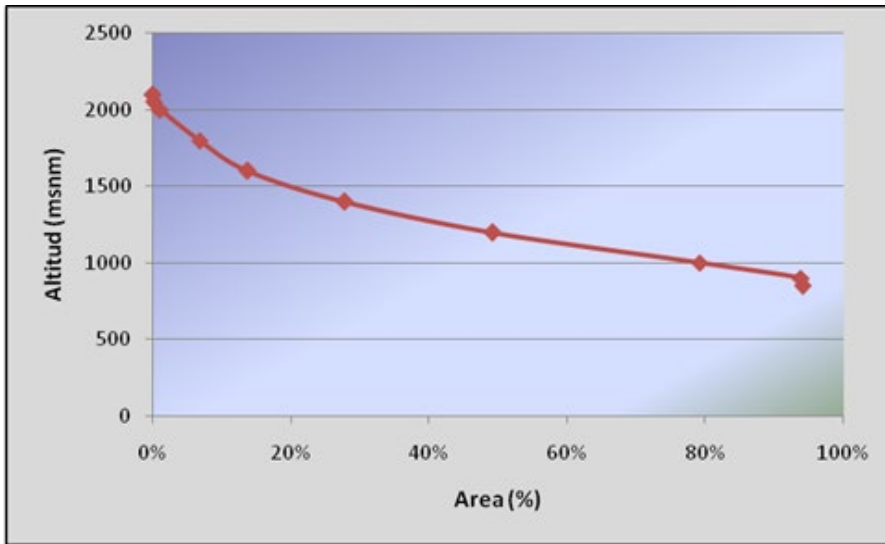


Figura 5 Curva Hipsométrica cuenca Quebrada Grande – Fuente: Estudio CDMB



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

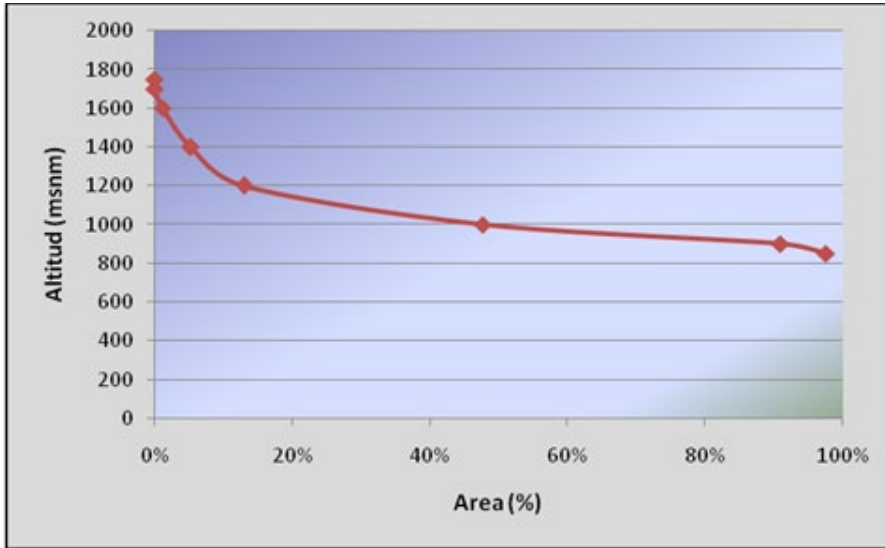


Figura 6 Curva Hipsométrica cuenca Quebrada Soratoque – Fuente: Estudio CDMB

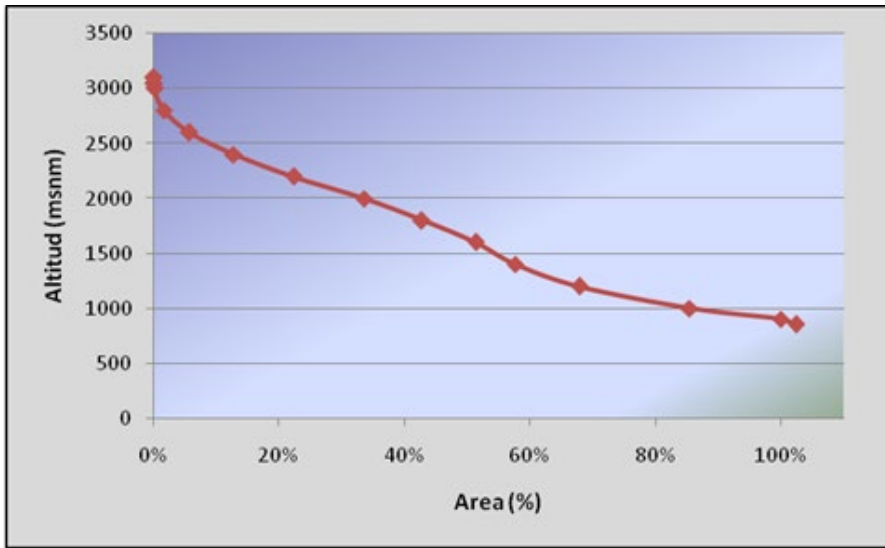


Figura 7 Curva Hipsométrica cuenca Río Lato o Hato – Fuente: Estudio CDMB



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

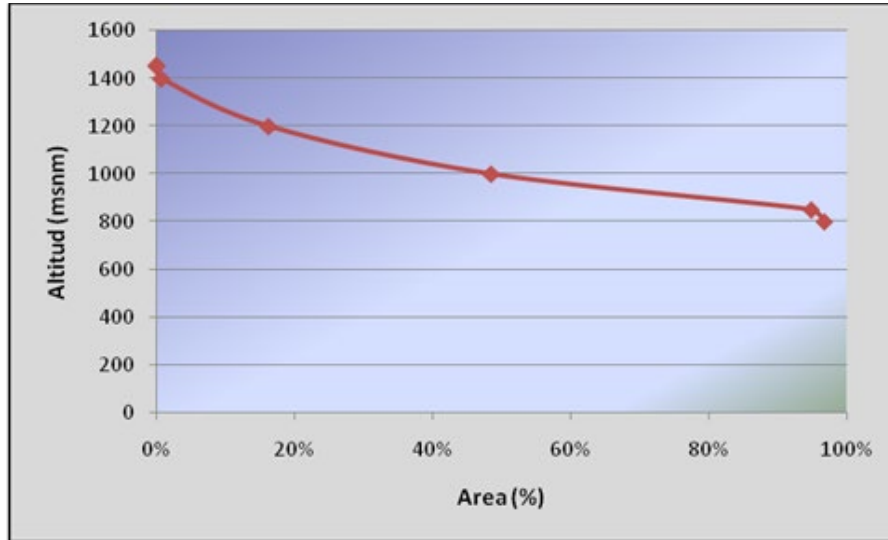


Figura 8 Curva Hipsométrica cuenca Quebrada El Palmar – Fuente: Estudio CDMB

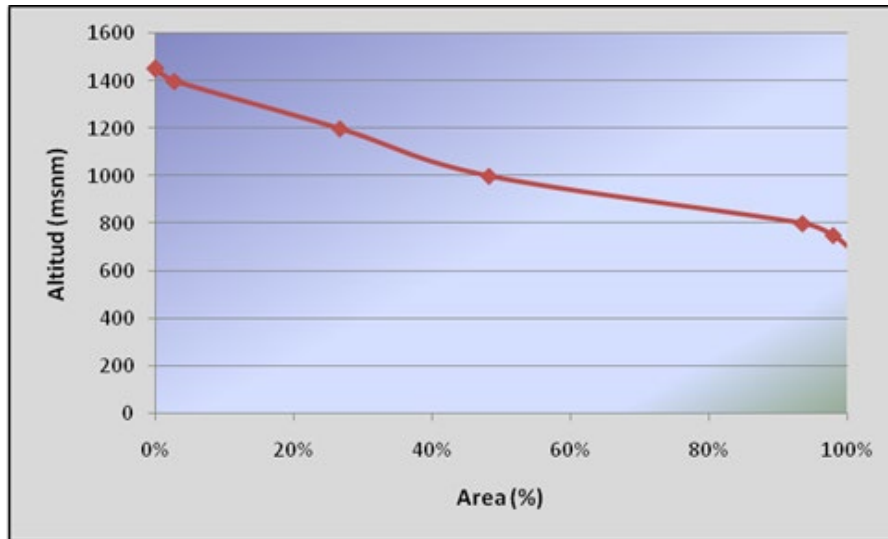


Figura 9 Curva Hipsométrica cuenca Quebrada Ruitoque – Fuente: Estudio CDMB



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

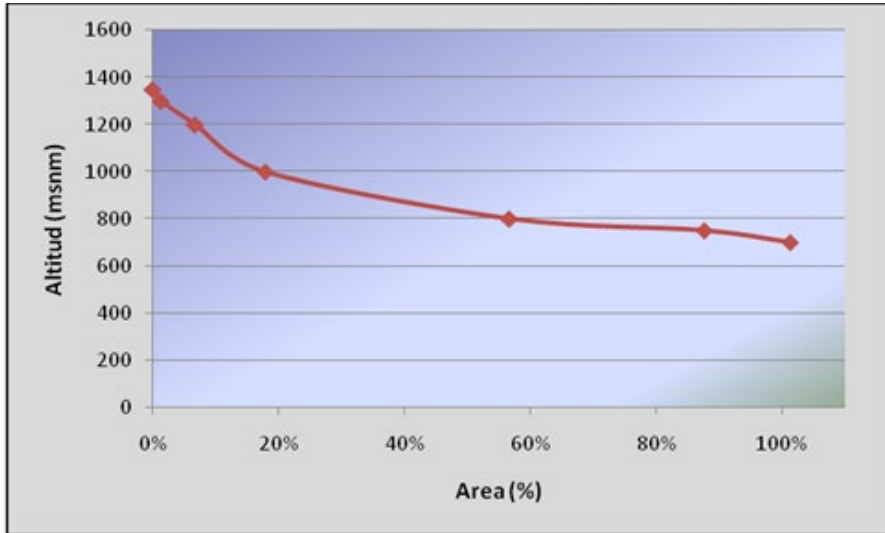


Figura 10 Curva Hipsométrica cuenca Quebrada San Antonio – Fuente: Estudio CDMB

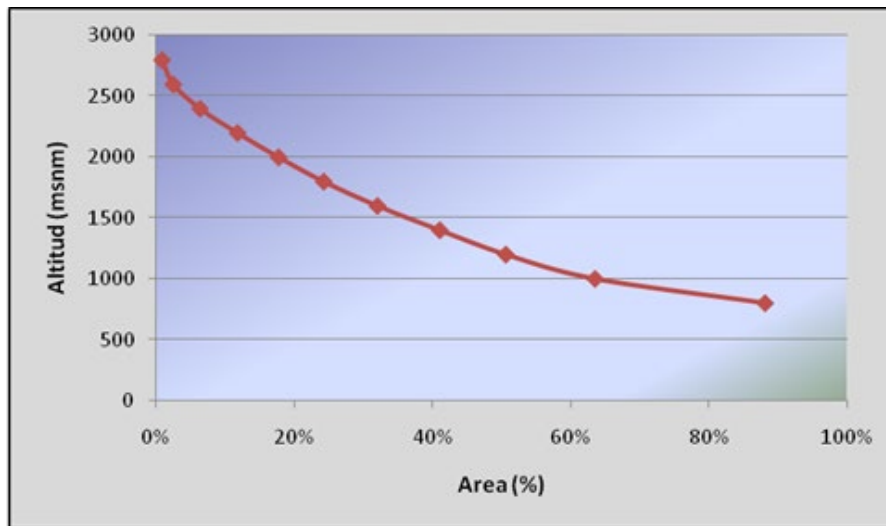


Figura 11 Curva Hipsométrica cuenca Río Frío – Fuente: Estudio CDMB



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

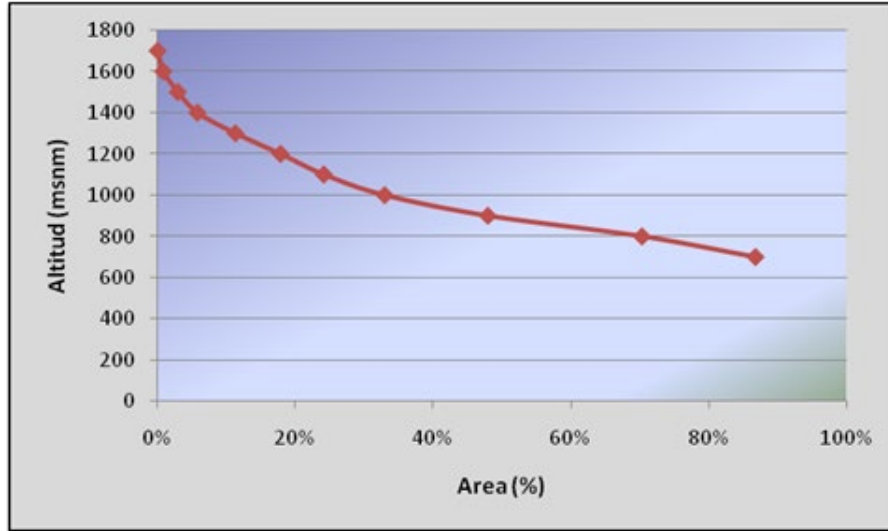


Figura 12 Curva Hipsométrica cuenca Quebrada La Iglesia – Fuente: Estudio CDMB

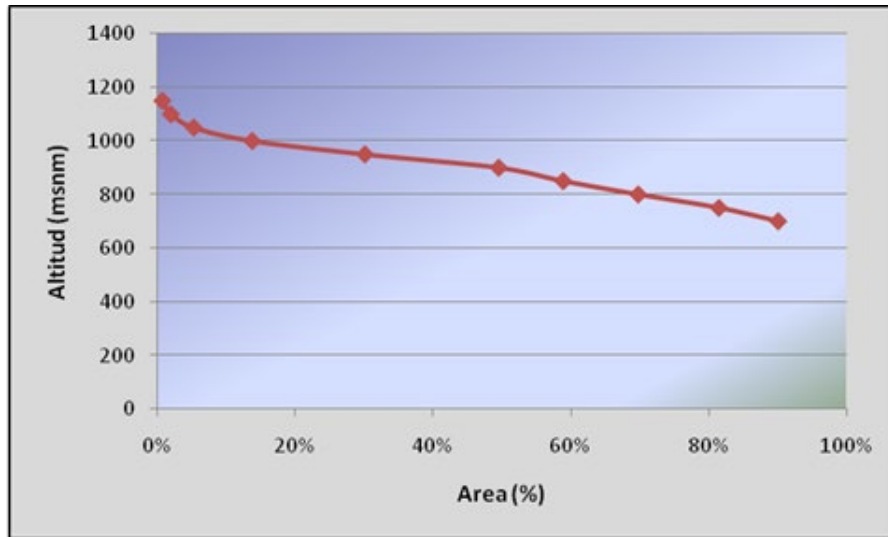


Figura 13 Curva Hipsométrica cuenca Quebrada Chimitá – Fuente: Estudio CDMB

Altura Media [h]

Se calcula como el cociente entre el área de la cuenca y su volumen (superficie comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes coordenados), se define como:

$$h = V / A$$

Donde:



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



- h : Altura media de la cuenca en m
- V : Volumen de la cuenca en m³
- A : Área de la cuenca en m²

La elevación media estimada para las cuencas en estudio se resume en la Tabla 8.

Tabla 8 Altura media por Microcuenca – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	AREA km ²	VOLUMEN km ³	h _{media} m
1. Cuenca media Río de Oro			
Río de Oro Alto	77.58	102	1,320
Quebrada Grande	54.74	22.40	409
Quebrada Soratoque	14.37	2.91	203
Río Lato	51.05	41.87	820
Quebrada El Palmar	43.39	10.30	237
Quebrada Ruitoque	107.26	36.89	344
Quebrada San Antonio	15.62	2.92	187
2. Cuenca baja Río de Oro			
Quebrada La Iglesia	31.37	8.10	258
Río Frío	128.45	75.66	589
Quebrada Chimitá	20.22	2.82	140

6.2.6. Parámetros de Relieve en relación con la erosión

Coefficiente de Masividad [tg α]

Permite diferenciar cuencas de igual elevación media y relieve distinto, aun cuando no es suficiente para caracterizar la proclividad a la erosión de una cuenca, pues da valores iguales en el caso de cuencas diferenciadas, como es el caso en el que altura media y superficie aumente proporcionalmente. La ecuación matemática que identifica este coeficiente es la siguiente:

$$tg \alpha = h / A$$

Donde:

- tg α : Coeficiente de Masividad
- h : Altura media de la cuenca en m
- A : Área de la cuenca en Km²

Tabla 9 Coeficiente de masividad

CUENCA	h _{media} m	AREA km ²	tg α
1. Cuenca media Río de Oro			
Río de Oro Alto	1320.40	77.58	17.02
Quebrada Grande	409.20	54.74	7.48
Quebrada Soratoque	202.54	14.37	14.10
Río Lato	820.10	51.05	16.06



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Quebrada El Palmar	237.34	43.39	5.47
Quebrada Ruitoque	343.90	107.26	3.21
Quebrada San Antonio	187.17	15.62	11.98
2. Cuenca baja Río de Oro			
Río Frio	589.07	128.45	4.59
Quebrada La Iglesia	258.13	31.37	8.23
Quebrada Chimitá	139.67	20.22	6.91

Valores menores de $tg \alpha$ indican menor disponibilidad del relieve de la cuenca a la erosión.

