

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA TORRES INGENIERÍA S.A.S.
PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN
LA CUENCA BAJA Y MEDIA DEL RIO FRIO (MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA
Y GIRÓN), DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
ESTABLECIDAS POR LA C.D.M.B.**

CRISTHIAN ALBERTO PEÑA ZARAZA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA TORRES INGENIERÍA S.A.S.
PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN
LA CUENCA BAJA Y MEDIA DEL RIO FRIO (MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA
Y GIRÓN), DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
ESTABLECIDAS POR LA C.D.M.B.**

CRISTHIAN ALBERTO PEÑA ZARAZA

Código: 2060725

**Trabajo de Grado Para Optar Por el Título de
Ingeniero Civil**

Director

WILFREDO DEL TORO RODRIGUEZ

Ingeniero Civil

**Docente de la Escuela de Ingeniería Civil
Universidad Industrial de Santander**

Tutor de la Práctica

JOSE RUBÉN TORRES CAMARGO

Ingeniero Civil

Gerente General Torres Ingeniería S.A.S.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

*A Dios todopoderoso
A mi familia, Luis, Nubia y Camilo
Por su ayuda, amor incondicional
y la gran labor que cumplen en mi vida
siendo artífices de este logro alcanzado*

Gracias por ese gran apoyo y comprensión

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por formarme tanto en lo personal como en lo profesional, siendo forjadora de los futuros líderes del país.

A mi director de proyecto el Ingeniero Wilfredo del Toro, por la ayuda recibida para la realización de este proyecto, al Ingeniero José Rubén Torres por brindarme la oportunidad de realizar la práctica en su empresa, las herramientas necesarias y su indispensable asesoría para la elaboración de mi tesis, y a todo el personal de la empresa por su gran compañerismo y la atención recibida.

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA TORRES INGENIERÍA S.A.S. PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA BAJA Y MEDIA DEL RIO FRIO (MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA Y GIRÓN), DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESTABLECIDAS POR LA C.D.M.B.*

AUTOR: PEÑA ZARAZA, Cristhian Alberto**

PALABRAS CLAVES: Ingeniería, Geotecnia, Hidráulica, Inundación, Río

DESCRIPCIÓN: Los fenómenos de inundación generados por la problemática invernal actual han centrado la atención de todos debido al impacto social que estos tienen; por lo cual se requiere de la realización de estudios especializados para mantener un control adecuado y evitar posibles desastres que se puedan ocasionar.

La empresa TORRES ING SAS, consultora en Ingeniería Civil dedicada a la prestación de servicios especializados de asesoría, diseño y construcción de obras civiles, día a día maneja grandes proyectos generalmente en los departamentos de Santander y Norte de Santander, donde a través de un convenio con la Universidad Industrial de Santander y el autor, se enfoca en el desarrollo del proyecto titulado “Estudio de Zonificación de Amenaza por Inundación en la Cuenca Baja y Media del Río Frío (Municipio de Floridablanca y Girón)”, el cual tiene como fin el identificar los diferentes tipos de obras de mitigación para protección del cauce en zonas de amenaza alta y media por inundación, así como también establecer zonas de aislamientos del cauce de acuerdo a lo establecido en las Normas Geotécnicas de la CDMB.

Las urbanizaciones aledañas al cauce del río se encuentran en riesgo inminente, por ello se requirió de estudios especializados por parte de la empresa TORRES ING SAS y el autor, donde se participó hasta cierto punto del proyecto.

Los aportes desarrollados titulados “Procedimiento General Para la Realización de Estudios de Suelos” y “Procedimiento Para Realizar Modelo de Flujos en FLO-2D” se apoyan en la normatividad vigente en Colombia, y en experiencias adquiridas en este y otros proyectos en los cuales se participó durante el desarrollo de la práctica empresarial.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Wilfredo del Toro. Tutor de la Práctica Empresarial: Ing. José Rubén Torres Camargo

ABSTRACT

TITLE: BUSINESS PRACTICE AT TORRES INGENIERÍA S.A.S COMPANY IN ORDER TO STUDY THE THREAT ZONING BY FLOODING IN LOW AND MIDDLE WATERSHED OF RÍO FRÍO (MUNICIPALITY OF FLORIDABLANCA AND GIRON), IN ACCORDANCE WITH TECHNICAL SPECIFICATIONS ESTABLISHED BY THE C.M.B.D.*

AUTHOR: PEÑA ZARAZA, Cristhian Alberto**

KEYWORDS: Engineering, Geotechnical, Hydraulic, Flooding, River

DESCRIPTION: Flooding phenomena generated by current winter weather issue have focused everyone's attention in this matter due to the social impact that it implies. For this reason it is required to make specialized studies in order to maintain an appropriate control and prevent possible disasters that may arise.

TORRES INGENIERÍA S.A.S Company is a Civil Engineering consultant dedicated to the provision of specialized services of advisory, design and construction for civil works; it manages day to day major projects usually in the departments of Santander and Norte de Santander. Through an arrangement between the author and Universidad Industrial de Santander, it is focused the development of the project entitled "Study the Threat Zoning by Flooding in Low and Middle Watershed of Río Frío (Municipality Of Floridablanca And Girón)", which aims to identify the different types of mitigation works for the protection of riverbeds in high and middle threat zones because of flooding, as well as establishing isolation zones of the riverbed in accordance with the established in Geotechnical Standard from C.D.M.B.

Surrounding urbanizations to the riverbed are on imminent danger; therefore it was required specialized studies by TORRES INGENIERÍA S.A.S and the author, in which it has been participated to some extent of the project.

Developed contributions entitled "General Procedure for Performance of Soil Survey" and "Procedure to Perform Flow Models in FLO-2D", are based on current regulations in Colombia and acquired experiences in this and other projects, in which participated during the development of this business practice.

*Draft Degree

**Faculty of Physical-Mechanical Sciences. Civil Engineering School. Directress: Engineer Wilfredo del Toro. Management Practice Tutor: Engineer José Rubén Torres Camargo

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	16
1.1 JUSTIFICACIÓN	16
1.2 OBJETIVO GENERAL	17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA	18
1.4.1 <i>MISIÓN</i>	19
1.4.2 <i>VISIÓN</i>	19
2 RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN PREVIA	20
2.1 INFORMACIÓN DE ESTUDIOS ANTERIORES	20
2.2 CLIMATOLOGÍA, USOS Y POSIBLES AMENAZAS DEL SUELO	23
3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	29
4 ZONIFICACIÓN PRELIMINAR GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL RÍO FRÍO DE ACUERDO CON EL ESTUDIO DE AMENAZA DEL INGEOMINAS	31
4.1 UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	37
5 ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RIO FRIO	38
5.1 LOCALIZACIÓN	38
5.2 ESTACIONES DATOS HIDROGRÁFICOS	38
5.3 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN	39
6 ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL RÍO	40
7 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	44
7.1 CRITERIOS UTILIZADOS	44
7.2 INVESTIGACIONES PRELIMINARES	44
7.3 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	44
7.4 METODOLOGÍA	45
7.5 LOCALIZACIÓN DE SONDEOS Y APIQUES	49

7.6	RESULTADOS DE LABORATORIO	54
7.7	PERFIL GEOTÉCNICO TÍPICO SONDEOS RÍO FRÍO	58
7.8	RESULTADOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	60
7.8.1	<i>CORRELACIONES PARA INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS SPT</i>	62
8	ANÁLISIS HIDRÁULICO	63
8.1	MODELO PRELIMINAR DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO	63
9	OTROS PROYECTOS EN LOS QUE SE PARTICIPÓ	77
10	APORTE PERSONAL	79
10.1	PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS DE SUELOS	79
10.2	PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR MODELO DE FLUJOS EN FLO-2D	
	111	
	CONCLUSIONES	138
	BIBLIOGRAFÍA	139
	ANEXOS	141

LISTA DE TABLAS

Tabla N. 1 Unidades Litoestratigráficas	37
Tabla N. 2 Tiempos de Concentración.....	39
Tabla N. 3 Localización Sitios de Sondeos Ejecutados	50
Tabla N. 4 Localización Sitios de Apiques Ejecutados.	53
Tabla N. 5 Localización Sitios de Sondeos por Ejecutar.....	53
Tabla N. 6 Resultados de los Sondeos: Humedad Natural, Granulometría y Límites.	56
Tabla N. 7 Resultados de los Apiques: Humedad Natural, Granulometría y Límites.	56
Tabla N. 8 Resultados de los Apiques: Resistencia al Corte.	57
Tabla N. 9 Resultados Ensayos de Penetración Estándar.	61
Tabla N. 10 Interpretación SPT Para Suelos Granulares	62
Tabla N. 11 Interpretación SPT Para Suelos Arcillosos.....	62
Tabla N. 12 Hidrograma de Referencia Para Modelos de Tr de 2 y 5 años.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Amenaza Suelo Floridablanca	23
Figura 2. Mapa Climatológico Floridablanca	24
Figura 3. Uso del Suelo Floridablanca	25
Figura 4. Amenaza Suelo San Juan de Girón	25
Figura 5. Mapa Climatológico San Juan de Girón.....	26
Figura 6. Uso del Suelo San Juan de Girón	27
Figura 7. Ubicación Sector Floridablanca	31
Figura 8. Sección Abscisa Sobre Río Frío	31
Figura 9. Sección Urbanizada Sobre Río Frío.....	32
Figura 10. Geología Río Frío.....	33
Figura 11. Zonificación Sector Río Frío.....	34
Figura 12. Ubicación Estaciones IDEAM. (Google Earth)	38
Figura 13. Zonificación Sector Río Frío.....	43
Figura 14. Zonificación Sector Río Frío.....	43
Figura 15. Zonificación Sector Río Frío.....	43
Figura 16. Perfil Geotécnico Típico Sondeos Río Frío	59
Figura 17. Zona Empleada Para la Simulación del Flujo Con el Modelo FLO-2D67	
Figura 18. Modelo Digital del Sector Río Frío San Juan de Girón.....	69
Figura 19. Planta Topográfica Parcial del Sector Río Frio San Juan de Girón	69
Figura 20. Perfiles Sector Río Frío sector San Juan de Girón	70
Figura 21. Esquema del FLO 2D Para la Modelación	70
Figura 22. Profundidades del Flujo Para el Escenario	72
Figura 23. Velocidades del Flujo Para el Escenario.....	72
Figura 24. Modelo Digital del Terreno con Vectores de Velocidad (Color Rojo) ..	73
Figura 25. Ubicación del Sector Donde Hay Desbordamiento del Río.....	76

LISTA DE ANEXOS

ANEXO No.1: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	141
ANEXO No.2: DINÁMICA DEL RÍO.....	155
ANEXO No.3: MODELO HIDRÁULICO.....	167

INTRODUCCIÓN

La geotecnia, la hidrología y la hidráulica, son ramas de la ingeniería, las cuales se utilizan de manera importante en el desarrollo de una región, puesto que permiten definir técnicamente los sectores sobre los cuales se puede proyectar la expansión de una población, así como el análisis de zonas de riesgo y sus mecanismos de protección ante fenómenos climáticos, y zonas con problemas de remoción en masa.

Son utilizadas para el diseño de ordenamiento territorial de desarrollo de obras civiles (tanto en su diseño como construcción) en donde se aplican, con las cuales se puede revisar su viabilidad económica dentro del desarrollo de las mismas construcciones civiles. La aplicación de estas ciencias es fundamental para cualquier proyecto que se desee realizar en diversas áreas como por ejemplo construcción de obras de infraestructura viales y de obras civiles en todos sus campos, entre muchos otros.

Siguiendo estas razones, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, mediante estudios especializados busca conocer la zonificación de amenaza por inundación en la cuenca baja y media del Río Frio en los municipios de Floridablanca y Girón, con el fin de identificar los diferentes tipos de obras de mitigación para protección del cauce en zonas de amenaza alta y media por inundación, así como también establecer zonas de aislamientos del cauce de acuerdo a lo establecido en las Normas Geotécnicas de la CDMB.

El contenido expuesto en esta práctica consta de las experiencias adquiridas durante este proyecto realizado para la CDMB, participando en actividades como el análisis hidráulico, la exploración geotécnica, entre otras; además de un aporte personal apoyado en vivencias de otros proyectos realizados por la empresa.

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante el tiempo transcurrido de la práctica en los campos trabajados.

1 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

1.1 JUSTIFICACIÓN

La Práctica Empresarial en Ingeniería Civil resulta de gran ayuda para el estudiante ya que pone en servicio los conocimientos adquiridos en el desarrollo de su carrera, genera calidad en el futuro profesional y promueve mayor inversión en el capital humano. Además es una entrada al mundo laboral para el estudiante, permitiéndole ganar experiencia y aprecio por su carrera.

Por otra parte, para la empresa que solicita el practicante, éste se convierte en un generador de ideas nuevas que van a la par con el conocimiento desarrollado por la universidad, además de un material humano joven y emprendedor que aporta beneficios a la sociedad en general.

En Colombia la Ingeniería Civil está en cúspide y se proyecta como una de las carreras con mayores salidas en el ámbito laboral, esto debido a su gran campo de desempeño y aportes al bienestar de la comunidad. La universidad al promover las prácticas empresariales a sus estudiantes les da las herramientas para competir en el mundo laboral y ser generadores de empleo.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Asistir en los diseños y estudios de la Zonificación de Amenaza por Inundación en la Cuenca Baja y Media de Rio Frio que llevará a cabo la empresa TORRES INGENIERÍA SAS como auxiliar de ingeniería, además de implementar un aporte personal que beneficie el desempeño de la empresa.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar información de campo en el sector de estudio concerniente a la exploración geotécnica.
- Revisión del levantamiento topográfico.
- Analizar los resultados de laboratorio del proyecto.
- Asistir en los modelos de inundación y flujos que se lleven a cabo.
- Colaborar en la elaboración de los planos concernientes al proyecto.
- Implementar un aporte personal que beneficie el desempeño de la empresa.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

TORRES INGENIERÍA SAS, fue creada en el año 2008 y actualmente está constituida como una Sociedad Anónima Simplificada. Su planta física está localizada en la Carrera 27 A #.48 - 130 en Sotomayor en la ciudad de Bucaramanga, y consta de modernos laboratorios de suelos y pavimentos, amplias oficinas y un personal humano de alta calidad. La empresa se especializa en Vías y Geotecnia, y actualmente es generador de empleo y desarrolla estudios en varios municipios de los departamentos de Santander y Norte de Santander,

Su visión corresponde a la creación de una empresa sólida frente al mercado de servicios de diseño y construcción de obras civiles viales, con la filosofía permanente de mejoramiento continuo, e ir a la par de la tecnología y desarrollo de la Ingeniería Civil. La empresa es dirigida por el Ingeniero Civil José Rubén Torres egresado de la Universidad Industrial de Santander, Especialista en Vías de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Geotecnia de la Universidad De Santander y Candidato Magister en Geotecnia en la Universidad Industrial de Santander.

1.4.1 Misión

TORRES ING SAS, es una empresa dedicada a la prestación de servicios especializados de Asesoría, Diseño y Construcción de obras civiles viales, basados en nuestra experiencia y en la mejor atención especializada, con el más alto nivel de eficiencia y eficacia en todo aspecto técnico y constructivo mediante la implementación de procesos de control y evaluación a cada paso, distinguiéndonos tanto por la calidad de nuestros servicios como por la atención y calidez de nuestro personal.

1.4.2 Visión

Ser una empresa sólida ante el mercado de servicios de Diseño e Interventoría y construcción de obras civiles y geotécnicas, a nivel nacional e internacional con la filosofía permanente de mejoramiento continuo, mediante la capacitación y evaluación de nuestros ingenieros especialistas y la aplicación del estado más avanzado del conocimiento, la tecnología y software en diseño, con el fin de ampliar la cobertura de atención en servicios a todos los niveles y zonas de nuestro país. Nuestro compromiso cotidiano se encamina a superar las expectativas de nuestros clientes, y el desarrollo investigativo de ingeniería de diseño para solucionar los problemas con la mayor efectividad en cada trabajo.

2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PREVIA

Se ha recolectado información de estaciones aledañas al área de influencia del estudio para tener conocimiento y registro de toda la información hídrica desde hace 50 años hasta la actualidad, para identificar los datos críticos que se han presentado en este tiempo y tenerlos presentes para el estudio.

De los planes de ordenamiento territorial (POT) de Girón y Floridablanca se tiene una información de la climatología, usos del suelo y posibles amenazas de inundación, erosión y amenazas geológicas cercanas al cauce de Río Frío y sus alrededores.

2.1 INFORMACIÓN DE ESTUDIOS ANTERIORES

Se recopiló información de proyectos realizados anteriormente en sectores del Río Frío. A continuación se muestra una breve descripción de estos proyectos:

ESTUDIO Y DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA EROSIÓN EN EL RIO FRIO ENTRE LA AVENIDA LOS CANEYES Y EL RIO DE ORO

INGENIERIA DE SUELOS LTDA.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE EROSIÓN Y DESLIZAMIENTOS
BUCARAMANGA, JULIO DE 1998

El estudio tiene por objeto realizar un inventario y diagnóstico de los problemas de erosión en el Río Frío entre la planta de tratamiento de aguas residuales y el Río de Oro, recomendar un plan de manejo para la solución de los problemas detectados y diseñar las obras de estabilización de la orilla junto a la Urbanización Castilla Real.

INFORME RÍO FRÍO

CDMB

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y PROYECTOS

BUCAAMANGA, JULIO DE 1981

Datos necesarios para obtención del caudal medio diario del Rio Frio, donde se tiene en cuenta las captaciones que se hacen en un tramo comprendido entre la finca la Esperanza y el Municipio de Floridablanca. Los datos son correspondientes a la estación La Esperanza entre enero de 1978 y abril de 1981. Para los datos de 1979 y 1980 se recurrió a la información suministrada por la C.D.M.B., mientras que para 1980 y 1981 (hasta abril) se obtuvieron las descargas medias diarias. Para las captaciones hechas en el Rio se efectuaron aforos en los sitios de Toma para la obtención de los caudales que se derivan. La descarga media diaria para los años 1978, 1979 y 1980 es de 1030 lts/seg, a partir de este caudal, teniendo en cuenta derivaciones, se logra el caudal residual, en cada punto de captación según la abscisa correspondiente. No se incluyen datos de 1981, por tener menos de 6 meses de información. El mayor caudal encontrado es superior a 20.20 m³/s presentándose en octubre de 1979.

CALCULO DE COTAS DE INUNDACIÓN EN EL RIO DE ORO

ZONA RIO FRIO - RIO SURATA

ESTUDIO PRELIMINAR

JAIME ROA MARTINEZ

INGENIERO CONSULTOR

BUCARAMANGA, MAYO DE 1993

El análisis se debe a la prevención de desastres por inundación del rio de oro. En este se busca determinar las franjas del rio donde este no es seguro y proceder a ejecutar obras de mitigación de riesgos. El informe contempla la zona Rio Frio – Rio Surata. La metodología utiliza todos los parámetros requeridos para el cálculo

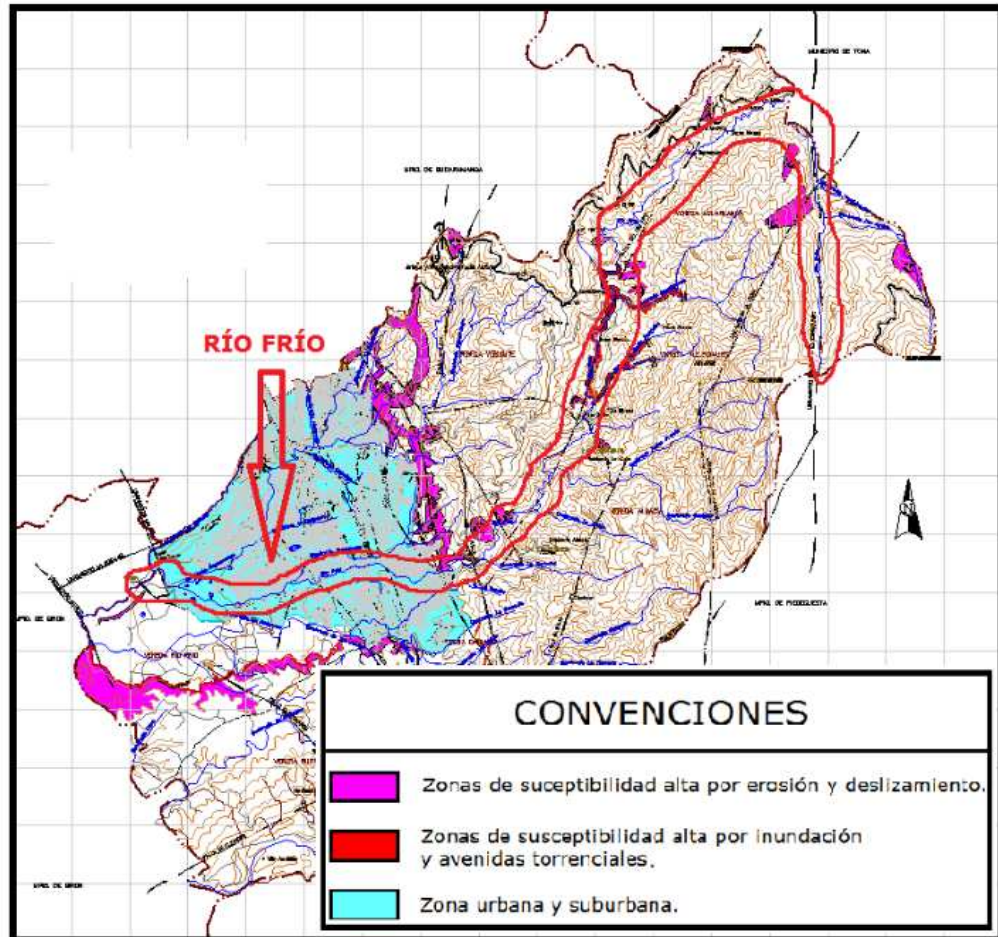
de la profundidad normal para canales naturales la cual se utiliza para la determinación de una línea inundable global. El análisis se basa en el diseño contra el peor evento posible.

Se realiza un primer acercamiento a las condiciones del máximo evento natural producido por la precipitación más alta y de mayor duración, en frecuencias de 50, 30, 20, 10 y 5 años. Para la rugosidad la metodología utilizada es la del servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (S.C.S.), por ser ésta la de mayor funcionalidad y precisión. El procedimiento consiste en definir un valor básico de rugosidad según el material nativo, suponiendo un canal uniforme, recto y regular, y después se ajusta el resultado con factores correctivos incrementales para las condiciones reales. Las rugosidades encontradas en 8 secciones transversales tomadas en el estudio están entre $n = 0.045$ y 0.06 . Las pendientes en cada sección transversal varían entre 0.1% y 1.25% tomadas con una separación de 100 metros entre puntos, ubicados a 50 metros aguas arriba de la sección y 50 metros aguas abajo de la misma, respectivamente.

La teoría utilizada considera que el tirante de agua posee como frontera a la profundidad normal de Manning, y que el comportamiento del perfil de la superficie cumple con las leyes de la hidráulica, es decir que para los casos comunes de flujo natural M1, M2, M3, y S3 el tirante se acerca a la profundidad normal de manera asintótica; se estima una aproximación cercana al 100% del valor real, debido a que el flujo gradualmente variado con el transcurrir de la distancia se puede llegar a convertir en flujo uniforme. Los caudales de trabajo para un periodo de 20 años más altos están alrededor de $388\text{m}^3/\text{s}$. La mayor profundidad normal encontrada en las secciones estudiadas es de 5.21 metros con un nivel de 691.55 metros para 20 años contados desde 1993.

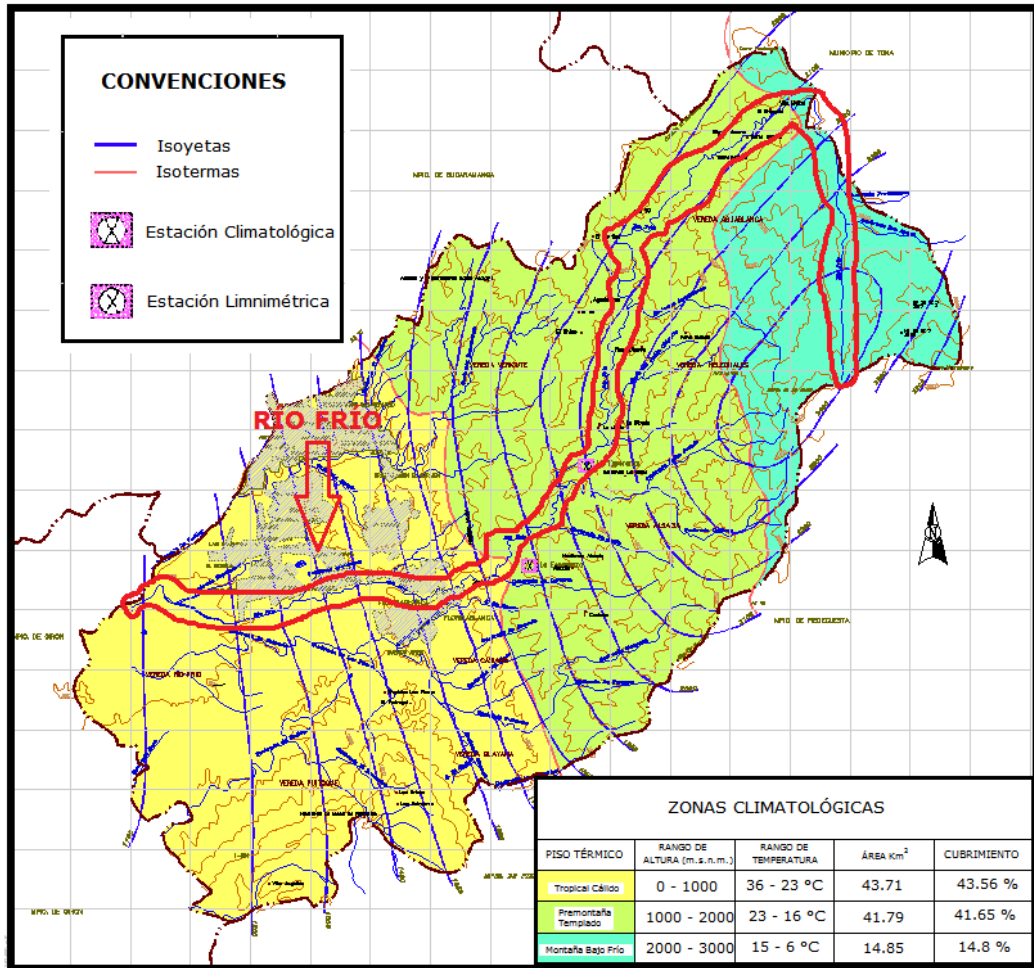
2.2 CLIMATOLOGÍA, USOS Y POSIBLES AMENAZAS DEL SUELO

Figura 1. Amenaza Suelo Floridablanca



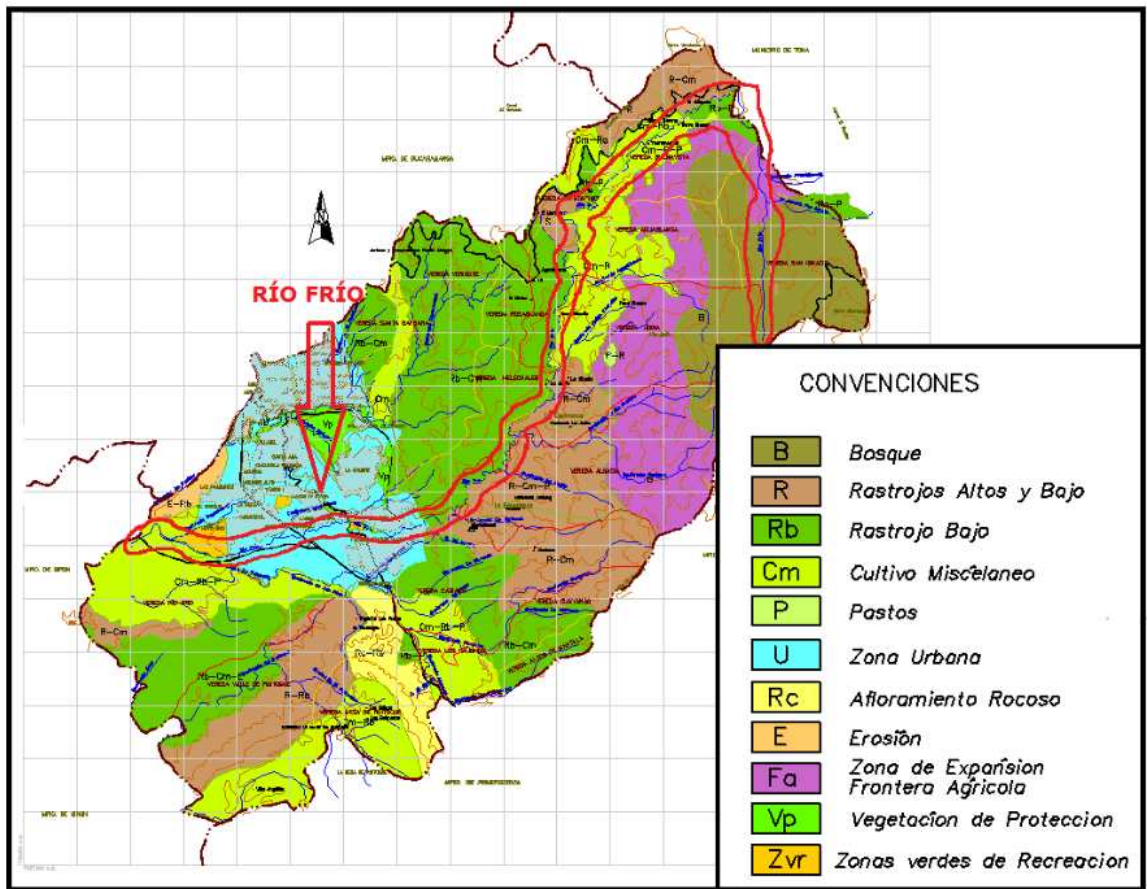
Fuente: POT de Floridablanca

Figura 2. Mapa Climatológico Floridablanca



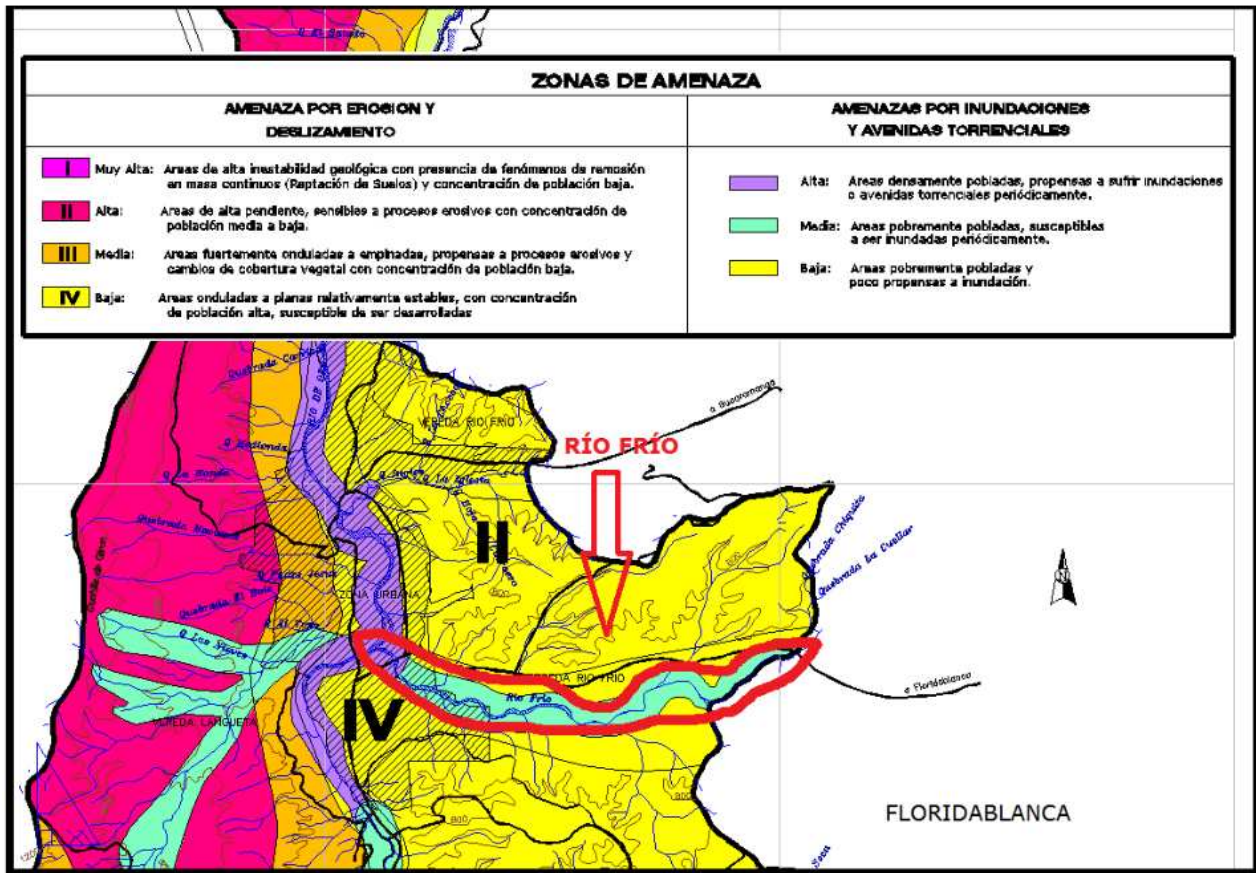
Fuente: POT de Floridablanca

Figura 3. Uso del Suelo Floridablanca



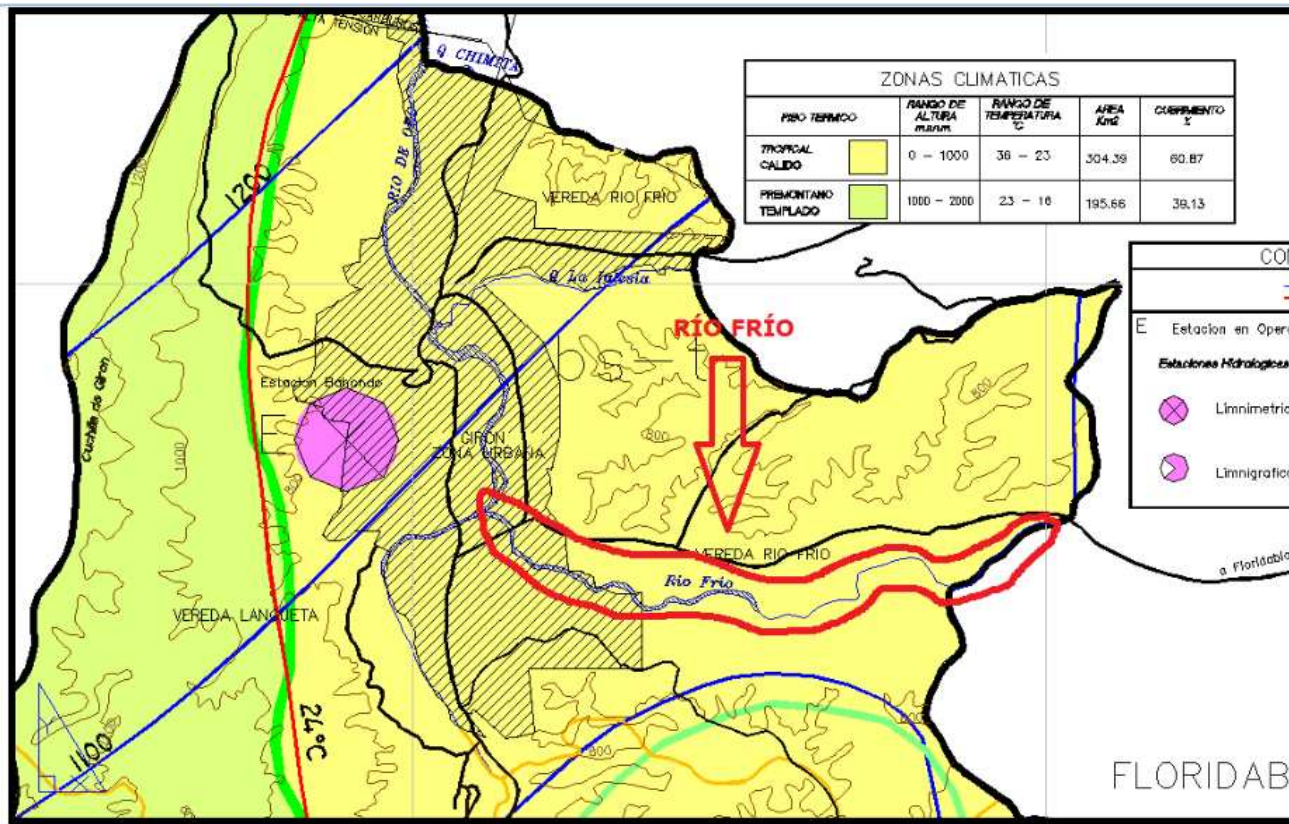
Fuente: POT de Floridablanca

Figura 4. Amenaza Suelo San Juan de Girón



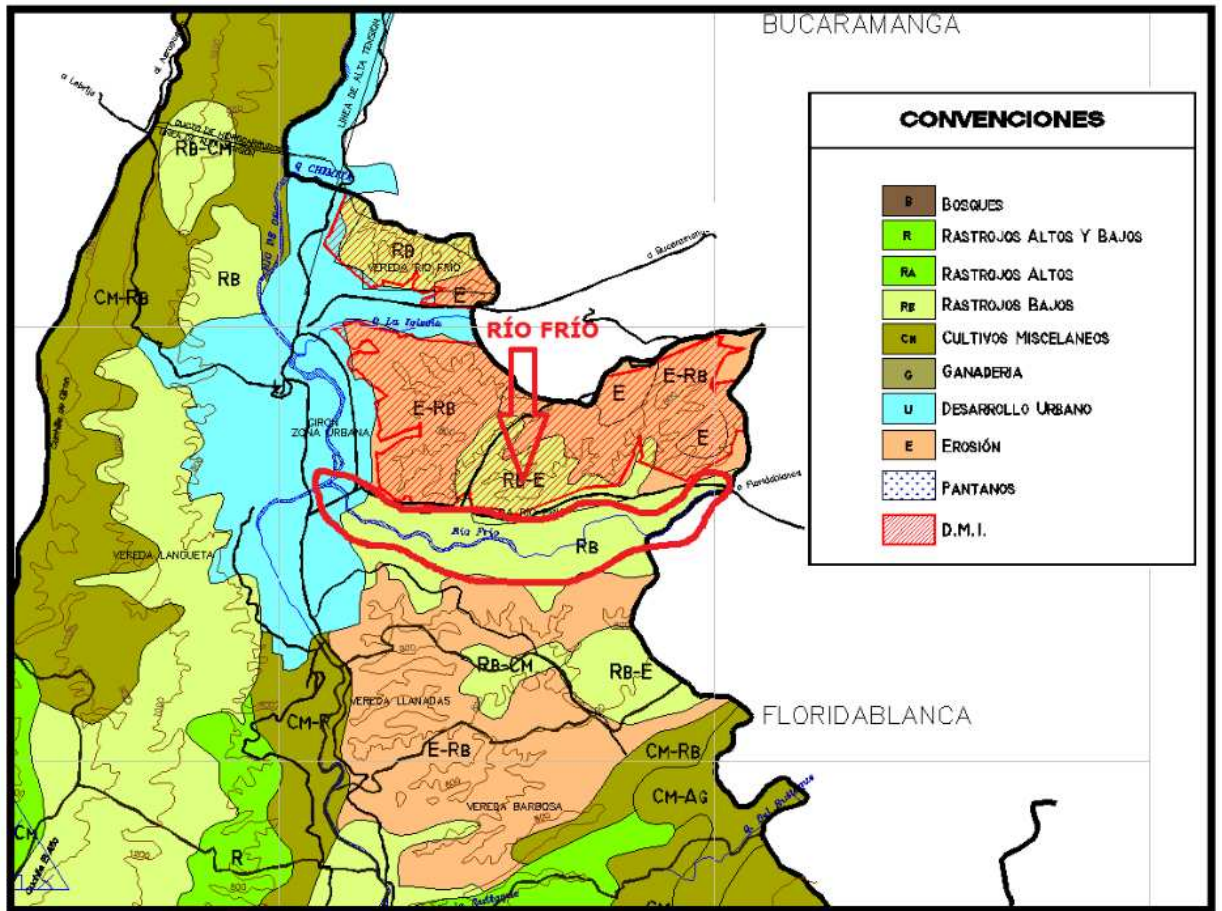
Fuente: POT de Girón

Figura 5. Mapa Climatológico San Juan de Girón



Fuente: POT de Girón

Figura 6. Uso del Suelo San Juan de Girón



Fuente: POT de Girón

3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La topografía desempeña un papel muy importante en las ramas de la ingeniería, el levantamiento topográfico es indispensable para planear, diseñar y construir redes de servicios públicos como son las redes de aguas residuales, aguas lluvias, canales de drenajes y obras de protección de inundación entre otros.

