201

Tamiz (mm)	Granulometria 1 Pasa (%):
100	100,00
80	100,00
63	100,00
50	100,00
40	100,00
25	100,00
20	100,00
12,5	67,12
10	59,15
6,3	52,60
5	46,24
2	34,19
1,25	27,47
0,4	20,80
0,160	14,32
0,080	12,73

LL (%)	36,83
LP (%)	30,83
IP (%)	6,00
Humedad natural (%)	40,00
Densidad seca (gr/cm^3)	1.5
H/LL	1,09
H/LP	1,30

Colapsabilidad	No colapsable
	1,33

Marcador	Rombo

Indice de consistencia Ic (C.R.)=	-0,528
Indice de liquidez I_L=	1,528
Indice de compresión Cc=	0,241
Contracción lineal CL (%)=	2,817

INGE SUELOS&CONSTRUCCIONES SAS
LABORATORIO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

FECHA : 20 DE MAYO DE 2021

SONDEO : 3

PROYECTO : CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVER EN LA VEREDA CANUTILLO SECTOR EL TOLDO SOBRE LA QUEBRADA CURITOS.

MUESTRA: 1

LOCALIZACION: MUNICIPIO DE ALBANIA SANTANDER

PROFUNDIDAD : 0,60 - 3,30 m

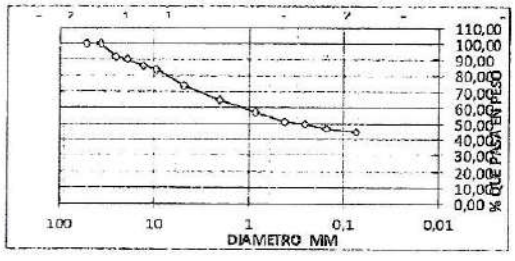
PESO TARA (gr)	12,6	
TARA+M LESTRA HUMEDA (gr)	690,1	
TARA+M LESTRA SECA (gr)	564,4	
PESO AGUA (gr)	125,7	
PESO MUEST. SECA (gr)	551,8	
HUMEDAD (%)	22,78	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 551,8

PESO DESPUES DE LAVADO gr: 321,70

PORCENTAJE DE ERROR %: 0,16

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	90,2	50,80	9,21	64,72
1 1/2"	36,1	0,00	0,00	100,00	20	41,1	41,30	7,48	57,23
1"	25,4	44,40	8,05	91,95	40	26,8	33,80	6,13	51,11
3/4"	19,3	10,00	1,81	90,14	60	3,5	6,60	1,16	49,93
1/2"	38,3	25,20	4,57	85,57	100	20,3	17,90	3,24	46,68
3/8"	22,8	13,00	2,36	83,22	200	4,4	13,00	2,36	44,33
No 4	118,8	51,30	9,30	73,92	PASA 200	2,4	14,00	2,54	
SUMA	*****	143,90	26,08		SUMA	*****	177,30	32,13	
					TOTAL		321,20		



GRAVAS= 26,08 %

ARENAS = 29,59 %

FINOS= 44,33 %

Arena limosa con grava SM

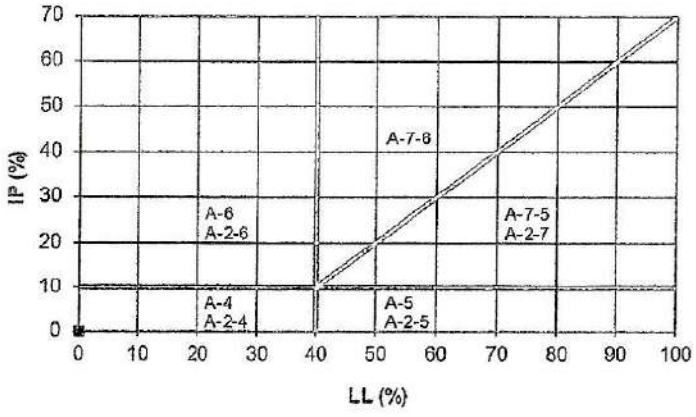
Ing. Edwin Antonio Ortiz Higuera
Geotecnista

Javier Andres Ramirez
Laboratorista

203

Clasificación AAHSTO

Clasificación fracción limoso-arcillosa (AAHSTO)



Material limoso-arenoso
Pobre a malo como subgrado
A-4 Suelo limoso

Valor del índice de grupo (IG):

En la ejecución de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras extraídas de los sondeos, se encontró que la fracción fina del suelo fino no presenta límites (Índice de Plasticidad)

204

INGE SUELOS&CONSTRUCCIONES SAS
LABORATORIO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

FECHA : 20 DE MAYO DE 2021

SONDEO : 3

PROYECTO : CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVER EN LA VEREDA CANUTILLO SECTOR EL TOLDO SOBRE LA QUEBRADA CURITOS.

MUESTRA: 2

LOCALIZACION: MUNICIPIO DE ALBANIA SANTANDER

PROFUNDIDAD : 0,00 - 6,0 M

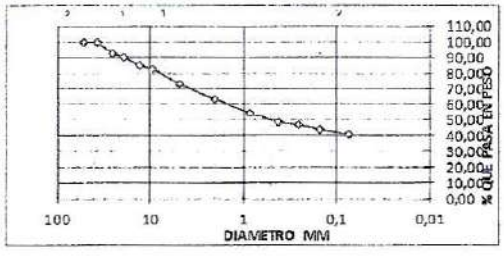
PESO TARA (gr)	11,5	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	680,4	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	567,2	
PESO AGUA (gr)	113,2	
PESO MUEST. SECA (gr)	555,7	
HUMEDAD (%)	20,37	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 555,7

PESO DESPUES DE LAVADO gr: 341,80

PORCENTAJE DE ERROR %: 0,15

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	90,2	54,80	9,86	62,97
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	100,00	20	41,1	46,50	8,37	54,60
1"	25,4	42,60	7,67	92,33	40	26,8	36,20	6,51	48,08
3/4"	19,3	12,10	2,18	90,16	60	3,5	7,10	1,28	46,81
1/2"	38,3	27,40	4,93	85,23	100	20,3	18,20	3,28	43,53
3/8"	22,8	15,20	2,74	82,49	200	4,4	14,50	2,61	40,92
No 4	118,8	53,70	9,66	72,83	PASA 200	2,4	13,00	2,34	
SUMA	*****	151,00	27,17		SUMA	*****	190,30	34,25	
					TOTAL		341,30		



GRAVAS= 27,17 %

ARENAS= 31,91 %

FINOS= 40,92 %

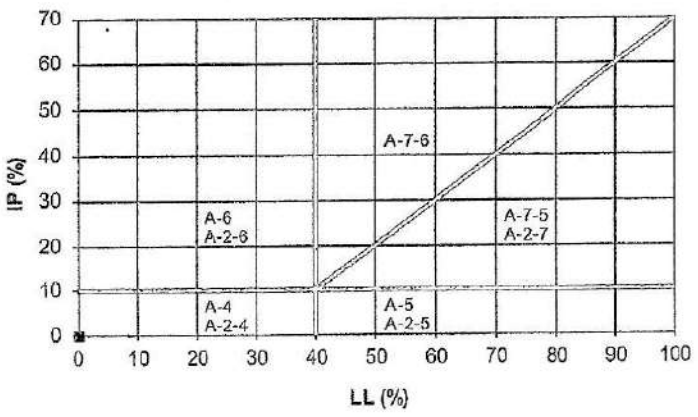
Arena limosa con grava SM

Ing. Edwin Antonio Ortiz Higuera
Geotecnista

Javier Andres Ramirez
Laboratorista

205

Clasificación AAHSTO



Material limoso-arenoso
Pobre a malo como subgrado
A-4 Suelo limoso

Valor del índice de grupo (IG):

En la ejecución de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras extraídas de los sondeos, se encontró que la fracción fina del suelo fino no presenta límites (Índice de Plasticidad).

14. PESO UNITARIO

207

	PESO UNITARIO HUMEDO	INGESUELOS&CONSTRUCCIONES SAS CARRERA 11 # 23 - 12 SANGIL - SANTANDER 3134624919 - 3118954637

Sondeo 1 Profundidad 0,60 - 3,30 m				
LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	31,33	31,52	31,38	grs.
PESO FRASCO+AGUA	13,61	13,51	13,41	grs.
PESO SUELO SECO	12,47	12,57	13,30	grs.
PESO SUELO EN AGUA	19,97	19,93	18,74	grs.
VOLUMEN DEL SUELO	7,50	7,36	5,44	cm3
PESO ESPECIFICO	1,66	1,71	2,44	grs./cm3
PROMEDIO		1,94		**grs./cm3**

Peso unitario en seco Tm/m3 1,84 - 2,16 Grava Limosa Con Arena GM

Sondeo 1 Profundidad 3,30 - 6,00 m				
LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	31,33	31,52	31,38	grs.
PESO FRASCO+AGUA	13,61	13,51	13,41	grs.
PESO SUELO SECO	12,47	12,53	13,70	grs.
PESO SUELO EN AGUA	19,97	19,93	18,74	grs.
VOLUMEN DEL SUELO	7,50	7,40	5,04	cm3
PESO ESPECIFICO	1,66	1,69	2,72	grs./cm3
PROMEDIO		2,02		**grs./cm3**

Peso unitario en seco Tm/m3 1,84 - 2,16 Grava Limosa Con Arena GM

Sondeo 2 Profundidad 0,60 - 3,30 m				
LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	31,47	31,56	31,59	grs.
PESO FRASCO+AGUA	14,57	14,92	14,37	grs.
PESO SUELO SECO	13,66	13,90	15,43	grs.
PESO SUELO EN AGUA	21,13	21,97	21,65	grs.
VOLUMEN DEL SUELO	7,47	8,07	6,22	cm3
PESO ESPECIFICO	1,83	1,72	2,48	grs./cm3
PROMEDIO		2,01		**grs./cm3**

Peso unitario en seco Tm/m3 1,84 - 2,16 Grava Limosa Con Arena GM

Sondeo 2 Profundidad 3,30 - 6,00 m				
LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	31,33	31,52	31,37	grs.
PESO FRASCO+AGUA	13,61	13,51	13,43	grs.
PESO SUELO SECO	12,47	12,57	13,32	grs.
PESO SUELO EN AGUA	19,97	19,93	18,74	grs.
VOLUMEN DEL SUELO	7,50	7,36	5,42	cm3
PESO ESPECIFICO	1,66	1,71	2,46	grs./cm3
PROMEDIO		1,94		**grs./cm3**

Peso unitario en seco Tm/m3 1,84 - 2,16 Grava Limosa Con Arena GM

Sondeo 3 Profundidad 0,60 - 3,30 m				
LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	31,43	31,58	31,59	grs.
PESO FRASCO+AGUA	14,57	14,86	14,37	grs.
PESO SUELO SECO	13,65	13,90	13,56	grs.
PESO SUELO EN AGUA	21,15	21,99	21,65	grs.
VOLUMEN DEL SUELO	7,50	8,09	8,09	cm3
PESO ESPECIFICO	1,82	1,72	1,68	grs./cm3
PROMEDIO		1,74		**grs./cm3**

Peso unitario en seco Tm/m3 1,60 - 2,08 Arena Limosa Con Grava SM

Sondeo 3 Profundidad 3,30 - 6,00 m				
LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	31,33	31,52	31,38	grs.
PESO FRASCO+AGUA	13,61	13,51	13,41	grs.
PESO SUELO SECO	12,44	12,57	13,10	grs.
PESO SUELO EN AGUA	19,97	19,93	18,76	grs.
VOLUMEN DEL SUELO	7,53	7,36	5,66	cm3
PESO ESPECIFICO	1,65	1,71	2,31	grs./cm3
PROMEDIO		1,89		**grs./cm3**

Peso unitario en seco Tm/m3 1,60 - 2,08 Arena Limosa Con Grava SM

HIDRAULI-
CO_BOX_ALBANIA

210

Mayo de 2021

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Por este medio, yo **LAURA ANDREA GUTIERREZ MOLANO, Ingeniera Ambiental especialista en recursos hidricos,** con matrícula profesional **15238-348332BYC**, presento la elaboración de los estudios **HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y SOCAVACION** del proyecto CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVERT EN LA VEREDA CANUTILLO SECTOR EL TOLDO SOBRE LA VEREDA CURITOS
en cuenta los requerimientos de INVIAS (Manual de drenaje de INVIAS) y procedimientos técnicos de la resolución 0330 de 2017. Declaro que me hago responsable por perjuicios que a causa de ellos puedan deducirse, excepto cuando la construcción de la presente obra sea utilizada para actividades que no concuerden con lo expuesto en el estudio anexo debidamente firmado, o que cambien los archivos insumo suministrados por la consultoría.

