

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NUCLEO DE BOLIVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA**



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA E  
HIDROLÓGICA DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO  
CAÑAFÍSTOLA (SECTOR CAÑAFÍSTOLA II), CON FINES DE  
ORDENAMIENTO URBANÍSTICO Y MEJORAS. MUNICIPIO  
HERES-CIUDAD BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO POR  
LOS BACHILLERES JOSÉ  
L., TIRADO U. Y PABLO J.,  
GONZALEZ A.PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, JULIO 2010**

## HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado “**Caracterización geológica, geotécnica e hidrológica de la cuenca media del río cañafístola (sector Cañafístola II), con fines de ordenamiento urbanístico y mejoras. Municipio Heres-Ciudad Bolívar**“, presentado por el (los) bachiller (es) **José Tirado y Pablo González**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

\_\_\_\_\_  
Profesor Jorge Abud

(Asesor)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Profesor Enrique Acosta  
Jefe del Departamento de Geotecnia

Ciudad Bolívar, Julio de 2.010

## **DEDICATORIA**

A mi Dios Todopoderoso, por guiarme, iluminarme, darme salud, fe y fuerza para seguir adelante.

A mis Padres, Gisela de González y Pablo González, porque han sabido apoyarme en las buenas y en las malas, gracias a sus consejos y orientaciones hoy en día logro uno de los triunfos más importante en la formación de un ser humano.

A mi hermana Sara González por ser más que una hermana, amiga, lo mejor que tengo en esta vida, brindándome su apoyo y estímulo para seguir siempre adelante.

A mi novia Jennifer Hernández, a mi tía Virginia Álvarez y a mi tío Jorge González, por los momentos, por los aportes y por la felicidad que junto a ellos sólo he vivido. Gracias.

A mis compañeros de estudio que aún afrontan el día a día universitario. A todos gracias.

A mi amigo y compañero de tesis José Tirado quién en todo momento estuvo conmigo para que este trabajo de grado se llevara a cabo.

Pablo González

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre Todopoderoso mantener todos los días con fuerza, esperanzas, sabiduría y constancia, de no perder el camino jamás, ni olvidar mi propósito de seguir adelante pese a las circunstancias, y adversidades de la vida. “Todo te lo debo a ti”.

A mis padres Tibisay de Tirado y José Luis Tirado, gracias por la vida y por el apoyo brindado hasta el momento para seguir llevando a cabo en la formación de un ser humano. Gracias.

A mi hermano Carlos José Tirado por los aportes y por la felicidad que me ha dado.

A mis amigos y compañeros de estudio quienes me han apoyado de una manera incondicional y respeto para llevar a cabo este trabajo de grado.

A mi amigo y compañero de tesis Pablo González quién en todo momento estuvo conmigo para que este trabajo de grado se llevara a cabo.

José Tirado

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Todopoderoso por habernos iluminado en el transcurso de nuestra carrera universitaria así como también en el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

A la Universidad de Oriente por habernos formado como profesionales para servir a Nuestra Patria.

A los profesores Dafnis Echeverría, Pedro Gamboa, y a los técnicos Ángel Montenegro y Gemán Cornieles por brindarnos el apoyo incondicional para la elaboración de este trabajo de grado.

A nuestros padres, familiares y amigos por el apoyo que nos han brindado durante toda nuestra vida, gracias por confiar en nosotros y gracias por la confianza que nos han brindado.

A la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.) por brindarnos la información relacionada con el uso actual del suelo en el área de estudio. Gracias.

A los habitantes del sector Cañafístola por la colaboración, por el apoyo y por la seguridad que nos brindaron para llevar a cabo los estudios correspondientes a este trabajo de grado. Gracias.

José Tirado y Pablo González

## RESUMEN

El área de estudio limitada entre el Puente Hierro y el Puente Soubllette se ubica en la cuenca media del río Cañafístola, sector Cañafístola II del Municipio Heres, Ciudad Bolívar-estado Bolívar. El objetivo general de la investigación consiste en Caracterizar geológica, geotécnica e hidrológicamente la cuenca media del río Cañafístola en el sector Cañafístola II con fines de ordenamiento urbanístico y mejoras mediante un diagnóstico desarrollado en campo bajo la interacción con la comunidad para detectar los problemas existentes en ellas, luego con una recopilación previa de ciertos estudios sobre la cuenca del río Cañafístola; se procedió al reconocimiento del área para limitar el cauce donde se identificó la geología a través de la geomorfología y aspectos morfodinámicos los cuales evidenciaron 2 unidades litológicas: Formación Mesa constituida principalmente por sedimentos detríticos gruesos con marcada estratificación cruzada, limos y otros sedimentos finos y varias secuencias sedimentarias dispuestas en forma de planadas que dan origen a pequeñas terrazas compuestas por sedimentos arena – limosos, como aluviones recientes. Posteriormente se tomaron 10 muestras en ambos márgenes del cauce para aplicarles ensayos geotécnicos en el laboratorio cuyos suelos presentan características permeables, de baja plasticidad, mal gradadas con pocos finos y arena limosa SP-SM, variando sus humedades naturales entre 4 y 20 % para culminar con un grado de compactación no apto para ejecución de obras. Finalmente se realizó un levantamiento topográfico de superficie para definir las secciones transversales y longitudinal que a su vez servirán para el cálculo de áreas y la pendiente longitudinal, subdividiendo el cauce en 3 tramos a los cuales se les midieron profundidad, anchura y velocidad para definir los caudales oscilando entre 0,012 y 0,043 m<sup>3</sup>/seg permitiendo obtener el coeficiente de rugosidad para cada sección dando rangos entre 0,190 y 0,350 cuyos valores corresponden a un río natural de suelo arenoso, de curso muy sinuoso con pendiente lateral irregular. La identificación del uso actual de la tierra en el sector fue determinada mediante la ordenanza de zonificación obteniendo como resultado zonas de Reserva Industrial y Zona Industrial destinada a los usos actuales industriales y mediante el plan de desarrollo urbano actual perteneciente a CVG, clasificándola en áreas residenciales, institucionales, comerciales, educacionales, asistenciales, religiosas y de invasiones.

## CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABLAS .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR .....	3
1.1 Situación objeto de estudio .....	3
1.2 Objetivos de la investigación .....	4
1.2.1 Objetivo general .....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcance de la investigación.....	5
1.5 Limitaciones de la investigación.....	5
CAPÍTULO II .....	6
GENERALIDADES .....	6
2.1 Ubicación geográfica del área.....	6
2.2 Acceso al área .....	7
2.3 Características físicas y naturales.....	8
2.3.1 Hidrografía .....	8
2.3.2 Vegetación.....	9
2.3.3 Suelos .....	9
2.3.4 Geomorfología .....	10
2.3.5 Clima .....	12
2.4 Geología regional y/o local .....	18

2.4.1 Geología regional .....	18
2.4.2 Geología local .....	22
CAPÍTULO III .....	24
MARCO TEÓRICO .....	24
3.1 Antecedentes .....	24
3.2 Bases teóricas .....	25
3.2.1 Características hidrográficas de la cuenca media del río Cañafistola .....	25
3.2.2 Aspectos geomorfológicos de incidencia en el problema .....	25
3.2.3 Aspectos morfodinámicos .....	26
3.2.4 Suelo .....	27
3.2.5 Características geotécnicas .....	28
3.2.6 Transporte de sedimentos .....	40
3.2.7 Fundamentos legales .....	41
3.3 Definición de términos .....	44
3.3.1 Acuífero .....	44
3.3.2 Adhesión .....	44
3.3.3 Aguas residuales .....	44
3.3.4 Aguas subterráneas .....	45
3.3.5 Área de la cuenca .....	45
3.3.6 Asentamiento .....	45
3.3.7 Caudal .....	45
3.3.8 Consistencia .....	45
3.3.9 Efluentes .....	46
3.3.10 Erosión .....	46
3.3.11 Infiltración .....	46
3.3.12 Permeabilidad .....	46
3.3.13 Urbanismo .....	47
CAPÍTULO IV .....	48
METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	48
4.1 Nivel de investigación .....	48
4.1.1 Investigación descriptiva .....	48

4.2	Diseño de la investigación .....	49
4.3	Recopilación de investigación bibliográfica y condiciones actuales en campo	49
4.3.1	Recopilación de investigación bibliográfica .....	49
4.3.2	Etapa de campo y evaluación de las condiciones actuales del área en estudio .....	50
4.3.3	Flujograma .....	50
4.4	Diagnóstico de la problemática actual de la cuenca media del sector Cañafístola II .....	52
4.5	Identificación de las unidades geológicas presentes .....	52
4.6	Descripción de la geomorfología de la cuenca en estudio .....	52
4.7	Identificación de los aspectos morfodinámicos que actúan en el proceso erosivo .....	53
4.8	Determinación de las características hidrográficas de la cuenca en estudio .....	53
4.8.1	Método de aforo de flotadores: Realizado el 23/03/2010 .....	54
4.8.2	Determinación del coeficiente de rugosidad (n) .....	55
4.9	Cálculos de los parámetros geotécnicos del suelo en el sector Cañafístola II ..	56
4.9.1	Realización de calicatas y toma de muestras en campo .....	56
4.9.2	Ensayos realizados en campo: Densidad In situ e Infiltración .....	58
4.9.3	Ensayos realizados en el laboratorio .....	62
4.10	Identificación del uso actual de la tierra en el sector Cañafístola II .....	69
4.10.1	Ordenanza de zonificación .....	70
4.10.2	Plan de desarrollo urbano actual (C.V.G) .....	70
CAPÍTULO V .....		71
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....		71
5.1	Diagnóstico de la problemática actual de la cuenca media del sector Cañafístola II .....	71
5.2	Identificación de las unidades geológicas presentes .....	74
5.3	Descripción de la geomorfología de la cuenca en estudio .....	75
5.4	Identificación de los aspectos morfodinámicos que actúan en el proceso erosivo .....	76
5.5	Determinación de las características hidrográficas de la cuenca en estudio .....	77
5.5.1	Área de la cuenca media .....	77
5.5.2	Pendiente longitudinal (So) .....	78

5.5.3 Determinación de caudales (Q) aplicando el método del “aforo de flotadores” .....	78
5.5.4 Determinación del coeficiente de rugosidad (n) .....	78
5.5.5 Determinación de la criticidad del cauce .....	79
5.6 Cálculos de los parámetros geotécnicos del suelo en el sector Cañafístola II ..	80
5.6.1 Margen izquierdo .....	80
5.6.2 Margen derecho.....	85
5.7 Identificación del uso actual de la tierra en el sector Cañafístola II .....	89
5.7.1 Ordenanza de zonificación.....	89
5.7.2 Plan de desarrollo urbano actual (C.V.G) .....	89
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
Conclusiones .....	91
Recomendaciones.....	93
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>96</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>100</b>
<b>APÉNDICE A .....</b>	<b>100</b>
<b>MODELO DE ENCUESTA .....</b>	<b>100</b>
<b>UNIVERSIDAD DE ORIENTE.....</b>	<b>100</b>
<b>APÉNDICE B .....</b>	<b>103</b>
<b>MINUTA TOPOGRÁFICA DE CAMPO .....</b>	<b>103</b>
<b>APÉNDICE C .....</b>	<b>107</b>
<b>DATOS DE MEDICIONES HIDROLÓGICAS .....</b>	<b>107</b>
<b>APÉNDICE D .....</b>	<b>109</b>
<b>DENSIDAD IN SITU .....</b>	<b>109</b>
<b>APÉNDICE E .....</b>	<b>112</b>
<b>ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS.....</b>	<b>112</b>
<b>APÉNDICE F.....</b>	<b>144</b>
<b>ENSAYOS DE LÍMITES DE ATTERBERG .....</b>	<b>144</b>
<b>APÉNDICE G .....</b>	<b>152</b>
<b>ENSAYOS DE COMPACTACIÓN .....</b>	<b>152</b>
<b>APÉNDICE H .....</b>	<b>176</b>
<b>DATOS DE INFILTRACIÓN .....</b>	<b>176</b>

ANEXOS ..... 179

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación geográfica de la zona en estudio. ....	7
Figura 2.2 Acceso al área de estudio (Google Earth).....	8
Figura 2.3 Provincia de Guayana (Mendoza, V. 2005).....	19
Figura 2.4 Provincia de Guayana (Mendoza, V. 2005).....	20
Figura 2.5 Provincia de Imatataca (Mendoza, V. 2005). ....	21
Figura 3.1 Límites de Atterberg.....	31
Figura 3.2 Carta de Plasticidad. ....	33
Figura 3.3. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Bowles, J.E. (1981).....	36
Figura 4.1 Flujograma de Actividades (González y Tirado, 2010). ....	51
Figura 4.2 División del cauce en 3 tramos (González y Tirado, 2010). ....	54
Figura 4.3 Calicatas 3 y 5 correspondientemente (González y Tirado, 2010).....	57
Figura 4.4 Calicatas 2 y 4 correspondientemente (González y Tirado, 2010).....	58
Figura 4.5 Ensayo de densidad in situ (método del aceite).....	60
Figura 4.6 Ensayo de infiltración. ....	62
Figura 4.7 Procedimiento para el ensayo de granulometría. ....	64
Figura 4.8 Realización del ensayo de límite líquido. ....	66
Figura 4.9 Realización del ensayo de límite plástico. ....	67
Figura 4.10 Procedimiento para el ensayo de compactación (González y Tirado, 2010). ....	69
Figura 5.1 Sugerencias aportadas por la comunidad en cuanto al tema de las crecidas del río. ....	72
Figura 5.2 Representación de las respuestas 5 y 6 de parte de la comunidad.....	74
Figura 5.3 Representación gráfica de la geomorfología del cauce. ....	75
Figura 5.4 Vista parcial de la geomorfología del cauce.....	76
Figura 5.5 Factores que actúan en el proceso erosivo.....	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos climatológicos del área de Ciudad Bolívar, Período 1997 - 2007 (Fuente: Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar). .....	15
Tabla 3.1 Clasificación de los suelos según su condición física (González de Vallejo, L. 2000). .....	27
Tabla 3.2 Clasificación de los suelos según AASHTO. (Bowles, J.E. 1981). .....	35
Tabla 3.3 Tamaño de las partículas (Lambe, William y Whitman Robert, 2001). .....	37
Tabla 3.4. Prefijos usados para la clasificación de los suelos (Lambe, William y Whitman Robert 2001). .....	38
Tabla 4.1 Ubicación geográfica de las calicatas (margen izquierdo). .....	57
Tabla 4.2 Ubicación geográfica de las calicatas (margen derecho). .....	58
Tabla 5.1 Resultados de caudales para cada sección. ....	78
Tabla 5.2 Resultados del coeficiente de rugosidad (n) para cada sección. ....	79
Tabla 5.3 Resultados de la criticidad del cauce para cada sección. ....	80
Tabla 5.4 Grado de compactación en el margen izquierdo. ....	81
Tabla 5.5 Valores de permeabilidad del margen izquierdo. ....	82
Tabla 5.6 Resultados geotécnicos del suelo en el margen izquierdo. ....	83
Tabla 5.7 Grado de compactación en el margen derecho. ....	86
Tabla 5.8 Valores de permeabilidad del margen derecho. ....	86
Tabla 5.9 Resultados geotécnicos del suelo en el margen derecho. ....	87

## INTRODUCCIÓN

La cuenca media del río Cañafístola pertenece a los denominados ríos de régimen de invierno, que son pequeñas quebradas colectoras de agua durante la época de lluvia. Está ubicada en el Municipio Autónomo Heres, Ciudad Bolívar - Estado Bolívar. La zona de estudio se encuentra limitada entre el Puente Hierro y el Puente Soubllette con alturas de 43 m y 36 m respectivamente, ocupando un área aproximada de 3,954 Km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 562.23 m, aproximadamente.

La importancia que tiene estudiar todo lo referente a la cuenca media del río Cañafístola particularmente en el Sector Cañafístola II, se debe a que en ella se ha evidenciado las crecidas de dicho río ocasionando inundaciones y pérdidas materiales a la comunidad existente.

En la actualidad se tiene suficiente información de todos los estudios realizados en toda la cuenca del río Cañafístola y periódicamente la Alcaldía y el Ministerio del Ambiente llevan a cabo actividades como la canalización e inspección del impacto ambiental de dicho río.

La presente investigación trata de recopilar toda la información que se tiene de la cuenca media del río. En este sentido, es necesario el estudio geológico, geotécnico e hidrológico de dicha cuenca, para definir los aspectos morfodinámicos y el comportamiento geotécnico de los suelos, así como también proponer obras necesarias para el control hidráulico de las crecidas del río y el ordenamiento urbanístico.

La presente investigación está diseñada de la siguiente forma: capítulo I; en este se destaca la situación a investigar y los objetivos que permitieron llevar a cabo la investigación; capítulo II, es donde se describen las generalidades y características físico-naturales del área de estudio, además de darse un bosquejo general de la geología dominante de la zona; capítulo III, es donde se estudia un compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la investigación a realizar; capítulo IV, en el cual se detalla el tipo o los tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo la metodología de este trabajo; capítulo V, se presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de la investigación, y por último las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **SITUACIÓN A INVESTIGAR**

### **1.1 Situación objeto de estudio**

El presente trabajo consiste en la Caracterización Geológica Geotécnica e Hidrológica de la cuenca media el río Cañafístola la cual se encuentra ubicada en el sector Cañafístola II de Ciudad Bolívar Estado Bolívar-Venezuela, usando como metodología tanto la descripción en campo como la revisión bibliográfica existente de las características geológicas, geotécnicas e hidrológicas de dicha cuenca con el propósito de controlar la crecida del río.

Las zonas urbanas aledañas al río estarán propensas a ser afectadas durante la crecida del mismo en periodo de lluvia generando inundaciones en dichas zonas. “Evidentemente, es la falta de conocimiento y sentido común de no tener en cuenta el riesgo que se corre a la hora de escoger sitios para la construcción de viviendas”. No se puede hablar a la ligera de instauración de poblados, ya que el desarrollo de los mismos es un proceso que debe ser planificado atendiendo a las condiciones de la población y a las características físico-naturales del sector, tomando en cuenta la geomorfología y el suelo, componentes determinantes en el comportamiento de las aguas. Por esta razón se realiza la caracterización geológica, geotécnica e hidrológica de la cuenca media del río Cañafístola en el sector Cañafístola II, basado en el control de la crecida del mismo tomando en cuenta los criterios técnicos y prácticos, con fines de ordenamiento urbanísticos y mejoras para el beneficio de la vida de los habitantes del sector.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### 1.2.1 Objetivo general

Caracterizar geológica, geotécnica e hidrológicamente la cuenca media del río Cañafístola en el sector Cañafístola II de Ciudad Bolívar Municipio Heres, con fines de ordenamiento urbanístico y mejoras.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Diagnosticar la problemática actual de la cuenca media del sector Cañafístola II.

Identificar las unidades geológicas presente en la cuenca media del río Cañafístola (sector Cañafístola II).

Describir la geomorfología de la cuenca en estudio.

Identificar los aspectos morfodinámicos que actúan en el proceso erosivo.

Determinar las características hidrográficas de la cuenca en estudio.

Calcular los parámetros geotécnicos del suelo en el sector Cañafístola II.

Identificar el uso actual de la tierra en el sector Cañafístola II.

## **1.3 Justificación**

Es primordial y necesario hacer una caracterización geológica, geotécnica e hidrológica disponible de la cuenca media del río Cañafístola, para definir los aspectos morfodinámicos del proceso erosivo, el comportamiento geotécnico de los suelos y así recomendar las obras necesarias en el control hidráulico de la crecida del río y sin olvidar el ordenamiento urbanístico ubicada en el sector Cañafístola II Ciudad Bolívar Estado Bolívar.

#### **1.4 Alcance de la investigación**

El alcance del estudio se fundamenta en determinar las características geológicas, geotécnicas e hidrológicas de la cuenca media del río Cañafístola para elaborar un informe del mismo que contenga un diagnóstico respecto a la crecida del río y así establecer criterios técnicos para el control de la misma.

#### **1.5 Limitaciones de la investigación**

En el sector Cañafístola II, existen zonas de poca accesibilidad para la toma de muestras y alta peligrosidad debido a la delincuencia. Sin olvidar que a las muestras tomadas en campo no se les realizaron todos los ensayos pautados debido a la deficiencia de los equipos en buen estado (mala calibración, aparatos incompletos por falta de piezas, entre otros), disponibilidad del laboratorio y falta de recursos económicos para su realización fuera de la institución.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 Ubicación geográfica del área**

La cuenca del río Cañafístola se encuentra ubicada geográficamente en el municipio Autónomo Heres del estado Bolívar, entre los meridianos 63°30'53" y 63°30'27" de longitud Oeste y los paralelos 8°04'29" y 8°08'48" de latitud Norte como también entre las coordenadas UTM, N: 89200 y 901000 y E: 44300 y 44600. Limitada al Norte por el río Orinoco, al Sur por la Autopista Ciudad Bolívar Ciudad Guayana, al Oeste por la Avenida Libertador y al Este con la cuenca de la quebrada Maipure (Fernández Sandra y Hurtado María, 2.004).

La zona de estudio de la cuenca media del río Cañafístola se encuentra ubicada en el Sector Cañafístola II, limitada entre el Puente Hierro cuya coordenada UTM es N: 897278 E: 444063 y el Puente Soublotte con coordenada UTM N: 897700 y E: 444347 con alturas de 43 m y 36 m respectivamente, ocupando un área aproximada de 3,954 Km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 562,23 m aproximadamente (Figura 2.1).

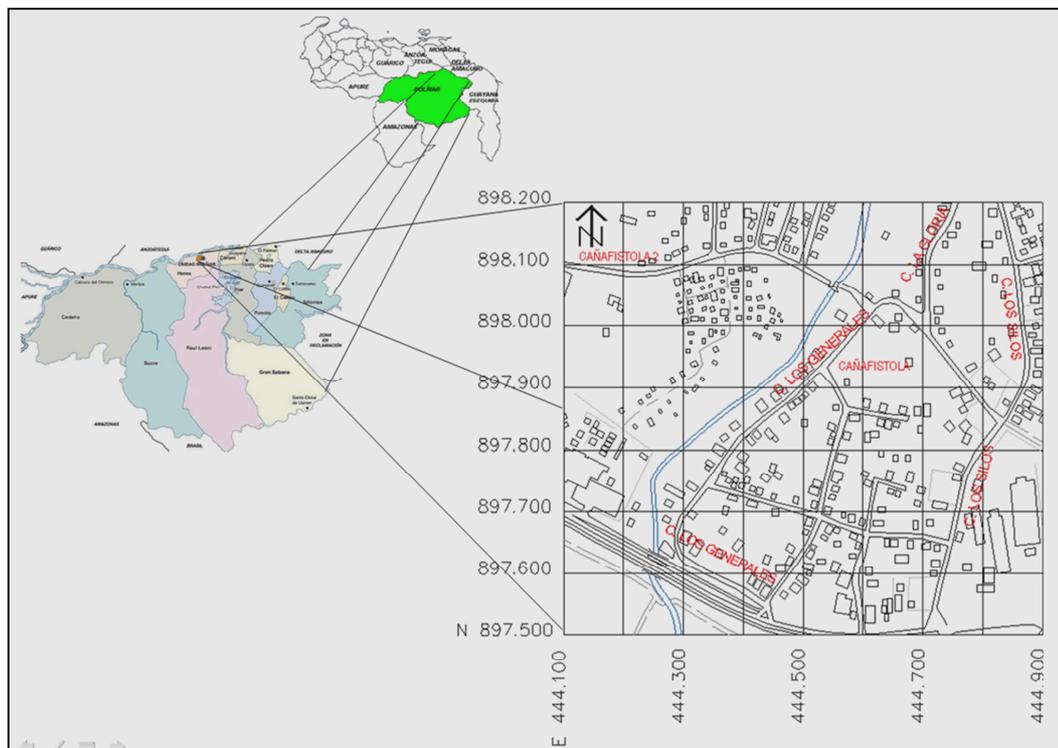


Figura 2.1 Ubicación geográfica de la zona en estudio.

## 2.2 Acceso al área

El área es accesible por vías asfaltadas existentes en la parte urbanizada. La vía principal de acceso es el Paseo Simón Bolívar al Sur, vía que conecta a Ciudad Bolívar con la Autopista que conduce a Ciudad Guayana, También se tienen vías secundarias que conectan la vía principal con las zona urbanizada de la cuenca media a través de la calle “El Carmen” al Oeste; al Este por las calles “Los Generales” y “Los Silos” y al Norte por la calle Soublette. (Figura 2.2).



Figura 2.2 Acceso al área de estudio (Google Earth).

## 2.3 Características físicas y naturales

### 2.3.1 Hidrografía

El río Cañafístola nace al Sur del río Orinoco, aproximadamente a 125 m.s.n.m. y desciende con una pendiente general de 1,5% hasta alcanzar su desembocadura en el río Orinoco a unos 15 m.s.n.m. También tiene una dirección (Sur – Norte) y una longitud de cauce de 9 Km aproximadamente. Considerando que el río Cañafístola es de régimen intermitente se incluye dentro de un sistema de drenaje impreciso formado por pequeñas quebradas colectoras de agua durante épocas de lluvia.

### 2.3.2 Vegetación

La vegetación de sabana con chaparro es el tipo de cobertura vegetal que se presenta predominantemente en la cuenca media del río la cual se caracteriza por dos tipos de vegetación: vegetación herbácea, representada por una cobertura ramiforme baja, siendo las especies más comunes: paja peluda (*Trachypogon plumosus*), escobilla (*Scoparia dulcis*), carcanapire (*Croton rhamnifolius*), y la vegetación arbustiva, constituida por árboles de 2 a 4 metros de altura, los principales representantes son: Chaparro (*Curatela americana*), Chaparro Manteco (*Byrsonimia crassifolia*), Alcornoque (*Bowdichia virgiloides*), Merey (*Anarcadium occidentale*) y mandingo (*Roupala complicata*) (Fernández Sandra y Hurtado María, 2.004).

### 2.3.3 Suelos

2.3.3.1 Suelos residuales del Complejo Imataca: estos suelos son producidos por la descomposición del basamento ígneo-metamórfico. En el área de la ciudad se distinguen principalmente migmatitas, granitos – gneises y anfibolitas que son mayormente las rocas generadoras de suelos y en segundo lugar, las cuarcitas ferruginosas por presentar estas, alta resistencia a la erosión.

2.3.3.2 Suelos pertenecientes a la Formación Mesa: constituye la unidad geológica más extensa, son fundamentalmente sedimentos arenosos poco consolidados y se encuentran distribuidos en casi toda el área de Ciudad Bolívar.

2.3.3.3 Suelos provenientes de sedimentos fluviales recientes: estos representan el producto de la erosión de las rocas del basamento ígneo – metamórfico y de los sedimentos de la Formación Mesa, depositados en los

márgenes del río Orinoco y ríos afluentes del primero, que atraviesan la ciudad.

Los suelos dominantes en el área de la cuenca media del río Cañafístola son los pertenecientes a la Formación Mesa. Se localizan suelos aluviales recientes a lo largo del cauce de este río (Chaparro Emir y Fossi Adriana, 1.988)

#### 2.3.4 Geomorfología

Dentro del sitio de emplazamiento de Ciudad Bolívar, se destaca una franja paralela al río Orinoco, geomorfológicamente como una llanura aluvional en proceso de erosión, con afloramientos rocosos de basamento precámbrico (Complejo de Imataca).

La geomorfología presente en la zona está representada por los lomeríos de carácter estructural que son aquellos cuyo origen tiene estrecha relación con los factores endógenos de la corteza terrestre, en este caso las rocas que conforman estos paisajes son: cuarcitas ferruginosas, diabasas y gabros. Los tipos de relieve que definen estas unidades son fundamentalmente: lomas, filas, diques, glacis coluviales y vegas. Los desniveles pueden variar entre 10 m y 250 m, con pendientes de 16% hasta 60%, que localmente pueden ser superiores. En la superficie se han desarrollado suelos muy evolucionados (Ultisoles), asociados a afloramientos rocosos. El clima no ha favorecido el establecimiento de formaciones boscosas que protejan los suelos del desgaste que producen las lluvias torrenciales.

Los lomeríos no estructurales son similares a los anteriores en aspectos como las pendientes y los desniveles, pero no así en la geología, ya que las rocas son de otra naturaleza: granitos, gneises graníticos, anfibolitas, granulita gabros. Los tipos de relieve que los caracterizan son lomas, domos, glacis coluviales y vegas. Son a su

vez, paisajes de los más ubicuos, aunque se encuentra con mayor predominancia y continuidad espacial al suroeste, sector de mayor potencial morfodinámico y el menos afectado por la intervención antrópica.

Las planicies son los paisajes de mayor uniformidad, presentando pendientes generales que varían de 0 a 4%; las hay de origen deposicional, residual y combinando ambos factores, deposicional-residual. Las más importantes en la zona de estudio son del tipo deposicional y corresponden a la Formación Mesa, que consiste en sedimentos del Plio-pleistoceno. Estas planicies, en parte, han sido muy disectadas a costa del retroceso progresivo del sistema de cárcavas que las caracterizan. Los tipos de relieve predominantes son, en consecuencia, llanuras de erosión, llanuras aluviales, llanuras de inundación y vegas. Se localizan en una amplia faja en el flanco sur del río Orinoco, donde son menores los rangos de precipitaciones (800 mm a 1.400 mm anuales). La escorrentía origina erosión intensa en forma de áreas de tierras malas (bad-lands), debido a la litología de sedimentos no consolidados.

2.3.4.1 Geomorfología en el área de estudio: las unidades geomorfológicas presentes en el área son: Formación Mesa Conservada y Llanura de inundación (Blanco, L. 1991).

❖ Formación Mesa Conservada: caracterizada por una topografía general plana o ligeramente inclinada, cubierta de área de sabana. Esta abarca extensiones considerables dentro de la cuenca y sus alrededores. Presenta erosión laminar evidenciada en los pequeños montículos de arena concentrados en las raíces de las gramíneas y no ha sido muy afectada por la erosión regresiva. Dentro de ella se distinguen la Formación Mesa llana y el reborde de la Formación Mesa.