El levantamiento planimétrico y altimétrico de la zona de estudio, se realizó en 14 kilómetros a lo largo del río iniciando en la Finca La Esperanza hasta llegar al Río de Oro. Este levantamiento topográfico se amarró a las coordenadas y elevaciones del sistema de la Red Geodésica del Área metropolitana de Bucaramanga-CDMB-IGAC, para esto se realizaron las poligonales de amarre que tuvo como puntos de inicio los puntos GPS-D-ST-022, GPS-D-ST-024, GPS-D-ST-028, GPS-002 Y GPS-039, ubicados estos puntos se hicieron cuatro poligonales cerradas, las cuales fueron de utilidad para la localización de vías, paramentos, cajas, pozos, postes, árboles, viviendas y bordes del Río Frio.

La primera poligonal se inició armando en GPS-028, localizado en la Urbanización Bellavista, tomando línea al GPS-022, localizado en la virgen a la salida de Florida hacia Piedecuesta, y se colocaron las referencias 1 y 2 en el puente que une a Bucarica con Florida, de donde se subió por el río con una poligonal hasta la finca La Esperanza y de allí se hizo el amarre al GPS-024 localizado en el tanque del Acueducto en el barrio Caracolí y al GPS-022, en el cual se tomó línea al GPS de inicio. La segunda poligonal se inició armando en GPS-028, localizado en la Cumbre Bellavista, y se dio línea al GPS-022 de la virgen para hacer el amarre al D228 y D229 de la poligonal que se trazó desde el puente de la antigua vía a Florida hasta el puente sobre el Río Frio en la Autopista, y esta se cerró a los puntos de inicio. La tercera poligonal se inició en los deltas 224 y 225 de la segunda poligonal localizados en la autopista hasta el puente sobre el río en el

anillo vial, y se subió cerrando a los deltas 224 y 224C de la segunda poligonal. La cuarta poligonal se inició en los D268 y D269 que pertenecen a la tercera poligonal que llega en el Puente de La Autopista y se llegó hasta el Río de Oro amarrando al GPS-002, localizado frente a la estación de servicio El Caney, donde se armó y se dio línea de cierre al GPS-039 localizado en la Vereda El alto La Aldea.

Para el control de la cota de nivelación realizada con la estación se tomaron el NP 21SS7 con cota 889.434 localizado en el Jardín Botánico sobre la vía antigua a Floridablanca y el NP 16SS7 con cota 820.154 localizado en el anillo vial frente a La Isla del Sabor en Versailles, y al terminar en el Río de Oro al GPS-002 localizado a la entrada de Girón por la Estación de Servicio El Caney. De esta manera localizadas las cuatro poligonales bases se prosiguió con el desarrollo de toma de datos, avanzando por cada una de las líneas de trabajo, por el Río Frio, tomando puntos que generaran información básica para el plano del área de influencia del proyecto.

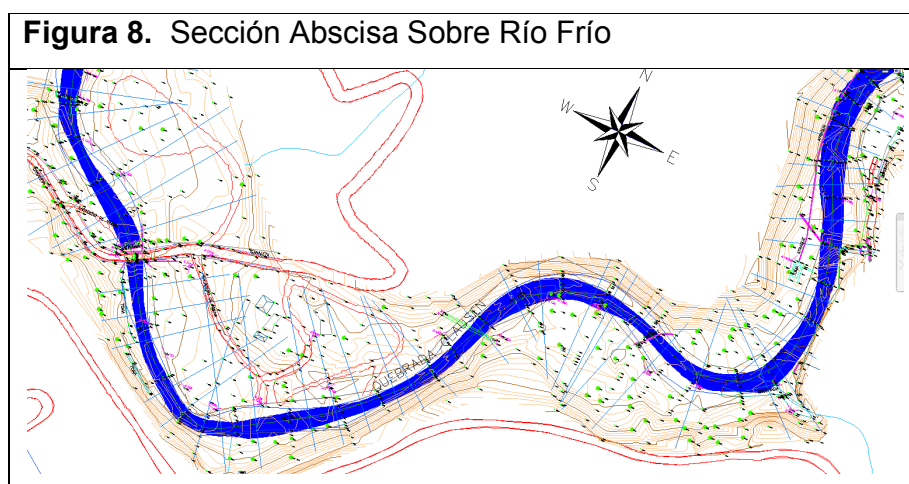
Se localizaron las viviendas, puentes y estructuras a lo largo de la zona de estudio, también se tomó información para localizar los detalles más relevantes de la topografía del terreno para generar curvas de nivel y establecer la cota de inundación. Para este estudio se asistió revisando la información del levantamiento topográfico y se colaboró en la elaboración de planos ayudando además a la creación de curvas de nivel por medio de nubes de puntos y la elaboración de secciones transversales. Para el procesamiento de la cartera de campo se maneja el error máximo permisible con la ecuación $9'' \sqrt{n}$.

4 ZONIFICACIÓN PRELIMINAR GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL RÍO FRÍO DE ACUERDO CON EL ESTUDIO DE AMENAZA DEL INGEOMINAS

El sector de estudio de Río Frío cuenta con una longitud aproximada de 14.000 metros y se encuentra ubicado en diferentes formaciones geológicas y zonas geotécnicas por la gran longitud que abarca. También es importante señalar que parte del sector en estudio se encuentra ya urbanizado como se observa en las figuras 7, 8 y 9.

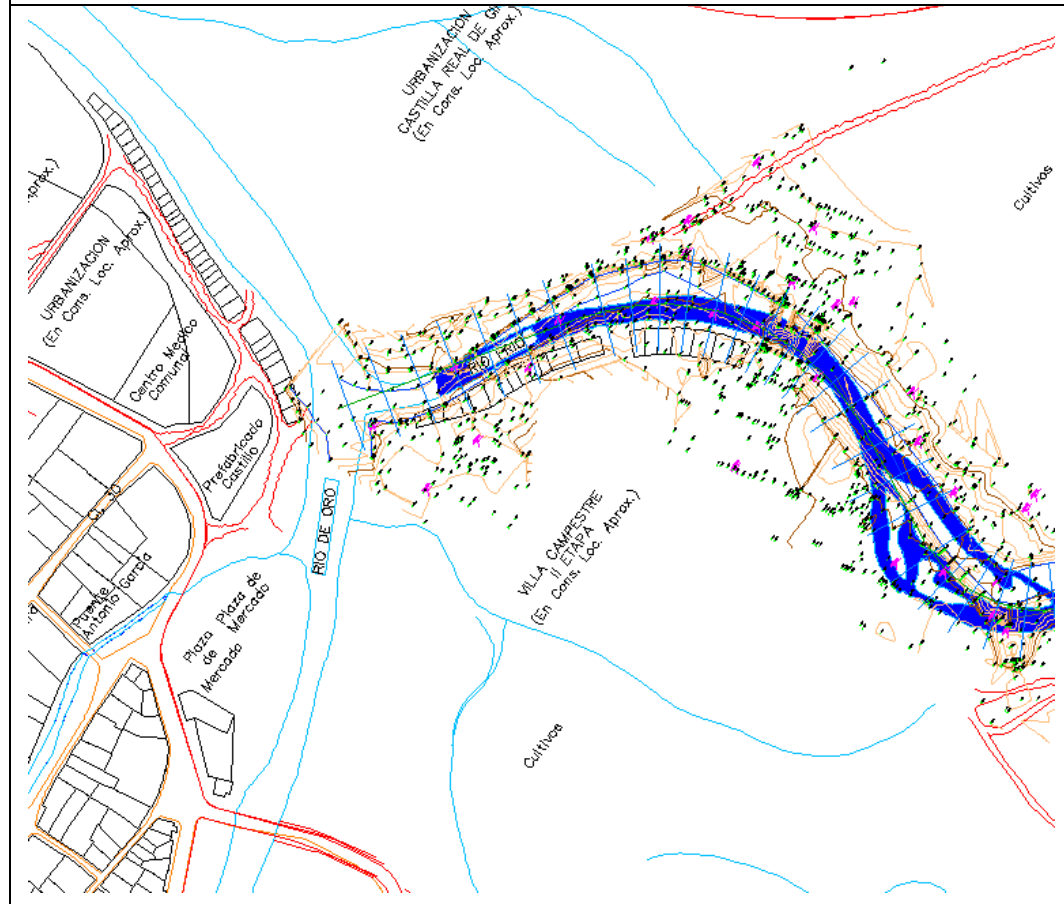


Fuente: Torres Ing. S.A.S.



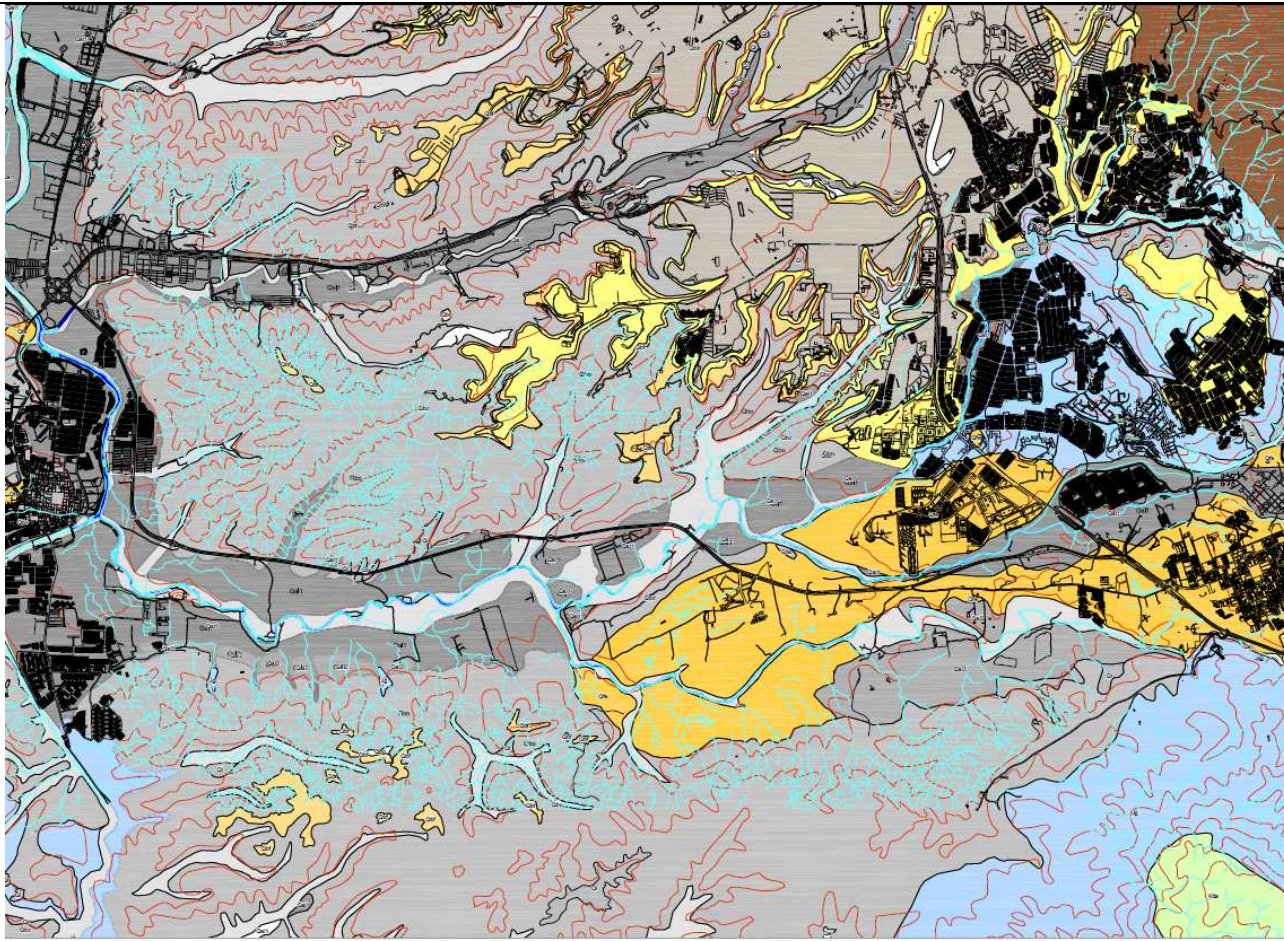
Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Figura 9. Sección Urbanizada Sobre Río Frío



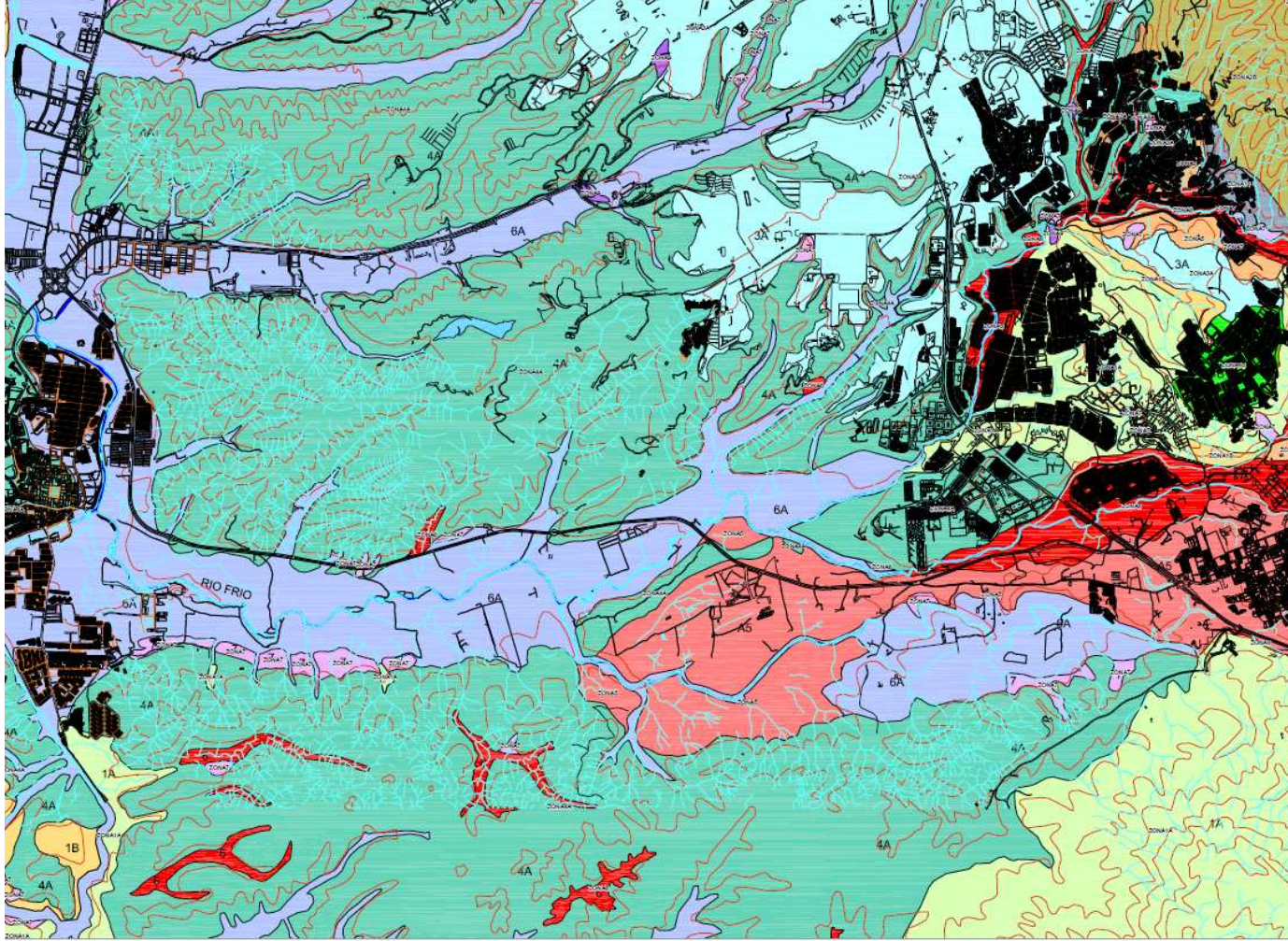
Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Figura 10. Geología Río Frío



Fuente: POT Floridablanca y Girón.

Figura 11. Zonificación Sector Río Frío



Fuente: POT Floridablanca y Girón.

UNIDADES GEOLÓGICAS

C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	Qlm	Llenos Antropogenicos	Materiales de cortes de talud y escombros que han sido arrojados sobre laderas naturales y depresiones, cuyo resultado final son zonas planas para construcciones civiles.
		Ql	Depósitos de ladera	Depósitos de color amarillo claro y rojizo, con cantos y bloques de conglomerados y areniscas cuarzo-feldespáticas, subangulares, en matriz areno-arcillosa.
		Qal	Aluvial reciente	Cantos de areniscas silíceas, conglomerados, cuarcitas y lodolitas, granito, granodiorita, clorita, gabro, nels y esquistos, en matriz areno lodosa.
		Qal1	Terrazas Bajas	Depósito de cantos subredondeados a redondeados de areniscas cuarzosas y resistentes, guijos igneo-metamórficos, areniscas violáceas y fragmentos de cuarzo lechoso, en matriz areno-arcillosa. Se
		Qal2	Terrazas medias	Depósito de fragmentos angulares a subangulares de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, clastos soportados, en matriz de areno cuarzo-feldespática.
		Qlc	Flujos de Escombros	Depósito constituido por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas, tamaño grava y bloque, principalmente nels y granodiorita, esporádicamente anfíbolitas y esquistos, en matriz.
		Qblr	Miembros limos rojos	arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojos, amarillentos y naranjas. Existen esporádicos bloques angulares grandes, de areniscas, asociados superficialmente a este miembro.
F O R M A C I O N B U C A R A M A N G A	Qbg	Miembro gravoso	Depósito fluvio-torrencial con niveles gravosos, gravoarenosos y gravolodosos. Cantos subredondeados a subangulares de areniscas y rocas ígneas, en matriz areno-arcillo-limosa, color pardo rojizo, rojizo y ocre pálido.	
	Qbf	Miembro fino	Depósito con niveles arcillo-limosos plásticos de colores grises a verdes hacia la base. Hacia el techo predominan niveles areni-limosos y limoarenosos arcóscicos de colores amarillentos a pardo amarillento.	
	Qbo	Miembro órganos	Depósito fluvio-torrencial compuesto por una serie monótona de fragmentos gruesos polimórficos, de aspecto conglomerático, en alfercía con capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura.	
	M E S O Z O I C O	Kta	Formación Tambor	Arenica cuarzoza, clara, con copas, limolita y arenisca parda rojiza. Conglomerática en su parte inferior.
		Jg	Formación Girón	Arenisca conglomerática y conglomerado, gris amarillento a pardo rojizo, masivos y lenticulares; limolita parda rojiza.
			Formación Jordán	Limolita, arenisca de grano fino, parda rojiza, un poco calcárea en las parte más duras.
		TRb	Formación Bocas	Arenisca y lutita gris a gris parduzca.
TRPI		Formación Tiburon	conglomerado con guijeros de caliza gris.	
P A L E O Z O I C O	PCd	Formación Diamante	Caliza gris, lutita gris a parda rojiza	
	Df	Formación Floresta	Limolita y lutita gris amarillenta, filítica; arenisca de grano fino.	
	pDs pDs+Jgd	Formación Sigará	pDs: Filita, esquistos y cuarcita; menor cantidad de metavolcánicos: de bajo a medio grado de metamorfismo. pDs+JgD: pDs con numerosas masas pequeñas de granodiorita.	
	pEb	Nels Bucaramanga	pEb: Esquistos, nels y migmatitas, metamorfismo de alto grado	

ZONIFICACION SIMOGEOTECNICA INDICATIVA PARA EL AREA METROPOLITANA DE BUCARMAANGA

ZONA 10		
ZONA 11		
ZONA 1A	Rocas Sedimentarias con Pendientes Moderadas a Bajas	Los suelos corresponden a perfiles de meteorización de profundidad variable entre 2 y 10 metros, de arenas limosas y arcillosas, y algunos sectores de arcillas limosas, colores rojo, marrón y amarillo. Aparecen gran cantidad de cavemas de diámetros hasta de 30 centímetros de hormigueros y conductos internos de aguas infiltradas. Ocasionalmente aparecen bloques de roca menos meteorizada dentro del perfil;
ZONA 1B	Rocas Sedimentarias con Pendientes Fuertes	Los suelos corresponden a sectores de bloques de roca muy fracturados, grandes bloques sueltos sobre la superficie del talud, talus y coluviones colgados sobre las laderas y suelos residuales con perfiles de meteorización poco profundos, además aparecen amplias cárcavas de erosión y cicatrices de antiguos deslizamientos.
ZONA 2A	Rocas Igneas y Metamórficas de Alta Pendiente	Los suelos corresponden a suelos residuales con perfil de meteorización profundo a muy profundo, con gran cantidad de estructuras heredadas. La mayoría de los suelos corresponden a arenas arcillosas y limosas de color claro.
ZONA 2B	Rocas Igneas y Metamórficas Fracturadas Afectadas por Fallas Geológicas	Los suelos son residuales con perfil de meteorización profundo a muy profundo y gran cantidad de estructuras heredadas. Los suelos corresponden a arenas arcillosas y limosas de color claro en los sectores metamórficos, y arcillas arenosas y arenas arcillosas en los sectores ígneos.
ZONA 3A	Limos Rojos del Abanico Aluvial de Bucaramanga	Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, cementadas por óxidos de hierro sobre mantos gravosos y algo conglomeráticos; estos suelos presentan generalmente cohesiones y capacidades de soporte altos.
ZONA 4A	Miembros Organos y Gravoso No Afectados por Procesos Erosivos	Los suelos subsuperficiales corresponden a gravas arena arcillosas con gran cantidad de cantos redondeados, correspondientes a la formación Organos. No aparecen niveles freáticos subsuperficiales, pero en la mayoría de los casos se presentan niveles freáticos profundos o acuíferos colgados sobre el basamento de los Miembros Organos y Gravoso.
ZONA 4B	Miembro Organos Afectado por Procesos Erosivos	Los suelos subsuperficiales corresponden a gravas arena arcillosas, con gran cantidad de cantos redondeados, correspondientes a la formación Organos. No aparecen niveles freáticos subsuperficiales, pero en la mayoría de los casos se presentan niveles freáticos profundos o acuíferos colgados sobre el basamento de la formación Organos.
ZONA 5	Flujos de Escombros del Macizo de Santander	Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, no cementadas, arenas limosas y mantos de conglomerado de los flujos de escombros. Los niveles freáticos son poco profundos.
ZONA 6	Valles Aluviales de los Ríos Afectados por Procesos de Erosión	Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas limpias, gravas y arenas limosas en mantos subhorizontales; a diferentes profundidades, según el sitio, aparecen suelos duros o rocas. Los niveles freáticos son poco profundos y están generalmente controlados por los niveles de agua en las cañadas, quebradas y ríos aledaños.
ZONA 6A	Valles Aluviales de Los Ríos y Quebradas Principales	Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas limpias, gravas y arenas limosas en mantos subhorizontales; a diferentes profundidades, según el sitio, aparecen suelos duros o rocas. Los niveles freáticos son poco profundos y están generalmente controlados por los niveles de agua en las cañadas, quebradas y ríos aledaños.
ZONA 7	Depósitos de Coluvión	Los coluviones tiene una composición específica de matriz y clastos dependiendo del tipo de roca de la cual se originan. Algunos coluviones son clastos-soportados y otros matriz-soportados. La mayoría de los coluviones presentes en el Area Metropolitana de Bucaramanga poseen niveles freáticos poco profundos.
ZONA 9	Rellenos sueltos	En esta zona se incluyen las áreas de rellenos de suelos sueltos y basuras. Las áreas correspondientes a la zona 9, se encuentran localizadas en una gran cantidad de sitios del Area Metropolitana de Bucaramanga.

4.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Se entiende por Unidades Litoestratigráficas cada uno de los conjuntos de materiales geológicos (rocas y acumulaciones sedimentarias) formados en condiciones homogéneas, o relativamente homogéneas, cartografiables a la escala de trabajo (1:10.000) y ordenados cronológicamente. En el área de estudio se presentan unidades litológicas, compuestas por rocas metamórficas, rocas sedimentarias, rocas ígneas y depósitos de suelos.

TIPO	NOMBRE	CONVENCION
ROCAS METAMORFICAS	Neis de Bucaramanga	Peb
	Formación Silgará	PDs
ROCAS IGNEAS	Diorita y Tonalita del Area del río Suratá	TRt
	Cuarzomonzonita de La Corcova	JRcl
	Cuarzomonzonita, Granito y Pórfido Cuarzoso	JRcg
ROCAS SEDIMENTARIAS	Formación Floresta	Df
	Formación Diamante	Pcd
	Formación Tiburón	TRPt
	Formación Bocas	TRb
	Formación Jordán	Jj
	Formación Girón	Jg
	Formación Tambor	Kita
	Formación Bucaramanga:	
	Miembro Organos	Qbo
	Miembro Finos	Qbf
	Miembro Gravoso	Qbg
	Miembro Limos Rojos	Qblr
	Depósitos de Flujos de Escombros	Qfe
	Depósitos Aluviales:	
	Terrazas Medias	Qal ₂
	Terrazas Bajas	Qal ₁
	Llanura de Inundación	Qal
	Depósitos Coluviales	Ql
	Depósitos de Deslizamiento:	Qd
	Deslizamiento Activo	Qda
	Deslizamiento Inactivo	Qdi
Llenos Mecánicos	Qllm	

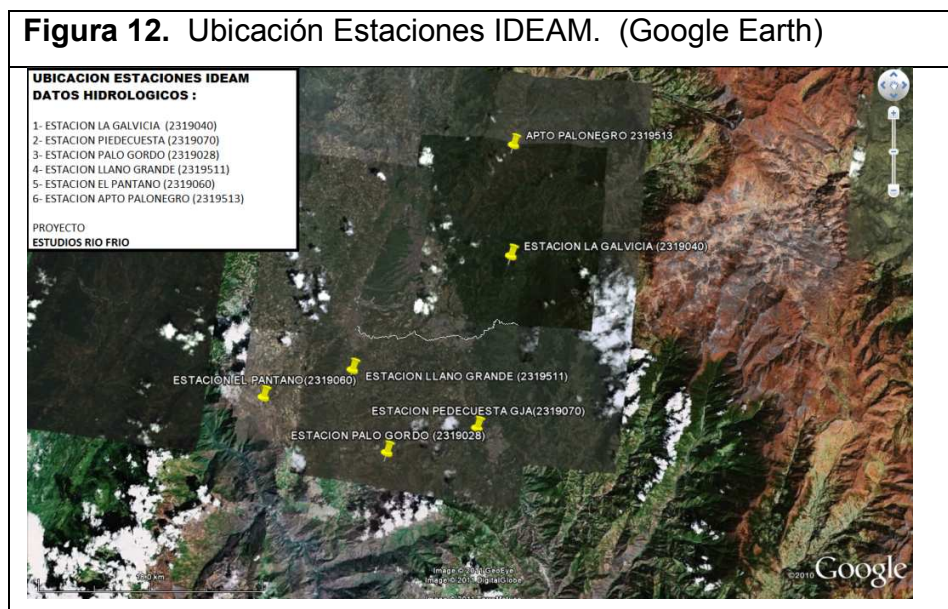
Tabla N. 1 Unidades Litoestratigráficas

Teniendo en cuenta aspectos tales como el geológico, propiedades geomecánicas de los materiales, espesor de los depósitos, dos firmas consultoras especializadas en esta rama realizaron zonificaciones Geotécnicas preliminares.

5 ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RIO FRIO

5.1 LOCALIZACIÓN

Con base en la información comprada al IDEAM se realizó el modelo hidrológico de la cuenca del Rio Frio. Se estudiaron 5 estaciones aledañas al sector en estudio.



5.2 ESTACIONES DATOS HIDROGRÁFICOS

Se estudió el comportamiento hidrológico de de las distintas estaciones analizadas. Según la información obtenida del IDEAM, se observaron las precipitaciones medias mensuales y anuales de las estaciones de medición del área estudiada, presentándose dos picos en los meses de abril y octubre.

5.3 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

Para los tiempos de concentración se analizaron 7 puntos de interés, aunque el punto 1 no es de mucha importancia ya que éste se encuentra muy alejado al cauce del área urbanística del Río Frío.

Punto de Interés	Descripción de Puntos de Interés	Longitud del Cauce (m)	Pendiente del Cauce (m)	Métodos de Estimación (Taylor-Swartz)	Tiempos de Concentración en Minutos				Área de Aporte (Km 2)
					Estimación				
					Kirpich	Culverts	Temez	Valencia & Zuluaga	
1	Cambio de dirección río Frío, Cerca a la Corcova	5082	0,114	0,139	29,72	32,14	37,2	84,17	12,12
2	Puente, arriba del Limoncito	19520	0,079	0,119	88,83	104,21	105,02	205,84	45,63
3	Antes desembocadura Q Suratoque	23252	0,072	0,1	108,87	123,7	123,82	236,93	47,51
4	Antes desembocadura Q Zapamanga	25432	0,069	0,096	118,44	134,86	133,41	252,23	52,19
5	Antes desembocadura Q La Cuellar	25964	0,067	0,095	120,59	138,05	135,63	255,83	71,37
6	Antes desembocadura Q La Estancia	27588	0,064	0,094	127,28	147,09	142,45	266,83	106,85
7	Punto de cierre de la cuenca	32148	0,057	0,089	145,71	173,97	161,14	296,59	117,97

Tabla N. 2 Tiempos de Concentración.

6 ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL RÍO

Para el análisis de la dinámica que presenta el Rio Frio, se usó como base de comparación la información recopilada el POT del Girón y Floridablanca (**AÑO 2000**) respectivamente según el sector analizado.

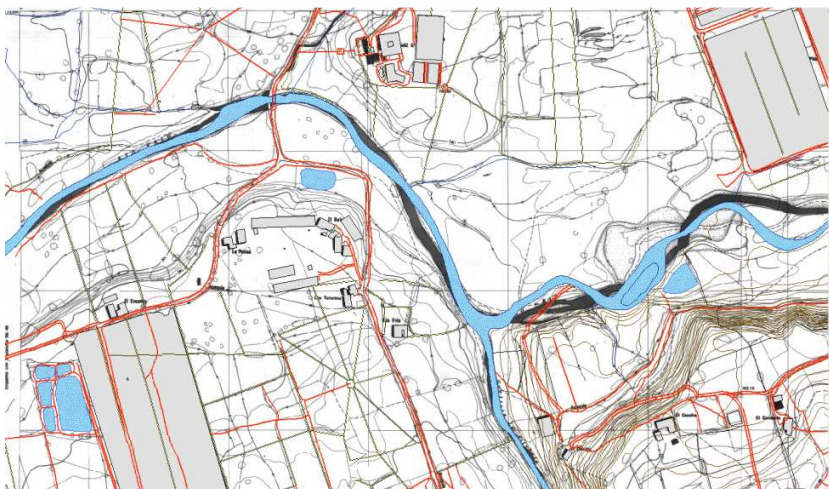
Las imágenes se georeferenciaron usando lo siguiente información geodésica la cual coincidía con los P.O.T:

PLANO AEROFOTOMÉTRICO DE BUCARAMANGA

Elaborado por la **C.D.M.B.** Proyección Cartesiana con Origen en el Punto Girón, al que se asignaron las siguientes coordenadas planas: Norte: 74 643.50 metros, Este 97 236.74 metros, obtenidas al restarle 1'200.00 metros a las Norte y 1'000.000 de metros a las Este de las coordenadas planas Gauss del Origen. Plano de proyección 931 metros sobre el nivel del mar. La declinación magnética para 1976 en el punto de origen es de 2° 01". 18W, con Variación anual de +8°.0".

Para el manejo más dinámico de la información y verificación se hizo todo el montaje de las fotografías en ARCMAP de ArcGIS. (***El Proyecto en arcGIS tiene el nombre: "ANALISIS DINAMICA DEL RIO FRIO"***).

El análisis se hizo en los sectores donde el Rio Frio ha cambiado su cauce de manera significativa y cuantificable. Por ejemplo como en la siguiente imagen:



En color azul ->**RIO FRIO POT.**

En color negro -> **RIO FRIO IMAGENES CDMB.**

Debido a la antigüedad de los planos de la CDMB se han encontrado algunos desfases en la superposición de imágenes, los cuales no se han tenido en cuenta para este análisis, este error se debe entre otras cosas a la posible actualización del DATUM y sistema de referencia Gauss Planas en el Observatorio Astronómico ubicado en Bogotá D.C

Como graficas de comprobación se usarán imágenes obtenidas de **GOOGLE EARTH PRO 6 (6.0.1.2032)** de donde se obtuvieron las fotografías aéreas de los años 2002-2005-2009.

ANÁLISIS MORFODINÁMICO DEL RÍO FRÍO.

Para esta parte se muestran las tres imágenes correspondientes a los años 2009, 2005 y 2002 respectivamente con un trazado sobre el cauce mayor del río frío con las siguientes consideraciones de color:

CAUCE RIO FRIO 2009 

CAUCE RIO FRIO 2005 

CAUCE RIO FRIO 2002 

A continuación se encuentran tres imágenes del mismo sitio ubicado en el actual barrio Brisas de Río Frío en el municipio de Girón, Santander, el cual es la zona más vulnerable debido a su cercanía y actual urbanización a menos de 100mts del río frío y actual zona de extracción de material de río para la construcción. El Río se ha desplazado aproximadamente 7.25m en el sector señalado en las imágenes, el resto de esta zona del Río Frío no ha tenido mayor consideración en cuanto al desplazamiento, cabe destacar las nuevas construcciones en las zonas cercanas a los meandros del río, las cuales están directamente afectadas por procesos de inundación y remoción en masa.

Figura 13. Zonificación Sector Río Frío



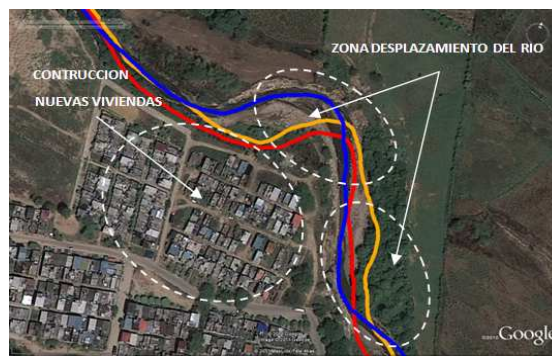
Fuente: Google Earth

Figura 14. Zonificación Sector Río Frío



Fuente: Google Earth

Figura 15. Zonificación Sector Río Frío



Fuente: Google Earth

7 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

7.1 CRITERIOS UTILIZADOS

Para la planeación de las investigaciones geotécnicas se utilizaron los criterios generales de la norma NSR 2010, las Normas Geotécnicas de la CDMB y los lineamientos establecidos en el contrato de consultoría.

7.2 INVESTIGACIONES PRELIMINARES

Se realizaron visitas de inspección a la zona en estudio, se revisaron los informes de estudios existentes en la zona, planos y la base de datos de INGEOMINAS con el objeto de determinar las características físicas, geológicas y geotécnicas generales definiendo las principales limitantes y en esta forma programar los trabajos de campo y de laboratorio.

7.3 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Con el objeto de conocer las características de resistencia de los materiales encontrados en la zona se adelantó en la zona un trabajo de exploración geotécnica.

7.4 METODOLOGÍA

La siguiente es la forma como se ejecutaron las perforaciones que en este documento se muestran, por consiguiente dichos pasos fueron:


- a) Selección del punto de perforación de acuerdo con las características de la zona.
- b) Adecuación del área a trabajar para ser instalado el equipo de perforación Hidráulico, con tubería de diámetro NQ.
- c) Montaje del equipo de perforación en el sitio establecido.
- d) Se realizan unas canaletas no mayores de 1.00 metro, esto con el fin de que el agua re-circule y continúe el proceso de perforación.
- e) Se perfora y se extraen muestras del subsuelo para realizar la descripción de las mismas.
- f) Se realiza el archivo fotográfico con convenciones, para así poder especificar claramente las abreviaciones que allí se presentan.
- g) Conservación de las muestras en papel aluminio, etiquetándolas con un formato que dice Fecha, Proyecto, Sondeo No, Ubicación, Muestra, Profundidad, Sistema y su indicación de dirección en profundidad.
- h) Se guardan las muestras en las bandejas.
- i) Se recoge el equipo de perforación y se limpia el sector dejándolo en el estado que se encontraba.
- j) Se llevan las muestras al laboratorio de Torres Ingeniería.
- k) Luego se procede a realizar los distintos ensayos de laboratorio para obtener las características de los suelos y sus propiedades.