Coefficiente Orográfico [Co]

Índice que permite identificar lo accidentado del relieve de la cuenca. Combina los dos parámetros del relieve actuantes en los procesos erosivos; la altura media, sobre la energía potencial del agua; y la inclinación característica de las laderas de la cuenca, sobre la energía cinética del flujo de la escorrentía superficial. Se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$C_o = h * tg\alpha$$

Donde:

- Co : Coeficiente Orográfico
- tg α : Coeficiente de Masividad
- h : Altura media de la cuenca en km

La clasificación del relieve según el coeficiente Ortográfico se presenta a continuación para las microcuencas del Río de Oro:

Tabla 10 Coeficiente Orográfico CO

CUENCA	CO
1. Cuenca media Río de Oro	
Río de Oro Alto	22473
Quebrada Grande	3059
Quebrada Soratoque	2855
Río Lato	13174
Quebrada El Palmar	1298
Quebrada Ruitoque	1103
Quebrada San Antonio	2243
2. Cuenca baja Río de Oro	
Río Frio	2702
Quebrada La Iglesia	2124
Quebrada Chimitá	965



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye. Por esta razón toma valores bastante grades para microcuencas pequeñas y montañosas, disminuyendo en cuencas extensas y de baja pendiente. Esto implica que cuencas como Río de Oro Alto, Río Lato (o Río Hato) y Quebrada Argelia con coeficientes orográficos muy superiores a las otras microcuencas del orden de 22473, 13174 y 10731 respectivamente que representan un relieve accidentado.

6.2.7. Parámetros Relativos a la Red Hidrográfica

Cuando la escorrentía se concentra, la superficie terrestre se erosiona creando un canal. Los canales de drenaje forman una red que recoge las aguas de toda la cuenca y las vierte en su cauce principal, el clima y el relieve del suelo influyen en el patrón de la red, pero la estructura geológica subyacente suele ser el factor más relevante. Las cuencas en estudio presentan patrones hidrográficos que corresponden a redes dendríticas (en forma de árbol) cuyas características se analizan a continuación.

Densidad de Drenaje [D]

Es una medida de la textura de la red, y expresa el equilibrio entre el poder erosivo del caudal y la resistencia del suelo y rocas de superficie, se calcula dividiendo la longitud total de los canales por el área global de la cuenca:

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A}$$

Donde:

- Dd : Densidad de drenaje en km/km²
- ∑ Li : Suma de las longitudes de las corrientes de la red en km
- A : Área de la cuenca en km²

Las cuencas de baja densidad se ubican en áreas de elevada permeabilidad o de litología resistente, bajo una cobertura vegetal densa y sobre relieves suaves. Cuando la densidad es muy elevada, la permeabilidad es menor o la geología menos resistente, la vegetación es escasa y el relieve quebrado.

Los valores de densidad de drenaje D generalmente oscilan entre 0.5 Km/Km² para cuencas de drenaje pobre, hasta 3.5 Km/Km² para cuencas excepcionalmente bien drenadas. La escorrentía y el caudal máximo aumentan considerablemente con la densidad de drenaje.



Alcaldía de
Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 11 Densidad de Drenaje – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	$\sum Li$ km	AREA km ²	D km/km ²
1. Cuenca media Río de Oro			
Río de Oro Alto	188.27	77.58	2.43
Quebrada Grande	203.68	54.74	3.72
Quebrada Soratoque	49.34	14.37	3.43
Río Lato	164.85	51.05	3.23
Quebrada El Palmar	140.19	43.39	3.23
Quebrada Ruitoque	386.83	107.26	3.61
Quebrada San Antonio	58.16	15.62	3.72
2. Cuenca baja Río de Oro			
Río Frío	411.16	128.45	3.20
Quebrada La Iglesia	101.99	31.37	3.25
Quebrada Chimitá	64.13	20.22	3.17

Pendiente Media del Cauce Principal [SC]

La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua tiene una relación directa con la pendiente de los canales. La pendiente del cauce principal en la cuenca se estima utilizando la siguiente expresión:

$$S_c = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} * 100$$

Donde:

- Sc : pendiente media de la cuenca, en tanto por ciento.
- Hmáx : Cota máxima del cauce en msnm
- Hmín : Cota mínima del cauce en msnm
- L : Longitud del cauce principal en m

Tabla 12 Pendiente media de la corriente principal – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	ALTITUD		L Km	Sc %
	Inicial (Hmax)	Final (Hmin)		
1. Cuenca media Río de Oro				
Río de Oro Alto	3500	1050	23.80	10.29
Quebrada Grande	1300	900	11.45	3.49
Quebrada Soratoque	1650	900	8.35	8.98
Río Lato	2900	900	21.14	9.46
Quebrada El Palmar	1300	850	9.62	4.68
Quebrada Ruitoque	1200	750	11.57	3.89
Quebrada San Antonio	850	750	3.09	3.24
2. Cuenca baja Río de Oro				
Río Frío	2800	1200	32.05	4.99
Quebrada La Iglesia	1700	1300	12.36	3.24
Quebrada Chimitá	920	680	1.16	20.63



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Alejamiento Medio [am]

Coeficiente que resulta de la relación entre la corriente de agua más larga de la red y el área de la cuenca. Este coeficiente nos permite estimar la ruta del tiempo de concentración.

$$a_m = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- a_m : Alejamiento medio
- A : Área de la cuenca en Km²
- L : Longitud de la corriente más larga en Km

Tabla 13 Alejamiento medio – Fuente: Estudio CDMB

CUENCA	L km	AREA km ²	a _m
1. Cuenca media Río de Oro			
Río de Oro Alto	23.80	77.58	2.70
Quebrada Grande	11.45	54.74	1.55
Quebrada Soratoque	8.35	14.37	2.20
Río Lato	21.14	51.05	2.96
Quebrada El Palmar	9.62	43.39	1.46
Quebrada Ruitoque	11.57	107.26	1.12
Quebrada San Antonio	3.09	15.62	0.78
2. Cuenca baja Río de Oro			
Río Frio	32.05	128.45	2.83
Quebrada La Iglesia	12.36	31.37	2.21
Quebrada Chimitá	1.16	20.22	0.26

Tiempo de Concentración [Tc]

Es el tiempo de flujo desde el punto más alejado hasta la salida de la cuenca, o tiempo para el cual toda la cuenca empieza a contribuir. Para calcularlo se han desarrollado diversas expresiones matemáticas entre ellas la fórmula de Kirpich y la ecuación de Giandotti.

Ecuación de Giandotti

$$T_c = \frac{4 * A^{0.5} + 1.5 * L}{0.8 * H^{0.5}}$$

Donde:

- T_c = Tiempo de concentración, en horas.
- A = Área, en Km².
- L = Longitud del cauce desde el punto más alejado, en Km.
- H = Diferencia de cotas, en m.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Ecuación de Kirpich:

$$T_c = 0.066 * \left(\frac{L}{J^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Donde:

- T_c = Tiempo de concentración, en horas.
- L = Longitud del cauce desde el punto más alejado, en Km.
- J = Pendiente, en m/m.

Tabla 14 Tiempos de Concentración T_c – Fuente: Estudio CDMB

Método	Cuenca	T _c horas
Kirpich	Rio de Oro Alto	1.83
	Quebrada Grande	1.58
	Quebrada Soratoque	0.86
	Rio Lato	1.72
	Quebrada El Palmar	1.23
	Quebrada Ruitoque	1.53
	Quebrada San Antonio	0.59
	Rio Frio	3.04
	Quebrada La Iglesia	1.72
	Quebrada Chimitá	0.14
	Quebrada Cuyamita	0.47
	Quebrada Nápoles	0.31
	Quebrada Nariño	0.26
	Quebrada Argelia o Cantera	0.33
	Quebrada Las Navas	0.37
Quebrada Chapinero	0.36	
Quebrada La Picha	0.24	
Giandotti	Rio de Oro Alto	2.44
	Quebrada Grande	2.89
	Quebrada Soratoque	2.43
	Rio Lato	2.63
	Quebrada El Palmar	3.31
	Quebrada Ruitoque	3.96
	Quebrada San Antonio	0.90
	Rio Frio	2.61
	Quebrada La Iglesia	1.32
	Quebrada Chimitá	0.87

Con base en los parámetros anteriores puede deducirse que las microcuencas de la Quebrada Grande con un Cs de 1.25 y un área aferente equivalente al 9.5 % (Ver áreas aferentes en % en Tabla 2) del área total aferente y la Quebrada El Palmar con un Cs de 1.38 y un área aferente equivalente al 7.6% del área total



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



aferente se constituyen en las cuencas más susceptibles de aportar crecientes; la quebrada San Antonio con un coeficiente Cs de 1.26 corresponde a otra de las de mayor tendencia a las crecientes, pero esta microcuenca a su vez posee una pequeña área aferente (15.62 Km²) equivalente al 2.7 % del área total de la subcuenca media del Río de Oro. Por otra parte, esta microcuenca posee la altura media más pequeña (185 m) de todas las microcuencas, lo cual minimiza la eventual conversión de su energía potencial en energía cinética.

6.3. TRATAMIENTO PROBABILÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Se realizó el cálculo de las precipitaciones para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años para las estaciones de Llano Grande, La Granja, La Floresta, Aeropuerto Palonegro, Rasgón y Campestre, las cuales presentan los mayores índices de precipitación en 24 horas para las condiciones de valle y piedemonte, respectivamente, en que se halla dividida topográficamente la cuenca.

Los procesos hidrológicos evolucionan en el espacio y en el tiempo de una forma que es parcialmente predecible, o determinística y parcialmente aleatoria. Un proceso de este tipo se llama estocástico.

Los métodos estadísticos están basados en principios matemáticos que describen la variación aleatoria de un conjunto de observaciones de un proceso, y estos centran su atención en las observaciones mismas, en lugar de los procesos físicos que la producen.

La probabilidad de un evento es la posibilidad de que este ocurra cuando se hace una observación de la variable aleatoria.

Se presenta una selección de las distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas para variables hidrológicas.

Normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x-\mu}{2\sigma^2}\right)$$

Rango

$$\infty \leq x \leq \infty$$

En donde

μ = Media aritmética = X promedio

σ = Desviación Standard

Log normal

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{y - \mu_y}{2\sigma_y^2}\right)$$

Rango

$$x > 0$$

En donde

μ = Media aritmética = y promedio

σ = Desviación Standard

Pearson tipo III

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \left(\lambda^\beta (x - \varepsilon)^{\beta-1} * e^{-\lambda(x-\varepsilon)} \right)$$

Rango

$$X \geq \varepsilon$$

Log Pearson tipo III

$$f(x) = \frac{1}{x\Gamma(\beta)} \lambda^\beta (y - \varepsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\varepsilon)}$$

Rango

$$\text{Log}x \geq \varepsilon$$

En donde:

Γ = Función Gamma

$$B = \frac{1}{CV^2}$$

$$\varepsilon = \text{límite inferior de la muestra} = y - s_y \sqrt{\beta}$$

Gumbel tipo I extremo

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$$

Rango

$$\infty < x < \infty$$

En donde



Alcaldía de
Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



μ = Media aritmética

σ = Desviación Standard

$\lambda = 1 / \bar{x}$

CV = Coeficiente de variación = $\frac{\sigma}{\mu}$

6.4. RESULTADOS DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

6.4.1. Precipitaciones máximas en 24 horas

En primera instancia se analizaron los valores de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones seleccionadas de Llano Grande, La granja, La Floresta, Aeropuerto Palonegro, Club Campestre y El Rasgón. Para ello se aplicaron las seis funciones de distribución de probabilidad mencionadas a cada una de ellas para luego seleccionar la que más se ajustara a los datos.

Una selección apresurada de cualquiera de las funciones podría traducirse en una estructura sobre diseñada y costosa o subdiseñada y peligrosa por eso la selección debe realizarse cuidadosamente. A continuación, se describen algunos métodos para hacerlo.

1. **Método del error cuadrático mínimo.** Consiste en calcular para cada función de distribución el error cuadrático y escoger la que tenga un menor valor.
2. **Pruebas de bondad del ajuste.** Las más conocidas son la de X^2 y la de Kolmogorov-Smirnov. Se debe tener precaución al utilizar estas pruebas pues sus resultados dependen mucho de la selección de los intervalos y del tamaño de la muestra, incluso pueden resultar contradictorios para una misma muestra.
3. **Análisis gráfico.** Consiste en inspeccionar una gráfica donde se haya dibujado cada una de las diferentes funciones junto con los puntos medidos, la función de distribución seleccionada será la que se ajuste visualmente mejor a los datos medidos.

La aplicación de los métodos de prueba de bondad y análisis gráfico arrojaron diferencias por lo que se optó entonces por adoptar como válido el método gráfico.

En la aplicación del análisis gráfico para la selección de las distribuciones que mejor se ajustaran para cada estación para la selección de la precipitación máxima en 24 horas, los resultados obtenidos fueron los que se muestran en la Tabla 15.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 15 Funciones de distribución seleccionadas para cada estación para el cálculo de la precipitación máxima en 24 horas – Fuente: Estudio CDMB

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN SELECCIONADA
Llano Grande	Pearson III
La Granja	Log normal
La Floresta	Normal
Aeropuerto Palonegro	Gumbel
Club Campestre	Log pearson III
El Rasgón	Pearson III

En la Tabla 16 se muestran los valores máximos de precipitación en 24 horas para los diferentes periodos de retorno para cada estación.

Tabla 16 Precipitación máxima en 24 H en cada estación para distintos periodos de retorno – Fuente: Estudio CDMB

Tr (años)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 H (mm)					
	LLANO GRANDE	LA GRANJA	LA FLORESTA	AEROPUERTO PALONEGRO	CLUB CAMPESTRE	EL RASGÓN
500	239.47	165.55	133.20	176.96	161.69	141.44
100	182.01	143.82	121.83	147.48	129.29	115.98
50	158.19	134.15	116.21	134.72	116.61	104.71
25	134.95	124.17	109.96	121.87	104.53	93.15
10	105.21	110.16	100.29	104.55	89.23	77.16
5	83.51	98.45	91.21	90.84	77.82	64.14
3	68.00	88.65	82.74	79.93	69.16	53.60
2	56.04	79.43	73.87	70.13	61.73	44.13

6.4.2. Precipitaciones para diferentes duraciones de lluvia

Siguiendo el mismo procedimiento aplicado a las precipitaciones máximas en 24 horas, se seleccionaron las funciones de distribución que mejor se aplicaran a los datos de los aguaceros que se tenía registrados para cada estación. En la Tabla 17 se muestran las funciones de distribución seleccionadas para cada estación.

Tabla 17 Funciones de distribución seleccionadas para cada estación para el cálculo de la precipitación para diferentes duraciones de lluvia – Fuente: Estudio CDMB

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN SELECCIONADA
Llano Grande	Pearson III
La Granja	Log pearson III
La Floresta	Pearson III
Aeropuerto Palonegro	Pearson III
Club Campestre	Gumbel
El Rasgón	Log pearson III



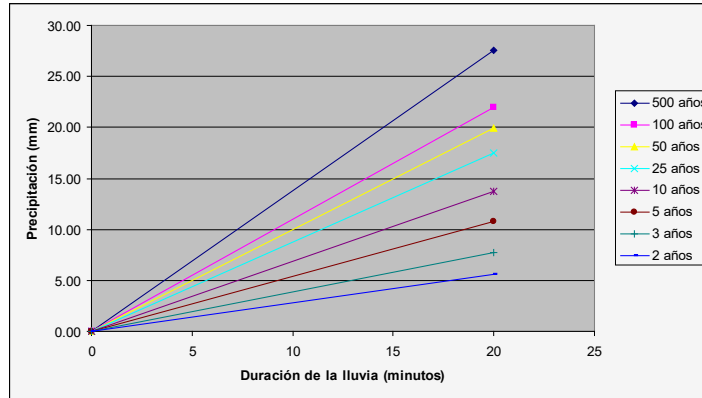
Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Con base en la función de distribución seleccionada para cada estación, se hallaron las ecuaciones de las líneas de tendencia que más se ajustaran a los datos las cuales se muestran desde la Tabla 18 hasta la Tabla 29.