Atentamente,

LAURA ANDREA GUTIERREZ M
Ingeniera Ambiental
M.P. 15238-348332 BYC

LAURA ANDREA GUTIÉRREZ MOLANO
Ingeniera Ambiental
Esp. En recursos hídricos
C.c.: 1.057.597.349
M.P.: 15238-348332 BYC
Cel.: 310 273 11 5



Universidad de Boyacá

Tunja - Colombia

Teniendo en cuenta que

Laura Andrea Gutiérrez Molano

1.057.597.349 de Duitama Boyacá

cursó todos los estudios y cumplió satisfactoriamente los requisitos establecidos por la Universidad y por las normas legales le confiere el título Universitario de:

Ingeniera Ambiental

En testimonio de ello le expide el presente

DIPLOMA

dado en Duitama el día 18 de mes de Diciembre de 2010

Rectora

Secretaria General

12971

USO EXCLUSIVO
SOPORTE DE DOCUMENTOS
CONTRUCCIÓN DE BOX CULVER
UBICADO SOBRE LA QUEBRADA CANUTILLO,
SECTOR EL TOLDO EN EL
MUNICIPIO DE ALBANIA SANTANDER

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia

Vigilada Mineducación

Personería Jurídica: Resolución del Ministerio de Justicia No. 2271 de julio de 1970

CONSIDERANDO QUE:

LAURA ANDREA GUTIÉRREZ MOLANO

C.C. 1057597349 SOGAMOSO

APROBÓ LOS ESTUDIOS DE POSGRADO PROGRAMADOS POR LA UNIVERSIDAD Y CUMPLIÓ CON LOS REQUISITOS EXIGIDOS POR LA LEY Y LOS REGLAMENTOS, LE CONFIERE EL TÍTULO DE

ESPECIALISTA EN
RECURSOS HÍDRICOS

EN TESTIMONIO DE LO EXPUESTO SE EXPIDE EL PRESENTE DIPLOMA QUE ASÍ LO ACREDITA.

BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE 24 DE 2020

RECTOR

SECRETARIO GENERAL

DECANO

ANOTADO EN EL LIBRO 4 FOLIO NO. 11 26PC DEL 24 DE SEPTIEMBRE DE 2020

24815

USO EXCLUSIVO
SOPORTE DOCUMENTOS
CONTRUCCIÓN DE PO CULVER
UBICADO SOBRE LA QUEBRADA CANTILLO,
SECTOR EL TODO EN EL
MUNICIPIO DE ALBANIA-SANTANDER



USO EXCLUSIVO
SOPORTE DOCUMENTOS
CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVER
UBICADO SOBRE LA QUEBRADA CANUTILLO,
SECTOR EL TOLDO EN EL
MUNICIPIO DE ALBANIA SANTANDER

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2021-785348

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que LAURA ANDREA GUTIERREZ MOLANO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1057597349, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA AMBIENTAL con MATRICULA PROFESIONAL 15238-348332 desde el 30 de Diciembre de 2016, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1707.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los dos (02) días del mes de Junio del año dos mil veintiuno (2021).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositе/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

215

CONTRUCCIÓN DE BOX CULVER EN LA VEREDA CANUTILLO
SECTOR EL TOLDO SOBRE LA QUEBRADA CURITOS

ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y SOCAVACIÓN

Elaborado por:

LAURA ANDREA GUTIERREZ M.
Ingeniera Ambiental
Mat. 15238-348332 BYC

LAURA ANDREA GUTIERREZ MOLANO
Ingeniera Ambiental
Esp. En recursos Hídricos
15238-348332BYC

MARIA CAMILA RODRIGUEZ PIRABAN
Secretaria de Planeación
Revisó

Mayo de 2021

CONTENIDO

Pág.

1. GENERALIDADES 7

1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7

2. OBJETIVOS Y ALCANCES 8

3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS 9

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO 12

4.1. CUENCA 12

4.1.1. Área de la cuenca 12

4.1.2. Pendiente de la cuenca 13

4.1.3. Red de drenaje: 14

4.2. ANÁLISIS DE LLUVIAS 18

4.2.1. Precipitación media multianual 18

4.2.1.1. Completamiento de datos con python 19

4.3. DISTRIBUCIÓN DE LLUVIA POR MEDIO DE POLÍGONOS DE THIESSEN E ISOYETAS 21

4.4. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS 22

4.4.1. Análisis estadístico 25

4.4.1.1. Gumbel 25

4.4.1.2. Gamma de 2 parámetros 27

4.4.1.3. Distribución normal: 29

4.4.1.4. Lognormal de 2 parámetros: 30

4.4.1.5. Resultados análisis estadístico 32

4.5. ESTIMACIÓN DE INTENSIDAD 34

4.5.1. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 5 años 35

4.5.2. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 10 años 38

4.5.3. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 25 años 42

4.5.4. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 50 años 45

4.6. CURVAS IDF PARA LA CUENCA 49

4.7. HIETOGRAMAS DE DISEÑO 50

4.8. ANÁLISIS DE CAUDALES 52

4.8.1. Modelación hidrológica – estimación de caudales máximos 53

4.8.1.1. Método Clark hidrograma unitario 54

5. ESTUDIO HIDRÁULICO 57

5.1.1. Coeficiente de resistencia hidráulica 60

5.1.2. Condiciones de frontera 61

5.1.3. Caudal total modelación hidráulica 61

5.1.4. Resultados modelación hidráulica 62

5.1.5. Llanura de inundación 66

5.2. EVALUACIÓN POR SOCAVACIÓN 69

5.2.1. Socavación general 69

5.2.2. Socavación local 71

5.2.3. Resultados de la socavación 74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 77

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Localización 7
Figura 2 Localización de estaciones del IDEAM 10
Figura 3 Información plancha IGAC 11
Figura 4 Topografía detalle del proyecto 11
Figura 5 Cuenca – Área de estudio 13
Figura 6 Cuenca – Orden de drenaje 14
Figura 7. Precipitación media mensual multianual (mm) 19
Figura 8. Precipitación mensual mm – Datos crudos IDEAM 20
Figura 9. Correlación entre estaciones - IDEAM 20
Figura 10. Ajuste de datos 21
Figura 11. Isoyetas y Polígonos de Thiessen 22
Figura 12. Precipitación máxima en 24 Horas (mm) – Estación Siachoque [24037550] ... 23
Figura 13 Modelo estadístico Gumbel 26
Figura 14 Modelo estadístico Gamma 28
Figura 15 Modelo estadístico Normal 30
Figura 16 Modelo estadístico LogNormal 32
Figura 17 Curvas IDF de la cuenca 49
Figura 18 Condiciones de Frontera 54
Figura 19 Resultados de modelación HEC-HMS – Pr = 5años – Caudales máximos 55
Figura 20. Curvas de nivel – Modelo de inundación 59
Figura 21. Secciones transversales 60
Figura 22. Perfil Hidráulico quebrada de estudio 62
Figura 23 Perfil – Secciones transversales 64

Figura 24 – Lámina de agua – Periodo de retorno 100 Años 67

Figura 25 – Huellas de Inundación 68

Figura 26. Resultados de laboratorio - Suelos 73

Figura 27 Calculo de socavación– HEC-RAS 74

Figura 28 Reporte cálculo de socavación– HEC-RAS 75

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Datos estaciones hidroclimatológicas 10
Tabla 2 Orden de corriente y coeficiente de bifuración 14
Tabla 3 Rangos aproximados de la densidad de drenaje..... 16
Tabla 4 Registro de precipitación mensual en 24 HRS 24
Tabla 5 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para Gumbel..... 25
Tabla 6 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para Gamma de 2 parámetros..... 27
Tabla 7 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución normal..... 29
Tabla 8Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución LogNormal 30
Tabla 9 Precipitación, probabilidades de no excedencia y tiempo de retorno 33
Tabla 10 Parámetros de ajuste de la regresión (valores para Colombia) 35
Tabla 11 Intensidades vs tiempo 49
Tabla 12 Hietogramas..... 50
Tabla 13 Caudales máximo – Método Clark Hidrograma Unitario..... 56
Tabla 14 Coeficiente de resistencia hidráulica – Método de Cowan..... 61
Tabla 15 Caudal modelación hidráulica 62
Tabla 16 Resultados hidráulicos 63

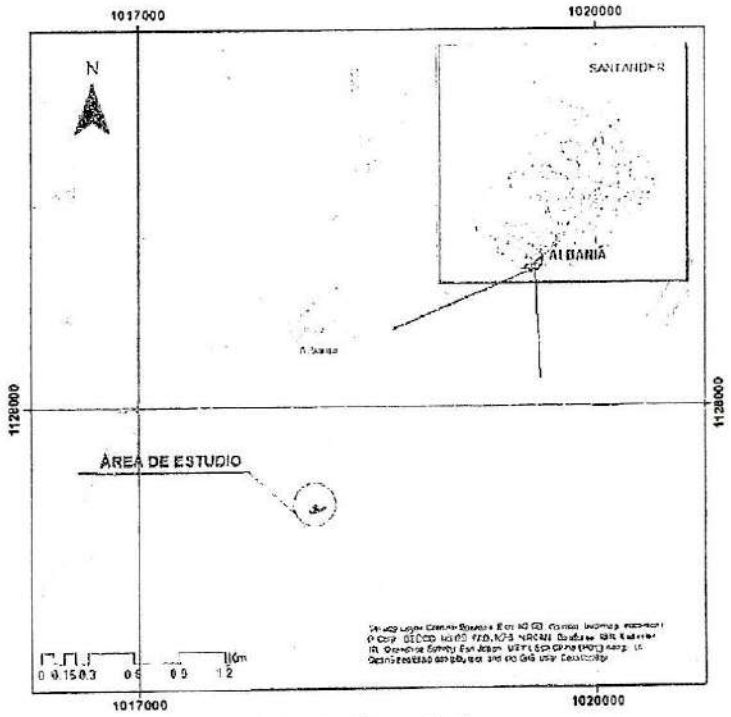
1. GENERALIDADES

1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

MUNICIPIO: Albania
PROYECTO: CONSTRUCCION DE BOX CULVERT EN LA VEREDA CANUTILLO SECTOR EL TOLDO SOBRE LA QUEBRADA CURITOS

En la figura 1 se observa la ubicación donde se realizará el estudio hidrológico, hidráulico y socavación del paso vehicular en la vereda Canutillo sector El Toldo quebrada Curitos municipio de Albania departamento de Santander

Figura 1 Localización



Fuente: Consultoría

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

Dentro del desarrollo de los estudios hidrológicos e hidráulicos y socavación para la construcción del box culvert sobre la quebrada Canutillo municipio de Albania departamento de Santander

se pretende alcanzar entre otros los siguientes objetivos:

- Realizar el estudio hidrológico a partir de las estaciones pluviométricas y/o climatológicas cercanas al área de estudio.
- Conocer el comportamiento pluviométrico y climatológico.
- Calcular intensidades de lluvia a diferentes periodos de retorno como insumo principal para el estudio hidráulico.
- Desarrollar el estudio hidráulico, definiendo los niveles de agua a partir de áreas aferentes delimitadas en el área de estudio.
- Calcular socavación en el puente propuesto por la consultoría.

223

3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS

El procedimiento para la realización de los estudios de hidrología, hidráulico y socavación contempla los siguientes parámetros:

- Realizar una visita técnica al área de estudio, con el fin de delimitar la zona de interés y evaluar de manera visual la situación actual, y con base en ésta, verificar la proyectada con los cambios realizados en levantamiento topográfico.
- Realizar el análisis de la información hidrometeorológica y cartográfica recopilada de la zona de estudio para determinar las variables involucradas dentro del estudio hidrológico.
- Determinar la cuenca y/o áreas aferentes que requieran el análisis de caudal con sus respectivas características como área, pendiente y cobertura vegetal entre otras.
- Determinar caudales máximos para periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años a través de la construcción de un modelo lluvia caudal o proyección de caudales según fuese el registro histórico disponible.
- Recopilar la información de planos proyectados con la modificación de curvas de nivel en el área de interés, para el análisis hidráulico y niveles máximos de inundación.
- Determinar los parámetros hidráulicos con base en la geometría obtenida de la topografía, trabajo de oficina, registros y observaciones de campo.
- A partir de los datos de los caudales, se determinarán las estructuras a implementar en áreas estratégicas, de la mano con el periodo de diseño el recomendado por el manual de drenaje vial.
- Analizar socavación para la construcción del puente vehicular.
- Plantear las conclusiones y recomendaciones a considerar

INFORMACIÓN HIDROCLIMATOLOGICA

La actividad de recopilación y análisis de la información existente y básica se orientó particularmente en los aspectos de cartografía, e información hidrometeorológica de estaciones activas del IDEAM. A partir de cartografía IGAC y la suministrada por el municipio se obtuvieron las planchas a escala 1:125.000, siendo el principal insumo para el procesamiento SIG y el análisis climatológico; se obtuvieron los registros de lluvias de las estaciones operadas por el IDEAM ubicadas en las cuencas hidrográficas involucradas en el estudio.

En la siguiente tabla se relacionan las estaciones e información utilizada para el desarrollo del presente capitulo. El Anexo 1. Datos estaciones IDEAM, se presenta los datos originales del IDEAM.