Así mismo los apiques cumplieron los siguientes pasos:


- a) Ubicación de los apiques.
- b) Dependiendo de la topografía del sector, se definen las dimensiones de la sección transversal del apique, siendo las más comunes de 1 metro x 1 metro.
- c) Se define la profundidad del apique, dependiendo del tipo de suelo encontrado.
- d) Se saca un bloque de muestra de suelo inalterado a la profundidad deseada, envolviéndola completamente en papel vinipel, para así conservar sus propiedades naturales.
- e) Se lleva la muestra a los laboratorios de Torres ING. donde se realizan los distintos ensayos de laboratorio para obtener las características de los suelos y sus propiedades.

En los laboratorios se analizaron las muestras obtenidas en campo realizando los siguientes ensayos:

SECADO DE MUESTRAS	<u>Observaciones</u>
	Se observa el secado de algunas muestras de suelo en el horno para poder determinar su humedad natural.

GRANULOMETRÍA	<u>Observaciones</u>
	Ensayo de granulometría, se evidencia el tamizado de la muestra para poder determinar la estructura del suelo.

ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA	<u>Observaciones</u>
	<p>Ensayo de límite líquido (límites de Atterberg), donde se observa la cuchara de Casagrande para realizar los golpes del ensayo y poder clasificar el material fino.</p>

ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA	<u>Observaciones</u>
	<p>Se observa el ensayo de límite plástico (límites de Atterberg), el cual junto al límite líquido permite determinar el índice plástico y posteriormente realizar la clasificación de finos.</p>

ENSAYO DE CORTE DIRECTO	<u>Observaciones</u>
	<p>Ensayo de corte directo para determinar las propiedades del suelo tales como la cohesión y el ángulo de fricción interna.</p>

7.5 LOCALIZACIÓN DE SONDEOS Y APIQUES

Para llevar a cabo el estudio de zonificación amenaza por inundación en la cuenca baja y media del Río Frío (Municipio de Floridablanca y Girón), es necesario realizar perforaciones en las laderas del Río en donde se observa posible amenaza para conocer el estado actual del suelo y establecer si es necesario construir obras de mitigación o no.

Para esto se hicieron recorridos a lo largo de todo el sector en estudio y se determinaron puntos clave para llevar a cabo dichas perforaciones dependiendo del estado en que se observaran las obras o los suelos cercanos al cauce del Río.

Estas perforaciones pueden ser sondeos, apiques o trincheras, los sondeos son realizados con un equipo de perforación hidráulico, ya que son perforaciones hechas a profundidades altas si el suelo lo permite, en tanto los apiques son hechos manualmente para extraer una muestra de suelo inalterada y su

profundidad es mucho menor y depende de las características del suelo encontrado.

A continuación se muestran los sectores y las coordenadas en los cuales se realizaron las perforaciones para el estudio y los lugares donde se hace necesario ejecutar otros sondeos, debido a problemas observados.

LOCALIZACIÓN SITIOS DE SONDEOS EJECUTADOS RIO FRIO CDMB			
SONDEO	No.	ESTE [m]	NORTE [m]
BAMBUES	1	1101220,38	1272718,67
CAMBULOS	2	1101050,79	1272647,97
CAMBULOS	3	1101029,49	1272644,02
BRISAS DE RIO FRIO	4	1102196,61	1272427,85
BRISAS DE RIO FRIO	5	1102194,09	1272440,70
BRISAS DE RIO FRIO	7	1101751,61	1272436,06
VILLA LINDA	8	1100819,39	1272879,27
CANEYES	9	1100786,33	1273179,11
LAGOS	10	1108843,29	1273451,69
AVENIDA CANEYES	11	1100807,72	1273111,83
CAÑAVERAL	12	1108219,30	1273173,62
CAÑAVERAL	13	1108243,34	1273179,82

Tabla N. 3 Localización Sitios de Sondeos Ejecutados

LOCALIZACIÓN SITIOS DE APIQUES EJECUTADOS RIO FRIO CDMB			
APIQUE	No.	ESTE [m]	NORTE [m]
JARDIN BOTANICO	1	1109141,33	1273466,88
BUCARICA	2	1109102,61	1273462,98
BUCARICA	3	1109082,17	1273465,16
BUCARICA	4	1109046,78	1273458,96
BUCARICA	5	1109016,56	1273442,70
BUCARICA	6	1108964,13	1273439,60
LAGOS	7	1108935,20	1273438,57
LAGOS	8	1108899,51	1273447,41
LAGOS	9	1108861,93	1273448,75
LAGOS	10	1108667,72	1273364,76
LAGOS	11	1108639,81	1273359,15
LAGOS	12	1108596,01	1273360,95
LAGOS	13	1108548,56	1273342,80
LAGOS	14	1108536,98	1273336,96
LAGOS	15	1108511,19	1273309,61
LAGOS	16	1108478,66	1273295,85
LAGOS	17	1108466,22	1273272,62
LAGOS	18	1108412,61	1273266,36
LAGOS	19	1108438,12	1273291,51
LAGOS	20	1108407,15	1273283,29
LAGOS	21	1108359,53	1273261,05
LAGOS	22	1108375,82	1273249,24
LAGOS	23	1108651,24	1273325,47
LAGOS	24	1108528,69	1273279,14
JARDIN DE LIMONCITOS	25	1110799,77	1273456,49
JARDIN DE LIMONCITOS	26	1110354,84	1273356,50

LOCALIZACIÓN SITIOS DE APIQUES EJECUTADOS RIO FRIO CDMB			
JARDIN DE LIMONCITOS	27	1110097,46	1273277,73
JARDIN DE LIMONCITOS	28	1109945,26	1273194,50
BUCARICA	29	1109759,36	1273242,58
JARDIN BOTANICO	30	1109616,42	1273274,23
JARDIN BOTANICO	31	1109482,00	1273392,87
LAGOS	32	1108282,74	1273283,60
LAGOS	33	1108236,43	1273210,31
CAÑAVERAL	34	1108182,12	1273158,07
CAÑAVERAL	35	1108069,17	1273208,55
CAÑAVERAL	36	1107994,26	1273206,64
CAÑAVERAL	37	1107910,10	1273167,36
CAÑAVERAL	38	1107811,19	1273124,06
CAÑAVERAL	39	1107748,51	1273157,37
CAÑAVERAL	40	1107694,35	1273154,30
CAÑAVERAL	41	1107623,99	1273034,26
CANEYES GIRON	42	1100634,85	1273243,06
CANEYES GIRON	43	1100791,62	1273074,07
VILLA LINDA	44	1100790,88	1272866,41
CAMBULOS	45	1100903,96	1272694,60
BAMBUES	46	1101228,52	1272722,93
BAMBUES	47	1101399,94	1272626,09
BRISAS DE RIO FRIO	48	1101545,87	1272550,35
BRISAS DE RIO FRIO	49	1101742,72	1272477,35
BRISAS DE RIO FRIO	50	1101890,84	1272328,77
BRISAS DE RIO FRIO	51	1102031,05	1272432,93
BRISAS DE RIO FRIO	52	1102204,14	1272439,13
BRISAS DE RIO FRIO	53	1102729,63	1272580,32

LOCALIZACIÓN SITIOS DE APIQUES EJECUTADOS RIO FRIO CDMB			
TRAMO GIRON-FLORIDA	54	1103858,93	1272881,27
TRAMO GIRON-FLORIDA	55	1103847,81	1272905,25
TRAMO GIRON-FLORIDA	56	1103919,66	1272901,13
PLANTA DE TRATAMIENTO	57	1104853,78	1272873,71
PUENTE VEHICULAR	58	1105173,26	1273103,11

Tabla N. 4 Localización Sitios de Apiques Ejecutados.

LOCALIZACION SITIOS EXPLORACION GEOTECNICA RIO FRIO CDMB. SONDEOS POR EJECUTAR			
ESTE [m]	NORTE [m]	SITIO	DESCRIPCION
1100789,90	1272983,43	SONDEO 28	SOCAVACION SECTOR URBANO
1101383,88	1272658,24	SONDEO 27	SOCAVACION SECTOR URBANO
1103431,82	1272642,05	SONDEO 26	SOCAVACION Y EROSION
1103903,04	1272907,14	SONDEO 25	PUENTE SOCAVACION ESTRIBO
1104828,22	1272851,72	SONDEO 24	SOCAVACION Y DESLIZAMIENTO
1105237,36	1273166,39	SONDEO 23	SOCAVACION MARGEN DERECHA
1106974,50	1272816,82	SONDEO 22	DESLIZAMIENTO DE TERRENO
1107655,86	1273097,52	SONDEO 21	EROSION MURO DE GAVION
1108701,81	1273369,17	SONDEO 20	PUENTE MAL ESTADO
1109120,72	1273466,97	SONDEO 19	SOCAVACION AVANZADA
1109420,84	1273367,57	SONDEO 18	EROSION JARDIN BOTANICO
1109759,48	1273210,67	SONDEO 17	MURO MAL ESTADO
1110233,57	1273285,95	SONDEO 16	EROSION JARDIN LIMONCITO 02
1110589,62	1273446,57	SONDEO 15	EROSION JARDIN LIMONCITO 01
1111099,91	1273627,45	SONDEO 14	MURO MAL ESTADO
1102012,50	1272538,04	SONDEO 6	MURO MAL ESTADO

Tabla N. 5 Localización Sitios de Sondeos por Ejecutar.

7.6 RESULTADOS DE LABORATORIO

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN U.S.C.S	wn. %	LÍMITES ATTERBERG				GRADACIÓN		
				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Ic	GRAVAS %	ARENAS %	FINOS %
1	0,0 - 1,0	SP	2,60%	NP	NP	NP		41,24%	41,74%	17,02%
	1,0 - 2,0	SC	13,07%	25,35%	11,45%	13,90%	0,88	7,86%	59,52%	32,62%
	2,0 - 3,0	SC	12,94%	24,76%	9,93%	14,82%	0,80	16,58%	49,86%	33,56%
	3,0 - 4,0	NO SE RECUPERO MUESTRA								
	4,0 - 5,0	SC	7,56%	24,92%	10,49%	14,43%	1,20	13,47%	51,80%	34,73%
	5,0 - 6,0	SC	14,69%	28,04%	13,90%	14,14%	0,94	16,10%	41,41%	42,49%
2	0,0 - 1,0	NO SE RECUPERO MUESTRA								
	1,0 - 2,0	SC	42,73%	22,25%	11,54%	10,71%	0,00	0,35%	70,39%	29,26%
	2,0 - 3,0	SC	7,89%	20,62%	10,53%	10,09%	1,26	0,23%	72,80%	26,98%
	3,0 - 4,0	CL	20,84%	24,49%	14,31%	10,18%	0,36	2,24%	42,31%	55,46%
	4,0 - 5,0	SC-SM	18,36%	22,69%	16,54%	6,15%	0,70	3,01%	61,89%	35,10%
	5,0 - 6,0	SC	20,97%	30,02%	16,55%	13,47%	0,67	2,76%	57,60%	39,64%
3	0,0 - 1,0	SC-SM	4,58%	18,57%	13,95%	4,62%	3,03	2,72%	71,47%	25,81%
	1,0 - 2,0	SC	3,15%	22,54%	14,71%	7,83%	2,48	2,16%	63,40%	34,44%
	2,0 - 2,2	SC	2,31%							
4	0,0 - 1,0	SP	10,93%	NP	NP	NP		13,23%	62,60%	24,17%
	1,0 - 1,2	SP	5,29%	NP	NP	NP		0,92%	79,58%	19,50%
5	0,0 - 1,0	SP	2,19%	NP	NP	NP		3,77%	67,40%	28,84%
	1,0 - 2,0	SP	5,39%	NP	NP	NP		0,69%	76,08%	23,24%
	2,0 - 3,0	SC	17,01%	24,25%	12,57%	11,69%	0,62	8,84%	50,36%	40,80%
	3,0 - 5,0	SC	20,84%	36,93%	16,95%	19,97%	0,81	5,58%	45,50%	48,92%

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN U.S.C.S	wn. %	LÍMITES ATTERBERG				GRADACIÓN		
				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Ic	GRAVAS %	ARENAS %	FINOS %
	5,0 - 8,0	ROCAS ARENISCAS								
	8,0 - 9,0	SC	14,07%	28,05%	13,68%	14,38%	0,97	0,44%	62,00%	37,56%
	9,0 - 9,2	SC	14,40%	27,93%	14,14%	13,79%	0,98	0,39%	65,78%	33,83%
	9,2 - 11,0	NO SE RECUPERO MUESTRA								
	11,0 - 13,0	SC	19,17%	37,30%	17,55%	19,75%	0,92	20,45%	31,15%	48,41%
7	0,0 - 1,0	NO SE RECUPERO MUESTRA								
	1,0 - 2,0	SC	25,72%	29,15%	14,03%	15,13%	0,23	3,24%	69,73%	27,02%
	2,0 - 3,0	SM	11,90%	19,51%	15,98%	3,53%	2,16	4,67%	77,24%	18,09%
8	0,0 - 1,0	SP	14,30%	NP	NP	NP		1,94%	49,56%	48,50%
	1,0 - 2,0	SP	6,52%	NP	NP	NP		6,56%	52,26%	41,18%
	2,0 - 2,2	SP	14,36%	NP	NP	NP		1,88%	65,23%	32,89%
	2,2 - 3,0	ROCAS ARENISCAS								
	3,0 - 4,0	SP	13,21%	NP	NP	NP		16,92%	69,77%	13,31%
	4,0 - 6,0	NO SE RECUPERO MUESTRA								
	6,0 - 7,0	ROCAS ARENISCAS								
9	0,0 - 1,0	SC	12,48%	27,38%	16,08%	11,30%	1,32	1,50%	82,58%	15,91%
	1,0 - 2,0	SC	11,84%	25,03%	11,50%	13,53%	0,97	0,76%	75,75%	23,49%
	2,0 - 3,0	NP	6,55%	NP	NP	NP		5,41%	18,81%	75,78%
	3,0 - 4,0	CL	8,91%	36,55%	17,51%	19,03%	1,45	5,28%	22,03%	72,69%
	4,0 - 5,0	ROCAS ARENISCAS								
10	0,0 - 1,0	SC	5,98%	24,29%	14,15%	10,14%	1,81	1,92%	76,81%	21,27%
	1,0 - 2,0	SC-SM	2,98%	21,26%	15,33%	5,94%	3,08	0,15%	77,61%	22,24%
11	0,0 - 1,0	SP	9,63%	NP	NP	NP		0,08%	93,09%	6,83%

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN U.S.C.S	wn. %	LÍMITES ATTERBERG				GRADACIÓN		
				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Ic	GRAVAS %	ARENAS %	FINOS %
	1,0 - 2,0	SP	21,54%	NP	NP	NP		0,87%	84,49%	14,64%
	2,0 - 3,0	NO SE RECUPERO MUESTRA								
	3,0 - 4,0	SP	22,43%	39,10%	17,22%	21,88%	0,76	6,31%	90,18%	3,51%
	4,0 - 5,0	SM	18,36%	18,60%	15,45%	3,15%	0,08	0,23%	81,26%	18,51%
	5,0 - 6,0	NO SE RECUPERO MUESTRA								
12	0,0 - 1,0	SP	9,24%	NP	NP	NP		2,90%	82,36%	14,75%
	1,0 - 1,5	SP	9,60%	NP	NP	NP		2,29%	80,79%	16,92%
13	0,0 - 1,0	SP	17,78%	NP	NP	NP		3,67%	85,48%	10,85%
	1,0 - 1,5	SP	23,94%	NP	NP	NP		13,95%	66,43%	19,62%

Tabla N. 6 Resultados de los Sondeos: Humedad Natural, Granulometría y Límites.

APIQUE	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN U.S.C.S	wn. %	LÍMITES ATTERBERG				GRADACIÓN		
				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Ic	GRAVAS %	ARENAS %	FINOS %
24	0,0 - 0,8	SM	5,33%	16,46%	14,89%	1,58%	7,07	2,34%	70,04%	27,62%
27	0,0 - 1,0	SC	9,87%	25,19%	13,05%	12,15%	1,26	2,91%	63,05%	34,05%
36	0,0 - 1,0	NP	19,87%	NP	NP	NP		1,10%	74,01%	24,89%
45	0,0 - 0,5	CL	19,57%	36,95%	17,65%	19,30%	0,90	13,33%	35,70%	50,96%
46	0,0 - 0,3	SC	18,95%	35,52%	17,66%	17,86%	0,93	17,80%	35,79%	46,41%
	0,3 - 0,9	SC	15,83%	33,00%	13,59%	19,41%	0,88	20,03%	43,37%	36,61%

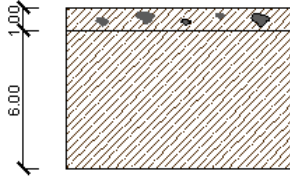
Tabla N. 7 Resultados de los Apiques: Humedad Natural, Granulometría y Límites.

APIQUE	PROFUNDIDAD (m)	CORTE DIRECTO		
		ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)	ÁNGULO DE DILATANCIA (°)
24	0,0 - 0,8	22,372	0,062	3,42
27	0,0 - 1,0	28,412	0,006	3,80
36	0,0 - 1,0	17,309	0,144	2,97
45	0,0 - 0,5	34,527	0,304	2,68
46	0,0 - 0,3	29,208	0,035	1,61
	0,3 - 0,9	30,954	0,118	1,70

Tabla N. 8 Resultados de los Apiques: Resistencia al Corte.

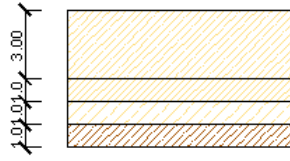
7.7 PERFIL GEOTÉCNICO TÍPICO SONDEOS RÍO FRÍO

SONDEO No. 1



Arena y Grava con humedad muy baja
 Arena Arcillosa (SC) de color pardo oscuro, con humedad media hasta los 3 metros y presentando humedad baja a los 5 metros de profundidad; su consistencia aumenta conforme la humedad disminuye.

SONDEO No. 2



Arena Arcillosa (SC) de color pardo claro, su humedad pasa de ser muy alta a baja hasta los 3 metros de profundidad; su consistencia aumenta conforme la humedad disminuye.
 Arcilla Ligera Arenosa (CL) de color café claro, humedad media, poco consistente.
 Arena Limosa Arcillosa (SC-SM) de color pardo claro, humedad media, poco consistente.
 Arena Arcillosa (SC) de color pardo, humedad media, poco consistente.

SONDEO No. 3



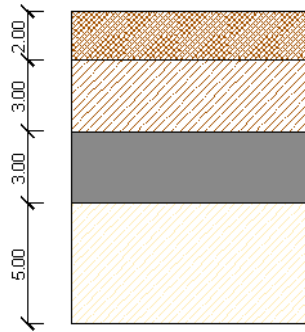
Arena Limosa Arcillosa (SC-SM) color café claro, humedad muy baja, consistente.
 Arena Arcillosa (SC) color café claro, humedad muy baja, consistente.

SONDEO No. 4



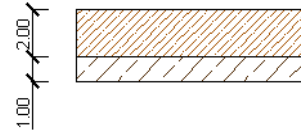
Arena Mal Graduada (SP) color pardo oscuro, humedad baja.
 Arena Mal Graduada (SP) blanca, humedad muy baja.

SONDEO No. 5



Arena Mal Graduada (SP) color pardo con material fino, humedad muy baja.
 Arena Arcillosa (SC) color pardo, poco consistente con humedad media a baja.
 Rocas areniscas color gris claro.
 Arena Arcillosa (SC) blanca ocre, poco consistente con humedad media.

SONDEO No. 7



Arena Arcillosa (SC) color café, humedad media a alta, poco consistente.
 Arena Limosa (SM) color pardo oscuro, humedad media a baja, consistente.

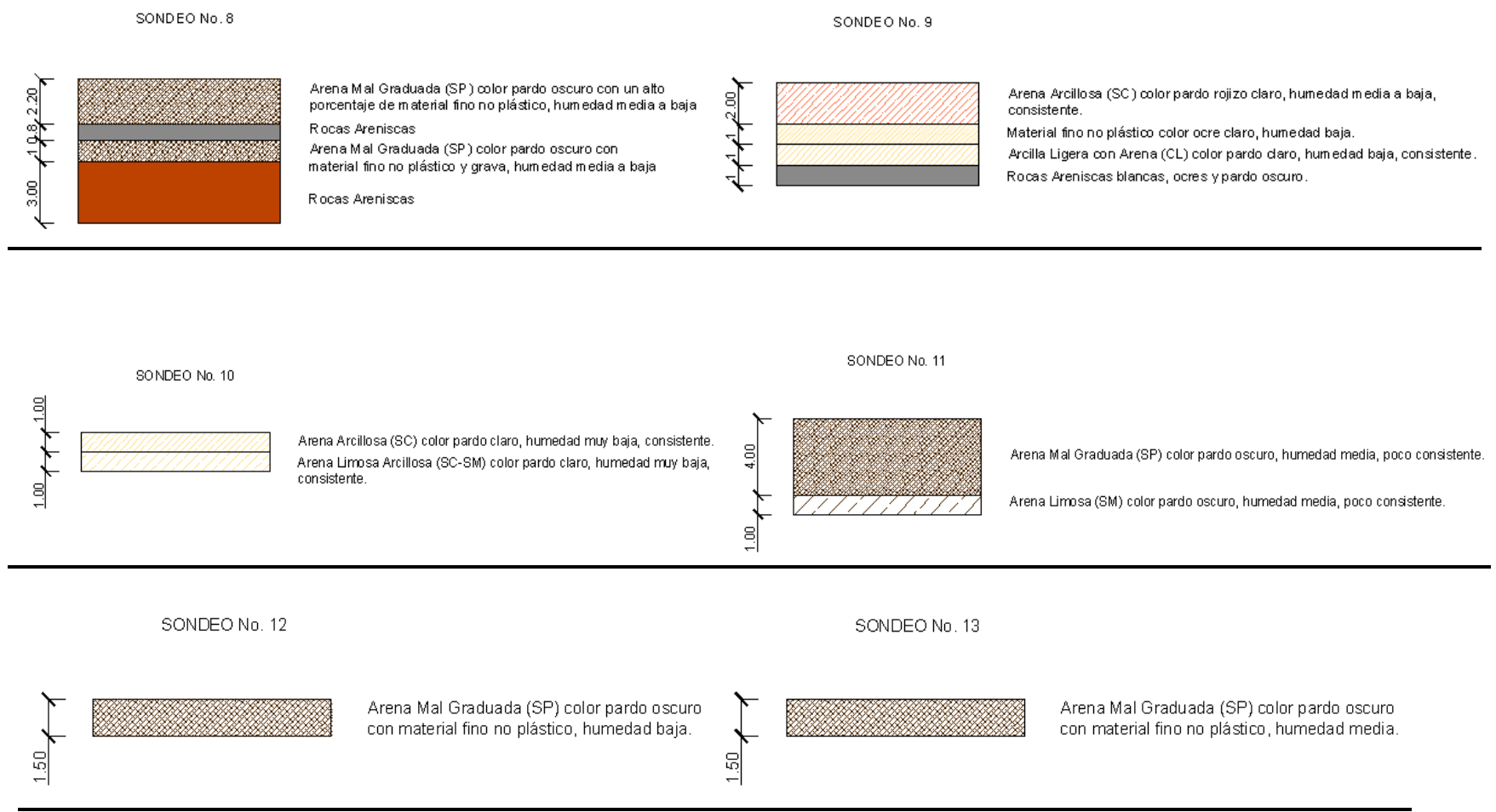


Figura 16. Perfil Geotécnico Típico Sondes Río Frío

7.8 RESULTADOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

Profundidad (m)	Sondeos														
	Sondeo No, 1			Sondeo No, 2			Sondeo No, 3			Sondeo No, 4			Sondeo No, 5		
	N (golpes / pie)			N (golpes / pie)			N (golpes / pie)			N (golpes / pie)			N (golpes / pie)		
0,50 - 1,00	15	16	12	4	5	5	13	35	13	26	41	56	3	15	29
1,00 - 1,50	9	9	9	4	4	4	9	9	6	47	R		19	30	30
1,50 - 2,00	11	15	15	3	4	3	6	5	3				12	11	14
2,00 - 2,50	12	12	14	8	15	10	17	R					15	13	14
2,50 - 3,00	16	19	25	7	3	5							15	19	21
3,00 - 3,50	20	21	25	16	16	11							18	15	16
3,50 - 4,00	28	29	29	9	8	10							20	28	38
4,00 - 4,50	25	24	29	9	4	4							55	35	33
4,50 - 5,00	31	36	40	5	5	6							33	49	R
5,00 - 5,50	35	41	50	9	4	4									
5,50 - 6,00	49	52	R	4	7	33									
6,00 - 6,50				R											
6,50 - 7,00															
7,00 - 7,50															
7,50 - 8,00															
8,00 - 8,50													4	12	18
8,50 - 9,00													29	41	44
9,00 - 9,50													47	R	

Profundidad (m)	Sondeos														
	Sondeo No, 7			Sondeo No, 8			Sondeo No, 9			Sondeo No, 10			Sondeo No, 11		
	N (golpes / pie)			N (golpes / pie)			N (golpes / pie)			N (golpes / pie)			N (golpes / pie)		
0,50 - 1,00	1	1	1	3	4	3	10	9	8	1	3	30	4	6	4
1,00 - 1,50	10	9	10	2	1	2	9	8	9	9	6	5	6	7	10
1,50 - 2,00	18	21	23	5	19	16	7	4	3	5	6	18	12	17	20
2,00 - 2,50	20	21	25	20	R		32	26	16	R			11	9	13
2,50 - 3,00	23	27	27				11	14	20				16	20	20
3,00 - 3,50	R			15	17	19	30	9	5				14	16	16
3,50 - 4,00				25	22	18	7	6	21				17	20	17
4,00 - 4,50				R			R						5	8	11
4,50 - 5,00													15	26	35
5,00 - 5,50													45	42	43
5,50 - 6,00													40	40	40
6,00 - 6,50													R		

Profundidad (m)	Sondeos					
	Sondeo No, 12			Sondeo No, 13		
	N (golpes / pie)			N (golpes / pie)		
0,50 - 1,00	12	13	16	1	3	2
1,00 - 1,50	24	24	30	4	7	21
1,50 - 2,00	R			25	R	

Tabla N. 9 Resultados Ensayos de Penetración Estándar.

7.8.1 CORRELACIONES PARA INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS SPT

A continuación se presentan unas tablas indicativas que permiten la interpretación general de los resultados de los ensayos realizados:

Tabla N. 10 Interpretación SPT Para Suelos Granulares

No de Penetración Estándar N	Densidad Relativa %	Estado del Suelo
0 a 3	0 a 15	Muy suelto
3 a 8	15 a 35	Suelto
8 a 25	35 a 65	Medio
25 a 42	65 a 85	Denso
42 a 58	85 a 100	Muy denso

Fuente: (Ref.: Jamiolkowski y otros, "New correlations of penetration tests for design practice" Penetration testing, 1988 ISOPT-1, Balkema, 1988).

Tabla N. 11 Interpretación SPT Para Suelos Arcillosos

No de Penetración estándar N	Consistencia	Resistencia a Compresión (kPa)
0 a 2	Muy blanda	0 a 25
2 a 5	Blanda	25 a 50
5 a 10	Medio firme	50 a 100
10 a 20	Firme	100 a 200
20 a 30	Muy firme	200 a 400
> 30	Dura	> 400

Fuente: (Ref.: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999)

8 ANÁLISIS HIDRÁULICO

8.1 MODELO PRELIMINAR DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

Se ha realizado un modelo preliminar del comportamiento del río frío, utilizando el software FLO-2D

DESCRIPCIÓN DEL MODELO FLO-2D

Ecuaciones que Describen el Comportamiento del Flujo

El FLO-2D está basado en el principio de conservación de volumen, en el cual se establece que el avance de una onda de creciente es controlado por las características topográficas y por la rugosidad del cauce y de las planicies. Las crecientes son transitadas en las dos dimensiones de un plano horizontal a partir de la integración de las ecuaciones de movimiento para una inundación de agua o de un flujo hiperconcentrado.

Con este modelo es posible simular el proceso lluvia escorrentía incluyendo el proceso de infiltración, el transporte de flujo en un canal, el flujo en las planicies de una cuenca, el flujo a través de calles, estructuras como diques y puentes, entre otras capacidades. Adicionalmente, el programa es capaz de delimitar las zonas de amenaza y establecer para ésta, categorías alta, media y baja, de acuerdo a la recurrencia de eventos de caudales extremos o de lluvias en la cuenca estudiada.

Las ecuaciones que fundamentan el modelo matemático del software, son la ecuación de continuidad del flujo y la ecuación de onda dinámica para la cantidad de movimiento:

Ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

Ecuación de la cantidad de movimiento o de momentum:

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t} \text{ Donde}$$

- V_x Componente promedio de la velocidad en una celda
- S_{fx} Pendiente de la línea de energía, o pendiente de fricción
- S_{ox} Pendiente del lecho
- h Profundidad del flujo
- g Aceleración de la gravedad
- i Intensidad de lluvia de exceso
- t Tiempo

La ecuación de momentum consta de varios términos: El primero, S_{ox} , corresponde a la pendiente del lecho, $\frac{\partial h}{\partial x}$ es el término que involucra la presión en el flujo, $\frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x}$ es la aceleración convectiva y $\frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$ es la aceleración local.

La modelación en el programa se realiza empleando todos los términos de esta ecuación (onda dinámica), aunque da la posibilidad de modelar sin incluir el término de aceleración local (onda difusiva). Estas dos ecuaciones, definen el movimiento como cuasi-bidimensional, puesto que la ecuación de momentum se resuelve empleando la velocidad promedio del flujo en los bordes de una celda, la cual cuenta con ocho posibles direcciones del flujo: Norte, este, sur, oeste, noreste, sureste, suroeste y noroeste. Esta velocidad es esencialmente unidimensional y se calcula independiente de la dirección; es decir, el cálculo de la velocidad es esencialmente unidimensional.

Potencialidades y Limitaciones del Modelo Matemático FLO-2D

El FLO-2D es un modelo bidimensional capaz de simular el comportamiento del flujo sobre una determinada superficie horizontal, teniendo en cuenta las características topográficas de la zona de estudio, y las características del flujo, entre las cuales se puede resaltar, el cambio en las concentraciones de sólidos en proporción del volumen total, así mismo como los cambio en la densidad y de la viscosidad del flujo.

El software simula el comportamiento del flujo, en un régimen de flujo no permanente y variado, lo que implica, que es capaz de reproducir el comportamiento de una onda de creciente tanto de agua, como de agua y sedimentos (flujos hiperconcentrados, de lodos y de detritos). A su vez, el FLO-2D puede analizar matemáticamente el comportamiento de estructuras como diques, puentes, vías y canales.

Como limitantes, este software, presenta un fondo fijo (es decir, la altura topográfica de cada celda es constante), de manera que no se puede considerar el efecto de socavación que se puede producir en estos fenómenos tanto en el cauce como en las planicies de inundación.

La precisión en los resultados, radica en la calidad de la información, especialmente en la topografía, dado que el software genera una malla de cálculo interpolando, para celdas cuadradas los niveles de elevación del terreno. De igual forma, la precisión depende del tamaño de la celda empleado, es decir, mientras menor sea este, más precisos son los resultados.

La modelación matemática de flujos se realizó con el fin de definir zonas afectadas por inundación de agua más sedimentos, en las zonas cercanas al rio frio para un único escenario inicialmente, con miras a determinar preliminarmente el

comportamiento hidráulico del flujo con el objeto de ir calibrando el modelo en el transcurso de la consultoría.

MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL FLUJO

Área de Estudio Para la Modelación

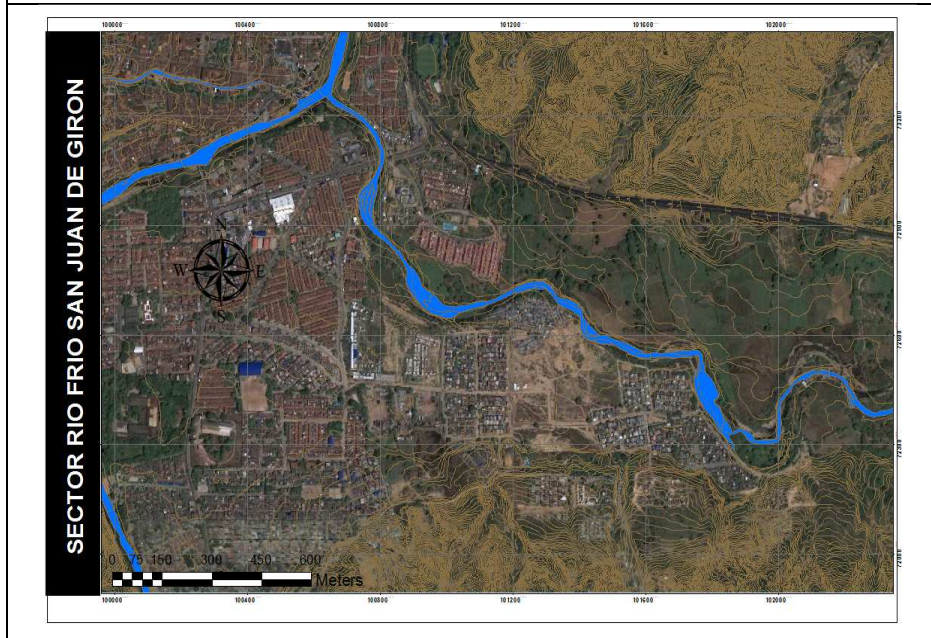
La zona a analizar hidráulicamente con el software FLO-2D, se enfocó en la parte contenida de la Cuenca del RIO FRIO, la cual atraviesa los municipios SAN JUAN DE GIRON y FLORIDABLANCA. La razón de analizar este sitio, es conocer la zonificación de amenaza por inundación en la cuenca baja y media del Río Frio en los municipios anteriormente mencionados, con el fin de identificar los diferentes tipos de obras de mitigación para protección del cauce en zonas de amenaza alta y media por inundación, así como también establecer zonas de aislamientos del cauce de acuerdo a lo establecido en las Normas Geotécnicas de la CDMB

Para la parte preliminar de la modelación se ha iniciado con el sector concerniente al Municipio de SAN JUAN DE GIRON, se usó una distribución uniforme de celdas de 200m de lado.

Escenario de Modelación

La modelación matemática se realizó considerando un único escenario con un *coeficiente de Manning* de único Valor $C_m = 0.04$ y además no se tuvo en consideración la infiltración del suelo, ni las características de rugosidad presentes en el lecho del río. Para Lugares con árboles su uso un bloque de celda del 45%, y para las casas en un 60%, (bloqueos uniformes), lo cual no da unas mejores aproximaciones para el movimiento y dirección que toma el flujo. Para el inicio del flujo se usó la **Celda No. 222** con Coordenadas $E = 1106388m$, $N = 1272922m$.

Figura 17. Zona Empleada Para la Simulación del Flujo Con el Modelo FLO-2D



Fuente: POT de Girón

Descripción Del Esquema Planteado Para La Simulación

El esquema que se presenta en la Figura 16, muestra todos los elementos que se tuvieron en cuenta para las simulaciones realizadas con el modelo matemático FLO-2D. Básicamente se tuvieron en cuenta estructuras sencillas que se encontraban en las cercanías del Rio Frio, por ejemplo casas, árboles, algunos puentes de menor escala hechos en concreto y en poca proporción se tomaron en cuenta las pequeñas islas formadas a lo largo del sector del rio en esta zona.

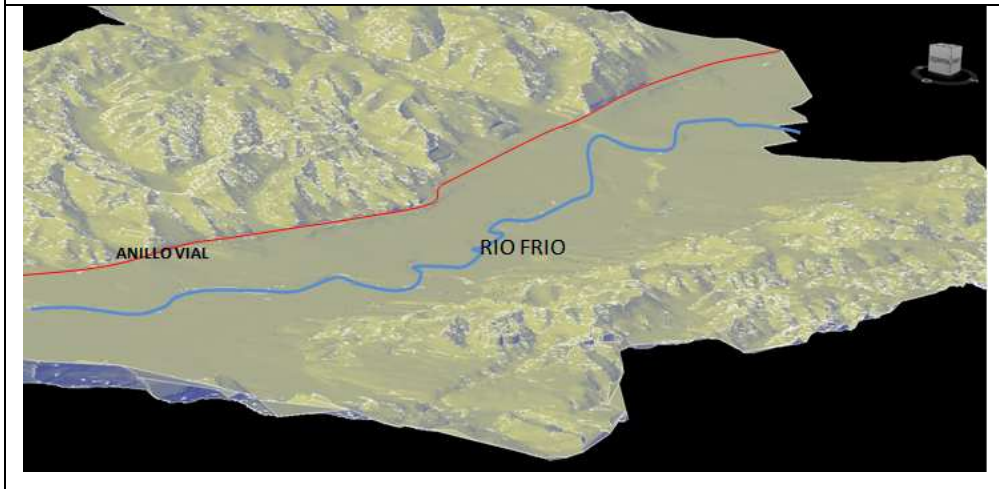
En modelos posteriores, se tendrán en cuenta todo tipo de estructuras que permitan asemejar el modelo de flujo con una posible situación de la realidad. La información correspondiente al trazado en planta se obtuvo de la topografía levantada para el predio hasta ese momento.

Para esta simulación, se empleó una ***malla de cálculo***, que abarca las zonas afectada por los flujos provenientes de la parte alta de la cuenca, con celdas cuadradas cuya longitud fue de 50 metros, para un total de 1274 celdas. La razón por la cual se escogió este tamaño de celda, es debido a la eficiencia computacional: tamaños pequeños de celdas implican mayor cantidad de elementos, lo cual hace menos eficiente el modelo en cuanto a tiempo de uso computacional se refiere.

Para este modelo de flujos se contaba en su momento con una topografía existente del sector la cual está cada 0.5m, este nivel de detalle permitió obtener resultados muy aproximados de situaciones posibles por ejemplo de crecidas del río y también de velocidades del flujo.

A continuación se muestra la planta topográfica del proyecto, con a que se contaba en el momento, de la simulación con algunas secciones del sector para tener una aproximación del relieve presente en el mismo, sus discontinuidades en las pendientes y la formación orogénica del terreno.