La Formación Mesa llana es la parte de la Formación Mesa caracterizada por una topografía general plana, con pendientes entre 1 y 1,5% el material superficial es arena – arcillosa en su mayoría. El reborde de la Formación Mesa constituye la parte de la topografía suavemente inclinada, con pendientes generales de 2 a 6% se extiende contiguamente a la Formación Mesa llana, hasta el límite con la llanura de inundación.

❖ Llanura de inundación: área que bordea el canal de estiaje, la cual presenta procesos de retrogradación y constituida en su mayoría por arenas mal escogidas y arenas arcillosas.

#### 2.3.5 Clima

Según la clasificación climática propuesta por Köpen, el área de estudio presenta clima cálido tropical de Sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por un período de lluvia que domina desde mayo hasta noviembre; y otro de sequía que domina desde diciembre hasta abril. Ambas estaciones sufren variaciones en su régimen.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge, el área pertenece al bioclima Bosque Seco Tropical (Bs-T) con tendencia al muy seco tropical (Bms-T). La temperatura media oscila entre 26° C y 33° C. La precipitación varía entre 1.000 mm y 1.100 mm; y la evaporación media anual supera los 2.000 mm.

El clima del área presenta una sucesión de estaciones seca y húmeda lo que permite clasificarlo como un clima tropical, que según la clasificación de C.W. Thornthwaite (1.948) corresponde con un clima calido, semiseco y sin exceso de agua.

2.3.5.1 Precipitación: Se caracteriza por la existencia de una estación lluviosa, que abarca el periodo comprendido entre los meses de Mayo y Octubre, y una estación seca que dura desde el mes de Noviembre hasta Abril considerando los datos registrados por la estación meteorológica de Ciudad Bolívar. Se puede observar estos datos en la Tabla 2.1 de los últimos 10 años.

2.3.5.2 Evaporación: El volumen de agua evaporada en Ciudad Bolívar y sus alrededores, no se presenta de forma constante a lo largo del año y depende principalmente de las diferencias estacionales que representa la radiación solar incidente, la temperatura del aire, el vector viento, el contenido de vapor del agua en la atmósfera inmediata y la nubosidad (Tabla 2.1).

2.3.5.3 Temperatura Media del Aire: La temperatura media anual en el área de estudio es de 27,76° C y el máximo principal ocurre en el mes de Abril, con un valor de 29,2° C y los valores menores de temperatura media se registra en los meses de Junio, Julio, Diciembre, Enero y Febrero (Tabla 2.1).

2.3.5.4 Radiación Solar Media: La radiación solar media presenta valores máximos en los meses de Febrero, Marzo, Abril, Julio, Agosto y Septiembre, mientras que durante los meses de Noviembre, Diciembre y Enero se presentan los valores más bajos de radiación solar media anual (Tabla 2.1).

2.3.5.5 Insolación Solar Media: La cuenca media del río Cañafístola recibe en promedio 7,6 horas de brillo solar. La máxima insolación media se alcanza durante el mes de marzo (8,3 horas de Sol), y la mínima durante el mes de junio (6,4 horas de Sol) (Tabla 2.1).

2.3.5.6 Humedad Relativa Media: Los valores máximos de humedad se presentan durante los meses de Junio y Julio, y los valores mínimos se

presentan en los meses de Febrero, Marzo y Abril. La humedad relativa media es de 79% aproximadamente (Tabla 2.1).

2.3.5.7 Presión Atmosférica: La presión atmosférica media anual es de 15,33 hp y los valores máximos de presión se presentan en los meses de Junio, Agosto y Diciembre y los valores mínimos se presentan en los meses de Marzo, Mayo y Septiembre (Tabla 2.1).

#### 2.3.5.8 Velocidad Media del Aire

La velocidad media anual de los vientos es de 11,7 m/ seg. Los vientos tienen un régimen determinado por los vientos alisios y la convergencia intertropical (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Datos climatológicos del área de Ciudad Bolívar, Período 1997 - 2007 (Fuente: Estación Meteorológica - Ciudad Bolívar).

Pa rámetro	Peri odo de Regis tro	En er o	Fe brer o	Mar zo	Abr il	May o	Ju ni o	Ju li o	Ag ost o	Se pti embr e	O ctubr e	Nov iemb re	D iciemb re	P romed io Anual	
Pre sión Media (hp)	1997 2007	11	13	0.6	9	0.7	0.3	4.4	0.1	10	7.5	11	8.9	0.2	5.33
Temperatura Media (° C)	1997 2007	6.9	7.3	8.3	9.2	8.5	7.2	7.1	7.5	28	8.3	7.58	7	7.76	
Humedad Relativa Media (%)	1997 2007	8.3	5.7	2	3	8.4	4	5	0.5	81	9.2	1.3	8	2	9.2

Velocidad Media del Viento (M/S)	1997	4.2	5.6	6	4.6	2.8	0.5	.8		3	.4	0.3	2.4	1.7
Pre cipitación (mm)	1997	3	6.3	9.5	4	20.7	90	83.	40.5	.2	1.4	1	4.2	033.33
Ins olación Media (h/sol)	1997	.4	.9	.3	.7	.9	.4		.7	1	.1		4	.6
Evaporación (mm)	1997	42	52.7	72.8	56.	21.6	2.6	6.6	4.33	.8	12.10	9.30	16.30	436.07
Radiación	1997	5.67	6.92	8.46	7.6	5.22	5.0	6.5	7.76	.82	6.45	5.5	4.4	6.46



## **2.4 Geología regional y/o local**

### **2.4.1 Geología regional**

En el área de Ciudad Bolívar se distinguen tres unidades litoestratigráficas que comprenden: La Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

El Escudo de Guayana se localiza al Sur del río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (granulitas y charnockitas del complejo Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitas eclogíticas de Guaniamo). En particular, el Escudo de Guayana, se compone de las siguientes Provincias Geológicas: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima; los cuales forman parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Sur América, que se extiende por el Norte de Brasil, las Guayanas, remanentes Precámbricos de Colombia y de Bolivia; los cuales estaban unidos a África Occidental hasta la ruptura de la Pangea, hace unos 200 Ma (Mendoza, V. 2005) (Figura 2.3).

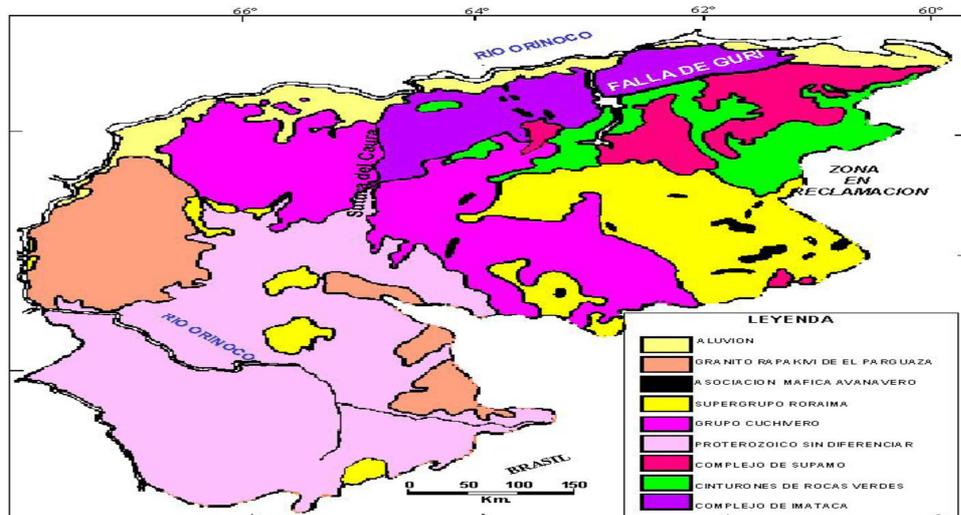


Figura 2.3 Provincia de Guayana (Mendoza, V. 2005).

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del Río Caura hasta el delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Guri por unos 550 Km y 80 Km respectivamente. No parecen existir razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del río Caura, y por su puesto en tiempos pre-disrupción de la Pangea a África Occidental (Figura 2.4).

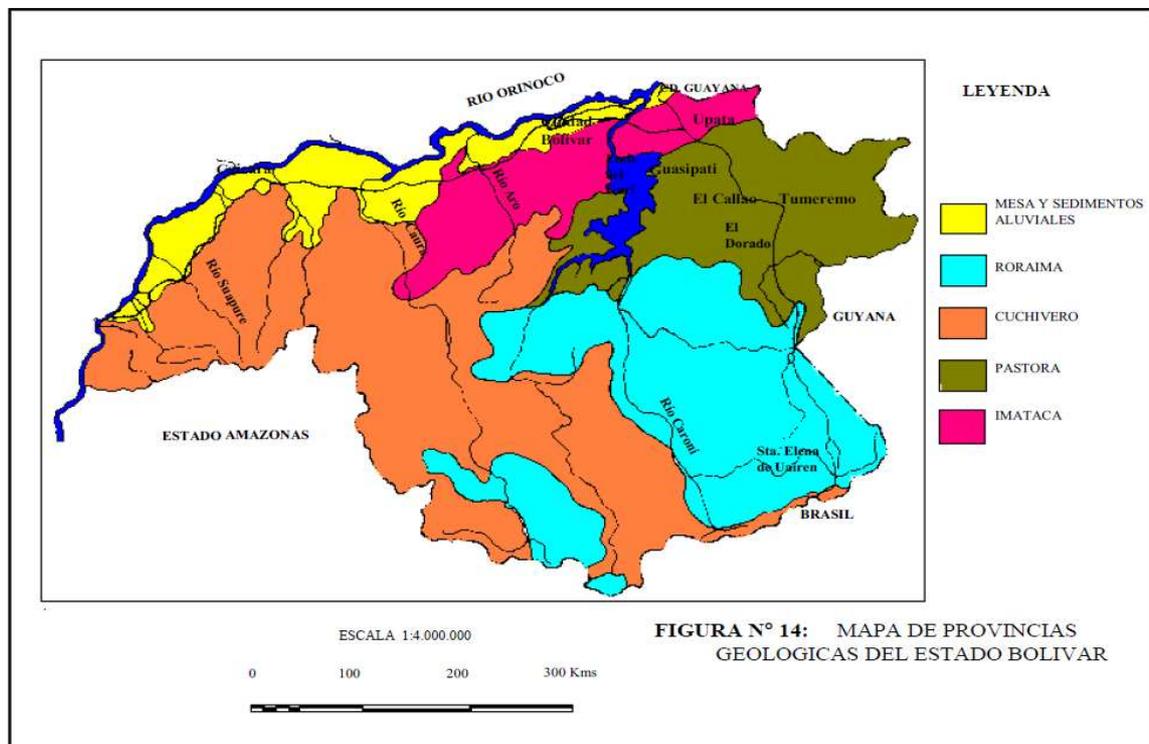


Figura 2.4 Provincia de Guayana (Mendoza, V. 2005).

Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales menos metamorizados y más jóvenes CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona).

El contacto inferior del complejo de Imataca se desconoce. Aunque algunos autores (Kalliskoski, 1965-a, b y Menéndez, 1994 en Mendoza, V. 2005) han especulado sobre la posibilidad de que el Complejo formó parte del basamento de la secuencia supracortial de los cinturones de rocas verdes (CRV), tanto de la Provincia Geológica de Pastora como de Imataca, no existe evidencia de campo alguna al

respecto. El Complejo de Imataca alcanza dimensiones hectokilométricas, tanto en ancho, como en su extensión Este-Oeste.

Bellizzia, V. (1968) en Mendoza, V. 2005 reseñó las determinaciones radiométricas de edad efectuadas en rocas del complejo, por diferentes autores. Hurley y otros (1977) en Mendoza, V. 2005, señalan edades más viejas que 3.000 m.a. y quizás tan antiguas como 3.400 m.a., en base a datos Rb/S en roca total, obtenidas de muestras del sitio de la represa de Guri, representadas por rocas granulíticas. Las rocas de Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial, originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas. En cuanto a edades relativas se refiere, algunos de estos cuerpos como la Migmatita de La Ceiba, muestran edades del orden de 2.700 m.a. En muestras del Granito de La Encrucijada (Bellizzia 1968 en Mendoza, V. 2005), se determinaron 2.153 m.a. por Rb/Sr y 2.900 m.a. por Rb/Sr y 2.900 m.a. por Rb/Sr. en una muestra tomada siete (7) Km al Oeste del borde de este Plutón (Figura 2.5).

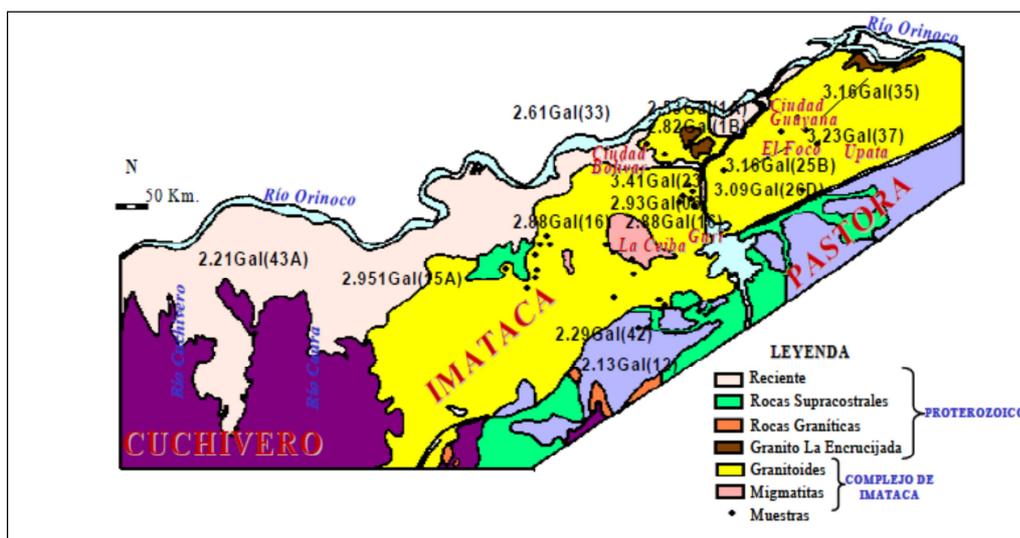


Figura 2.5 Provincia de Imataca (Mendoza, V. 2005).

## 2.4.2 Geología local

El área de investigación esta constituida en su mayor parte por los sedimentos de la Formación Mesa, y en menor proporción por los Sedimentos Recientes o aluviones recientes como lo define Yáñez, G., en su trabajo “Geomorfología del área entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana”. Debido a la cobertura de estos sedimentos, las rocas pertenecientes al Complejo de Imataca no afloran en el área, pero se infiere su existencia a algunas decenas de mts de profundidad debido a que la Formación Mesa se encuentra discordante con el Complejo de Imataca en Ciudad Bolívar.

2.4.2.1 Formación Mesa: este término fue introducido en 1944 por Hedberg y Pire. En Ciudad Bolívar sus espesores son muy variables y los máximos alcanzados se encuentran en el Hipódromo donde alcanzan 120 metros según J. N. Perfetti, 1978, citado en González de Juana, (1980).

Desde el punto de vista estratigráfico, la Formación Mesa está constituida por una secuencia de arcillas, limolitas y arenas limolíticas bien estratificadas, macizas a laminadas, de color generalmente rojizo, las arcillas presentes son de color gris a amarillo con manchas rojizas.

La Formación se encuentra muy meteorizada y localmente desarrolla lateritas moteadas y caolinitas. La lixiviación y la presencia de diaclasas columnares hacen que la parte superior de la Formación sea sumamente porosa.

2.4.2.2 Sedimentos Recientes: estos sedimentos están formados por los materiales provenientes de la disgregación mecánica de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron transportados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos de la zona.

Los sedimentos recientes están constituidos por materiales aluviales, tales como materiales arenosos, limosos y arcillosos, dependiendo de la energía del ambiente donde se depositaron, ocupan parte del fondo de canal y una franja paralela a su curso en el río Orinoco. Estos sedimentos no forman tan sólo los aluviones del río Orinoco, sino que se mezclan con los transportados por sus afluentes y aguas de escorrentía que descienden de las áreas altas como producto de la erosión.

Los materiales incluyen cantos, gravas, limos, arcillas y partículas en suspensión que han sido depositados desde el holoceno hasta el reciente. Estos materiales son de color amarillento o blanco y con una granulometría variable (Gutiérrez y Pérez, 2001).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

En 1.988 Emir Chaparro y Adriana Fossi realizaron un trabajo de grado titulado “Estudio Geológico y Geotécnico con fines de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Cañafístola”, con la finalidad de describir las características generales de la cuenca, evaluar los problemas geotécnicos, ubicar y evaluar los recursos mineros no metálicos y realizar la interpretación de los suelos con fines de ingeniería, a fin de sustentar las propuestas de asignaciones de uso territorial.

En Julio de 1.991 Ludmila Blanco realizó un trabajo de grado titulado “Evaluación de las Características Hidrológicas, Geohidrológicas y Ambientales de la Cuenca del río Cañafístola”, con el objetivo de describir las características geológicas, geomorfológicas y geohidrológicas en el área de estudio, localizar capas acuíferas, determinar la capacidad de dilución del río frente a las descargas de aguas servidas que recibe, evaluar las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas y evaluar los factores que condicionan la calidad ambiental en el área de estudio.

En el 2.001 Gipsis Rodríguez y Jhonny Chacon efectuaron una tesis titulada “Hidrología Urbana de la Cuenca Hidrográfica del río Cañafístola, Municipio Heres de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar”, con el propósito en determinar los factores fisiográficos de la cuenca hidrográfica del río Cañafístola, determinar las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F), aplicar los métodos hidrológicos que no han sido utilizados en la cuenca del río Cañafístola para determinar y analizar la calidad del agua en varios puntos de la cuenca.

En mayo de 2.004 Sandra Fernández y María Hurtado elaboraron una tesis de grado titulada “Caracterización Geológica Ambiental de la Cuenca del río Cañafistola, Municipio Autónomo Heres, Ciudad Bolívar-Estado Bolívar”, con la finalidad de describir las características geológicas y ambientales, determinar la calidad del agua del río Cañafistola, sugerir los tipos de tratamientos del río basados en los datos obtenidos en la reinterpretación y clasificar las arenas por medio de análisis de sedimentos del mismo cauce.

### **3.2 Bases teóricas**

#### 3.2.1 Características hidrográficas de la cuenca media del río Cañafistola

3.2.1.1 Área de la cuenca: Se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por la divisoria o parte aguas de la cuenca. Se determina sobre mapas topográficos elaborados a una escala conveniente y se expresa generalmente en (Km<sup>2</sup>) y/o hectáreas (Ha). (Olarte Lissy, Ruiz José y González Donis, 2000).

#### 3.2.2 Aspectos geomorfológicos de incidencia en el problema

El estudio geomorfológico de una área trata del origen y desarrollo sistemático de todos los tipos de relieve, es decir, no solamente se limita a la descripción de sus formas, sino que trata de establecer su origen y evolución, así como también los procesos que cambian el relieve, teniendo en cuenta la gran influencia que tiene en este la actividad humana. La geomorfología resulta de la interacción entre los materiales de corteza terrestre, su dinámica interna y sus procesos externos relacionados principalmente con el clima y agua de escorrentía (Betancourt Carolina y Guevara Zenaida, 1989).

### 3.2.3 Aspectos morfodinámicos

3.2.3.1 Agua de arroyada: Al efectuar una fuerza de arrastre sobre la superficie del suelo, el agua de arroyada, arranca partículas de material cuyo tamaño va desde la fina arcilla hasta la arena gruesa o grava, dependiendo este hecho de la velocidad de la corriente y del grado en que las partículas estén unidas. Esta remoción del suelo forma parte del proceso natural geológico de denudación de masas. En general, el conjunto hidrológico asociado a la escorrentía superficial, se agrupan en encauzadas y no encauzadas (Betancourt Carolina y Guevara Zenaida, 1989).

❖ Agua de escorrentía encauzada: Forman parte del factor hidrológico producto de las aguas de lluvia, recogidas y encauzadas a través de cunetas, vías urbanas, alcantarillas, que van a desembocar directa o indirectamente en el cauce del río. Estas aguas desarrollan un gran poder erosivo debido a que se movilizan a través de estructuras que facilitan su movimiento superficial a velocidades relativamente altas y de no ser controladas a través de estructuras de conducción y disipación de energía propician al aceleramiento de erosión retrocederte.

❖ Aguas de escorrentía no encauzadas: Son aquellas aguas que se disponen en forma de mantos sin cauce definido.

3.2.3.2 Agua urbana o doméstica: Pertenecen al conjunto hidrológico de la actividad humana, controlada a través de cañerías, pozos sépticos, botes de aguas superficiales que desembocan en el cauce del río Cañafistola. Estas son aguas de producción doméstica que contribuyen a mantener un alto grado de saturación en el suelo de las zonas urbanizadas de desarrollo espontáneo (Betancourt Carolina y Guevara Zenaida, 1989).

### 3.2.4 Suelo

Son el producto del desgaste o desintegración de las rocas de la corteza terrestre, debido a los agentes atmosféricos y a los diferentes procesos físicos - químicos en la naturaleza, sus partículas minerales y orgánicas están disgregadas, pero íntimamente asociadas entre si, pertenecientes al manto rocoso de la litósfera, las cuales presentan diferentes grados de cohesión y fuerzas intermoleculares que las mantiene vinculadas. Los suelos se clasifican de acuerdo a su condición física. (Tabla 3.1) (González de Vallejo, L. 2000).

Tabla 3.1 Clasificación de los suelos según su condición física (González de Vallejo, L. 2000).

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Características</b>
<b>Suelos aluvionales (Qal)</b>	Transportados por el agua de escorrentías, por los ríos o las aguas, acumulados recientemente sobre suelos residuales, roca descompuesta, rocas meteorizadas y/o frescas. El tamaño de sus granos es de fino a muy grueso, su forma es subredondeada.
<b>Suelos Coluviales (Cv)</b>	Suelos de pie de ladera y/o vertientes, originados por arrastre de arrolladas difusas y/o repteo de suelos residuales y rocas descompuestas; son acumulados generalmente sobre suelos aluvionales. Consisten en peñones, bloques, gravas, arenas, limos y arcillas).
<b>Suelos Residuales (Sr)</b>	Suelos originados por alteración in situ y por la disgregación de la roca descompuesta.
<b>Lastra (L)</b>	Son materiales blandos constituidos por peñones, guijarros, grava, y arenas, pobremente cementadas por óxidos e hidróxidos de hierro, de estructura porosa y fácilmente desmenuzables mecánicamente y se encuentran formando costras irregulares de espesores variables que yacen en el lecho del río, excepto en canales principales y algunos sectores ribereños e islas.

### 3.2.5 Características geotécnicas

Para clasificar y conocer el comportamiento geotécnico de un suelo, es necesario introducir métodos de ensayo y definir parámetros que constituyen los índices de las propiedades físicas que caracterizan un suelo. (Bowles, J.E. 1981).

3.2.5.1 Humedad (W): Se expresa como el porcentaje que relaciona el peso del agua, en la masa de suelo y el peso de los sólidos en la misma masa. (Bowles, J.E. 1981).

$$W = W_w / W_s (\%) \quad (3.1)$$

Donde:

W = Humedad natural

$W_w$  = Peso del agua

$W_s$  = Peso de los sólidos

3.2.5.2 Peso Unitario o densidad in situ: El peso Unitario lo definimos como el peso de una sustancia por unidad de volumen. El Peso Unitario también es conocido como la densidad del suelo. (Bowles, J.E. 1981).

Para determinar el Peso Unitario en el terreno, se utilizan distintos métodos, dentro de los cuales encontramos: El cono de Arena, El Método de la parafina, El método del Cilindro, del aceite y del densímetro nuclear. Todos estos métodos tienen como objetivo determinar la densidad in situ o su peso unitario húmedo de la muestra de estudio y su volumen, sin embargo estos métodos difieren principalmente en la forma de obtener dicho volumen. (Bowles, J.E. 1981).

3.2.5.3 Análisis granulométrico (Método Mecánico): En este análisis granulométrico se intenta determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en una masa de suelo. Para obtener un resultado significativo la muestra debe ser estadísticamente representativa, como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaños. Para lograr esto se obtiene la cantidad de materiales que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores al anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices.

Los tamices son mallas hechas de alambre forjado con aberturas rectangulares que varían desde 101,6 mm (4") en la serie más gruesa hasta el número 400 (0,038 mm) en la serie correspondiente a suelo fino. El tamiz N° 200 (0,075) es el tamiz más pequeño en la práctica. Todos los sistemas de clasificación utilizan este tamiz como un punto divisorio, ya que las clasificaciones se basan generalmente en términos de la cantidad retenida o la cantidad que pasa a través del mismo tamiz.

La información obtenida en el análisis granulométrico se presenta en forma de curva, para poder comparar suelos y visualizar fácilmente la distribución de los tamaños de los granos presentes. Los suelos típicos que contienen partículas que varían entre tamaños de 2,00 mm y 0,075 mm se consideran pequeñas, por lo cual sería necesario recurrir a una escala muy grande para poder dar el mismo peso y precisión de la lectura de todas las medidas, es necesario recurrir a una representación logarítmica para los tamaños de partículas.

❖ Representación gráfica del análisis granulométrico: La forma más práctica y conveniente para representar el análisis granulométrico, es por medio de un

gráfico semi-logarítmico, en el que las abscisas, representen el logaritmo del diámetro (mm) de las partículas, la ordenada izquierda, el porcentaje en peso que pasa a través de los tamices y la ordenada derecha el que queda retenido en éstos.

Una de las ventajas más importantes de la representación semi-logarítmica estriba en que las curvas granulométricas de suelos de igual uniformidad, tienen formas idénticas, cualquiera sea el tamaño medio de sus partículas, y además la distancia horizontal entre dos curvas de la misma forma es igual al logaritmo de la relación entre los tamaños medios de los granos de los suelos representados.

3.2.5.4 Límites de consistencia: Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido. El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse. (Figura 3.1).

El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por Atterberg a principios de siglo a través de dos ensayos que definen los límites del estado plástico. Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

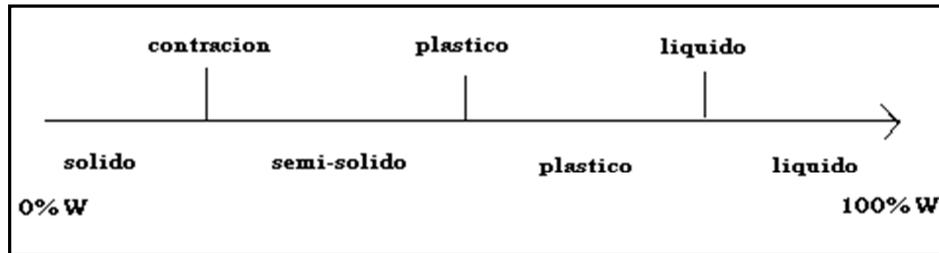


Figura 3.1 Límites de Atterberg.

❖ Limite líquido.

*Por la Norma NCh 1517:* Se identifica en el laboratorio como la humedad necesaria para que una hendidura practicada en la muestra y de dimensiones precisas se cierre, en determinada longitud, cuando la muestra se somete a una manipulación controlada. Este constituye porcentajes altos de humedad en los cuales por debajo la muestra se comporta como plástico, y por encima se comporta como líquido.

*Por la Norma ASTM D4318-00:* Este método cubre la determinación del límite líquido de un suelo mediante la elaboración de una curva de flujo, resultado de la determinación de tres puntos con la ayuda del equipo de Casagrande.

El límite líquido es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo. El límite líquido se define como el contenido de agua necesario para que la ranura de un suelo ubicado en el equipo de Casagrande, se cierre después de haberlo dejado caer 25 veces desde una altura de 10 mm. El límite líquido puede utilizarse en ocasiones para estimar asentamientos en problemas de consolidación, también es útil para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

❖ Limite plástico: Se define como límite plástico al contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, donde el suelo cambia de estado semi-sólido a plástico.

Para medir la plasticidad de las arcillas se han desarrollado varios criterios de los cuales se menciona el desarrollado por Atterberg, el cual dijo en primer lugar que la plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y esa misma, con gran contenido de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o, inclusive, las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en que la arcilla se comporta plásticamente. En segundo lugar, Atterberg hizo ver que la plasticidad de un suelo exige, para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros en lugar de uno.

Según su contenido de agua en forma decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definido por Atterberg.

- 1.- Estado líquido, con las propiedades y apariencias de una suspensión.
- 2.-Estado Semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- 3.-Estado Plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
- 4.-Estado semi sólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.

*Por la Norma ASTM D4318-00:* El contenido de agua es definido arbitrariamente como aquel donde el suelo, después de dejarse moldear hasta alcanzar rollitos de 3.2 mm de diámetro, se empieza a romper en pequeñas piezas.

❖ Índice de Plasticidad: Es un parámetro físico que se relaciona con la facilidad de manejo del suelo, por una parte, y con el contenido y tipo de arcilla presente en el suelo, por otra: Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Figura 3.2).

$$\underline{IP} = LL - LP > 10 \text{ plástico} \quad (3.2)$$

$$IP = LL - LP < 10 \text{ no plástico} \quad (3.3)$$

Valores menores de 10 indican baja plasticidad, y valores cercanos a los 20 señalan suelos muy plásticos.



Figura 3.2 Carta de Plasticidad.

3.2.5.5 Clasificación de los suelos: La Clasificación de los suelos constituye una herramienta altamente efectiva a la hora de darle una denominación técnica, a cualquier tipo de muestra que nos sea designada a estudiar.

Un sistema de clasificación de los suelos no es más que una unificación de ciertos parámetros concordantes en torno a las características de los mismos, de forma tal que puedan establecerse condiciones estándares que simplifiquen los procedimientos de estimación de las propiedades de un suelo y por ende, de su posible comportamiento. En la actualidad existen muchos modelos que permiten

establecer una clasificación de suelos, cada uno con aspectos convergentes, y por tanto, unos mejores que otros. El más conocido es el Sistema Unificado de la Clasificación de los suelos; pero además se tiene también, el del Sistema de la Agencia Federal de Aviación (FAA), el Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), entre otros (Bowles, J.E. 1981).

❖ Sistema AASHTO: Este método define:- Grava: material que pasa por 80 mm y es retenido en tamiz de 2; b) Arena gruesa: material comprendido entre 2 mm y 0.5 mm; c) Arena fina: material comprendido entre 0,5 y 0,08 mm. Y d) Limo arcilla: material que pasa por tamiz 0,08 mm. (Bowles, J.E. 1981).