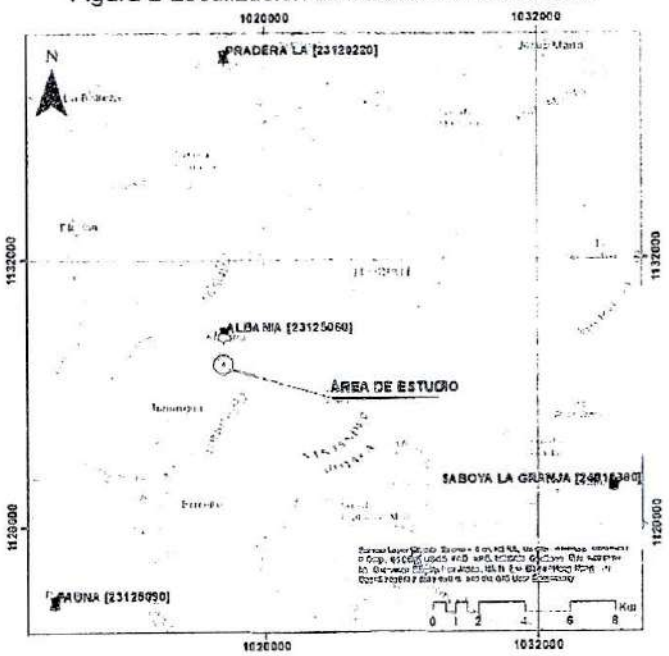
Tabla 1 Datos estaciones hidroclimatológicas

ENTIDAD	CODIGO	NOMBRE	TIPO	MUNICIPIO	REGISTRO DE DATOS
IDEAM	23125090	PAUNA	ME	PAUNA	1995 - 2020
IDEAM	24015360	SABOYÁ LA GRANJA	CO	SABOYÁ	1995 - 2020
IDEAM	23125060	ALBANIA	CO	ALBANIA (SANTANDER)	1995 - 2020
IDEAM	23120220	LA PRADERA	PL	JESUS MARÍA	1995 - 2020

Fuente: IDEAM, procesado por el autor

Las estaciones nombradas en la tabla anterior se ilustran en la siguiente figura.

Figura 2 Localización de estaciones del IDEAM

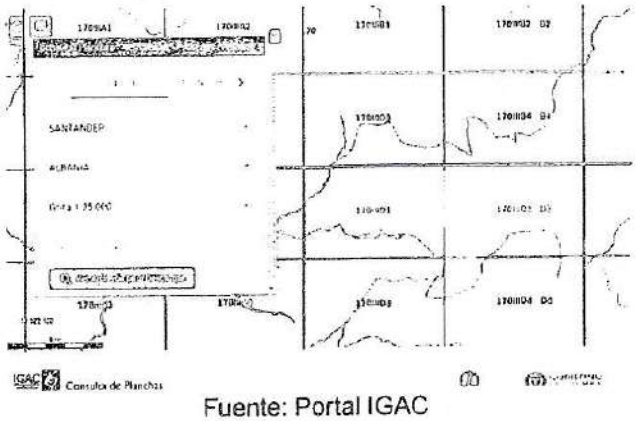


Fuente: Base IDEAM, procesada por el autor

- **INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

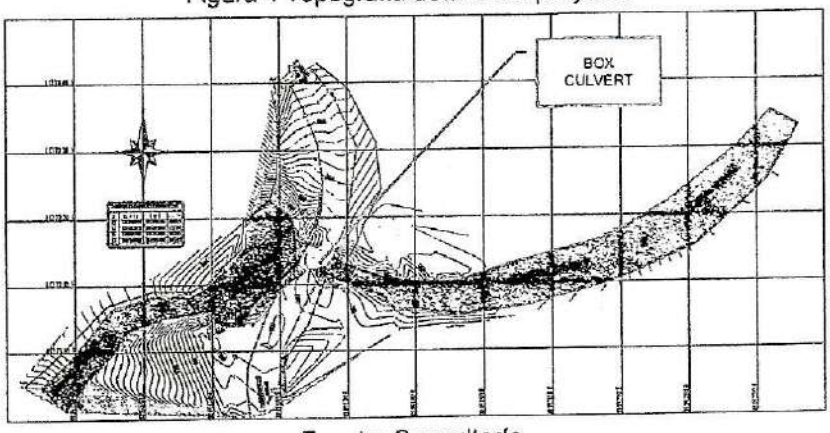
Se adelantó una investigación directa sobre cartas del IGAC que contienen la configuración y características topográficas de la cuenca del rio a analizar. La plancha IGAC consultada corresponde a la carta IGAC en escala 1:25.000 y la topografía detallada levantada por la consultoría del proyecto, lo anterior siendo de datos abiertos para el departamento de Santander e insumos del proyecto.

Figura 3 Información plancha IGAC



Fuente: Portal IGAC

Figura 4 Topografía detalle del proyecto



Fuente: Consultoría

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

A partir de la necesidad de conocer el comportamiento hidrológico e hidráulico para todos aquellos proyectos de infraestructura se hace necesario conocer un análisis detallado del área de interés teniendo en cuenta todos los requerimientos dados por las normas, manuales y metodologías avaladas en Colombia.

Uno de los principales manuales para la aplicación de esto es el manual de drenaje de invias, también conocido como manual para hidrología, hidráulico con aplicación en el diseño y construcción de obras típicas para el drenaje y subdrenaje de carreteras o proyectos de protección marginal.

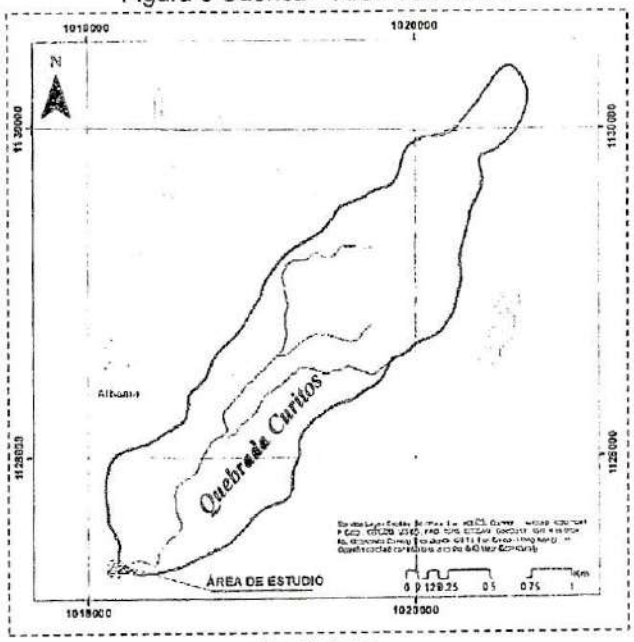
Este documento recopila todos los requerimientos para la elaboración de estudios de esta índole. Esta metodología es aplicable para todos aquellos estudios que requieran un estudio detallado de hidrología, como en la aplicación de estructuras para el manejo de escorrentía, entre otras.

4.1. CUENCA

4.1.1. Área de la cuenca

El área total de la cuenca es delimitada por el parteaguas o en proyección horizontal definida por capas y cumpliendo con la delimitación de las cuencas y cartografía IGAC como se muestra en la siguiente ilustración. El área total es de 2,5870Km^2. De acuerdo a el área correspondiente a esta cuenca se determina por literatura que es una cuenca muy pequeña.

Figura 5 Cuenca – Área de estudio



Fuente: Autor

4.1.2. Pendiente de la cuenca

Existen diferentes metodologías para evaluar la pendiente de una cuenca, esto dependiendo de la información que se tenga o del posterior uso que se le quiera dar al resultado. Para el presente estudio se obtiene la pendiente por medio de datos presentados por el software HEC RAS ya que esta entrega datos precisos de las alturas y perfiles hallados por medio del levantamiento topográfico. La ecuación utilizada es:

$$P = \frac{\Delta H}{L}$$

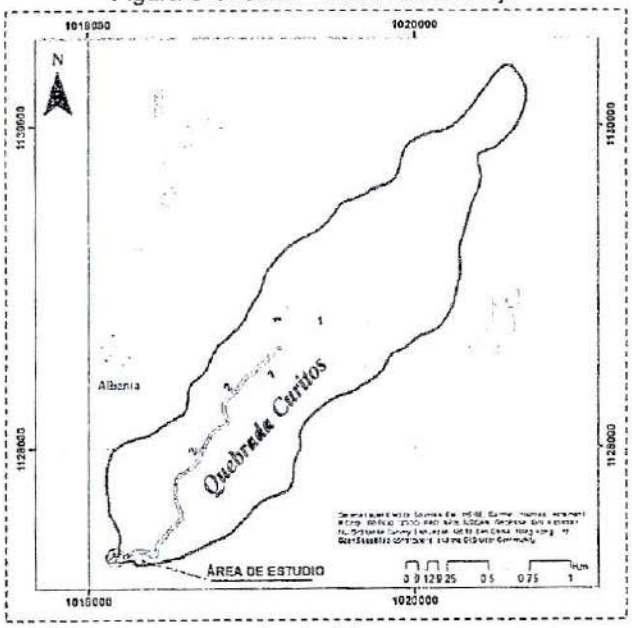
$$P = \frac{1886m - 1574m}{3031.62\ m}$$

$$P = 0.1029 = 10.29\,\%$$

De acuerdo a la caracterización de relieve, se considera que la zona de estudio cuenta con una pendiente en el rango del 10.29% considerado como un tipo de terreno con pendiente media.

4.1.3. Red de drenaje:

Figura 6 Cuenca – Orden de drenaje



Fuente: Autor

- **ORDEN DE LAS CORRIENTES Y COEFICIENTE DE BIFURCACIÓN:** Es la proporción que existe entre el número de corrientes la cantidad de órdenes de la cuenca y el número de corrientes de orden inferior y en la mayoría de las cuencas suelen ser constante. El coeficiente que corresponde para la cuenca de estudio es:

Tabla 2 Orden de corriente y coeficiente de bifurcación

ORDENES DE LAS CORRIENTES			
1° orden	3	Rb = 3 / 2	1.5
2° orden	2		
TOTAL	5		

Rb = 1.5

Fuente: Autor

Este coeficiente indica la forma de la cuenca, por lo que se considera que de acuerdo al resultado es una cuenca alta, además demuestra que es una cuenca alargada con una alternancia de afloramientos contrastantes en sus características litológicas y cuantiosa caída de rocas.

- **DENSIDAD DE LA CORRIENTE:** La densidad de corriente es una característica muy particular y precisa que permite conocer una información más real al comportamiento o características especiales de las cuencas. La ecuación a utilizar es:

$$D_S = \frac{N_s}{A}$$

$$D_S = Densidad\ de\ corriente$$
$$N_s = Número\ de\ corrientes\ de\ la\ cuenca$$
$$A = Área\ de\ la\ cuenca$$

$$D_S = \frac{3 + 2}{2.5870\ Km2}$$

$$D_S = 1.9327\ Corrientes/_{Km^2}$$

La densidad de corriente de 1.9327 corrientes / km2, indica que se trata de una cuenca medianamente drenada y que cuenta con un régimen pluvial de poco valor o resistencia del material litológico de gran magnitud.

- **FACTOR DE FORMA:** Es uno de los parámetros que explica la elongación de una cuenca. Se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma. El parámetro está definido por la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

$$F_f = Factor\ de\ forma$$
$$L = Longitud\ de\ la\ cuenca$$

$$A = Área\ de\ la\ cuenca$$

$$F_f = 0.2816$$

Si la forma de la cuenca es aproximadamente circular, entonces el valor de F_f se acercará a uno. Mientras que, las cuencas más alargadas, tendrán un F_f menor. En las cuencas alargadas, las descargas son de menor volumen debido a que el cauce de agua principal es más largo que los cauces secundarios y los tiempos de concentración para eventos de precipitación son distintos. De acuerdo a los resultados, la cuenca de estudio es una cuenca con tendencia alargada.

- **DENSIDAD DE DRENAJE**

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la cuenca y la superficie total de la misma. De otra manera, expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado (López Cadenas de Llano, 1998).

Este parámetro es muy representativo respecto a la topografía de la cuenca en los estudios. Valores mínimos de esta relación están asociados a regiones con materiales de suelo poco erosionables, baja cubierta de vegetación y pendientes planas. Mientras que, valores altos refieren a que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Generalmente, estas regiones tienen suelos impermeables y pendientes fuertes. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

$$Dd = Densidad\ de\ drenaje$$
$$Li = Largo\ total\ de\ los\ cursos\ de\ agua\ en\ Km$$
$$A = Área\ de\ la\ cuenca$$

$$Dd = \frac{4.9594\ km}{2.5870\ km2}$$

$$\mathbf{Dd = 1.9170\ km/km2}$$

Según la clasificación de valores referenciales, la cuenca de estudio presenta una densidad de drenaje moderado, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3 Rangos aproximados de la densidad de drenaje

Densidad de drenaje (valores aproximados)	Clases
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

Fuente: IBAL, 2009

- **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)**

Es el tiempo transcurrido entre el final del hietograma de excesos y el final del escurrimiento directo, siendo ésta la definición que aparece reseñada en la literatura con mayor frecuencia. Sin embargo, otros autores reportan el Tc como el tiempo comprendido entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo.