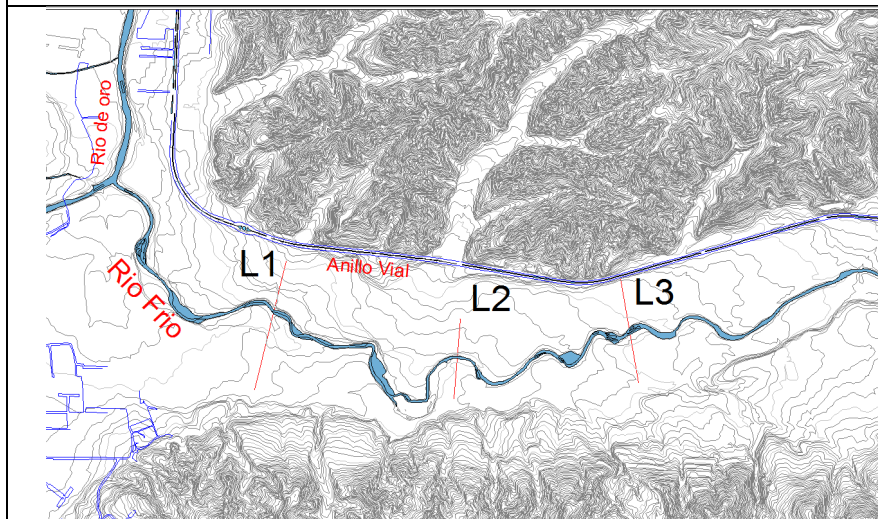
Figura 18. Modelo Digital del Sector Río Frío San Juan de Girón



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

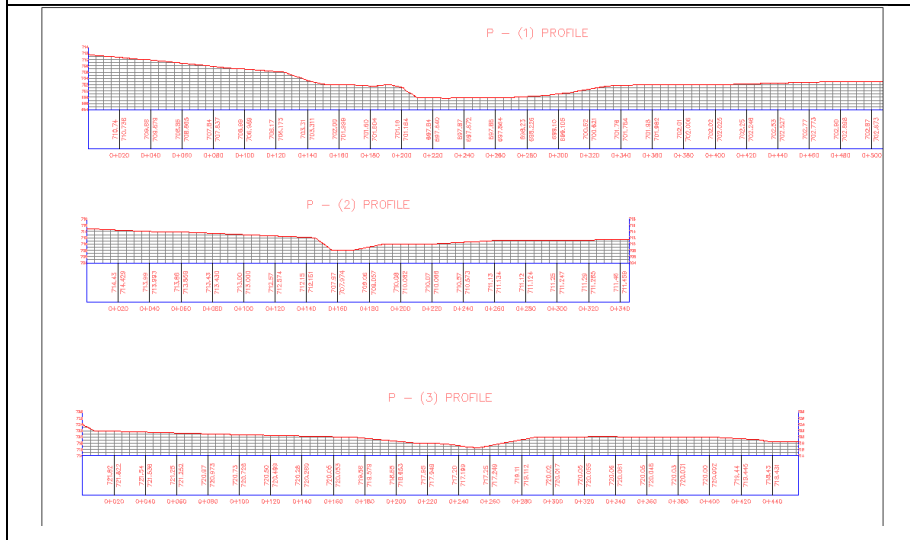
De Manera preliminar a través del modelo digital aproximado del terreno se tienen algunas hipótesis del comportamiento del flujo, por ejemplo las direcciones del flujo. Esta información permite estimar el comportamiento del Río Frío.

Figura 19. Planta Topográfica Parcial del Sector Río Frío San Juan de Girón



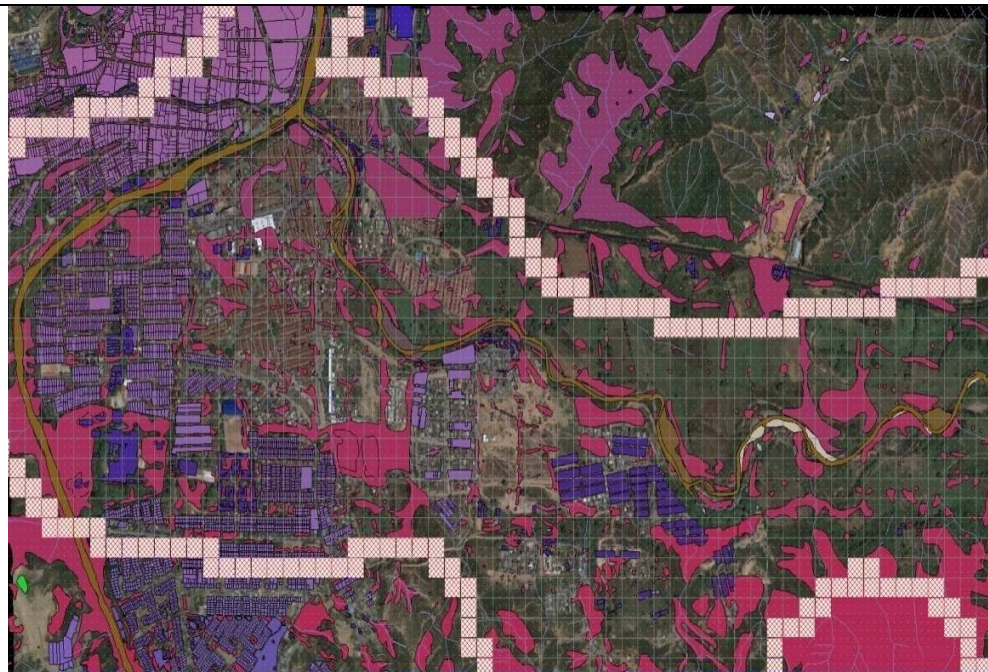
Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Figura 20. Perfiles Sector Río Frío sector San Juan de Girón



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Figura 21. Esquema del FLO 2D Para la Modelación



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la simulación con el software FLO-2D, para la zona de estudio.

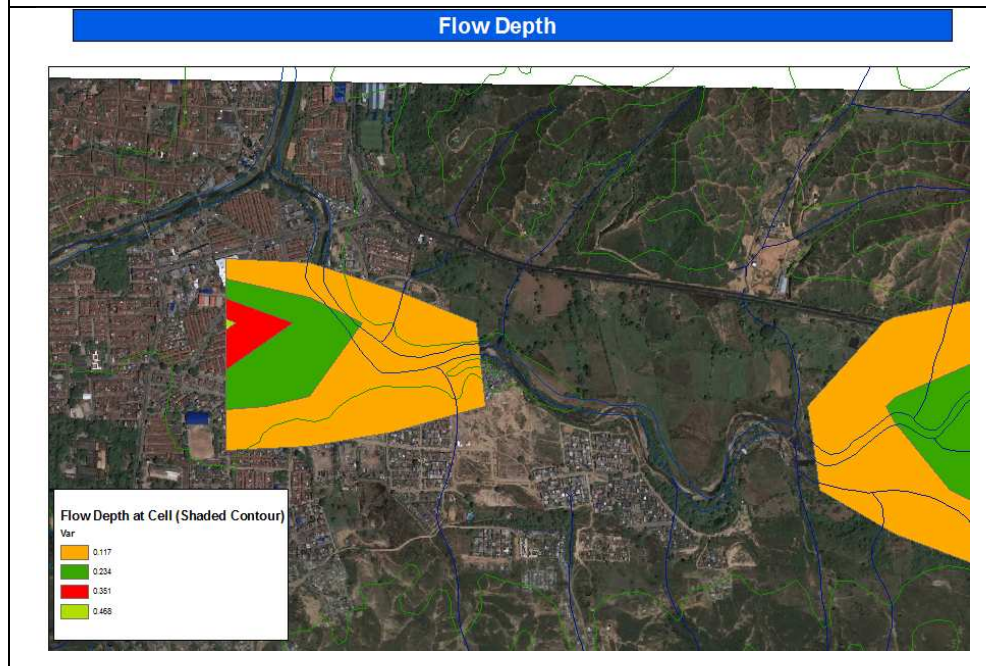
Único Escenario de Simulación

En los resultados obtenidos para el escenario que se puede apreciar en las Figuras 20 - 21, el flujo presenta un aumento en las alturas normales del río hacia la parte más baja de los predios cercanos al meandro de mayor longitud.

Por lo general, y como se aprecia en la Figura 21, las profundidades alcanzadas hacia la parte sur de los predios oscilan predominantemente con valores entre 0.4 m y 0.1 m, más hacia el terraplén de la vía que actúa como dique de contención de la creciente.

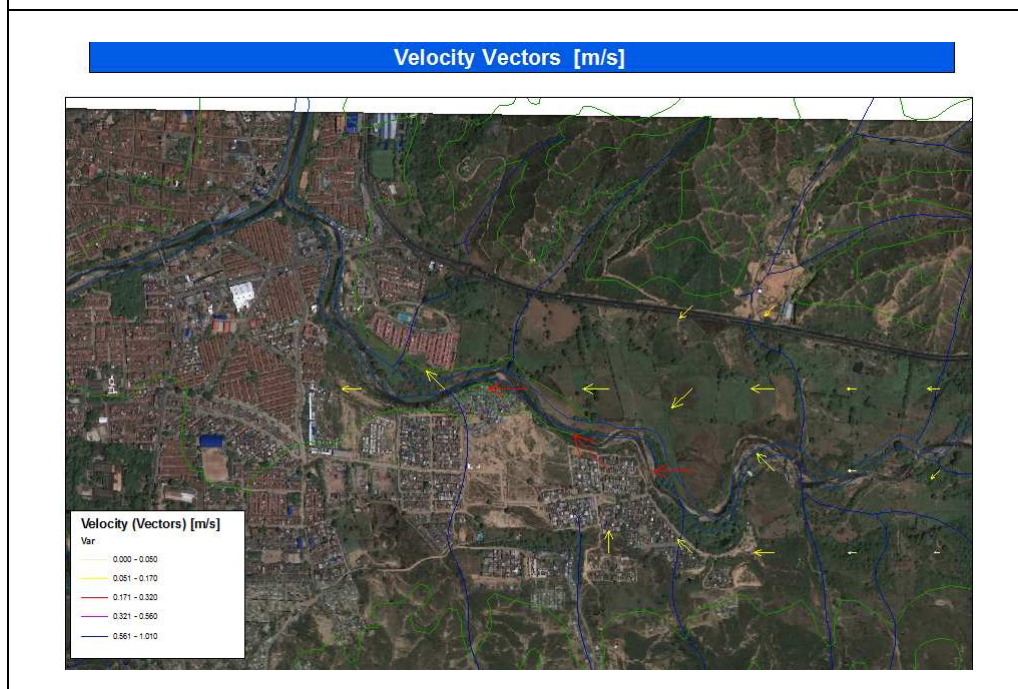
Sin embargo, es importante resaltar que las velocidades máximas del flujo por escorrentía se localiza en las zonas más cercanas a las micro-cuencas, las cuales aportan una cantidad considerable de flujo al río Frio. Además se pueden verificar direcciones del flujo tal como se esperaban. Pero en general podremos decir que las velocidades son mínimas (en futuros modelos se ajustarán los datos de los hidrogramas para analizar el comportamiento del flujo) (Figura 22). Las velocidades hacia la planicie de inundación, prácticamente iguales a cero.

Figura 22. Profundidades del Flujo Para el Escenario



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

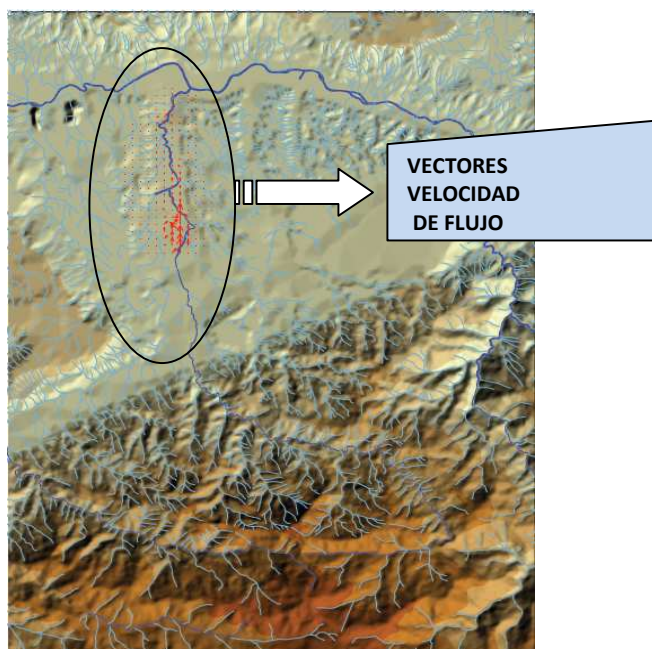
Figura 23. Velocidades del Flujo Para el Escenario



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

**MODELO DIGITAL DEL TERRENO PARA PROCEDER A REALIZAR EL
PROCESO DE SIMULACION POR FLUJOS:**

Figura 24. Modelo Digital del Terreno con Vectores de Velocidad (Color Rojo)



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Con la topografía detallada levantada se procede a elaborar el modelo hidráulico para el tramo de los primeros kilómetros de la zona de afectación del río. Para la simulación de flujos se empleó el caudal estimado para una creciente de período de retorno de lluvia de 2 y 5 años respectivamente, estimado en los estudios hidrológicos, en los cuales tenemos los siguientes valores pico:

63.29 m³/s ---- 2 años

107.21 m³/s ---- 5 años

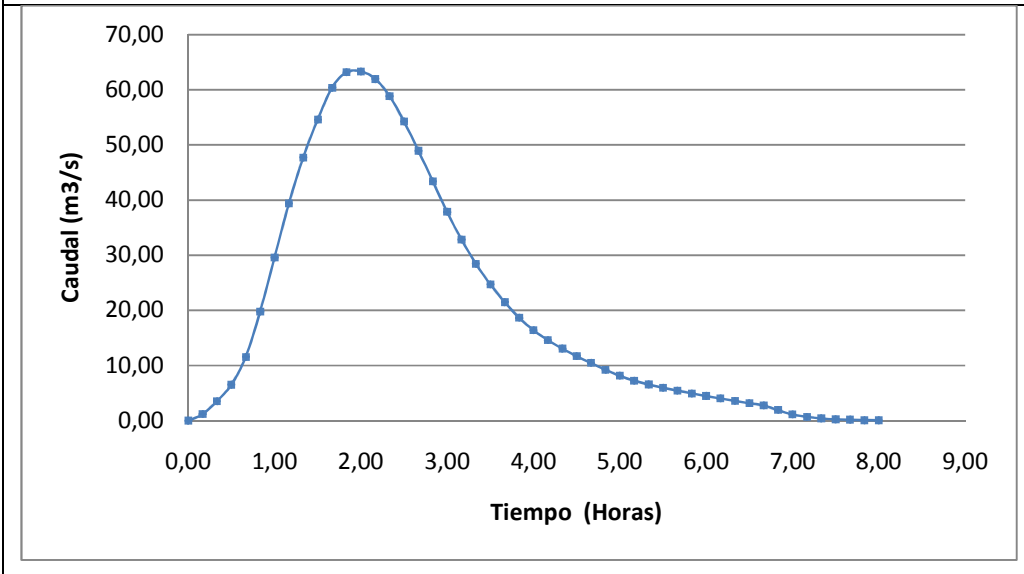
Dado que dichos caudales son un valor pico, se empleó el hidrograma adimensional del Soil Conservation Service –SCS- de los Estados Unidos, para tener un hidrograma de caudal para la cuenca con períodos de retorno de **2 y 5** años.

A continuación se presentan las ordenadas de dichos hidrogramas.

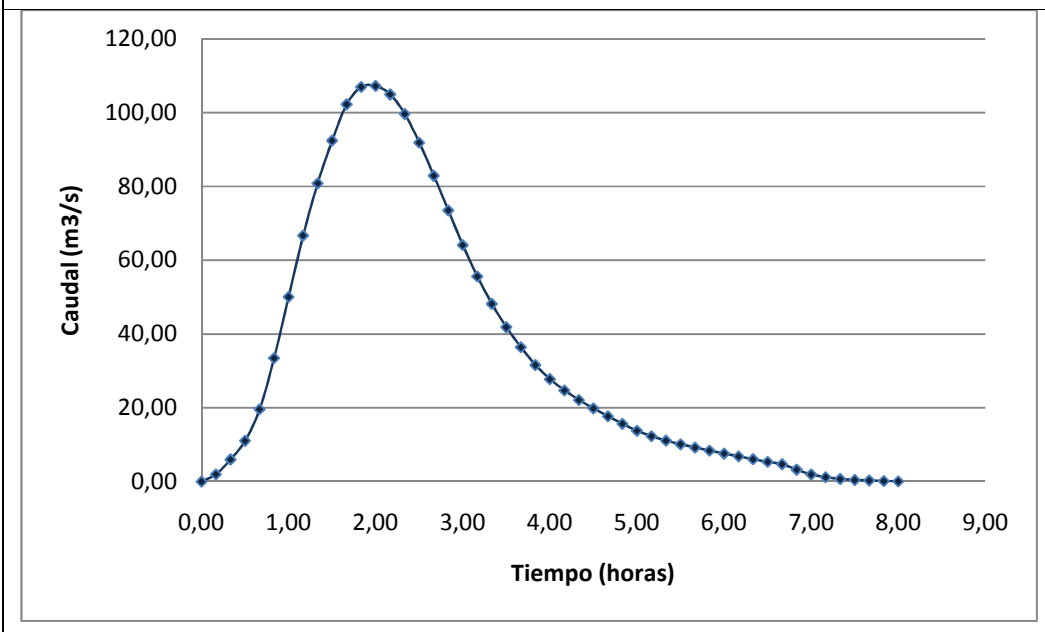
t(hr)	2años	5años
	Q(m ³ /s)	Q (m ³ /s)
0.00	0.00	0.00
0.17	1.17	1.98
0.33	3.53	5.97
0.50	6.53	11.04
0.67	11.56	19.57
0.83	19.76	33.45
1.00	29.56	50.03
1.17	39.37	66.66
1.33	47.70	80.79
1.50	54.55	92.40
1.67	60.35	102.21
1.83	63.14	106.93
2.00	63.29	107.21
2.17	61.94	104.91
2.33	58.82	99.61
2.50	54.23	91.85
2.67	48.93	82.87
2.83	43.39	73.49
3.00	37.83	64.07
3.17	32.80	55.56
3.33	28.43	48.15
3.50	24.70	41.83
3.67	21.49	36.39
3.83	18.65	31.59
4.00	16.39	27.77
4.17	14.59	24.71
4.33	13.05	22.10
4.50	11.70	19.82
4.67	10.44	17.69
4.83	9.24	15.65
5.00	8.13	13.77
5.17	7.25	12.27
5.33	6.55	11.10
5.50	5.96	10.10
5.67	5.44	9.21
5.83	4.94	8.37
6.00	4.47	7.58
6.17	4.02	6.81
6.33	3.58	6.06
6.50	3.15	5.34
6.67	2.77	4.69
6.83	1.91	3.23
7.00	1.13	1.92
7.17	0.71	1.20
7.33	0.40	0.68
7.50	0.26	0.44
7.67	0.17	0.28
7.83	0.09	0.16
8.00	0.04	0.07

Tabla N. 12 Hidrograma de Referencia Para Modelos de Tr de 2 y 5 años.

Hidrograma de Caudal Líquido / Tiempo de Retorno: 2 años.

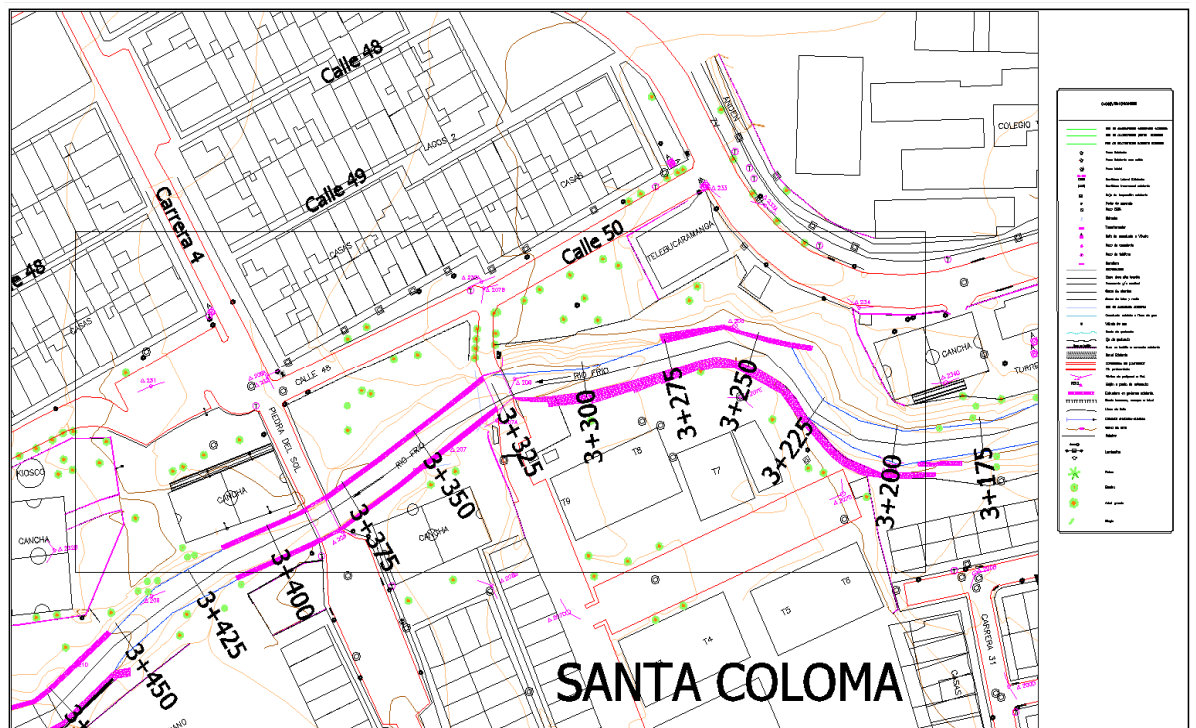


Hidrograma de Caudal Líquido / Tiempo de Retorno: 5 años.



Se elaboraron grillas de 10x10, lo que es considerado alto en detalle debido a las dimensiones del modelado del río. Se obtuvo un total de 33845 celdas. El número mínimo de puntos de elevación digital considerados por vecindad fue de dos, y el radio de interpolación (proporcional al tamaño de las celdas en la grilla) fue de uno. Con las anteriores consideraciones se obtuvieron resultados aproximados del comportamiento del flujo en el Río Frío, los cuales se pueden observar en los anexos correspondientes.

Figura 25. Ubicación del Sector Donde Hay Desbordamiento del Río.



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Los colores magenta representan la estructura en gaviones existente. En esta ocasión el modelo se ha tenido en cuenta para las situaciones en las cuales no se cuenta con obras de contención y socavación, ya que como se puede verificar en el k3+325m existe un puente que comunica con el Barrio SANTA COLOMA.

9 OTROS PROYECTOS EN LOS QUE SE PARTICIPÓ

Además de la asistencia en “ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA BAJA Y MEDIA DEL RIO FRIO (MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA Y GIRÓN)”, en el cual se basa este documento, se asistió y participo en otros proyectos de la empresa, donde se realizaron las siguientes actividades:

- Acompañamiento en la exploración geotécnica.
- Análisis y tabulación de los resultados de laboratorio.
- Colaboración en la elaboración de planos.
- Elaboración de informes de los estudios realizados en dichos proyectos.

De estos proyectos se destacan:

- ANÁLISIS TÉCNICO REFERENTE AL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL CONSTRUIDAS POR EL INVISBU PARA EL BARRIO CLAVERIANO. CIUDAD DE BUCARAMANGA – SANTANDER.
- ESTUDIO GEOTÉCNICO VARIANTE DEL POLIDUCTO GALAN – CHIMITA SECTOR ALTO DE SAN PABLO EN EL MUNICIPIO DE LEBRIJA. DEPARTAMENTO DE SANTANDER.
- ESTUDIO GEOTÉCNICO INESTABILIDADES DERECHO DE VIA POLIDUCTO GALAN – CHIMITA SECTOR ALTO DE SAN PABLO EN EL MUNICIPIO DE LEBRIJA. DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

- ESTUDIO DE SUELOS PARA CIMENTACIÓN DE EDIFICACIÓN DE 17 NIVELES – BARRIO EL PRADO, CARRERA 36 # 38 – 34. CIUDAD DE BUCARAMANGA - SANTANDER.

- ESTUDIO DE SUELOS CONTRUCCIÓN PISCINA PROYECTO PARQUE AGROPECUARIO. MUNICIPIO DE CHIPATA – SANTANDER.

- ESTUDIO DE SUELOS REQUERIDO PARA EL ÁREA DE PISCINAS POZO NUTRIA 27 FINCA FRIJOLANDIA. MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ- SANTANDER.

- ESTUDIO DE SUELOS PARA AMPLIACIÓN DE CENTRO ABASTOS. GIRÓN – SANTANDER.

- ESTUDIO GEOTECNICO PARA PROYECTO ANALISIS SISMICO EDIFICIO FUNDACION CARDIOVASCULAR. FLORIDABLANCA – SANTANDER.

10 APOORTE PERSONAL

Se realizaron dos guías de ayuda correspondientes a la realización de estudios de suelos y modelación de flujos en FLO-2D, las cuales son de gran ayuda para el personal nuevo y el ya existente de la empresa, ya que brindan una idea general y algunos conceptos muy utilizados y necesarios para la labor del día a día en TORRES ING S.A.S.

10.1 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS DE SUELOS

Esta guía se apoya en experiencias vividas de los distintos proyectos en los cuales se tuvo participación en TORRES ING. S.A.S.

OBJETIVO

Tiene por objeto servir como orientación para la realización de estudios de suelos, explicando el procedimiento para la recolección de datos en campo y algunos ensayos y análisis comunes realizados para diferentes situaciones.

ALCANCES

- Revisar los conceptos básicos de Geotecnia y las normas que rigen sus Estudios

- Mostrar la metodología general del estudio de suelos empleada generalmente en los proyectos realizados por la empresa TORRES ING. S.A.S.
- En ningún caso el contenido de este informe debe ser interpretado como un manual o única metodología dispuesta para la realización de estudio de suelos; se recomienda revisar toda la normatividad vigente existente.

INVESTIGACIÓN DE LA NORMATIVIDAD QUE RIGE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Estudio Geotécnico

“Conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de la edificación, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predios y construcciones vecinas”. (H.2.1.1 NSR-10)

Investigación del Subsuelo

“Comprende el estudio y el conocimiento del origen geológico, la exploración del subsuelo (apiques, trincheras, perforación y sondeo y otros) y los ensayos y pruebas de campo y laboratorio necesarios para identificar y clasificar los diferentes suelos y rocas y cuantificar las características físico-mecánicas e hidráulicas del subsuelo”. (H.2.1.1.1 NSR-10)

Obligatoriedad de los Estudios Geotécnicos

“Los estudios geotécnicos definitivos son obligatorios para todas las edificaciones urbanas y suburbanas de cualquier grupo de uso”. (H.1.1.2 NSR-10)

Firma de Estudios

“Siguiendo los artículos 26 y 27 de la Ley 400 de 1997, modificada y adicionada por la Ley 1229 de 2008, los estudios geotécnicos para cimentaciones de edificaciones deben ser dirigidos y avalados por Ingenieros Civiles, titulados, matriculados en el COPNIA y con tarjeta profesional vigente. Para el cumplimiento de este requisito todos los informes de los estudios geotécnicos y todos los planos de diseño y construcción que guarden alguna relación con estos estudios, deben llevar la aprobación del ingeniero director del estudio. Los profesionales que realicen estos estudios geotécnicos deben poseer una experiencia mayor de cinco (5) años en diseño geotécnico de cimentaciones, contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin, o acreditar estudios de posgrado en geotecnia”. (H.1.1.2.1 NSR-10)

Cumplimiento y Responsabilidad

“El cumplimiento de estas Normas no exime al ingeniero responsable de la ejecución del estudio geotécnico de realizar todas las investigaciones y análisis necesarios para la identificación de las amenazas geotécnicas, la adecuada caracterización del subsuelo, y los análisis de estabilidad de la edificación, construcciones vecinas e infraestructura existente”. (H.1.1.2.2 NSR-10)

INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO PARA ESTUDIOS DEFINITIVOS

Información Previa

“El ingeniero geotecnista responsable del proyecto debe recopilar y evaluar los datos disponibles sobre las características del sitio, tales como la geología, sismicidad, clima, vegetación, existencia de edificaciones e infraestructura vecinas y estudios anteriores. El ingeniero geotecnista responsable del proyecto debe dar

fe de que conoce el sitio y lo ha visitado para efectos de la elaboración del estudio. Por su parte el ordenante del estudio, debe suministrar al ingeniero geotecnista la información del proyecto necesaria para la ejecución del estudio, como el levantamiento topográfico del terreno, escenario urbanístico dentro del cual se desarrolla, desarrollo del proyecto por etapas, tipo de edificación, sistema estructural, niveles de excavación secciones arquitectónicas amarradas a los niveles del terreno existente, sótanos, niveles de construcción, cargas, redes de servicio, información sobre edificaciones vecinas y los otros aspectos adicionales que el ingeniero geotecnista considere necesarios”. (H.3.2.1 NSR-10)

Exploración de Campo

“Consiste en la ejecución de apiques, trincheras, perforación o sondeo con muestreo o sondeos estáticos o dinámicos, u otros procedimientos exploratorios reconocidos en la práctica, con el fin de conocer y caracterizar el perfil del subsuelo afectado por el proyecto, ejecutar pruebas directas o indirectas sobre los materiales encontrados y obtener muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio”. (H.3.2.2 NSR-10)

Número Mínimo de Sondeos

“El número mínimo de sondeos de exploración que deberán efectuarse en el terreno donde se desarrollará el proyecto se definen en la tabla H.3.2-1”. (H.3.2.3 NSR-10)

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad mínima de sondeos: 6m	Profundidad mínima de sondeos: 15m	Profundidad mínima de sondeos: 25m	Profundidad mínima de sondeos: 30m
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

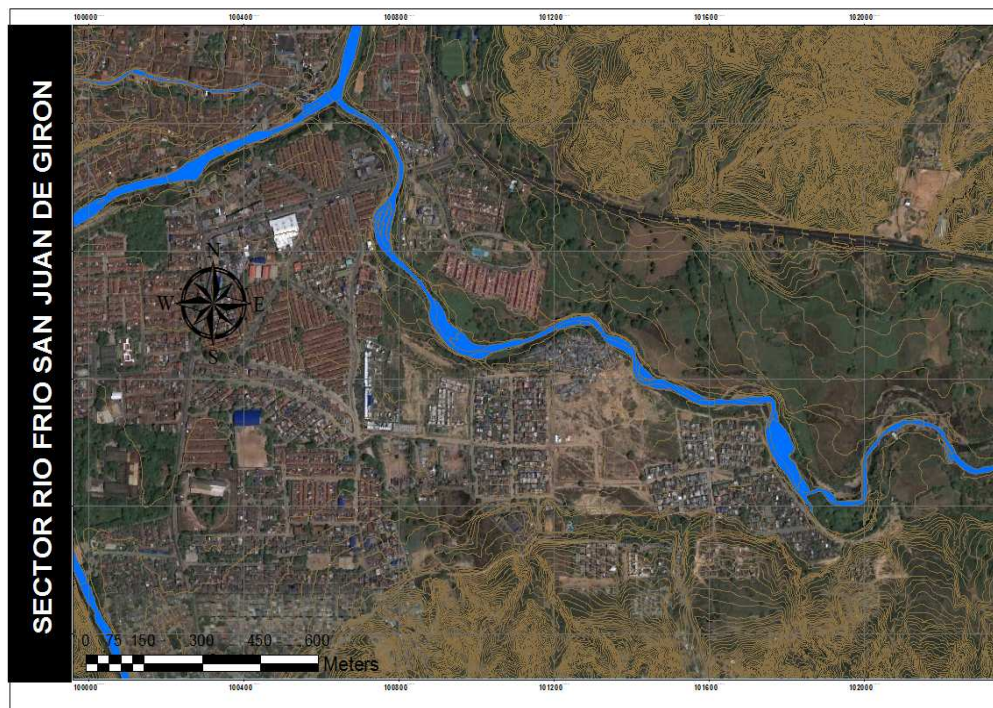
Tabla H.3.2-1

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL SECTOR EN ESTUDIO

Localización

Corresponde al lugar geográfico donde se sitúa la zona en estudio del proyecto; en este se debe especificar la ubicación de la ruta y vías de acceso, coordenadas geográficas, urbanizaciones aledañas y mapas de la zona.

Ejemplo de *Localización General del Área de Estudio*.



Fuente: Google Earth

Topografía

Corresponde al predominio de las pendientes en los relieves encontrados en la región, se pueden observar zonas planas, onduladas, montañosas y escarpadas. Es necesario realizar levantamientos topográficos sobre los sitios que se desean estudiar, como por ejemplo en el caso de taludes, vías o edificaciones, ya que nos permite conocer más a detalle las características del sitio analizado.

Clima

Se debe describir para cada estudio:

- Temperatura
- Precipitación
- Vientos

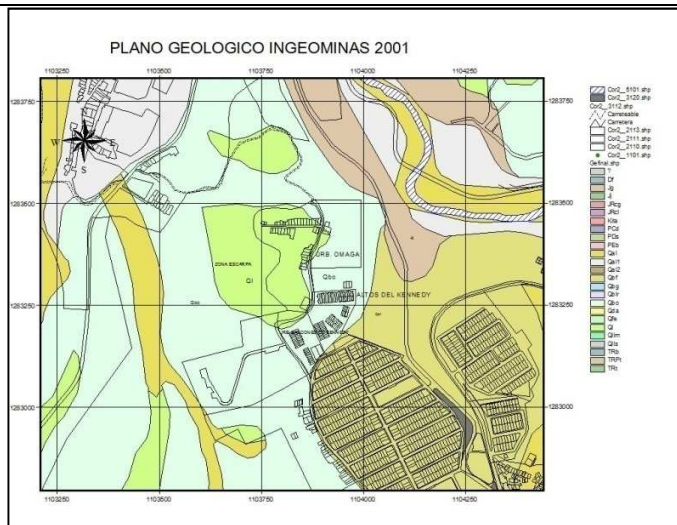
El instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales de Colombia IDEAM, provee una base en los datos obtenidos en las diferentes estaciones meteorológicas limnigráficas a través de las tres últimas décadas.

Revisión de Estudios Previos y Antecedentes de la Zona

Consiste en buscar toda la información disponible mediante los trabajos que se pueden haber desarrollado en la misma región, registro de eventos como deslizamientos, avalanchas, inundaciones, sismos, etc. Toda la información posible es valiosa para entender los fenómenos que ocurren en la región.

- Mapas topográficos: Se pueden consultar en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.
- Mapas Geológicos: INGEOMINAS tiene sectorizado a Colombia regionalmente y muestran las principales estructuras, las fallas y ofrece datos estratigráficos de las principales unidades que sirven bien como guía inicial para trabajos de detalle.

Plano geológico INGEOMINAS



Fuente: INGEOMINAS

- Fotografías Aéreas: Por medio de fotografías aéreas tomadas en la zona o imágenes satelitales se puede observar la distribución del sector en estudio y detalles del lugar.

Fotografía Aérea Alto de San Pablo



Fuente: Civil Tech

- Amenaza Sísmica: Dentro de las amenazas geológicas en la zona se cita la relacionada con los sismos y detección de fallas geológicas activas, referida a la liberación de energía debido a la dinámica de las placas tectónicas, se manifiesta por temblores y sismos. En la NSR-10 se tienen determinadas las zonas de susceptibilidad sísmica en baja, media y alta, además de los coeficientes correspondientes a cada sector para la profundización de su estudio.

Zonificación de Amenaza Sísmica de Colombia

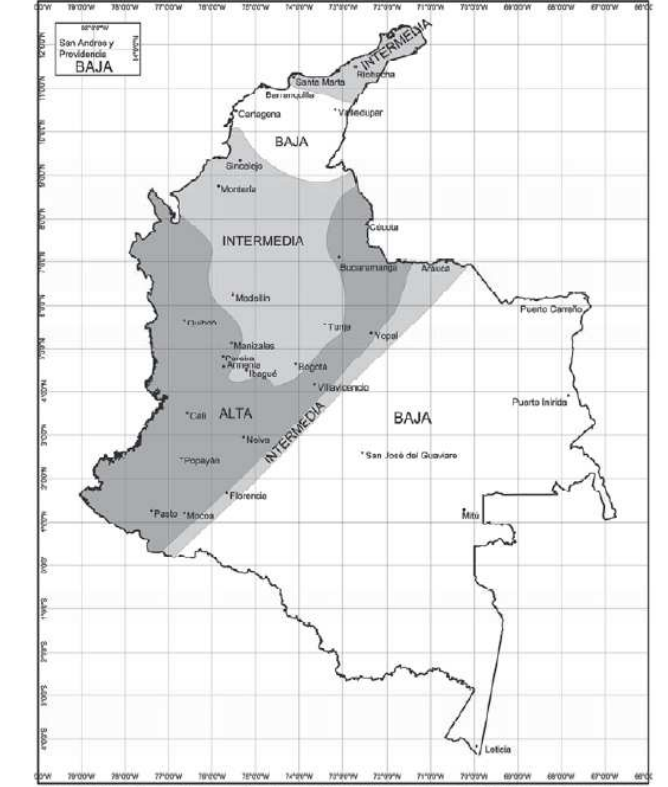


Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_3 y A_4

Fuente: NSR 2010

Además de buscar información, es importante hablar con los habitantes del sector, los cuales probablemente han presenciado todos los sucesos de la zona y conocen a profundidad el territorio, ya que en ocasiones podrían observar fenómenos no registrados, como por ejemplo altura máxima de los cauces, derrumbes, entre otros.

Exploración Geológica de Campo Detallada

Esta debe ser realizada por personal especialista y define las siguientes características y objetivos:

- Identificar las limitaciones relacionadas con las formaciones geológicas, los materiales del suelo o rocas, las aguas de escorrentía y subterráneas.
- Definir los sectores susceptibles de movimiento en el sector que a lo largo de la historia de la vía han presentado inestabilidad de la banca.
- Definir zonas geotécnicas comunes para realizar los análisis de estabilidad y estabilización de taludes.
- Realizar las recomendaciones necesarias para mitigar los problemas geotécnicos identificados.
- Identificar fuentes de material y botaderos para la zona del corredor del proyecto.
- Establecer el comportamiento de los cauces naturales en relación con la socavación, transporte y sedimentación de materiales.

La metodología para la investigación del subsuelo es muy amplia y se encuentran diversas maneras para hacerlo. En los proyectos realizados por la empresa se realiza por lo general mediante trincheras, sondeos, apiques y en algunos casos sondeos geoelectrónicos.

Apiques

Los apiques son muestras inalteradas (aquellas que conservan las condiciones en las cuales se encontraban en el terreno), este tipo de muestras son necesarias para realizar ensayos como el de corte directo, el cual es uno de los más utilizados para determinar las propiedades de cohesión y ángulo de fricción. Usualmente se obtienen retirando un bloque de suelo aproximadamente de 0.30m x 0.30m x 0.30m a la profundidad que se requiera, de tal manera que permita realizar las pastillas requeridas para dicho ensayo.