El término material granular se aplica a aquellos con 35% o menos bajo tamiz 0,08 mm; limoso a los materiales finos que tienen un índice de plasticidad de 10 o menor; y arcilloso se aplica a los materiales finos que tienen índice de plasticidad 11 o mayor. Materiales limo arcilla contienen más del 35% bajo tamiz 0,08 mm. Cuando se calcula índices de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, use solamente el término del índice de plasticidad de la fórmula. (Bowles, J.E. 1981).

Cuando el suelo es NP o cuando el límite líquido no puede ser determinado, el índice de grupo se debe considerar (0). Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una inspección visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto. (Bowles, J.E. 1981). (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Clasificación de los suelos según AASHTO. (Bowles, J.E. 1981).

Clasificación General	Materiales Granulares (35 % o menos del total pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35 % del total pasa el tamiz No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 <sup>a</sup> A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10	50 max										
No. 40	30 max	50 max	51 min								
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No. 40											
Límite Líquido, $w_L$				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Índice Plástico, $I_p$	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Índice de Grupo <sup>b</sup>	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max

La figura 3.3 ilustra que solo los análisis de tamizado y los límites de Atterberg son necesarios para clasificar un suelo. Se realiza un análisis de tamizado y se traza la curva granulométrica. Cuando menos del 12% pasa la malla No. 200, es necesario obtener  $C_c$  y  $C_u$  para establecer si el suelo es bien o pobremente gradado. Cuando más del 12% pasa la malla No. 200, el  $C_u$  y  $C_c$  no tiene significación y solo se emplean los límites de Atterberg para clasificar el suelo. (Bowles, J.E. 1981).

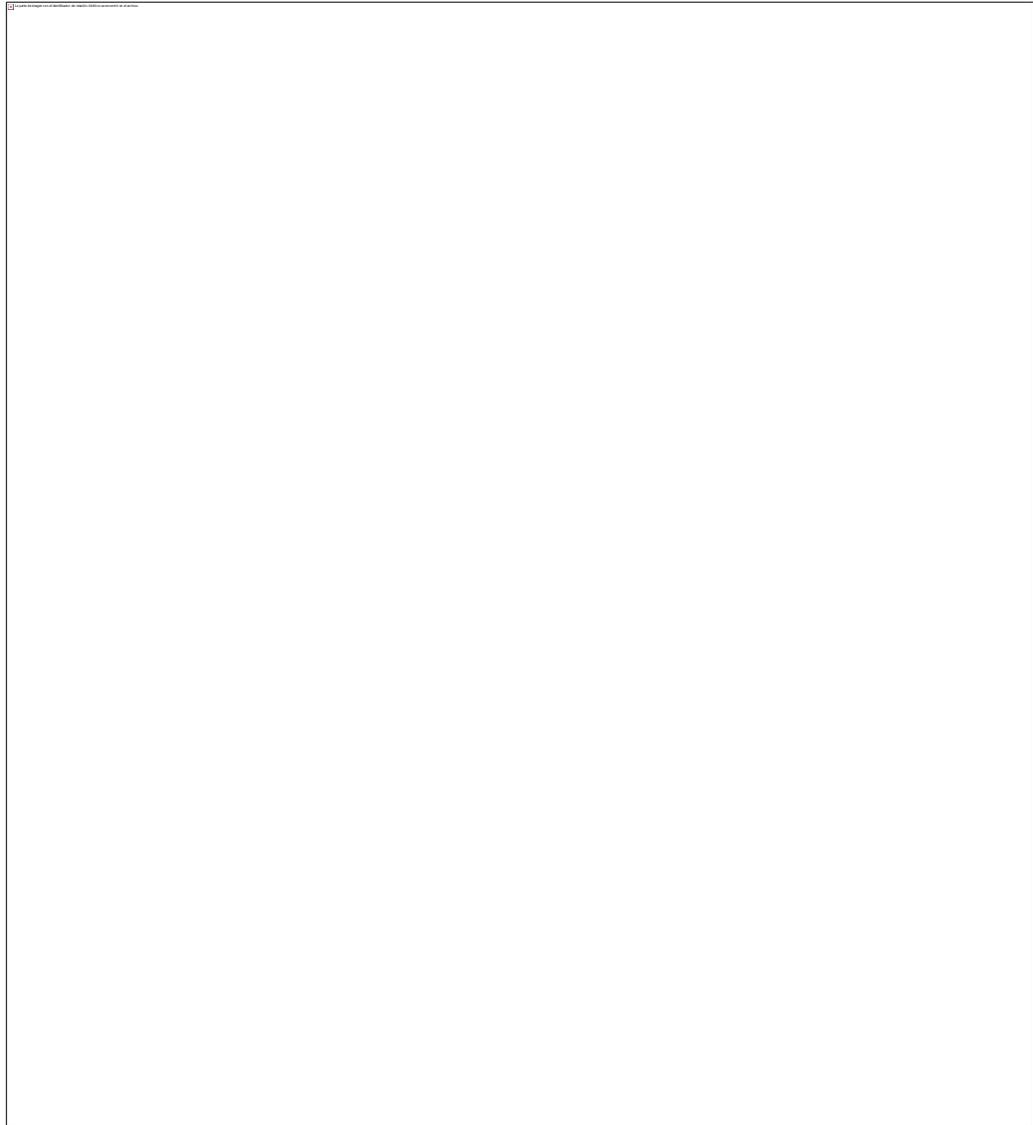


Figura 3.3. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Bowles, J.E. (1981)

3.2.5.6 Tamaño de las partículas: Los diferentes tamaños de las partículas del suelo, utilizadas en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, se determinaran por el método del tamizado, y pueden ser definidas como sigue:

Tabla 3.3 Tamaño de las partículas (Lambe, William y Whitman Robert, 2001).

Piedra.....	> 3"
< 3" Grava gruesa.....	> ¾
< ¾ Grava fina.....	> N° 4
< N° 4 Arena gruesa.....	> N° 10
< N° 10 Arena media.....	> N° 40
< N° 40 Arena fina.....	> N° 200
Limo y arcilla.....	< N° 200

Como se muestra en la tabla 3.4, los suelos son designados por símbolos de grupos consistentes en prefijo y en un sufijo. Los prefijos indican los tipos principales de suelo y los sufijos indican las subdivisiones entre grupos como sigue:

Tabla 3.4. Prefijos usados para la clasificación de los suelos (Lambe, William y Whitman Robert 2001).

Tipo De Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien Gradado	W
Arena	S	Pobremente Gradado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Wl < 50%	L
Turba	Pt	Wl > 50%	H

Una grava bien gradada es GW; una arena pobremente gradada es SP; una arena bien gradada es SW; una arena limosa es SM; una arcilla con un limite liquido > 50% es CH, etc. (Lambe, William y Whitman Robert, 2001).

Un suelo es bien gradado o no uniforme si tiene una distribución amplia de los tamaños de los granos presentes, si hay algunos granos de cada tamaño posible entre los límites superior e inferior de la gradación. Esto se puede averiguar trazando la curva granulométrica, ya sea observando la forma y amplitudes de tamaños o calculando el coeficiente de uniformidad Cu y el coeficiente de concavidad Cc (Lambe, William y Whitman Robert, 2001).

Un suelo es pobremente gradado o uniforme, si la muestra es mayoritariamente de un solo tamaño o si es deficiente en ciertos tamaños de grano. Una arena de playa es un ejemplo de un suelo uniformemente gradado. (Lambe, William y Whitman Robert, 2001).

3.2.5.7 Ensayo de compactación: Se entiende por compactación de suelos al proceso mecánico mediante el cual se reducen los vacíos, como consecuencia

de la expulsión del aire por aplicación de una determinada carga. No todo el aire sale del suelo, por lo que la condición de un suelo compactado es la de un suelo parcialmente saturado. (Lambe, William y Whitman Robert, 2001).

El objetivo principal de la compactación de un suelo es la de mejorar las características de resistencia, compresibilidad, esfuerzo-deformación, así como también para obtener unas características idóneas de permeabilidad y flexibilidad. (Lambe, William y Whitman Robert, 2001).

El propósito del ensayo de compactación en el laboratorio, es el determinar la cantidad de agua (humedad óptima) conveniente, que debe agregarse al suelo para obtener un grado de densificación (densidad máxima) satisfactorio. (Bowles, J.E. 1981).

3.2.5.8 Infiltración: es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

❖ Capacidad de infiltración: es la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

❖ Factores que afectan la capacidad de infiltración:

*Entrada superficial:* La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.

*Transmisión a través del suelo:* El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.

*Acumulación en la capacidad de almacenamiento:* El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.

*Características del medio permeable:* La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo –arenoso, arcilloso-, la vegetación, la estructura y capas de suelos.

*Características del fluido:* La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva.

### 3.2.6 Transporte de sedimentos

La lluvia cuando cae sobre el suelo ejerce una fuerza sobre las partículas de este capaz de removerlas de sus posiciones hacia otros lugares, en general, a niveles mas bajos. Esa acción erosiva de lluvias lleva anualmente millones de toneladas de suelos a los ríos de todo el mundo; por otro lado, las corrientes también ejercen una acción erosivas en sus canales. Partículas del lecho arrancadas en este pasan a ser transportadas en suspensión en la corriente por la acción de las componentes verticales en regímenes turbulento (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

La acción de gravedad hace que la mayor concentración de partículas este junto al fondo. Así, es común distinguir dos tipos de transporte de sedimentos, uno en

suspensión y otro junto al fondo. No existe un límite bien definido entre esos dos tipos de transporte de sedimentos. (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

Las características que definen los procesos de suspensión, transporte y posterior deposición de sedimentos, depende no solo de las propiedades del mismo, sino también de la velocidad de la corriente, de la inclinación de la pendiente (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

Estas propiedades pueden caracterizar al sedimento como un conjunto a las partículas que lo forman individualmente. Las propiedades más importantes de una partícula de sedimentos son; tamaño, forma de las partículas de sedimentos, peso específico y velocidad terminal uniforme de las partículas (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

### 3.2.7 Fundamentos legales

3.2.7.1 Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio: Gaceta Oficial N° 38279 de fecha 2 de Septiembre de 2005.

#### ❖ De los Planes de Ordenación del Territorio Urbanísticos

*Artículo 61:* Los Planes de Ordenación del Territorio Urbanísticos son instrumentos jurídicos y representan la concreción espacial urbanística del Plan Nacional de Ordenación del Territorio. Cuando estos planes hayan sido aprobados, se adoptarán y acatarán dentro de los respectivos perímetros urbanísticos establecidos.

Son instrumentos de carácter estratégico que dictan directrices nacionales para orientar la mejor localización de las actividades urbanísticas. Establece los lineamientos necesarios para garantizar los intereses de la comunidad y el desarrollo

económico y social de la Nación en el sistema urbanístico, pudiendo éste estar conformado por un sistema de ciudades o una ciudad integrada por más de un municipio.

*Artículo 62:* Los Planes de Ordenación del Territorio Urbanístico tendrán los siguientes objetivos fundamentales:

1. Concretar espacialmente las políticas y lineamientos urbanísticos establecidos en el Plan Nacional de Ordenación del Territorio.

2. Alcanzar un sistema urbanístico con una mejor calidad de vida, que refleje un equilibrio entre el territorio y la localización de las actividades económicas, articuladas mediante una red vial y de servicios.

3. Constituir el marco estratégico, vinculante y coordinador de las actuaciones públicas y privadas a ejecutarse en el ámbito del Plan.

4. Proporcionar las directrices técnicas fundamentales en el ámbito de actuación para contribuir a la elaboración de los Planes Municipales de Ordenación del Territorio y demás instrumentos sectoriales o municipales.

5. Determinar los requerimientos de equipamiento territorial e infraestructura estructural, a los fines de coadyuvar al desarrollo productivo y urbanístico, tomando en cuenta los requerimientos de la población.

6. Lograr un sistema articulado y autosustentable económicamente, en términos esenciales.

7. Procurar el desarrollo del sistema urbanístico con un mínimo de riesgo para la población, sus bienes y actividades económicas, identificando las amenazas y zonas potencialmente vulnerables.

*Artículo 63:* Los Planes de Ordenación Urbanísticos son aplicables al espacio urbanístico, el cual es el conformado por la red de centros poblados y las áreas donde se localizan los equipamientos públicos, los distintos sistemas de transporte y comunicación terrestre, aéreo y acuático, sistemas de dotación de agua potable, de energía eléctrica, gasoductos, oleoductos, disposición de aguas servidas y de desechos sólidos, así como los elementos de infraestructura, tales como: Plantas de tratamiento, rellenos sanitarios, estaciones y subestaciones eléctricas, complejos criogénicos, refinerías, embalses, aeropuertos y puertos, que sin formar parte del espacio donde se localizan los asentamientos humanos propiamente dichos, están ligadas de manera indivisible a la estructura y funcionamiento de los mismos.

### 3.2.7.2 Ley de aguas: Gaceta Oficial N° 38.595 del 2 de Enero de 2007

❖ De la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes. Medidas para prevención y control

*Artículo 14.* La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de:

1. Los planes de gestión integral de las aguas, así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socio naturales y cronológicos en la sociedad.

2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

3. Análisis de riesgos.

### **3.3 Definición de términos**

#### 3.3.1 Acuífero

Rocas y terrenos que transmiten el agua con facilidad a través de sus poros y fracturas, por ejemplo, la roca caliza, arenisca y granito fracturado (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

#### 3.3.2 Adhesión

Se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las por lo cual depende de la proporción Agua/Aire.

#### 3.3.3 Aguas residuales

Aguas procedentes de usos domésticos o industriales. Su grado de impureza puede ser muy variado. Tienen en suspensión o disueltas materiales coloidales o sólidas, de las que alrededor de 50 por 100 son orgánicas, por tanto, en vías de putrefacción (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

#### 3.3.4 Aguas subterráneas

De fondo, agua llegada por infiltración (vadosa) o liberada de magma pétreos ascendentes (juveniles), que llena los espacios vacíos de la tierra al muelle y de la roca viva (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

#### 3.3.5 Área de la cuenca

Se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por la divisoria o parte de la cuenca. Se determina sobre mapas topográficos elaborados a una escala conveniente y se expresa generalmente en Km<sup>2</sup> y/o hectáreas (Ha) (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

#### 3.3.6 Asentamiento

Fundación o asiento poblacional donde se fija la habitación (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

#### 3.3.7 Caudal

Aguas que entran en las corrientes procedentes de fuentes persistentes que varían lentamente y mantienen el flujo de la corriente entre los lechos de entrada de agua (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

#### 3.3.8 Consistencia

Es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto.

### 3.3.9 Efluentes

Líquidos o sólidos que sale de una planta de tratamiento de residuos. Descarga de agua del tipo industrial y urbano (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

### 3.3.10 Erosión

Conjunto de fenómenos exteriores de la corteza terrestre que contribuyen a modificar las formas creadas por el tectonismo y el vulcanismo y en donde actúan los agentes erosivos (ríos, torrentes, mares); distinguiéndose entre ellos, la lluvia, viento, hielo, el mar, biológicos y el hombre (erosivo antrópica) (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

### 3.3.11 Infiltración

Es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

### 3.3.12 Permeabilidad

Es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. (Martínez Ferla y Pérez Eneida, 2007).

### 3.3.13 Urbanismo

Es la disciplina que tiene como objetivo de estudio a las ciudades, desde una perspectiva holística enfrenta la responsabilidad de estudiar y ordenar los sistemas urbanos. Es una disciplina muy antigua, que incorpora conceptos de múltiples disciplinas, un área de práctica y estudios complejos. Según algunos, sería una ciencia que se encuadraría dentro de las ciencias sociales (geografía, sociología, etc.).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Para la elaboración de cualquier proyecto de investigación requiere implantar una metodología de trabajo que permita desarrollar de forma adecuada y organizada cada uno de los objetivos que se han planteado desde la etapa inicial del proyecto. Al establecer una metodología se deben considerar principalmente las necesidades que se presentan en la investigación y así disponer la secuencia de etapas con las que se ha de trabajar.

#### **4.1 Nivel de investigación**

Discurriendo la clasificación del nivel de la investigación planteada, de acuerdo a la situación indagada, se realizó la caracterización geológica geotécnica e hidrológica de la cuenca media del río Cañafístola, sector Cañafístola II con fines de ordenamiento urbanístico y mejoras Ciudad Bolívar – Estado Bolívar y de acuerdo a sus objetivos este trabajo se ha desarrollado como una investigación del tipo descriptiva.

##### **4.1.1 Investigación descriptiva**

Consiste en describir la geología, la geotecnia y la hidrología de la cuenca media del río Cañafístola, acompañada de una descripción visual del área (relieve, erosión, litología y vegetación), un levantamiento topográfico de superficie, toma o recolección de muestras a través de calicatas y mediciones hechas en campo para la obtención de parámetros hidrológicos de la cuenca, con fines de buscar posibles soluciones a los problemas existentes en la comunidad debido a la crecida del río.

## **4.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación se define como “documental” ya que se basa en la obtención de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos relacionados con la cuenca media del río Cañafístola y de “campo” debido a la recolección de datos procedentes mediante toma de muestras, un levantamiento topográfico y mediciones hechas para obtener las características de la cuenca.

## **4.3 Recopilación de investigación bibliográfica y condiciones actuales en campo**

Durante esta etapa se realizó una búsqueda exhaustiva de toda la información relacionada con la investigación, incluyendo las bases teóricas y los datos geológicos, geotécnicos e hidrológicos de la zona de estudio que pudiesen servir de apoyo en el desarrollo del trabajo.

### **4.3.1 Recopilación de investigación bibliográfica**

En esta fase se acude a todas las fuentes posibles: bibliotecas, hemerotecas, salas de estudio, con el fin de recolectar toda información sobre el tema, consultando libros, periódicos, tesis, guías. La técnica se basa en recopilación bibliográfica y análisis documental. El material consultado consistió fundamentalmente de trabajos de Geología, Geotecnia e Hidráulica, realizados en el área de estudio por la Universidad De Oriente (UDO - núcleo Bolívar), el Ministerio del Ambiente (MINAMB) y la Corporación Venezolana de Guayana (CVG).

#### 4.3.2. Etapa de campo y evaluación de las condiciones actuales del área en estudio

Múltiples actividades se ejecutaron para identificar las características físicas (Geológica, Geotécnica e Hidrológica) de la cuenca media del río a través de la descripción visual del relieve, un levantamiento de superficie con el uso de: (cinta métrica, GPS, declinómetro y brújula), toma o recolección de muestras (calicatas) con sus respectivos ensayos de suelo y diferentes mediciones hechas en el cauce del río.

#### 4.3.3 Flujograma

Para llevar a cabo la caracterización geológica, geotécnica e hidrológica de la cuenca media del río Cañafístola en el sector Cañafístola II de Ciudad Bolívar Municipio Heres, con fines de ordenamiento urbanístico y mejoras, se trazaron algunas fases de trabajo representadas en la figura 4.1.

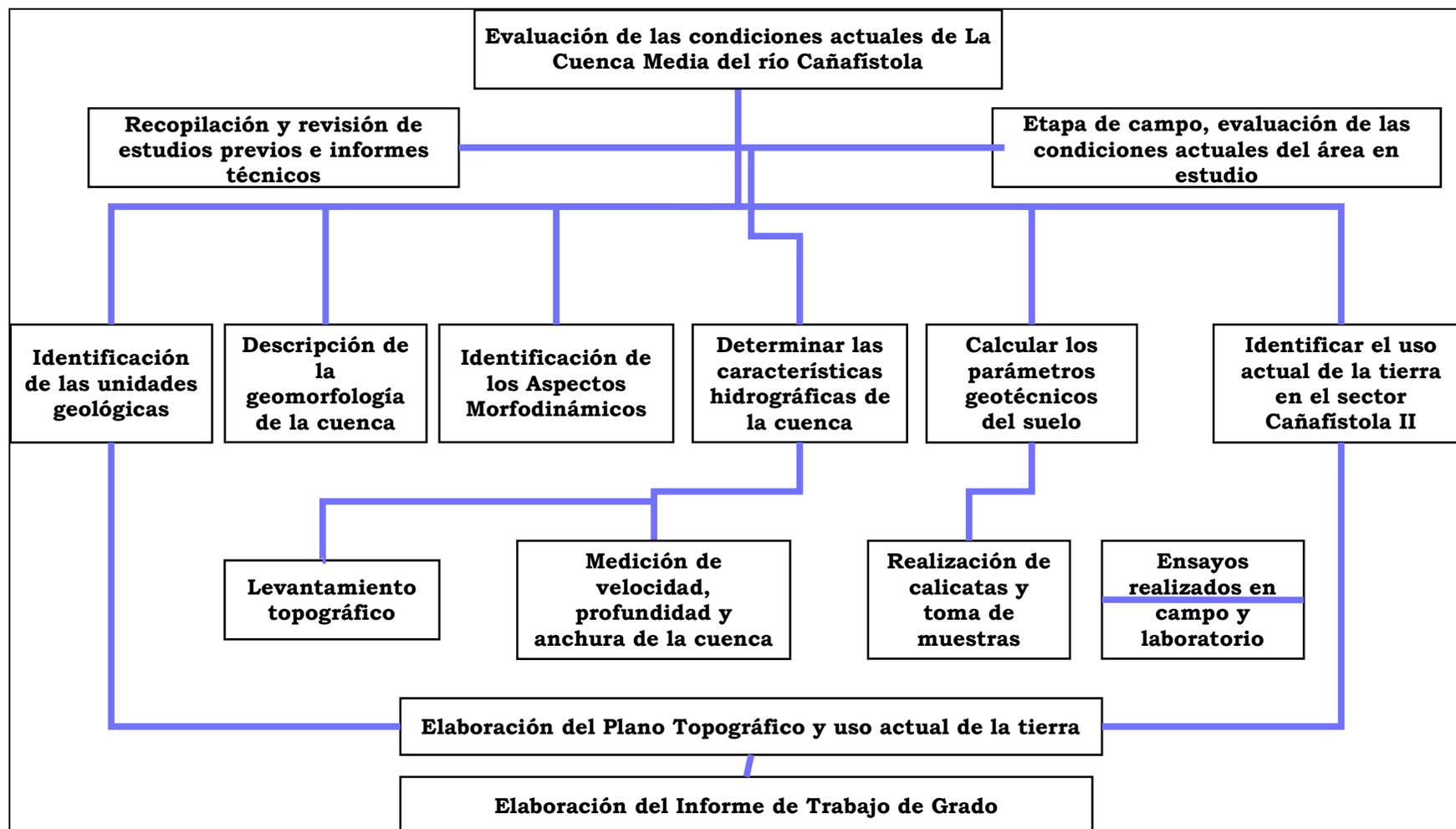


Figura 4.1 Flujograma de Actividades (González y Tirado, 2010).

#### **4.4 Diagnóstico de la problemática actual de la cuenca media del sector Cañafistola II**

El diagnóstico fue desarrollado en campo bajo la interacción con la comunidad, mediante la realización de un modelo de encuesta a 20 viviendas que se encuentran en las proximidades de la cuenca media del río Cañafistola, con el propósito de detectar los problemas existentes a partir de las apreciaciones de los encuestados, quienes son los que viven los defectos y/o virtudes de ese entorno (Apéndice 1).

Las zonas aledañas al río estarán propensas a ser afectadas durante la crecida del mismo generando inundaciones, brote de enfermedades, epidemia de insectos, pérdidas de materiales y destrucción de las viviendas en dichas zonas. “Evidentemente, es la falta de conocimiento y sentido común de no tener en cuenta el riesgo que se corre al momento de escoger sitios para la construcción de viviendas” (Cabrera, J. y Hurtado, O. 2008).

#### **4.5 Identificación de las unidades geológicas presentes**

Previamente se revisaron los estudios relacionados con la geología de la zona, para luego ser evidenciada en campo mediante el reconocimiento visual del área, toma de muestras en las márgenes del cauce y adicionalmente los resultados de los ensayos de análisis granulométrico, y límites de Atterberg confirmando las unidades geológicas de los estudios ya expuestos anteriormente.

#### **4.6 Descripción de la geomorfología de la cuenca en estudio**

Mediante la panorámica del área o reconocimiento visual del relieve en campo, se describieron las características geomorfológicas predominantes en la zona, tales como medidas del cauce (ancho, largo, y profundidad), terrazas aluviales, llanuras de

inundación, entre otras, para posteriormente complementar esta información en oficina con el apoyo de fotografías, plano y perfiles topográficos del sitio los cuales nos proporcionan el área de la cuenca, forma y geometría en planta del cauce, pendiente longitudinal, entre otros.

#### **4.7 Identificación de los aspectos morfodinámicos que actúan en el proceso erosivo**

Las reacciones morfodinámicas violentas que contribuyen a acelerar el proceso erosivo del cauce se debe a la alteración antrópica de los factores que controlan su respuesta. En la cuenca media del río Cañafistola, sector Cañafistola II los agentes erosivos cambiantes observados aceleran progresivamente el relieve; entre ellos: la extracción de sedimento del cauce, la ocupación del espacio fluvial, las aguas de arroyadas, aguas urbanas o domésticas, desechos sólidos, falta de sistemas de alcantarillado y deforestación.

Seguidamente con la realización de un levantamiento topográfico a lo largo de toda la cuenca media mediante la utilización de una brújula, cinta métrica, declinómetro y estacas fue representado en un plano con el fin de definir el relieve, área de la cuenca y elaboración de perfiles topográficos.

#### **4.8 Determinación de las características hidrográficas de la cuenca en estudio**

Las características hidrográficas de la cuenca media del río Cañafistola fueron determinadas mediante la realización de “aforos de flotadores” a lo largo del cauce debido a su poca profundidad y anchura.

4.8.1 Método de aforo de flotadores: Realizado el 23/03/2010

4.8.1.1 Equipos utilizados: Sólido de anime, cronometro y cinta métrica.

4.8.1.2 Procedimientos.

a) Se dividió la longitud del cauce en 3 tramos diferentes de sección uniforme y de pendiente constante (Figura 4.2).

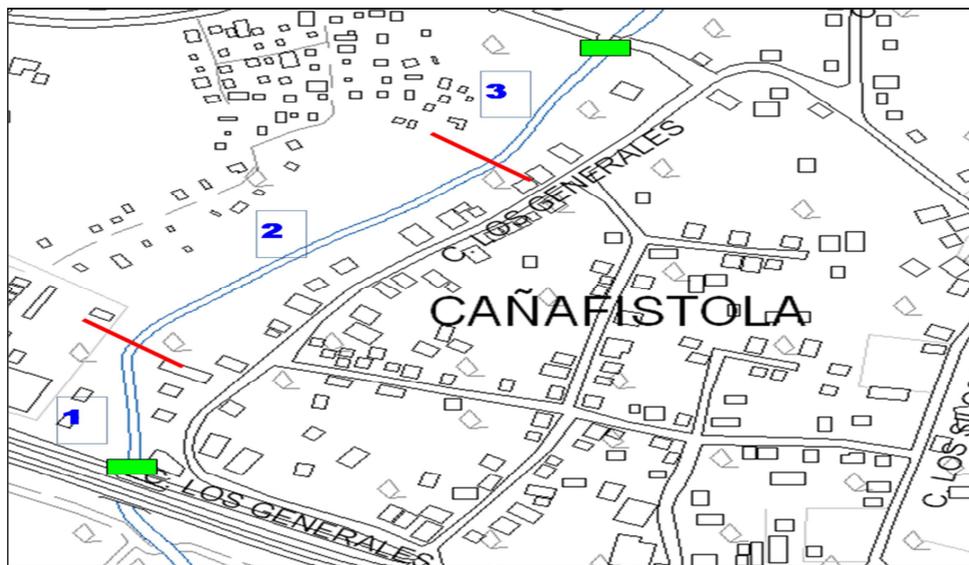


Figura 4.2 División del cauce en 3 tramos (González y Tirado, 2010).

b) Se midieron varias veces las profundidades, anchos y longitudes distribuidos en cada uno de los tramos con una cinta métrica.

c) Luego se escogió una sección uniforme, limitada entre 2 puntos separados con una determinada distancia. Esto fue realizado 2 veces para cada uno de los tramos.

d) Se dejó caer sobre la superficie del agua un sólido de anime de (2,36gr) tomando el tiempo que recorre entre los 2 puntos para determinar la velocidad del agua en esa sección. Este método se implementó en 2 secciones de cada uno de los tramos, repitiéndolo varias veces para luego ser promediados los valores del tiempo.

e) Posteriormente se determinaron las áreas transversales de cada una de las secciones, mediante las profundidades y anchuras del cauce adoptando una forma geométrica aproximadamente triangular.

$$\text{Área} = (\text{Anchura} * \text{Profundidad}) / 2 \quad (4.1)$$

f) Para la determinación del caudal se aplicó la ecuación de Darcy.

$$\text{Caudal} = \text{Velocidad} * \text{Área} \quad (4.2)$$

#### 4.8.2 Determinación del coeficiente de rugosidad (n)

Este se calculó a través de la ecuación de Manning, mediante las áreas y los caudales obtenidos en las 2 secciones transversales de cada uno de los tramos, teniendo en cuenta el perímetro mojado (Pm) de dichas secciones y la pendiente longitudinal del cauce (So).

$$Q = (1 / n) * A * Rh^{2/3} * So^{1/2} \quad (4.3)$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

n = Coeficiente de rugosidad

A = Área ( $m^2$ )

Rh = Radio hidráulico (m)

So = Pendiente longitudinal

#### **4.9 Cálculos de los parámetros geotécnicos del suelo en el sector Cañafístola II**

Preliminarmente se realizaron en campo una serie de calicatas con sus respectivas coordenadas, donde se tomaron muestras a ambas márgenes del cauce para efectuarles ensayos geotécnicos, tales como densidad in situ e infiltración. De esta manera, se procedió a la manipulación de las muestras tomadas en campo y llevadas al laboratorio, para así obtener las características geotécnicas de cada una de ellas, mediante la elaboración de los ensayos de granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, permeabilidad y compactación del suelo.

##### 4.9.1 Realización de calicatas y toma de muestras en campo

Un total de 10 calicatas fueron realizadas a ambas márgenes del cauce siendo distribuidas de la siguiente manera:

4.9.1.1 Margen izquierdo: se realizaron 5 calicatas cuyas coordenadas son las que se muestran en la tabla 4.1 (Figura 4.3).