Además, se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial.

Existen una serie de fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo desarrolladas por diversos autores. Algunas de las fórmulas que se emplean para el cálculo de este tiempo son las siguientes: Método de Rowe, Método de Kirpich, Método de SCS, entre otros.

El cálculo para las metodologías aplicadas en la zona de estudio es:

A) Método de Rowe

$$Tc = \left(\frac{0.87\,L^{3}}{D}\right)^{0.385} = 0{,}37 \text{ HRS}$$

B) Método de Kirpich

$$Tc = 0.0003245\left(\frac{L^{0.77}}{S^{1/2}}\right) = 0{,}37 \text{ HRS}$$

C) Método del SCS

$$Tc = \frac{L^{1.15}}{3085\,D^{0.38}} = 0{,}37 \text{ HRS}$$

Tc seleccionado =	0,37	HRS	min
	Lag time		22,128
			13,277

El tiempo de concentración es 0.37 hrs o 22.128 min desde el inicio de la cuenca hasta la zona de estudio, clasificado como tiempo de concentración medio a nivel general, pero es necesario que esto se analice a detalle en diferentes tramos ya que es una cuenca de altas pendientes.

4.2. ANÁLISIS DE LLUVIAS

Para el análisis de lluvia se toma como referencia las estaciones nombradas en la tabla 1 con información hidroclimatológica, dado que estas cuentan con registros históricos de precipitación y son las más cercanas al área de estudio.

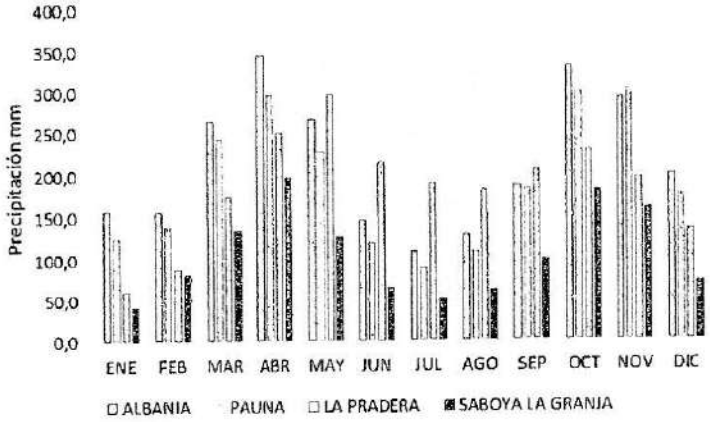
4.2.1. Precipitación media multianual

Analizando las estaciones más cercanas al área de estudio, En la siguiente figura se presentan los valores medios mensuales de precipitación registrados en la estación Albania, Pauna, La pradera y Saboyá la Granja La distribución temporal a lo largo del año presenta un régimen bimodal, con temporadas de lluvias fuertes entre les meses de abril y octubre y con los dos meses más secos de julio y agosto.

En la siguiente figura se ilustra la precipitación mensual multianual de las estaciones más cercanas al área de estudio, ya que estas cuentan con registros históricos de precipitación.

235

Figura 7. Precipitación media mensual multianual (mm)



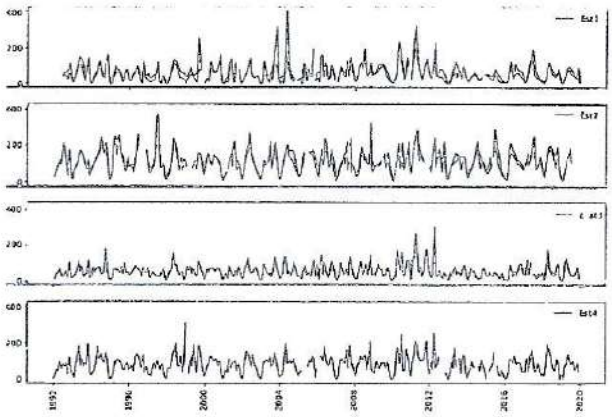
Fuente: IDEAM, procesado por el autor

4.2.1.1. Completamiento de datos con python

El análisis anterior se realizó teniendo en cuenta los datos crudos suministrados por el IDEAM. Para el ajuste y correlación de datos con el fin de realizar completamiento de datos y así disminuir el error en aquellos meses que posiblemente ocurrió un error en los datos tomados por la estación, se realizó una regresión de red neural de configuración multilayer perceptron, método que se usa con el fin de formar múltiples capas para resolver problemas que no son linealmente separables, y que puede estar total o parcialmente conectado. Lo anterior se programó en el lenguaje Python.

En la siguiente figura se ilustra los datos crudos, usados para hacer el completamiento de datos. Las estaciones graficadas corresponden a las más cercanas al área de estudio.

Figura 8. Precipitación mensual mm – Datos crudos IDEAM



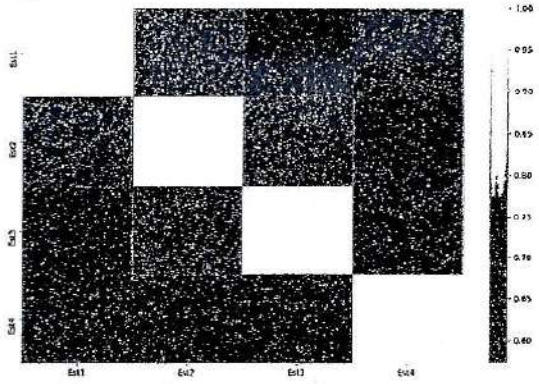
Fuente: IDEAM y Atom, procesado por el autor

La relación anterior se identifica de la siguiente así:

- Est1: Pauna
- Est2: Saboya la Granja
- Est3: La pradera
- Est4: Albania

La siguiente figura ilustra la correlación presente entre cada una de las estaciones.

Figura 9. Correlación entre estaciones - IDEAM



Fuente: Atom, procesado por el autor

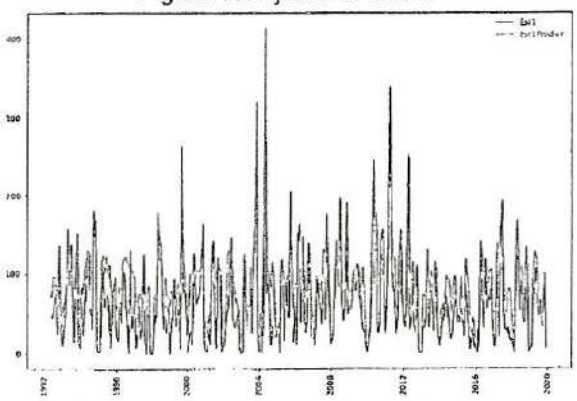
235

La figura anterior indica que la Est2 está más correlacionada con la Est4 que con la Est1 Y Est3. La Est3 está más correlacionada con la Est1 y Est4 que con la Est2. Finalmente, la Est4 está más correlacionada con la Est2 y luego con la Est3. Lo anterior indica que la estación menos correlacionada con la Est2.

Si no estuvieran correlacionados los datos no convendrían que algunas estaciones estuvieran en la red neural; entonces, para este caso de estudio, el r está por encima de valores a 0.7 y presentando predominancia en valores de r cercanos y por encima de 0.75. Por lo anterior las cuatro estaciones cumplen con los ajustes para estudiarse en la red neural.

Finalmente, el método permitió así mismo conocer un ajuste de datos entre cada una de las estaciones, con el fin de ver y corregir datos atípicos, como se ilustra en la siguiente figura:

Figura 10. Ajuste de datos

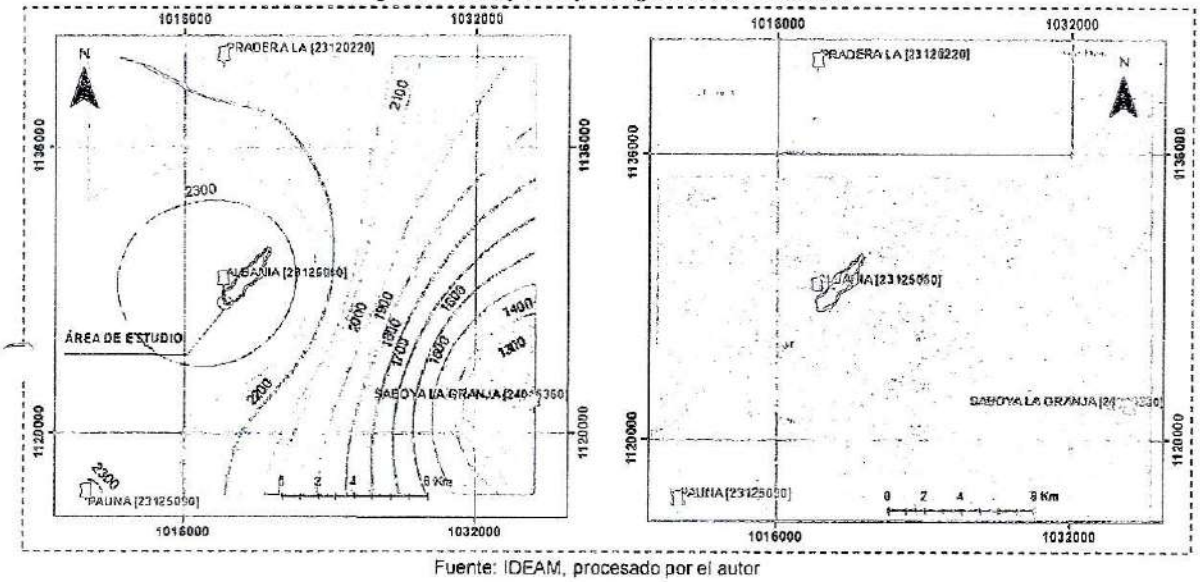


Fuente: Atom, procesado por el autor

4.3. DISTRIBUCIÓN DE LLUVIA POR MEDIO DE POLÍGONOS DE THIESSEN E ISOYETAS

A partir de registros históricos de la base de datos del IDEAM y el completamiento de datos, se relacionan las estaciones más cercanas al sitio de análisis, esto como referencia para la interpolación de precipitación (Isoyetas) y la construcción de polígonos de Thiessen. En la siguiente figura se ilustra el comportamiento de la precipitación media multianual en el polígono de estudio.

Figura 11. Isoyetas y Polígonos de Thiessen



Fuente: IDEAM, procesado por el autor

De acuerdo a los resultados ilustrados en la figura anterior la estación correspondiente al área de estudio es Albania [23125060], cumpliendo con las dos interpolaciones, ya que en el cálculo de isoyetas la precipitación que corresponde al área de estudio es de 88.42 mm/año y la estación Albaina registra una precipitación promedio cercana a esta.

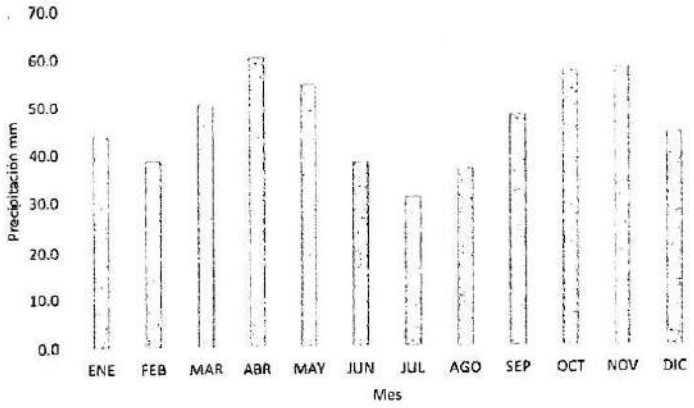
4.4. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

La precipitación máxima en 24 horas mensual en la estación Albania [23125060] en promedio es de 47 mm y varía entre un mínimo de 31.1 mm en el mes de julio y un máximo de 60.5 mm en el mes de abril.