Los pasos para sacar una muestra inalterada en un apique se muestran a continuación, cabe decir que existen diferentes técnicas para el muestreo, la norma I.N.V.E. 112 describe cada una de ellas, aquí se muestran los pasos normalmente realizados para los proyectos realizados por la empresa.

1. Se limpia y alisa la superficie del terreno, y se marca el contorno del bloque a extraer para mantener las condiciones de humedad.
2. Se excava una zanja alrededor del bloque, recomendable mayor de 20cm, para poder extraer cómodamente la muestra.
3. Se profundiza la excavación y se taján los lados del bloque, envolviendo la muestra cuidadosamente en papel impermeable (puede ser vinipel). Esta se corta con un cuchillo, paleta u hoja de sierra para su extracción.
4. La cara del bloque extraído que corresponda al nivel del terreno se marca para conocer la posición que ocupaba en el lugar de origen, se recomienda se haga tomando en cuenta los datos del apique como: nombre del proyecto, ubicación, su profundidad, número de muestra, fecha en que se saca y nombre de la persona que realiza el apique.
5. Se recubre adecuadamente para evitar pérdidas de humedad y se transporta a los laboratorios para su debido análisis.

Ejemplo de un apique realizado en la
Fundación Cardiovascular



Fuente: Torres Ing S.A.S.

Programación de Sondeos y Perforaciones

Se deben realizar perforaciones en los sitios que estén denominados como inestables, determinados en los estudios geológicos, también para los taludes más críticos y donde se proyectan muros de contención. Además estos sondeos se deben programar bajo las especificaciones de la carretera según el INVIAS y con la normatividad descrita en el Código Colombia de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR 2010, en los ítems H.3.2.3, H.3.2.4, H.3.2.5 y H.3.2.6 de esta última se describen algunas de ellas.

Las perforaciones se pueden hacer con equipos de percusión o roto – percusión, esto con el fin de determinar la estratigrafía para cada zona y los espesores de los estratos. La norma I.N.V.E. 111 describe el procedimiento para los ensayos de penetración estándar (STP), que consiste básicamente en penetrar por percusión en el fondo de una perforación un muestreador metálico, aplicando energía conocida y controlada, luego se procede a medir el número de golpes (N) para hacer descender el muestreador de 6 pulgadas y se registran los golpes aplicados. Este ensayo puede servir para determinar el ángulo de fricción interna y su

densidad relativa, además de permitir calcular la capacidad portante del suelo y los asentos en los suelos granulares.

Ensayo de SPT ejecutado en el Sector Inestable de La Azufrada, Vía Poliducto Galán - Chimita



Fuente: Torres Ing S.A.S.

Las perforaciones a roto – percusión o rotación se ejecutan cuando se llega a suelo firme que por lo general están compuestos por rocas, esto se observa al obtener un numero de golpes N igual o superior a 50 en el ensayo SPT el cual se registra como rechazo, este ensayo nos permite la extracción muestras alteradas, que en el caso de las rocas son de gran uso para el cálculo del índice de RQD y obtener características de estos estratos de suelo.

Ensayo de Rotación Realizado en el Estudio de Suelos Para el Edificio Santo Domingo de 17 pisos, Barrio El Prado.



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Agua Utilizada para el ensayo de Roto-Percusión del Estudio de Suelos del Edificio Santo Domingo de 17 pisos, Barrio El Prado.



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Métodos Geofísicos: Sondeos Geoeléctricos Verticales.

Se pueden programar sondeos geoeléctricos con el objeto de tener información detallada de las fallas y formaciones geológicas del sector, y definir los espesores de cada una de las zonas que presentan problemas de estabilidad. Sus objetivos específicos son:

- Precisar los perfiles estratigráficos y espesores de las capas de material rocoso y coluviones.
- Determinar la profundidad de los niveles freáticos.
- Determinar características de deformación de los materiales ubicados por debajo de la actual calzada de la vía.
- Determinación de las zonas de rellenos o llenos antropogénicos como antiguos basureros o zona de botaderos de material de corte.
- Verificar las dimensiones de las zonas susceptibles de movimiento que han ocasionado problemas en la banca del actual corredor vial.

Este método consiste a grandes rasgos en medir las caídas de potencial en los estratos rocosos ubicados entre dos electrodos de un equipo especializado compuesto por un transistor y un receptor, dispositivo de tipo SCHLUMBERGER y mediante cálculos matemáticos convertir las resistividades en estimativos confiables de espesores.

Ensayos de Laboratorio

A continuación se muestran algunos de los ensayos realizados en los laboratorios de TORRES ING. S.A.S., los cuales permiten determinar las propiedades características de los suelos analizados.

Determinación del Contenido de Agua (Humedad) (I.N.V. E-122)

Este método cubre la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca, y mezclas de suelo-agregado por peso.

Determinación de la Humedad Natural



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Análisis Granulométrico de Suelos Por Tamizado (I.N.V. E-123)

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. Este ensayo permite determinar la estructura del terreno.

Ensayo de Granulometría



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Límites de Atterberg o Límites de Consistencia. Determinación del límite Líquido de los Suelos (I.N.V. E-125)

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico.

Límites de Atterberg.

Ensayo del Límite Líquido



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Límites de Atterberg o Límites de Consistencia. Límite Plástico e Índice de Plasticidad (I.N.V. E-126)

El objeto de este ensayo es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo, y el cálculo del índice de plasticidad si se conoce el límite líquido del mismo suelo.

Límites de Atterberg. Ensayo del

Límite Plástico



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Determinación de la Resistencia al Corte, Método de Corte Directo (CD) (Consolidado Drenado) (I.N.V. E-154)

El objetivo principal del ensayo es obtener el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo ensayado.

Ensayo de Corte Directo (CD)



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Generalmente tres o más muestras son ensayadas, cada una bajo fuerza normal diferente, para determinar los efectos sobre la resistencia al corte y las deformaciones

Pastillas Utilizadas Para el Ensayo CD



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Compresión Inconfinada en Muestras de Suelos

Este ensayo se emplea únicamente para suelos cohesivos, ya que en un suelo carente de cohesión no puede formarse una probeta sin confinamiento lateral.

Probeta de Suelo Fallada en el
Ensayo de Compresión Inconfinada.



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Densidad o Masa Unitaria del Suelo en el Terreno.

Método del Cono de Arena

Este método de ensayo se usa para determinar la densidad de los suelos compactados, utilizados para construir terraplenes, rellenos viales y rellenos estructurales.

Ensayo de Densidad. Método del Cono de Arena. Ampliación de Centro Abastos.



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Ensayo Modificado de Compactación (Proctor Modificado) (I.N.V. E-142-07)

El objeto de este ensayo es la determinación en el laboratorio de la humedad óptima y la densidad seca máxima, datos necesarios a la hora de diseñar llenos geotécnicos. En la empresa se sigue el método D establecido por la norma.

Probeta de Suelo Fallada en el Ensayo de Compresión Incofinada.



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Resultados de Laboratorio Y Campo de Algunos Proyectos Realizados por la Empresa

Ensayo de SPT

En la Fundación Cardiovascular de Colombia con sede en Bucaramanga, ubicada en el municipio de Floridablanca, se realizaron 5 sondeos tipo SPT, de los cuales se obtuvieron los siguientes datos:

Resultados Ensayos de Penetración Estándar

Profundidad (m)	Sondeos								
	Sondeo No. 1			Sondeo No. 2			Sondeo No. 3		
	N (golpes / pie)			N (golpes / pie)			N (golpes / pie)		
0,50 - 1,00	1	1	1	6	7	6	7	10	10
1,00 - 1,50	1	1	1	6	6	5	11	15	19
1,50 - 2,00	1	1	2	5	5	9	27	23	27
2,00 - 2,50	2	2	2	11	10	25	R		
2,50 - 3,00	3	3	3	48	21	10			
3,00 - 3,50	1	3	2	9	11	11			
3,50 - 4,00	1	2	4	14	19	13			
4,00 - 4,50	2	2	2	10	20	31			
4,50 - 5,00	2	3	3	25	28	39			
5,00 - 5,50	7	9	11	R					
5,50 - 6,00	8	11	11						
6,00 - 6,50	13	16	53						
6,50 - 7,00	60	R							

Profundidad (m)	Sondeos					
	Sondeo No. 4			Sondeo No. 5		
	N (golpes / pie)			N (golpes / pie)		
0,50 - 1,00	5	3	5	1	1	1
1,00 - 1,50	5	2	2	1	1	1
1,50 - 2,00	3	6	7	2	2	2
2,00 - 2,50	5	11	12	25	13	14
2,50 - 3,00	R			20	22	43
3,00 - 3,50				43	47	43
3,50 - 4,00				20	20	27
4,00 - 4,50				R		

Para poder interpretar estos resultados se accede a las siguientes tablas:

Para suelos granulares

No de Penetración Estándar N	Densidad Relativa %	Estado del Suelo
0 a 3	0 a 15	Muy suelto
3 a 8	15 a 35	Suelto
8 a 25	35 a 65	Medio
25 a 42	65 a 85	Denso
42 a 58	85 a 100	Muy denso

Fuente: (Ref.: JamielKowski y otros, "New correlations of penetration tests for design practice" Penetration testing, 1988 ISOPT-1, Balkema, 1988).

Para suelos arcillosos

No de Penetración estándar N	Consistencia	Resistencia a Compresión (kPa)
0 a 2	Muy blanda	0 a 25
2 a 5	Blanda	25 a 50
5 a 10	Medio firme	50 a 100
10 a 20	Firme	100 a 200
20 a 30	Muy firme	200 a 400
> 30	Dura	> 400

Fuente: (Ref.: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999)

Para este caso del estudio de suelos de la FCV se obtuvieron resultados de suelos granulares; por ejemplo para el sondeo No. 5 se tiene un $N = 20 + 27 = 47$, lo cual nos indica una densidad relativa del 85% al 100% y un suelo muy denso.

Para este ensayo cabe resaltar que no siempre que se hayan superado los 50 golpes para descender 15cm signifique que se haya alcanzado suelo firme, ya que en muchas ocasiones se puede haber encontrado con algún fragmento de roca, por ejemplo en los coluvios y los depósitos de talud se puede obtener un resultado de 60 golpes antecediendo a uno de 12 golpes, en sucesos como este la experiencia del sondista y el geotecnista juega un papel importante para determinar el procedimiento del ensayo.

Granulometría y Límites de Consistencia.

Para este ensayo analizaremos los resultados del estudio geotécnico para la construcción de una piscina en el parque agropecuario ubicado en el municipio de Chipatá, realizándose 3 sondeos y un apique con recuperación de muestra 0.5m y 1.5m de profundidad, donde se encontró el suelo popularmente conocido como cascajo.

Detalle de la muestra (Roca Laminada)

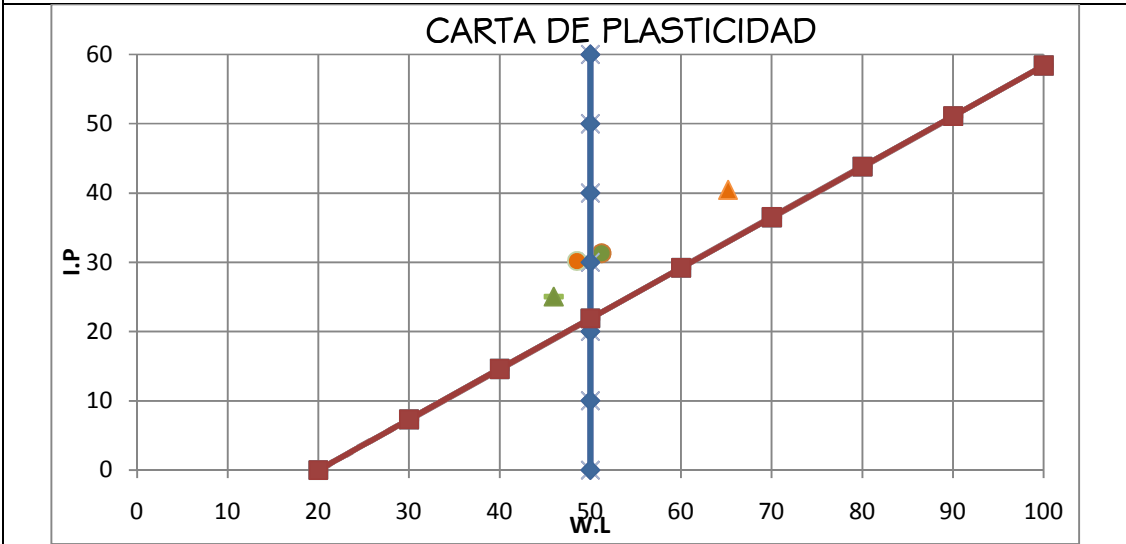


Fuente: Torres Ing. S.A.S.

De acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos, el material más abundante son los finos siendo en todos los casos superiores al 65% y llegando a tener contenidos de finos hasta del 70%, siendo el promedio de contenido de finos del 68.28%. Con estos porcentajes altos de contenidos de material fino se prevé que el comportamiento mecánico este afectado altamente por este tipo de material. Las arenas y gravas presentan un contenido promedio de 16.16% y 15.57% respectivamente.

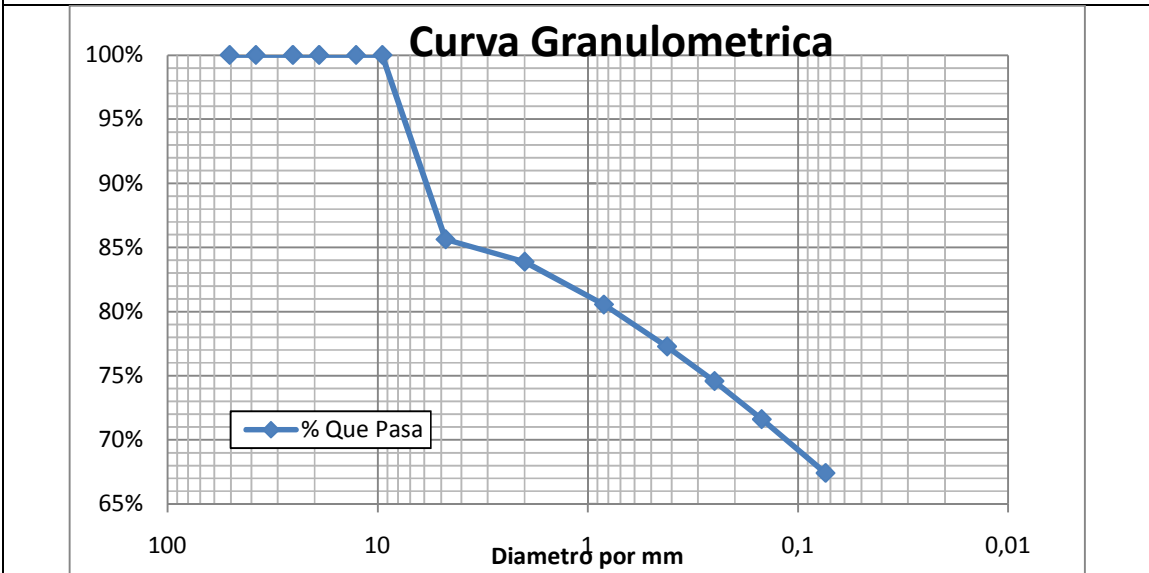
Se realizaron límites de Atterberg, con el objeto de determinar la plasticidad de la fracción fina la cual corresponde a la matriz que tiene soportados a los pequeños y grandes bloques presentes en el sector y los estratos de material fino. La totalidad de la fracción fina encontrada en el sector corresponde a arcillas densas y ligeras de alta plasticidad. La consistencia de los suelos en todos los casos es superior a 1, lo cual indica que el suelo posee alta rigidez en el estado en que se encuentra actualmente.

Gráfica de Índice de Plasticidad a los Ensayos Realizados en el Parque Agropecuario Ubicado en Chipatá



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Curva Granulométrica Característica de las Muestras Ensayadas del Parque Agropecuario Ubicado en Chipatá



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

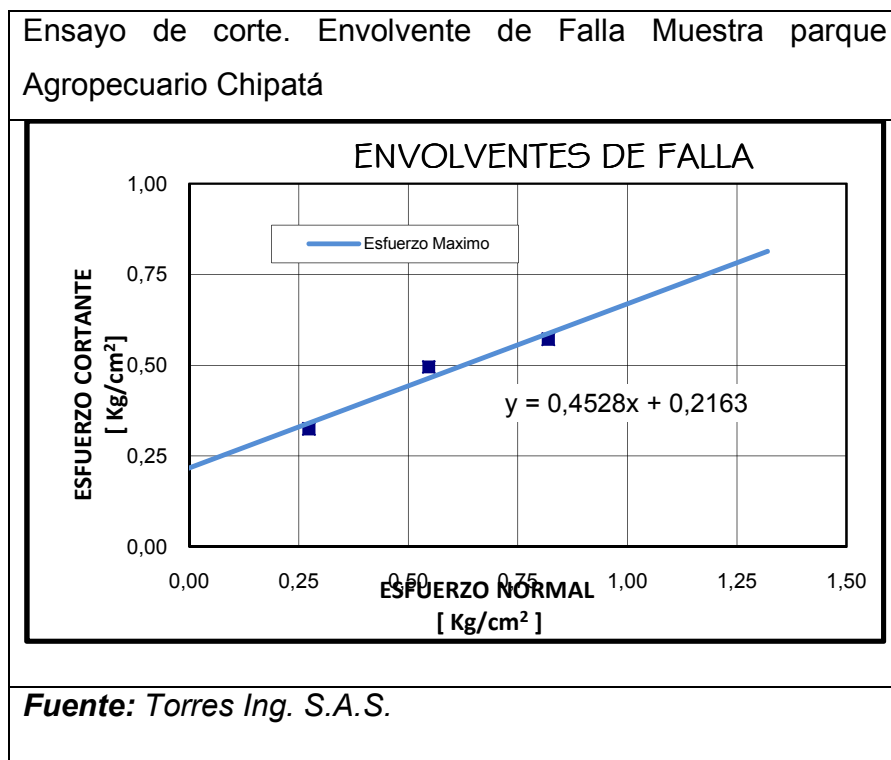
Resultados de los ensayos de corte directo realizados en el Parque Agropecuario en el Municipio de Chipatá

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN U.S.C.S	wn. %	LÍMITES ATTERBERG				GRADACIÓN		
				L.L. %	L.P. %	I.P. %	Ic	GRAVAS %	ARENAS %	FINOS %
1	0,0 - 1,0	CH	15,18%	51,23%	19,93%	31,30%	1,15	18,25%	12,29%	69,47%
	1,0 - 1,75	CL	8,24%	45,95%	20,91%	25,04%	1,51	13,66%	20,15%	66,20%
2	0,0 - 1,0	CH	17,82%	65,18%	24,73%	40,45%	1,17	16,01%	13,97%	70,02%
	1,0 - 2,00	CL	13,31%	48,51%	18,33%	30,19%	1,17	14,37%	18,22%	67,42%

Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Determinación de la Resistencia al Corte, Método de Corte Directo (CD)

Continuando con el estudio realizado en el parque agropecuario del municipio de Chipatá para la determinación de la resistencia al corte, donde se realizaron ensayos de corte directo consolidados drenados evaluando la resistencia pico que se puede esperar en el caso más crítico donde el suelo se encuentra totalmente saturado y consolidado. La duración de cada prueba fue aproximadamente de 5 hr debido a las características del material.



Resultados de los ensayos de corte directo realizados en el Parque Agropecuario en el Municipio de Chipatá

APIQUE	PROFUNDIDAD (m)	CORTE DIRECTO		
		ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)	ÁNGULO DE DILATANCIA (°)
1	0,0 - 0,5	21,794	0,399	0,28
1	1,0 - 1,5	24,359	0,216	1,12

Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Los materiales que se presentan son arcillas de alta plasticidad, consistentes y muy cohesivas. Además son resistentes y muy densos.

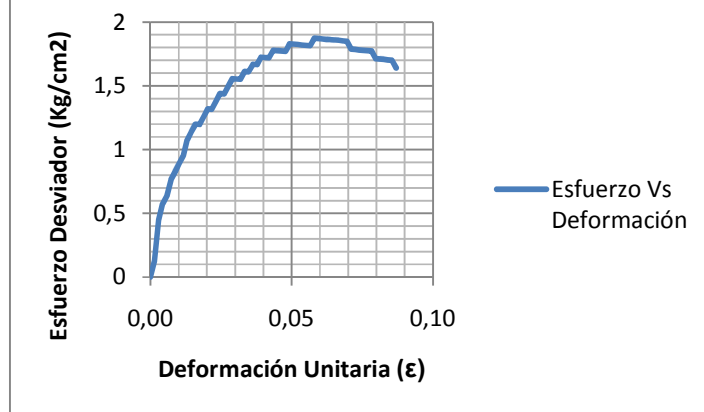
Compresión Inconfinada en Muestras de Suelos

Se realizó un sondeo a una profundidad de 5m para un pozo exploratorio en Barrancabermeja, donde se ensayo la tercera muestra obtenida de 2m – 4m por compresión inconfinada, obteniendo como resultado:

Características de la Muestra

Diámetro inferior (cm)	3.15	Peso húmedo (grs)	110.05
Diámetro medio (cm)	3.15	Peso seco (grs)	88.54
Diámetro Superior (cm)	3.15	peso de la tara (grs)	7.65
Diámetro Promedio (cm)	3.15	Humedad (%)	21.01
Largo inicial (cm)	6.9	Peso Unitario seco (grs/cm ³)	1.50
Área (cm ²)	7.8	Esbeltez (L/D)	2.190
Volumen (cm ³)	53.8	Largo final (cm)	6.4

Ensayo de corte. Envolvente de Falla Muestra parque Agropecuario Chipatá



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

qu: 1.87 Kg/cm²

Cohesión

(Cu): 0.94 Kg/cm²

Ensayo Modificado de Compactación (Proctor Modificado)

En Centro Abastos se está realizando una ampliación del lugar, por lo cual fue necesaria la realización de ensayos para determinar las densidades de los materiales a trabajar por métodos como el cono de arena y el proctor modificado. Para este ejemplo se hablará sobre este último.

Para poder realizar esta prueba fue necesario retirar el suficiente material para relleno en la zona excavando a profundidades entre 0.3m y 0.5m.

Ampliación de Centro Abastos



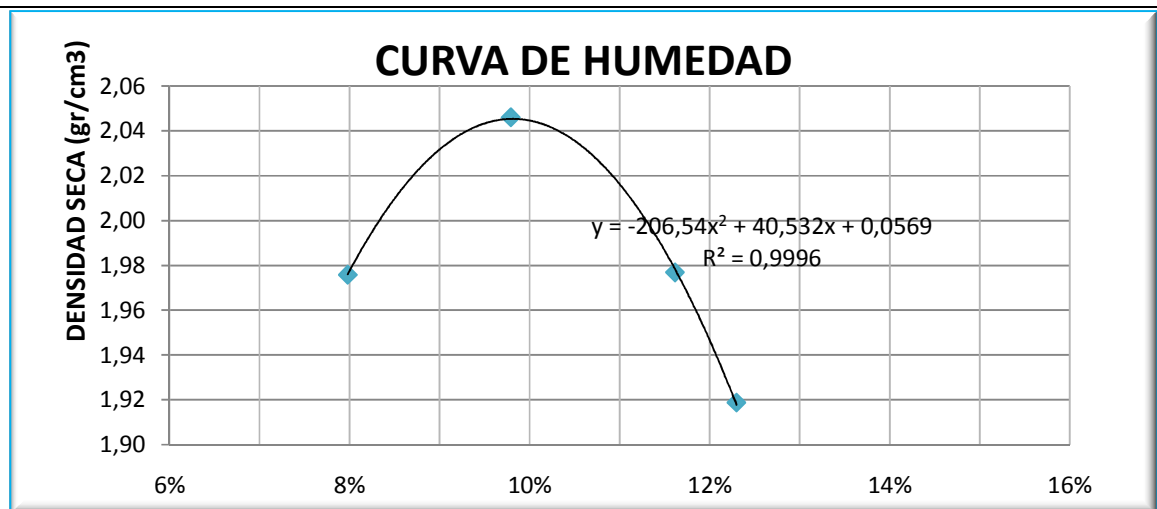
Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Datos de Laboratorio

DATOS DEL MOLDE	
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	15,24
ALTURA DEL MOLDE (cm)	11,64
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2123,31

PROCTOR MODIFICADO					
MUESTR A	PESO DEL MOLDE (gr)	PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	DENSIDA D SECA (gr/cm3)
1	6125	10655	4530	2,13	1,98
2	6125	10895	4770	2,25	2,05
3	6125	10810	4685	2,21	1,98
4	6125	10700	4575	2,15	1,92

Ensayo de Proctor Modificado. Curva de Humedad Ampliación Centro Abastos Girón



Fuente: Torres Ing. S.A.S.

Humedad Óptima	9,8%	Humedad Natural	5,55%
	<hr/>	Índice de Grupo	0
Densidad Seca Máxima (gr/cm³)	2,05	A.A.S.H.T.O	A-2-4
	<hr/>	S.U.C.S	SC-SM
			<hr/>

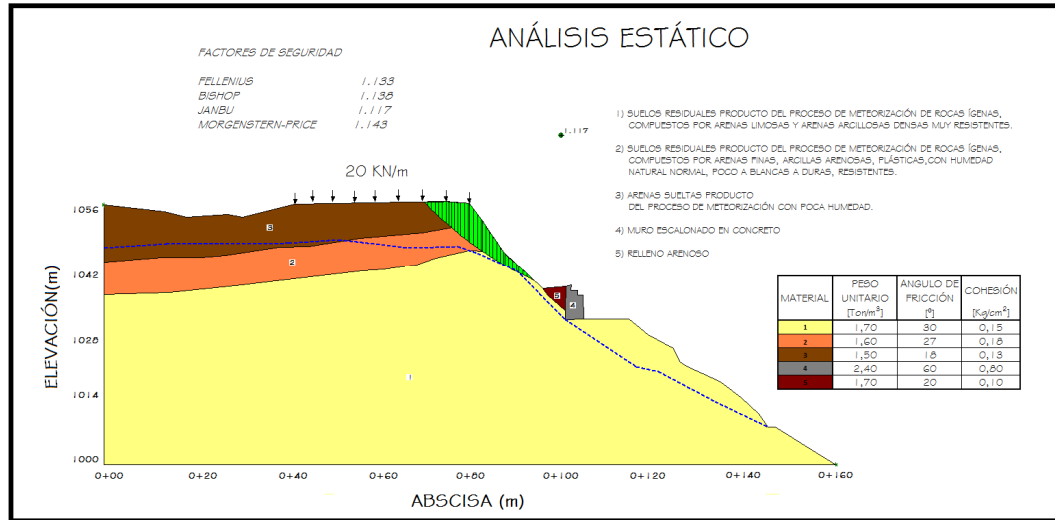
Según los resultados obtenidos el material presenta condiciones óptimas para trabajar en rellenos, siendo necesario un 9.8% de humedad para alcanzar una densidad seca de 2.05 gr/cm³.

Los resultados obtenidos son necesarios para el análisis de estabilidad de taludes o hallar la capacidad portante del suelo, lo cual es indispensable para el diseño de obras de cimentación y contención de distintas construcciones civiles. A continuación se presenta el análisis hecho a un perfil del barrio Altos del Kennedy.

Análisis de Estabilidad de Taludes

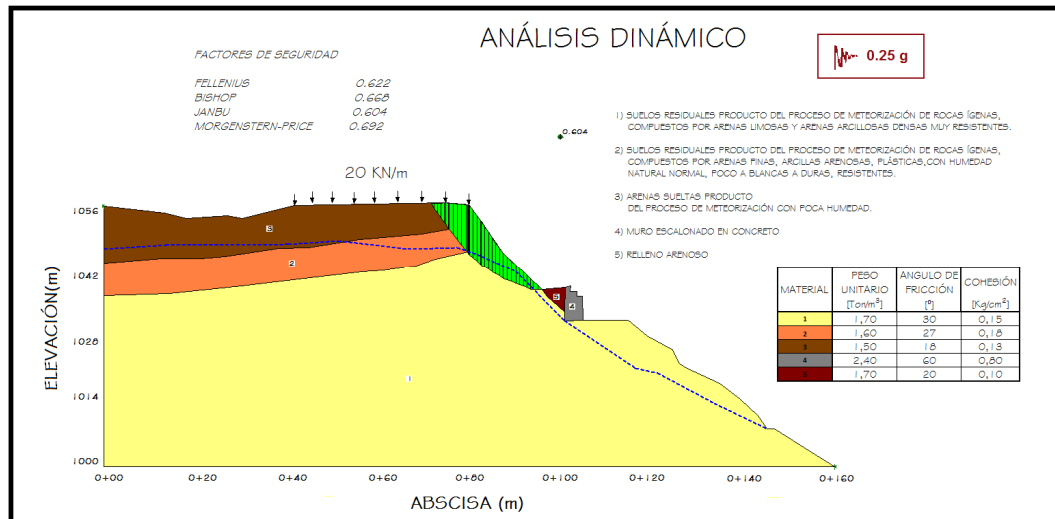
En el barrio Los Cedros en la Urbanización Pan de Azúcar se solicitó corregir un EDARFRI; para este sitio se estudió el estado actual del talud presente en el lugar, donde el análisis de estabilidad se realizó teniendo en cuenta las cargas aportadas por las viviendas al terreno y toda la geoforma en la cual se encuentra esta zona del barrio. El análisis se efectuó por el Software GEO-SLOPE 2004.

Análisis Estático del Talud Estudiado en el Barrio Los Cedros



Fuente: Torres Ing S.A.S.

Análisis Dinámico del Talud Estudiado en el Barrio Los Cedros



Fuente: Torres Ing S.A.S.

10.2 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR MODELO DE FLUJOS EN FLO-2D

FLO - 2D: DESCRIPCION GENERAL

FLO-2D fue escrito basado en el lenguaje de programación **FORTRAN**. Dependiendo de la velocidad del computador y a la aplicación del proyecto, la simulación podría tardar un rango de tiempo entre los 5 minutos y 24 horas. Para Usar **FLO-2D** es recomendado como mínimo un procesador PENTIUM con por lo menos 100 megas de RAM (entre mayor sea la capacidad de memoria aleatoria será mejor). Aproximadamente 100 Mb de espacio en el disco son necesarios para guardar todos los archivos de análisis y cálculos creados por el programa.

FLO-2D es un modelo simple de conservación de volumen. Las dimensiones de laminación del modelo la constituyen elementos de una cuadrícula (**Grilla**). Puede ser una herramienta valiosa para delimitar los riesgos de inundación, la regulación de zonas de inundación o el diseño de mitigación para las mismas. **FLO-2D** trabaja numéricamente con hidrogramas de flujo mientras predice áreas de inundación y simula la atenuación de ondas de flujo. El modelo es eficaz para el análisis de los flujos de desbordamiento de los ríos, pero también puede ser utilizado para analizar los problemas de inundaciones no convencionales, tales como los flujos confinados en topografías complejas aluviales con parámetros como el coeficiente de Manning, canalizar los flujos de división, el barro, flujos de escombros y las inundaciones urbanas.

Al iniciar con una simulación básica de un terreno natural, los detalles pueden ser agregados a la simulación simplemente prendiendo o abriendo algunos de los componentes integrados que son fáciles de encontrar. Los múltiples hidrogramas pueden ser introducidos al sistema en un número variado de puntos de entrada para el flujo inicial. Todos los efectos que se deseen pueden ser simulados en la medida que el programa lo soporte.

El modelo bidimensional de diferencias finitas FLO-2D (O'Brien, 1988) simula flujo de fluidos no-newtonianos, como aludes torrenciales en conos de deyección. Permite simular flujos en topografías complejas, tales como áreas urbanizadas, terrazas y conos de deyección; así como el intercambio de fluido entre los canales y el cono de deyección. Puede modelarse flujo de agua y flujos hiperconcentrados (avenida de lodo, flujo de lodo y flujo de detritos).

El modelo considera el fluido homogéneo (una sola fase) de concentración variable; esto significa que internamente no se hace distinción de los tamaños de sedimento. Como datos de entrada se requiere la topografía digital del terreno, la geometría del canal, valores estimados de la rugosidad del canal y de la planicie de inundación, hidrogramas de entrada (líquidos y sólidos), precipitación y propiedades reológicas de la mezcla agua-sedimento. La topografía para la modelación consiste de una topografía al detalle del cono de deyección y parte del canal adyacente. El hidrograma líquido calculado por procedimientos hidrológicos normales, es utilizado en la modelación de flujos hiperconcentrados. Finalmente los parámetros reológicos (viscosidad y esfuerzo de cedencia) son estimados de manera indirecta, comparando muestras de la quebrada con muestras tipo.

El software **FLO-2D** permite modelar flujos y analizar los resultados usando vectores, por ejemplo para la velocidad de dicho flujo. Además podemos usar los datos topográficos para crear canales naturales para el caso de los ríos.

LOS DATOS DE ENTRADA PARA CUALQUIER MODELO SON:

- A. TOPOGRAFIA A NIVEL DETALLADO EN LA ZONA A MODELAR.**
- B. INFORMACION SOBRE LA HIDROLOGIA DE LA ZONA.**
- C. INFORMACION DE CAMPO (ej. Cantidad de sedimentos, etc.).**
- D. DEFINICION DE PARAMETROS PARA SIMULACION. (ej. Coeficiente Manning).**

El proceso de Modelación se lleva a cabo en 3 fases las cuales son:

1. Pre-Processor
2. Post-Processor
3. Execute

Pasos para crear Modelo en FLO-2D:

⇒ Preparar los archivos necesarios en Pre - Processor.

1. Para Importar un archivo primero se debe convertir éste a ACSII Grid File. Para ello se puede ayudar de programas como ARCVIEW. A continuación se muestra la manera más sencilla de hacerlo:

a) Se guarda las Curvas de Nivel (con sus respectivas elevaciones) en un SHAPE para poder abrirlo en ARCVIEW.

Se debe tener algo como se muestra en la imagen.

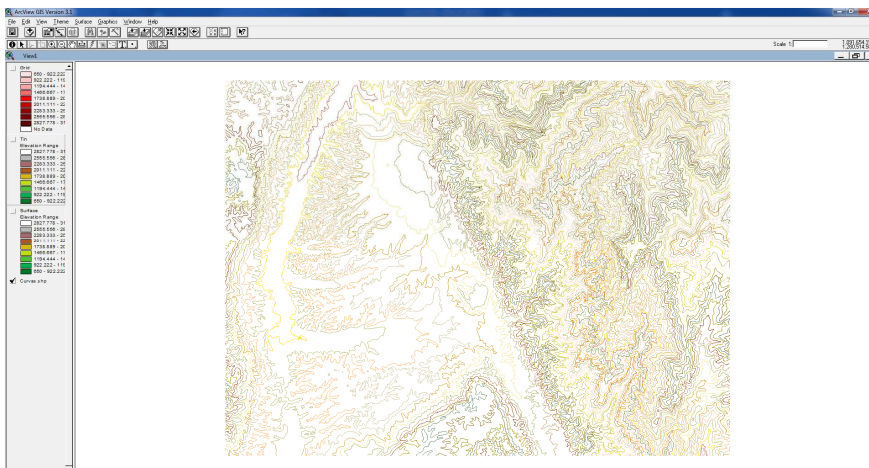


Ilustración 1. Curvas de Nivel en Shape con Arcview

b) Luego de abrirlas en ARCVIEW procedemos a crear una superficie con estas curvas.

Similar como en la imagen.

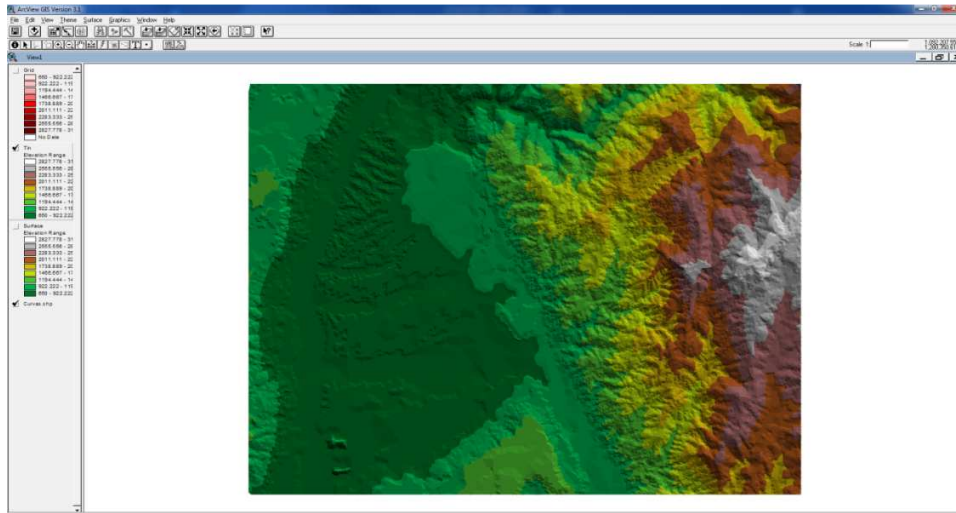


Ilustración 2. Superficie Sector Río Frío a Partir de las Curvas de Nivel con Arcview

c) Cuando se tiene la superficie lista, ésta se debe convertir en un GRID.