Tabla 18 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia menores a 20 minutos para la estación de Llano Grande – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA MENORES A 20 MINUTOS
500	$P=1.3755*tr$
100	$P=1.1008*tr$
50	$P=0.9986*tr$
25	$P=0.8732*tr$
10	$P=0.6886*tr$
5	$P=0.5367*tr$
3	$P=0.387*tr$
2	$P=0.281*tr$

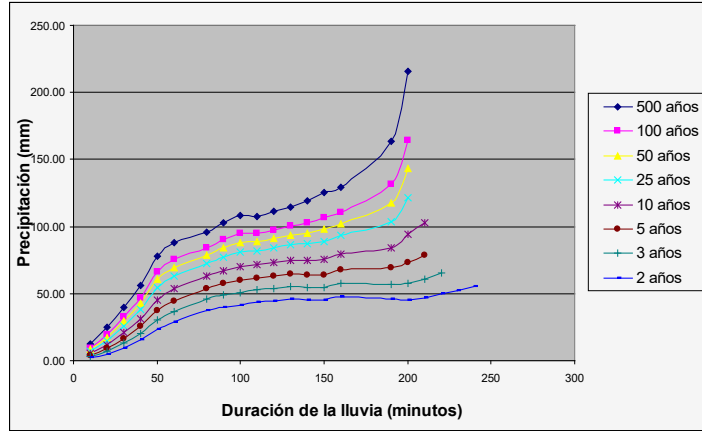


Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 19 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia entre 20 y 200 minutos para la estación de Llano Grande – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA ENTRE 20 Y 200 MINUTOS
500	$P=0.00009*tr^3-0.0277*tr^2+3.2013*tr-26.156$
100	$P=0.00007*tr^3-0.0232*tr^2+2.783*tr-24.924$
50	$P=0.00005*tr^3-0.0174*tr^2+2.3065*tr-19.599$
25	$P=0.00004*tr^3-0.0149*tr^2+2.0639*tr-18.216$
10	$P=0.00003*tr^3-0.0119*tr^2+1.7443*tr-16.595$
5	$P=0.00002*tr^3-0.0088*tr^2+1.4114*tr-14.134$
3	$P=0.00002*tr^3-0.0087*tr^2+1.3243*tr-15.414$
2	$P=0.00001*tr^3-0.0051*tr^2+0.9354*tr-11.128$

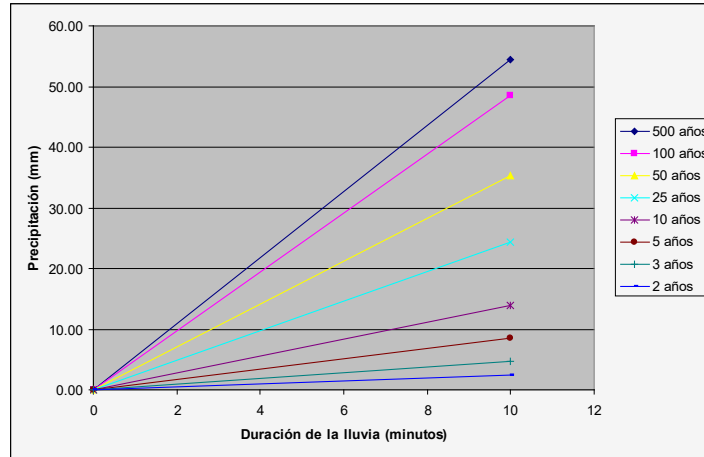


Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

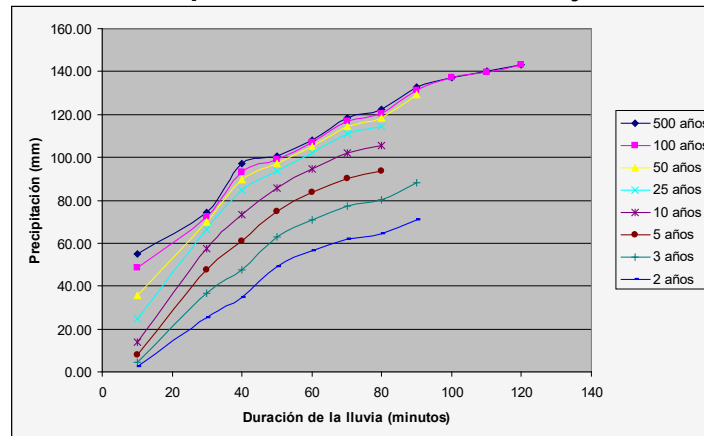


Tabla 20 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia menores a 10 minutos para la estación de La Granja – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA MENORES A 10 MINUTOS
500	$P=5.437*tr$
100	$P=4.8538*tr$
50	$P=3.5268*tr$
25	$P=2.4298*tr$
10	$P=1.396*tr$
5	$P=0.8456*tr$
3	$P=0.4662*tr$
2	$P=0.2434*tr$

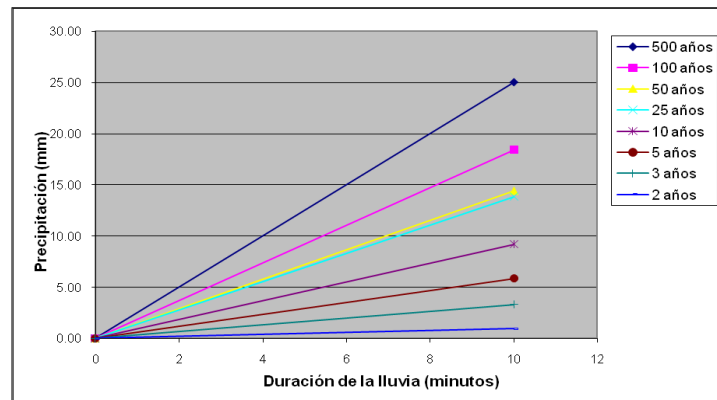
Tabla 21 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia entre 10 y 120 minutos para la estación de La Granja – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA ENTRE 10 Y 120 MINUTOS
---------	---

500	$P = -0.000005 \cdot tr^3 - 0.0042 \cdot tr^2 + 1.4274 \cdot tr + 40.521$
100	$P = 0.0000007 \cdot tr^3 - 0.0058 \cdot tr^2 + 1.6012 \cdot tr + 33.105$
50	$P = 0.00007 \cdot tr^3 - 0.0208 \cdot tr^2 + 2.5942 \cdot tr + 11.336$
25	$P = 0.0002 \cdot tr^3 - 0.0414 \cdot tr^2 + 3.6006 \cdot tr - 7.7681$
10	$P = 0.00007 \cdot tr^3 - 0.0259 \cdot tr^2 + 3.1299 \cdot tr - 14.819$
5	$P = -0.0132 \cdot tr^2 + 2.4276 \cdot tr - 14.5$
3	$P = -0.0093 \cdot tr^2 + 1.9612 \cdot tr - 14.02$
2	$P = -0.0051 \cdot tr^2 + 1.3947 \cdot tr - 11.003$

Tabla 22 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia menores a 10 minutos para la estación de La Floresta – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA MENORES A 10 MINUTOS
500	$P = 2,501 \cdot tr$
100	$P = 1,840 \cdot tr$
50	$P = 1,441 \cdot tr$
25	$P = 1,383 \cdot tr$
10	$P = 0,920 \cdot tr$
5	$P = 0,586 \cdot tr$
3	$P = 0,329 \cdot tr$
2	$P = 0,094 \cdot tr$



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 23 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia entre 10 y 150 minutos para la estación de La Floresta – Fuente: Estudio CDMB

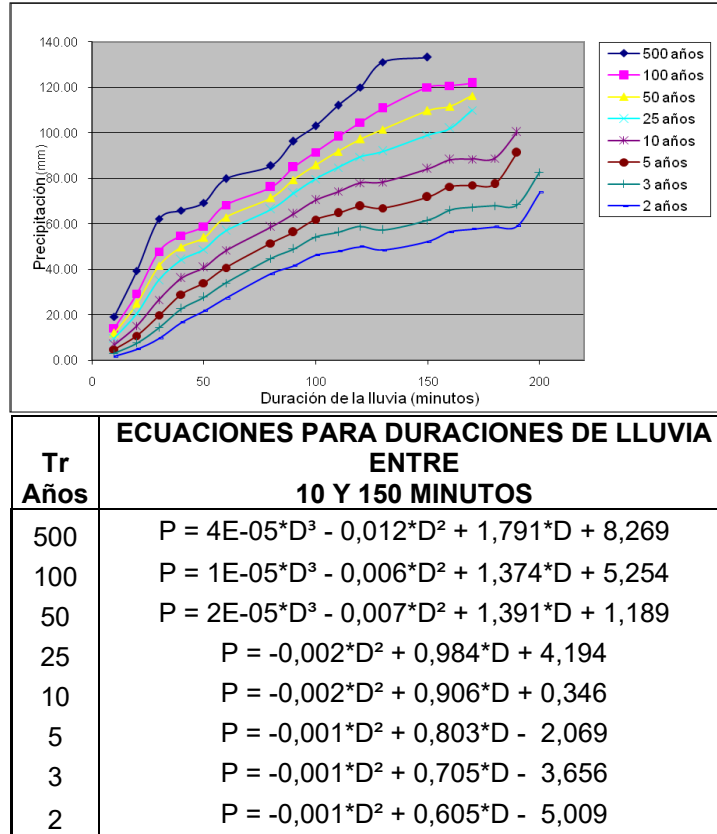
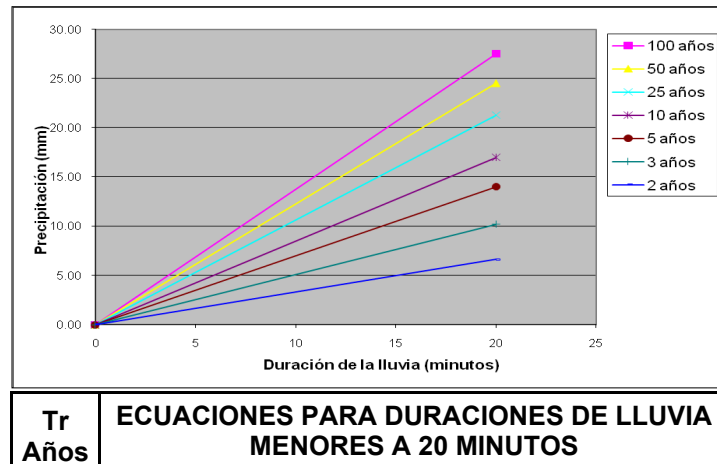
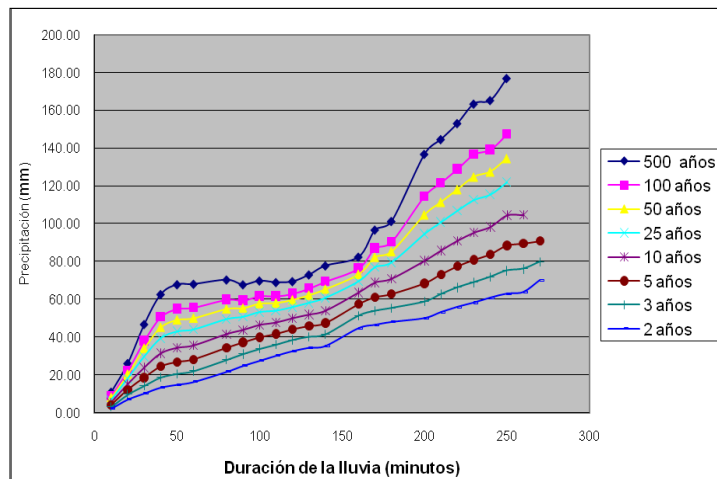


Tabla 24 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia menores a 20 minutos para la estación de Aeropuerto Palonegro – Fuente: Estudio CDMB



500	$P = 1,715 * tr$
100	$P = 1,375 * tr$
50	$P = 1,226 * tr$
25	$P = 1,064 * tr$
10	$P = 0,848 * tr$
5	$P = 0,700 * tr$
3	$P = 0,509 * tr$
2	$P = 0,331 * tr$

Tabla 25 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia entre 20 y 120 minutos para la estación de Aeropuerto Palonegro – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA ENTRE 20 Y 250 MINUTOS
500	$P = 3E-05 * D^3 - 0,008 * D^2 + 1,192 * D + 13,43$
100	$P = 2E-05 * D^3 - 0,006 * D^2 + 0,995 * D + 9,852$
50	$P = 2E-05 * D^3 - 0,005 * D^2 + 0,906 * D + 8,248$
25	$P = 1E-05 * D^3 - 0,004 * D^2 + 0,811 * D + 6,591$
10	$P = 7E-06 * D^3 - 0,002 * D^2 + 0,583 * D + 6,049$
5	$P = 7E-06 * D^2 + 0,311 * D + 7,779$
3	$P = -7E-05 * D^2 + 0,298 * D + 4,257$
2	$P = -1E-04 * D^2 + 0,272 * D + 1,219$

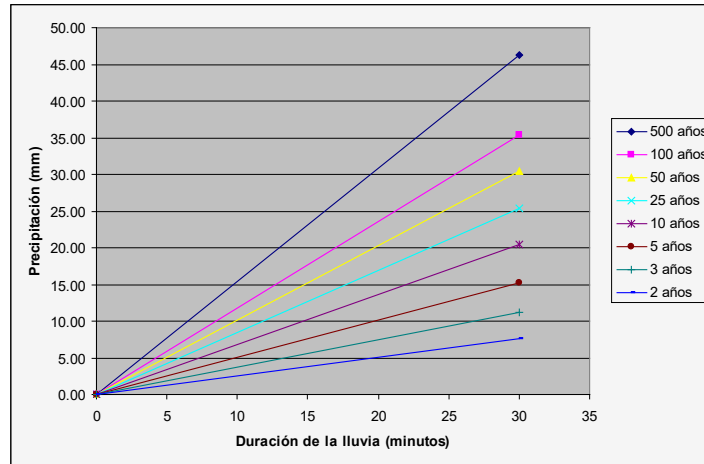


Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

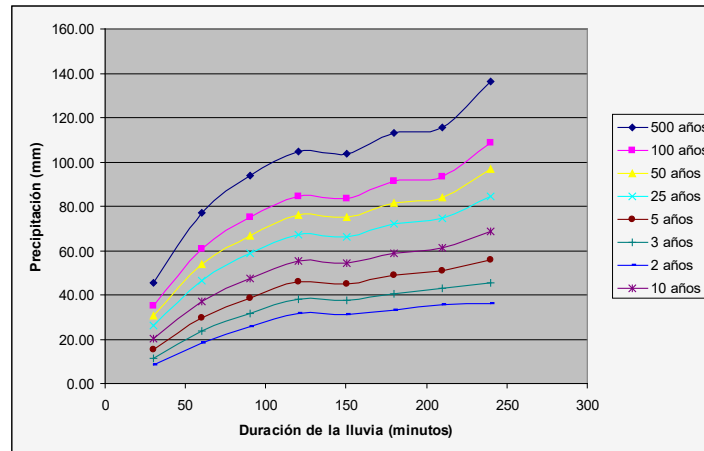


Tabla 26 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia menores a 30 minutos para la estación de Club Campestre – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA MENORES A 30 MINUTOS
500	$P=1.5413*tr$
100	$P=1.1784*tr$
50	$P=1.0151*tr$
25	$P=0.8481*tr$
10	$P=0.6823*tr$
5	$P=0.5063*tr$
3	$P=0.3715*tr$
2	$P=0.2513*tr$

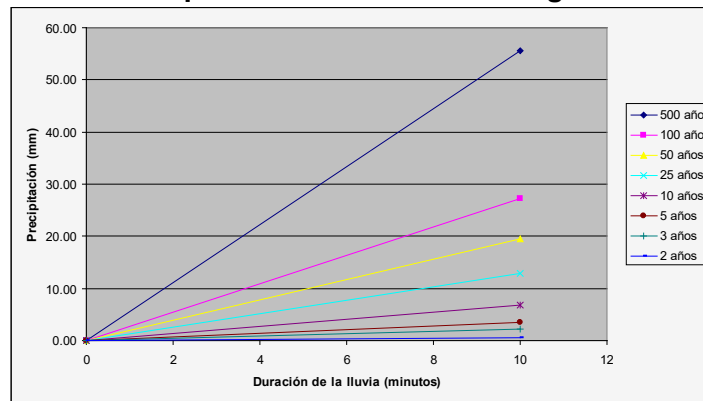
Tabla 27 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia entre 30 y 240 minutos para la estación de Club Campestre – Fuente: Estudio CDMB