En promedio, los periodos de menores valores se presentan en los meses de febrero, junio, julio y agosto, mientras las épocas de mayores valores ocurren durante los meses de abril, octubre y noviembre, lo anterior se observa en la siguiente figura:

237

Figura 12. Precipitación máxima en 24 Horas (mm) – Albania [23125060]



Fuente: IDEAM, procesado por el autor

Los registros de precipitaciones máximas en 24 hrs se obtuvieron del banco de datos del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). Los datos de la estación, tienen una longitud de registro de 26 años comprendidos entre 1995 a 2020. Las demás estaciones utilizadas en polígonos de Thiessen, aunque cuentan con un buen registro histórico, están muy alejadas a la zona estudio. Finamente se tomó la estación Albania, como insumo principal para el estudio hidráulico. Los registros se observan en la siguiente tabla:

Tabla 4 Registro de precipitación mensual en 24 HRS

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS mm

NOMBRE ALBANIA [23125060]

ID PARAMETRO PRECIPITACION

FECHA DE PROCESO: 2021/05/20

LATITUD 5.7583 N LONGITUD -73.9133 W ALTITUD 1690

FECHA-INSTALACION 15/03/1974

TIPO EST CLIMÁTICA ORDINARIA ELEVACION 1690 m.s.n.m

DEPTO SANTANDER MUNICIPIO ALBANIA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	13,2	25,2	34,2	80,0	72,0	36,0	62,0	47,0	47,8	67,8	57,0	37,0
1996	18,3											
1997	84,0	35,0	25,0	133,0	50,9	100,2	3,0	12,3	70,1	61,0	60,7	40,0
1998	40,0	70,4	50,0	80,7	80,5	26,0	40,5	40,5	70,0	55,0	81,0	53,0
1999	47,0	103,0	34,2	30,6	30,9	70,0	30,4	30,7	46,2	59,0	28,0	60,0
2000	39,0	42,0	44,1	36,0	35,3	50,4	23,0	26,8	29,2	43,0	57,0	37,0
2001	41,0	48,0	51,0	30,0	124,2	20,2	21,0	18,2	34,6		42,0	29,0
2002	45,2	30,0	58,0	37,4	44,0	16,3				56,4	25,0	80,7
2003	40,0	40,0	47,0	60,2	39,0	80,2	32,0	29,0	27,2	48,7	50,0	54,0
2004	56,0	19,2	43,2	56,0	67,0	82,0	50,0	34,2	42,0	42,4		
2005								26,0	58,0	54,6	106,0	34,0
2006	50,0		70,0	58,0	96,2	40,0	9,8	49,5	49,7	64,5	43,0	50,8
2007	53,9	18,7	35,4	62,8	60,5	26,7	29,6		22,1	62,3	124,0	39,4
2008	76,5	30,8	60,6	46,0	63,1	28,2	26,8	49,9	44,1	84,3	62,2	65,2
2009	64,5	28,2	59,8	52,0	57,1	39,3	16,9	30,6	36,4	31,5	45,0	35,1
2010	7,1	36,8	56,4	98,2	47,0	28,0	26,0	50,2	44,0	44,0	71,0	53,0
2011	29,0	41,9	52,7	93,0	53,5	14,2	73,2	77,0	26,0	35,0	100,2	53,0
2012	57,2	14,2	84,9	42,4	27,2	20,0	12,0	25,0	52,0	83,0	22,4	30,0
2013	24,3	60,3	57,0	49,0	71,0	22,0	90,5	55,4	39,0	66,0	48,3	58,0
2014	24,4	35,2	78,0	21,4	40,0	27,5	46,8	16,5	34,4	77,4	42,8	46,3
2015	28,1	40,0	43,2	89,5	23,4	30,8	15,5	27,0	35,6	39,2	51,0	24,2
2016	7,1	19,8	56,9	72,0	37,0	20,0	26,8	30,0	55,0	48,0	78,5	49,2
2017	81,4	19,7	41,6	48,6	68,2	33,4	9,0	64,4	58,2	68,2	49,2	30,2
2018	53,2	51,2	74,4	65,6	55,8	67,8	15,1	62,6	68,5	86,8	40,2	43,9
2019	45,3	33,3	35,9	66,4	39,5	19,4	21,9	13,3	43,9	53,9	47,9	22,4
2020	75,9	54,2	22,9	44,1	32,5	17,5	34,3	34,8	120,2	45,6	60,5	39,5

Fuente: IDEAM

239

4.4.1. Análisis estadistico

Con el registro de precipitaciones mensual en 24 HRS, datos proporcionados por el IDEAM, se realizó un análisis estadistico empleando los modelos probabilísticos Gumbel, Gamma de 2 parámetros, Normal, Lognormal de 2 parámetros, con hidroesta.

Con el fin de estimar los valores de precipitación esperada para varios periodos de retorno, es necesario verificar el ajuste de los datos de la serie de precipitaciones máximas a una distribución de probabilidades conocida. A continuación, se revisa su ajuste de distribución mediante el ajuste de Smirnov Kolmogorov utilizando el programa "Hidroesta".

4.4.1.1. Gumbel

Tabla 5 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para Gumbel

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	18,0	0,0370	0,0000	0,0000	0,0370
2	57,0	0,0741	0,0476	0,0474	0,0265
3	64,0	0,1111	0,1246	0,1243	0,0135
4	66,0	0,1481	0,1544	0,1540	0,0063
5	78,0	0,1852	0,3775	0,3773	0,1923
6	78,0	0,2222	0,3775	0,3773	0,1553
7	80,0	0,2593	0,4173	0,4171	0,1580
8	80,0	0,2963	0,4173	0,4171	0,1210
9	80,0	0,3333	0,4173	0,4171	0,0840
10	81,0	0,3704	0,4370	0,4369	0,0667
11	81,0	0,4074	0,4370	0,4369	0,0296
12	84,0	0,4444	0,4949	0,4948	0,0504
13	84,0	0,4815	0,4949	0,4948	0,0134
14	86,0	0,5185	0,5320	0,5320	0,0135
15	89,0	0,5556	0,5849	0,5849	0,0294
16	90,0	0,5926	0,6017	0,6018	0,0091
17	92,0	0,6296	0,6340	0,6341	0,0044
18	96,0	0,6667	0,6930	0,6931	0,0263
19	98,0	0,7037	0,7196	0,7197	0,0159
20	100,0	0,7407	0,7444	0,7445	0,0036
21	103,0	0,7778	0,7781	0,7783	0,0003
22	106,0	0,8148	0,8080	0,8082	0,0068
23	120,0	0,8519	0,9051	0,9053	0,0532
24	124,0	0,8889	0,9229	0,9230	0,0340
25	124,0	0,9259	0,9229	0,9230	0,0031
26	133,0	0,9630	0,9519	0,9521	0,0110

Fuente: HIDROESTA

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel. El ajuste con momentos ordinarios es:

Como el delta teórico 0.1923, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

- **Parámetros de la distribución Gumbel:**

Con momentos ordinarios:

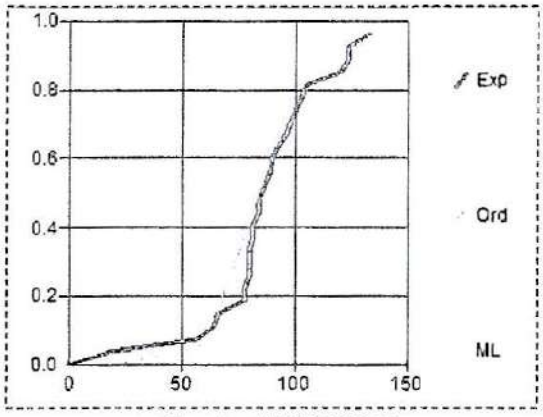
Parámetro de posición (μ)= 77.5168
Parámetro de escala (alfa)= 18.4282

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μl)= 77.528
Parámetro de escala (alfal) = 18.4088

La siguiente figura representa el modelo estadístico Gumbel

Figura 13 Modelo estadístico Gumbel



Fuente: HIDROESTA

4.4.1.2. Gamma de 2 parámetros

Tabla 6 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para Gamma de 2 parámetros

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	18,0	0,0370	0,0001	0,0004	0 0370
2	57,0	0,0741	0,1204	0,1578	0,0464
3	64,0	0,1111	0,1976	0,2357	0,0865
4	66,0	0,1481	0,2228	0,2601	0,0747
5	78,0	0,1852	0,3931	0,4164	0,2079
6	78,0	0,2222	0,3931	0,4164	0,1709
7	80,0	0,2593	0,4229	0,4429	0,1636
8	80,0	0,2963	0,4229	0,4429	0,1266
9	80,0	0,3333	0,4229	0,4429	0,0896
10	81,0	0 3704	0,4378	0,4561	0,0674
11	81,0	0,4074	0,4378	0,4561	0,0304
12	84,0	0,4444	0,4822	0,4952	0,0377
13	84,0	0,4815	0,4822	0,4952	0,0007
14	86,0	0,5185	0,5113	0,5209	0,0072
15	89,0	0,5556	0,5541	0,5584	0,0015
16	90,0	0,5926	0,5680	0,5706	0,0246
17	92,0	0,6296	0,5953	0,5946	0,0343
18	96,0	0,6667	0,6473	0,6404	0,0194
19	98,0	0,7037	0,6718	0,6622	0,0319
20	100,0	0,7407	0,6953	0,6832	0,0454
21	103,0	0,7778	0,7286	0,7130	0,0492
22	106,0	0,8148	0,7593	0,7410	0,0555
23	120,0	0,8519	0,8705	0,8460	0,0186
24	124,0	0,8889	0,8932	0,8688	0,0043
25	124,0	0,9259	0,8932	0,8688	0,0327
26	133,0	0,9630	0,9325	0,9101	0,0305

Fuente: Hidroesta

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma. El ajuste con momentos ordinarios es: Como el delta teórico 0.2079, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de forma (gamma)= 9.949

Parámetro de escala (beta)= 8.8606

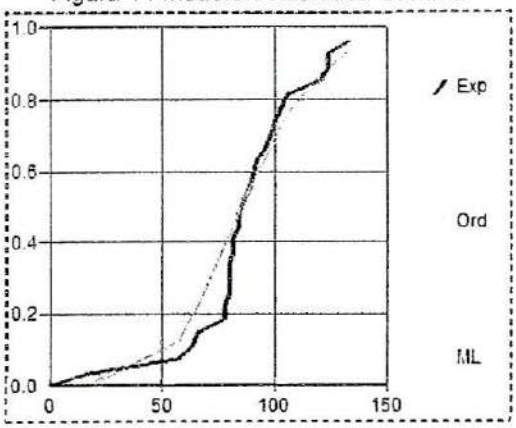
Con momentos lineales:

Parámetro de forma (gammal)= 7.009

Parámetro de escala (betal)= 11.4472

La siguiente figura representa el modelo estadístico Gamma de dos parámetros:

Figura 14 Modelo estadístico Gamma



Fuente: HIDROESTA

4.4.1.3. Distribución normal:

Tabla 7 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución normal

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	18,0	0,0370	0 0015	0,0010	0,0355
2	57,0	0,0741	0,0937	0,0842	0,0197
3	64,0	0,1111	0,1534	0,1428	0,0423
4	66,0	0,1481	0,1743	0,1637	0,0261
5	78 0	0 1852	0,3337	0,3267	0,1486
6	78,0	0,2222	0,3337	0,3267	0,1115
7	80,0	0,2593	0,3651	0 3592	0,1058
8	80,0	0,2963	0,3651	0,3592	0,0688
9	80,0	0,3333	0,3651	0 3592	0,0317
10	81,0	0,3704	0,3811	0,3759	0,0107
11	81,0	0,4074	0,3811	0,3759	0 0263
12	84 0	0 4444	0,4302	0,4271	0,0142
13	84,0	0,4815	0,4302	0,4271	0 0512
14	86 0	0 5185	0,4637	0,4621	0,0548
15	89,0	0,5556	0,5143	0,5149	0,0413
16	90 0	0,5926	0,5311	0,5325	0 0615
17	92,0	0,6296	0,5646	0,5675	0,0650
18	96,0	0,6667	0,6300	0 6357	0,0366
19	98,0	0,7037	0,6615	0,6683	0,0422
20	100,0	0,7407	0,6919	0,6998	0 0489
21	103,0	0,7778	0,7350	0,7442	0,0427
22	106,0	0,8148	0,7749	0,7850	0,0399
23	120,0	0,8519	0,9111	0,9204	0,0592
24	124,0	0,8889	0,9353	0,9435	0,0464
25	124 0	0,9259	0,9353	0 9435	0,0094
26	133,0	0,9630	0,9711	0,9763	0 0082

Fuente: Hidroesta

Como el delta teórico 0.1486, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:

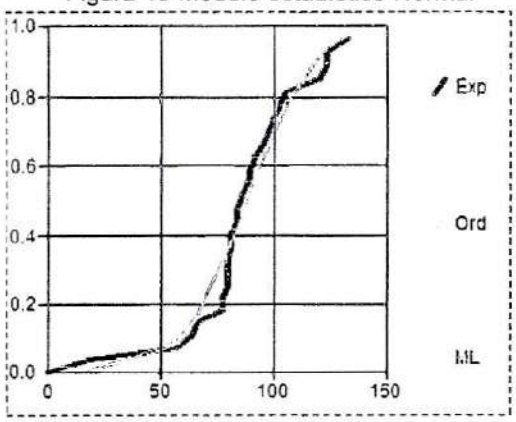
Parámetro de localización (Xm)= 88.1538
Parámetro de escala (S)= 23.635

Con momentos lineales:

Media lineal (XI)= 88.1538
Desviación estándar lineal (SI)= 22.6165

La siguiente figura representa el modelo estadístico normal

Figura 15 Modelo estadístico Normal



Fuente: HIDROESTA

4.4.1.4. Lognormal de 2 parámetros:

Tabla 8: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución LogNormal

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	18,0	0,0370	0,0000	0,0000	0,0370
2	57,0	0,0741	0,1519	0,1015	0 0778
3	64,0	0,1111	0,2361	0,1868	0,1250
4	66,0	0,1481	0,2621	0,2153	0,1140
5	78,0	0,1852	0,4245	0,4068	0,2393
6	78,0	0,2222	0,4245	0,4068	0,2023
7	80,0	0,2593	0,4511	0,4396	0 1919
8	80,0	0,2963	0,4511	0,4396	0 1548
9	80,0	0,3333	0,4511	0,4396	0,1178
10	81,0	0,3704	0,4643	0,4558	0,0939
11	81,0	0,4074	0,4643	0,4558	0,0569
12	84,0	0,4444	0,5030	0 5037	0,0586
13	84,0	0,4815	0,5030	0,5037	0,0215
14	86,0	0,5185	0,5281	0,5347	0,0096
15	89,0	0,5556	0,5644	0,5795	0 0088
16	90,0	0,5926	0,5761	0 5939	0,0165
17	92,0	0,6296	0,5989	0,6218	0,0307
18	96,0	0 6667	0,6422	0,6740	0,0245
19	98,0	0,7037	0,6625	0,6982	0 0412
20	100,0	0,7407	0 6820	0,7210	0,0587
21	103,0	0,7778	0,7096	0,7529	0,0681
22	106,0	0 8148	0,7353	0,7819	0,0795
23	120,0	0,8519	0,8316	0,8827	0,0203
24	124,0	0 8889	0,8527	0,9027	0,0362
25	124,0	0 9259	0,8527	0,9027	0,0732
26	133,0	0,9630	0,8916	0,9369	0,0713

Fuente: Hidroesta

Como el delta teórico 0.2393, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

- **Parámetros de la distribución logNormal:**

Con momentos ordinarios:

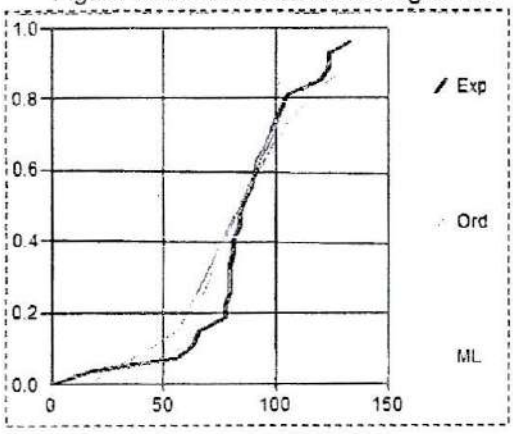
Parámetro de escala (μy)= 4.428
Parámetro de forma (Sy)= 0.3743

Con momentos lineales:

Parámetro de escala (μyl)= 4.428
Parámetro de forma (Syl)= 0.3024

La siguiente figura representa el modelo estadístico LogNormal:

Figura 16 Modelo estadístico LogNormal



Fuente: HIDROESTA

4.4.1.5. Resultados análisis estadístico

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las precipitaciones máximas y probabilidades proporcionados por el software, el cual nos indica las precipitaciones con las probabilidades de no excedencia:

247

Tabla 9 Precipitación, probabilidades de no excedencia y tiempo de retorno

	Tr	P Máx total en 24 HRS (mm/mes)	P (de no excedencia) %
Gumbel	2.33	88.18	56.9
Gamma de 2 parámetros		90.20	
Normal		92.36	
LogNormal de 2 parámetros		89.54	
Gumbel	5	105.16	79.8
Gamma de 2 parámetros		110.41	
Normal		108.04	
LogNormal de 2 parámetros		114.77	
Gumbel	10	118.99	89.9
Gamma de 2 parámetros		125.32	
Normal		118.45	
LogNormal de 2 parámetros		135.33	
Gumbel	20	132.25	94.9
Gamma de 2 parámetros		138.57	
Normal		127.04	
LogNormal de 2 parámetros		155.05	
Gumbel	50	149.42	97.9
Gamma de 2 parámetros		154.51	
Normal		136.70	
LogNormal de 2 parámetros		180.70	
Gumbel	100	162.29	98.9
Gamma de 2 parámetros		165.74	
Normal		143.15	
LogNormal de 2 parámetros		200.11	

Fuente: Autor

De acuerdo al resumen de probabilidad de no excedencia presentados en la tabla anterior la función que mejor se ajusta al registro de datos de precipitaciones máximas mensuales es la función Gumbel.

4.5. ESTIMACIÓN DE INTENSIDAD

El manual de drenaje del INVIAS propone el método simplificado para determinar las curvas IDF mediante la metodología de Diaz Granados, dado que se encuentran varias metodologías para el cálculo de curvas y teniendo en cuenta la información de registro pluviométricos de las estaciones, en el estudio se empleó la metodología de Gustavo Silva para cuando no existen registros pluviográficos utilizando series de lluvias máximas diaria, esta metodología se complementa con la metodología de (Bell 1961).

El método simplificado de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia propuesta por el Instituto Nacional de Vías (2009), ésta se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone la ecuación

$$i = \frac{aT^b M^d}{\left(\frac{d}{60}\right)^c}$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).
T: Periodo de retorno, en años.
M: Promedio multianual de la precipitación máxima anual en 24 horas.
d: Duración de la lluvia de diseño, en minutos (min).
a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión.

La intensidad es la tasa de lluvia en milímetros por intervalo de tiempo para una cuenca, la cual se selecciona con base en la duración de la lluvia de diseño. El INVIAS (2009), plantea que esta lluvia tiene una duración igual al tiempo de concentración (Tc) de la cuenca o del área de drenaje, si Tc es menor a 15 minutos entonces la duración de la lluvia de diseño será igual a 15 minutos.

Para las constantes:

Tabla 10 Parámetros de ajuste de la regresión (valores para Colombia)

Región	a	b	c	d
Andina	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquia	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

4.5.1. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 5 años

- **Intensidad maxima para un tiempo de 10 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 147.685\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 20 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{20}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 95.431\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 30 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{30}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 73.918\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 40 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{40}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 61.665\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 50 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{50}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 53.578\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 60 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{60}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 47.764\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 70 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{70}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 43.344\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 80 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{80}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 39.846\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 90 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{90}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 36.997\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 100 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{100}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 34.621\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 110 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{110}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 32.603\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 120 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{120}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 30.864\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 130 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{130}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 29.346\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 140 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{140}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 28.008\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 150 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{150}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 26.816\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 160 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{160}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 25.748\, mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 170 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{170}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 16.557\, mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 180 min:**

$$i = \frac{5.53 * 5^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{180}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 23.906\, mm/h$$

4.5.2. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 10 años

- **Intensidad maxima para un tiempo de 10 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 166.154\, mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 20 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{20}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 107.365\, mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 30 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{30}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 83.162\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 40 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{40}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 69.377\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 50 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{50}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 60.278\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 60 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{60}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 53.737\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 70 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{70}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 48.764\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 80 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{80}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 44.830\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 90 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{90}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 41.624\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 100 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{100}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 38.950\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 110 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{110}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 36.680\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 120 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{120}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 34.724\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 130 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{130}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 33.016\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 140 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{140}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 31.510\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 150 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{150}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 30.170\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 160 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{160}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 28.968\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 170 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{170}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 27.882\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 180 min:**

$$i = \frac{5.53 * 10^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{180}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 26.896\ mm/h$$

4.5.3. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 25 años

- **Intensidad maxima para un tiempo de 10 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 194.161\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 20 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{20}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 125.462\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 30 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{30}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 97.180\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 40 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{40}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 81.071\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 50 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{50}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 70.439\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 60 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{60}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 62.795\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 70 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{70}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 56.984\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 80 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{80}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 52.386\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 90 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{90}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 48.639\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 100 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{100}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 45.516\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 110 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{110}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 42.863\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 120 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{120}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 40.577\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 130 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{130}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 38.581\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 140 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{140}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 36.821\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 150 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{150}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 35.255\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 160 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{160}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 33.851\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 170 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{170}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 32.582\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 180 min:**

$$i = \frac{5.53 * 25^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{180}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 31.430\ mm/h$$

4.5.4. Intensidades maximas mm/24 hr para un Tr de 50 años

- **Intensidad maxima para un tiempo de 10 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 218.442\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 20 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{20}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 141.152\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 30 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{30}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 109.333\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 40 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{40}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 91.209\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 50 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{50}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 79.247\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 60 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{60}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 70.648\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 70 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{70}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 64.110\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 80 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{80}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 58.937\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 90 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{90}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 54.722\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 100 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{100}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 51.208\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 110 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{110}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 48.224\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 120 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{120}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 45.651\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 130 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{130}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 43.406\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 140 minutos:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{140}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 41.426\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 150 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{150}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 39.664\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 160 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{160}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 38.084\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 170 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{170}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 36.657\ mm/h$$

- **Intensidad maxima para un tiempo de 180 min:**

$$i = \frac{5.53 * 50^{0.17} 88.42^{0.42}}{\left(\frac{180}{60}\right)^{0.63}}$$

$$i = 35.360\ mm/h$$

263

4.6. CURVAS IDF PARA LA CUENCA

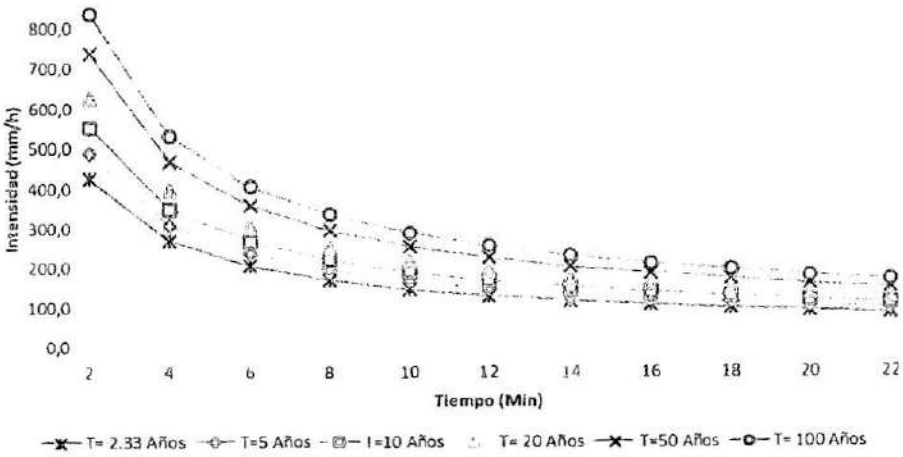
Con las intensidades halladas para diferentes periodos de retorno y diferentes tiempos, como se muestra en la tabla, se construyen las curvas IDF

Tabla 11 Intensidades vs tiempo

TIEMPO (Min)	TIEMPO DE RETORNO					
	2,33	5	10	20	50	100
2	426,37	489,19	554,20	627,84	740,42	838,81
4	269,84	309,60	350,74	397,35	468,60	530,87
6	206,49	236,91	268,39	304,05	358,57	406,22
8	170,78	195,94	221,98	251,47	296,56	335,97
10	147,39	169,11	191,58	217,04	255,95	289,96
12	130,68	149,93	169,86	192,43	226,93	257,09
14	118,04	135,43	153,43	173,81	204,98	232,22
16	108,08	124,01	140,48	159,15	187,69	212,63
18	100,00	114,73	129,98	147,25	173,65	196,73
20	93,28	107,02	121,25	137,36	161,99	183,51
22	87,59	100,50	113,85	128,98	152,11	172,32

Fuente: Autor

Figura 17 Curvas IDF de la cuenca



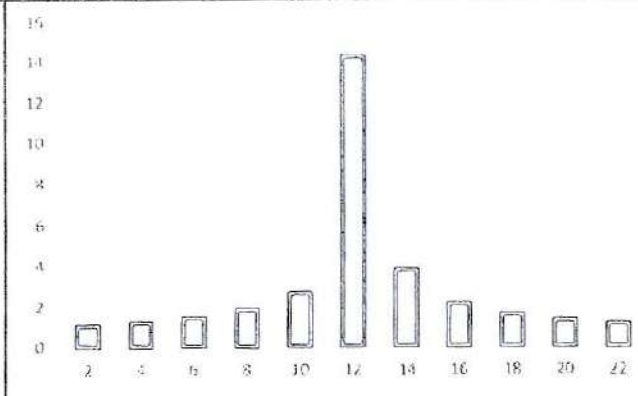
Fuente: Autor

4.7. HIETOGRAMAS DE DISEÑO

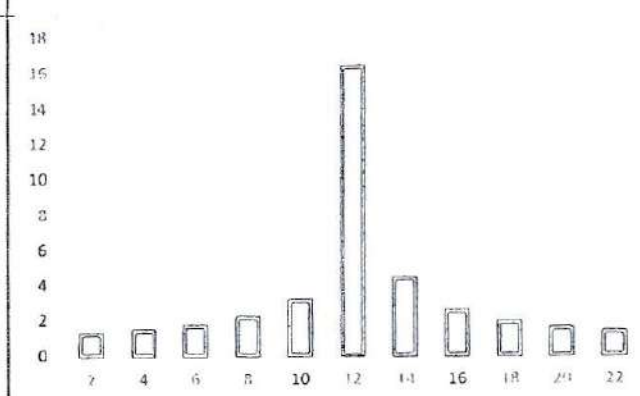
La metodología se realizó teniendo en cuenta la construcción del hietograma de manera individual en cada periodo de retorno (2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años) a partir de las curvas intensidad – duración y frecuencia, analizando el comportamiento de precipitación con incrementos cada 6 minutos en cada periodo de retorno, para cada uno de estos, teniendo en cuenta al tiempo de concentración de la cuenca de estudio.