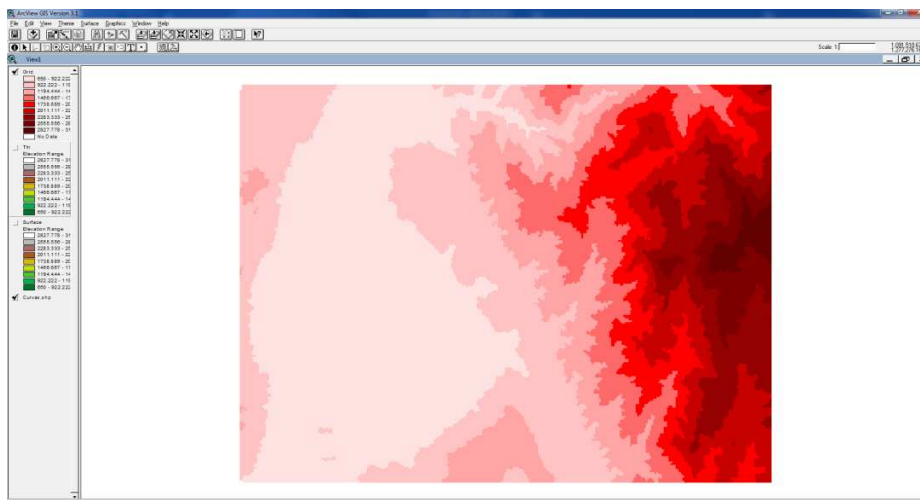
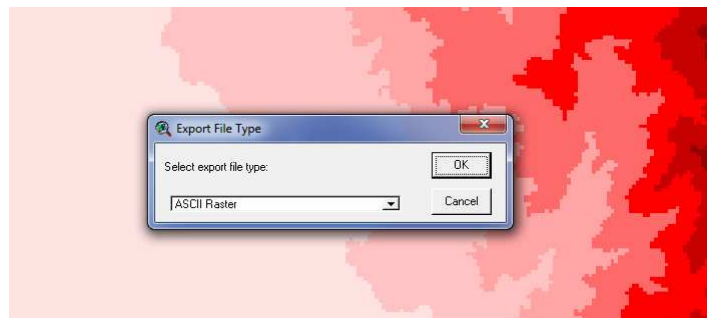
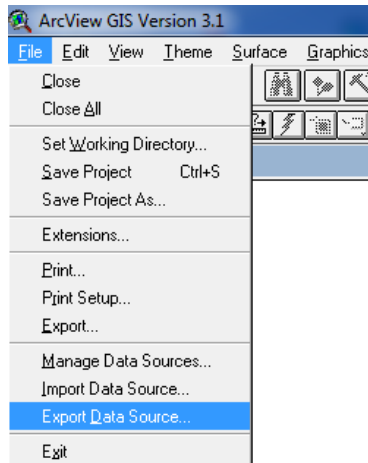
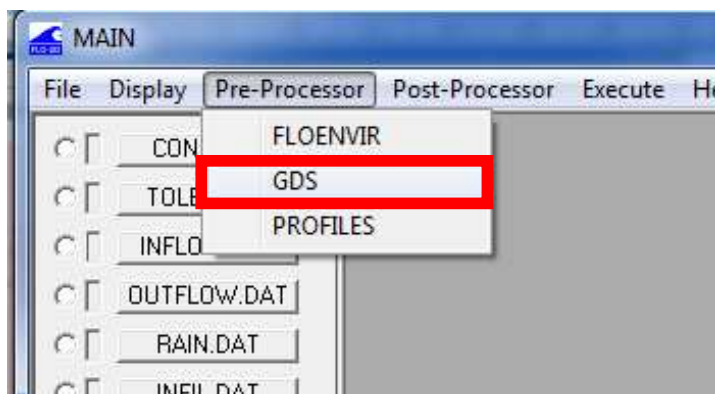


Ilustración 3. Archivo en Grid con Arcview

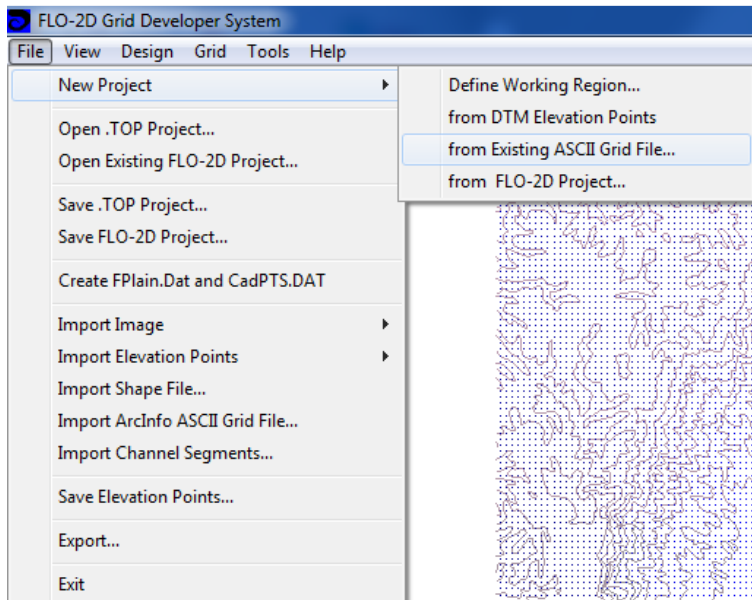
d) Por último, en la pestaña File/Export Data Source; se abre una venta Export File Type, se escoge ASCII Raster



2. Luego de crear el archivo ASCII Raster se va a la pestaña PRE-PROCESSOR y en la cinta de opciones se escoge GDS (Grid Developer system).



3. **Estando en el GDS, se procede a importar los datos ya preparados en ASCII Raster. Para ello se va a File/New Project -> from Existing ASCII Grid File**



4. **Por último, se puede insertar alguna imagen que se tenga del terreno a modelar, o también archivos en Shapes como ríos, casas, etc. Esta información no tiene nada que ver con la parte de modelación, solo es para ilustrar mejor el terreno y mejorar la presentación.**

A Continuación un ejemplo de terreno a modelar con los datos completos en el Pre-processor.

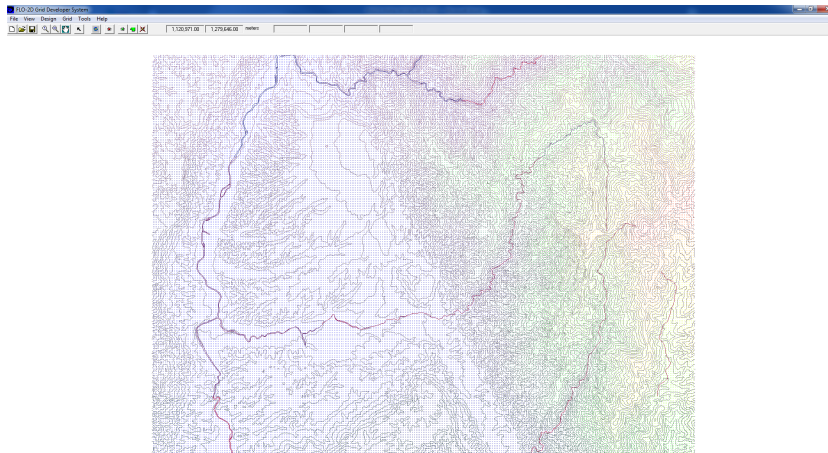
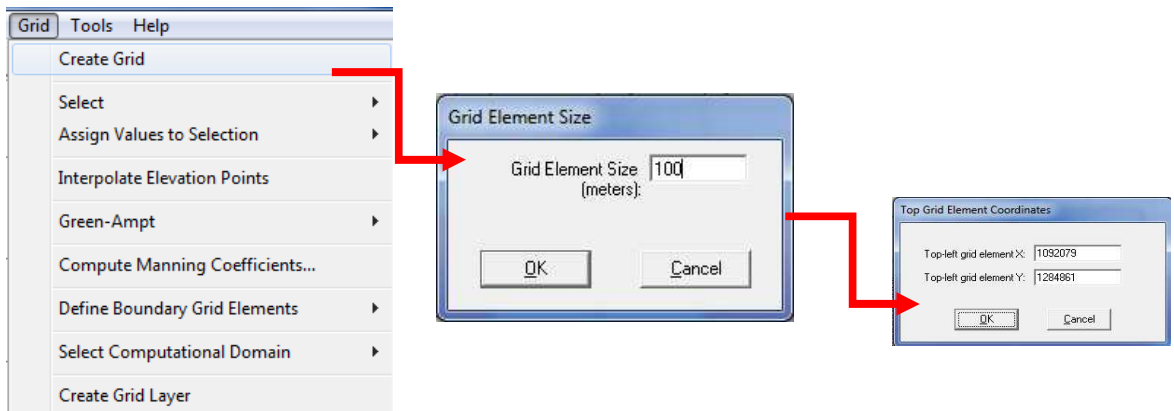


Ilustración 4. Archivo en Formato Ascii Insertado en Flo-2d (Sector Río Frío)

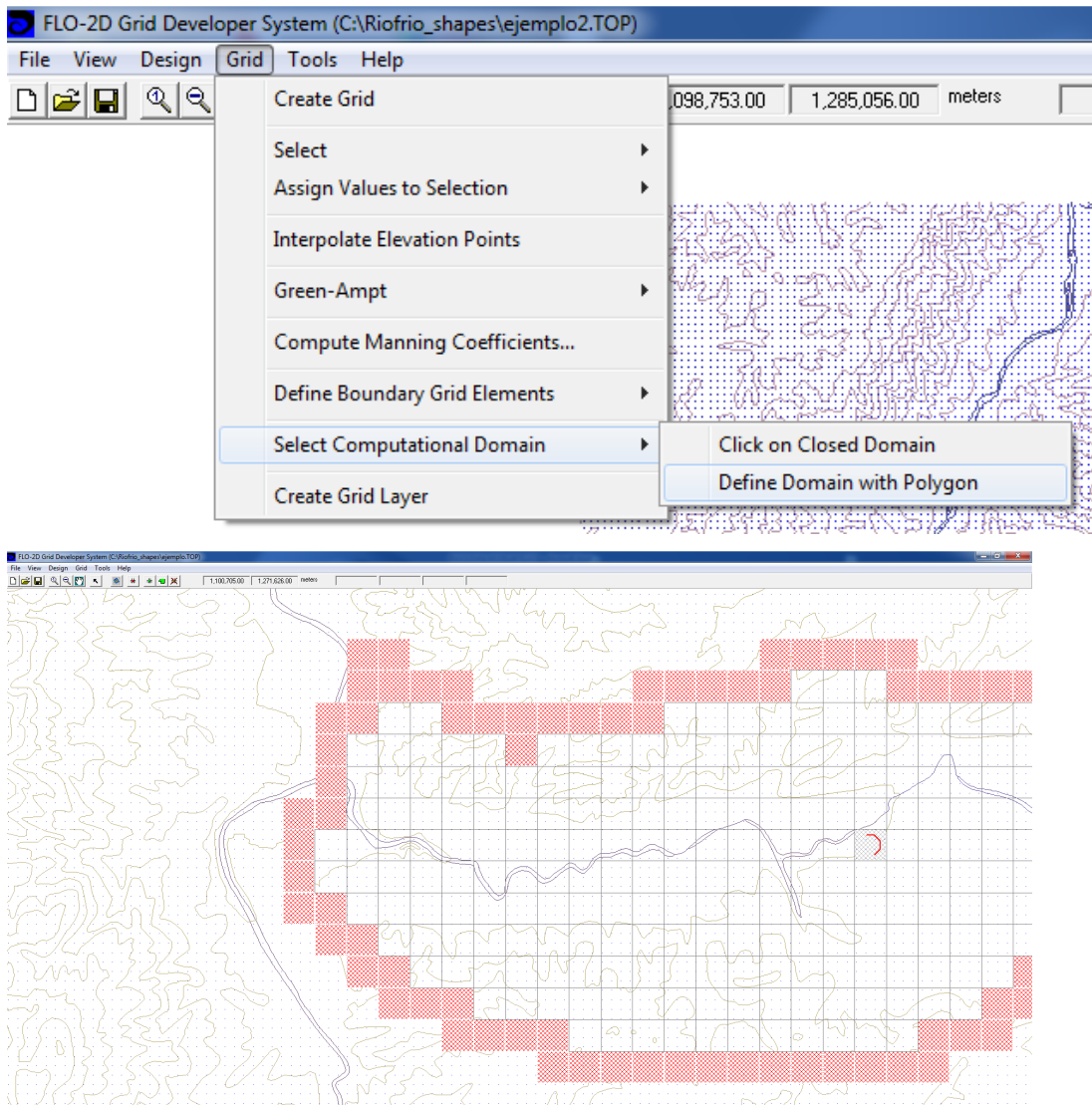
Nota: Los colores describen los cambios en las elevaciones del terreno, las cuales son usadas como datos cuando se vaya a modelar.

5. Luego de tener toda la información y archivos necesarios, se procede a crear el área de interés a modelar. Para ello se va a GRID.



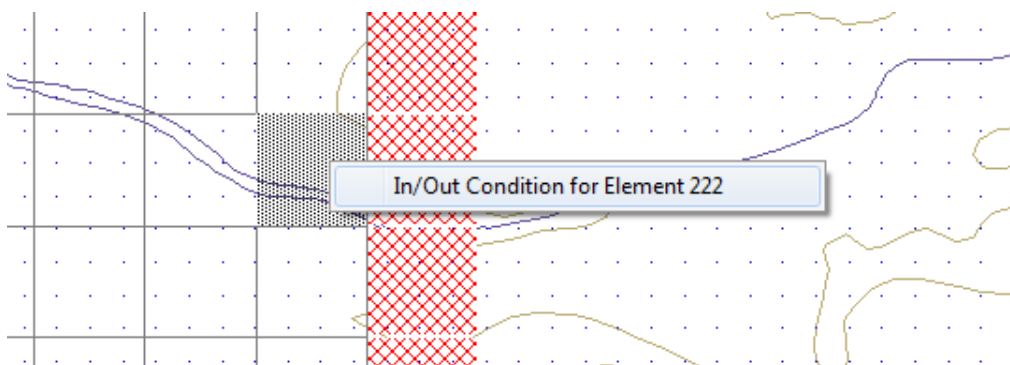
Nota: En Grid Element Size debe escribir el tamaño de la celda, hay que recordar que FLO-2D trabaja con el método de elementos finitos. Entre menor sea el tamaño de la celda más preciso es el modelo, pero menor es el rendimiento y viceversa.

6. Se escoge la región de interés mediante un polígono.



En este paso el Proyecto debería lucir como la anterior figura.

7. Se ubica una celda para crear el inicio del FLUJO. Para ello en la celda deseada se le da clic derecho y nos aparece algo así:



In/Out Condition for Grid Element 222

Inflow element with hydrograph
 Outflow element (no hydrograph)
 Outflow element with stage-time relationship

Floodplain Channel

Channel outflow element (with stage-discharge)
 No inflow/outflow condition

Hydrograph (HIDRO.HYD)

	Time	Discharge
1	0	0
2	1	30
3	3	60
4	5	20
5	7	1

Initial time Final time

Hydrograph (HIDRO.HYD)

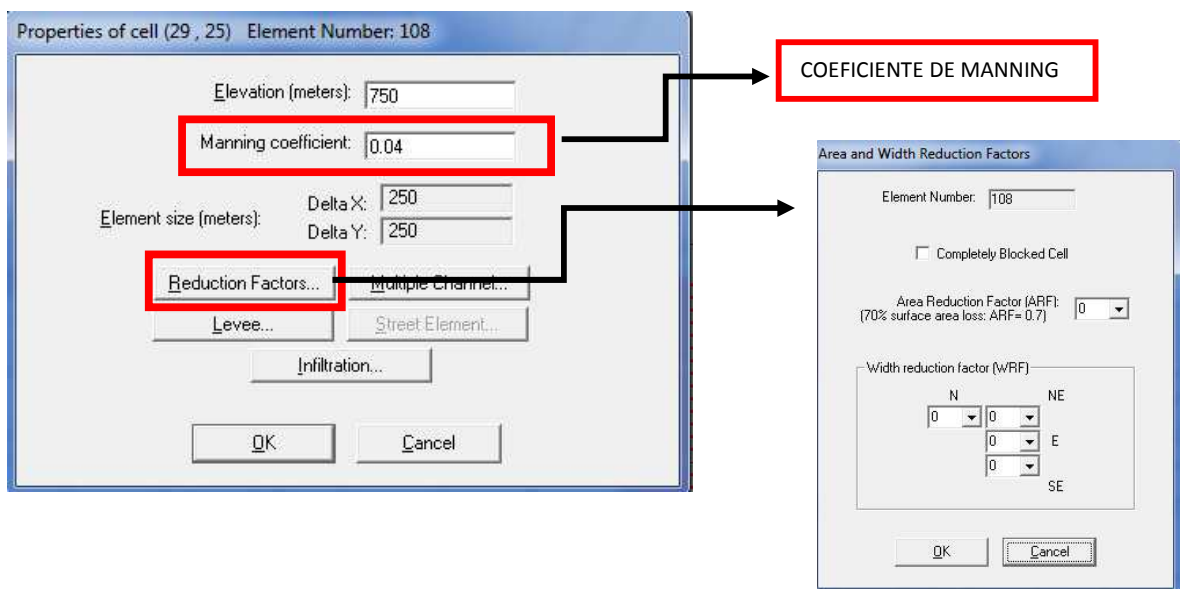
Initial Time Final Time

De esta Forma se tiene creado el inicio del flujo. Los datos son de acuerdo a la información que se ha recopilado de la zona.

Entre más datos se den a la tabla mejor se ajusta el modelo de flujos.

Se puede tener más de un Inicio de flujo ubicados en los lugares que se quieran. Esto es por ejemplo para quebradas o arroyos que lleguen a un río que se estén modelando. Ésta Información influye mucho en el análisis del modelo por parte del Flo-2D.

8. Otro parámetro importante es el Coeficiente de Manning, y los factores de reducción. Estos son parámetros para cada unidad de la cuadrícula. Para ver sus opciones simplemente se da doble clic sobre el cuadro deseado:



Para la parte de factor reducción, se puede observar que hay dos formas de hacerlo, una es bloquear la celda completa y luego ingresar un factor, por ejemplo 0.7, entonces la celda se bloquea el 70% distribuido uniformemente. La otra forma es bloquear una dirección y se introducen los datos igual, por ejemplo queremos bloquear la celda pero 70% hacia el norte y el resto a 15%, entonces se buscan las coordenadas N, NE, E, SE y se ingresan los datos.

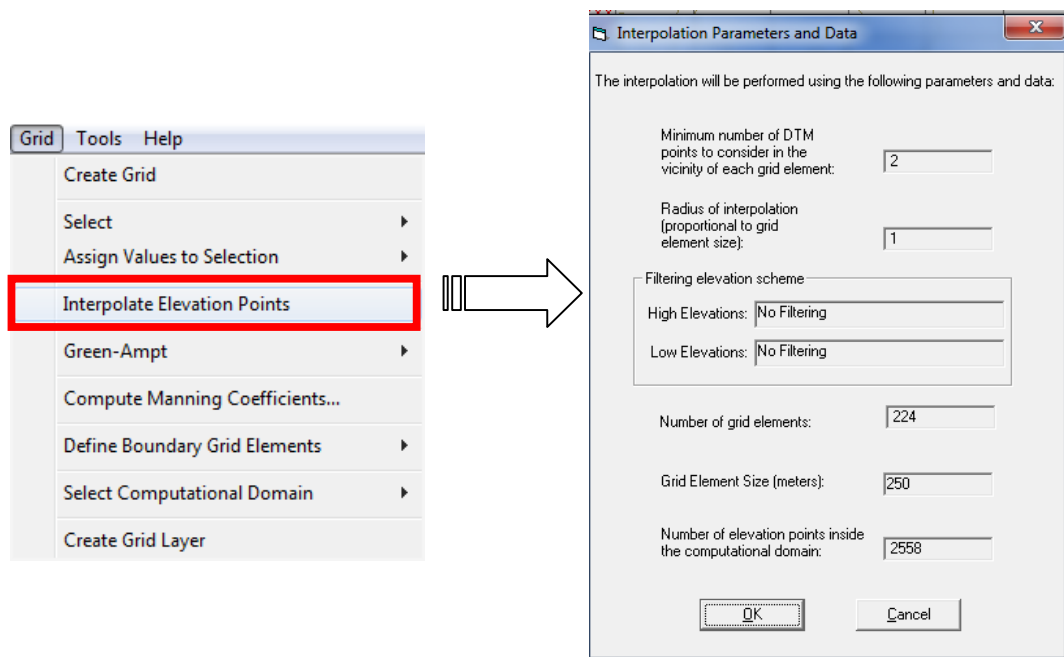
Estas opciones ayudan mucho al momento de tener en consideración para la modelación por ejemplo árboles, casas, estructuras, etc. Para los cuales el flujo

no los puede atravesar, y así se le da una mayor fiabilidad y semejanza a la realidad del modelo con los procesos naturales que se buscan simular con el FLO-2D.

Otro dato importante a insertar es la infiltración. Es recomendable leer la ayuda al lado de las opciones para no tener inconvenientes y entender mejor las características del dato que se piensa insertar.

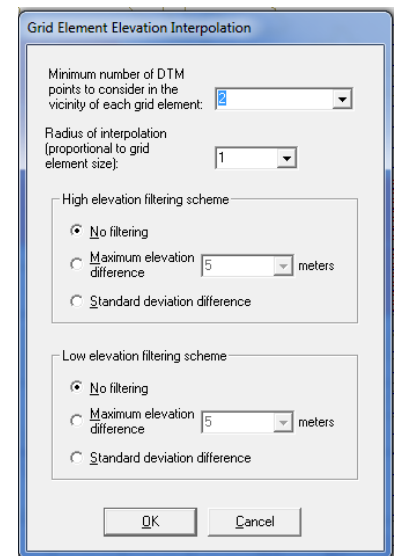
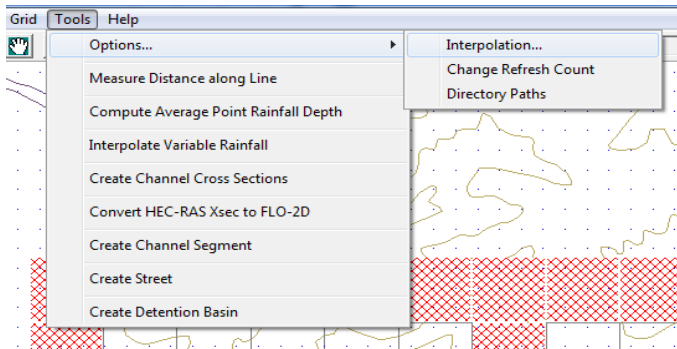
9. Luego de tener preparada la grilla y las celdas de trabajo, la región delimitada, y el inicio de flujo; se procede al último paso para iniciar con el análisis del programa el cual es: **Interpolate elevation points**.

Para ello se va a Grid, y se escoge la opción “Interpolate Elevation Points”.



Nota: En Muchas Ocasiones es mejor dejar la configuración por defecto que aparece en la anterior imagen, pero si se desea cambiar entonces:

Tools // Options // Interpolation



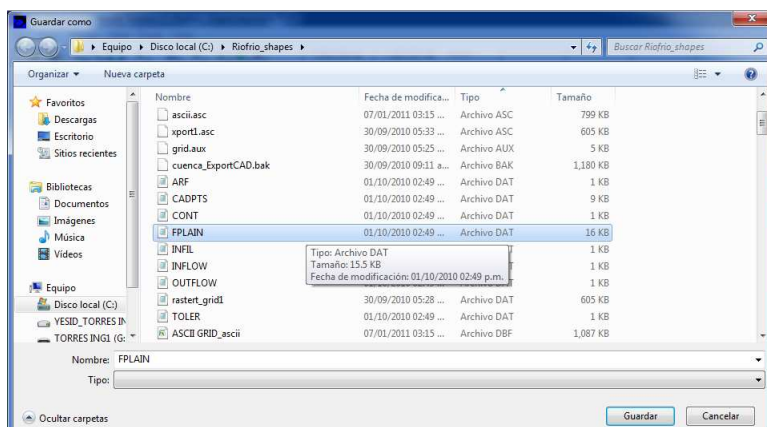
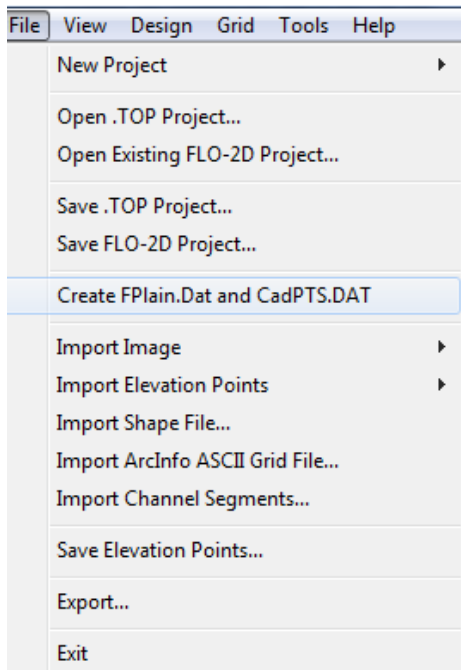
Luego de Interpolarse los puntos de elevación, se pueden guardar estas configuraciones creando un archivo *.TOP.

File / Save .TOP Project

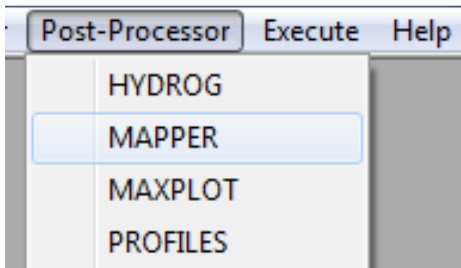
-> Con esto ya se concluye la parte de PRE-PROCESSOR.

Para Terminar entonces se crea el archivo **FPLAIN** que es el que contiene toda la información que anteriormente se ha creado.

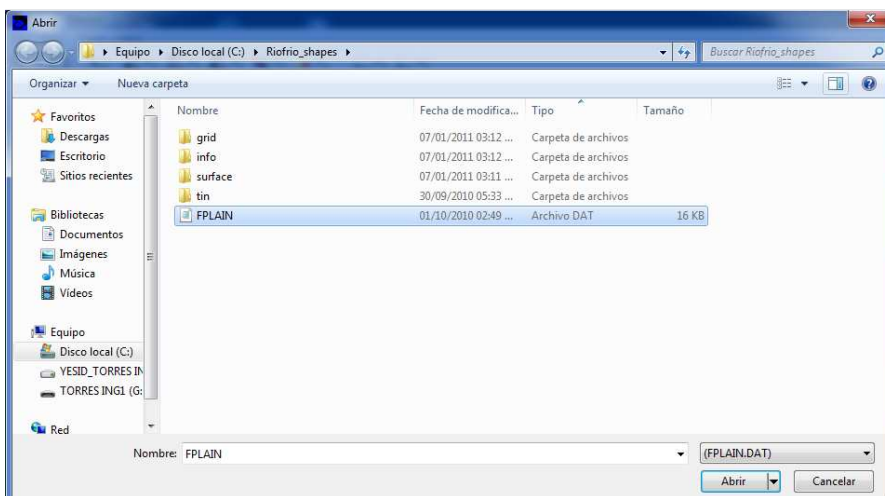
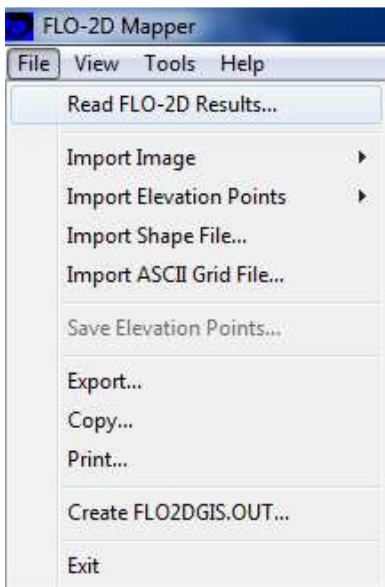
File/Create FPlain.dat and CadPTS.DAT



10. Ahora se entra a la parte de POST- PROCESSOR y se escoge la opción MAPPER.



Abrimos Nuestro Archivo FPLAIN..



Se debe tener algo como la siguiente imagen.

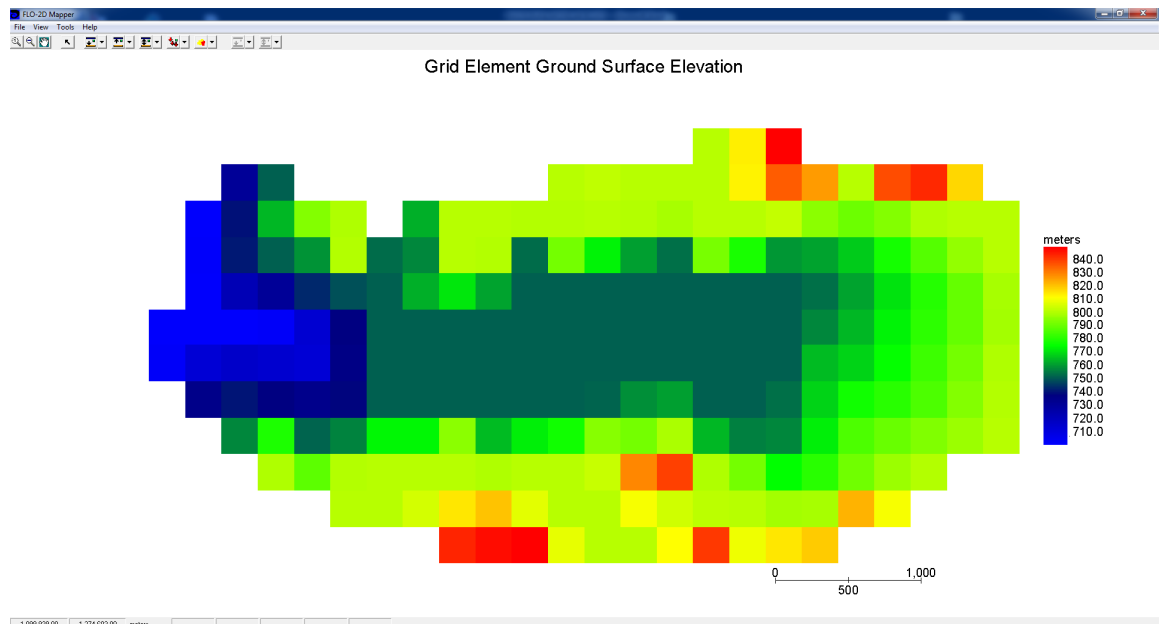


Ilustración 5. Mapa de Elevaciones del Terreno Natural.

Se puede cambiar la visualización a los diferentes tipos de análisis hechos por el flo-2d como

- ⇒ Elevaciones
- ⇒ Velocidades
- ⇒ Alturas del flujo entre otras.

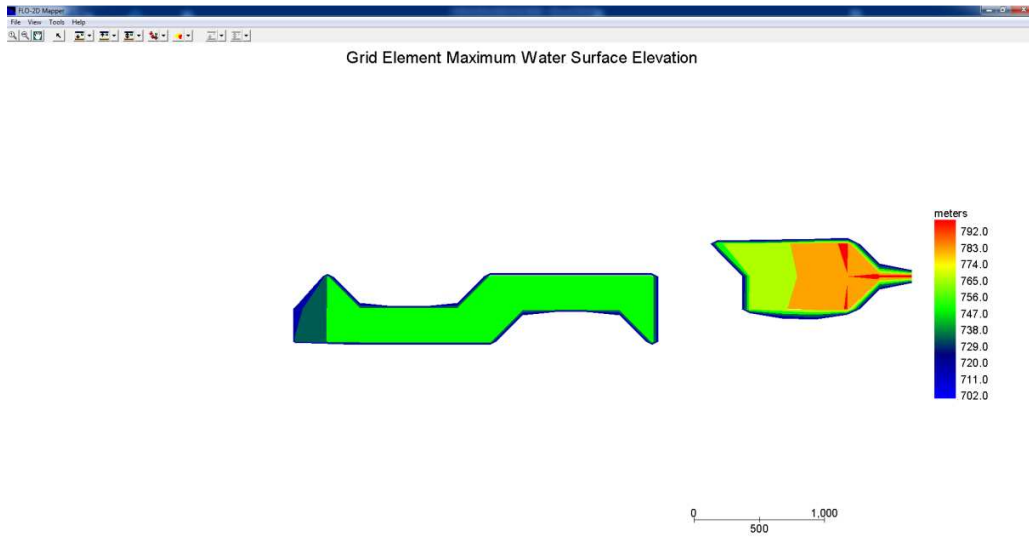


Ilustración 6. Mapa de Máximas Elevaciones del Agua en la Superficie.

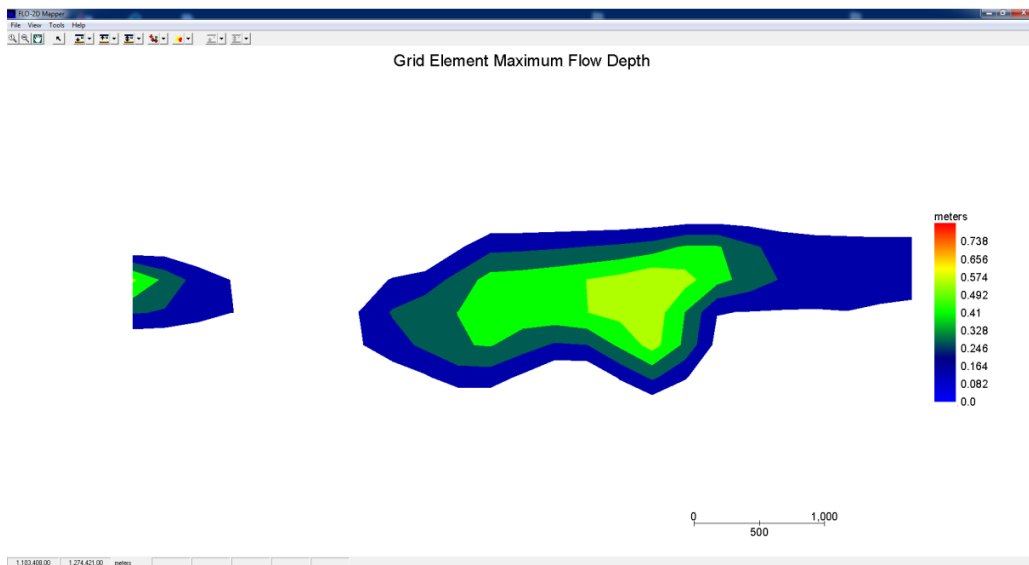


Ilustración 7. Altura Máxima del Flujo.

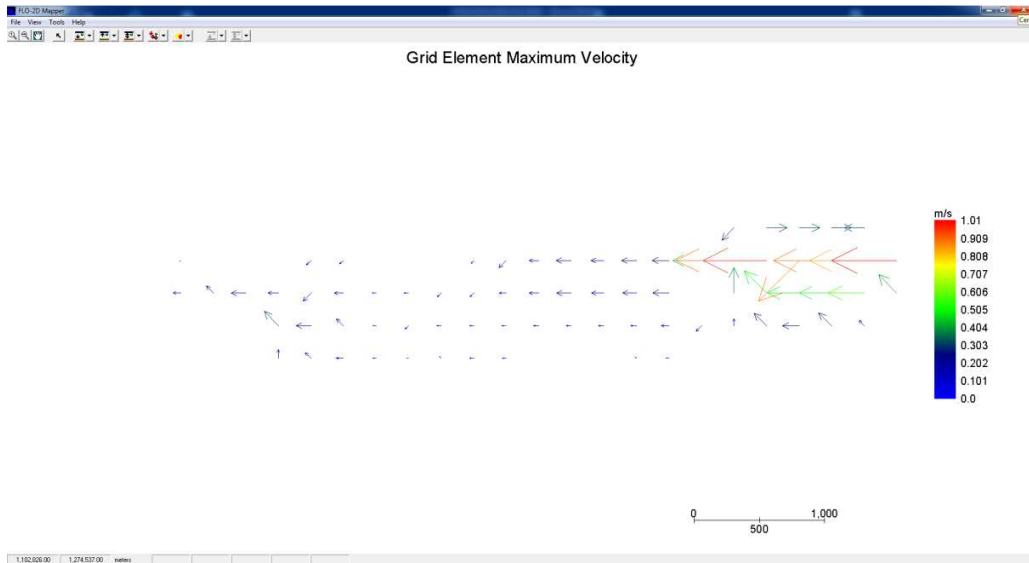


Ilustración 8. Vectores de Velocidad Máxima.