Tr	ECUACIONES PARA DURACIONES DE
----	-------------------------------

Años	LLUVIA ENTRE 30 Y 240 MINUTOS
500	$P=0.00002*D^3-0.0095*D^2+1.7155*D+2.7837$
100	$P=0.00002*D^3-0.0093*D^2+1.5468*D-3.2215$
50	$P=0.00002*D^3-0.0091*D^2+1.4722*D-6.0644$
25	$P=0.00002*D^3-0.0091*D^2+1.426*D-9.6876$
10	$P=0.00001*D^3-0.005*D^2+0.9291*D-3.173$
5	$P=0.00001*D^3-0.0049*D^2+0.8726*D-6.8488$
3	$P=0.000009*D^3-0.0044*D^2+0.7765*D-8.4325$
2	$P=0.000008*D^3-0.0039*D^2+0.6862*D-9.7522$

Tabla 28 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia menores a 10 minutos para la estación de El Rasgón – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA MENORES A 10 MIN
500	$P=5.5506*tr$
100	$P=2.7236*tr$
50	$P=1.9424*tr$
25	$P=1.2802*tr$
10	$P=0.6807*tr$
5	$P=0.3469*tr$
3	$P=0.2187*tr$
2	$P=0.0586*tr$

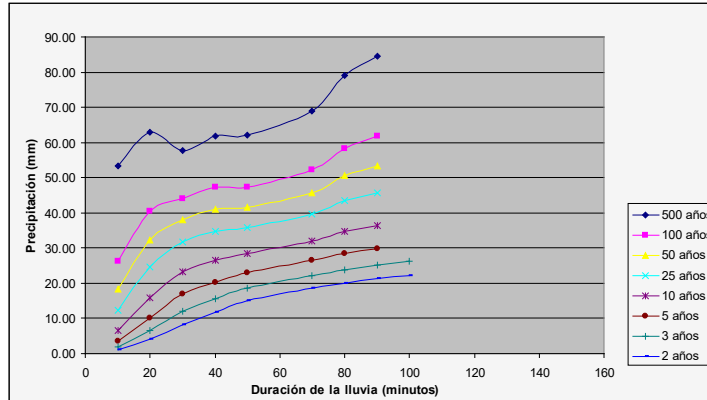


Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 29 Ecuaciones para el cálculo de la precipitación para duraciones de lluvia entre 10 y 90 minutos para la estación de El Rasgón – Fuente: Estudio CDMB



Tr Años	ECUACIONES PARA DURACIONES DE LLUVIA ENTRE 10 Y 90 MINUTOS
500	$P=0.0001 \cdot D^3 - 0.0102 \cdot D^2 + 0.5129 \cdot D + 51.297$
100	$P=0.0003 \cdot D^3 - 0.0442 \cdot D^2 + 2.2607 \cdot D + 8.7494$
50	$P=0.0002 \cdot D^3 - 0.0338 \cdot D^2 + 1.9979 \cdot D + 2.6253$
25	$P=0.0002 \cdot D^3 - 0.0335 \cdot D^2 + 2.0004 \cdot D - 4.0524$
10	$P=0.00009 \cdot D^3 - 0.0185 \cdot D^2 + 1.4025 \cdot D - 5.4576$
5	$P=0.00005 \cdot D^3 - 0.0117 \cdot D^2 + 1.0422 \cdot D - 5.8329$
3	$P=-0.0028 \cdot D^2 + 0.575 \cdot D - 3.2829$
2	$P=-0.0022 \cdot D^2 + 0.483 \cdot D - 4.0238$

Para duraciones mayores a los registrados en las tablas anteriores se adoptarán los valores máximos en 24 horas mostrados en la Tabla 16.

6.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN

6.5.1. Cálculo de precipitación promedio de la cuenca

En general, la altura de lluvia que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Las estaciones registran la lluvia puntual, es decir la que se produce en el punto en que está ella y para los cálculos es necesario conocer la lluvia media en una zona dada. Para esto existen tres métodos de uso generalizado.

Método aritmético

Consiste en obtener simplemente el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación usada en el análisis.

Método de Thiessen

Este método consiste en:



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



- Unir mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí. Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
- Trazar líneas rectas que bisectan los lados de los triángulos. Por geometría, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto.
- Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso 2, que forman los llamados polígonos de Thiessen y en algunos casos por el parte aguas de la cuenca. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.
- La lluvia media se calcula entonces como un promedio ponderado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente.

$$\bar{P} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i * P_i$$

Donde

A_i: es el área de influencia de la estación i

A_T: es el área total de la cuenca

P_i: es la precipitación registrada en la estación i

Método de las Isoyetas.

Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.

La precipitación media se calcula en forma similar a la utilizada en los polígonos de Thiessen, pero ahora el peso es el área entre cada dos isoyetas y el parte aguas de la cuenca y la cantidad que se estima es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas.

El método adoptado fue el de polígonos de Thiessen puesto que este, a diferencia del aritmético, toma en cuenta la distribución de las estaciones en el área, aunque no los factores topográficos, pero sin embargo es más conveniente que el de isoyetas desde el punto de vista práctico particularmente para cálculos repetitivos, como cuando se analiza una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian a menos que se agreguen o eliminen estaciones. (Fundamentos de hidrología de superficie - Francisco J Aparicio.)

Los resultados obtenidos de las áreas de drenaje bajo la influencia de cada una de las estaciones seleccionadas y para cada uno de los sitios de entrada de caudal se muestran en la Tabla 30 y por porcentajes de influencia por estación en la Tabla 31.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 30 Áreas de cada drenaje por estación – Fuente: Estudio CDMB

Áreas por estación de influencia para cada microcuenca (ha)							
Cuenca	ESTACIÓN						Área Total (ha)
	LI grande	La Granja	Campestre	Rasgón	Floresta	Palonegro	
Bahondo	11915.14	13202.33	1539.84	9745.18			36402.49
Río frío	950.02	1100.05	4382.40	3200.55	3140.22	70.31	12843.56
Quebrada La Iglesia			656.57		1637.77	840.74	3135.08
Quebrada Chimitá					1028.86	993.29	2022.15
Quebrada La Cuyamita					41.50	422.57	464.08
Quebrada Nápoles						468.53	468.53
Quebrada La Argelia					3.49	599.61	603.10
Quebrada Las Navas					123.02	271.90	394.92
Quebrada Chapinero					243.86	308.55	552.41
Quebrada La Picha					11.16	459.62	470.78
							57357.10

Tabla 31 Porcentajes de áreas de cada drenaje por estación

Porcentajes por estación de influencia para cada cuenca							
Cuenca	ESTACIÓN						Área Total (ha)
	LI grande	La Granja	Campestre	Rasgón	Floresta	Palonegro	
Bahondo	32.73%	36.27%	4.23%	26.77%			100%
Río frío	7.40%	8.57%	34.12%	24.92%	24.45%	0.55%	100%
Quebrada La Iglesia			20.94%		52.24%	26.82%	100%
Quebrada Chimitá					50.88%	49.12%	100%
Quebrada La Cuyamita					8.94%	91.06%	100%
Quebrada Nápoles						100.00%	100%
Quebrada La Argelia					0.58%	99.42%	100%
Quebrada Las Navas					31.15%	68.85%	100%
Quebrada Chapinero					44.14%	55.86%	100%
Quebrada La Picha					2.37%	97.63%	100%

Teniendo en cuenta que el cálculo de la creciente máxima se debe realizar para cada sitio de confluencia con otra subcuenca que tenga el río de Oro, se deben calcular las áreas acumuladas por cada uno de ellos consideradas como punto de



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



entrada de caudal. A continuación, en la Tabla 32 y la Tabla 33, se muestran estos resultados al igual que se nombran los diferentes puntos de entrada que se proponen sobre el río de Oro para el tramo en estudio.

Tabla 32 Áreas de cada drenaje por punto de entrada – Fuente: Estudio CDMB

Cuenca	ESTACIÓN						Área Total (ha)
	LI grande	La Granja	Campestre	Rasgón	Floresta	Palonegro	
Bahondo	11915.14	13202.33	1539.84	9745.18			36402.49
Río frío	12865.16	14302.38	5922.24	12945.73	3140.22	70.31	49246.05
Quebrada La Iglesia	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	4777.99	911.05	52381.13
Quebrada Chimitá	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	5806.85	1904.34	54403.28
Quebrada La Cuyamita	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	5848.35	2326.91	54867.35
Quebrada Nápoles	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	5848.35	2795.44	55335.88
Quebrada La Argelia	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	5851.84	3395.05	55938.99
Quebrada Las Navas	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	5974.87	3666.95	56333.91
Quebrada Chapinero	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	6218.72	3975.51	56886.32
Quebrada La Picha	12865.16	14302.38	6578.81	12945.73	6229.89	4435.12	57357.10

Tabla 33 Porcentajes de áreas de cada drenaje por punto de entrada – Fuente: Estudio CDMB

Cuenca	ESTACIÓN					
	LI grande	La Granja	Campestre	Rasgón	Floresta	Palonegro
Bahondo	32.73%	36.27%	4.23%	26.77%		
Río frío	26.12%	29.04%	12.03%	26.29%	6.38%	0.14%
Quebrada La Iglesia	24.56%	27.30%	12.56%	24.71%	9.12%	1.74%
Quebrada Chimitá	23.65%	26.29%	12.09%	23.80%	10.67%	3.50%
Quebrada La Cuyamita	23.45%	26.07%	11.99%	23.59%	10.66%	4.24%
Quebrada Nápoles	23.25%	25.85%	11.89%	23.39%	10.57%	5.05%
Quebrada La Argelia	23.00%	25.57%	11.76%	23.14%	10.46%	6.07%
Quebrada Las Navas	22.84%	25.39%	11.68%	22.98%	10.61%	6.51%
Quebrada Chapinero	22.62%	25.14%	11.56%	22.76%	10.93%	6.99%
Quebrada La Picha	22.43%	24.94%	11.47%	22.57%	10.86%	7.73%



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



El porcentaje obtenido se multiplica por la precipitación correspondiente a la duración de la lluvia calculada para cada estación y con esto se obtiene la altura promedio de precipitación para cada punto de entrada en el río.

6.5.2. Relación precipitación-escorrentía

Para el cálculo de hidrogramas y estimación de crecientes máximas, es indispensable conocer la escorrentía que produce determinada tormenta.

Tabla 34 Curvas de escorrentía para los complejos de suelo cobertura CN

Cobertura			Grupo de suelos			
Uso de la tierra	Tratamiento práctico	Condición hidrológica	A	B	C	D
			Número de curva			
Rastrojo			77	86	91	94
Cultivos en hilera	Hileras rectas	Mala	71	81	88	91
		Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
		Buena	65	75	82	86
Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82	
	Buena	62	71	78	81	
Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
		Buena	61	73	81	84
Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82	
	Buena	59	70	78	81	
Leguminosas en hileras estrechas o forrajes en rotación	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
		Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
		Buena	55	69	78	83
Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83	
	Buena	51	67	76	83	
Pastos de pastoreo		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Mala	47	67	81	88
		Regular	25	59	75	89
		Buena	6	35	70	79
Pastos de corte			30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Patios			59	74	82	86
Caminos en tierra			72	82	87	89
Pavimentos			74	84	90	92

Fuente: Hidrología de tierras agrícolas CIDIAT Pag. 56



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Las estimaciones de las escorrentías a partir de las precipitaciones pueden realizarse de varias formas, pero básicamente todos los métodos tratan de descontar de la lluvia caída sobre una cuenca, todas aquellas pérdidas que son debidas a factores como la infiltración, la evapotranspiración, etc. Sin embargo, el método más generalizado y quizá el más flexible es el método del número de curva CN del “Soil Conservation Service” (Servicio de Conservación de Suelos, EUA), este método es fácil de adaptar a nuestras condiciones pues toma en cuenta la cobertura del suelo, la pendiente, el porcentaje de área impermeable, el tipo de suelo, y mediante unas tablas asigna unos diferentes factores llamados número de curva CN, los cuales determinan el porcentaje de la lluvia que se infiltra.

De acuerdo con el tipo de cobertura, de suelos y de la pendiente existe una tabla para seleccionar el número de curva CN correspondiente a una condición de humedad antecedente II y que son representativos de las condiciones promedio que se pueden presentar en la cuenca. En la Tabla 34 se muestran los diferentes valores de CN para esta condición.

Para condiciones diferentes, el método utiliza condiciones adicionales I y III que corresponden a condiciones de poca humedad y mucha humedad antecedente respectivamente. En la Tabla 35 se muestran los números de curva para la Condición II.

Tabla 35 Números de curva para casos de condición de humedad antecedente III

CN II	CN III	CN II	CN III	CN II	CN III
1	6	34	54	67	83
2	13	35	55	68	84
3	14	36	56	69	84
4	15	37	57	70	85
5	16	38	58	71	86
6	17	39	59	72	86
7	18	40	60	73	87
8	19	41	61	74	88
9	20	42	62	75	88
10	22	43	63	76	89
11	23	44	64	77	89
12	24	45	65	78	90
13	26	46	66	79	91
14	28	47	67	80	91
15	30	48	68	81	92
16	31	49	69	82	92
17	32	50	70	83	93
18	34	51	70	84	93
19	36	52	71	85	94



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



20	37	53	72	86	94
21	38	54	73	87	95
22	39	55	74	88	95
23	40	56	75	89	96
24	41	57	75	90	96
25	42	58	76	91	97
26	43	59	77	92	97
27	45	60	78	93	98
28	47	61	78	94	98
29	49	62	79	95	98
30	50	63	80	96	99
31	51	64	81	97	99
32	52	65	82	98	99
33	53	66	82	99	100

Fuente: Hidrología de tierras agrícolas CIDIAT Pag. 56

Cuando ya se tiene los coeficientes de la SCS, se procede a hallar la lluvia efectiva mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{(P - P_o)^2}{P + 4 * P_o}$$

6.6. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA PARA CADA PUNTO DE ENTRADA

El ciclo hidrológico de una cuenca se puede esquematizar como un estímulo constituido por la precipitación, al que la cuenca responde mediante el escurrimiento a su salida. Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre una y otra y que están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca y su urbanización.

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que está pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media. Taylor y Schwarz proponen calcular la pendiente media como la de un canal de sección uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión. Para el caso en el que las longitudes de los tramos no son iguales se aplica la siguiente fórmula:

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Donde:

- S: es la pendiente media por calcular en m/m
- L: es la longitud total del cauce del río en m
- li: es la longitud del tramo i en m
- Si: es la pendiente del tramo i en m/m

En la Tabla 36 se muestran estas características.

Tabla 36 Características de la cuenca por punto de entrada del río de Oro – Fuente: Estudio CDMB

Punto de Entrada	Longitud Total m	Longitud al centroide m	Pendiente ponderada %
Bahondo	53,968	27,097	2.03%
Río frío	56,741	29,564	1.85%
Confluencia Quebrada La Iglesia	58,623	29,198	1.74%
Confluencia Quebrada Chimitá	61,054	31,698	1.65%

6.7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO

Con la escorrentía potencial se puede hallar el caudal que produce el área de drenaje, existen varios métodos para hallar este caudal:

1. **El método racional:** es posiblemente el método más antiguo de la relación lluvia-escorrentía. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de precipitación y es hoy en día muy utilizado para drenajes urbanos, pero en nuestro caso no da un ajuste bueno debido a que no considera una serie de parámetros importantes.
2. **Métodos envolventes:** Estos métodos toman en cuenta sólo el área de la cuenca. Aunque no son métodos que analicen propiamente la relación entre la lluvia y la escorrentía son de enorme utilidad en los casos en que se requiera solo estimaciones gruesas de los gastos máximos probables o bien cuando se carezca por completo de información. Consiste en obtener



Alcaldía de
Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



graficas de ensayos de forma empírica, existen diferentes fórmulas como la de Creager y Lowry además diferentes graficas para México, EUA, y otros países, pero en nuestro caso no existen.