El cálculo tanto de hietogramas como hidrogramas, se realizó a partir del análisis de escorrentía superficial. Los hietogramas calculados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12 Hietogramas



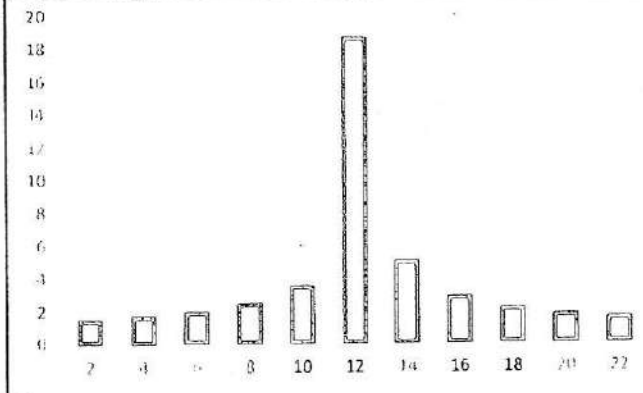
Tiempo	P (mm)
2	1,024
4	1,178
6	1,406
8	1,795
10	2,659
12	14,212
14	3,777
16	2,122
18	1,571
20	1,279
22	1,094



Tiempo	P (mm)
2	1,175
4	1,351
6	1,614
8	2,059
10	3,051
12	16,306
14	4,334
16	2,434
18	1,802
20	1,468
22	1,255

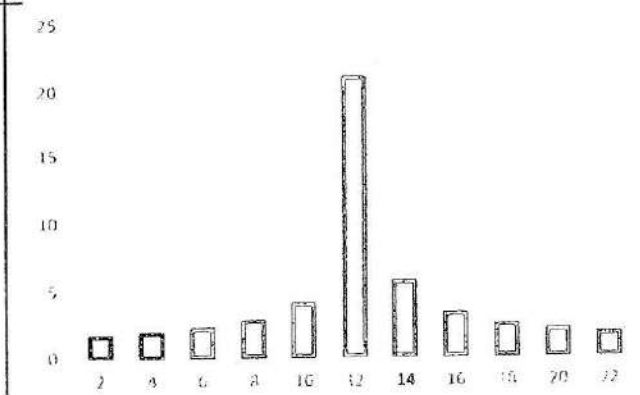
205

Periodo de retorno 10 años



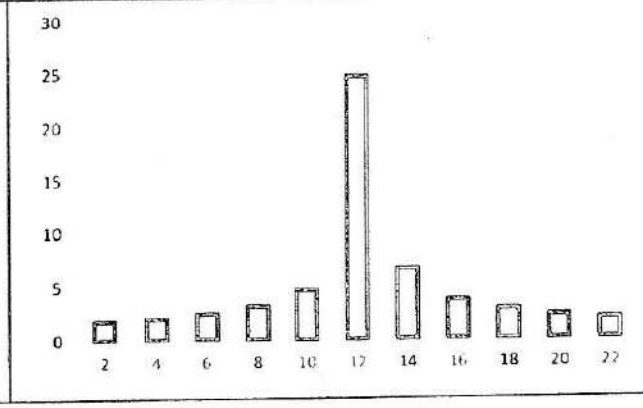
Tiempo	P (mm)
2	1,331
4	1,531
6	1,828
8	2,333
10	3,456
12	18,473
14	4,909
16	2,758
18	2,042
20	1,663
22	1,422

Periodo de retorno 20 años

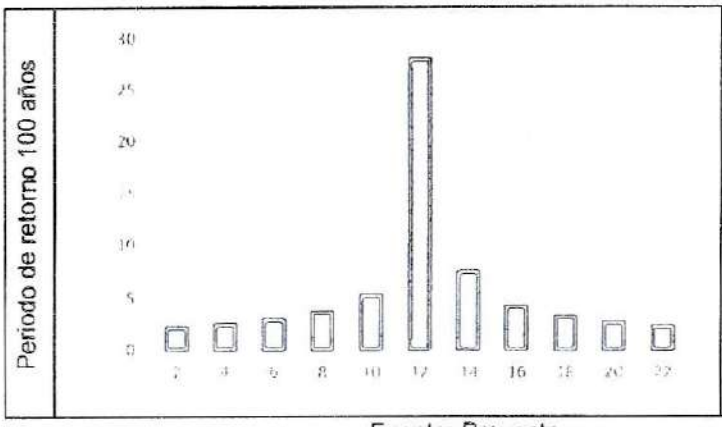


Tiempo	P (mm)
2	1,508
4	1,734
6	2,071
8	2,643
10	3,916
12	20,928
14	5,562
16	3,124
18	2,313
20	1,884
22	1,611

Periodo de retorno 50 años



Tiempo	P (mm)
2	1,778
4	2,045
6	2,442
8	3,117
10	4,618
12	24,681
14	6,559
16	3,685
18	2,728
20	2,222
22	1,900



Tiempo	P (mm)
2	2,015
4	2,317
6	2,767
8	3,531
10	5,231
12	27,960
14	7,431
16	4,174
18	3,091
20	2,517
22	2,153

Fuente: Proyecto

Para el análisis de caudales, se alimentó el área de drenaje a partir de información cartográfica oficial, y el hietograma en cada periodo de retorno (resultante de datos de precipitación y curvas IDF de la estación aplicable al área aferente), y condiciones de control.

4.8. ANÁLISIS DE CAUDALES

Según (Estrada Sifontes & Pacheco Moya, 2012) la modelación hidrológica es una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas que se ha extendido por todo el mundo, fundamentalmente en países desarrollados. En la actualidad, con el empleo de estos modelos, se realiza el análisis y la prevención de las inundaciones; además, es posible manejar hipótesis suficientemente realistas o previsibles que ofrezcan un cierto grado de confianza para la toma de decisiones, ya sea en la ordenación del territorio en torno a los ríos o para exigir criterios de diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia. Incluso, alertar a los servicios de protección civil y establecer protocolos de actuación ante posibles situaciones de peligro por intensas lluvias (Sifontes, E., y Moya, P. (2012). Aplicación Del Esquema Hidrometeorológico para HEC-HMS.

Son varios los modelos hidrológicos que existen, siendo el Sistema de Modelación Hidrológico del Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (HEC-HMS por sus siglas en inglés) el aplicado en la

presente investigación, ya que es un programa computacional gratuito y de amplia utilización internacional en el estudio de avenidas, el cual provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación - escurrimiento y tránsito de caudales (Feldman 2000). Este modelo utiliza métodos de precipitación-escorrentía para estimar los hidrogramas de escorrentía directa generados por las precipitaciones en una cuenca o región durante un período especificado. Es un programa muy flexible que permite al usuario la selección de diferentes métodos para el cálculo de pérdidas, hidrogramas, flujo base y propagación en cauces. Posibilita realizar simulaciones de los procesos hidrológicos a nivel de eventos o en forma continua.

Para simular la respuesta hidrológica de una cuenca, el HEC-HMS utiliza los siguientes componentes: modelo de la cuenca, modelo meteorológico, especificaciones de control y datos de entrada. Una simulación calcula la transformación de lluvia a caudal en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico. Las especificaciones de control definen el período de tiempo durante el cual se realizará la simulación y el intervalo de tiempo a utilizar. Los componentes de los datos de entrada, tales como las series temporales, tablas y datos por celdas, son requeridos como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el meteorológico (Nania 2007). Para definir la estructura de una cuenca, el programa considera los siguientes elementos hidrológicos: Subcuenca (subbasin), Tramo de tránsito (routing reach), Unión (junction), Embalse (reservoir), Fuente (source), Sumidero (sink) y Derivación (diversion).

Para el desarrollo de análisis de caudales en función de lluvia – escorrentía en el área de estudio es necesario el cálculo de precipitaciones e intensidades en tiempos específicos, esto con el fin de llevar a cabo la construcción de hietogramas requeridos por el modelo meteorológico de HEC-HMS.

La metodología se realizó teniendo en cuenta la construcción del hietograma de manera individual en cada periodo de retorno (2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años) a partir de las curvas intensidad – duración y frecuencia, analizando el comportamiento de precipitación con incrementos cada 6 minutos en cada periodo de retorno, obteniendo por medio del Software HEC-HMS hidrogramas unitarios para cada uno de estos y caudales por escorrentía.

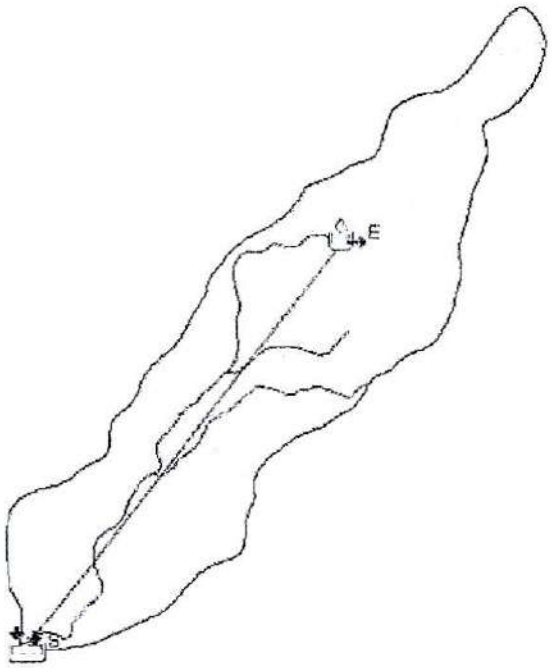
4.8.1. Modelación hidrológica – estimación de caudales máximos

4.8.1.1. Método Clark hidrograma unitario

Para el análisis de caudales, se alimentó el modelo HEC-HMS con el área de drenaje, drenajes intermitentes (la red fue trazada teniendo en cuenta la imagen aérea y el modelo digital de elevación, ya que la información cartográfica oficial no cuenta con escalas tan detalladas como lo requiere el proyecto), el hietograma en cada periodo de retorno (resultante de datos de precipitación y curvas IDF de la estación aplicable al área aferente), y condiciones de control.

Las condiciones de frontera se muestran en la siguiente figura, ubicándose entradas, salidas y red de drenaje intermitente en el polígono de estudio.

Figura 18 Condiciones de Frontera

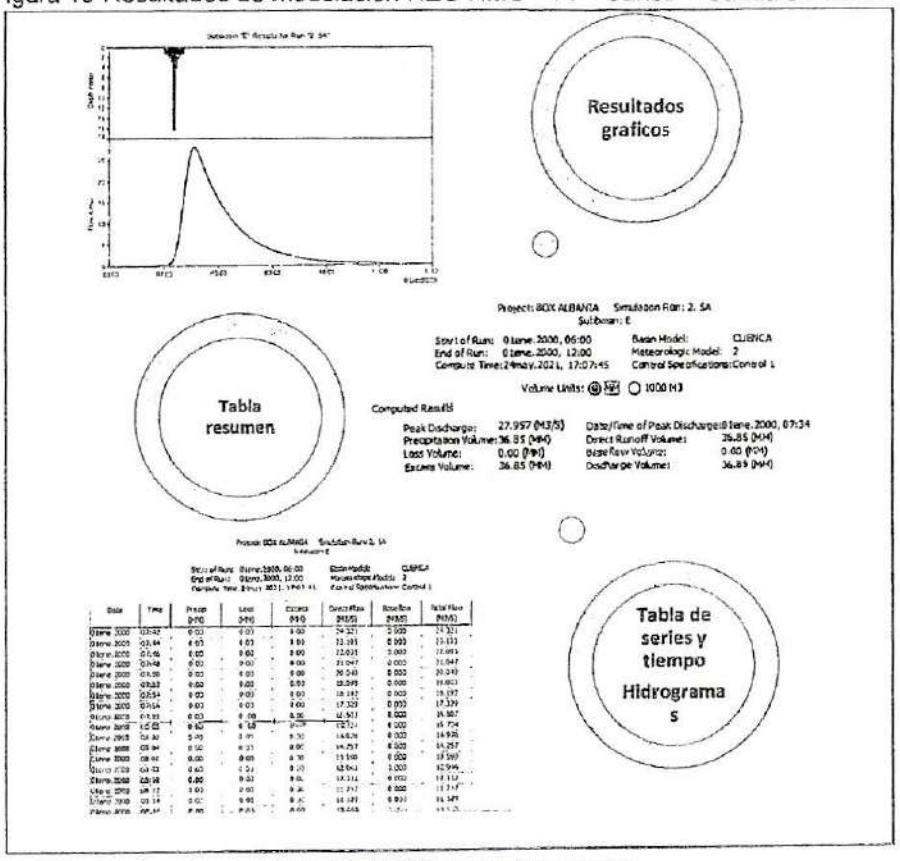


Fuente: HEC-HMS, procesado por el autor

Las condiciones de frontera permitieron llevar a cabo el análisis de escorrentía superficial con intervalos de tiempos específicos, adaptando así los hietogramas al modelo. Los resultados para un periodo de retorno de 5 años se evidencian en la

siguiente figura, presenta la precipitación total en la zona en color azul (resultados gráficos), con un tiempo de modelación de ocho horas.