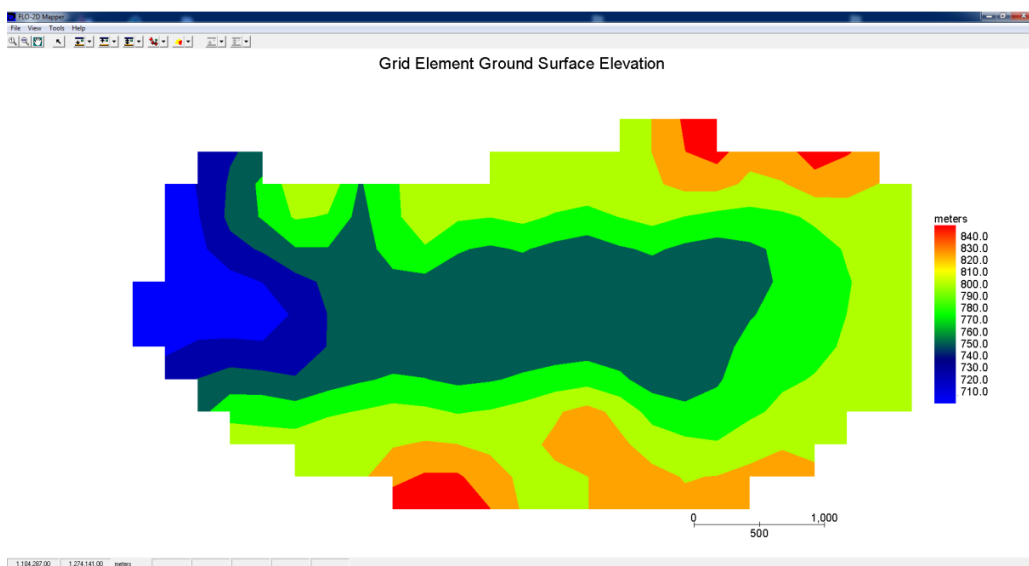
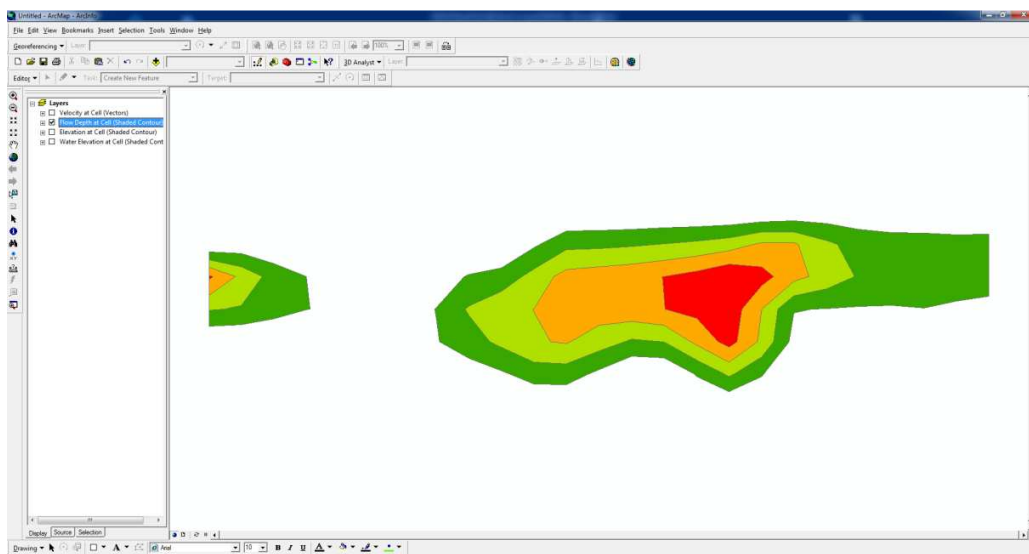
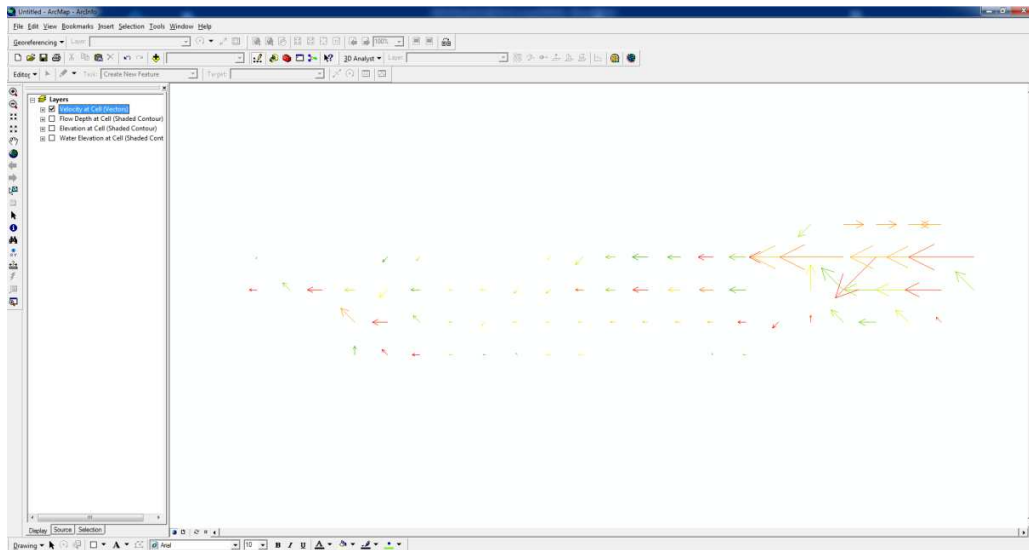
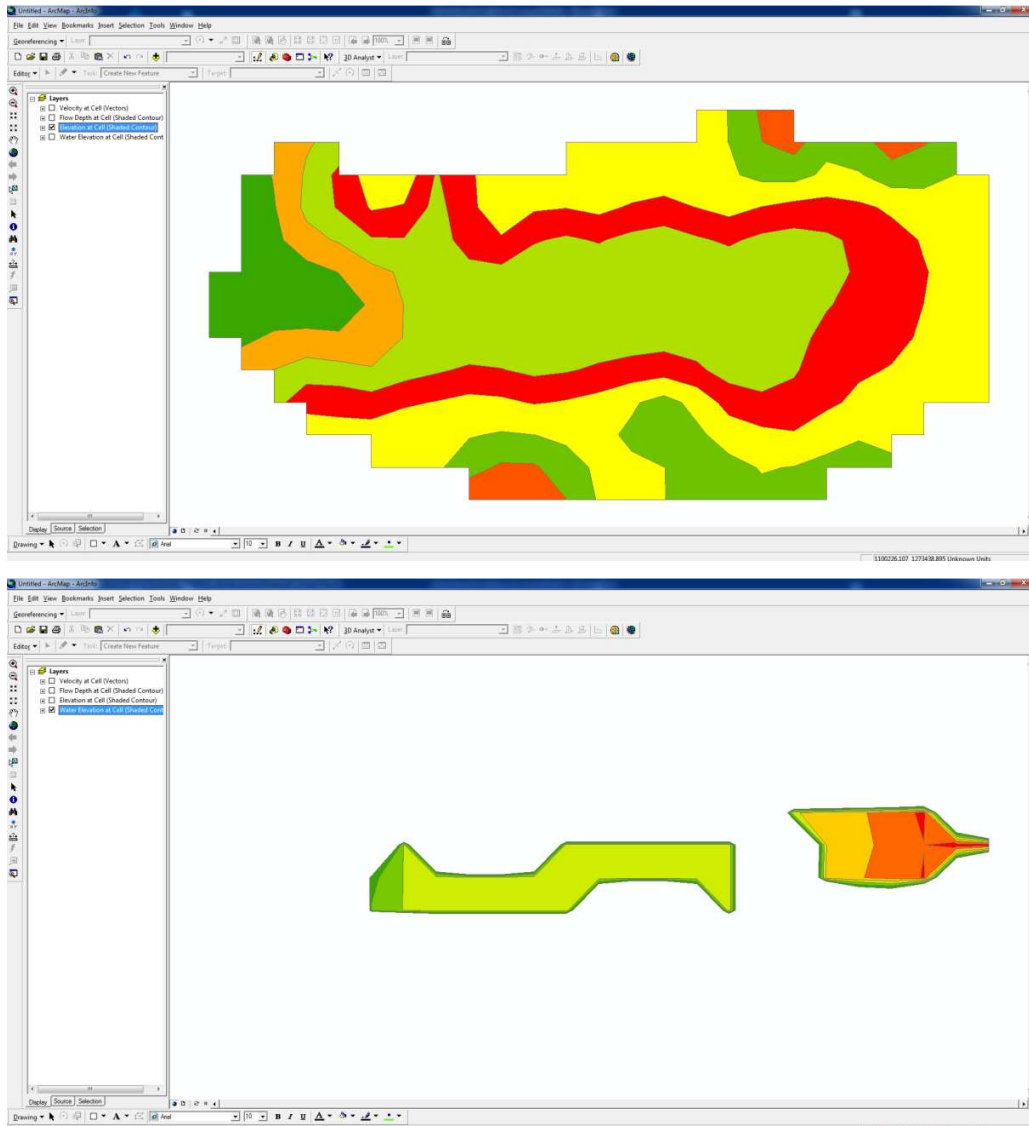


Ilustración 9. Mapa de Hiposometría Para Terreno Natural.

Algo novedoso del FLO-2D es que cuando se tiene el análisis listo, al programa automáticamente crea los mismos archivos del análisis pero en formatos .shp los cuales se pueden abrir en ARCGIS.





Como se observa son las mismas imágenes, pero se han abierto desde ArcMap de ArcGis 9.3.

A continuación se tiene un ejemplo práctico tomado de un congreso de geología de la sociedad Peruana de Geología y Minas donde se uso el FLO-2D para elaborar los mapas de amenaza del sitio a mencionar. Se espera que este manual sea para el entendimiento, y con este ejemplo reforzar los contenidos además de ver como se usan en la vida práctica. También se observa el tiempo de análisis que se le hacen a los datos y se compara el método de observación de los datos.

XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos

Sociedad Geológica del Perú

167

MAPA DE PELIGROS Y SIMULACIÓN DEL FLUJO FLO-2D EN LA QUEBRADA RUNTUMAYO (CUSCO): ALUD Y FLUJO DE DETRITOS DEL 12 DE OCTUBRE DEL 2005

Patricio Valderrama¹, Leonardo Castillo², José Cárdenas³, Víctor Carlotto¹ & Lionel Fídel¹

¹INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima pvalderrama@ingemmet.gob.pe

²IMEFEN-CISMID lcastillonavarro@yahoo.es

³CONVENIO UNSAAC-INGEMMET cardenasroque@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del alud producto de un desprendimiento de hielo y rocas del nevado Verónica (5,893 msnm) ocurrido el día 12 de octubre del 2005, se realizaron los estudios geológicos y geodinámicos (Cárdenas et al., 2005, Cárdenas et al., 2006). Además se construyeron los mapas de peligros basados en evaluaciones de campo y la aplicación del modelo numérico bidimensional FLO-2D de simulación digital.

La micro cuenca Runtumayo está ubicada en el distrito de Ollantaytambo, provincia de Urubamba, departamento del Cusco. La zona de estudio se halla en plena Cordillera Oriental de los Andes del Sur del Perú. El río Vilcanota atraviesa la cordillera en dirección sureste a noroeste siendo un afluente el río Runtumayo. (Fig. 1).

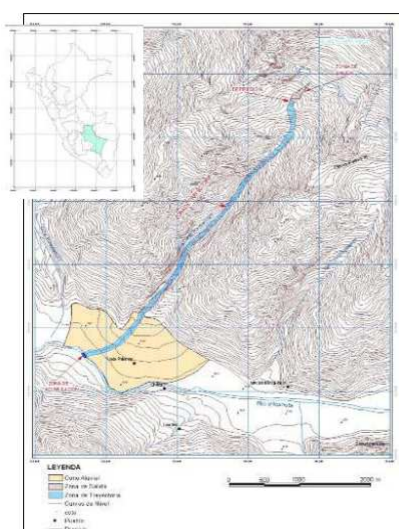


Fig. 1. Ubicación de la zona de estudio

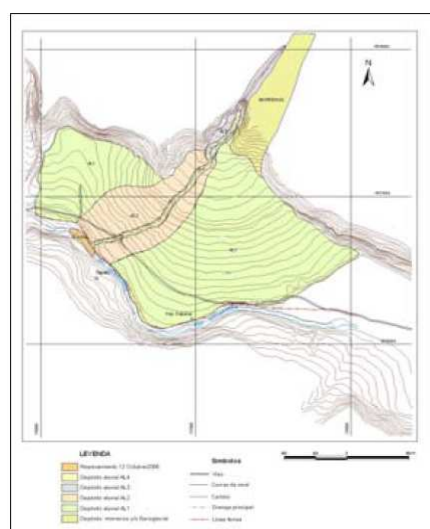


Fig. 2. Mapa geológico del cono aluvial

Los daños que provocaron el alud y los flujos de detritos asociados, fueron la destrucción parcial y cubrimiento de la línea férrea Ollantaytambo-Machupicchu en un tramo de 200 metros (Foto 1), erosión y cubrimiento del puente carrozable Ollantaytambo-Piscacucho, la destrucción con caída de los pilares del puente peatonal Tiaparo-Palomar (Foto 2), así como la erosión y destrucción de las obras de captación de aguas para las comunidades Palomar y Tiaparo ubicadas en la margen izquierda y derecha del río Runtumayo respectivamente. También fueron afectadas plantaciones de árboles de eucalipto de las terrazas más bajas o bordes del río. El desborde del flujo afectó algunos terrenos de cultivo; sin embargo, algunos bordes de la

quebrada Runtumayo fueron erosionados. El problema mayor fue el represamiento parcial del río Vilcanota por acumulación del flujo de detritos, que provocó la inundación de la línea férrea hasta una altura aproximada de 1.50 metros que formó un espejo de aproximadamente 400 metros de largo y 50 metros de ancho.

El estancamiento parcial necesitó 3 días para ser desembalsado con ayuda de maquinaria pesada que reencauzó el río Vilcanota a su cauce normal, evitando la erosión lateral, particularmente de su margen izquierda.



Foto 1. Línea férrea habilitada después del 12 de octubre, mostrando el flujo de detritos en ambas márgenes del río Vilcanota



Foto 2. Puente peatonal Tiaparo-Palomar inhabilitado debido a la destrucción de sus pilares.

MAPA DE PELIGROS

En base a la cartografía de los diferentes conos aluviales (Cárdenas et al., 2005) (Ver Fig. 2), el estudio del alud-flujo de detritos del 12 de octubre y la aplicación del modelo numérico bidimensional FLO-2D de simulación digital, se ha realizado una zonificación de peligros a aluviones en la zona de Palomares y Tiaparo.

SIMULACIÓN DEL FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LA QUEBRADA RUNTUMAYO: MODELO FLO-2D

El FLO-2D es un modelo numérico bidimensional que permite la consideración de topografías complejas sobre áreas urbanizadas y planicies de inundación. El modelo se puede utilizar para simular flujos hiperconcentrados, ya sea flujo de detritos, inundaciones de barro y flujos de barro (O'Brien, 2000). Como datos de entrada se requiere una serie de factores que son descritos a continuación.

1. **Topografía:** La micro cuenca Runtumayo tiene una superficie de 10.5 km², presenta una altitud mínima de 2370 msnm y una máxima de 5893 msnm. Su longitud de eje del cauce principal es de 6.5km con una pendiente promedio de 10%. Se han utilizado mapas topográficos a escala 1:25,000 y un mapa 1:10,000 con curvas cada 5m. El primer plano ha sido utilizado para la delimitación de la cuenca y el cálculo de los parámetros geomorfológicos, y el segundo ha sido empleado para la modelación.

2. **Hidrología:** Para la simulación de flujos de lodo y escombros aplicando el FLO-2D, es necesario conocer las características hidrológicas de la cuenca y su repuesta ante una tormenta específica. La respuesta a estos fenómenos climáticos se representa en un hidrograma líquido construido en base al modelo hidrológico HEC-HMS y la metodología del Soil Conservation Service (SCS). Con el procedimiento anterior se obtuvo un hidrograma líquido con un caudal pico de 10.33 m³/seg (Cárdenas et al, 2005).

3. Información de Campo y Gabinete: El alud transformado en flujo de detritos se desaceleró por la poca pendiente y se depositó en el río Vilcanota originando un represamiento. El dique tuvo aproximadamente 6m de altura máxima, 40m de ancho y una longitud de 200 m, lo que hace un aproximado de 48,000 m³ de material depositado.

4. Definición de Parámetros Para la Simulación: El tramo simulado tiene una longitud aproximada de 1.5km hacia arriba desde la confluencia con el río Vilcanota. Sobre el mapa 1:10,000 se generó una malla de 11,985 celdas de 15m x 15m cada una, cubriendo parte de la garganta y la confluencia con el río Vilcanota. Se introdujeron los datos de entrada como el hidrograma de caudal líquido, con su respectiva distribución de concentración de sedimentos, las propiedades del sedimento y los parámetros reológicos. Luego se aplicó el modelo bidimensional FLO-2D para la simulación del flujo hiperconcentrado de barro y escombros. Para la simulación se consideraron concentraciones de sedimentos que varían entre 25% y 50%.

5. Simulación: Se analizó un tiempo de simulación de 36 horas. El volumen total de la creciente simulada es de 0.6 millones de m³, de los cuales 0.24 millones de m³ son agua y 0.36 millones de m³ corresponden a sedimento (volumen almacenado+volumen fuera del área de simulación). El área de inundación reportado por el modelo es de 191,744 m². Se aprecian tirantes máximos de 8.5m con velocidades de hasta 2 m/s en el cauce de la quebrada y tirantes de 5m con velocidades de hasta 4 m/s en la confluencia con el río Vilcanota. (Figs. 3 y 4).

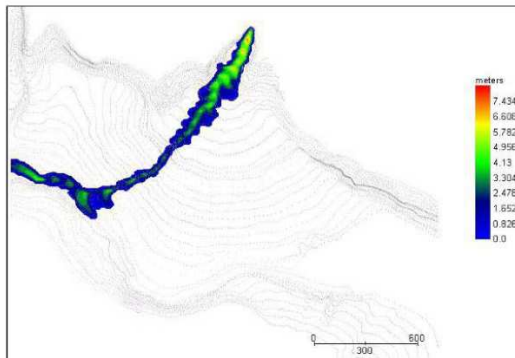


Fig. 3. Profundidades de flujo máximas.

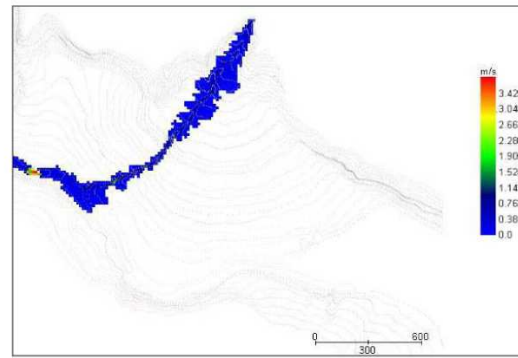


Fig. 4. Velocidades del flujo máximas.

$$Q_{lp}=10.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

Además se ha realizado 4 escenarios posibles con mayores flujos hipoconcentrado que puedan afectar la quebrada y se determinó el peligro inminente de las poblaciones y terrenos de cultivo aledaños.

6. Análisis e Interpretación de Resultados: De los resultados observados para la quebrada Runtumayo y más específicamente en el cono aluvial, se aprecia en la parte superior, mayor presencia de tirantes del flujo que van desde los 4 a los 7.5 metros. También se observa un pequeño desborde del flujo a ambas márgenes del cauce principal. En la parte baja de la quebrada se aprecia tirantes del flujo de 3 a 4 metros. Estas alturas del flujo han sido comparadas con las evidencias de campo y el comportamiento del flujo simulado ha sido similar a los puntos de control dentro de la quebrada. Por otro lado, en la zona de represamiento, se observan los tirantes de hasta 6m, lo que se asemeja a lo visto en campo. Se produce un represamiento del río Vilcanota hacia aguas abajo. En esta zona de confluencia se encuentran las mayores velocidades de 3.5 m/s.

El modelo **FLO-2D** ha reportado volúmenes de agua iguales a 24,1087 m³ de los cuales se presume que es contribuido por la lluvia o por el derretimiento de los bloques de hielo que se desplomaron del glaciar. Se ha considerado que el caudal pico líquido del hidrograma de entrada es igual al caudal provisto de ambos

fenómenos. También el modelo ha reportado un volumen de sedimentos dentro de la quebrada igual a 118,412m³ que viene a ser el volumen de represamiento en el río y el volumen depositado a lo largo del cauce principal. De la simulación se observa un cierre de la línea férrea de 200 metros aproximadamente por material proveniente del flujo de detritos en la desembocadura de la quebrada Runtumayo.

En conclusión, los resultados muestran que el modelo teórico respecto al flujo de detritos es similar a lo ocurrido el 12 de octubre del 2005, validando de esta manera el modelo.

ZONIFICACIÓN

Las comunidades de Palomar y Tiaparo están localizadas sobre el cono aluvial antiguo del Runtumayo. Este cono es el resultado de la superposición de varios flujos aluviónicos antiguos (Fig. 2). En bases a estos antecedentes, el modelo FLO 2D y además, teniendo en cuenta los efectos últimos ocurridos el 12 de octubre, se ha establecido 03 zonas de peligro (Fig. 5).

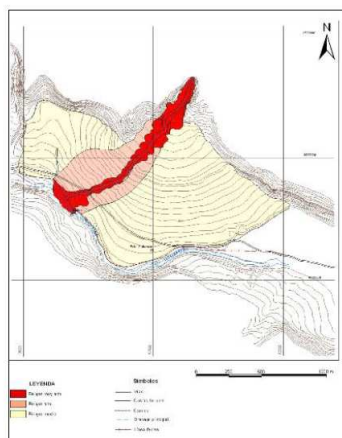


Fig. 5. Mapa de peligros de la quebrada Runtumayo.



Foto 3. Área con desborde del flujo de detritos que también aparece en el modelo.

a) Peligro muy alto: En caso de ocurrir un flujo de detritos similar al 12 de octubre las zonas más afectadas serían el cauce actual del río Runtumayo y los bordes de este cauce/canal, ya que se pueden formar nuevas represas y desembalses desviando el flujo de detritos (aluvión), afectando terrenos de cultivo y viviendas. Los límites de la zona de peligro muy alto vienen del modelo FLO-2D.

b) Peligro alto: Un aluvión similar al AL2 que originó un cono superficial sobre AL1, afectaría esta zona. En ese caso sería una zona de peligro muy alto, pero por la frecuencia de presentarse (es algo antigua) pasaría a ser una zona de peligro alto. En este caso un flujo de detritos de mayor dimensión al ocurrido el 12 de octubre sobrepasaría el canal natural de la quebrada Runtumayo y saldría de una manera similar a AL2, afectando no solo terrenos de cultivo y la ganadería sino algunas construcciones existentes y poniendo en riesgo vidas humanas.

c) Peligro medio: Corresponde a las márgenes de cono aluvial Runtumayo, es decir todo el cono aluvial de Runtumayo. Un fenómeno de grandes dimensiones que no está descartado, provocaría el desprendimiento de una gran masa de nieve y roca en relación por ejemplo a un sismo, ocasionaría un flujo también de grandes dimensiones afectando todo el cono.

CONCLUSIONES

- Se cumplieron con las responsabilidades adquiridas con la empresa, acompañando para la correcta ubicación de perforaciones y recolección de muestras en campo, revisando la información topográfica del terreno, analizando los resultados de laboratorio del proyecto, ayudando en los modelos de inundación y flujos, y colaborando en la elaboración de informes y planos para el desarrollo del estudio.
- La práctica empresarial permite afianzar y profundizar los conocimientos adquiridos en el pregrado llevando pensamientos siempre en el ámbito de la ingeniería.
- Se tiene el aprendizaje de nuevas herramientas computacionales que ayudan a un rápido análisis y comprensión de modelos matemáticos para el desarrollo de actividades ingenieriles.
- Durante la ejecución de la práctica, se participó en otros proyectos de la empresa en lo relacionado a la exploración geotécnica, la tabulación y el análisis de resultados de laboratorio y la colaboración en la elaboración de planos e informes para dichos proyectos.
- Se implementó un aporte personal basado en experiencias vividas en distintos proyectos de la empresa TORRES ING. S.A.S., con el fin de mejorar el desempeño de la misma.
- Se aprende a trabajar en equipo en un entorno laboral, teniendo experiencias en el desarrollo práctico de la carrera y presenciando el servicio que la Ingeniería Civil brinda a la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco L., Giovanni E. (2010) PRACTICA EMPRESARIAL PARA LA ASISTENCIA TECNICA EN EL CAMPO DE SUELOS Y GEOTECNIA EN LOS PROYECTOS QUE ADELANTA LA EMPRESA TORRES INGENIERIA S.A.S. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander.

ESTUDIO Y DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA EROSIÓN EN EL RIO FRIO ENTRE LA AVENIDA LOS CANEYES Y EL RIO DE ORO. INGENIERIA DE SUELOS LTDA. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE EROSIÓN Y DESLIZAMIENTOS. Bucaramanga, Julio de 1998

INFORME RIO FRIO. CDMB, SUBDIRECCIÓN TÉCNICA, DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y PROYECTOS. Bucaramanga, Julio de 1981

CALCULO DE COTAS DE INUNDACIÓN EN EL RIO DE ORO. ZONA RIO FRIO - RIO SURATA. ESTUDIO PRELIMINAR. JAIME ROA MARTINEZ. Bucaramanga, Mayo de 1993

Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bucaramanga

Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Floridablanca

Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Girón

BRAJA DAS, "Ingeniería de Cimentaciones", Ciudad de México, 1996.

JamiolKowski, "New correlations of penetration tests for design practice" Penetration testing, 1988 ISOPT-1, Balkema, 1988

BOWLES, Joseph, "Foundation analysis and design". Nueva York, 1996.

GUTIERREZ ELORZA, Mateo "Geomorfología" Madrid 2008

Norma NSR – 2010. Bogotá, 2010

Norma geotécnicas CDMB Bucaramanga, 2005.

RUIZ VAZQUEZ, Mariano "Geología aplicada a la ingeniería civil" México 2008

UGARTE CONTRERAS, Olger "Diseño Geométrico de Carreteras con AutoCAD CIVIL 3D" Perú 2009

Cárdenas, J.; Carlotto, V.; Valderrama P., Castillo, L., Fidel, L., Tintaya. D., (2005) Geología, Geodinámica y peligros en la quebrada Runtumayo (Cusco): Avalancha y aluvión del 12 de Octubre del 2005. Informe Técnico INGEMMET. 38p. Lima-Perú.

Cárdenas, J.; Carlotto, V.; Valderrama, P.; Fidel, L.; Tintaya, D. (2006). Geología y geodinámica en la quebrada runtumayo-nevado Verónica (Cusco): alud y flujo de detritos del 12 de octubre del 2005. Res. XIII Congreso Peruano de Geología.

Castillo N., Leonardo F. (2005). Aplicación de un Modelo Numérico de flujos de lodo y escombros en una quebrada en el Perú. Tesis de Antegrado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

O'Brien J.S. 2000. FLO-2D User's Manual, Versión 2000.10, Nutrioso, Arizona. Ubicación: <http://www.flo-2d.com>.

ANEXOS

ANEXO No.1: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO PARA CONTROL DE INUNDACIÓN DEL RIO FRIO												
SECTOR PUENTE BUCARICA - FINCA LA ESPERANZA												
MUNICIPIO: Bucaramanga			CÁLCULO: J.S.A			FECHA: 25/01/2011						
D	Det	ANGULO HZ.			DIST	D.N.	H.A.	H.P.	COORDENADAS		COTA	DETALLE
		Gra	Min	Seg					N	E		
	GPS-022								1272010,445	1109792,458	974,933	GPS-022
GPS-028									1273858,276	1108986,085	994,113	GPS-028
	100150	330	17	28	923,50	-77,080	1,282	1,682	1273306,169	1109726,381	916,633	100150
D150												
	222222	216	34	44	45,47	1,606	1,465	1,682	1273262,618	1109739,452	918,022	RF2
RF2												
	111111	225	45	40	35,86	1,123	1,359	1,682	1273231,272	1109722,037	918,822	RF1
RF1												
	100100	107	49	26	22,57	-4,544	1,564	1,682	1273214,796	1109737,467	914,160	D100
D100												
	100101	106	28	38	36,84	2,720	1,581	1,682	1273231,315	1109770,392	916,779	D101
D101												
	100102	243	37	31	84,94	2,494	1,571	1,682	1273180,217	1109838,247	919,162	D102
D102												
	100103	170	7	27	41,17	2,347	1,449	1,682	1273161,456	1109874,899	921,276	D103
D103												

	100104	203	57	11	40,34	3,429	1,574	1,682	1273130,080	1109900,253	924,597	D104
D104												
	100105	93	6	2	46,68	0,614	1,505	1,682	1273157,412	1109938,093	925,034	D105
D105												
	100106	184	13	31	58,04	3,791	1,565	1,682	1273187,839	1109987,521	928,708	D106
D106												
	100105	359	59	59	58,04	-3,598	1,601	1,682	1273157,411	1109938,092	925,029	D105
	1001061	97	40	32	36,74	2,123	1,601	1,682	1273221,419	1109972,613	930,750	D106A
	1001061	263	29	48	11,33	4,805	1,601	1,682	1273178,926	1109994,515	933,432	D106B
	100107	167	21	8	71,61	0,709	1,601	1,682	1273237,817	1110038,802	929,336	D107
D107												
	100108	176	22	48	47,33	1,666	1,514	1,682	1273272,925	1110070,544	930,834	D108
D108												
	100109	178	13	29	36,95	4,278	1,627	1,682	1273301,091	1110094,465	935,057	D109
D109												
	100110	192	47	18	36,13	4,328	1,606	1,682	1273322,768	1110123,368	939,309	D110
D110												
	100111	246	13	22	10,30	2,220	1,477	1,682	1273317,721	1110132,342	941,324	D111
D111												
	100112	160	46	36	51,63	3,741	1,483	1,682	1273308,641	1110183,164	944,866	D112
D112												
	100113	217	22	24	36,23	0,992	1,517	1,682	1273281,931	1110207,637	945,693	D113
D113												
	100114	105	54	22	41,03	-1,690	1,432	1,682	1273300,297	1110244,326	943,753	D114
D114												
	100115	167	47	39	14,57	1,448	1,462	1,682	1273309,428	1110255,684	944,981	D115
D115												
	100116	224	34	2	27,04	-1,067	1,517	1,682	1273306,709	1110282,589	943,749	D116
D116												
	1001161	233	33	57	18,94	3,174	1,452	1,682	1273290,418	1110292,248	946,693	D116A
	100117	154	28	40	49,99	1,563	1,452	1,682	1273323,605	1110329,642	945,082	D117
D117												
	100118	168	21	14	81,77	5,577	1,524	1,682	1273366,207	1110399,441	950,501	D118
D118												
	100119	232	55	33	47,35	0,990	1,396	1,682	1273348,832	1110443,487	951,205	D119
D119												
	100120	127	20	57	69,03	5,207	1,541	1,682	1273384,512	1110502,580	956,271	D120
D120												
	1001201	234	23	29	45,39	2,459	1,508	1,682	1273366,580	1110544,280	958,556	D120A
	100121	166	54	49	37,53	3,011	1,508	1,682	1273410,679	1110529,479	959,108	D121
D121									1273410,679	1110529,479	959,108	D121
	100122	119	25	59	44,84	1,475	1,520	1,682	1273454,032	1110518,044	960,421	D122
D122												

	100123	245	54	35	51,00	4,662	1,548	1,682	1273486,035	1110557,753	964,949	D123
D123												
	100124	146	47	17	31,46	2,091	1,504	1,682	1273515,964	1110567,432	966,862	D124
D124												
	100125	226	52	50	47,57	1,949	1,416	1,682	1273536,214	1110610,470	968,545	D125
D125												
	100126	182	49	52	27,10	0,994	1,545	1,682	1273546,525	1110635,527	969,402	D126
D126												
	D127	188	55	4	52,55	1,090	1,434	1,682	1273558,746	1110686,631	970,244	D127
D127												
	D128	216	2	58	5,85	1,163	1,446	1,682	1273556,499	1110692,029	971,171	D128
D128												
	100129	212	38	14	40,94	2,825	1,397	1,682	1273522,867	1110715,371	973,711	D129
D129												
	100130	177	30	41	26,24	1,150	1,471	1,682	1273501,980	1110731,255	974,650	D130
D130												
	100131	178	47	28	63,17	5,349	1,460	1,682	1273452,517	1110770,543	979,777	D131
D131												
	100132	167	48	16	61,76	-0,416	1,535	1,682	1273413,365	1110818,302	979,214	D132
D132												
	100133	176	0	16	22,43	1,755	1,535	1,682	1273400,388	1110836,597	980,822	D133
D133												
	100134	154	48	25	20,17	1,554	1,585	1,682	1273396,831	1110856,449	982,279	D134
D134												
	100135	139	21	58	25,85	1,128	1,542	1,682	1273409,944	1110878,730	983,267	D135
D135												
	100136	171	23	21	39,32	2,356	1,539	1,682	1273434,736	1110909,248	985,480	D136
D136												
	D137	168	41	6	69,89	3,083	1,470	1,682	1273488,589	1110953,793	988,351	D137
D137												
	100138	186	47	53	63,20	2,883	1,594	1,682	1273532,179	1110999,558	991,146	D138
D138												
	D139	206	19	33	28,33	1,098	1,473	1,682	1273540,594	1111026,607	992,035	D139
D139												
	D140	224	57	45	46,60	3,400	1,506	1,682	1273518,947	1111067,869	995,259	D140
D140												
	100141	132	16	45	70,63	1,408	1,506	1,682	1273543,147	1111134,219	996,491	D141
D141												
	100142	107	4	6	83,57	4,157	1,535	1,682	1273626,609	1111129,889	1000,501	D142
D142												
	100143	162	56	25	84,73	4,558	1,510	1,682	1273706,212	1111100,869	1004,887	D143
D143												
	100144	244	22	10	74,69	3,946	1,569	1,682	1273759,632	1111153,072	1008,720	D144

D144	100145	295	45	22	92,40	3,663	1,519	1,682	1273672,750	1111184,529	1012,220	D145
D145	100146	103	21	27	32,64	2,464	1,480	1,682	1273676,472	1111216,956	1014,482	D146
D146	100147	323	35	30	31,17	8,820	1,425	1,682	1273655,229	1111194,140	1023,045	D147
D147	100148	174	0	9	527,99	37,672	1,533	1,682	1273257,035	1110847,415	1060,568	D148
D148	100149	290	59	51	39,09	-4,466	1,537	1,682	1273291,560	1110829,092	1055,957	D149
D149	1000024	154	8	43	485,94	-30,610	1,509	1,682	1273578,608	1110437,253	1025,291	GPS-024
GPS-024	1000022	76	10	3					1272010,445	1109792,458	974,933	GPS-022
<p>No. de Vértices (n)= 55 Error Máx. Permissible= 9" $\sqrt{55}=67"$</p> <p style="text-align: center;">ERROR ÁNGULO =00 00' 23"</p> <p style="text-align: center;">D N-S = -0.118 D E-W = -0.341</p> <p style="text-align: center;">Error Total= 0.407</p> <p style="text-align: center;">Long. Poligonal=4284.98 m Cierre: 1:11890</p>												

Levantamiento Topográfico. Sector Puente Bucarica – Finca La Esperanza

PROYECTO: LEVANTAMIENTO PARA CONTROL DE INUNDACIÓN DEL RIO FRIO

SECTOR VÍA ANTIGUA FLORIDA - AUTOPISTA

MUNICIPIO:
Bucaramanga

CÁLCULO:
J.S.A

FECHA:
25/01/2011

D	Det	ÁNGULO HZ.			DIST	D.N.	H.A.	H.P.	AZIMUT			COORDENADAS		COTA	DETALLE
		Gra	Min	Seg					Gra	Min	Seg	N	E		
	GPS-022								336	25	27	1272010,445	1109792,458	974,933	GPS-022
GPS-028												1273858,276	1108986,085	994,113	GPS-028
	200228	71	42	46	788,33	132,405	1,282	1,682	228	8	13	1273332,185	1108398,986	861,308	200228
D228															
	200229	63	47	45	39,96	0,057	1,525	1,682	111	55	58	1273317,260	1108436,054	861,208	200229
D229															
	200230	136	42	51	168,73	7,770	1,555	1,700	68	38	49	1273378,697	1108593,203	868,833	200230
D230															
	200231	179	23	27	128,41	7,131	1,523	1,700	68	2	16	1273426,720	1108712,290	875,787	200231
D231															
	200232	196	50	57	33,54	1,468	1,525	1,700	84	53	13	1273429,709	1108745,695	877,080	200232
D232															
	200233	163	13	0	135,90	5,898	1,530	1,700	68	6	13	1273480,389	1108871,787	882,808	200233
D233															
	200234	237	58	23	53,70	0,502	1,490	1,700	126	4	36	1273448,769	1108915,186	883,100	200234
D234															
	200235	129	58	52	150,81	6,060	1,465	1,700	76	3	28	1273485,105	1109061,553	888,925	200235
D235															
	444444	253	7	51	34,81	0,104	1,360	1,700	149	11	19	1273455,210	1109079,382	888,689	RF4
RF4															
	200200	236	56	10	25,03	-5,873	1,473	1,600	206	7	29	1273432,735	1109068,359	882,689	200200
D200															
	200201	239	18	3	33,81	-0,880	1,245	1,600	265	25	32	1273430,038	1109034,657	881,454	200201
D201															
	200202	171	12	29	41,38	-0,733	1,404	1,600	256	38	1	1273420,472	1108994,398	880,525	200202
D202															
	200203	174	45	35	25,00	0,007	1,230	1,600	251	23	36	1273412,494	1108970,702	880,162	200203
D203															
	200204	190	7	21	47,60	-0,702	1,398	1,600	261	30	57	1273405,471	1108923,620	879,258	200204

	2002242	307	51	12	64,84	3,790	1,500	1,700	325	13	46	1273244,989	1108198,312	850,071	2002242
D224B															
	200226	272	14	20	112,69	7,696	1,475	1,700	57	28	6	1273305,591	1108293,322	857,542	200226
D226															
	200227	181	2	10	89,66	3,319	1,495	1,700	58	30	16	1273352,433	1108369,774	860,656	200227
D227															
	200228	246	23	8	35,52	0,754	1,530	1,700	124	53	24	1273332,116	1108398,909	861,240	200228
D228															
	200229	167	3	1					111	56	25				200229

No. de Vértices (n)= 39

Error Máx. Permissible= $9''/\sqrt{39}=56''$

ERROR ÁNGULO =00 00' 27"

D N-S=-0.069

D E-W = -0.077

Error Total= 0.111

Long. Poligonal=2068.11 m

Cierre: 1:19904

Levantamiento Topográfico. Sector Vía Antigua Florida – Autopista

PROYECTO: LEVANTAMIENTO PARA CONTROL DE INUNDACIÓN DEL RIO FRIO

SECTOR PUENTE AUTOPISTA - PUENTE ANILLO VIAL

MUNICIPIO:
Bucaramanga

CÁLCULO:
J.S.A

FECHA:
25/01/2011

D	Det	ÁNGULO HZ.			DIST	D.N.	H.A.	H.P.	AZIMUT			COORDENADAS		COTA	DETALLE
		Gra	Min	Seg					Gra	Min	Seg	N	E		
	D224								231	50	42	1273191,724	1108235,292	846,481	D224
D225												1273148,415	1108180,167	844,918	D225
	200236	205	34	59	64,89	-5,922	1,525	1,700	257	25	41	1273134,290	1108116,832	838,821	D236
D236															
	200237	241	49	32	93,18	-2,198	1,470	1,700	319	15	13	1273204,884	1108056,012	836,393	D237
D237															
	200238	145	15	4	22,88	-0,961	1,555	1,700	284	30	17	1273210,615	1108033,858	835,287	D238
D238															
	200239	144	45	27	198,92	-6,742	1,320	1,700	249	15	44	1273140,181	1107847,830	828,165	D239
D239															
	200240	201	46	14	164,91	-3,597	1,420	1,700	271	1	58	1273143,154	1107682,943	824,288	D240
D240															
	200241	112	14	37	125,20	-3,651	1,530	1,700	203	16	35	1273028,145	1107633,468	820,467	D241
D241															
	200242	205	33	30	90,92	-2,284	1,355	1,700	228	50	5	1272968,296	1107565,020	817,838	D242
D242															
	200243	225	12	43	139,91	-2,510	1,355	1,700	274	2	48	1272978,169	1107425,462	814,983	D243
D243															
	200244	142	58	8	86,36	-2,504	1,495	1,700	237	0	56	1272931,151	1107353,019	812,274	D244
D244															
	200245	203	20	27	61,42	-1,320	1,385	1,700	260	21	23	1272920,862	1107292,469	810,639	D245
D245															
	200246	161	53	59	88,30	-2,353	1,250	1,700	242	15	22	1272879,757	1107214,320	807,836	D246
D246															
	200247	204	44	15	194,06	-3,810	1,320	1,700	266	59	37	1272869,579	1107020,529	803,646	D247
D247															
	200248	140	23	19	110,78	-1,267	1,473	1,700	227	22	56	1272794,573	1106939,011	802,152	D248
D248															
	200249	222	16	2	32,13	-0,537	1,590	1,700	269	38	58	1272794,376	1106906,883	801,505	D249
D249															