Tabla 4.1 Ubicación geográfica de las calicatas (margen izquierdo).

MUESTRA N°	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
1	444.040	897.299
2	444.062	897.449
3	444.115	897.467
4	444.299	897.571
5	444.300	897.667



Figura 4.3 Calicatas 3 y 5 correspondientemente (González y Tirado, 2010).

4.9.1.2 Margen derecho: se realizaron 5 calicatas cuyas coordenadas son las que se muestran en la tabla 4.2 (Figura 4.4).

Tabla 4.2 Ubicación geográfica de las calicatas (margen derecho).

MUESTRA Nº	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
1	444.045	897.380
2	444.118	897.424
3	444.180	897.480
4	444.223	897.518
5	444.335	897.620



Figura 4.4 Calicatas 2 y 4 correspondientemente (González y Tirado, 2010).

#### 4.9.2 Ensayos realizados en campo: Densidad In situ e Infiltración

##### 4.9.2.1 Densidad In situ (métodos del aceite y del cilindro).

*Equipos utilizados para ambos métodos:* Cilindro graduado, placa de base de 4 pulgadas de diámetro, aceite quemado, espátula pequeña, regla de 30 cm, cuchara, bolsas ziploc martillo y cilindro metálico (hueco).

Procedimientos para el método del aceite.

- a) En un cilindro graduado medimos aproximadamente 500 ml de aceite quemado (lectura inicial).
- b) En el campo, con una placa de base de 4 pulgadas de diámetro, cavamos un hoyo de 5 a 8cm de profundidad aproximadamente, extrayendo el suelo que posteriormente será pesado.
- c) Con cuidado se agrega el aceite de motor en el hoyo, hasta llenar el borde inferior de la placa. Se deja escurrir el aceite por las paredes del cilindro.
- d) Se observa la lectura final del cilindro y obtenemos el volumen de aceite utilizado en el ensayo por diferencia entre lectura final e inicial.
- e) Luego se realizan los cálculos correspondientes y obtenemos la densidad in situ. (Figura 4.5).



Figura 4.5 Ensayo de densidad in situ (método del aceite).

Procedimientos para el método del cilindro.

- a) Se calcula el volumen del cilindro midiendo con el vernier la altura y el diámetro interno de este, y luego se busca el peso.
- b) Se coloca el cilindro en la superficie del suelo previamente nivelada y sobre este el martillo se deja caer por su propio peso dando al cilindro tantos golpes como sea necesario para que quede totalmente enterrado.
- c) Con la espátula se desentierra el cilindro, tratando de no perder la muestra.
- d) Con una espátula se enrasa la muestra en los bordes del cilindro de manera que el volumen de esta correspondan al volumen del cilindro.

e) Inmediatamente se tapa el cilindro por ambas caras con las placas para evitar que pierda humedad.

f) Se pesa la muestra húmeda contenida en el cilindro y por diferencia se calcula el peso del suelo húmedo.

#### 4.9.2.2 Infiltración (método directo).

*Equipos utilizados:* Regla de 30cm, cronometro, envase metálico (hueco) con un diámetro de 13cm y una longitud de 16cm, agua y cuchillo.

##### Procedimientos.

a) La superficie del suelo fue previamente enrasada y nivelada.

b) Se determinaron las medidas del envase metálico (hueco) para luego ser enterrado hasta la mitad de dicho envase.

c) Se colocó una regla de 30cm dentro del envase hasta tocar fondo y se lleno de agua hasta 7cm medidos.

d) Al mismo tiempo de ser llenado el envase de inicio la toma de lectura de infiltración mediante un cronometro por cada centímetro descendido de profundidad observado en la regla (Figura 4.6).



Figura 4.6 Ensayo de infiltración.

#### 4.9.3 Ensayos realizados en el laboratorio

Análisis granulométrico, límites de consistencia (límites plástico y líquido), humedad natural y compactación.

##### 4.9.3.1 Análisis granulométrico (método mecánico).

*Equipos utilizados:* Juegos de tamices (N° 10, 20, 35, 60, 120, 200 y pan), un rotad, mortero, balanza de sensibilidad 0,1 g, vaso precipitado, bolsas plásticas y bandejas de aluminio.

Procedimientos.

- a) Separar o disgregar la muestra de suelo en un mortero sin triturlarla, para no cambiar la forma de las partículas.
- b) Agarrar una cantidad adecuada de la muestra, preferiblemente unos 500gr aproximadamente.

- c) Pesar la muestra en una balanza, teniendo en cuenta la diferencia con el peso de la bandeja o instrumento que la contenga.
- d) Verificar el peso de cada uno de los tamices (#10, #20, #35, #60, #120, #200, Pan).
- e) Colocar los tamices de manera descendente para echar la muestra en el tamiz #10.
- f) Colocar los tamices en el rotad entre 10 a 15 minutos aproximadamente.
- g) Sacar los tamices del rotad y pesar cada uno por separado en la balanza.
- h) Luego se realizan los cálculos respectivos (% retenido, %pasante, etc) para poder realizar la curva granulométrica (Figura 4.7).



Figura 4.7 Procedimiento para el ensayo de granulometría.

#### 4.9.3.2 Limite de consistencia (límites líquido y plástico).

*Equipos utilizados:* Juego de tamices (N° 40 y pan), aparato de casa grande para límites líquidos y plástico, ranurador para aparato casagrande, horno, espátula, una balanza de sensibilidad 0,1 g, varias taras de porcelana, bolsas ziploc y una placa de vidrio.

Procedimientos para Límite líquido.

- a) Tomar la muestra de Suelo, y pasarlo por el tamiz # 40, una muestra de aproximadamente unos 250gr.
- b) Colocar la muestra pasante del tamiz en un recipiente, añadirle agua y mezclar hasta obtener una mezcla uniforme y homogénea.

- c) Calibrar el instrumento Casagrande, la altura de la cuchara de la máquina debe ser de 1cm.
- d) Colocar una pequeña cantidad del suelo preparado (mezcla homogénea y uniforme) y con una espátula emparejar la superficie de la mezcla hasta que quede al mismo nivel horizontal del aparato.
- e) Con una ranuradora especial para el ensayo se separa completamente la masa de suelo en dos partes.
- f) Encender el aparato casagrande para que golpee la muestra dos golpes por segundo, hasta que la ranura echa anteriormente se una o toque en uno de sus extremos.
- g) Tomar una pequeña cantidad de la muestra de suelo en la sección unida y colocarla en una cápsula o tara ya pesada.
- h) Pesar la muestra de suelo contenida en la cápsula y rápidamente llevarla al horno, para luego determinar su contenido de humedad.
- i) Volver a realizar todo el procedimiento, hasta que se puedan obtener al menos 10 valores. En nuestro caso, se tendrán 3 golpes por encima de 25 y 3 por debajo.
- j) Graficar los valores de humedad vs N° de golpes.
- k) Determinar la humedad del suelo a 25 golpes. Este numero, ha sido comprobado experimentalmente (Figura 4.8).

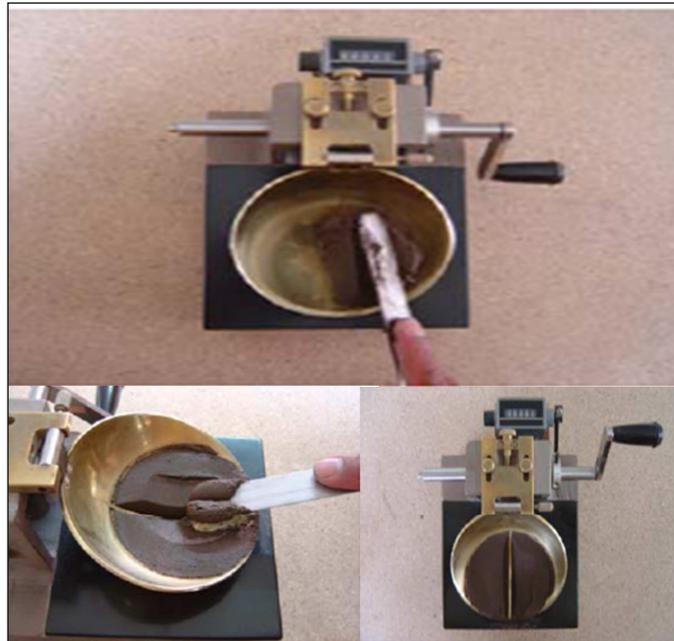


Figura 4.8 Realización del ensayo de límite líquido.

#### Procedimientos para Límite plástico.

- a) Tomar aproximadamente 20 gr. del suelo preparado para el límite líquido. Se puede utilizar la muestra que ha pasado por Casagrande.
- b) Enrollar el suelo con la mano extendida, con el objetivo de moldearlo en forma de gusano o hilo con un diámetro aproximado de 3mm.
- c) Tomar los hilos de suelo y colocarlos en una cápsula previamente pesada. Se recomienda obtener 10gr de suelo, en forme de hilo.
- d) Llevar la cápsula con la muestra al horno.

- e) Una vez secada la muestra se procede a volver a pesarlos.
- f) Por último se determina el límite plástico (Figura 4.9).

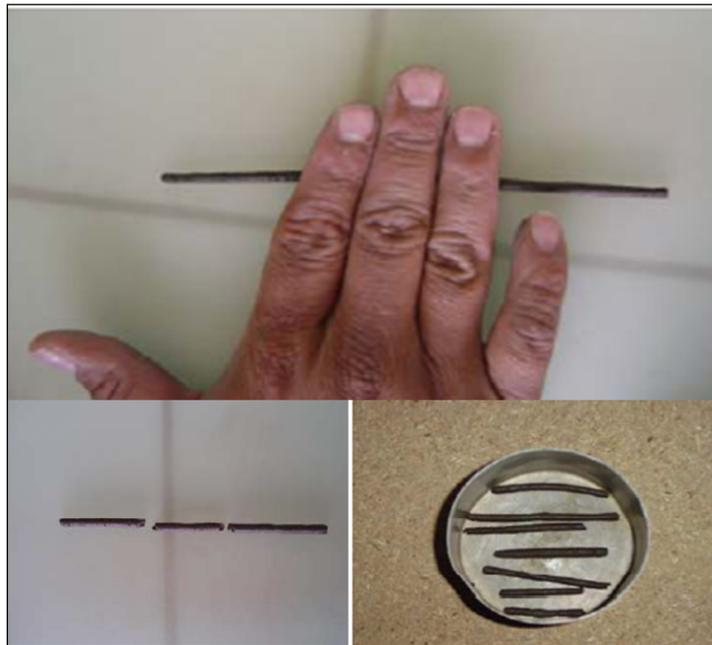


Figura 4.9 Realización del ensayo de límite plástico.

#### 4.9.3.3 Ensayo de compactación.

*Equipos utilizados:* Balanza eléctrica de 35 Kg. (sensibilidad 5 gr.), molde de compactación de 4" y 6" de diámetro con base y collar, martillo de 24,5 N \* 0, 35 m. de caída, regla de acero para nivelar los extremos de las muestras compactadas, probeta graduada, 10 a 12 taras para el contenido de humedad, bandejas mezcladoras grandes, balde de plástico, regla metálica y espátula para sacar las muestras de suelo.

### Procedimientos.

- a) Se toma cierta cantidad de suelo, previamente secado al aire y pulverizado suficientemente para que pase a través del tamiz N0 4 (4.75 mm).
- b) Se determina la humedad inicial y se obtiene la humedad deseada para agregar las cantidades de aguas necesarias en cada punto.
- c) Luego se toman la característica de peso, diámetro y altura del molde de compactación, sin base ni collar.
- d) En una bandeja se le agrega el suelo ya tamizado y el agua ya calculada, posteriormente se arma el equipo, se le agrega una pequeña cantidad de suelo al molde, para luego proceder a compactar el suelo a una razón de 25 (Proctor normal) y 56 (Proctor modificado) golpes por capa.
- e) Luego se le agrega la segunda capa y tercera capa, hasta que la última quede por encima de la junta del collar, para enrasarla posteriormente.
- f) Seguidamente se procede a pesar el molde más suelo compactado, para luego sacarle cada uno de los extremos una pequeña cantidad de suelo para su contenido de humedad.
- g) Luego estos procedimientos se repiten hasta que el peso del molde más suelo disminuyan.
- h) Luego se procede a colocar las cápsulas en el horno durante 24 horas aproximadamente, para obtener el peso de suelo la tara con el suelo seco y luego calcular el porcentaje de humedad.

i) Posteriormente se calcula las densidades húmedas y secas para luego realiza la gráfica de densidad seca vs. contenido de humedad (Figura 4.10).

j)



Figura 4.10 Procedimiento para el ensayo de compactación (González y Tirado, 2010).

#### 4.10 Identificación del uso actual de la tierra en el sector Cañafístola II

La técnica empleada se realizó mediante recorridos en el sector, con el fin de ubicar las áreas y definir cada uno de sus usos siguiendo con los reglamentos y planos suministrados por la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G) relacionada con el uso del suelo.

#### 4.10.1 Ordenanza de zonificación

Constituye el instrumento legal que sirve de base para lograr el adecuado ordenamiento físico de la ciudad. En ella se dan las directrices generales y las normas específicas para la regulación de los usos de la tierra. En este caso se definió la utilización del artículo 7 (Reglamentación específica para cada zona) (Anexo 1).

#### 4.10.2 Plan de desarrollo urbano actual (C.V.G)

Instrumento clasificatorio para los usos actuales de la tierra en el sector Cañafístola II. Se implementó un plano aerofotogramétrico para identificar las diferentes áreas en el uso del suelo con sus respectivos colores establecidos (Anexo 2).

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 Diagnóstico de la problemática actual de la cuenca media del sector Cañafístola II**

En el sector Cañafístola II, se realizó un modelo de encuesta a 20 personas que se encuentran viviendo en las proximidades de la cuenca media del río Cañafístola. (Apéndice A). Esto ocurrió el día Viernes 30-10-2009 arrojando los siguientes resultados:

Pregunta # 1:

¿En algún momento se ha visto afectado por las crecidas del río? ¿De que manera? Y ¿Qué ha hecho para evitarlo?

R. El 95% de los encuestados respondieron que Sí se ven afectados por la crecida del río, bien sea directa o indirectamente. De acuerdo a este resultado y de lo observado en el lugar se puede decir que siempre estas personas van a estar afectadas por el río, ya que sus casas están muy cerca del mismo, ocasionándole inundaciones y perdidas materiales, las cuales tratan de evitar mediante pequeñas barreras de concreto al pie de las puertas entre otras.

Pregunta # 2:

¿Sugerencias para evitar dicho problema?

R. Un 45% de los encuestados dio como sugerencia canalizar el río a zonas lejanas de sus hogares, mientras que un 25% están de acuerdo en un embaulamiento del río y un 30% está de acuerdo en colocar muros o diques que impidan el desborde del río en tiempos de lluvias para evitar que los animales acuáticos lleguen a sus viviendas, reubicación de viviendas entre otras. (Figura 5.1).



Figura 5.1 Sugerencias aportadas por la comunidad en cuanto al tema de las crecidas del río.

Pregunta # 3:

¿Ha ocurrido mayores desgracias?

R. El 75% de los encuestados confirmó que NO ocurrió mayores desgracias, pero el resto argumentó que sufrieron pérdidas de paredones, techos por derrumbes de árboles y destrucción total de la infraestructura de un preescolar.

Pregunta # 4:

¿Ha visitado algún instituto en busca de soluciones? ¿Cuál de ellos? ¿Y que le han dicho?

R. El 60% de los encuestados NO ha visitado ningún instituto en busca de soluciones, mientras que el otro 40% se dirigió a la alcaldía y gobernación obteniendo como respuestas que sus viviendas serian reubicadas, un embaulamiento del río y canalización del mismo.

Preguntas # 5 y 6:

¿En algún momento se ha visto afectada su salud por animales, plagas o insectos debido a las inundaciones?

f) Se ve afectado por plagas o insectos? El 100% de los encuestados dijo que SI.

g) Se ve afectado por animales? Un 70% dijo que SI porque dichos animales matan a sus mascotas y entran a sus casas, un 20% dijo que NO porque mantienen sus casas protegidas rodeándolas de gasoil y un 10% dijo que DE VEZ EN CUANDO ya que es normal debido a que construyeron su casa cerca del río.

h) Se ve afectado por inundaciones? El 90% dijo que SI ya que se ubican sus casas a escasos metros del río, mientras que el 10% quedo repartido entre el NO y el TAL VEZ porque son personas que se encuentran mas alejadas de las zonas de inundación. (Figura 5.2).

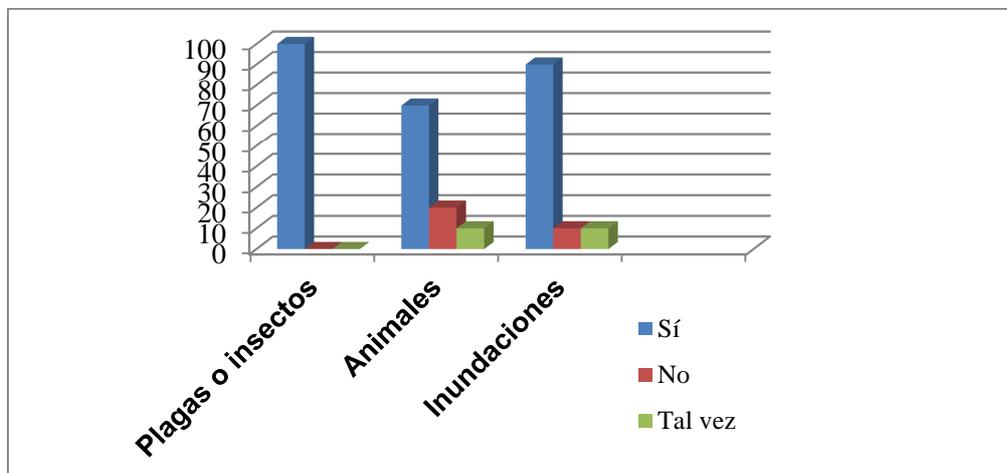


Figura 5.2 Representación de las respuestas 5 y 6 de parte de la comunidad.

Preguntas # 7 y 8:

¿El consejo comunal de este sector se reúne frecuentemente para proponer proyectos en busca de soluciones a esta problemática?

R. El 100% de los encuestados admite que si existe el consejo comunal pero que NO se reúnen para buscar soluciones.

## 5.2 Identificación de las unidades geológicas presentes

El área de estudio esta constituido por los sedimentos de la Formación Mesa y por los Sedimentos Recientes o Aluviones Recientes. La Formación Mesa presenta una litología típica de un proceso regresivo de sedimentación, observándose una secuencia constituida principalmente por sedimentos detríticos gruesos con marcada estratificación cruzada, limos y otros sedimentos finos, los cuales sirven de marco controlador de las escorrentías superficiales de la cuenca media del río Cañafístola.

Localmente el río Cañafístola acarrea cierta cantidad de sedimentos, principalmente en la época de lluvias, produciendo en los diferentes periodos de inundación varias secuencias sedimentarias dispuestas en forma de planadas que dan origen a pequeñas terrazas compuestas por sedimentos areno – limosos, citados por Yáñez, G. (1986), como aluviones recientes.

### **5.3 Descripción de la geomorfología de la cuenca en estudio**

Las características geomorfológicas de la cuenca en estudio presentan una topografía plana y suave con pendientes menores de 2%, donde predomina la etapa de madurez plena de un río debido a que sus corrientes desarrollan meandros con cargas moderadas de sedimentos, depositación de aluviones que constituyen las barras de meandros, llanuras de inundación o llanuras aluviales situadas a los lados del cauce las cuales son desarrolladas por la depositación de sedimentos finos y la erosión lateral producida en las márgenes formando los diques naturales. (Figuras 5.3 y 5.4)

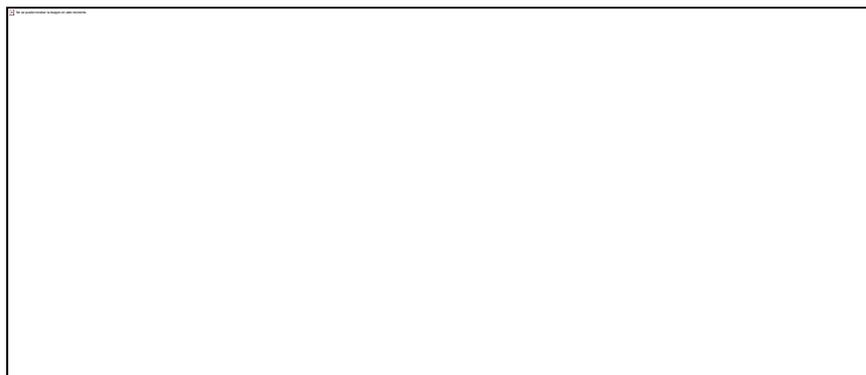


Figura 5.3 Representación gráfica de la geomorfología del cauce.



Figura 5.4 Vista parcial de la geomorfología del cauce.

#### **5.4 Identificación de los aspectos morfodinámicos que actúan en el proceso erosivo**

A lo largo de la zona de estudio se observó detalladamente los cambios progresivos del relieve debido a una serie de factores que actúan en el proceso erosivo los cuales se definen como la canalización periódica del río, el asentamiento urbano desequilibrado entorno al espacio fluvial, desechos sólidos permanentes, deforestación y la carencia de una adecuada distribución de sistemas de alcantarillados que permita actuar como colector de aguas domésticas e industriales. Posteriormente se identificó los cambios del relieve mediante el uso del plano y perfiles topográficos con el fin de determinar la pendiente longitudinal y la longitud del cauce. (Figura 5.5).



Figura 5.5 Factores que actúan en el proceso erosivo.

## 5.5 Determinación de las características hidrográficas de la cuenca en estudio

El objetivo, es la determinación de las características hidrográficas de la cuenca y estimar el caudal máximo de la escorrentía superficial

### 5.5.1 Área de la cuenca media

El área de la cuenca en estudio es de 3953,57 m<sup>2</sup> la cual se obtuvo del plano topográfico a través del uso del planímetro.

### 5.5.2 Pendiente longitudinal (So)

La pendiente de la cuenca media es de 1,8% la cual se obtuvo a través del perfil longitudinal utilizando la siguiente ecuación:

$$So = (Cota\ mayor - Cota\ menor) / Distancia \quad (5.1)$$

### 5.5.3 Determinación de caudales (Q) aplicando el método del “aforo de flotadores”

Los caudales fueron obtenidos mediante la ecuación de Darcy (Tabla 5.1).

$$Q = (Velocidad * \text{Área}) \quad (5.2)$$

Tabla 5.1 Resultados de caudales para cada sección.

Tramo N°	Sección	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/seg)	Caudal (m <sup>3</sup> /seg)
1	A – A'	0,0570	0,40	0,023
	B – B'	0,0308	0,40	0,012
2	C – C'	0,0376	0,43	0,016
	D – D'	0,0720	0,54	0,039
3	E – E'	0,0610	0,60	0,037
	F – F'	0,0700	0,62	0,043
Caudal promedio =				0,028

### 5.5.4 Determinación del coeficiente de rugosidad (n)

El coeficiente de rugosidad para cada sección fue determinado mediante el despeje de la ecuación de Manning (Tabla 5.2).

$$n = (A * Rh^{2/3} * So^{1/2}) / Q \quad (5.3)$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

n = Coeficiente de rugosidad

A = Área (m<sup>2</sup>)

Rh = Radio hidráulico (m)

So = Pendiente longitudinal

Tabla 5.2 Resultados del coeficiente de rugosidad (n) para cada sección.

Tramo N°	Sección	Área (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	Rh (m)	Q (m <sup>3</sup> /seg)	So	n
1	A – A'	0,0570	0,077	0,740	0,023	0,018	0,272
	B – B'	0,0308	0,050	0,616	0,012		0,250
2	C – C'	0,0376	0,050	0,752	0,016		0,260
	D – D'	0,0720	0,050	0,690	0,039		0,190
3	E – E'	0,0610	0,044	1,390	0,037		0,280
	F – F'	0,0700	0,035	2,00	0,043		0,350
n promedio = 0,267							

Estos valores oscilantes entre 0,190 y 0,350 corresponden a un río natural de suelo arenoso, de curso muy sinuoso con pendiente lateral irregular, conteniendo sobre el fondo una vegetación constituida por raíces de árboles, ramas, y otros residuos.

#### 5.5.5 Determinación de la criticidad del cauce

La criticidad del cauce determinado mediante el “Número de Froude” promediado corresponde a un valor menor de 1 siendo un flujo sub – crítico (Tabla 5.3).

$$Fr = (V) / (g * y)^{1/2} \quad (5.4)$$

Donde:

Fr = Número de Froude

V = Velocidad (m/seg)

g = Gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

Y = Altura (m)

Tabla 5.3 Resultados de la criticidad del cauce para cada sección.

Tramo N°	Sección n	Profundidad (m)	Velocidad (m/seg)	Fr
1	A – A'	0,030	0,40	0,74
	B – B'	0,028	0,40	0,76
2	C – C'	0,030	0,43	0,79
	D – D'	0,032	0,54	0,96
3	E – E'	0,055	0,60	0,82
	F – F'	0,065	0,62	0,78
N° de Froude promedio = 0,80				

## 5.6 Cálculos de los parámetros geotécnicos del suelo en el sector Cañafístola II

Las características geotécnicas del suelo en ambas márgenes del cauce dieron como resultado:

### 5.6.1 Margen izquierdo

5.6.1.1 Granulometría por tamizado y límites de Atterberg: Los suelos que más predominan en este margen son las arenas mal gradadas con pocos finos y arena limosa SP-SM según S.U.C.S (ASTM) y AASHTO, A-1-b, A-2-4 y A-3 mezcla de arena, sin material fino mal gradada, suelos granulares con partículas limosas de baja plasticidad y arena fina mal gradada (Tabla 5.6).

5.6.1.2 Humedad: Los resultados obtenidos dieron valores muy variados, debido al momento en la toma de muestras, alcanzando un rango entre 4 y 20% de humedad natural (Tabla 5.6).

5.6.1.3 Densidad in situ: Los valores determinados y promediados de la densidad “in situ” por los métodos del cilindro y del aceite se encuentran entre 1,30 y 1,85 gr/cm<sup>3</sup> en condiciones húmedas y entre 1,10 y 1,70 gr/cm<sup>3</sup> en condiciones secas. Estas densidades dieron un poco baja debido al tipo de suelo que en su mayoría corresponden a arenas finas, arenas media y arenas limosas y arcillosas de baja plasticidad (Tabla 5.6).

5.6.1.4 Compactación: En cuanto a las densidades secas máximas obtenidas, se encuentran en un rango de 1,85 y 2,00 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que los valores obtenidos de densidad seca in situ, están en el rango de 1,10 y 1,70gr/cm<sup>3</sup>, los cuales son considerados como bajos y propensos a la erosión (Tabla 5.4).

El grado de compactación para las diferentes calicatas del margen izquierdo fueron obtenidas mediante la ecuación.

$$\%C = (\gamma_d \text{ in situ} / \gamma_d \text{ max}) * 100 \quad (5.5)$$

Tabla 5.4 Grado de compactación en el margen izquierdo.

Nº Calicatas	$\gamma_d$ In situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ Max (gr/cm <sup>3</sup> )	%C
C1	1,56	1,88	82,98
C2	1,10	1,92	57,30
C3	1,63	1,99	81,91
C4	1,61	1,91	84,30
C5	1,71	1,93	88,60

5.6.1.5 Permeabilidad (K): Los valores de permeabilidad obtenidos a través de la infiltración fueron calculados utilizando la ecuación de Darcy, cuyos parámetros principales son la velocidad de infiltración (V) y el gradiente hidráulico (I) (Tabla 5.5).

$$K = (V) / (I) \quad (5.6)$$

$$V = (\text{Altura}) / (\text{Tiempo}) \quad (5.7)$$

$$I = (H) / (L) \quad (5.8)$$

Tabla 5.5 Valores de permeabilidad del margen izquierdo.

Calicata N°	V (cm/seg)	I = (H/L)	K (cm/seg)
C1	0,0410	1,830	0,0220
C2	0,0037		0,0020
C3	0,0460		0,0250
C4	0,0035		0,0019
C5	0,0180		0,0098

Tabla 5.6 Resultados geotécnicos del suelo en el margen izquierdo.

Margen	Identificación de las muestras	Descripción visual	Granulometría por tamizado Norma ASTM D422			Límites de Atterberg Norma ASTM D4318			Compactación Norma ASTM D1557		Permeabilidad (K) cm/s	Humedad %	Densidad In situ Norma ASTM D2938		S.U.C.S.	Descripción	ASHTO	Descripción
			%			%			Gr/c m <sup>3</sup>	Gr/c m <sup>3</sup>			ST M	H.R.B.				
			Finos menores de 75 μm	Coefficiente de curvatura	Coefficiente de uniformidad	Líquido	Plástico	Plasticidad										
1	Arena limosa de color marrón	,85	,40	,53	8	6		,79	,88	0,022	5,79	,65	,56	P	arena mal gradada	-2-4	Are na limosa de baja plasticidad	

2	Arena media a fina de color marrón claro	,89	,49	,23	P	P	P	,22	,92 <sup>1</sup>	0,0020	9,97 <sup>1</sup>	,31	,10	P	S	Are na mal gradada	-3 <sup>A</sup>	Are na fina
3	Arena media a fina de color marrón oscuro	,17	,24	,65	3	9		,87	,99 <sup>1</sup>	0,0250	,41 <sup>4</sup>	,70	,63	W	S	Are na bien gradada	-1-b <sup>A</sup>	Are na, poc os finos
4	Arena media a fina de color marrón claro	,02	,99	,31	P	P	P	,47	,91 <sup>1</sup>	0,0019	,48 <sup>5</sup>	,69	,61	P	S	Are na mal gradada	-3 <sup>A</sup>	Are na fina
5	Arena media a fina de color marrón claro	,31	,93	,80	P	P	P	,31	,93 <sup>1</sup>	0,0098	,75 <sup>6</sup>	,83	,71	P	S	Are na mal gradada	-3 <sup>A</sup>	Are na fina

## 5.6.2 Margen derecho

5.6.2.1 Granulometría por tamizado y límites de Atterberg: Los suelos que más predominan en este margen son las arenas mal gradadas con pocos finos y arena limosa SP-SM según S.U.C.S (ASTM) y AASHTO, A-1-b, A-2-4 y A-3 mezcla de arena, sin material fino mal gradada, suelos granulares con partículas limosas de baja plasticidad y arena fina mal gradada (Tabla 5.9).