3. **Método del Hidrograma unitario.** Este es el método más adecuado ya que toma en cuenta no solo el tipo de suelo, área, sino la forma; el volumen escurrido puede ser el mismo para dos cuencas similares pero el caudal máximo, y las demás características del hidrograma varían de una cuenca a otra, el método del hidrograma unitario toma en cuenta estas variaciones considerando además la altura total de precipitación y el área de la cuenca, su forma, pendiente, vegetación, etc., aunque no de forma explícita.

El método seleccionado fue el del hidrograma unitario el cual describimos a continuación:

“Se define como el hidrograma de escurrimiento directo que se produce por una lluvia efectiva o en exceso de lámina unitaria duración t_r y repartida uniformemente en la microcuenca.”

El método está basado en las siguientes hipótesis:

- a) **Tiempo base constante.** Para una cuenca dada, la duración total de escurrimiento directo o tiempo base es la misma para todas las tormentas con la misma duración de lluvia efectiva, independientemente del volumen total escurrido. Todo hidrograma unitario está ligado a una duración de la lluvia en exceso.
- b) **Linealidad y proporcionalidad.** Las ordenadas de todos los hidrogramas de escurrimiento directo con el mismo tiempo base, son directamente proporcionales al volumen total de escurrimiento directo, es decir, al volumen total de lluvia efectiva. Como consecuencia, las ordenadas de dichos hidrogramas son proporcionales entre sí.
- c) **Superposición de causas y efectos.** El hidrograma que resulta de un período de lluvia dado puede superponerse a hidrogramas resultantes de periodos lluviosos precedentes.

El modelo de simulación se hizo con base en un programa desarrollado en Excel por este consultor para el cual se analizaron los hidrogramas sintéticos de Snyder, del USBR, de Temez, del SCS y de Williams y Hanna.

En las siguientes tablas se muestran las ecuaciones utilizadas por cada uno de estos autores con sus respectivas definiciones.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 37 Hidrograma sintético de Snyder

PARAMETROS DE DISEÑO	
$t_L =$	$C_t * (L * L_c)^{0.3}$
$t_r =$	$t_L / 5.5$
$t_p =$	$12/11 * t_L \quad \text{ó} \quad 1/2 * t_r + t_L$
$t_b =$	$72 + 3 * t_L$
$Q_p =$	$0.7 * C_p * A / t_p$
En donde	
$t_L :$	Tiempo de retardo horas
$C_t :$	Coficiente regional 1.35 - 1.65
$L :$	Longitud del cauce km
$L_c :$	Long. del centroide de la cuenca a desembocadura km
$t_r :$	Duración efectiva de la lluvia horas
$t_p :$	Tiempo al pico horas
$t_b :$	Tiempo base del hidrograma horas
$Q_p :$	Caudal pico m^3/s
$C_p :$	Constante regional 0.56 - 0.69 mm
$A :$	Área de la cuenca km^2

Fuente: Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de erosión, pag 149

Tabla 38 Hidrograma unitario triangular del USBR

PARAMETROS DE DISEÑO	
$t_c =$	$0.066 * (L / J^{0.5})^{0.77} \quad (\text{Kirpich})$
$t_L =$	$0.6 * t_c$
$t_r =$	$t_c / 4$
$t_p =$	$t_r / 2 + 0.6 * t_c$
$t_b =$	$1.335 * t_r + 1.602 * t_c \quad \text{ó} \quad 2.67 * t_p$
$Q_p =$	$A / (1.8 * t_b)$
En donde	
$t_c :$	Tiempo de concentración horas
$L :$	Longitud del cauce km
$J :$	Pendiente del cauce m/m
$t_L :$	Tiempo de retardo horas



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



t_r :	Duración efectiva de la lluvia	horas
t_p :	Tiempo al pico	horas
t_b :	Tiempo base del hidrograma	horas
Q :	Caudal pico	m ³ /s.mm
A :	Área de la cuenca en km ²	km ²

Fuente: Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión pag. 152

Tabla 39 Hidrograma unitario triangular de Temez

PARAMETROS DE DISEÑO	
$t_c =$	$0.3 * (L / J^{0.25})^{0.76}$
$t_r =$	$t_c / 5$
$t_p =$	$t_r / 2 + 0.35 * t_c$
$t_b =$	$t_c + t_r$
Q =	$A * E / 1.8 * t_b$
E =	$(P - 0.2 * S)^2 / (P + 0.8 * S)$
S =	$(25400 / CN) - 254$
En donde	
t_c :	Tiempo de concentración horas
L :	Longitud del cauce km
J :	Pendiente del cauce m/m
t_r :	Duración efectiva de la lluvia horas
t_p :	Tiempo al pico horas
t_b :	Tiempo base del hidrograma horas
Q :	Caudal máximo m ³ /s
A :	Área de la cuenca en km ²
E :	Escorrentía neta mm
P :	Precipitación mm
S :	Infiltración potencial máxima mm
CN :	Número de curva según SCS

Fuente: Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión pag. 155

Tabla 40 Hidrograma sintético de SCS

PARAMETROS DE DISEÑO	
$t_L =$	$L^{0.8} * (2540 - 22.86 * CN)^{0.7} / [(14.104 * CN^{0.7}) * J^{0.5}]$ CN < 50
$t_L =$	$1/3600 * \sum (L / V)$ CN > 50
$t_c =$	$1.67 * t_L$
$t_p =$	$t_r / 2 + t_L$
$t_r =$	t_c A < 16km ²
$t_r =$	$2 * \text{raiz}(t_c)$ A > 16km ²
$Q_p =$	$0.208 * A / t_p$



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



En donde		
t_L :	Tiempo de retardo	horas
L :	Longitud del cauce	km
CN :	Número de curva según SCS	
J :	Pendiente del cauce	m/m
V :	Velocidad media	m/s
t_c :	Tiempo de concentración	horas
t_p :	Tiempo al pico	horas
t_r :	Duración efectiva de la lluvia	horas
Q_p :	Caudal pico	m ³ /s.mm
A :	Área de la cuenca en km ²	km ²

Fuente: Hidrología aplicada. Ven Te Chow. Pág 236

En las siguientes Tablas se muestran los resultados para todos los puntos de entrada asumidos de acuerdo con el análisis de los hidrogramas sintéticos de Snyder, del USBR, de Temez, del SCS y de Williams y Hanna.

Tabla 41 Caudales de diseño Río de Oro Puntos de entrada 1 y 2

Periodo de retorno en años	Caudal en m ³ /s											
	1 - Bahondo a Río Frío						2 - Río Frío a Q. La Iglesia					
	Snyder	USBR	Temez	SCS	Williams Hann	Q Prom	Snyder	USBR	Temez	SCS	Williams Hann	Q Prom
2	61	157	165	212	489	217	65	156	177	258	540	239
5	96	268	259	325	711	332	105	284	291	374	713	353
10	122	336	335	429	927	430	138	362	384	497	934	463
25	171	422	464	572	1232	572	197	482	552	673	1238	628
50	188	461	518	662	1448	655	225	535	624	792	1471	729
100	215	507	594	741	1648	741	258	609	715	888	1673	828
500	251	572	709	986	2296	963	313	703	883	1199	2335	1086

Fuente: Estudio CDMB

Tabla 42 Caudales de diseño Río de Oro Puntos de entrada 3 y 4

Periodo de retorno en años	Caudal en m ³ /s											
	3 - Q. La Iglesia a Q. Chimitá						4 - Q. Chimita a Q. Cuyamita					
	Snyder	USBR	Temez	SCS	Williams Hann	Q Prom.	Snyder	USBR	Temez	SCS	Williams Hann	Q Prom.
2	68	160	186	272	547	247	70	163	192	278	547	250
5	112	294	310	394	713	365	115	300	321	408	713	371
10	146	375	407	520	934	476	149	380	418	533	934	483
25	209	501	575	698	1238	644	211	517	589	713	1238	653
50	237	559	658	827	1476	751	241	576	681	850	1476	765
100	269	672	743	920	1,681	857	272	687	761	939	1681	868
500	329	737	923	1245	2335	1114	337	762	961	1274	2335	1134



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



6.8. CAUDALES DE DISEÑO RÍO DE ORO

A raíz de los sucesos del 11 de Febrero de 2005, la CDMB a través de un consultor externo realizó un patronamiento del Río de Oro en el sector comprendido entre Bahondo y el Café Madrid asignándose en aquel estudio al Río de Oro un caudal en Bahondo comprendido entre 400 y 668 m³/s con una determinación de 37 años como período de retorno, lo que equivale para un período de retorno de 50 años, a caudales entre 657 y 797 m³/s de acuerdo con la metodología propuesta por Gradex en el mismo estudio (Diagnostico de las amenazas de inundación y erosión en el río de oro -volumen 3 – modelaciones hidrológicas e hidráulicas Pág. 107 a 111).

Estos valores fueron consecuentes con los encontrados anteriormente para la zona del Parque Industrial de Bucaramanga en donde se obtuvieron valores aproximados de 800 m³/s para la misma tormenta.

Este punto de partida nos permite detectar un valor similar en dicho punto, para un período de retorno de 50 años, para los caudales calculados según el método de SCS (662 m³/s). Otros métodos como Snyder (188 m³/s), USBR (461 m³/s) y Temez (518 m³/s) nos colocan con valores inferiores y el de William y Hann (1448 m³/s) con valor muy superior. El valor obtenido según el método SCS corresponde igualmente al caudal promedio del obtenido por todos los métodos calculados.

Analizando todos los anteriores considerandos, la CDMB optó por utilizar para efecto de estimaciones de caudal el método del **SCS**, cuyos valores para diferentes períodos de retorno se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 43 Caudales de Diseño Río de Oro – Fuente propia

Periodo de retorno en años	Caudal de diseño en sector Centroabastos en m ³ /s
2	278
5	408
10	533
25	713
50	850
100	939
500	1274

7. HIDRÁULICA DEL CAUCE

Utilizando los caudales de diseño obtenidos para el Río de Oro se procede a realizar el modelamiento hidráulico del cauce, con el objeto de obtener la velocidad del flujo, área hidráulica, entre otros parámetros.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



El modelo hidráulico se realiza empleando el software HEC-RAS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. Este programa fue desarrollado para calcular perfiles de flujo gradualmente variado en un canal con secciones transversales regulares o irregulares cuyo funcionamiento se describe a continuación.

7.1. CÁLCULO DE LOS PERFILES DE FLUJO (FLUJO GRADUALMENTE VARIADO)

El programa calcula los perfiles de flujo empleando el método del paso estándar, la modelación matemática se realizó tomando las secciones transversales de acuerdo con las características mencionadas anteriormente.

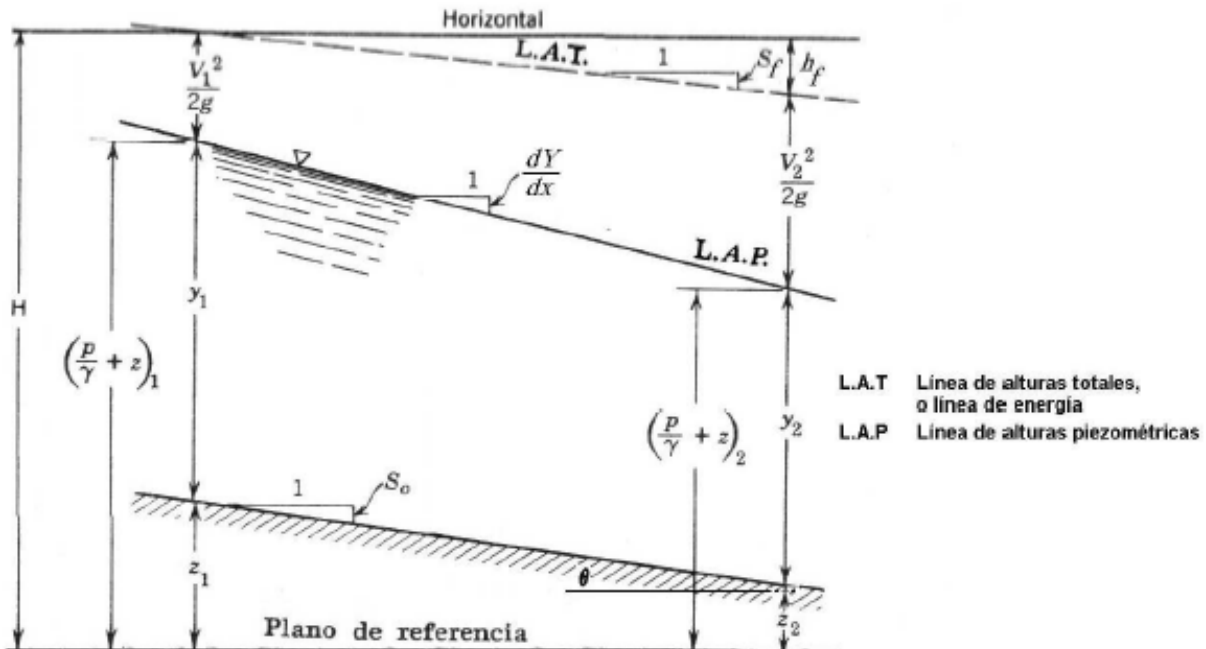


Figura 14 Análisis flujo gradualmente variado

Un flujo gradualmente variado constituye una clase del flujo permanente no uniforme, en el cual existe una variación continua a lo largo del canal, de la profundidad del flujo y de igual forma en el área, la velocidad, el perímetro mojado, el radio hidráulico, entre otros (Chaudhry, 1994).

La posible forma que pueda tener la superficie libre está en función de las profundidades real, normal y crítica. Para el análisis de este tipo de flujos, el HEC-RAS, presenta las siguientes consideraciones:

- El flujo es permanente, es decir, constante en el tiempo.
- La distribución de presiones en cada sección transversal del canal es hidrostática (líneas de corriente paralelas).



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



- La pendiente del canal es pequeña y uniforme.

Para el cálculo de la línea de energía, se permite el uso de las ecuaciones de flujo uniforme, que consideran que la pérdida de energía por fricción es la más importante.

En el análisis del flujo en canales, es necesario predecir cuál es el comportamiento de los perfiles de la lámina de agua. Esto se puede hacer con un análisis del comportamiento de la pendiente de la superficie del agua en función de las variables geométricas e hidráulicas del flujo, como se analiza a continuación.

En cualquier sección transversal la energía total H está dada por la expresión:

$$H = \frac{V^2}{2g} + Y + Z$$

Donde:

H: La energía total,

V: La velocidad promedio del flujo en dicha sección transversal,

g: La aceleración de la gravedad,

Y: La profundidad del flujo

Z: La altura de posición con respecto a un plano de referencia.

Derivando la ecuación anterior con la distancia longitudinal, y considerando un sistema de referencia con incrementos positivos a la derecha, se tiene:

$$\frac{dH}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2g} \right) + \frac{dY}{dx} + \frac{dZ}{dx}$$

$$-Se = -Fr^2 \frac{dY}{dx} + \frac{dY}{dx} + So$$

Donde:

$$\frac{dH}{dx} = -Se$$

Es el cambio de la energía con respecto a la distancia, es decir, la pendiente de la línea de energía.

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2g} \right) = -\frac{Q^2}{gA^3} \left(\frac{dA}{dY} \right) = -\frac{Q^2 B}{gA^3} \left(\frac{dA}{dY} \right) = -Fr^2 \frac{dY}{dX}$$

Siendo:

A: Es el área de la sección transversal del flujo

B: El ancho superior del flujo



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Q: El caudal del flujo

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} \quad (\text{Número de Froude})$$

D: Profundidad hidráulica, igual a **A / B**

$$\frac{dZ}{dx} = -S_o \quad \text{Es la pendiente del fondo del canal.}$$

Por lo tanto, la ecuación se puede describir como:

$$\frac{dY}{dx} = \frac{S_o - S_e}{1 - Fr^2}$$

Existen varias formas de calcular el flujo gradualmente variado en un cauce. El Hec-RAS, emplea el método del paso estándar, que a continuación se resume en forma breve.

7.2. MÉTODO DEL PASO ESTÁNDAR

El flujo gradualmente variado es calculado en el HEC-RAS empleando el método del paso estándar, el cual es una de las metodologías más aplicadas para el cálculo tanto de perfiles de flujo en canales prismáticos como en aquellos de geometría variada.

El método consiste en estimar la profundidad del flujo en las diferentes secciones transversales, iniciando a partir de los datos de profundidad conocidos para una sección, que en la mayoría de los casos corresponde a la sección de control.

Si el flujo es subcrítico los cálculos se inician desde aguas abajo y se desarrollan hacia aguas arriba y si es supercrítico se parte de aguas arriba continuándose hacia aguas abajo. Se determina por un método de convergencia, la profundidad del flujo en cada sección transversal localizada en una determinada abscisa de forma que satisfaga las relaciones de energía en el cauce.