	200250	197	10	1	76,95	-3,908	1,525	1,700	286	48	59	1272816,638	1106833,223	797,422	D250
D250															
	200251	90	26	52	47,77	-1,212	1,315	1,700	197	15	51	1272771,025	1106819,048	795,825	D251
D251															
	200252	256	58	58	159,42	-5,199	1,290	1,700	274	14	49	1272782,831	1106660,064	790,216	D252
D252															
	200253	158	49	20	114,52	-1,611	1,310	1,700	253	4	9	1272749,482	1106550,512	788,215	D253
D253															
	200254	244	0	51	107,27	0,900	1,485	1,700	317	4	60	1272828,044	1106477,465	788,900	D254
D254															
	200255	152	51	5	108,44	-4,289	1,530	1,700	289	56	5	1272865,017	1106375,521	784,441	D255
D255															
	200256	153	51	9	108,19	-5,284	1,530	1,700	263	47	14	1272853,309	1106267,965	778,987	D256
D256															
	200257	225	49	42	165,36	-2,072	1,360	1,700	309	36	56	1272958,745	1106140,585	776,575	D257
D257															
	200258	176	8	12	103,22	-4,759	1,470	1,700	305	45	8	1273019,053	1106056,819	771,586	D258
D258															
	200259	159	26	11	101,74	-1,290	1,497	1,700	285	11	19	1273045,707	1105958,638	770,093	D259
D259															
	200260	189	28	30	84,78	-1,196	1,470	1,700	294	39	49	1273081,085	1105881,592	768,667	D259
D260															
	200261	173	37	18	114,35	-2,257	1,505	1,700	288	17	7	1273116,962	1105773,016	766,215	D261
D261															
	200262	151	30	15	115,19	-1,704	1,515	1,700	259	47	22	1273096,544	1105659,654	764,326	D262
D262															
	200263	230	44	33	93,00	-1,359	1,215	1,700	310	31	55	1273156,984	1105588,967	762,482	D263
D263															
	200264	225	58	57	210,41	-0,720	1,437	1,700	356	30	52	1273367,001	1105576,175	761,499	D264
D264															
	200265	137	51	58	68,95	-1,337	1,510	1,700	314	22	50	1273415,228	1105526,894	759,972	D265
D265															
	200266	91	50	51	159,81	-4,346	1,445	1,700	226	13	41	1273304,677	1105411,499	755,371	D266
D266															
	200267	152	57	12	132,13	-1,409	1,425	1,700	199	10	53	1273179,878	1105368,085	753,687	D267
D267															
	200268	248	22	2	109,75	-0,878	1,530	1,700	267	32	55	1273175,184	1105258,434	752,639	D268
D268															
	200269	150	16	11	73,40	5,306	1,565	1,700	237	49	6	1273136,093	1105196,315	757,810	D269
D269															
	200270	72	50	2	396,19	21,792	1,485	1,700	130	39	8	1272877,987	1105496,897	779,387	D270

PROYECTO: LEVANTAMIENTO PARA CONTROL DE INUNDACIÓN DEL RIO FRIO

SECTOR VÍA ANTIGUA ANILLO VIAL - RIO DE ORO

MUNICIPIO:
Bucaramanga

CÁLCULO:
J.S.A

FECHA:
12/03/2011

D	Det	ANGULO HZ.			DIST	D.N.	H.A.	H.P.	COORDENADAS		COTA	DETALLE
		Gra	Min	Seg					N	E		
	D268				73,402	-5,066			1273175,184	1105258,434	752,639	D268
	D269								1273136,093	1105196,315	757,810	D269
	777777	72	36	37	47,486	2,009	1,491	1,655	1273105,298	1105232,462	759,655	RF7
	300300	163	43	6	20,572	0,440	1,491	1,655	1273120,694	1105182,673	758,086	D300
	D300											
	300301	192	12	26	65,998	-8,494	1,385	1,650	1273081,663	1105129,454	749,327	D301
	D269				47,493	-1,689						D269
	777777								1273105,298	1105232,462	759,655	RF7
	888888	180	21	3	82,771	3,980	1,486	1,650	1273051,237	1105295,138	763,471	RF8
	D300				65,998	8,909						D300
	D301								1273081,663	1105129,454	749,327	D301
	300302	184	10	35	94,723	-0,490	1,506	1,650	1273031,356	1105049,194	748,693	D302
	D302											
	300303	171	3	3	60,306	-1,454	1,517	1,650	1272991,769	1105003,700	747,106	D303
	D303											
	300304	184	22	42	96,091	0,331	1,491	1,650	1272934,409	1104926,607	747,278	D304
	D304											
	300305	173	7	7	80,626	-1,888	1,472	1,650	1272878,877	1104868,154	745,212	D305
	D305											
	300306	172	4	21	38,797	-0,264	1,544	1,650	1272848,531	1104843,981	744,842	D306
	D306											
	300307	184	26	41	77,405	0,964	1,559	1,650	1272791,907	1104791,206	745,715	D307
	D307											
	300308	222	49	13	93,423	-3,585	1,480	1,650	1272785,074	1104698,033	741,960	D308
	D308											
	300309	148	34	51	108,221	-1,284	1,513	1,650	1272722,055	1104610,053	740,539	D309

D309												
	300310	181	2	52	75,519	-0,819	1,513	1,650	1272679,209	1104547,865	739,583	D310
D310												
	300311	232	3	0	73,390	-0,897	1,423	1,650	1272701,259	1104477,866	738,459	D311
D311												
	300312	154	31	21	103,123	-0,883	1,422	1,650	1272686,919	1104375,745	737,348	D312
D312												
	300313	144	55	8	162,131	-2,022	1,490	1,650	1272576,192	1104257,313	735,166	D313
D313												
	300314	213	0	59	85,665	0,048	1,474	1,650	1272561,231	1104172,965	735,038	D314
D314												
	300315	217	25	10	26,436	-0,999	1,516	1,650	1272573,381	1104149,487	733,905	D315
D315												
	300316	216	17	10	69,008	-0,656	1,490	1,650	1272635,217	1104118,854	733,089	D316
D316												
	300317	184	49	43	106,450	-0,499	1,493	1,650	1272734,244	1104079,799	732,433	D317
D317												
	300318	151	45	47	44,383	0,389	1,424	1,650	1272762,915	1104045,919	732,596	D318
D318												
	300319	184	14	16	70,553	-0,902	1,434	1,650	1272812,346	1103995,577	731,478	D319
D319												
	300320	174	34	4	122,260	-0,148	1,466	1,650	1272889,361	1103900,623	731,146	D320
320												
	999999	164	48	6	22,206	6,557	1,510	1,650	1272898,338	1103880,313	737,563	RF9
	300321	125	9	12	116,493	-1,405	1,510	1,650	1272857,638	1103788,533	729,601	D321
D321												
	300322	151	18	37	64,981	-1,593	1,461	1,650	1272812,099	1103742,179	727,819	D322
D322												
	300323	213	24	15	102,747	-1,368	1,438	1,650	1272792,340	1103641,349	726,239	D323
D323												
	300324	160	49	5	119,106	-1,351	1,461	1,650	1272732,302	1103538,482	724,699	D324
D324												
	300325	181	58	59	110,707	-0,173	1,514	1,650	1272679,841	1103440,994	724,390	D325
D325												
	D326	162	31	54	103,842	-1,073	1,447	1,650	1272605,453	1103368,540	723,114	D326
D326												
	300327	189	43	56	33,365	0,068	1,470	1,650	1272585,830	1103341,555	723,002	D327
D327												
	300328	229	48	37	58,059	-0,836	1,437	1,650	1272599,667	1103285,169	721,953	D328

D328												
	300329	197	39	25	78,757	-0,651	1,430	1,650	1272640,753	1103217,978	721,082	D329
D329												
	300330	171	32	23	124,975	0,735	1,483	1,650	1272689,553	1103102,925	721,650	D330
D330												
	300331	112	50	47	134,959	-3,533	1,550	1,650	1272595,517	1103006,121	718,017	D331
D331												
	300332	231	16	19	191,573	2,091	1,488	1,650	1272619,205	1102816,018	719,946	D332
D332												
	300333	150	13	50	106,919	-5,260	1,439	1,650	1272578,001	1102717,357	714,475	D333
D333												
	300334	193	38	36	166,783	-0,486	1,481	1,650	1272551,844	1102552,638	713,820	D334
D334												
	300335	138	2	37	34,027	0,551	1,521	1,650	1272525,407	1102531,215	714,242	D335
D335												
	300336	217	25	10	26,896	-0,228	1,472	1,650	1272519,101	1102505,069	713,836	D336
D336												
	300337	168	8	35	89,739	-3,291	1,450	1,650	1272480,585	1102424,016	710,345	D337
D337												
	300338	195	58	53	183,444	-2,187	1,447	1,650	1272450,510	1102243,054	707,955	D338
D338												
	300339	228	59	56	225,616	7,406	1,504	1,650	1272594,211	1102069,121	715,215	D339
D339												
	300340	72	12	32	223,602	-12,750	1,495	1,700	1272386,559	1101986,184	702,260	D340
D340												
	300341	209	1	37	91,000	-0,310	1,495	1,700	1272329,043	1101915,665	701,745	D341
D341												
	300342	251	34	22	152,040	-1,411	1,340	1,700	1272410,447	1101787,253	699,974	D342
D342												
	300343	211	18	45	183,072	-0,981	1,425	1,700	1272574,546	1101706,094	698,718	D343
D343												
	300344	106	0	20	163,637	1,946	1,275	1,700	1272545,258	1101545,099	700,239	D344
D344												
	300345	214	44	14	104,350	-0,211	1,620	1,700	1272588,411	1101450,090	699,948	D345
D345												
	300346	207	52	29	175,300	-4,819	1,453	1,700	1272727,115	1101342,893	694,882	D346
D346												
	300347	140	12	51	109,649	-0,155	1,360	1,700	1272750,877	1101235,850	694,387	D347
D347												

	300348	138	17	12	230,461	6,417	1,185	1,700	1272638,453	1101034,670	700,289	D348
D348												
	300349	235	13	40	137,976	-7,509	1,500	1,700	1272699,003	1100910,690	692,580	D349
D349												
	300350	217	4	49	194,781	-1,402	1,220	1,700	1272872,725	1100822,597	690,698	D350
D349												
	300351	163	56	37	80,465	-0,636	1,270	1,700	1272931,625	1100767,775	689,632	D351
D351												
	300352	234	9	32	144,853	-0,148	1,460	1,700	1273073,713	1100795,943	689,244	D352
D352												
	300353	219	53	6	32,564	5,535	1,415	1,700	1273094,163	1100821,285	694,494	D353
353												
	2222222	196	1	38	139,745	7,098	1,502	1,700	1273148,149	1100949,862	701,328	GPS-002
GPS002												
	555555	63	26	41	17,616	-0,100	1,385	1,650	1273159,941	1100936,659	701,029	GPS2A
	2002926	320	50	30	89,918	-1,454	1,355	2,600	1273069,067	1100907,872	698,695	D2926
	393939	341	21	23					1271012,176	1098535,699	1147,235	GPS-039

No. de vértices (n)= 55

Error Max. permisible= $9'' \sqrt{55}=67''$

ERROR ANGULO =00 00' 52"

D N-S=0.335

D E-W=0.178

Error Total= 0.380

Long. Poligonal=5911.56 m

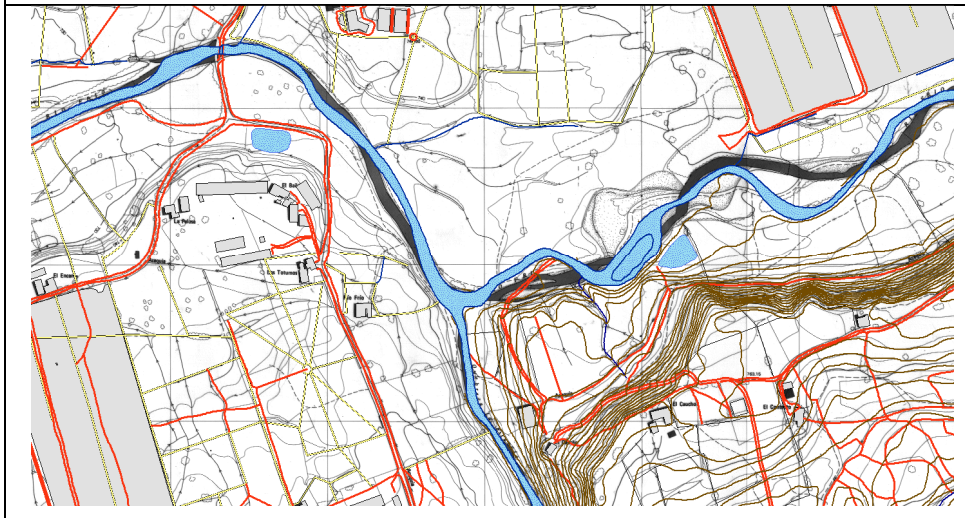
Cierre: 1:15573

Levantamiento Topográfico. Sector Vía Antigua Anillo Vial – Rio de Oro

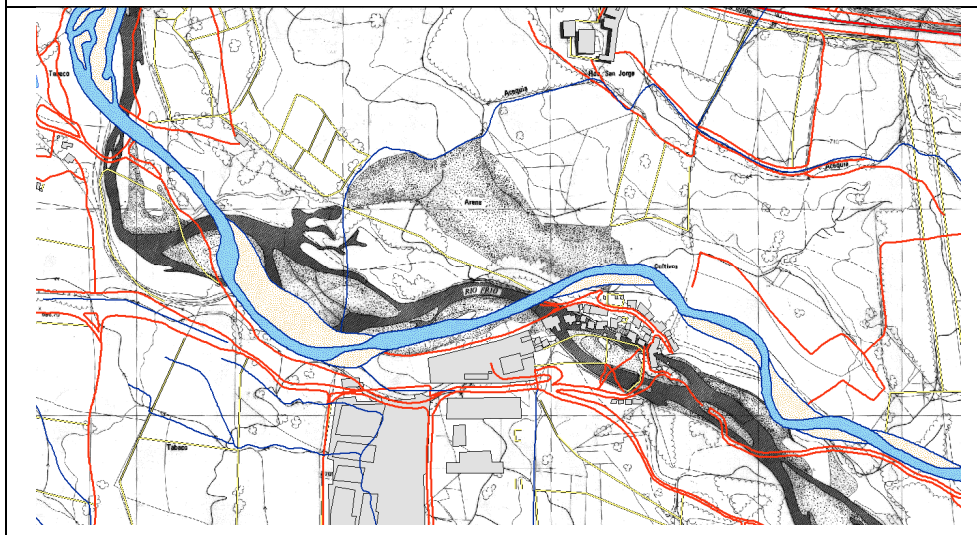
ANEXO No.2: DINÁMICA DEL RÍO

ANÁLISIS DINÁMICO POT GIRÓN Y FLORIDA – IMÁGENES DE LA CDMB

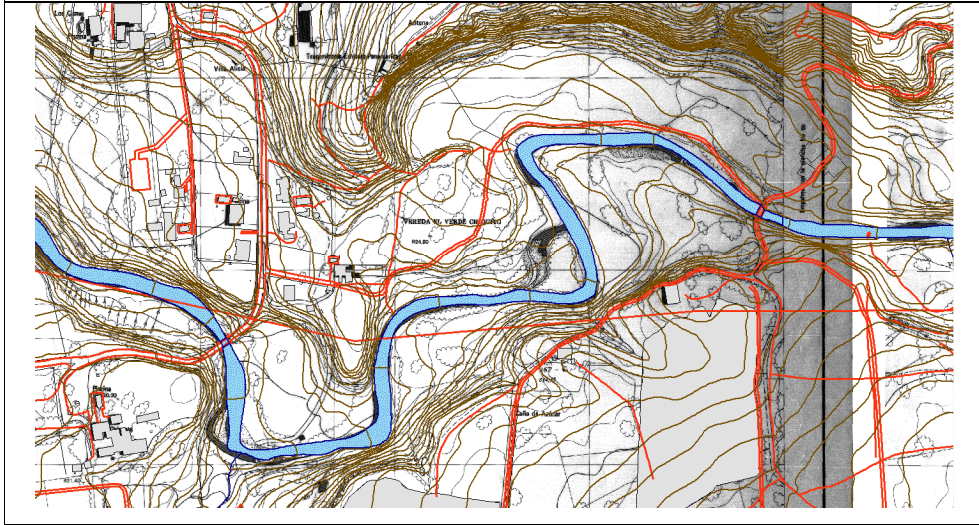
Análisis Dinámico del Río Frío Girón Tramo A



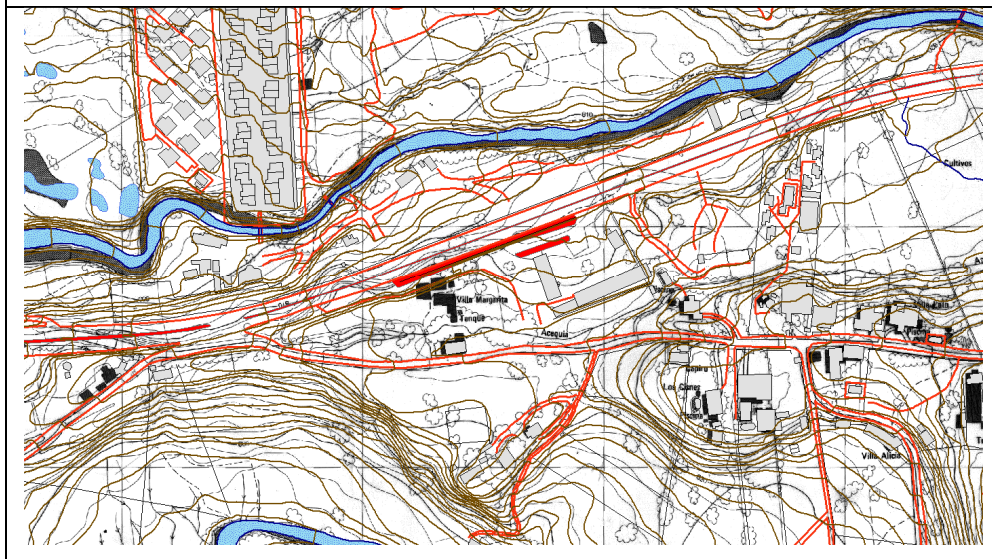
Análisis Dinámico del Río Frío Girón Tramo B



Análisis Dinámico del Río Frío Florida Tramo C



Análisis Dinámico del Río Frío Florida Tramo D



COORDENADAS		
TRAMO	ESTE	NORTE
GIRÓN A	103665,169	72802516
GIRÓN B	101113,675	72765,375
FLORIDA A	107299,093	72673,721
FLORIDA B	107524,015	72985,018

ANALISIS MORFODINÁMICO DEL RÍO FRÍO. GOOGLE EARTH

Imagen Sector 1 Año 2009



Imagen Sector 1 Año 2005



Imagen Sector 1 Año 2002



Imagen Sector 2 Año 2009



Imagen Sector 2 Año 2005



Imagen Sector 2 Año 2002



Imagen Sector 3 Año 2009



Imagen Sector 3 Año 2005



Imagen Sector 3 Año 2002



Imagen Sector 4 Año 2009

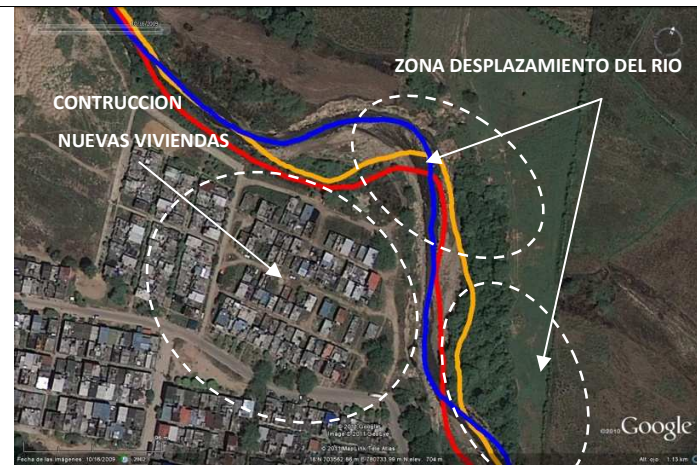


Imagen Sector 4 Año 2005

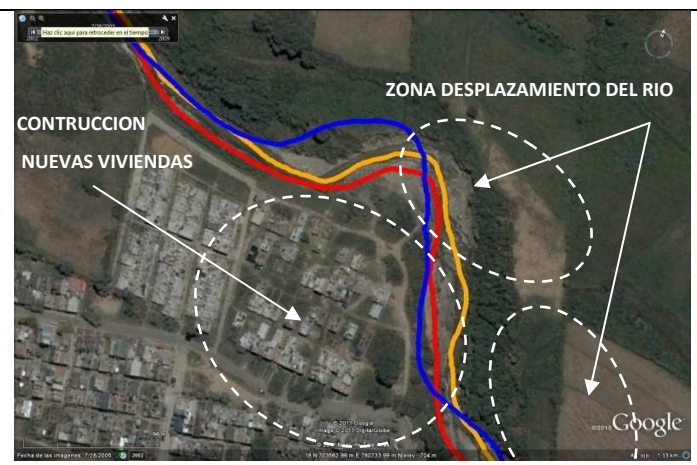


Imagen Sector 4 Año 2002

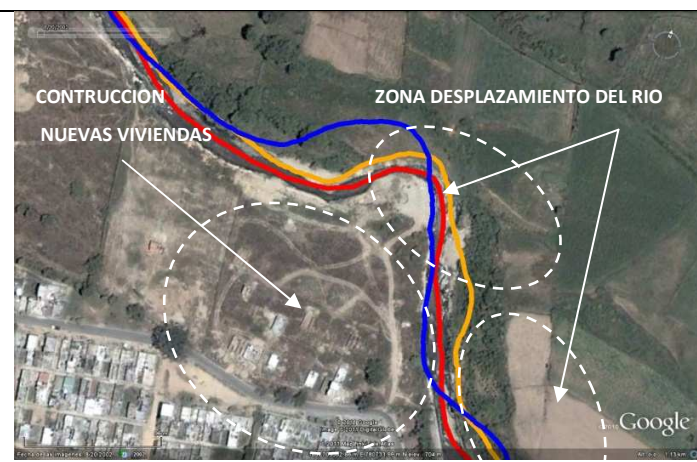


Imagen Sector 5 Año 2009



Imagen Sector 5 Año 2005



Imagen Sector 5 Año 2002



Imagen Sector 6 Año 2009

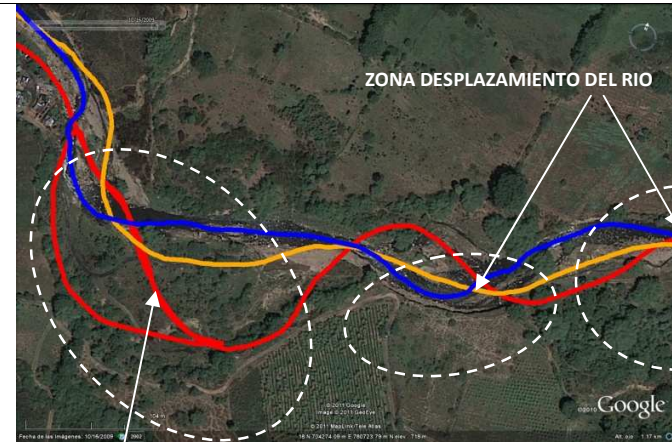


Imagen Sector 6 Año 2005

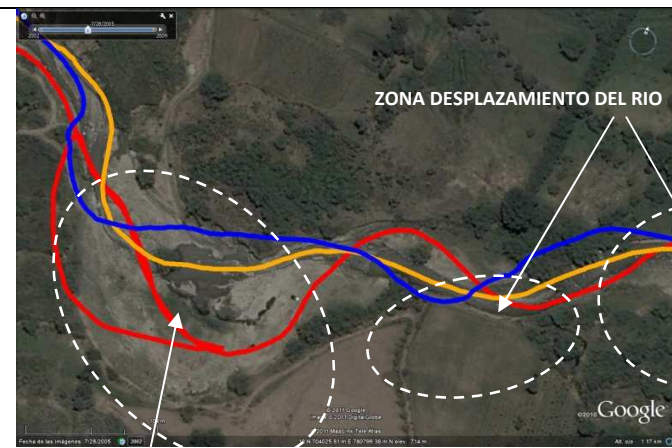


Imagen Sector 6 Año 2002

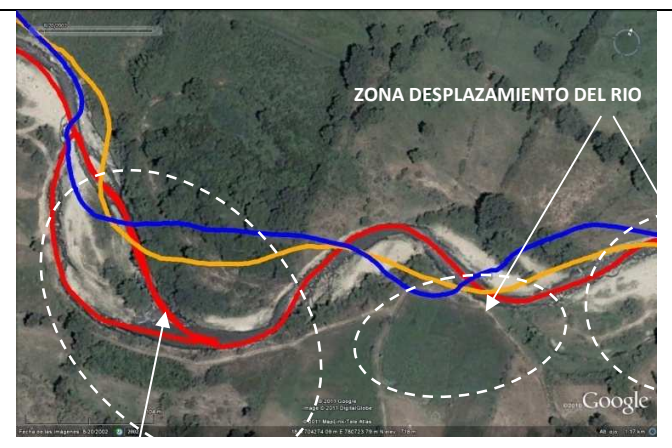


Imagen Sector 7 Año 2009

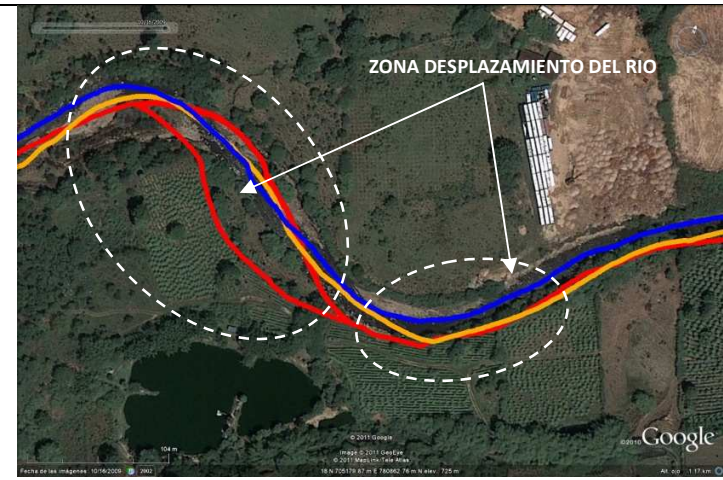


Imagen Sector 7 Año 2005

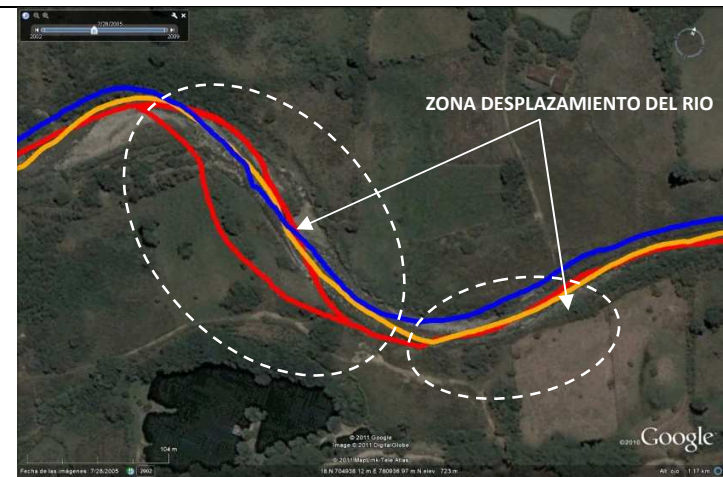


Imagen Sector 7 Año 2002

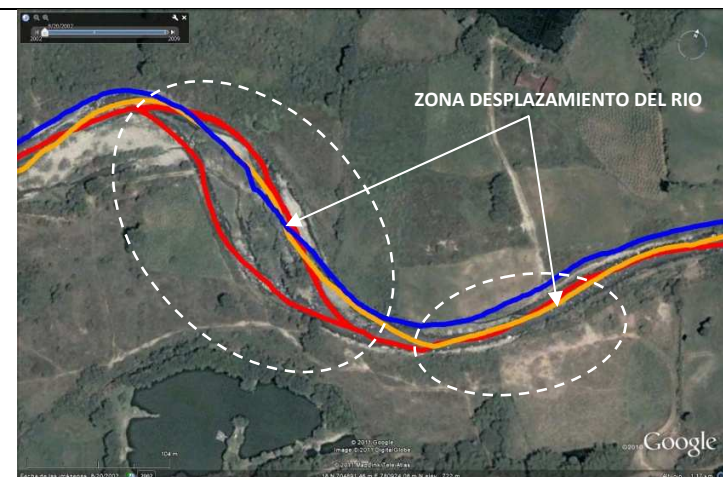


Imagen Sector 8 Año 2009

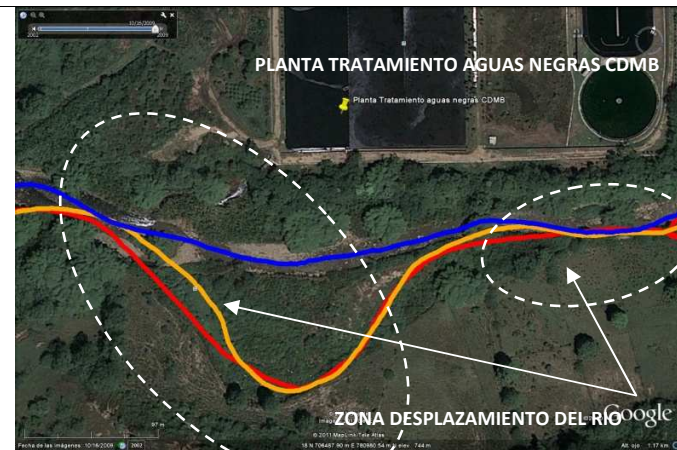


Imagen Sector 8 Año 2005

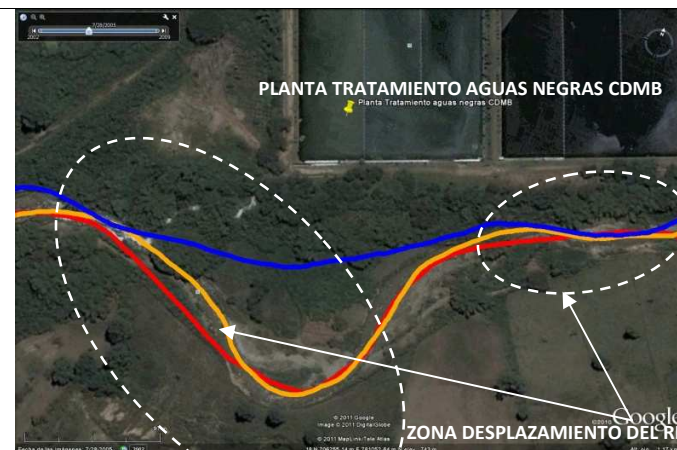


Imagen Sector 8 Año 2002



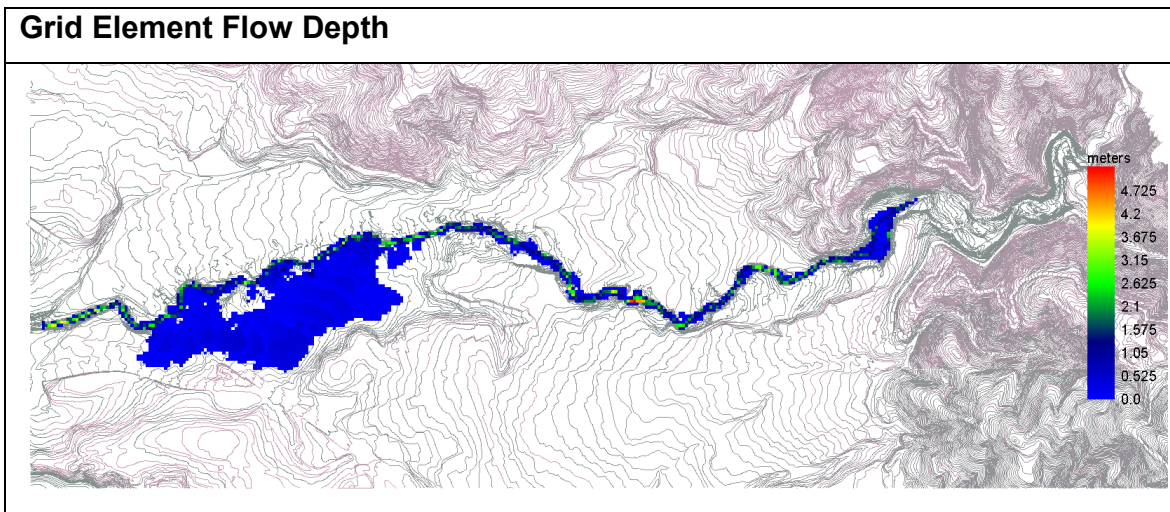
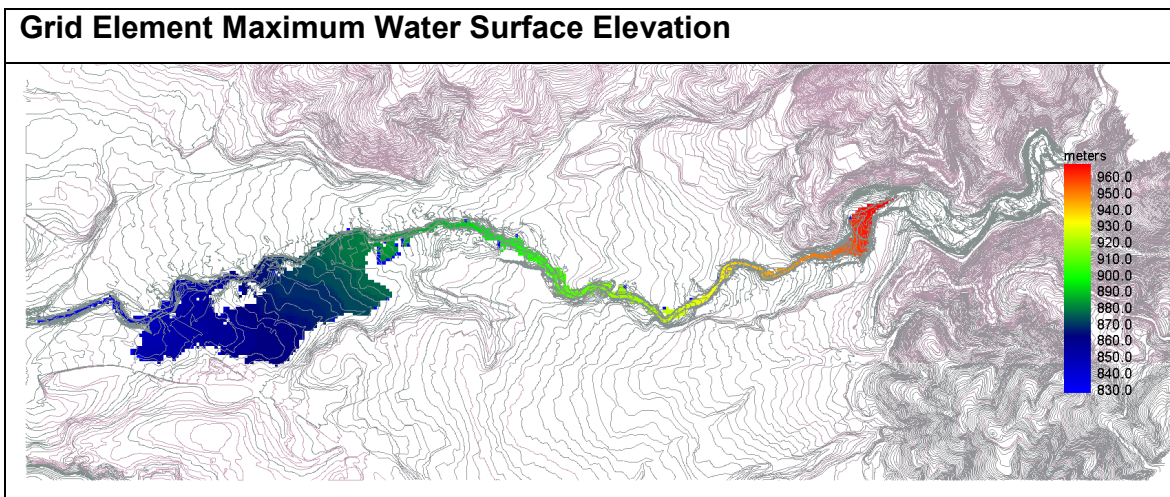
SECTOR	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS CENTRO IMAGEN
IMAGEN SECTOR 1	El río se ha desplazado aproximadamente 7.25m en el sector señalado en las imágenes, el resto de esta zona del Río Frío no ha tenido mayor consideración en cuanto al desplazamiento, cabe destacar las nuevas construcciones en las zonas cercanas a los meandros del río, las cuales están directamente afectadas por procesos de inundación y remoción en masa.	E = 1100738.000m N = 1273212.000m.
IMAGEN SECTOR 2	El desplazamiento más considerable de esta zona se encuentra localizado en el barrio VILLA LINDA. Con un aprox. De 17.1m. En la otra zona señalada en la imagen se observa perdida de superficie seca de la isla que se forma en el centro, esto se debe a las crecidas del río en los años analizados, aunque no se produjo desplazamiento considerable.	E = 1100866.127 m N = 1272902.731m
IMAGEN SECTOR 3	Se presenta un desplazamiento del río hacia la margen izquierda, donde está muy cerca de hacer contacto con el barrio LOS BAMBUES DE GIRON, ubicado a 1m de las residencias más cercanas construidas en este barrio. Se ha movido en promedio unos 24.7m desde el año 2002.	E = 1101143.158m N = 1272702.046m
IMAGEN SECTOR 4	La zona más importante es el actual barrio BRISAS DE RÍO FRÍO, donde el río se ha desplazado en promedio unos 44.2m en los años analizados. En la actualidad se presentan unas estructuras hidráulicas en mal estado (muros de contención).	E = 1101696.587m N = 1272514.776m

SECTOR	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS CENTRO IMAGEN
IMAGEN SECTOR 5	Está es una de los sectores más importantes debido a la vulnerabilidad que presentan las nuevas construcciones hechas en el punto señalado en la imagen. Como vemos el río esta desplazándose hacia las viviendas las cuales no presentan buenas estructuras para una posible avalancha o desbordamiento del río.	E = 1101928.694m N = 1272451.235m
IMAGEN SECTOR 6	En esta zona el río ha presentado mucha dinámica con lo cual el paisaje ha ido cambiando. Los desplazamientos son superiores a los 20m dejando playas las cuales en la actualidad son usadas para extraer material de construcción.	E = 1102407.821 m N = 1272503.173m
IMAGEN SECTOR 7	Está zona no presenta viviendas cerca, pero el grado de desplazamiento es medianamente alto, se ha perdido parte de la formación de una pequeña isla en el centro debido al aumento del nivel del agua.	E = 1103313.909m N = 1272640.357m
IMAGEN SECTOR 8	Muy cerca a la planta de aguas negras de la CDMB el río ha tomado un cauce muy marcado en un cambio de dirección, desplazándose y alejándose de dicha planta aproximadamente unos 27.3m como se muestra en las imágenes.	E = 1104622.216m N = 1272755.560m

Descripción y Coordenadas Análisis Morfodinámico del Río Frío.

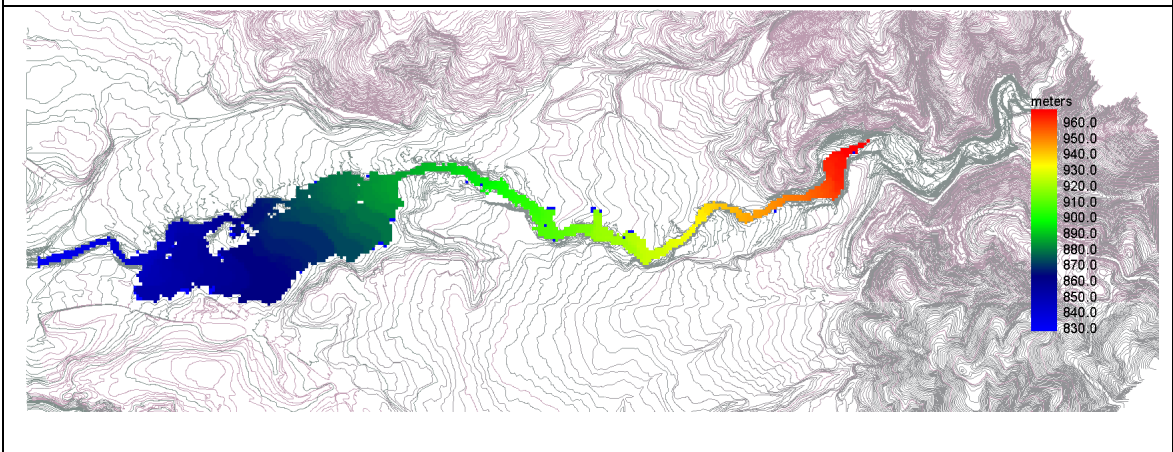
ANEXO No.3: MODELO HIDRÁULICO

Para un periodo de retorno de 2 años los resultados fueron:



Para un periodo de retorno de 5 años los resultados fueron:

Grid Element Maximum Water Surface Elevation



Grid Element Flow Depth