5.6.2.2 Humedad: Los resultados obtenidos dieron valores muy variados, debido al momento en la toma de muestras, alcanzando un rango entre 6,40 y 9,40% de humedad natural (Tabla 5.9).

5.6.2.3 Densidad in situ: Los valores determinados y promediados de la densidad “in situ” por los métodos del cilindro y del aceite se encuentran entre 1,50 y 1,80 gr/cm<sup>3</sup> en condiciones húmedas y entre 1,40 y 1,65 gr/cm<sup>3</sup> en condiciones secas. Estas densidades dieron un poco baja debido al tipo de suelo que en su mayoría corresponden a arenas finas, arenas media y arenas limosas y arcillosas de baja plasticidad (Tabla 5.9).

5.6.2.4 Compactación: En cuanto a las densidades secas máximas obtenidas, se encuentran en un rango de 1,75 y 2,00 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que los valores obtenidos de densidad seca in situ, están en el rango de 1,40 y 1,65 gr/cm<sup>3</sup>, los cuales son considerados como bajos y propensos a la erosión.

Los resultados para el grado de compactación en las diferentes calicatas del margen derecho fueron obtenidos mediante la ecuación descrita anteriormente (Tabla 5.7).

Tabla 5.7 Grado de compactación en el margen derecho.

Nº Calicatas	$\gamma_d$ In situ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ Max (gr/cm <sup>3</sup> )	%C
C1	1,45	1,93	75,13
C2	1,40	1,98	70,71
C3	1,50	1,76	85,23
C4	1,50	1,98	75,76
C5	1,64	1,93	84,97

5.6.2.5 Permeabilidad: Los valores de permeabilidad obtenidos a través de la infiltración fueron calculados utilizando la ecuación de Darcy, cuyos parámetros principales son la velocidad de infiltración (V) y el gradiente hidráulico (I) (Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Valores de permeabilidad del margen derecho.

Calicata Nº	V (cm/seg)	I = (H/L)	K (cm/seg)
C1	0,0270	1,830	0,0150
C2	0,0210		0,0110
C3	0,0330		0,0180
C4	0,0370		0,0200
C5	0,0120		0,0066

Tabla 5.9 Resultados geotécnicos del suelo en el margen derecho.

Identificación de las muestras	Descripción visual	Granulometría por tamizado Norma ASTM D422			Límites de Atterberg Norma ASTM D4318			Compacción Norma ASTM D1557		Permeabilidad (K)  Cm/seg	H. natural Norma ASTM D2217  W %	Densidad In situ Norma ASTM D2938		Sistema de clasificación de suelos			
		%			%			%	$\frac{r}{C}$			Gr/c m <sup>3</sup>	A STM	Descripción	AA SHTO		
		Finos pasantes por el	Coefficiente de curvatura	Coefficiente de uniformidad	Líquido	Plástico	Plasticidad	CHO	Densidad seco máxima			Humedad	Densidad húmeda		Densidad seca		S.U.C.S.
1 C	Arena limosa de color marrón	,04	,24	,66	0	8		,71	,93	0,0150	9,36	,59	,45	SP	Ar ena mal gradada	A- 2-4	na de pla
2 C	Arena limosa de color marrón	,17	,10	,90	3	9		,31	,98	0,0110	8,30	,52	,40	SP	Ar ena mal gradada	A- 2-4	na de pla
3 C	Arena limosa de color marrón	,43	,83	,66	3	0		,03	,76	0,0180	6,44	,60	,50	SP	Ar ena mal gradada	A- 2-4	na de

																		pla
4	C	Arena media a fina de color marrón oscuro	,10	,38	,20	5	2		,92	,98	0,0200	7, 56	,62	,50	S W	Ar ena bien gradada	A- 1-b	na, f
5	C	Arena media a fina de color marrón claro	,14	,86	,93	P	P	P	,01	,93	0,0066	9, 26	,78	,64	SP	Ar ena mal gradada	A-3	n

## **5.7 Identificación del uso actual de la tierra en el sector Cañafístola II**

La identificación del uso actual de la tierra en el sector fue determinada mediante la ordenanza de zonificación y el plan de desarrollo urbano actual perteneciente a CVG. (Ver anexos 1 y 2 respectivamente)

### 5.7.1 Ordenanza de zonificación

5.7.1.1 Zona R.I. (Reserva Industrial): Son aquellas áreas destinadas a la expansión de usos industriales, cuando la demanda lo justifique, según informes favorables de las Autoridades de Planeamiento Urbano.

5.7.1.2 Zona Z.I. (Zona Industrial): Son aquellas áreas destinadas a los usos actuales industriales, ya existentes según informes favorables de las Autoridades de Planeamiento Urbano.

### 5.7.2 Plan de desarrollo urbano actual (C.V.G)

5.7.2.1 Área residencial: Se referirse al conjunto de parcelas residenciales del sector Cañafístola delimitado entre las calles “El Carmen” al Oeste y al Este por las calles “Los Generales” y “Los Silos”.

5.7.2.2 Área institucional: Corresponde al área ocupada por la edificación destinada a las actividades del Matadero Industrial Bolívar (M.I.B).

5.7.2.3 Área comercial: Se encuentra referido a actividades mercantiles genéricas y especializadas al mayor y detal, tales como: Estación de servicio “Cañafístola I, Alfarería “Orinoco”, Aserradero “El Cristo” y Licorería “Alaska”.

5.7.2.4 Área educacional: Esta comprendido por las escuelas y liceos ubicados en la zona, tales como: U.B.N “Menca de Leoni”.

5.7.2.5 Área asistencial: Corresponde a las áreas ocupadas por las edificaciones destinadas a la atención médica de nivel general, tales como: Modulo asistencial “Barrio Venezuela”.

5.7.2.6 Área religiosa: Concierno a las áreas ocupadas por las actividades sociales, artísticas y de culto de ámbito general, tales como: Iglesia “La Profecía”.

5.7.2.7 Áreas de invasión: Corresponde a las áreas ocupadas ilegalmente sin planificación urbana y con riesgos existentes desconocidos limitadas entre la calle Soubllette al Norte y al Sur con el Matadero Industrial Bolívar (M.I.B).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Al diagnosticar la problemática existente en el área de estudio se evidencio que las personas antes de habitar la comunidad no tomaron en cuenta las características del suelo y los periodos de crecidas del río trayendo como consecuencia las inundaciones, pérdidas de materiales y destrucción de viviendas cercanas al mismo, sin omitir el brote de enfermedades debido a la epidemia de insectos acarreada por la contaminación emanada del Matadero Industrial Bolívar (M.I.B).

Los integrantes de la organización vecinal (consejo comunal) del sector han planteado algunos proyectos en diferentes oportunidades a las autoridades gubernamentales para controlar las crecidas ocasionadas por el río Cañafístola los cuales no han recibido respuesta a una solución que conlleve a las mejoras de esta comunidad.

Al identificar las unidades geológicas mediante el reconocimiento visual y toma de muestras en las márgenes del cauce, se comprobó que el área de estudio esta constituido por los sedimentos detríticos gruesos con marcada estratificación cruzada de la Formación Mesa y sedimentos areno – limosos como Aluviones Recientes acarreados por el río.

Respecto a los rasgos geomorfológicos de la cuenca, el relieve expreso una topografía plana y suave con pendientes menores de 2%, donde predomina la etapa de madurez plena de un río debido a que sus corrientes desarrollan meandros con cargas moderadas de sedimentos, depositación de aluviones que constituyen las barras de

meandros, llanuras de inundación situadas a los lados del cauce las cuales son desarrolladas por la depositación de sedimentos finos y la erosión lateral.

El río es de régimen permanente, cuyo curso principal recorre sinuosamente la planicie aluvial transportando un volumen de agua significativo durante el período de la época de lluvia.

Los aspectos morfodinámicos que actúan en el proceso erosivo del cauce en la cuenca media del río Cañafístola se fundamentan en la alteración antrópica de los factores que aceleran el violento cambio del relieve, los cuales se definen como la canalización periódica del río, el asentamiento urbano desequilibrado entorno al espacio fluvial, los desechos sólidos permanentes procedentes tanto de la comunidad como del Matadero Industrial Bolívar (M.I.B), deforestación y la carencia de una adecuada distribución de sistemas de alcantarillados que permita actuar como colector de aguas domésticas e industriales.

La cuenca media en estudio abarca un área aproximadamente de 3,954 km<sup>2</sup> con una longitud de 562,23 m. Los caudales determinados a través del método del “aforo de flotadores” realizados en épocas de sequía correspondientes al mes de marzo del 2010 oscilaron entre 0,012 y 0,043 m<sup>3</sup>/seg reflejando valores de velocidades bajas del cauce debido a la pendiente longitudinal de 1,8% permitiendo obtener el coeficiente de rugosidad para cada sección dando rangos entre 0,190 y 0,350 cuyos valores corresponden a un río natural de suelo arenoso, de curso muy sinuoso con pendiente lateral irregular, conteniendo sobre el fondo una vegetación constituida por raíces de árboles, ramas, y otros residuos.

La criticidad del cauce determinado mediante el “Numero de Froude” dio como resultado valores que se encuentran entre 0,740 y 0,960 correspondiente a un flujo sub – crítico.

En cuanto a los parámetros geotécnicos, los suelos que más predominan en ambas márgenes del cauce son las arenas mal gradadas con pocos finos y arena limosa SP-SM de baja plasticidad, conteniendo humedades naturales entre 4 y 20% y densidades húmedas y secas de 1,30 a 1,85 gr/cm<sup>3</sup> y de 1,10 y 1,70 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.

Los resultados para el grado de compactación en las diferentes calicatas de ambas márgenes del cauce oscilan entre 57,30 y 88,60 % las cuales no entran dentro de los rangos para el tipo de obras por ejecutar, siendo de 90 a 100 %. La permeabilidad obtenida a través de la infiltración en ambas márgenes del cauce varía entre 0,0019 y 0,0250cm/seg clasificándose como buena y definida entre 0,001 y 1 cm/seg comprobando que el suelo no es apto para ejecución de obras.

La identificación del uso actual de la tierra en el sector fue determinada mediante la ordenanza de zonificación obteniendo como resultado zona de Reserva Industrial destinada a la expansión de usos industriales y Zona Industrial destinada a los usos actuales industriales ya existentes, y mediante el plan de desarrollo urbano actual perteneciente a CVG, clasificándola en áreas residenciales, institucional, comercial, educacional, asistencial, religiosa y de invasión.

### **Recomendaciones**

Evitar que el cauce siga siendo un colector de aguas domesticas e industriales mediante la concientización y colaboración tanto de la comunidad del sector Cañafístola II como de los entes gubernamentales así como también impulsar los proyectos con fines de ordenamiento y planificación urbana teniendo en cuenta las características físicas de la zona siendo sugeridos de la siguiente manera:

Reactivar y mantener el programa de desmalezamiento por parte de los entes gubernamentales y de la comunidad específicamente en las canaletas que actúan como disipadoras de energía que contengan vegetación para evitar el estancamiento de las aguas.

Impedir que las aguas domesticas e industriales sigan drenando libremente hacia el cauce a través de redes de cloacas construidas estratégicamente sobre el espacio urbano con la ayuda de los entes gubernamentales.

Aplicar las leyes pertinentes en cuanto a las distancias mínimas que deben existir para la construcción de edificios o viviendas mediante la reubicación de familias en zonas que se deben cumplir funciones de protección, el desarrollo de áreas verdes como recreacionales y actividades diseñadas para incrementar la conciencia de la comunidad y decisiones de los entes gubernamentales a fin de mantener el cauce natural del río y su ecosistema.

Las tendencias que deben seguir los organismos del Estado junto con aplicaciones de ingeniería son necesarias para mejorar la predicción de la evolución de ríos meándricos bajo criterios geotécnicos con diseños de estructuras de control, teniendo en cuenta no sólo parámetros hidráulicos y morfológicos, sino también el impacto de nuevas estructuras tanto en el funcionamiento del ecosistema como en la restauración de los procesos naturales de la morfodinámica fluvial.

Realizar trabajos de canalización o extracción de materiales en el río con exceso de sedimentación en períodos de lluvias para mejorar la capacidad de conducción y evitar que las crecidas se desvíen de su cauce natural que ocasiona inundaciones en la comunidad.

Planificar y ejecutar proyectos para la construcción de muros de contención con la ayuda del levantamiento topográfico y la realización de estudios geotécnicos e hidrológicos con el propósito de proteger vidas y bienes de la comunidad.

Concientizar y movilizar a la comunidad para colaborar en el mantenimiento y limpieza del cauce, evitando verter desechos y minimizar los daños ambientales causados por las distintas actividades realizadas dentro de la cuenca media del río Cañafístola.

Reactivar y reorganizar el Consejo Comunal del sector Cañafístola II con el fin de elaborar proyectos relacionados con el control de crecidas y el ordenamiento urbanístico mediante foros informativos y participativos sobre soluciones alternativas en cuanto a los problemas existentes en la comunidad.

## REFERENCIAS

Betancourt, Carolina y Guevara, Zenaida (1989). **ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO E HIDROLÓGICO CON FINES DE ORDENACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAN RAFAEL**. Ciudad Bolívar Edo Bolívar. Universidad de Oriente (UDO), Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Geólogo. Ciudad Bolívar, pp 12-20, 42-51, 56, 57 y 90.

Blanco Lagardere, Luzmila (1.991), **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOHIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA**. Trabajo de grado, Ciudad Bolívar: Universidad. De Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra.

Bowles, J.E. (1981) **“MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL”**. Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana S.A. Bogotá, Colombia, pp 11, 15, 36, 69 y 79.

Cabrera L, Jhoarliss E., y HurtadoT. , Orlando J. (2008).**CARACTERIZACIÓN GEOLOGICA, GEOTÉCNICA E HIDROLÓGICA DEL RÍO SAN RAFAEL CON FINES DE ORDENAMIENTO Y CONSERVACIÓN MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado, Ciudad Bolívar: Universidad. De Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra

Chaparro, E. y Fossi A. (1988). **ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO CON FINES DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA MUNICIPIO AUTÓNOMO HERES. CIUDAD BOLÍVAR-**

**ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado, Ciudad Bolívar: Universidad. De Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, pp 3.

Fernández G., Sandra y María M. Hurtado R. (2.004), **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA, DISTRITO AUTÓNOMO HERES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado, Ciudad Bolívar: Universidad. De Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra.

González de Juana (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Caracas. FONINVES.

González de Vallejo, Luis I. (2006) **INGENIERÍA GEOLÓGICA.** Pearson educación, Madrid.

Gutiérrez, Eliene y Pérez Karelis (2001). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL, BUENA VISTA Y SANTA BÁRBARA. CIUDAD BOLÍVAR, EDO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo especial de grado para optar al título de Geólogo. Pág. 19, 20, 30.

Juárez, Badillo E y Rico, R.A. (1974). **“MECÁNICA DE SUELOS”.** Tercera Edición. Tomos I Editorial Limusa, S.A. México, pp 129 – 133 y 576.

Krynine, D., Judd, W. (1972) **PRINCIPIOS DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA PARA INGENIEROS.** Tercera edición, Omega, Barcelona, pp 625-648.

Lambe, William y Whitman, Robert. (2001). **“MECANICA DE SUELOS”**. Segunda Edición. Editorial Limusa. S.A. México DF, pp 47 y 305.

**LEY ORGÁNICA PARA LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO.** Gaceta Oficial N° 38279 de fecha 2 de septiembre de 2005.

**LEY DE AGUAS.** Gaceta Oficial N° 38.595 del 2 de Enero de 2007.

Linsley, Kholer. (1977). **HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS.** Segunda Edición. Editorial Mc Graw – Hill. Bogotá, Colombia.

Martínez, Ferla y Pérez Eneida (2007). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA AMBIENTAL DEL RÍO SAN RAFAEL EN ÉPOCAS DE SEQUÍA Y LLUVIA. MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo especial de grado para optar al título de Geólogo. Pág. 19-21, 55-57, 77, 78.

Mendoza, Vicente. (2005) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA.** Ciudad Bolívar, Tomo I., pp 45-62.

Olarte Lissy, Ruiz José y Gonzáles Donis (2000). **HIDROLÓGICA URBANA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SAN RAFAEL. CIUDAD BOLÍVAR, EDO. BOLÍVAR.** Universidad de Oriente (UDO), Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Geólogo. Ciudad Bolívar. Pág. 41-44, 46, 53-58, 72.

Rodríguez. R., Gipsis y Chacon Johny. (2001). **HIDROLOGÍA URBANA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAÑAFISTOLA. MUNICIPIO**

**AUTÓNOMO HERES CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado, Ciudad Bolívar: Universidad. De Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra.

Strahler, Arthur (1989) **GEOGRAFÍA FÍSICA** .Ediciones Omega. Barcelona, España, pp 280 – 290 y 347 - 356.

Ven Te Chow (1994). **HIDRÁULICA PARA CANALES ABIERTOS.** Editorial Mc Graw – Hill. Bogotá, Colombia, pp 5, 13, 96 – 111.

Universidad Nacional de Colombia (1997). **SEDE MEDELLIN- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.** 15 de Febrero del 2010, [[www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-24.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-24.pdf)].

Universidad Católica del Norte (2009) **UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE- CHILE.** 22 de enero de 2010, [<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica9.htm>].

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

### MODELO DE ENCUESTA



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
TRABAJO DE GRADO

TEMA: Caracterización geológica, geotécnica e hidrológica de la cuenca media del río “Cañafístola” (sector Cañafístola II), con fines de ordenamiento urbanístico y mejoras.

Municipio Heres - Ciudad Bolívar  
Encuesta Realizada a la Comunidad

Fecha: \_\_\_\_\_

Día: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Encuesta #: \_\_\_\_\_

## Datos del Entrevistado:

- Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_
- Dirección: \_\_\_\_\_
- Desde cuando vive en el lugar: \_\_\_\_\_
- Número de personas que viven en su casa: \_\_\_\_\_

## Preguntas Realizadas:

1) En algún momento se ha visto afectado por las crecidas del río Cañafístola? Sí \_\_\_ o No\_\_\_ ¿De qué manera? \_\_\_\_\_

Y ¿Qué ha hecho para evitarlo?

---

---

---

2) Sugerencias para evitar o controlar dicho problema?

---

---

3) Ha ocurrido mayores desgracias por efecto de la misma crecida? Sí \_\_\_ o No\_\_\_

¿De qué manera?

---

---

4) Ha visitado algún Instituto en busca de Soluciones? Sí\_\_\_ No\_\_\_ ¿Cuál Instituto? \_\_\_\_\_

5) Y que le han dicho? \_\_\_\_\_

6) En algún momento ha visto presencia de animales e insectos debido a las crecidas del rio Cañafístola? Sí \_\_\_ o No\_\_\_  
¿cuales? \_\_\_\_\_

Y ¿Qué ha hecho para controlarlo?

---

---

---

7) En algún momento se ha visto afectada su salud por las crecidas del rio Cañafístola?

Sí \_\_\_ o No\_\_\_ ¿De qué manera? \_\_\_\_\_

Y ¿Qué ha hecho para evitarlo?

---

---

---

8) El Consejo Comunal de este sector se reúnen frecuentemente para la solución de esta problemática? Sí \_\_\_ o No\_\_\_

9) El Consejo Comunal de este sector tienen proyectos propuestos para la solución de la problemática existente? Sí \_\_\_ o No\_\_\_ ¿Cómo cuales?

---

---

---

## **APÉNDICE B**

### **MINUTA TOPOGRÁFICA DE CAMPO**

Tabla B.1 Minuta topográfica de campo.

Estación	Punto visado	Azimut (°)	< Vertical (°)	Distancia inclinada (m)	Distancia horizontal (m)	Desnivel (m)	Cota (m)
<b>Tramo I</b>							
							<b>30</b>
<b>P.H</b>	1	5°00'00''	-1°00'00''	30,00	29,99	-0,52	29,48
<b>1</b>	2	356°00'00''	-1°00'00''	20,00	19,99	-0,35	29,13
<b>2</b>	2d	91°00'00''	+1°00'00''	3,80	3,79	+0,07	29,20
	2d'	91°00'00''	+7°00'00''	4,94	4,91	+0,60	29,73
	2i	271°00'00''	+1°00'00''	3,58	3,58	+0,06	29,20
	2i'	270°00'00''	+3°00'00''	4,92	3,91	+0,26	29,39
<b>2</b>	3	358°00'00''	-1°00'00''	30,00	29,99	-0,52	28,61
<b>3</b>	3d	90°00'00''	+0,5°00'00''	1,65	1,65	+0,01	28,62
	3d'	90°00'00''	+0,5°00'00''	2,44	2,44	+0,02	28,63
	3i	271°00'00''	+1°00'00''	2,72	2,72	+0,05	28,66
	3i'	271°00'00''	+6°00'00''	4,10	4,08	+0,43	29,04
<b>3</b>	4	4°00'00''	-1°00'00''	30,00	29,99	-0,52	28,09
<b>4</b>	5	14°00'00''	-1°00'00''	25,00	24,99	-0,44	27,65

<b>5</b>	6	31°00'00''	-0,8°00'00''	30,00	29,99	-0,42	27,23
<b>Tramo II</b>							
<b>6</b>	7	58°00'00''	-0,8°00'00''	18,00	17,99	-0,25	26,98
<b>7</b>	8	82°00'00''	-0,5°00'00''	15,00	14,99	-0,13	26,85
<b>8</b>	9	47°00'00''	-1°00'00''	30,00	29,99	-0,52	26,33
<b>9</b>	9d	131°00'00''	+1°00'00''	4,30	4,29	+0,08	26,41
	9d'	131°00'00''	+2°00'00''	4,90	4,89	+0,17	26,50
	9i	311°00'00''	+3°00'00''	2,75	2,74	+0,14	26,47
	9i'	311°00'00''	+7°00'00''	3,83	3,80	+0,47	26,78
<b>9</b>	10	36°00'00''	-1°00'00''	30,00	29,99	-0,52	25,81

Continuación de la tabla B.1

<b>10</b>	11	56°00'00''	-1°00'00''	30,00	29,99	-0,52	25,29
<b>11</b>	11d	152°00'00''	+0,5°00'00''	3,85	3,85	+0,03	25,32
	11d'	152°00'00''	+4°00'00''	5,27	5,26	+0,37	25,66
	11i	333°00'00''	+0,5°00'00''	1,85	1,85	+0,02	25,31
	11i'	333°00'00''	+7°00'00''	3,52	3,50	+0,43	25,72
<b>11</b>	12	62°00'00''	-1°00'00''	35,00	34,99	-0,61	24,68
<b>12</b>	13	48°00'00''	-1°00'00''	28,00	27,99	-0,49	24,19

<b>13</b>	14	66°00'00''	-1°00'00''	25,00	24,99	-0,44	23,75
<b>Tramo III</b>							
<b>14</b>	15	63°00'00''	-0,5°00'00''	15,00	14,99	-0,13	23,62
<b>15</b>	16	41°00'00''	-1°00'00''	26,00	25,99	-0,45	23,17
<b>16</b>	16d	125°00'00''	+0,5°00'00''	1,60	1,60	+0,01	23,18
	16d'	125°00'00''	+5,5°00'00''	2,60	2,59	+0,25	23,42
	16i	306°00'00''	+2,5°00'00''	2,66	2,66	+0,12	23,29
	16i'	306°00'00''	+5°00'00''	5,40	5,38	+0,47	23,64
<b>16</b>	17	29°00'00''	-1°00'00''	35,00	34,99	-0,61	22,56
<b>17</b>	18	39°00'00''	-1°00'00''	25,00	24,99	-0,44	22,12
<b>18</b>	19	32°00'00''	-0,5°00'00''	16,00	15,99	-0,14	21,98
<b>19</b>	20	29°00'00''	-1,5°00'00''	25,00	24,99	-0,65	21,33
<b>20</b>	21	32°00'00''	-1°00'00''	13,00	12,99	-0,23	21,10
<b>21</b>	21d	140°00'00''	+3°00'00''	1,25	1,25	+0,07	21,17
	21d'	140°00'00''	+3,5°00'00''	2,70	2,69	+0,17	21,27
	21i	320°00'00''	+1°00'00''	2,20	2,20	+0,04	21,14
	21i'	320°00'00''	+6°00'00''	3,00	2,98	+0,31	21,41
<b>21</b>	P.S	44°00'00''	-2°00'00''	31,30	31,28	-1,09	20,01

## APÉNDICE C

### DATOS DE MEDICIONES HIDROLÓGICAS

Tabla C.1 Datos de profundidad y anchura para cada punto.

Tramo	Punto	Profundidad (cm)	Anchura (m)
1	P.h	3,50	1,60
	1	3,00	2,50
	2	3,00	3,80
	3	2,80	2,20
	4	3,00	2,00
	5	3,20	3,50
	6	3,50	2,80
2	7	3,50	2,30
	8	3,50	2,70
	9	3,00	2,50
	10	2,50	1,80
	11	3,20	4,50
	12	4,00	2,40
	13	5,20	1,90
	14	5,00	2,30
3	15	5,00	2,40
	16	5,50	2,20
	17	5,80	2,40
	18	6,00	1,90
	19	6,00	1,20
	20	6,50	2,30
	21	6,50	1,80
	P.s	7,00	2,40

Tabla C.2 Datos de velocidad para cada una de las secciones

Tramo	Secciones	Distancia (m)		Tiempo (seg)		Velocidad (m/seg)	
			Prom.		Prom.		Prom.
1	A – A'	8,52	14,20	20,76	36,06	0,41	0,40
		15,62		41,37		0,38	
		18,46		53,09		0,35	
		14,20		29,01		0,50	
	B – B'	12,78	10,41	29,78	25,91	0,43	0,40
		9,94		27,71		0,36	
8,52		20,23		0,42			
2	C – C'	8	9,33	18,43	21,90	0,43	0,43
		12		29,24		0,41	
		8		18,01		0,44	
	D – D'	17	16	29,50	29,86	0,61	0,54
		15		30,22		0,59	
3	E – E'	20		33,73		0,60	
	F – F'	13,50		21,83		0,62	

## **APÉNDICE D**

### **DENSIDAD IN SITU**

Tabla D.1 Valores de densidad In situ (Método del Cilindro).

Calicatas →		1	2	3	4	5
Margen izquierdo	<b>Peso del Cilindro (gr)</b>	133,50	133,50	---	133,50	133,50
	<b>Diámetro del Cilindro (cm)</b>	7,20	7,20	---	7,20	7,20
	<b>Altura del Cilindro (cm)</b>	4,20	4,20	---	4,20	4,20
	<b>Peso de la muestra (gr)</b>	282,00	224,80.	---	294,10	317,00
	<b>Volumen del Cilindro (cm<sup>3</sup>)</b>	171,00	171,00	---	171,00	171,00
	<b>Densidad húmeda (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,65	1,31	---	1,72	1,85
	<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,56	1,10	---	1,63	1,73
	<b>% de Humedad Promedio</b>	5,79	19,97	---	5,40	6,88
Margen derecho	<b>Peso del Cilindro (gr)</b>	133,50	133,50	133,50	133,50	133,50
	<b>Diámetro del Cilindro (cm)</b>	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20
	<b>Altura del Cilindro (cm)</b>	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
	<b>Peso de la muestra (gr)</b>	271,40	259,60	272,50	274,30	304,10
	<b>Volumen del Cilindro (cm<sup>3</sup>)</b>	171,00	171,00	171,00	171,00	171,00
	<b>Densidad húmeda (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,59	1,52	1,59	1,60	1,78
	<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,45	1,40	1,49	1,49	1,62
	<b>% de Humedad Promedio</b>	9,36	8,30	6,22	7,25	9,88

Tabla D.2 Valores de densidad In situ (Método del Aceite).

<b>Calicatas</b>		→	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Margen izquierdo</b>	<b>Humedad</b>	H2O contenida (gr)	0,80	0,73	1,30
		Suelo Seco (gr)	18,13	13,15	19,65
		Humedad %	4,41	5,55	6,62
	<b>Volumen del hoyo</b>	Lectura Inicial (cm <sup>3</sup> )	500	500	504
		Lectura Final (cm <sup>3</sup> )	184	156	170
		Volumen (cm <sup>3</sup> )	316	344	334
	<b>Densidades</b>	Peso del suelo húmedo (gr)	538,50	580,09	606,20
		Densidad Húmeda gr / cm <sup>3</sup>	1,70	1,67	1,81
		Densidad Seca gr / cm <sup>3</sup>	1,63	1,58	1,69
<b>Margen derecho</b>	<b>Humedad</b>	H2O contenida (gr)	1,08	0,70	0,56
		Suelo Seco (gr)	16,22	8,89	6,48
		Humedad %	6,66	7,87	8,64
	<b>Volumen del hoyo</b>	Lectura Inicial (cm <sup>3</sup> )	500	500	504
		Lectura Final (cm <sup>3</sup> )	179	172	178
		Volumen (cm <sup>3</sup> )	321	328	326
	<b>Densidades</b>	Peso del suelo húmedo (gr)	517,50	534,33	585,20
		Densidad Húmeda gr / cm <sup>3</sup>	1,61	1,63	1,79
		Densidad Seca gr / cm <sup>3</sup>	1,51	1,51	1,65

## **APÉNDICE E**

### **ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS**

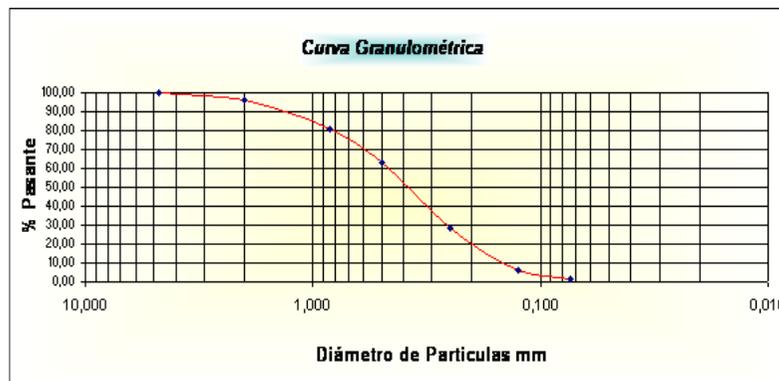
C1 Margen izquierdo				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO									
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63			P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	% Retenido en Cada Tamiz	% Acumula do en Cada Tamiz	% Pasante de Cada Tamiz	Peso de la Muestra Para el Ensayo				
Abertur a Nominal	Diá metro mm	T amiz N°											
Granulometría Gruesa	Grava	Grue	64,0 0	2 1/2						Peso Inicial de la Muestra + Bandeja	92,2 7	r.	
			19,0 0	3/4						Peso Total o Inicial del la Muestra	00	r.	
		Fina	12,7 00	1/2							Peso Final de Suelo	99,9 5	r.
			9,50 0	3/8							Peso en Pérdida	,05	r.
			4,75 0	N ° 4							Porcentaje (%) en Pérdida	,010 0	
Granulometría Fina	Arenas	Grue	2,00 0	N ° 10	6 68,29	683 ,61	15, 32	3,0 6	3,0 6	96, 94	Pérdida no Mayor según ASTM		
		Media	0,84 0	N ° 20	5 06,47	538 ,37	31, 90	6,3 8	9,4 4	90, 56	Peso de la Bandeja	92,2 7	r.
			0,50 0	N ° 35	5 56,46	598 ,50	42, 04	8,4 1	17, 85	82, 15	Después de Lavarla		
		Fina	0,25 0	N ° 60	5 21,85	655 ,40	133 ,55	26, 71	44, 57	55, 43	RESULTADOS		
			0,12	N	5	664	163	32,	77,	22,			

			5	° 120	01,06	,68	,62	73	29	71	
			0,07	N	3	367	64,	12,	90,	9,8	
			5	° 200	03,45	,70	25	85	15	5	
Pan					4	533	49,	9,8	100	0,0	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.
					83,77	,04	27	5	,00	0	
										Grava gruesa (pasa 3"-ret 3/4)	0,000
										Grava fina (pasa 3/4"-ret N°4)	0,000
										Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	0,064
										Arena media (pasa N°10"-ret N°40)	4,789
										Arena fina (pasa N°40"-ret N°200)	2,291
										Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	0,855
										Total de fracciones	100,00
										D10	0,0764
										D30	0,1700
										D60	0,2700
										Coefficiente de Uniformidad Cu	3,5340
										Coefficiente de Curvatura Cc	1,4010

Figura E.1 Análisis granulométrico.