7.3. METODOLOGÍA

La metodología empleada para analizar desde el punto de vista hidráulico el cauce a modelar se presenta a continuación, destacando que las simulaciones del comportamiento del flujo se realizaron empleando el modelo matemático Hec-RAS (U.S. Army Corps Engineers, 2002), versión 5.0.7, ampliamente usado en Estados Unidos y Latinoamérica.

7.3.1. Procesamiento de Información Topográfica



Alcaldía de
Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



A partir de la topografía y batimetrías levantadas para el Río de Oro, se realiza el modelo geométrico de secciones transversales, ubicadas mirando hacia aguas abajo, y se introducen en el software HecRAS, desde la sección más aguas abajo hacia aguas arriba.

7.3.2. Implementación del Modelo Matemático

Una vez constituido el modelo geométrico, se determinaron los parámetros hidráulicos de las secciones transversales, con base en la geometría obtenida de la topografía. De acuerdo con los valores típicos, se estiman los coeficientes de rugosidad por el método de Cowan.

Una vez lo anterior, se calcularon los perfiles del flujo para los diferentes periodos de retorno, empleando los caudales de diseño correspondientes a los diferentes periodos de retorno para cada tramo del modelo hidráulico.

Asumiendo que el flujo se comporta como un flujo gradualmente variado, para cada sección transversal se definió el nivel correspondiente asociado a un determinado caudal.

Del cálculo hidráulico, para cada sección transversal se estimó el área hidráulica, la velocidad del flujo, el ancho de la sección y el número de Froude, entre otros parámetros.

7.4. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “N” DE MANNING

El valor del coeficiente de rugosidad “ n ” para la ecuación de Manning dentro de un canal es muy variable y depende de un cierto número de factores que se describen a continuación.

Rugosidad superficial: Se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. En general, granos finos dan como resultado un valor relativamente bajo de n , y granos gruesos, un valor alto de n . Los cantos rodados grandes a menudo se concentran en el fondo de la corriente, haciendo que este sea más rugoso que sus bancas e incrementando el valor de n para los niveles bajos.

Vegetación: Puede considerarse como una clase de rugosidad superficial, pero también reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende por completo de la altura, la densidad, la distribución y el tipo de vegetación.

Irregularidad del canal: Las irregularidades del canal incluyen irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de esta a lo largo del canal. En canales naturales, tales irregularidades por lo general son producidas por la presencia de barras de arena, ondas de arena, crestas y



**Alcaldía de
Bucaramanga**

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE
ORO SECTOR CENTROABASTOS



depresiones y fosos y montículos en el lecho del canal. En general un cambio gradual y uniforme en la sección transversal o en su tamaño y forma no produce efectos apreciables en el valor de n , pero cambios abruptos o alternaciones de secciones grandes y pequeñas requieren el uso de un valor grande de n .

Alineamiento del canal: Curvas suaves con radios grandes producirán valores de n relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el valor de n . La curvatura puede inducir la acumulación de material flotante y por consiguiente incrementar indirectamente el valor de n .

Sedimentación y socavación: La sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el n , en tanto que la socavación puede hacer lo contrario e incrementar el n . Sin embargo, el efecto dominante de la sedimentación dependerá de la naturaleza del material depositado. La cantidad y uniformidad de la socavación dependerán del material que conforma el perímetro mojado, Así, un lecho de arena o de gravas se erosionará más uniformemente que un lecho de arcillas. La energía utilizada para erosionar y mover el material en suspensión o por saltación a lo largo del lecho también incrementará el valor de n . El efecto de la socavación no es importante siempre y cuando la erosión del lecho del canal, causada por velocidades altas progrese igual y uniformemente.

Obstrucción: La presencia de obstrucciones de troncos, de pilas de puente y estructuras similares tiende a incrementar el valor de n . La magnitud de este aumento depende de la naturaleza de las obstrucciones, de su tamaño, forma, número y distribución.

Tamaño y forma del canal: No existe evidencia definitiva acerca del tamaño y la forma del canal como factores importantes que afecten el valor de n .

Nivel y caudal: En la mayoría de las corrientes el valor de n disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el agua es poco profunda, las irregularidades del fondo del canal quedan expuestas y sus efectos se vuelven pronunciados. Sin embargo, el valor de n puede ser grande en niveles altos si las bancas están cubiertas por pastos o son rugosas. Cuando el caudal es muy alto, la corriente puede rebosar sus bancas y una parte del flujo se localizará en la planicie de inundación y allí el n por lo general es mayor que el del canal en sí y su magnitud depende de la condición superficial o de la vegetación.

Cambio estacional: Debido al crecimiento estacional de plantas acuáticas, hierbas, malezas, sauces y árboles en el canal o en las bancas, el valor de n puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la estación inactiva.

Este cambio estacional puede producir cambios en otros factores.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Material en suspensión y carga de lecho: El material en suspensión y la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del canal.

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad n de Manning, Cowan desarrolló un procedimiento para estimar el valor de n el cual puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$n = (n_m + n_i + n_v + n_o + n_{ve}) * m_m$$

Donde:

- n_m : Valor básico de n para canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados.
- n_i : Valor que debe agregarse a n_m para corregir el efecto de las rugosidades superficiales.
- n_v : Valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal
- n_o : Valor para considerar las obstrucciones.
- n_{ve} : Valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo.
- m_m : Factor de corrección de los efectos por meandros en el canal.

Los valores apropiados de n_m , n_i , n_v , n_o , n_{ve} y m_m pueden seleccionarse de la Tabla 44.

Al establecer el valor de n_i , se considera que el grado de irregularidad es liso para superficies comparables con el mejor obtenible en los materiales involucrados; menor para canales artificiales bien dragados, con taludes laterales ligeramente erosionados o socavados en canales artificiales o canales de drenaje; moderado para canales mediana a pobremente dragados, taludes laterales moderadamente derrumbados o erosionados de canales artificiales o canales de drenaje; y severos para bancas muy derrumbadas de cauces naturales o con taludes laterales muy erosionados o muy derrumbados en canales artificiales o canales de drenaje, y canales artificiales excavados en roca con superficies deformes, con entrantes y salientes e irregulares.

Al establecer el valor de n_v , se considera que el carácter de las variaciones en tamaño y forma de la sección transversal es gradual cuando el cambio en el tamaño o en la forma ocurre de manera gradual, alternante ocasional cuando las secciones grandes y pequeñas se alternan ocasionalmente o cuando los cambios en la forma causan el cambio de la corriente principal de un lado a otro, y frecuentemente alterna cuando las secciones grandes y pequeñas se alternan con frecuencia o cuando los cambios en la forma causan frecuentes cambios de la corriente principal de un lado a otro.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Al establecer el valor de n_o se consideran la presencia y las características de obstrucciones como depósitos de basura, palos, raíces expuestas, cantos rodados y troncos caídos y atascados. Para juzgar el efecto relativo de las obstrucciones se debe considerar hasta qué punto las obstrucciones ocupan o reducen el promedio del área mojada, la naturaleza de las obstrucciones y la posición y el espaciamiento, transversal y longitudinal, de las obstrucciones en el tramo bajo consideración.

Tabla 44 Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación de Cowan

Condiciones del canal		Valores
nm1	Para canales en tierra	0.020
nm2	Para canales en roca cortada	0.025
nm3	Para canales en grava fina	0.024
nm4	Para canales en grava gruesa	0.028
nm5	Para canales en tierra arenosa	0.023
ni1	Irregularidad de sección: liso	0.000
ni2	Irregularidad de sección: menor	0.005
ni3	Irregularidad de sección: moderada	0.010
ni4	Irregularidad de sección: severa	0.020
nv1	Variación entre secciones: gradual	0.000
nv2	Variación entre secciones: alternante ocasional	0.005
nv3	Variación entre secciones: frecuentemente alterna	0.010
nv4	Variación entre secciones: muy frecuente alterna	0.015
no1	Obstrucciones: despreciable	0.000
no2	Obstrucciones: menor	0.012
no3	Obstrucciones: apreciable	0.025
no4	Obstrucciones: severa	0.055
nve1	Vegetación : Nula	0.000
nve2	Vegetación : Baja	0.007
nve3	Vegetación : Media	0.017
nve4	Vegetación : Alta	0.037
nve5	Vegetación : Muy alta	0.075
mm1	Cantidad de meandros: Menor	1.000
mm2	Cantidad de meandros: Apreciable	1.150
mm3	Cantidad de meandros: Severa	1.300

Al establecer el valor de n_{ve} se considera el grado del efecto de la vegetación:

Bajo: Crecimientos densos de pastos o malezas flexibles donde la profundidad promedio de flujo es de dos a tres veces la altura de la vegetación.

Varas flexibles de planta jóvenes donde la profundidad promedio de flujo es de tres a cuatro veces la altura de la vegetación.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Medio: Césped cuando la profundidad promedio de flujo es una a dos veces la altura de la vegetación.

Pastos con tallo, maleza o plantas jóvenes con cubierta moderada cuando la profundidad promedio de flujo es de dos a tres veces la altura de la vegetación.

Crecimientos de matorrales, moderadamente densos, a lo largo de los taludes laterales de un canal sin vegetación importante a lo largo del fondo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.

Alto: Prados de césped cuando la profundidad promedio es más o menos igual a la altura de la vegetación.

Plantas jóvenes con crecimiento intermedio de malezas y matorrales, sin vegetación en el follaje, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.

Matorrales con intercalaciones de algunas malezas con follaje completo a lo largo de los taludes laterales sin vegetación importante a lo largo del fondo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.

Muy alto: Pastos cuando la profundidad promedio del flujo es menor que la mitad de la altura de la vegetación.

Matorrales con crecimientos intercalados de malezas con follaje completo a lo largo de los taludes laterales o crecimientos densos de plantas de hojas anchas en el fondo del canal, con cualquier valor de radio hidráulico hasta 10 o 15 pies.

Árboles en la estación de crecimiento con intercalaciones de malezas y matorrales, todos con follaje completo, con cualquier valor de radio hidráulico hasta 10 o 15 pies.

Al establecer el valor de M_m el grado de los efectos por meandros depende de la relación entre la longitud con meandros y la longitud recta del tramo del canal. Los meandros se consideran menores para relaciones de 1 a 1.2, apreciables para relaciones de 1.2 a 1.5, y severos para relaciones de 1.5 y mayores.

Utilizando el método de Cowan se determinaron los coeficientes de rugosidad “ n ” de Manning para el Río de Oro, tanto para el cauce principal como para sus márgenes a la altura de Centroabastos (Ver Tabla 45).



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 45 Coeficientes de Rugosidad “n” de Manning por tramos

Abscisas	Margen Izquierdo	Canal	Margen Derecho
K7+071.70	0.063	0.044	0.052
K7+100 a K7+600	0.063	0.044	0.075
K7+650 a K7+836.50	0.045	0.038	0.075
K7+850 a K8+050	0.055	0.038	0.038
K8+100 a K8+450	0.057	0.038	0.038
K8+500 a K8+750	0.045	0.038	0.038
K8+800 a K9+00	0.055	0.038	0.055
K9+050 a K9+350	0.063	0.044	0.052

7.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO

7.5.1. Resultados del Modelamiento Hidráulico

En la Tabla 48 se presentan los resultados numéricos del modelamiento hidráulico del Río de Oro a la altura de Centroabastos, entre las abscisas K7+450 y K8+400.



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



Tabla 46 Resultados numéricos modelamiento hidráulico Río de Oro sector Centroabastos con obras proyectadas – Fuente propia Actualización Estudio CDMB

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: RIO DE ORO Reach: INUNDACION

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
INUNDACION	192	278.00	660.86	664.46	662.76	664.59	0.001077	1.64	203.31	81.24	0.29
INUNDACION	192	408.00	660.86	665.16	663.22	665.33	0.001136	1.92	260.82	83.04	0.31
INUNDACION	192	533.00	660.86	665.71	663.82	665.92	0.001205	2.16	306.82	84.05	0.32
INUNDACION	192	713.00	660.86	666.34	664.08	666.61	0.001345	2.48	360.05	85.21	0.35
INUNDACION	192	850.00	660.86	666.77	664.37	667.08	0.001440	2.71	397.15	88.51	0.37
INUNDACION	192	939.00	660.86	667.00	664.55	667.37	0.001601	2.93	418.54	99.60	0.39
INUNDACION	192	1274.00	660.86	667.89	665.17	668.37	0.001711	3.34	508.44	101.24	0.41
INUNDACION	191	278.00	660.16	664.21	662.77	664.49	0.002186	2.50	153.05	80.93	0.42
INUNDACION	191	408.00	660.16	664.89	663.36	665.23	0.002259	2.85	209.61	83.63	0.44
INUNDACION	191	533.00	660.16	665.43	663.87	665.81	0.002328	3.13	254.31	83.83	0.45
INUNDACION	191	713.00	660.16	666.01	664.68	666.50	0.002565	3.54	303.67	84.05	0.49
INUNDACION	191	850.00	660.16	666.41	665.04	666.96	0.002727	3.83	336.69	84.20	0.51
INUNDACION	191	939.00	660.16	666.65	665.23	667.24	0.002817	4.00	356.96	84.29	0.52
INUNDACION	191	1274.00	660.16	667.47	665.88	668.22	0.003106	4.57	426.07	84.59	0.56
INUNDACION	190	278.00	660.48	663.27	663.27	664.23	0.012703	4.57	75.25	43.89	0.94
INUNDACION	190	408.00	660.48	663.95	663.95	664.97	0.010372	4.87	116.07	66.70	0.89
INUNDACION	190	533.00	660.48	664.41	664.41	665.55	0.010057	5.27	148.58	75.16	0.89
INUNDACION	190	713.00	660.48	665.02	665.02	666.23	0.009168	5.59	195.16	77.32	0.88
INUNDACION	190	850.00	660.48	665.34	665.34	666.67	0.009428	5.95	219.98	77.83	0.90
INUNDACION	190	939.00	660.48	665.53	665.53	666.95	0.009627	6.18	234.71	78.13	0.92
INUNDACION	190	1274.00	660.48	666.20	666.20	667.90	0.010008	6.90	287.64	79.21	0.95
INUNDACION	189	278.00	660.18	662.65	662.45	663.38	0.010615	3.87	77.24	39.84	0.85
INUNDACION	189	408.00	660.18	662.70	662.90	664.21	0.021194	5.55	79.15	39.96	1.20
INUNDACION	189	533.00	660.18	663.29	663.72	664.88	0.016289	5.71	105.41	53.77	1.10
INUNDACION	189	713.00	660.18	663.90	664.24	665.62	0.013937	6.03	145.74	70.84	1.05
INUNDACION	189	850.00	660.18	664.28	664.58	666.08	0.013010	6.26	172.63	71.15	1.03
INUNDACION	189	939.00	660.18	664.50	664.79	666.36	0.012605	6.41	188.73	71.34	1.03
INUNDACION	189	1274.00	660.18	665.33	665.53	667.34	0.011080	6.81	247.99	72.04	0.99
INUNDACION	188	278.00	659.71	662.79	661.79	663.03	0.002144	2.39	161.51	76.71	0.46
INUNDACION	188	408.00	659.71	663.37	662.24	663.68	0.002239	2.78	206.52	77.80	0.49
INUNDACION	188	533.00	659.71	663.84	662.67	664.22	0.002351	3.10	242.88	78.66	0.51
INUNDACION	188	713.00	659.71	664.42	663.10	664.90	0.002496	3.52	288.77	79.75	0.54
INUNDACION	188	850.00	659.71	664.81	663.38	665.37	0.002587	3.79	320.45	80.48	0.55
INUNDACION	188	939.00	659.71	665.05	663.59	665.65	0.002645	3.96	339.66	80.93	0.56
INUNDACION	188	1274.00	659.71	665.87	664.24	666.64	0.002816	4.52	406.69	82.54	0.60
INUNDACION	187	278.00	659.02	662.43	661.87	662.87	0.003590	3.29	128.54	78.09	0.60
INUNDACION	187	408.00	659.02	663.00	662.51	663.52	0.003639	3.72	173.24	79.31	0.63
INUNDACION	187	533.00	659.02	663.44	662.87	664.05	0.003768	4.09	208.69	80.26	0.65
INUNDACION	187	713.00	659.02	664.00	663.33	664.72	0.003926	4.54	253.51	81.45	0.68
INUNDACION	187	850.00	659.02	664.38	663.65	665.19	0.004011	4.84	284.79	82.27	0.69
INUNDACION	187	939.00	659.02	664.61	663.84	665.47	0.004073	5.03	303.65	82.76	0.70
INUNDACION	187	1274.00	659.02	665.40	664.50	666.45	0.004258	5.65	369.98	85.24	0.74
INUNDACION	186	278.00	658.50	661.78	661.78	662.59	0.006688	4.39	96.48	69.28	0.82
INUNDACION	186	408.00	658.50	662.36	662.36	663.25	0.006294	4.81	139.43	76.08	0.82
INUNDACION	186	533.00	658.50	662.74	662.74	663.76	0.006640	5.29	168.46	76.83	0.86
INUNDACION	186	713.00	658.50	663.20	663.20	664.41	0.007139	5.91	203.90	77.75	0.91
INUNDACION	186	850.00	658.50	663.51	663.51	664.86	0.007454	6.32	228.12	78.37	0.94
INUNDACION	186	939.00	658.50	663.71	663.71	665.14	0.007540	6.54	244.01	78.77	0.95
INUNDACION	186	1274.00	658.50	664.37	664.37	666.10	0.007989	7.33	296.50	80.09	1.00
INUNDACION	185	278.00	658.33	661.11	661.37	662.20	0.010802	4.94	82.28	70.77	1.01
INUNDACION	185	408.00	658.33	661.55	661.84	662.84	0.011141	5.60	113.63	71.47	1.06
INUNDACION	185	533.00	658.33	661.95	662.23	663.36	0.010789	6.01	142.23	72.24	1.06
INUNDACION	185	713.00	658.33	662.50	662.74	664.01	0.009888	6.39	183.04	74.77	1.04
INUNDACION	185	850.00	658.33	662.87	663.07	664.46	0.009584	6.68	210.36	75.92	1.04
INUNDACION	185	939.00	658.33	663.08	663.26	664.74	0.009456	6.87	226.88	76.33	1.04
INUNDACION	185	1274.00	658.33	663.89	663.95	665.72	0.008704	7.37	288.94	77.85	1.03
INUNDACION	184.1	278.00	658.13	661.31	660.33	661.53	0.002603	2.70	173.14	72.11	0.51
INUNDACION	184.1	408.00	658.13	661.97	660.73	662.23	0.002471	3.02	235.54	98.73	0.51
INUNDACION	184.1	533.00	658.13	662.50	661.05	662.79	0.002358	3.24	288.02	98.73	0.51
INUNDACION	184.1	713.00	658.13	663.02	661.65	663.39	0.002582	3.68	339.03	98.73	0.55
INUNDACION	184.1	850.00	658.13	663.36	661.96	663.78	0.002746	3.98	372.59	98.74	0.57
INUNDACION	184.1	939.00	658.13	663.56	662.14	664.03	0.002844	4.16	392.87	98.74	0.59
INUNDACION	184.1	1274.00	658.13	664.27	662.72	664.87	0.003146	4.77	462.42	98.74	0.63



Alcaldía de Bucaramanga

ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: RIO DE ORO Reach: INUNDACION (Continued)

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
INUNDACION	184	278.00	658.13	661.29	660.30	661.50	0.001851	2.27	142.46	62.05	0.43
INUNDACION	184	408.00	658.13	661.94	660.70	662.20	0.001863	2.61	185.39	69.16	0.45
INUNDACION	184	533.00	658.13	662.45	661.02	662.77	0.001845	2.84	220.96	70.63	0.45
INUNDACION	184	713.00	658.13	662.92	661.45	663.35	0.002139	3.30	254.39	71.99	0.50
INUNDACION	184	850.00	658.13	663.22	661.81	663.74	0.002362	3.62	276.24	72.86	0.53
INUNDACION	184	939.00	658.13	663.40	661.99	663.98	0.002503	3.82	289.32	73.38	0.55
INUNDACION	184	1274.00	658.13	663.98	662.61	664.80	0.003133	4.60	332.73	75.07	0.62
INUNDACION	183	278.00	658.18	660.94	660.44	661.34	0.004100	3.07	102.52	51.80	0.62
INUNDACION	183	408.00	658.18	661.49	660.86	662.04	0.004499	3.67	135.37	88.51	0.68
INUNDACION	183	533.00	658.18	662.15	661.25	662.63	0.003137	3.50	197.77	94.26	0.58
INUNDACION	183	713.00	658.18	662.63	661.97	663.20	0.003251	3.87	242.89	94.29	0.61
INUNDACION	183	850.00	658.18	662.94	662.24	663.59	0.003370	4.13	272.15	94.31	0.62
INUNDACION	183	939.00	658.18	663.13	662.41	663.82	0.003445	4.29	289.75	94.32	0.64
INUNDACION	183	1274.00	658.18	663.75	662.97	664.62	0.003782	4.89	348.69	95.70	0.68
INUNDACION	182	278.00	657.82	660.25	660.19	661.01	0.009710	4.18	76.42	47.57	0.93
INUNDACION	182	408.00	657.82	660.77	660.69	661.69	0.008837	4.63	101.32	49.84	0.92
INUNDACION	182	533.00	657.82	661.26	661.10	662.33	0.008498	5.10	130.79	72.28	0.93
INUNDACION	182	713.00	657.82	661.91	661.91	662.94	0.006502	5.08	187.45	95.48	0.84
INUNDACION	182	850.00	657.82	662.19	662.19	663.31	0.006594	5.37	214.27	95.49	0.86
INUNDACION	182	939.00	657.82	662.36	662.36	663.54	0.006646	5.54	230.53	95.51	0.87
INUNDACION	182	1274.00	657.82	663.00	662.91	664.33	0.006433	6.00	291.71	95.53	0.87
INUNDACION	181	278.00	657.50	660.03	659.67	660.56	0.005700	3.37	91.43	48.66	0.72
INUNDACION	181	408.00	657.50	660.57	660.17	661.26	0.005579	3.86	118.10	49.43	0.74
INUNDACION	181	533.00	657.50	660.86	660.56	661.91	0.007397	4.75	134.98	78.74	0.87
INUNDACION	181	713.00	657.50	661.52	660.76	662.52	0.005777	4.79	193.89	94.76	0.79
INUNDACION	181	850.00	657.50	661.87	661.77	662.91	0.005468	4.95	227.65	94.78	0.78
INUNDACION	181	939.00	657.50	662.09	661.93	663.15	0.005307	5.05	248.26	94.79	0.78
INUNDACION	181	1274.00	657.50	662.84	662.50	663.99	0.004876	5.39	319.30	94.82	0.77
INUNDACION	180	278.00	657.37	659.81	659.40	660.27	0.004985	3.12	98.92	55.13	0.68
INUNDACION	180	408.00	657.37	660.40	659.87	660.97	0.004510	3.49	132.08	56.53	0.67
INUNDACION	180	533.00	657.37	660.80	660.25	661.51	0.004741	3.91	157.18	67.32	0.70
INUNDACION	180	713.00	657.37	661.31	660.83	662.21	0.005047	4.46	202.38	94.26	0.74
INUNDACION	180	850.00	657.37	661.68	660.88	662.62	0.004787	4.62	236.95	94.27	0.73
INUNDACION	180	939.00	657.37	661.91	661.60	662.87	0.004604	4.71	259.07	94.28	0.73
INUNDACION	180	1274.00	657.37	662.66	662.18	663.73	0.004380	5.11	329.21	95.72	0.73
INUNDACION	179	278.00	656.81	659.66	659.09	660.04	0.003491	2.87	113.84	59.88	0.58
INUNDACION	179	408.00	656.81	660.28	659.54	660.75	0.003314	3.23	151.14	63.09	0.58
INUNDACION	179	533.00	656.81	660.69	659.93	661.27	0.003544	3.63	181.29	84.03	0.62
INUNDACION	179	713.00	656.81	661.20	660.49	661.94	0.003878	4.16	228.24	92.23	0.66
INUNDACION	179	850.00	656.81	661.56	660.66	662.36	0.003823	4.37	261.56	92.25	0.66
INUNDACION	179	939.00	656.81	661.80	660.66	662.62	0.003752	4.48	283.03	92.26	0.66
INUNDACION	179	1274.00	656.81	662.52	661.83	663.50	0.003795	4.97	350.24	93.75	0.68
INUNDACION	178	278.00	656.50	659.59	658.78	659.86	0.002425	2.53	137.39	64.31	0.49
INUNDACION	178	408.00	656.50	660.23	659.21	660.57	0.002379	2.88	182.95	91.48	0.50
INUNDACION	178	533.00	656.50	660.61	659.56	661.07	0.002832	3.38	218.90	93.65	0.56
INUNDACION	178	713.00	656.50	661.20	660.05	661.71	0.002708	3.64	273.88	93.67	0.56
INUNDACION	178	850.00	656.50	661.56	660.25	662.13	0.002748	3.87	307.74	93.68	0.57
INUNDACION	178	939.00	656.50	661.79	660.25	662.39	0.002743	3.99	329.57	93.69	0.57
INUNDACION	178	1274.00	656.50	662.52	661.39	663.26	0.002891	4.49	398.41	95.19	0.60
INUNDACION	177	278.00	656.09	659.50	658.58	659.74	0.002053	2.52	153.71	78.55	0.46
INUNDACION	177	408.00	656.09	660.14	658.92	660.45	0.002160	2.93	211.44	98.87	0.49
INUNDACION	177	533.00	656.09	660.56	659.36	660.92	0.002221	3.19	253.38	98.88	0.50
INUNDACION	177	713.00	656.09	661.16	659.72	661.56	0.002165	3.45	312.31	98.89	0.51
INUNDACION	177	850.00	656.09	661.52	660.38	661.97	0.002225	3.67	348.33	98.90	0.52
INUNDACION	177	939.00	656.09	661.76	660.54	662.23	0.002235	3.79	371.64	98.90	0.52
INUNDACION	177	1274.00	656.09	662.49	661.06	663.08	0.002403	4.29	444.81	100.05	0.56
INUNDACION	176	278.00	655.58	659.26	658.57	659.60	0.002756	3.05	134.00	72.73	0.54
INUNDACION	176	408.00	655.58	659.74	659.06	660.27	0.003723	3.88	172.50	89.25	0.64
INUNDACION	176	533.00	655.58	660.14	659.40	660.74	0.003821	4.21	208.62	92.59	0.66
INUNDACION	176	713.00	655.58	660.80	660.12	661.39	0.003348	4.34	271.08	95.15	0.63
INUNDACION	176	850.00	655.58	661.16	660.48	661.80	0.003369	4.57	305.44	95.17	0.64
INUNDACION	176	939.00	655.58	661.40	660.65	662.06	0.003324	4.68	328.39	95.18	0.64
INUNDACION	176	1274.00	655.58	662.11	661.19	662.90	0.003512	5.22	395.54	96.14	0.67



Alcaldía de Bucaramanga

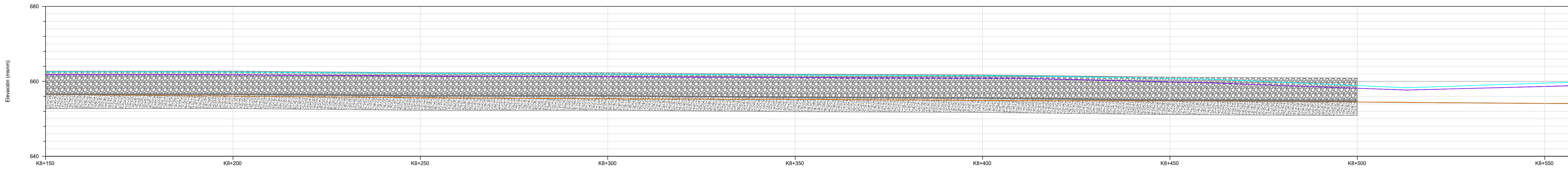
ESTUDIO CONTROL DE CAUCE RÍO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: RIO DE ORO Reach: INUNDACION (Continued)

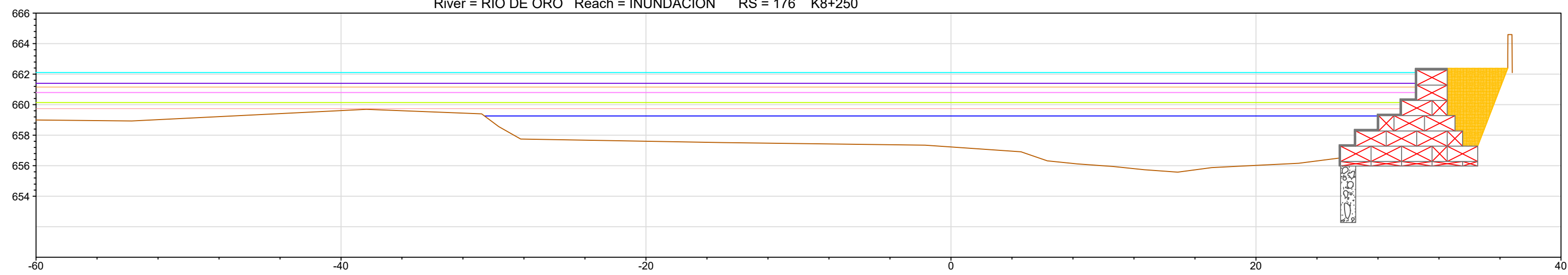
Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
INUNDACION	175	278.00	655.32	659.01	658.54	659.43	0.004115	3.79	123.31	73.35	0.66
INUNDACION	175	408.00	655.32	659.42	659.04	660.04	0.005648	4.79	155.02	80.25	0.79
INUNDACION	175	533.00	655.32	659.84	659.58	660.50	0.005470	5.06	189.31	80.78	0.79
INUNDACION	175	713.00	655.32	660.49	659.97	661.17	0.005184	5.42	247.53	94.47	0.78
INUNDACION	175	850.00	655.32	660.92	660.42	661.59	0.004665	5.44	288.01	94.48	0.75
INUNDACION	175	939.00	655.32	661.20	660.56	661.87	0.004339	5.43	314.87	94.48	0.73
INUNDACION	175	1274.00	655.32	661.92	661.07	662.70	0.004389	5.92	382.54	94.49	0.75
INUNDACION	174	278.00	655.12	658.65	658.52	659.18	0.004272	3.71	120.08	82.63	0.66
INUNDACION	174	408.00	655.12	659.18	658.93	659.76	0.004166	4.06	164.27	84.21	0.67
INUNDACION	174	533.00	655.12	659.60	659.26	660.23	0.004163	4.36	199.92	84.72	0.69
INUNDACION	174	713.00	655.12	660.29	659.67	660.92	0.003612	4.50	259.54	91.69	0.66
INUNDACION	174	850.00	655.12	660.60	659.94	661.35	0.004002	4.94	289.36	98.69	0.70
INUNDACION	174	939.00	655.12	660.95	660.10	661.65	0.003539	4.86	323.68	98.70	0.66
INUNDACION	174	1274.00	655.12	661.65	660.87	662.48	0.003686	5.37	392.79	98.71	0.69
INUNDACION	173	278.00	654.83	658.28	658.28	658.93	0.005363	4.13	109.82	78.72	0.74
INUNDACION	173	408.00	654.83	658.70	658.70	659.49	0.005984	4.74	143.25	80.25	0.80
INUNDACION	173	533.00	654.83	659.36	659.03	660.02	0.004327	4.52	196.98	85.79	0.70
INUNDACION	173	713.00	654.83	660.13	659.50	660.73	0.003432	4.50	264.39	88.41	0.64
INUNDACION	173	850.00	654.83	660.42	659.77	661.14	0.003855	4.95	291.11	93.37	0.69
INUNDACION	173	939.00	654.83	660.79	659.94	661.47	0.003403	4.87	325.64	94.01	0.65
INUNDACION	173	1274.00	654.83	661.46	660.61	662.29	0.003732	5.49	388.22	95.33	0.70

RIO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS
PERFIL LONGITUDINAL CON OBRAS