C2 Margen izquierdo				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO								
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63				P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	% Retenido en Cada Tamiz	% Acumula do en Cada Tamiz	% Pasante de Cada Tamiz	Peso de la Muestra Para el Ensayo		
Abertur a Nominal	Diá metro mm	T amiz N°										
Granulometría Gruesa	Grava	Grue	64,0 0	2 1/2						Peso Inicial de la Muestra + Bandeja	92,2 7	r.
			19,0 0	3/4						Peso Total o Inicial del la Muestra	00	r.
	Fina	12,7 00	1/2							Peso Final de Suelo	99,9 9	r.
		9,50 0	3/8							Peso en Pérdida	,01	r.
		4,75 0	N °4							Porcentaje (%) en Pérdida	,002	

Granulometría Fina	Arenas	Gruesa	2,00	N	6	686	17,	3,5	3,5	96,	Pérdida no Mayor según ASTM	0	
			0	°10	68,34	,21	87	7	7	43			
		Media	0,84	N	5	583	77,	15,	19,	80,	Peso de la Bandeja	92,2	r.
			0	° 20	06,03	,70	67	53	11	89			
		Fina	0,50	N	5	644	87,	17,	36,	63,	Después de Lavarla		
			0	° 35	56,39	,28	89	58	69	31			
		Fina	0,25	N	5	694	172	34,	71,	28,	RESULTADOS		
			0	° 60	21,87	,55	,68	54	22	78			
			0,12	N	5	614	112	22,	93,	6,1			
		Fina	5	° 120	01,21	,14	,93	59	81	9	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.		
0,07	N		3	325	21,	4,3	98,	1,8					
Pan					4	493	9,4	1,8	100	0,0			
					83,80	,26	6	9	,00	0			
											Grava gruesa (pasa 3" - ret 3/4)	0	,000
											Grava fina (pasa 3/4" -	0	



ret N°4)	,000	
Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	,574	3
Arena media (pasa N°10-ret N°40)	3,113	3
Arena fina (pasa N°40-ret N°200)	1,421	6
Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	,892	1
Total de fracciones	00,00	1
D10	,1640	0
D30	,3300	0
D60	,3500	1
Coefficiente de Uniformidad Cu	,2317	8

	Coeficiente de Curvatura Cc	0 ,4919
--	--------------------------------	------------

Figura E.2 Análisis granulométrico.

C3 Margen izquierdo				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO									
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63				P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	%	%	%	Peso de la Muestra Para el Ensayo			
Abertur a Nominal	Diá metro mm	T amiz N°	Acumula do en Cada Tamiz										Pasante de Cada Tamiz
Granulometría Gruesa	Grava	Grue	64,0 0	2 1/2							Peso Inicial de la Muestra + Bandeja	92,2 9	r.
			19,0 0	3/4							Peso Total o Inicial del la Muestra	00	r.
	Fina	12,7 00	1/2								Peso Final de Suelo	99,5 1	r.

Granulometría Fina	Arenas	Gruesa	9,50 0	3/8							Peso en Pérdida	,49	r.		
			4,75 0	N ° 4							Porcentaje (%) en Pérdida	,098 0			
		Medía	2,00 0	N °10	6 68,22	697 ,77	29, 55	5,9 2	5,9 2	94, 08	Pérdida no Mayor según ASTM				
			0,84 0	N ° 20	5 05,91	628 ,74	122 ,83	24, 59	30, 51	69, 49	Peso de la Bandeja	92,2 9	r.		
			0,50 0	N ° 35	5 56,26	653 ,66	97, 40	19, 50	50, 01	49, 99	Después de Lavarla	,00			
		Fina	0,25 0	N ° 60	5 21,77	638 ,00	116 ,23	23, 27	73, 27	26, 73	RESULTADOS				
			0,12 5	N ° 120	5 01,15	567 ,40	66, 25	13, 26	86, 54	13, 46					
			0,07 5	N ° 200	3 03,57	340 ,02	36, 45	7,3 0	93, 83	6,1 7	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.				
		Pan					4	514	30,	6,1	100	0,0			

	83,80	,60	80	7	,00	0		
							Grava gruesa (pasa 3"-ret 3/4)	0,000
							Grava fina (pasa 3/4"-ret N°4)	0,000
							Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	5,916
							Arena media (pasa N°10"-ret N°40)	4,089
							Arena fina (pasa N°40"-ret N°200)	4,829
							Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	6,166
							Total de fracciones	100,00
							D10	0,0989
							D30	0,2840

	D60	,6580	0
	Coefficiente de Uniformidad Cu	,6532	6
	Coefficiente de Curvatura Cc	,2394	1

Figura E.3 Análisis granulométrico.

C4 Margen izquierdo				<i>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</i>									
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63				P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	% Retenido en Cada Tamiz	% Acumula do en Cada Tamiz	% Pasante de Cada Tamiz	Peso de la Muestra Para el Ensayo			
Abertura Nominal		Diá metro mm	T amiz Nº							Peso Inicial de la Muestra + Bandeja			
Granulomé tría Gruesa Grava Grue	64,0 0		2 1/2							92,2 6		r.	
	19,0									Peso Total o Inicial			

Granulometría Fina	Fina	0	3/4							del la Muestra	00	r.
		12,700	1/2							Peso Final de Suelo	99,99	r.
		9,500	3/8							Peso en Pérdida	,01	r.
		4,750	N° 4							Porcentaje (%) en Pérdida	,0020	
	Media	2,000	N° 10	68,44	683,01	14,57	2,91	2,91	97,09	Pérdida no Mayor según ASTM		
		0,840	N° 20	506,03	553,65	47,62	9,52	12,44	87,56	Peso de la Bandeja	92,26	r.
		0,500	N° 35	556,55	619,50	62,95	12,59	25,03	74,97	Después de Lavarla	,00	
		0,250	N° 60	522,70	636,55	113,85	22,77	47,80	52,20	RESULTADOS		
	0,12	N	55	664	163	32,	80,	19,				

			5	° 120	01,19	,97	,78	76	56	44		
			0,07	N	3	385	82,	16,	96,	3,0	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.	
			5	° 200	03,44	,57	13	43	98	2		
Pan					4	498	15,	3,0	100	0,0		
					83,81	,90	09	2	,00	0		
											Grava gruesa (pasa 3" - ret 3/4)	0,000
											Grava fina (pasa 3/4" - ret N°4)	0,000
											Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	2,914
											Arena media (pasa N°10" - ret N°40)	2,114
											Arena fina (pasa N°40" - ret N°200)	7,1953
											Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	3,018
											Total de fracciones	100,00

D10	,0940	0
D30	,1700	0
D60	,3110	0
Coeficiente de Uniformidad Cu	,3085	3
Coeficiente de Curvatura Cc	,9886	0

Figura E.4 Análisis granulométrico.

C5 Margen izquierdo			<i>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</i>						
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63			P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	% Retenido en Cada Tamiz	% Acumula do en Cada Tamiz	% Pasante de Cada Tamiz	Peso de la Muestra Para el Ensayo
Abertura Nominal	Diámetro mm	Tamiz N°							

Granulometría Gruesa	Gravas	Grue	64,00	2 1/2							Peso Inicial de la Muestra + Bandeja	92,22	r.	
			19,00	3/4							Peso Total o Inicial del la Muestra	00	r.	
		Fina	12,700	1/2								Peso Final de Suelo	99,53	r.
			9,500	3/8								Peso en Pérdida	,47	r.
			4,750	N ° 4								Porcentaje (%) en Pérdida	,0940	
		Granulometría Fina	Arenas	Grue	2,000	N °10	66,64	688,34	21,70	4,34	4,34	95,66	Pérdida no Mayor según ASTM	
Media	0,840			N ° 20	504,12	579,12	75,00	15,01	19,36	80,64	Peso de la Bandeja	92,22	r.	
	0,50			N	5	646	87,	17,	36,	63,	Después de Lavarla			

		0	° 35	59,07	,25	18	45	81	19			
Fina		0,25	N	5	698	175	35,	71,	28,	RESULTADOS		
		0	° 60	23,43	,45	,02	04	85	15			
		0,12	N	5	612	111	22,	94,	5,8			
		5	° 120	00,76	,14	,38	30	14	6			
		0,07	N	3	327	22,	4,5	98,	1,3	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.		
	5	° 200	04,33	,03	70	4	69	1				
Pan				4	493	6,5	1,3	100	0,0			
				86,71	,26	5	1	,00	0			
										Grava gruesa (pasa 3"-ret 3/4)		0
										Grava fina (pasa 3/4"-ret N°4)		0
										Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)		4,344
										Arena media (pasa N°10"-ret N°40)		2,467
										Arena fina (pasa N°40"-ret N°200)		1,878

Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	,311	1
Total de fracciones	00,00	1
D10	,1680	0
D30	,2710	0
D60	,4710	0
Coefficiente de Uniformidad Cu	,8036	2
Coefficiente de Curvatura Cc	,9281	0

Figura E.5 Análisis granulométrico.

C1 Margen derecho		<i>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</i>					
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63	P	Pes	Pes	%	%	%	Peso de la Muestra Para el Ensayo

Abertura Nominal			Diámetro mm	Tamiz N°	Peso del Tamiz (gr)	Peso del Tamiz + Suelo (gr)	Peso del Suelo (gr)	Retenido en Cada Tamiz	Acumulado en Cada Tamiz	Pasante de Cada Tamiz			
Granulometría Gruesa	Grava	Grue	64,00	2 1/2							Peso Inicial de la Muestra + Bandeja	92,29	r.
			19,00	3/4							Peso Total o Inicial del la Muestra	00	r.
	Fina		12,700	1/2							Peso Final de Suelo	99,55	r.
			9,500	3/8							Peso en Pérdida	,45	r.
			4,750	N° 4							Porcentaje (%) en Pérdida	,0900	
anulometría	Grava	Grue	2,000	N° 10	659,68	679,69	20,01	4,01	4,01	95,99	Pérdida no Mayor según ASTM		

Media	0,84	N	5	538	28,	5,6	9,6	90,	Peso de la Bandeja	92,2 9	r.									
	0	° 20	10,12	,37	25	6	6	34												
Fina	0,50	N	5	597	38,	7,6	17,	82,	RESULTADOS											
	0	° 35	59,36	,50	14	3	30	70												
	0,25	N	5	679	144	28,	46,	53,												
	0	° 60	34,85	,40	,55	94	23	77	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.											
	0,12	N	5	658	158	31,	77,	22,												
	5	° 120	00,29	,63	,34	70	93	07												
	0,07	N	3	367	65,	13,	90,	9,0	Pan											
	5	° 200	02,61	,70	09	03	96	4												
			4	532	45,	9,0	100	0,0												
			86,87	,04	17	4	,00	0												
									Grava gruesa (pasa 3'' - ret 3/4)	0	,000									
									Grava fina (pasa 3/4'' - ret N°4)	0	,000									
									Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	4	,006									

Arena media (pasa N°10 -ret N°40)	3,290	1
Arena fina (pasa N°40 -ret N°200)	3,662	7
Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	,042	9
Total de fracciones	00,00	1
D10	,0761	0
D30	,1619	0
D60	,2786	0
Coefficiente de Uniformidad Cu	,6615	3
Coefficiente de Curvatura Cc	,2364	1

Figura E.6 Análisis granulométrico.

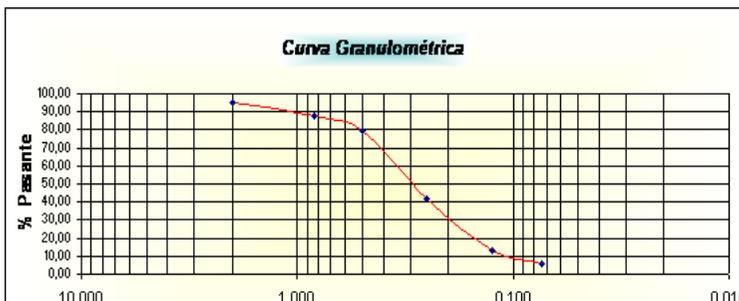
C2 Margen derecho			ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO													
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63			P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	%	Retenido en Cada Tamiz	%	Acumula do en Cada Tamiz	%	Pasante de Cada Tamiz	Peso de la Muestra Para el Ensayo				
Abertur a Nominal	Diá metro mm	T amiz N°														
Granulometría Gruesa	Grava	Grue	64,0 0	2 1/2								Peso Inicial de la Muestra + Bandeja	92,2 7	r.		
			19,0 0	3/4								Peso Total o Inicial del la Muestra	00	r.		
	Fina		12,7 00	1/2									Peso Final de Suelo	99,2 9	r.	
			9,50 0	3/8										Peso en Pérdida	,71	r.
			4,75 0	N °4										Porcentaje (%) en Pérdida	,142 0	

Granulometría Fina	Arenas	Gruesa	2,00	N	6	681	13,	2,7	2,7	97,	Pérdida no Mayor según ASTM			
			0	°10	67,51	,13	62	3	3	27				
			0,84	N	5	541	35,	7,1	9,8	90,				
		Media	0	° 20	05,77	,24	47	0	3	17	Peso de la Bandeja	92,2	r.	
			0,50	N	5	598	47,	9,4	19,	80,	Después de Lavarla			
			0	° 35	51,55	,74	19	5	28	72				
		Fina	0,25	N	5	735	219	43,	63,	36,	RESULTADOS			
			0	° 60	16,01	,27	,26	91	20	80				
			0,12	N	4	607	119	23,	87,	12,				
		5	° 120	88,07	,12	,05	84	04	96	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.				
0,07	N	3	342	38,	7,7	94,	5,1							
5	° 200	03,41	,31	90	9	83	7							
Pan			4	509	25,	5,1	100				0,0			
			83,80	,60	80	7	,00	0						
											Grava gruesa (pasa 3/4 ret 3/4)		0,000	
											Grava fina (pasa 3/4 ret N°4)		0,000	
													0,000	

Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	2 ,728
Arena media (pasa N°10 -ret N°40)	1 6,556
Arena fina (pasa N°40 -ret N°200)	7 5,549
Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	5 ,167
Total de fracciones	1 00,00
D10	0 ,1240
D30	0 ,2210
D60	0 ,3590
Coefficiente de Uniformidad Cu	2 ,8952
Coefficiente de	1



Granulometría Fina	Arenas	Grave	4,75	N							Porcentaje (%) en Pérdida	,006		
			0	° 4								0		
			2,00	N	6	695	26,	5,2	5,2	94,	Pérdida no Mayor según ASTM			
			0	°10	69,14	,49	35	7	7	73				
			0,84	N	5	541	36,	7,3	12,	87,	Peso de la Bandeja	92,2	r.	
			0	° 20	04,09	,02	93	9	66	34		9		
			0,50	N	5	602	39,	7,8	20,	79,	Después de Lavarla	,00		
			0	° 35	63,05	,51	46	9	55	45				
			0,25	N	5	704	188	37,	58,	41,	RESULTADOS			
			0	° 60	16,16	,25	,09	62	17	83				
0,12	N	4	627	142	28,	86,	13,							
5	° 120	85,09	,22	,13	43	60	40							
0,07	N	3	346	39,	7,9	94,	5,4	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.						
5	° 200	06,37	,21	84	7	57	3							
Pan					4	509	27,	5,4	100	0,0				
					82,43	,60	17	3	,00	0				
											Grava gruesa (pasa 3" - ret 3/4)	,000		



Grava fina (pasa 3/4'- ret N°4)	0 ,000
Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	5 ,270
Arena media (pasa N°10'-ret N°40)	1 5,279
Arena fina (pasa N°40'-ret N°200)	7 4,016
Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	5 ,434
Total de fracciones	1 00,00
D10	0 ,1321
D30	0 ,1970
D60	0 ,3520
Coefficiente de	2

Uniformidad Cu	,6646	
Coeficiente de Curvatura Cc	,8346	0

Figura E.8 Análisis granulométrico.

C4 Margen derecho				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO									
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63				P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	% Retenido en Cada Tamiz	% Acumula do en Cada Tamiz	% Pasante de Cada Tamiz	Peso de la Muestra Para el Ensayo			
Abertur a Nominal	Diá metro mm	T amiz Nº											
Granulometría Gruesa	Grava	Grue	64,0 0	2 1/2							Peso Inicial de la Muestra + Bandeja	92,2 4	r.
			19,0 0	3/4							Peso Total o Inicial del la Muestra	00	r.
	Fina	12,7 00	1/2								Peso Final de Suelo	99,5 0	r.

			9,50 0	3/8							Peso en Pérdida	,50	r.	
			4,75 0	N ° 4							Porcentaje (%) en Pérdida	,100 0		
Granulometría Fina	Arenas	Grue	2,00 0	N °10	6 68,53	696 ,77	28, 24	5,6 5	5,6 5	94, 35	Pérdida no Mayor según ASTM			
		Media	0,84 0	N ° 20	5 06,84	603 ,24	96, 40	19, 30	24, 95	75, 05	Peso de la Bandeja	92,2 4	r.	
			0,50 0	N ° 35	5 61,38	687 ,74	126 ,36	25, 30	50, 25	49, 75	Después de Lavarla	,00		
		Fina	0,25 0	N ° 60	5 22,62	636 ,00	113 ,38	22, 70	72, 95	27, 05	RESULTADOS			
			0,12 5	N ° 120	5 03,65	568 ,85	65, 20	13, 05	86, 00	14, 00				
			0,07 5	N ° 200	3 03,57	343 ,02	39, 45	7,9 0	93, 90	6,1 0	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.			
Pan					4	514	30,	6,1	100	0,0				



D60	,6110	d
Coefficiente de Uniformidad Cu	,1968	6
Coefficiente de Curvatura Cc	,3768	1

Figura E.9 Análisis granulométrico.

C5 Margen derecho			ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO									
NORMA A.S.T.M.- 422 - 63			P eso del Tamiz (gr)	Pes o del Tamiz + Suelo (gr)	Pes o del Suelo (gr)	% Retenido en Cada Tamiz	% Acumula do en Cada Tamiz	% Pasante de Cada Tamiz	Peso de la Muestra Para el Ensayo			
Abertur a Nominal	Diá metro mm	T amiz Nº							Peso Inicial de la Muestra + Bandeja		Peso Total o Inicial del la Muestra	
Granulometría Gruesa Grava Grue	64,0 0	2 1/2							92,2 5		r.	
	19,0 0	3/4							00		r.	

Granulometría Fina	Fina	12,7 00	1/2							Peso Final de Suelo	99,5 8	r.	
		9,50 0	3/8							Peso en Pérdida	,42	r.	
		4,75 0	N ° 4							Porcentaje (%) en Pérdida	,084 0		
	Arenas	Grue	2,00 0	N °10	6 67,64	692 ,70	25, 06	5,0 2	5,0 2	94, 98	Pérdida no Mayor según ASTM		
			Media	0,84 0	N ° 20	5 04,16	579 ,43	75, 27	15, 07	20, 08	79, 92	Peso de la Bandeja	92,2 5
		0,50 0		N ° 35	5 55,07	643 ,31	88, 24	17, 66	37, 75	62, 25	Después de Lavarla	,00	
		Fina	0,25 0	N ° 60	5 20,27	693 ,55	173 ,28	34, 69	72, 43	27, 57	RESULTADOS		
			0,12 5	N ° 120	5 01,21	610 ,04	108 ,83	21, 78	94, 22	5,7 8			

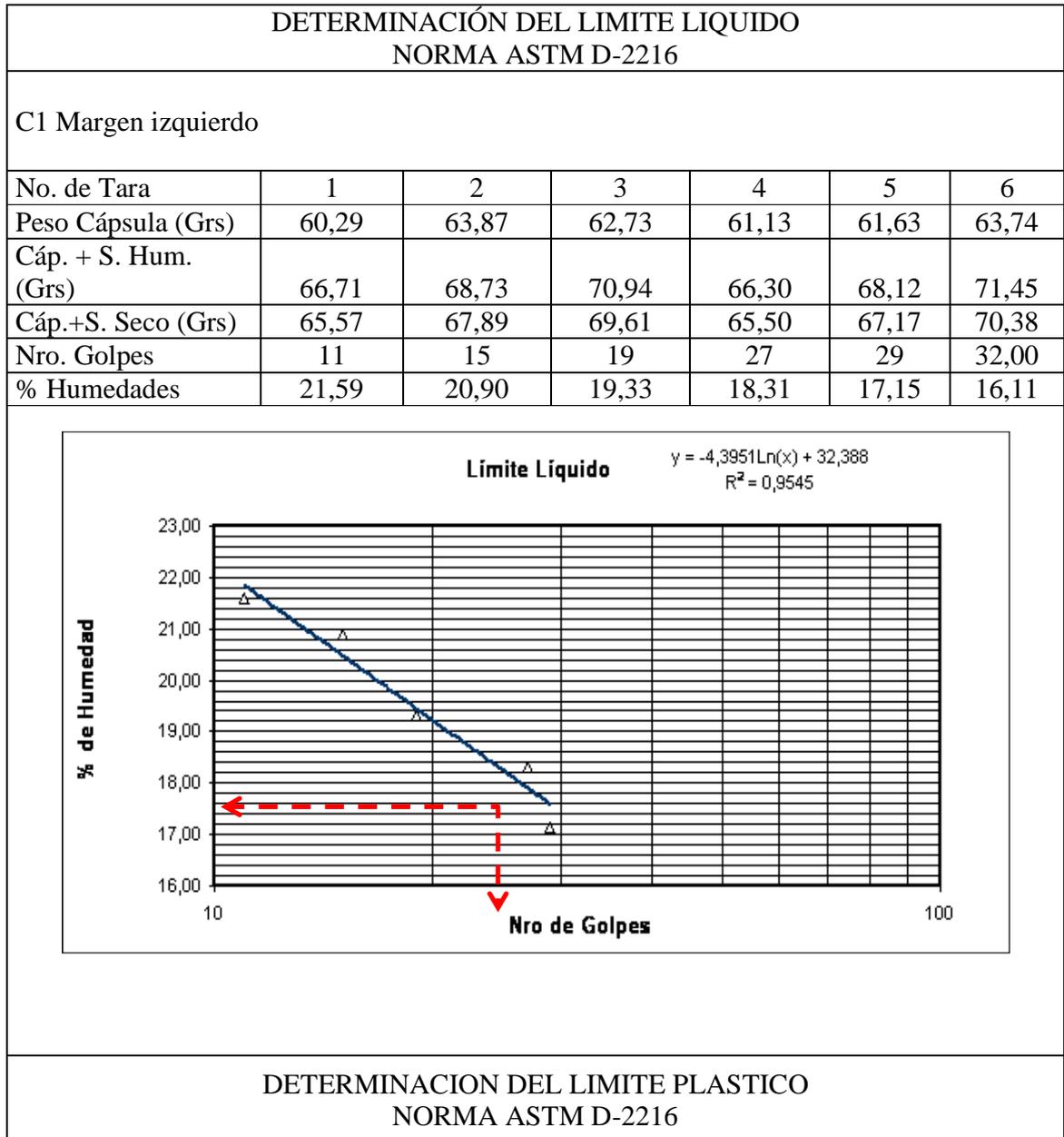
			0,07	N	3	322	18,	3,6	97,	2,1	Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño según la A.S.T.M.	
			5	° 200	03,84	,03	19	4	86	4		
Pan					4	493	10,	2,1	100	0,0		
					82,55	,26	71	4	,00	0		
											Grava gruesa (pasa 3"-ret 3/4)	0,000
											Grava fina (pasa 3/4"-ret N°4)	0,000
											Arena gruesa (pasa N°4 - ret N°10)	5,016
											Arena media (pasa N°10"-ret N°40)	32,729
											Arena fina (pasa N°40"-ret N°200)	60,110
											Finos N° 200 (Limo+arcilla+coloides)	2,144
											Total de fracciones	100,00
											D10	0,075

	,1691	
D30	,2681	0
D60	,4960	0
Coefficiente de Uniformidad Cu	,9332	2
Coefficiente de Curvatura Cc	,8570	0

Figura E.10 Análisis granulométrico.

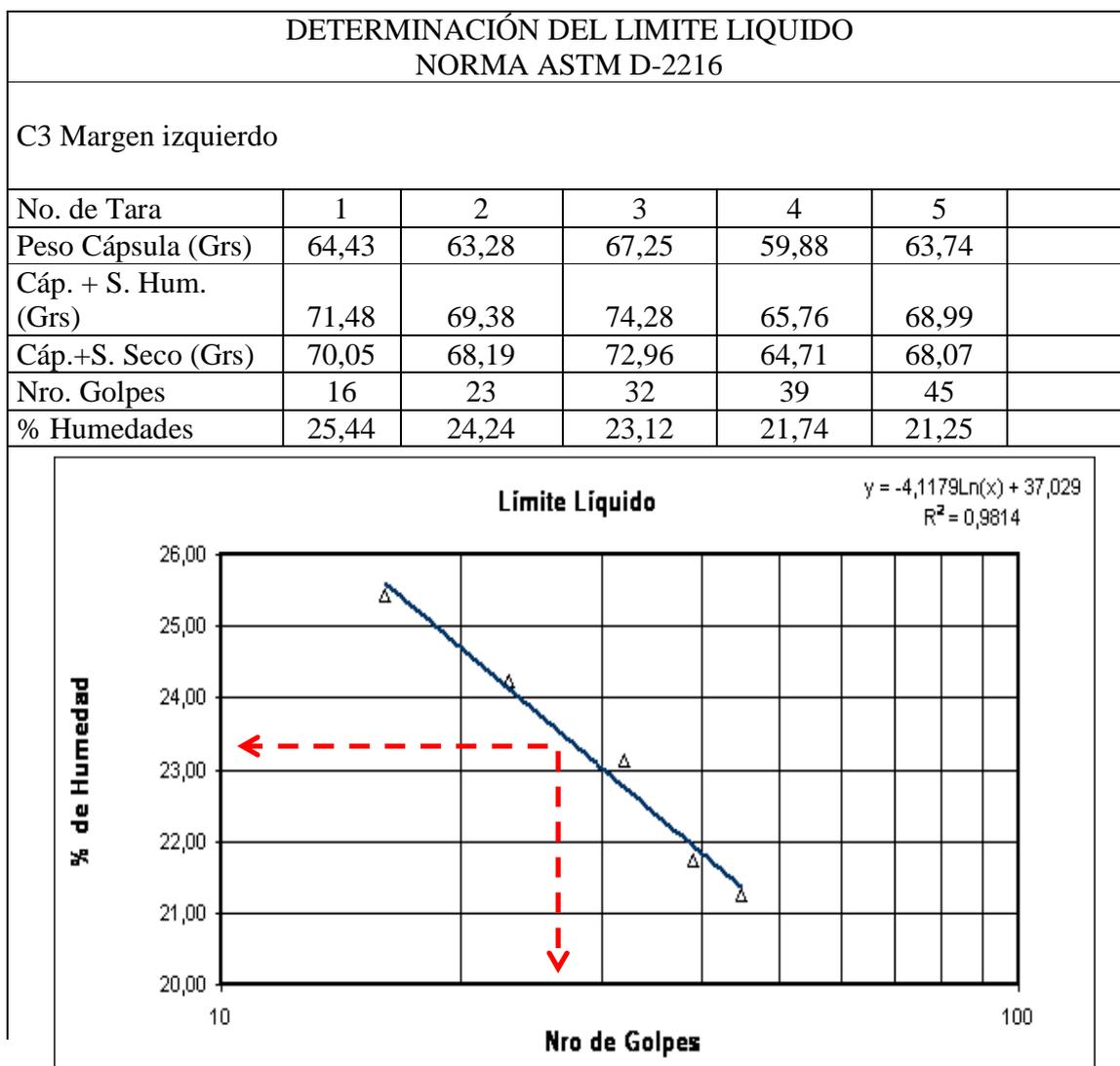
## APÉNDICE F

### ENSAYOS DE LÍMITES DE ATTERBERG



No. de Tara	A	B	C			
Peso Cápsula (Grs)	36,36	36,14	36,32			
Cáp. + S. Hum. (Grs)	46,21	45,59	47,62			
Cáp.+S. Seco (Grs)	44,81	44,31	45,99			
% Humedad	16,57	15,66	16,86			
<b>Resultados</b>						
Limite liquido			18			
Limite plástico			16			
Índice plástico			2			

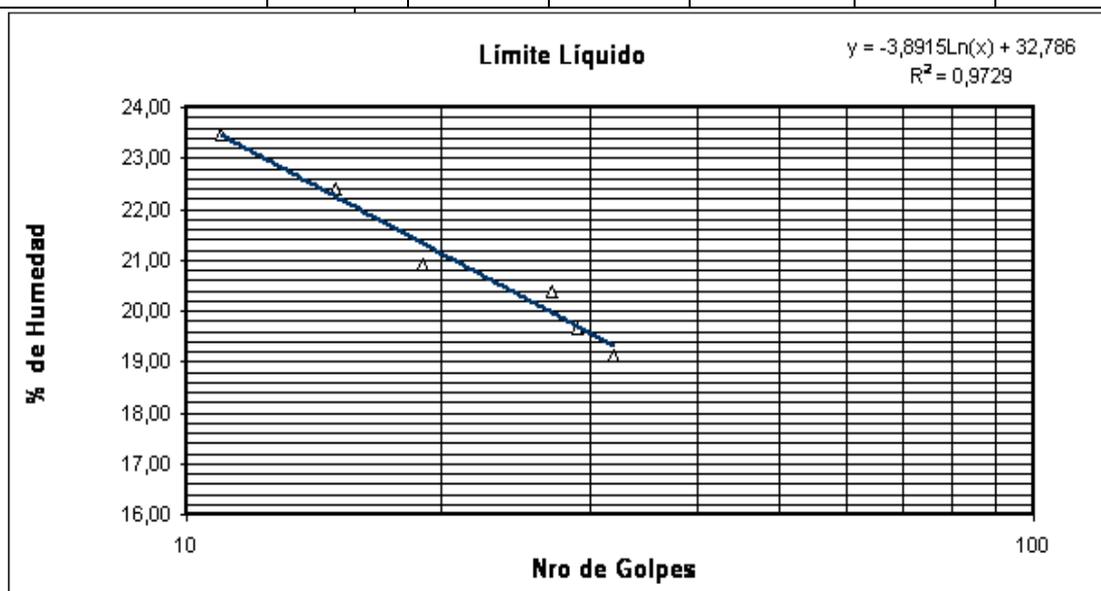
Figura F.1 Ensayo de Límite líquido.