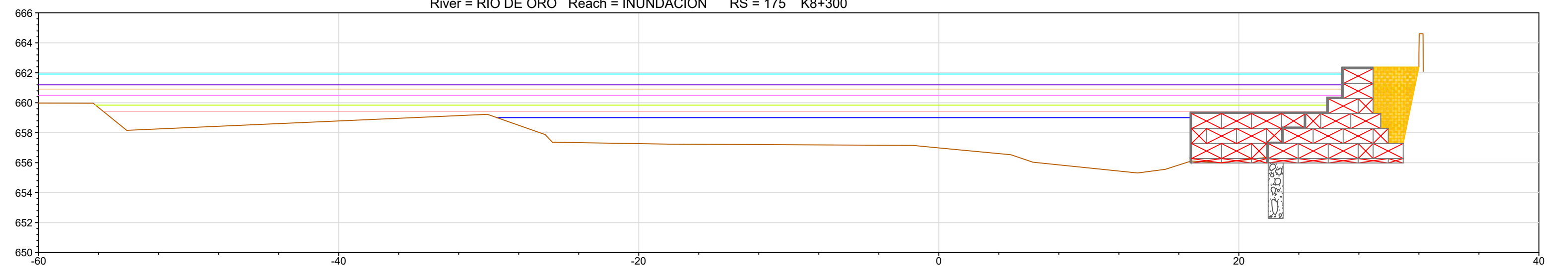


ESCALA 1:500

RIO DE ORO SECTOR VAHONDO-SURATÁ Plan: Plan 01
River = RIO DE ORO Reach = INUNDACION RS = 176 K8+250

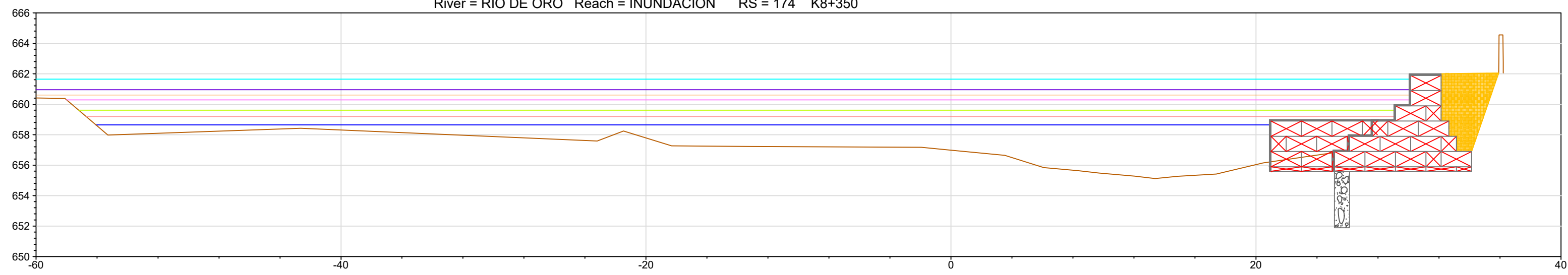


RIO DE ORO SECTOR VAHONDO-SURATÁ Plan: Plan 01
River = RIO DE ORO Reach = INUNDACION RS = 175 K8+300

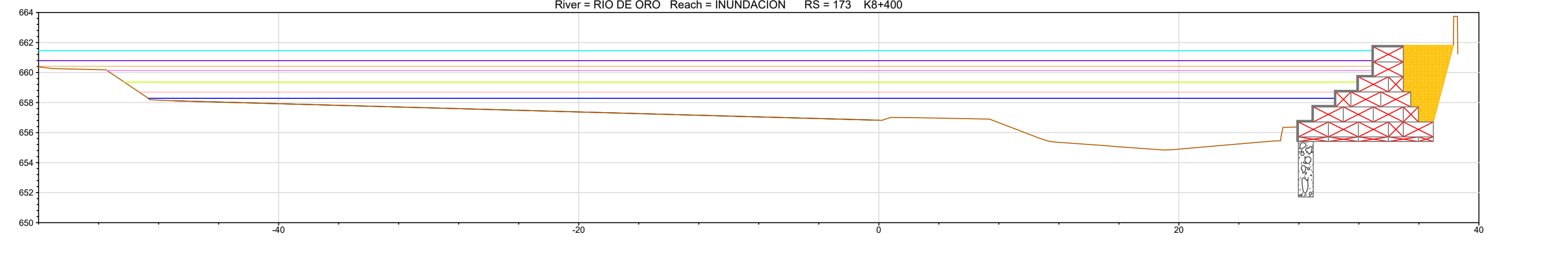


ESCALA 1:250

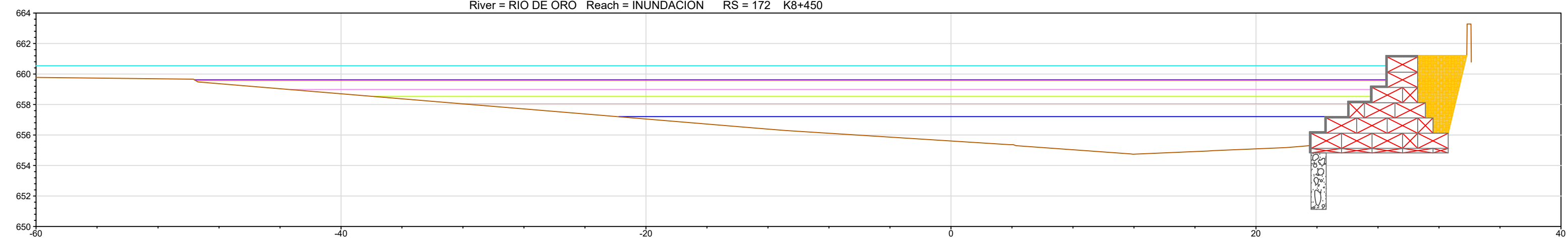
RIO DE ORO SECTOR VAHONDO-SURATÁ Plan: Plan 01
River = RIO DE ORO Reach = INUNDACION RS = 174 K8+350



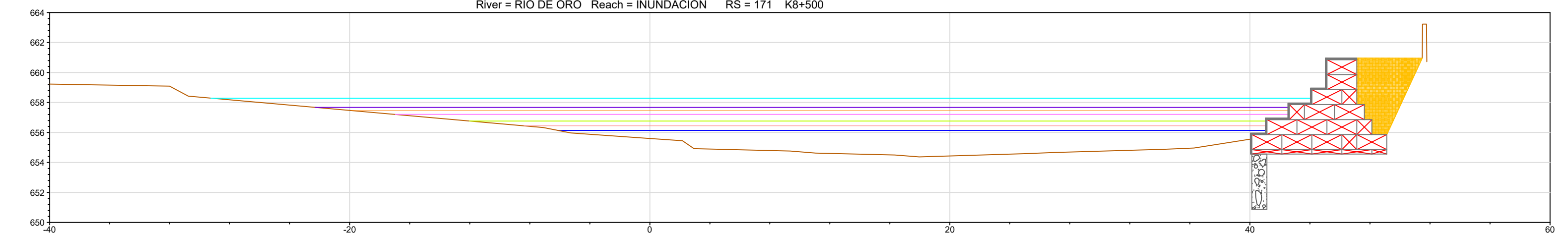
RIO DE ORO SECTOR VAHONDO-SURATÁ Plan: Plan 01
River = RIO DE ORO Reach = INUNDACION RS = 173 K8+400



RIO DE ORO SECTOR VAHONDO-SURATÁ Plan: Plan 01
River = RIO DE ORO Reach = INUNDACION RS = 172 K8+450



RIO DE ORO SECTOR VAHONDO-SURATÁ Plan: Plan 01
River = RIO DE ORO Reach = INUNDACION RS = 171 K8+500



CONVENCIONES	
	Gabión
	Colchón en gabión 0.30 m de espesor
	Dentellón concreto Ciclópeo
	Relleno seleccionado
	Línea periodo de retorno de 100 años
	Línea periodo de retorno de 500 años
	Terreno natural

DISEÑO Y CALCULO
EDGAR JAVIER LEAL ARCHILA

REVISO
JESÚS EVELIO SÁNCHEZ SÁNCHEZ

LEV. TOP. : J. S. A.
DIGITALIZO : E. J. L. A.
REVISO : J. E. S. S.
FECHA : Marzo de 2023
ESCALA : 1 : 1000

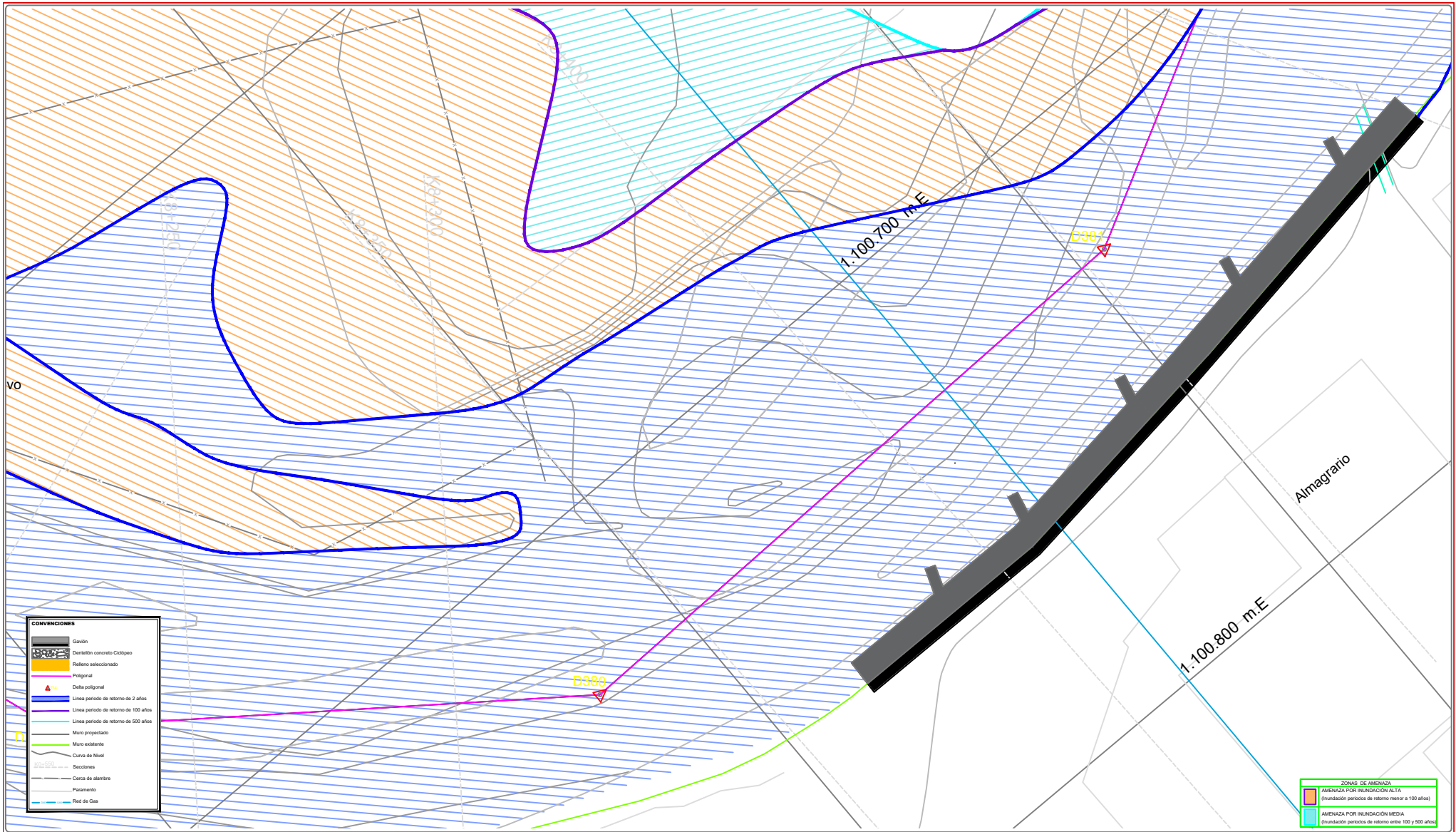
APROBADO

REVISIONES		
REFERENCIA	FECHA	RESPONS.

ESTUDIO DE ACTUALIZACION DE AMENAZA POR INUNDACIÓN DEL RIO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

**ANÁLISIS HIDRAULICO
PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIONES TRANSVERSALES
K8+250.00 a K8+500.00**

PLANO 4 DE 4
Zona Nueva Obra
Centroabastos.dwg



CONVENCIONES

	Gravón
	Dentellón concreto Cidtopae
	Rallero seleccionado
	Poligonal
	Delta poligonal
	Línea periodo de retorno de 2 años
	Línea periodo de retorno de 100 años
	Línea periodo de retorno de 500 años
	Muro proyectado
	Muro existente
	Curva de Nivel
	Secciones
	Cerca de alambre
	Paramento
	Red de Gas

ZONAS DE AMENAZA

	AMENAZA POR INUNDACION ALTA (Inundación periodos de retorno menor a 100 años)
	AMENAZA POR INUNDACION MEDIA (Inundación periodos de retorno entre 100 y 500 años)
	AMENAZA POR INUNDACION BAJA (Inundación periodos de retorno mayor a 500 años)

DISÑO Y CÁLCULO
EDGAR JAVIER LEAL ARCHILA
Matrícula Profesional 68202132453 STD

REVISO
JESUS EVELIO SANCHEZ SANCHEZ
Matrícula Profesional

LEV. TOP. : J.S.A.
DISEÑADO : E.J.L.A.
REVISO : J.E.S.S.
FECHA : Marzo de 2023
ESCALA : 1 : 1000

APROBADO

REVISIONES

REFERENCIA	FECHA	RESPONS.

ESTUDIO DE ACTUALIZACION DE AMENAZA POR INUNDACION DEL RIO DE ORO SECTOR CENTROABASTOS

ANALISIS HIDRAULICO PLANTA INUNDABLE CON MURO PROYECTADO
K7+650.00 a K8+500.00

PLANO 1 DE 4

OBJETO: CONSTRUCCION DE OBRA PARA MITIGAR FENOMENOS POR INUNDACION

FORMULARIO DE CANTIDADES APROXIMADAS DE OBRA Y PRECIOS

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
SECCION PRIMERA					
1.20	REPLANTEO, CONTROL Y MEDICION DE OBRA	2.00	MES	\$ 9,763,189.00	\$ 19,526,378.00
1.40	Desmante de Gaviones de cuerpo 2.00 x 1.00 x 1.00	1950.00	M3	\$ 4,905.00	\$ 9,564,750.00
1.50	RETIRO DE BASURAS, ESCOMBROS Y SOBRESANTES (AL BOTADERO AUTORIZADO)	0.00	M3	\$ 72,364.00	\$ -
SUBTOTAL					\$ 29,091,128.00
SECCION SEGUNDA					
2,1A2	EXCAVACION EN MATERIAL GRANULAR A CUALQUIER PROFUNDIDAD	2010.00	M3	\$ 44,317.00	\$ 89,077,170.00
2.4.1	SUMINISTRO, CONFORMACION Y COMPACTACION DE MATERIAL SELECCIONADO	0.00	M3	\$ 131,551.00	\$ -
SUBTOTAL					\$ 89,077,170.00
SECCION TERCERA					
3,7B	CONSTRUCCIÓN GAVIONES EN MALLA ELECTROSOLDADA DE (2.0X1.0X1.0 metros)	4366.29	M3	\$ 354,530.00	\$ 1,547,980,793.70
3,7C	CONSTRUCCIÓN GAVIONES EN MALLA ELECTROSOLDADA DE (0.30X1.0X2.0 metros)	418.50	M3	\$ 225,508.00	\$ 94,375,098.00
3.1B	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONCRETO Ciclopedo=65% Concreto 3500Psi y 35% Rajon de piedra	153.70	M3	\$ 621,770.00	\$ 95,566,049.00
3.10	Suministro y colocación de Recubrimiento en concreto de 3500 psi de E=10 cm	2282.31	M2	\$ 453,205.00	\$ 1,034,354,303.55
SUBTOTAL					\$ 2,772,276,244.25
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 2,890,444,542.25
				ADMINISTRACIÓN	23% \$ 664,802,244.72
				IMPREVISTOS	1% \$ 28,904,445.42
				UTILIDADES	6% \$ 173,426,672.54
				A.I.U	\$ 867,133,362.68
SUBTOTAL BASICO OBRAS					\$ 3,757,577,904.93
				IVA/UTILIDAD	19% \$ 32,951,067.7800
VALOR TOTAL OBRAS IVA INCLUIDO					\$ 3,790,528,972.71
VALOR AJUSTE ESTUDIOS Y DISEÑOS					\$ 20,000,000.00
				IVA ESTUDIOS Y DISEÑOS	19% \$ 3,800,000.00
VALOR TOTAL AJUSTE ESTUDIOS Y DISEÑOS					\$ 23,800,000.00
VALOR TOTAL BASICO PROYECTO					\$ 3,814,328,972.71
				ADMINISTRACIÓN FIDUCIARIA	5% \$ 190,716,449.00
				INTERVENTORIA	7% \$ 267,003,028.00
VALOR TOTAL DEL PROYECTO (OBRA + INTERVENTORIA)					\$ 4,272,048,449.71