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO NORMA ASTM D-2216						
No. de Tara	A	B	C			
Peso Cápsula (Grs)	64,50	60,58	65,11			
Cáp. + S. Hum. (Grs)	74,27	70,55	76,03			
Cáp.+S. Seco (Grs)	72,67	68,97	74,31			
% Humedad	19,58	18,83	18,70			
Resultados						
Limite liquido			23			
Limite plástico			19			
Índice plástico			4			

Figura F.2 Ensayo de Límite líquido.

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO NORMA ASTM D-2216						
C1 Margen derecho						
No. de Tara	1	2	3	4	5	6
Peso Cápsula (Grs)	30,29	33,87	32,73	31,13	31,63	33,74
Cáp. + S. Hum. (Grs)	36,81	38,79	41,05	36,39	38,26	41,65
Cáp.+S. Seco (Grs)	35,57	37,89	39,61	35,50	37,17	40,38
Nro. Golpes	11	15	19	27	29	32,00
% Humedades	23,48	22,39	20,93	20,37	19,68	19,13





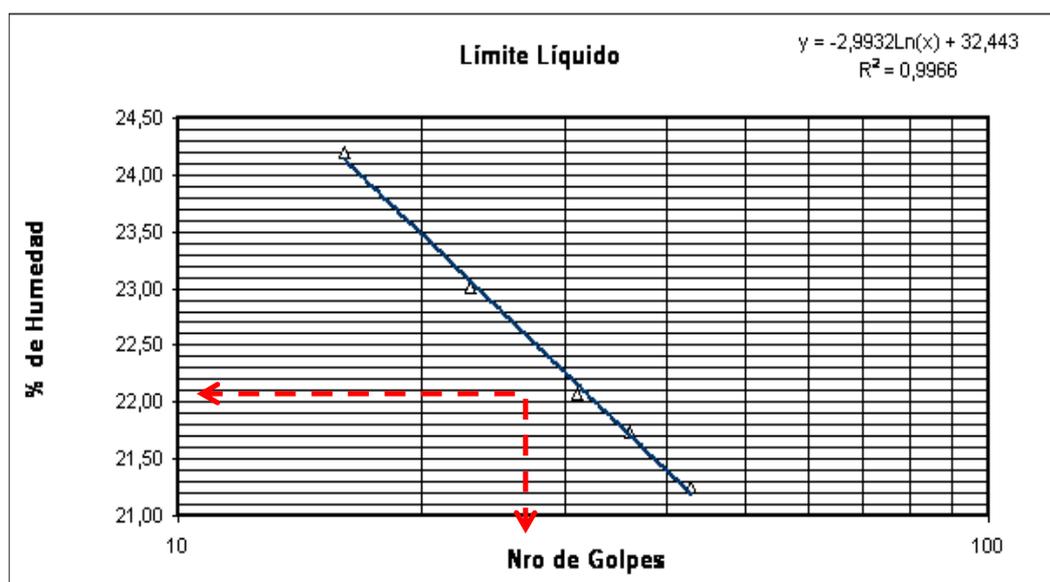
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO					
NORMA ASTM D-2216					
No. de Tara	A	B	C	D	
Peso Cápsula (Grs)	66,48	66,79	64,47	67,06	
Cáp. + S. Hum. (Grs)	76,85	77,16	74,66	77,15	
Cáp.+S. Seco (Grs)	75,31	75,49	73,00	75,63	
% Humedad	17,44	19,20	19,46	17,74	
Resultados					
Limite liquido		20			
Limite plástico		18			
Índice plástico		2			

Figura F.3 Ensayo de Límite líquido.

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO  
NORMA ASTM D-2216**

C2 Margen derecho

No. de Tara	1	2	3	4	5	
Peso Cápsula (Grs)	124,43	123,28	127,25	119,88	123,74	
Cáp. + S. Hum. (Grs)	131,41	129,32	134,22	125,76	128,99	
Cáp.+S. Seco (Grs)	130,05	128,19	132,96	124,71	128,07	
Nro. Golpes	16	23	31	36	43	
% Humedades	24,20	23,01	22,07	21,74	21,25	



**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO  
NORMA ASTM D-2216**

No. de Tara	A	B	C	D	
Peso Cápsula (Grs)	66,45	66,07	66,16	66,42	
Cáp. + S. Hum. (Grs)	76,32	76,02	77,81	78,63	
Cáp.+S. Seco (Grs)	74,81	74,31	75,99	76,65	
% Humedad	18,05	20,75	18,52	19,36	

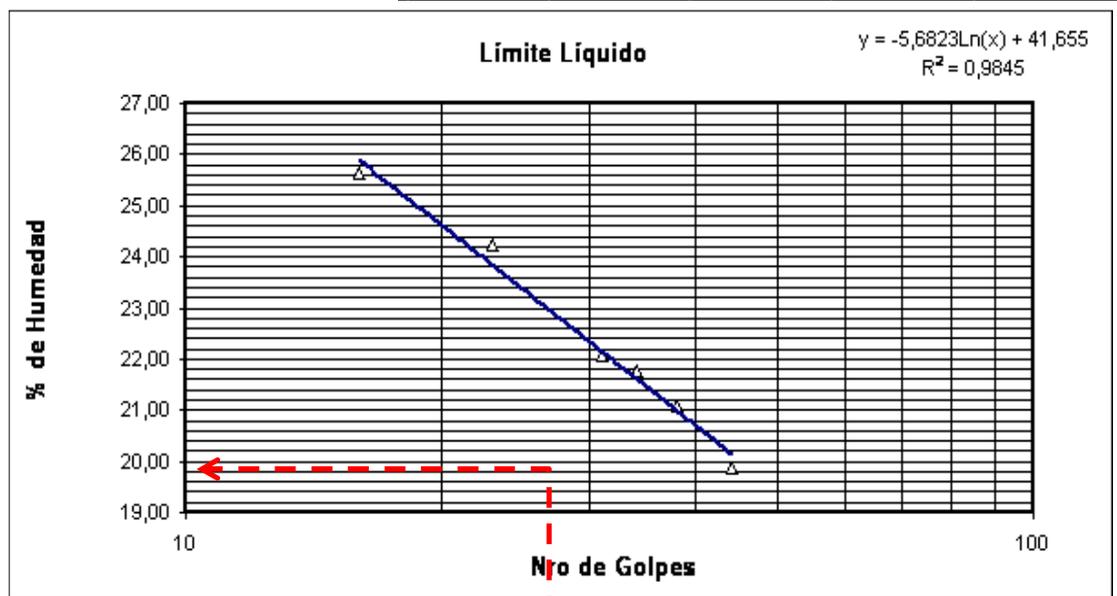
Resultados

Límite líquido	23
----------------	----

Limite plástico	19
Índice plástico	4

Figura F.4 Ensayo de Límite líquido.

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO NORMA ASTM D-2216						
C3 Margen derecho						
No. de Tara	1	2	3	4	5	6
						53,3
Peso Cápsula (Grs)	54,43	53,28	57,25	54,79	49,73	4
Cáp. + S. Hum. (Grs)	61,49	59,38	64,22	62,01	55,76	59,0
						1
Cáp.+S. Seco (Grs)	60,05	58,19	62,96	60,72	54,71	58,0
						7
Nro. Golpes	16	23	31	34	38	44
						19,8
% Humedades	25,62	24,24	22,07	21,75	21,08	7



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO NORMA ASTM D-2216					
No. de Tara	A	B	C		
Peso Cápsula (Grs)	115,42	116,13	117,41		
Cáp. + S. Hum. (Grs)	124,86	126,26	127,31		
Cáp.+S. Seco (Grs)	123,18	124,61	125,75		
% Humedad	21,65	19,46	18,71		
Resultados					
Limite liquido			23		
Limite plástico			20		
Índice plástico			3		

Figura F.5 Ensayo de Límite líquido.

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO NORMA ASTM D-2216						
C4 Margen derecho						
No. de Tara	1	2	3	4	5	
Peso Cápsula (Grs)	61,12	63,04	67,21	64,16	63,37	
Cáp. + S. Hum. (Grs)	66,06	71,58	75,69	76,43	68,71	
Cáp.+S. Seco (Grs)	65,02	69,85	74,02	74,06	67,73	
Nro. Golpes	12	18	28	37	51	

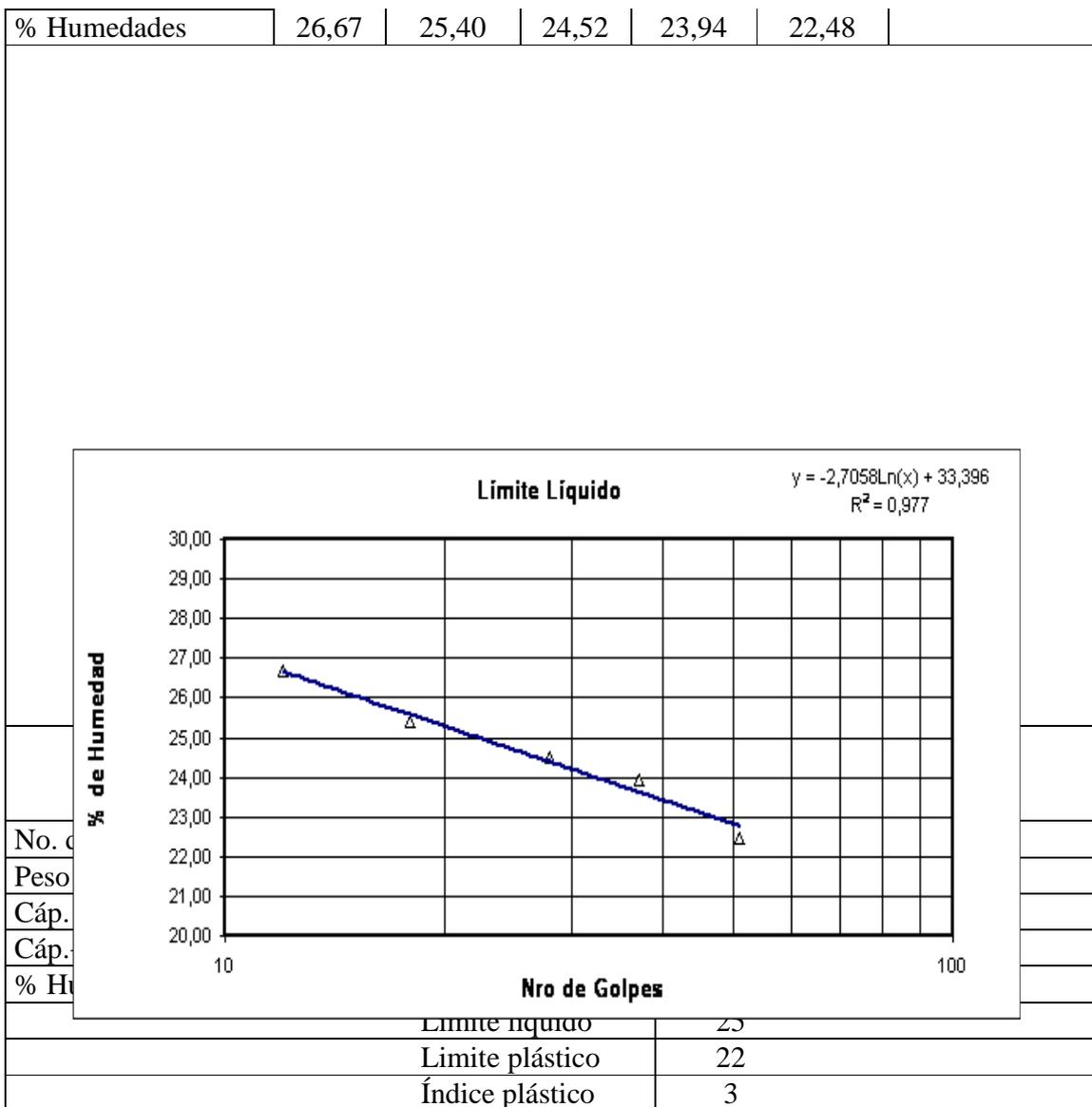


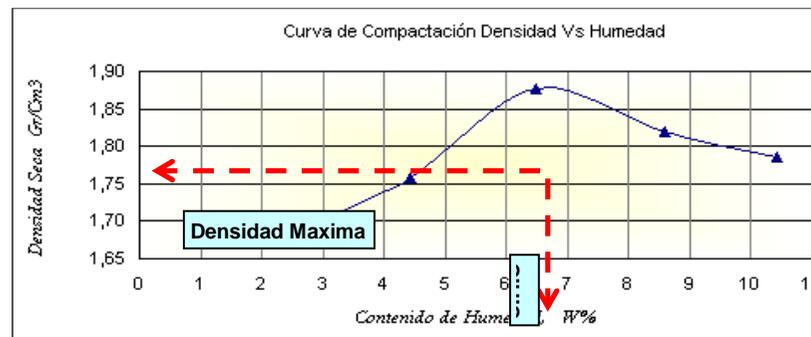
Figura F.6 Ensayo de Límite líquido.

## APÉNDICE G

### ENSAYOS DE COMPACTACIÓN

C1 Margen izquierdo				ENSAYO DE COMPACTACIÓN								
Norma: ASTM D-1557-78				Diámetro:	1 5,2	c m	Caída del Martillo		45,7	cm		
T - PROCTOR: MODIFICADO 180				Altura:	1 2,1	c m	Golpes por Capa		56	golp es		
Numero de Capas		5		Volumen:	2 195,65	m l	Peso del Martillo		4,54	kg		
Determinación del Contenido de Humedad												
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0		
Peso S. Hum en Grs.	10 6,03	1 06,19	1 04,73	1 02,84	1 08,96	1 38,77	1 09,32	1 01,38	1 12,61	1 09,33		
Peso S. Seco en Grs.	10 5,71	1 05,94	1 04,51	1 02,40	1 08,29	1 38,20	1 08,50	1 01,01	1 11,11	1 08,61		
Peso Tara en Grs.	95, 32	9 7,98	9 8,72	9 3,68	9 5,40	1 30,87	9 9,10	9 6,64	9 7,10	1 01,51		
Humedad en %	3,0 8	3, 14	3, 80	5, 05	5, 20	7, 78	8, 72	8, 47	1 0,71	1 0,14		
Determinación de la Densidad												

Humedad Deseada	%	2%	4%	6%	8%	10%
Contenido de Humedad	W%	3,11	4,42	6,49	8,60	10,42
Peso de Suelo + Molde	Grs.	7320	7490	7848	7800	7789
Peso de Molde	Grs.	3460	3460	3460	3460	3460
Peso de S. Húmedo	Grs.	3860	4030	4388	4340	4329
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,76	1,84	2,00	1,98	1,97
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,70	1,76	1,88	1,82	1,79



## RESULTADOS

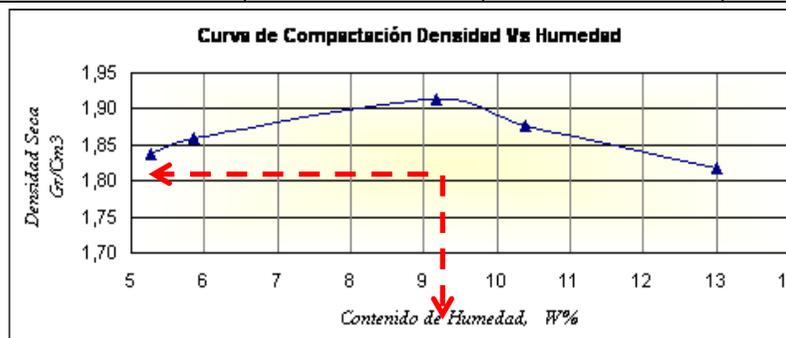
Densidad		g
Seca Máxima	,88	r/cm <sup>3</sup>

	(C.H.O)	,79	%

Figura G.1 Ensayo de Compactación.

C2 Margen izquierdo		ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
Norma: ASTM D-1557-78		Diámetro:	10	cm	Caída del Martillo	30,48	cm				
PROCTOR: NORMAL		T - 180	Altura:	1,65	cm	Golpes por Capa	25	golpes			
Numero de Capas	3	Volumen:	14,99	m <sup>3</sup>	Peso del Martillo	2,5	kg				
Determinación del Contenido de Humedad											
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Peso S. Hum en Grs.	69,28	70,55	68,41	71,65	75,25	72,97	70,46	72,69	73,43	70,65	
Peso S. Seco en Grs.	68,94	70,27	68,11	71,43	74,70	72,57	70,14	72,01	72,70	70,19	

Peso Tara en Grs.	60, 30	6, 6,03	6, 3,58	6, 7,10	6, 8,94	6, 8,02	6, 7,04	6, 5,50	6, 7,39	6, 6,44		
Humedad en %	3,9 4	6, 60	6, 62	5, 08	9, 55	8, 79	1 0,32	1 0,45	1 3,75	1 2,27		
<b>Determinación de la Densidad</b>												
Humedad Deseada	%	4%	6%	8%	10%	12%						
Contenido de Humedad	W%	5,27	5,85	9,17	10,38	13,01						
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4120	4150	4260	4245	4230						
Peso de Molde	Grs.	2350	2350	2350	2350	2350						
Peso de S. Húmedo	Grs.	1770	1800	1910	1895	1880						
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,93	1,97	2,09	2,07	2,05						
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,84	1,86	1,91	1,88	1,82						



**RESULTADOS**

			
	Densidad Seca Máxima	,92	g r/cm <sup>3</sup>
	(C.H.O.)	,22	%

Figura G.2 Ensayo de Compactación.

C3 Margen izquierdo		ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
Norma: ASTM D-1557-78		Diámetro:	10	cm	Caída del Martillo	30,48	cm				
PROCTOR: NORMAL	T - 180	Altura:	1,65	m	Golpes por Capa	25	golpes				
Numero de Capas	3	Volumen:	9 14,99	m <sup>3</sup> l	Peso del Martillo	2,5	kg				
Determinación del Contenido de Humedad											
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1

Peso S. Hum en Grs.	65, 24	6 6,44	6 4,37	6 7,61	7 1,16	6 8,87	6 6,35	6 8,71	6 9,36	6 6,63		
Peso S. Seco en Grs.	64, 85	6 6,30	6 4,09	6 7,36	7 0,69	6 8,51	6 6,05	6 8,04	6 8,74	6 6,18		
Peso Tara en Grs.	56, 31	6 2,04	5 9,59	6 3,11	6 4,95	6 4,03	6 3,05	6 1,51	6 3,40	6 2,45		
Humedad en %	4,5 7	3, 29	6, 22	5, 88	8, 19	8, 04	1 0,00	1 0,26	1 1,61	1 2,06		
Determinación de la Densidad												
Humedad Deseada	%	4%		6%		8%		10%		12%		
Contenido de Humedad	W%	3,93		6,05		8,11		10,13		11,84		
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4150		4210		4290		4350		4290		
Peso de Molde	Grs.	2350		2350		2350		2350		2350		
Peso de S. Húmedo	Grs.	1800		1860		1940		2000		1940		
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,97		2,03		2,12		2,19		2,12		
Densidad Seca	gr/cm	1,89		1,92		1,96		1,98		1,90		

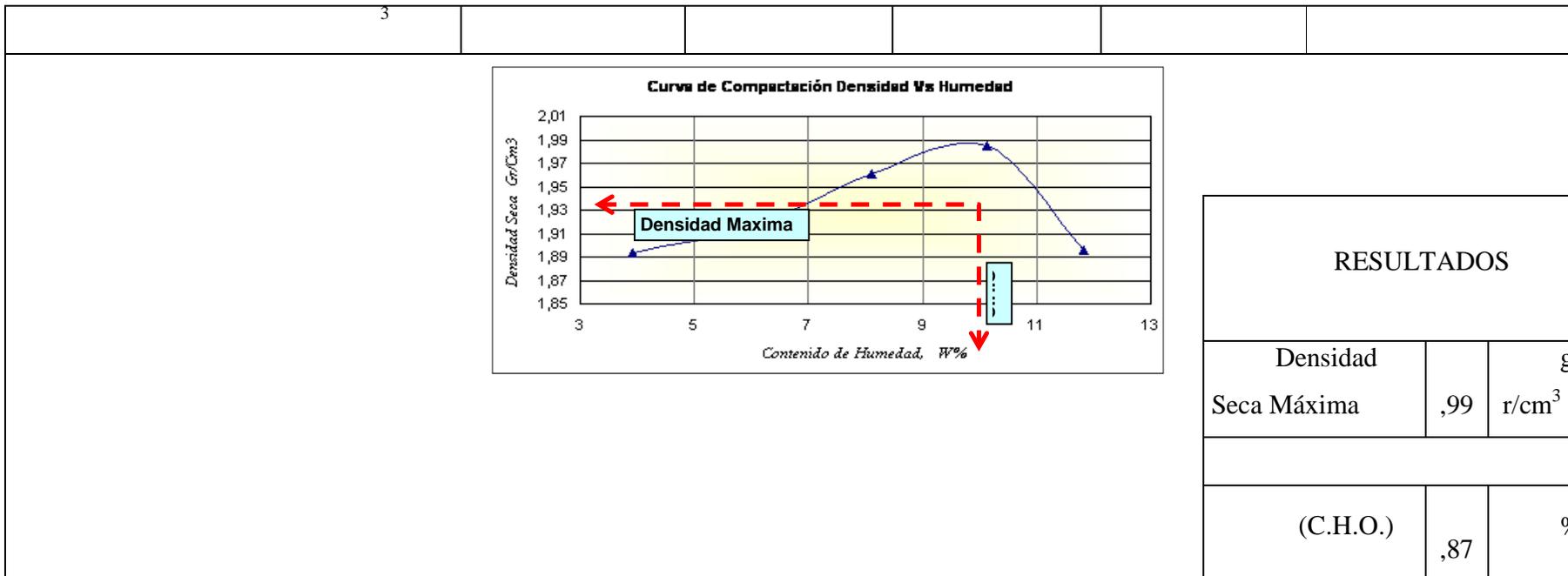
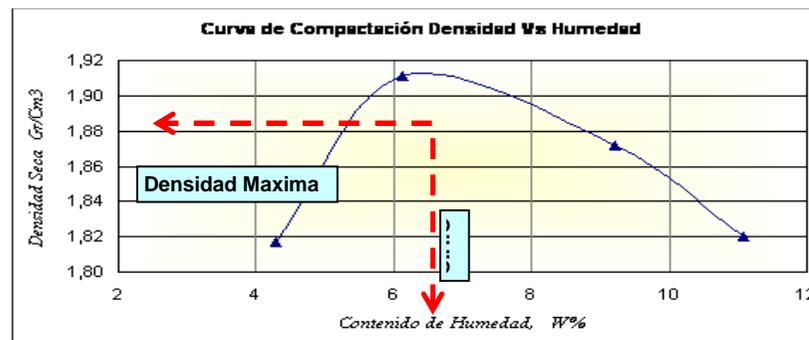


Figura G.3 Ensayo de Compactación.

C4 Margen izquierdo		ENSAYO DE COMPACTACIÓN				
Norma: ASTM D-1557-78		Diámetro:	1 0	c m	Caída del Martillo	30,48 cm
T - PROCTOR: NORMAL	180	Altura:	1 1,65	c m	Golpes por Capa	25 es

Numero de Capas	3			Volumen:	9 14,99	m 1	Peso del Martillo	2,5	kg
Determinación del Contenido de Humedad									
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	
Peso S. Hum en Grs.	11 7,53	1 18,79	1 16,66	1 19,89	1 23,48	1 21,20	1 18,69	1 20,92	
Peso S. Seco en Grs.	11 7,09	1 18,64	1 16,42	1 19,59	1 22,99	1 20,75	1 18,37	1 20,16	
Peso Tara en Grs.	10 8,53	1 14,26	1 11,81	1 15,33	1 17,17	1 16,25	1 15,27	1 13,73	
Humedad en %	5,1 4	3, 42	5, 21	7, 04	8, 42	1 0,00	1 0,32	1 1,82	
Determinación de la Densidad									
Humedad Deseada	%	5%		7%		9%		11%	
Contenido de Humedad	W%	4,28		6,12		9,21		11,07	
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4084		4206		4220		4200	
Peso de Molde	Grs.	2350		2350		2350		2350	

Peso de S. Húmedo	Grs.	1734	1856	1870	1850	
Densidad humedad	$\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	1,90	2,03	2,04	2,02	
Densidad Seca	$\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	1,82	1,91	1,87	1,82	

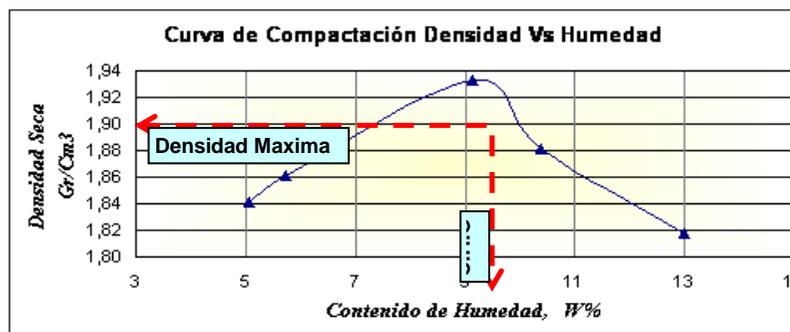


RESULTADOS		
Densidad Seca Máxima	,915	$\frac{\text{g}}{\text{r/cm}^3}$
(C.H.O.)	,47	%

Figura G.4 Ensayo de Compactación.

C5 Margen izquierdo				ENSAYO DE COMPACTACIÓN								
Norma: ASTM D-1557-78				Diámetro:	1 0	c m	Caída del Martillo		30,4 8	cm		
T - PROCTOR: NORMAL 180				Altura:	1 1,65	c m	Golpes por Capa		25	golp es		
Numero de Capas		3		Volumen:	9 14,99	m l	Peso del Martillo		2,5	kg		
Determinación del Contenido de Humedad												
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0		
Peso S. Hum en Grs.	69, 29	7 0,55	6 8,42	7 1,65	7 5,25	7 2,97	7 0,46	7 2,69	7 3,43	7 0,65		
Peso S. Seco en Grs.	68, 94	7 0,29	6 8,12	7 1,44	7 4,69	7 2,58	7 0,14	7 2,01	7 2,70	7 0,19		
Peso Tara en Grs.	60, 30	6 6,03	6 3,58	6 7,10	6 8,94	6 8,02	6 7,04	6 5,50	6 7,39	6 6,44		
Humedad en %	4,0 5	6, 10	6, 61	4, 84	9, 74	8, 55	1 0,32	1 0,45	1 3,75	1 2,27		
Determinación de la Densidad												

Humedad Deseada	%	4%	6%	8%	10%	12%
Contenido de Humedad	W%	5,08	5,72	9,15	10,38	13,01
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4120	4150	4280	4250	4230
Peso de Molde	Grs.	2350	2350	2350	2350	2350
Peso de S. Húmedo	Grs.	1770	1800	1930	1900	1880
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,93	1,97	2,11	2,08	2,05
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,84	1,86	1,93	1,88	1,82



## RESULTADOS

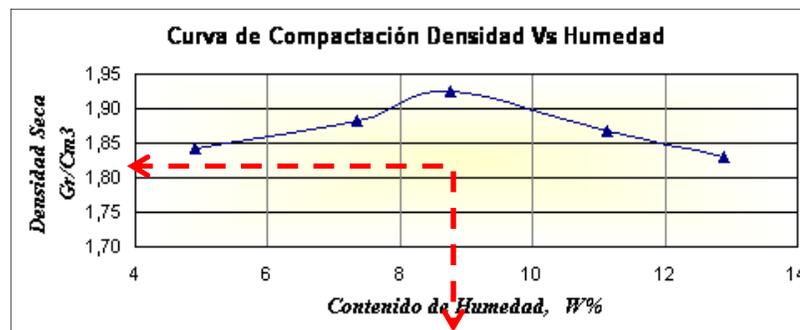
Densidad		g
Seca Máxima	,93	r/cm <sup>3</sup>

	(C.H.O.)	,31 %

Figura G.5 Ensayo de Compactación.

C1 Margen derecho		ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
Norma: ASTM D-1557-78		Diámetro:	10	cm	Caída del Martillo	30,48	cm				
PROCTOR: NORMAL		T - 180	Altura:	1,65	cm	Golpes por Capa	25	golpes			
Numero de Capas	3	Volumen:	14,99	m <sup>3</sup>	Peso del Martillo	2,5	kg				
Determinación del Contenido de Humedad											
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Peso S. Hum en Grs.	10 2,86	1 03,65	1 03,34	1 04,32	1 02,54	1 03,85	1 37,19	1 01,42	1 34,92	1 00,89	
Peso S. Seco en Grs.	10 2,63	1 03,34	1 02,98	1 03,81	1 02,14	1 03,33	1 33,61	1 00,95	1 30,36	1 00,19	

Peso Tara en Grs.	97, 36	9 7,66	9 7,36	9 7,66	9 7,36	9 7,66	1 04,21	9 6,28	1 01,22	9 3,30		
Humedad en %	4,3 6	5, 46	6, 41	8, 29	8, 37	9, 17	1 2,18	1 0,06	1 5,65	1 0,16		
<b>Determinación de la Densidad</b>												
Humedad Deseada	%	5%		7%		9%		11%		13%		
Contenido de Humedad	W%	4,91		7,35		8,77		11,12		12,90		
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4198		4280		4345		4330		4320		
Peso de Molde	Grs.	2430		2430		2430		2430		2430		
Peso de S. Húmedo	Grs.	1768		1850		1915		1900		1890		
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,93		2,02		2,09		2,08		2,07		
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,84		1,88		1,92		1,87		1,83		



RESULTADOS

			
	Densidad Seca Máxima	,93	g r/cm <sup>3</sup>
	(C.H.O.)	,71	%

Figura G.6 Ensayo de Compactación.

C2 Margen derecho		ENSAYO DE COMPACTACIÓN										
Norma: ASTM D-1557-78		Diámetro:	10	cm	Caída del Martillo	30,48	cm					
PROCTOR: NORMAL	T - 180	Altura:	1,65	m	Golpes por Capa	25	golpes					
Numero de Capas	3	Volumen:	9 14,99	m <sup>3</sup> l	Peso del Martillo	2,5	kg					
Determinación del Contenido de Humedad												
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Peso S. Hum en Grs.	64, 24	6 6,57	6 4,41	6 7,63	7 1,23	6 8,96	6 6,68	6 8,72	6 9,41	6 6,23	80 ,86	89,3 1
Peso S. Seco en Grs.	63, 96	6 6,44	6 4,16	6 7,43	7 0,80	6 8,65	6 6,41	6 8,21	6 8,72	6 5,92	78 ,61	86,2 9
Peso Tara en Grs.	55, 23	6 1,96	5 9,28	6 3,08	6 5,04	6 4,08	6 3,33	6 2,13	6 2,20	6 3,15	61 ,23	63,2 5
Humedad en %	3,2 1	2, 90	5, 12	4, 60	7, 47	6, 78	8, 77	8, 39	1 0,58	1 1,19	12 ,95	13,1 1
Determinación de la Densidad												
Humedad Deseada	%	3%	5%	7%	9%	11%	13%					
Contenido de Humedad	W%	3,05	4,86	7,12	8,58	10,89	13,03					
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4160	4220	4290	4330	4310	4280					
Peso de Molde	Grs.	2360	2360	2360	2360	2360	2360					
Peso de S. Húmedo	Grs.	1800	1860	1930	1970	1950	1920					
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,97	2,03	2,11	2,15	2,13	2,10					
Densidad Seca	gr/cm	1,91	1,94	1,97	1,98	1,92	1,86					

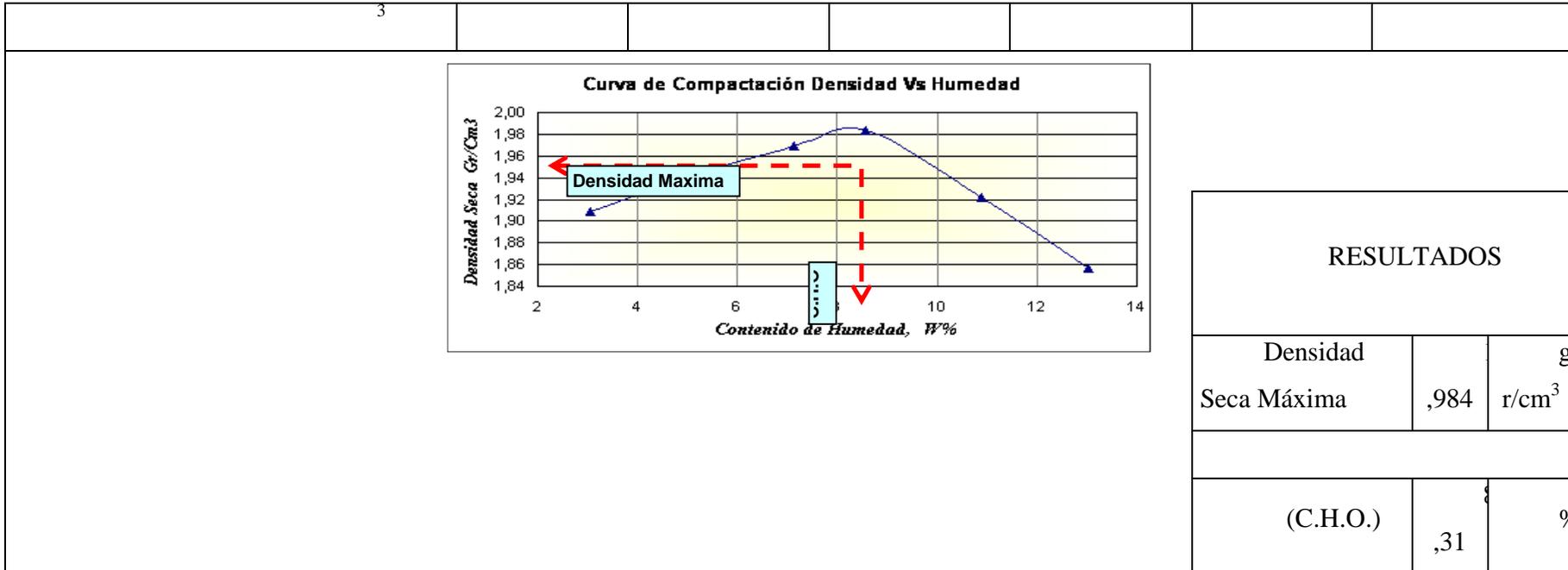
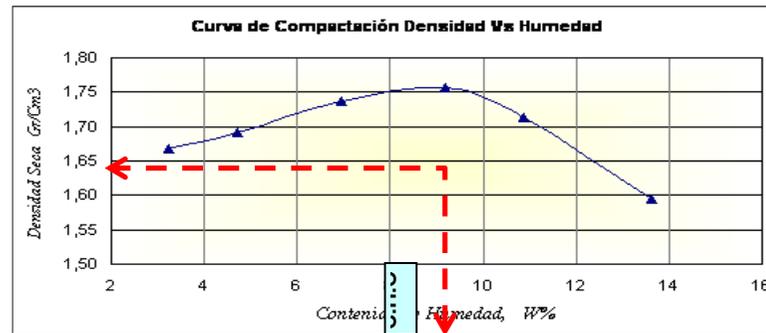


Figura G.7 Ensayo de Compactación.

C3 Margen derecho		ENSAYO DE COMPACTACIÓN				
Norma: ASTM D-1557-78		Diámetro:	1 5,2	c m	Caída del Martillo	45,7 cm
T - PROCTOR: MODIFICADO	180	Altura:	1 2,1	c m	Golpes por Capa	56 es

Numero de Capas	5		Volumen:	2	m	Peso del	4,54		kg			
Determinación del Contenido de Humedad												
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso S. Hum en Grs.	11 2,52	1 00,37	1 08,29	1 10,34	1 07,95	1 07,25	1 06,95	1 00,90	1 05,24	1 06,10	10 9,55	110, 07
Peso S. Seco en Grs.	11 2,03	1 00,22	1 07,89	1 09,62	1 07,19	1 06,61	1 06,04	1 00,44	1 04,28	1 05,11	10 8,14	108, 1
Peso Tara en Grs.	10 0,13	9 3,83	9 7,41	9 6,78	9 5,61	9 7,86	9 7,97	9 3,99	9 5,51	9 5,95	97 ,67	93,8 3
Humedad en %	4,1 2	2, 35	3, 82	5, 61	6, 56	7, 31	1 1,28	7, 13	1 0,95	1 0,81	13 ,47	13,8 1
Determinación de la Densidad												
Humedad Deseada	%	2%	4%	6%	8%	10%	13%					
Contenido de Humedad	W%	3,23	4,71	6,94	9,20	10,88	13,64					
Peso de Suelo + Molde	Grs.	7240	7350	7540	7670	7630	7440					

Peso de Molde	Grs.	3460	3460	3460	3460	3460	3460
Peso de S. Húmedo	Grs.	3780	3890	4080	4210	4170	3980
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,72	1,77	1,86	1,92	1,90	1,81
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,67	1,69	1,74	1,76	1,71	1,60

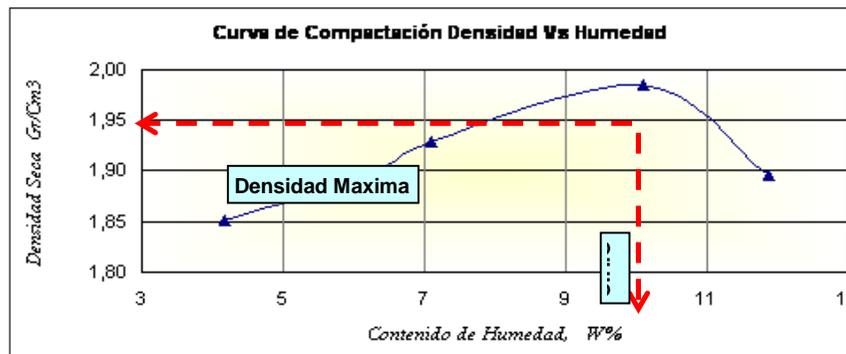


<b>RESULTADOS</b>		
Densidad Seca Máxima	,762	g r/cm <sup>3</sup>
(C.H.O.)	,03	%

Figura G.8 Ensayo de Compactación.

C4 Margen derecho				ENSAYO DE COMPACTACIÓN								
Norma: ASTM D-1557-78				Diámetro:	1 5,2	c m	Caída del Martillo		45,7	cm		
T - PROCTOR: MODIFICADO 180				Altura:	1 2,1	c m	Golpes por Capa		56	golp es		
Numero de Capas		5		Volumen:	2 195,65	m l	Peso del Martillo		4,54	kg		
Determinación del Contenido de Humedad												
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0		
Peso S. Hum en Grs.	11 5,55	1 16,66	1 21,25	1 18,97	1 16,47	1 18,70	1 19,49	1 16,67	1 13,54	1 10,78		
Peso S. Seco en Grs.	11 5,15	1 16,49	1 20,85	1 18,71	1 16,25	1 18,21	1 18,92	1 16,29	1 12,90	1 10,31		
Peso Tara en Grs.	10 6,31	1 12,04	1 14,95	1 14,03	1 13,05	1 11,51	1 13,40	1 12,45	1 07,39	1 06,44		
Humedad en %	4,5 2	3, 82	6, 78	5, 56	6, 87	7, 31	1 0,33	9, 90	1 1,62	1 2,14		
Determinación de la Densidad												

Humedad Deseada	%	4%	6%	8%	10%	12%
Contenido de Humedad	W%	4,17	6,17	7,09	10,11	11,88
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4115	4190	4240	4350	4290
Peso de Molde	Grs.	2350	2350	2350	2350	2350
Peso de S. Húmedo	Grs.	1765	1840	1890	2000	1940
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,93	2,01	2,07	2,19	2,12
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,85	1,89	1,93	1,99	1,90



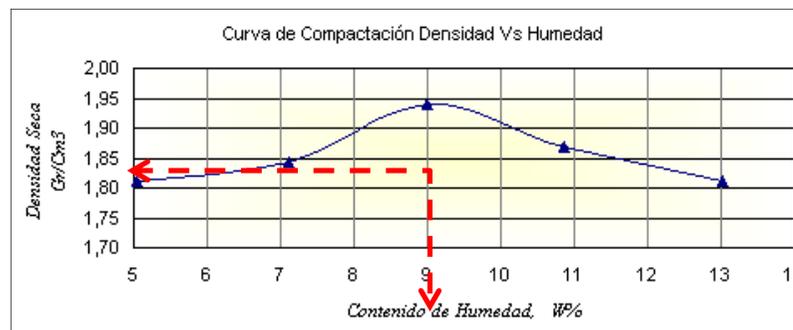
<b>RESULTADOS</b>		
Densidad		g
Seca Máxima	,98	r/cm <sup>3</sup>

	(C.H.O)	,92	%

Figura G.9 Ensayo de Compactación.

C5 Margen derecho		ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
Norma: ASTM D-1557-78		Diámetro:	10	cm	Caída del Martillo	30,48	cm				
PROCTOR: NORMAL		T - 180	Altura:	1,65	cm	Golpes por Capa	25	golpes			
Numero de Capas	3	Volumen:	9 14,99	m <sup>3</sup>	Peso del Martillo	2,5	kg				
Determinación del Contenido de Humedad											
Nro. Cápsulas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Peso S. Hum en Grs.	69,31	70,59	75,19	72,91	70,46	72,69	73,41	70,63	73,49	70,68	
Peso S. Seco en Grs.	68,94	70,34	74,77	72,59	70,18	72,09	72,79	70,24	72,79	70,19	

Peso Tara en Grs.	60, 30	6, 6,03	6, 8,94	6, 8,02	6, 7,04	6, 5,50	6, 7,39	6, 6,44	6, 7,39	6, 6,44		
Humedad en %	4,2 8	5, 80	7, 20	7, 00	8, 92	9, 10	1 1,48	1 0,26	1 2,96	1 3,07		
<b>Determinación de la Densidad</b>												
Humedad Deseada	%	5%		7%		9%		11%		13%		
Contenido de Humedad	W%	5,04		7,10		9,01		10,87		13,01		
Peso de Suelo + Molde	Grs.	4092		4155		4286		4246		4222		
Peso de Molde	Grs.	2350		2350		2350		2350		2350		
Peso de S. Húmedo	Grs.	1742		1805		1936		1896		1872		
Densidad humedad	gr/cm <sup>3</sup>	1,90		1,97		2,12		2,07		2,05		
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1,81		1,84		1,94		1,87		1,81		



RESULTADOS

		
Densidad Seca Máxima	1 ,9266	g r/cm <sup>3</sup>
(C.H.O.)		
	9 ,01	%

Figura G.10 Ensayo de Compactación

## APÉNDICE H

### DATOS DE INFILTRACIÓN

Tabla H.1 Datos de infiltración para el margen izquierdo

Lectura N°	Altura (cm)	Tiempo (seg)	Velocidad (cm/seg)
<b>Calicata 1</b>			
1	1	23,54	0,0420
2	2	48,65	0,0410
3	3	73,48	0,0410
4	4	92,15	0,0430
5	5	128,74	0,0390
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0410			
<b>Calicata 2</b>			
1	1	181,76	0,0055
2	2	476,19	0,0042
3	3	1071,43	0,0028
4	4	1356,32	0,0029
5	5	1743,67	0,0029
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0037			
<b>Calicata 3</b>			
1	1	25,47	0,039
2	2	46,85	0,043
3	3	68,31	0,044
4	4	79,67	0,050
5	5	89,23	0,056
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0460			
<b>Calicata 4</b>			
1	1	205,49	0,0049
2	2	684,06	0,0029
3	3	913,81	0,0033
4	4	1284,63	0,0031
5	5	1560,87	0,0032
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0035			
<b>Calicata 5</b>			
1	1	46,61	0,021
2	2	108,99	0,018

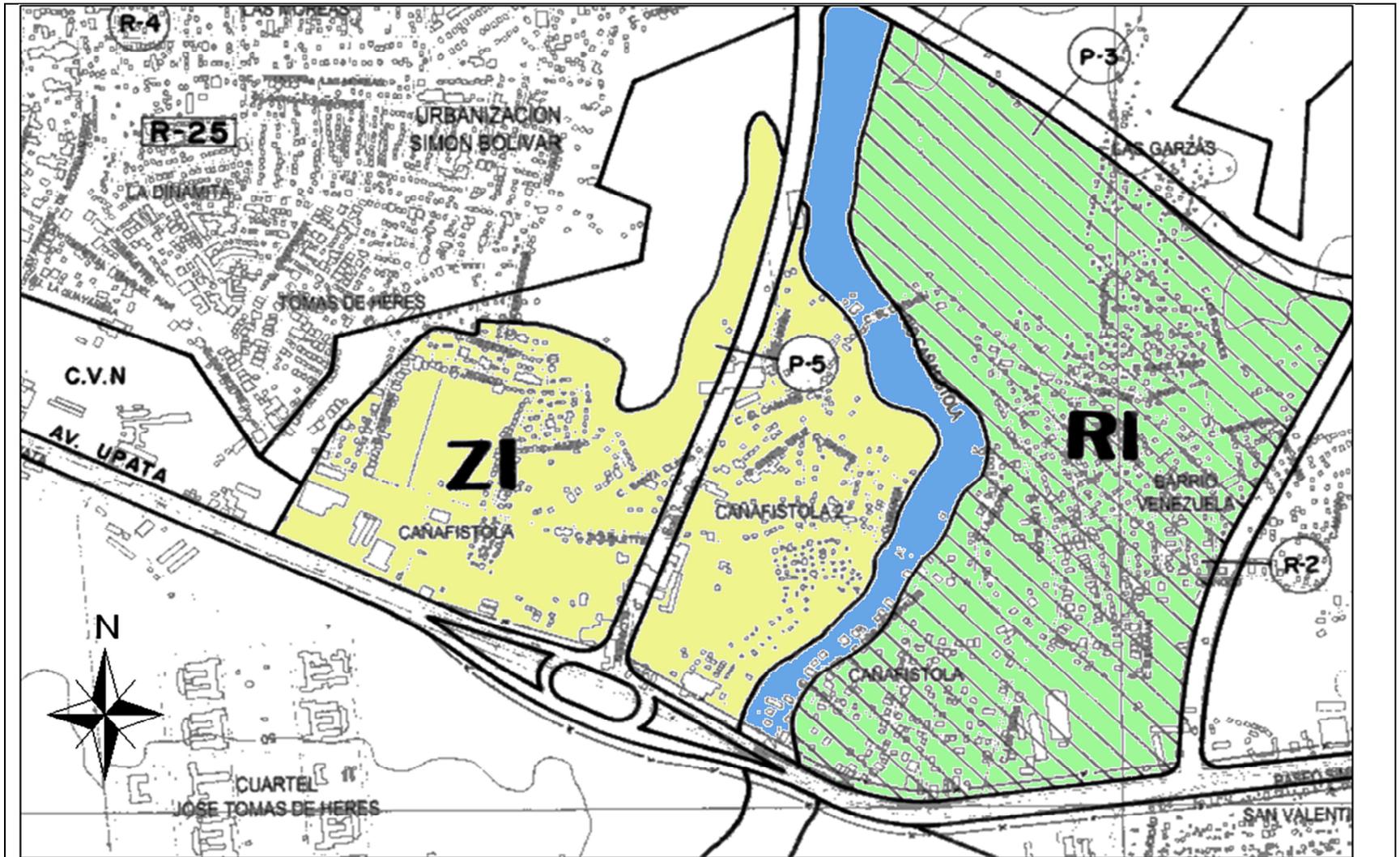
<b>3</b>	3	156,64	0,019
<b>4</b>	4	228,99	0,017
<b>5</b>	5	321,35	0,015
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,018			

Tabla H.2 Datos de infiltración para el margen derecho

<b>Lectura N°</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>Velocidad (cm/seg)</b>
<b>Calicata 1</b>			
<b>1</b>	1	35,92	0,028
<b>2</b>	2	67,12	0,030
<b>3</b>	3	111,33	0,027
<b>4</b>	4	159,46	0,025
<b>5</b>	5	214,16	0,023
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0270			
<b>Calicata 2</b>			
<b>1</b>	1	36,28	0,030
<b>2</b>	2	87,43	0,023
<b>3</b>	3	141,65	0,021
<b>4</b>	4	236,12	0,017
<b>5</b>	5	303,27	0,016
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0210			
<b>Calicata 3</b>			
<b>1</b>	1	33,11	0,0300
<b>2</b>	2	62,89	0,0320
<b>3</b>	3	96,15	0,0310
<b>4</b>	4	114,94	0,0350
<b>5</b>	5	132,98	0,0380
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0330			
<b>Calicata 4</b>			
<b>1</b>	1	28,71	0,0350
<b>2</b>	2	51,28	0,0390
<b>3</b>	3	77,93	0,0380
<b>4</b>	4	117,65	0,0340
<b>5</b>	5	132,58	0,0380
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0370			
<b>Calicata 5</b>			
<b>1</b>	1	71,43.	0,0140
<b>2</b>	2	166,70	0,0120
<b>3</b>	3	272,73	0,0110

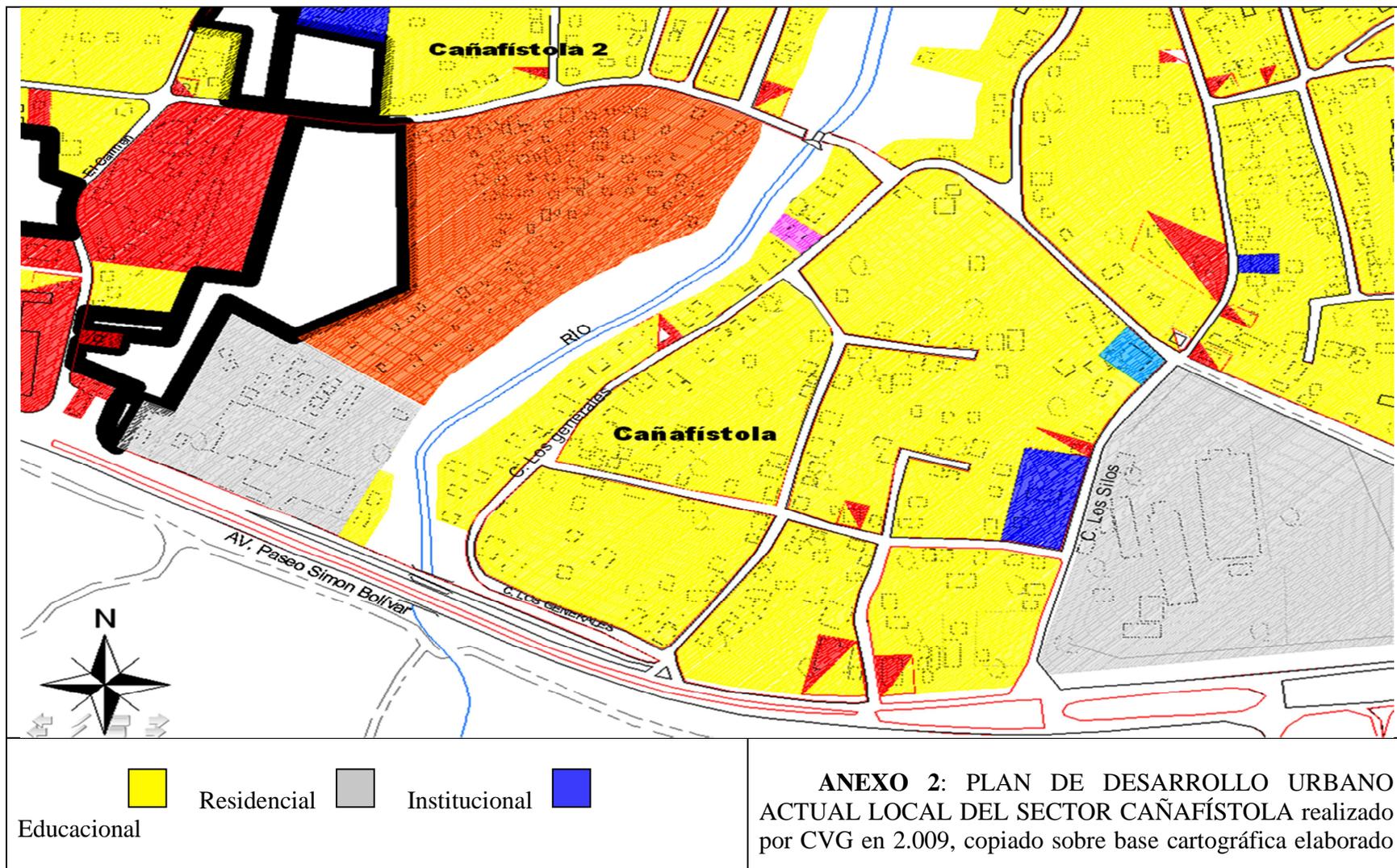
<b>4</b>	4	363,64	0,0110
<b>5</b>	5	416,70	0,0120
Velocidad promedio (cm/seg) = 0,0120			

## **ANEXOS**



 Zona industrial	 Río	 Reserva	<b>ANEXO 1: PLANO DE ZONIFICACIÓN</b> realizado por CVG-MINDUR, en 1.977, copiado sobre base cartográfica elaborado y actualizado por (González y Tirado 2.010)
industrial			

Figura 1 Plano de Zonificación



 Religioso	 Asistencial	 Comercial	y actualizado por (González y Tirado 2.010)
 Invasión			

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

<b>Título</b>	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA (SECTOR CAÑAFÍSTOLA II), CON FINES DE ORDENAMIENTO URBANÍSTICO Y MEJORAS. MUNICIPIO HERES-CIUDAD BOLÍVAR
<b>Subtítulo</b>	

### AUTOR(ES)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
González A., Pablo J.	<b>CVLAC</b>	18476017
	<b>e-mail</b>	deconio7@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
Tirado U., José L.	<b>CVLAC</b>	18828621
	<b>e-mail</b>	jtirado_urrieta@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA E HIDROLÓGICA.
CUENCA MEDIA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA.
ORDENAMIENTO URBANÍSTICO.
MEJORAS.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Geotenia	Geología

### Resumen (abstract):

El área de estudio limitada entre el Puente Hierro y el Puente Soublette se ubica en la cuenca media del río Cañafístola, sector Cañafístola II del Municipio Heres, Ciudad Bolívar-estado Bolívar. El objetivo general de la investigación consiste en Caracterizar geológica, geotécnica e hidrológicamente la cuenca media del río Cañafístola en el sector Cañafístola II con fines de ordenamiento urbanístico y mejoras mediante un diagnóstico desarrollado en campo bajo la interacción con la comunidad para detectar los problemas existentes en ellas, luego con una recopilación previa de ciertos estudios sobre la cuenca del río Cañafístola; se procedió al reconocimiento del área para limitar el cauce donde se identificó la geología a través de la geomorfología y aspectos morfodinámicos los cuales evidenciaron 2 unidades litológicas: Formación Mesa constituida principalmente por sedimentos detríticos gruesos con marcada estratificación cruzada, limos y otros sedimentos finos y varias secuencias sedimentarias dispuestas en forma de planadas que dan origen a pequeñas terrazas compuestas por sedimentos areno – limosos, como aluviones recientes. Posteriormente se tomaron 10 muestras en ambos márgenes del cauce para aplicarles ensayos geotécnicos en el laboratorio cuyos suelos presentan características permeables, de baja plasticidad, mal gradadas con pocos finos y arena limosa SP-SM, variando sus humedades naturales entre 4 y 20 % para culminar con un grado de compactación no apto para ejecución de obras. Finalmente se realizó un levantamiento topográfico de superficie para definir las secciones transversales y longitudinal que a su vez servirán para el cálculo de áreas y la pendiente longitudinal, subdividiendo el cauce en 3 tramos a los cuales se les midieron profundidad, anchura y velocidad para definir los caudales oscilando entre 0,012 y 0,043 m<sup>3</sup>/seg permitiendo obtener el coeficiente de rugosidad para cada sección dando rangos entre 0,190 y 0,350 cuyos valores corresponden a un río natural de suelo arenoso, de curso muy sinuoso con pendiente lateral irregular. La identificación del uso actual de la tierra en el sector fue determinada mediante la ordenanza de zonificación obteniendo como resultado zonas de Reserva Industrial y Zona Industrial destinada a los usos actuales industriales y mediante el plan de desarrollo urbano actual perteneciente a CVG.

---

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Ramos M., Javier D.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V – 14.141.647
	e-mail	<a href="mailto:jdramos@udo.edu.ve">jdramos@udo.edu.ve</a>
	e-mail	
Echeverria D., Dafnis J.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 4.405.408
	e-mail	Djed4506@hotmail.com
	e-mail	
Abud S., Jorge M.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	V – 4.984.842
	e-mail	jorgeabuds@yahoo.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

**Año Mes Día**

<b>2010</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

### Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Characterizacion geologica, geotécnica e hidraulica.doc	Application/msword

### Alcance:

**Espacial:** Universidad de Oriente (Núcleo Bolívar) (Opcional)

**Temporal:** 5 años (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Ingeniero Geólogo

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pregrado

**Área de Estudio:** Departamento de Geotecnia

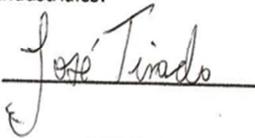
**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:** Universidad de Oriente

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

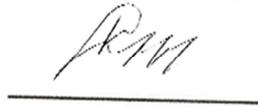
### Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado " Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Nucleos respectivos, quien lo participare al Consejo Universitario "

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



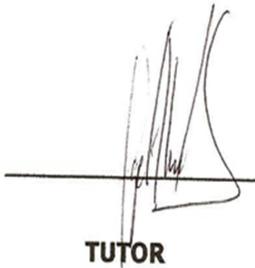
**AUTOR 1**



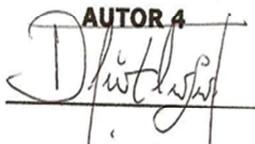
**AUTOR 2**

\_\_\_\_\_

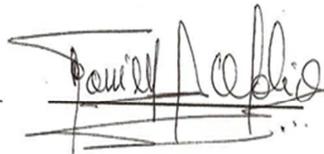
**AUTOR 3**



**TUTOR**



**JURADO 1**



**JURADO 2**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:**