Figura 19 Resultados de modelación HEC-HMS – Pr = 5años – Caudales máximos



Fuente: HEC-HMS, procesado por el autor

El método usado en la modelación es el método de transformación de Clark hidrograma unitario, ya que este permite conocer el caudal máximo sin presentar perdidas en la cuenca. Los criterios usados son:

- Tiempo de concentración HR: 0.389
- Coeficiente de transformación HR: 0.686

Finalmente, en cada una de las modelaciones hidrológicas se obtuvieron los hidrogramas unitarios y a su vez el caudal pico para cada una de estas, siendo esto usado para la modelación hidráulica al área de estudio, realizada está con el software HEC-RAS. En la siguiente tabla se muestran los resultados finales en términos de caudal de escorrentía para los periodos de retorno propuestos.

Tabla 13 Caudales máximo – Método Clark Hidrograma Unitario

Periodo de Retorno 2.33 años		Periodo de Retorno 5 años		Periodo de Retorno 10 años	
07:20	11.359	07:20	13.033	07:20	14.764
07:22	14.431	07:22	16.558	07:22	18.758
07:24	17.396	07:24	19.959	07:24	22.611
07:26	19.977	07:26	22.921	07:26	25.967
07:28	22.054	07:28	25.303	07:28	28.666
07:30	23.546	07:30	27.015	07:30	30.605
07:32	24.353	07:32	27.941	07:32	31.655
07:34	[illegible]	07:34	[illegible]	07:34	[illegible]
07:36	23.817	07:36	27.327	07:36	30.958
07:38	23.048	07:38	26.444	07:38	29.958
07:40	22.156	07:40	25.421	07:40	28.799
07:42	21.198	07:42	24.321	07:42	27.553
07:44	20.217	07:44	23.195	07:44	26.278
07:46	19.258	07:46	22.095	07:46	25.032
Periodo de Retorno 20 años		**Periodo de Retorno 50 años**		**Periodo de Retorno 100 años**	
07:20	16.727	07:20	19.726	07:20	22.347
07:22	21.251	07:22	25.061	07:22	28.392
07:24	25.616	07:24	30.209	07:24	34.224
07:26	29.418	07:26	34.693	07:26	39.303
07:28	32.475	07:28	38.299	07:28	43.388
07:30	34.673	07:30	40.890	07:30	46.324
07:32	35.861	07:32	42.292	07:32	47.912
07:34	[illegible]	07:34	[illegible]	07:34	[illegible]
07:36	35.072	07:36	41.362	07:36	46.858
07:38	33.939	07:38	40.025	07:38	45.344
07:40	32.627	07:40	38.477	07:40	43.591
07:42	31.215	07:42	36.813	07:42	41.705
07:44	29.770	07:44	35.109	07:44	39.774
07:46	28.358	07:46	33.444	07:46	37.888

Fuente: HEC-HMS, procesado por el autor

C71

5. ESTUDIO HIDRÁULICO

El alcance del estudio hidráulico consiste en evaluar la capacidad hidráulica de los cauces, utilizando los caudales definidos en el estudio hidrológico, con esto, se determina la capacidad máxima natural del mismo, establecer los sectores de desborde y obtener niveles máximos que presentará en la corriente estero en el evento de crecientes.

Una vez terminado los trabajos de topografía se realizó la modelación hidráulica por medio del software HEC – RAS el cual modela flujos permanentes y no permanentes. El Modelo Matemático HEC-RAS fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, denominado "Water Surface Profiles"; el modelo calcula los perfiles superficiales del agua para las condiciones de un flujo permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales.

Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning.

Con el programa HEC-RAS los perfiles del agua se determinan de una sección a otra, resolviendo la ecuación de energía utilizando un procedimiento denominado como método estándar por pasos. La ecuación de energía utilizada es la siguiente:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Siendo:

WS_1 WS_2: Niveles del agua en las secciones transversales 1 y 2.
V_1, V_2: Velocidades medias del flujo de las secciones 1 y 2.
α_1, α_2: Coeficientes de corrección a la velocidad.
g Aceleración de la fuerza de gravedad.
h_e Pérdidas de energía.

Las pérdidas de energía entre dos secciones se componen de pérdidas por fricción y pérdidas por contracción o expansión. Este valor se determina de la siguiente manera:

272

$$h_e = L * S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Siendo:

L: Longitud entre secciones.
S_f: Pendiente de fricción entre dos secciones
C : Coeficiente de pérdidas por expansión o contracción.

Para cada sección se aplica la fórmula de Robert Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Siendo:

Q: Caudal de diseño
A: Área de la sección transversal
R: Radio hidráulico
S: Pendiente longitudinal del cauce
n: Coeficiente de rugosidad de Manning

El área de topografía del proyecto elaboró un modelo digital del terreno (MDT) en los que se incluyó los puntos topobatimétricos del canal. En el producto de topografía se observa un alineamiento sobre el canal con un abscisado que inicia de aguas arriba a aguas abajo y las respectivas secciones transversales, sin embargo, estas secciones son elaboradas para representar las condiciones topográficas encontradas a partir de las secciones transversales levantadas en campo de acuerdo con las indicaciones de topografía.

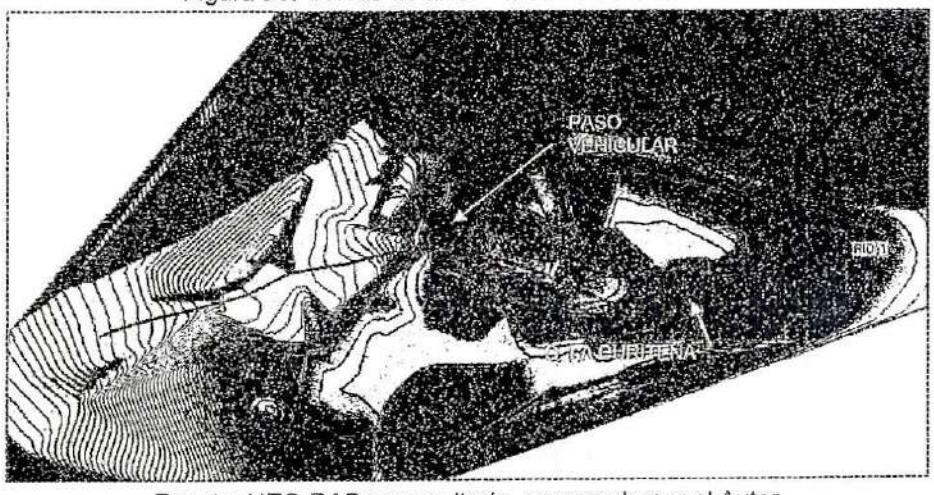
De los trabajos topográficos se tomó el MDT y se generó un archivo de trabajo para exportar un archivo. geo compatible con HEC-RAS. En el modelo digital del terreno se genera un nuevo alineamiento por el eje dinámico del cauce (Thalweg) y un abscisado que inicia de aguas abajo a aguas arriba.

Del nuevo alineamiento se generan entonces secciones transversales reales a la línea de corriente del flujo por lo que se representara de manera real las condiciones hidráulicas del cauce.

Del archivo. geo se define información de la geometría del cauce requerida para el modelo hidráulico como lo son las secciones transversales del cauce, distancia entre secciones y definición de los puntos de las bancas del cauce. En el modelo se incluyeron secciones transversales precisas como lo son secciones justo aguas arriba y aguas abajo de la localización del área de estudio, el cual fue implantado posteriormente en el modelo.

En la siguiente figura se observa las curvas de nivel, siendo la base e insumo para la delimitación del área de inundación en la ronda hídrica del área de estudio.

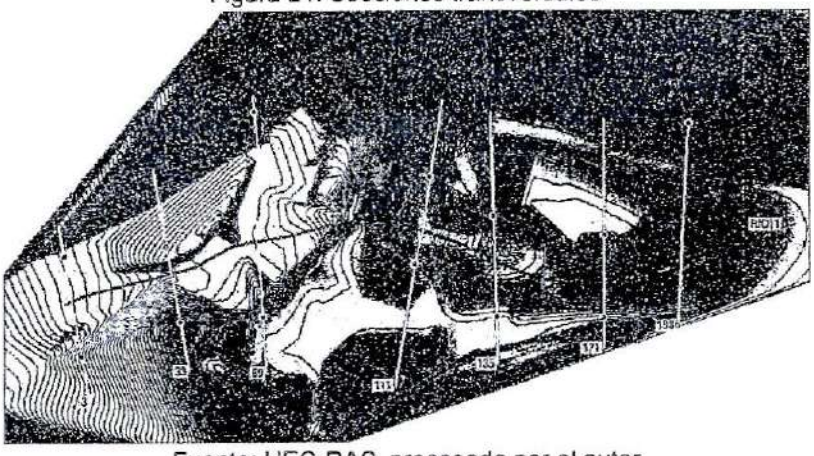
Figura 20. Curvas de nivel – Modelo de inundación



Fuente: HEC-RAS y consultoría, procesado por el Autor

En la siguiente figura se observan las secciones transversales distribuidas en el área de estudio a la altura del Box Culvert vehicular propuesto.

Figura 21. Secciones transversales



Fuente: HEC-RAS, procesado por el autor

Las secciones transversales vistas en la figura anterior se encuentran en diferentes intervalos ya que estas se trazaron teniendo en cuenta la geometría del cauce.

5.1.1. Coeficiente de resistencia hidráulica

La definición del coeficiente de resistencia hidráulica n, como primera aproximación se realizó mediante la fórmula de Cowan, que se expresa de la siguiente forma:

$$n = m(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Siendo:

n_0 = Valor básico de n para un canal recto, liso, uniforme
n_1 = Valor correctivo pro efectos de irregularidades superficiales
n_2 = Valor correctivo por efecto de variaciones de tamaño y forma de la sección
n_3 = Valor correctivo por obstrucciones.
n_4 = Valor correctivo por vegetación y condiciones de escurrimiento.
m = Factor correctivo por presencia de meandros.

En el siguiente Cuadro se presenta los valores obtenidos de acuerdo con los valores recomendados en la siguiente tabla del libro de Ven Te Chow:

275

Tabla 14 Coeficiente de resistencia hidráulica – Método de Cowan

Variable	Margen Izquierda	Cauce Central	Margen Derecha
D_{50} (mm)	0.075	0.075	0.075
D_{75} (mm)	2.000	2.000	2.000
D_{90} (mm)	12.50	12.50	12.50
n_0			
Ec. Garde & Raju	0.010	0.010	0.010
Ec. Strickler	0.009	0.009	0.009
Ec. Meyer-Peter-Muller	0.018	0.018	0.018
Ec. Bray	0.011	0.011	0.011
Ec. Lane y Carlson	0.017	0.017	0.017
n_0 promedio	0.013	0.013	0.013
n_1	0.010	0.005	0.010
n_2	0.015	0.010	0.015
n_3	0.020	0.020	0.020
n_4	0.025	0.010	0.025
m_5	1.000	1.000	1.000
n	0.083	0.058	0.083

Fuente: Ven Te Chow

5.1.2. Condiciones de frontera

Como requerimiento de la modelación, se debe determinar las condiciones de frontera del modelo; para este caso la condición de frontera se trata del control hidráulico del flujo que se encuentra aguas arriba, por tratarse de un flujo subcrítico, es decir que el valor del número de Froude es menor a 1, sin embargo, se adoptó tanto aguas arriba y aguas abajo para revisar la condición subcrítica y supercrítica. Para el rio de estudio se adoptó la pendiente normal de la lámina de agua como condición de frontera equivalente a 0,04 m/m. Este valor fue iterado partiendo inicialmente de la pendiente topográfica del lecho y revisada con los resultados del perfil hidráulico obtenido.

5.1.3. Caudal total modelación hidráulica

En la siguiente tabla se muestra el caudal total proyectado para diferentes periodos de retorno tomando los caudales proyectados en el método de Clark Hidrograma unitario, dado que el método racional cuenta con una aplicación de área aferente

menor a la de la cuenca de estudio. El método seleccionado es uno de los más aplicados en estudios de inundaciones.

Tabla 15 Caudal modelación hidráulica

Tr= Años	Q Max. (m3/s)
2.33	24.367
5	27.957
10	31.672
20	35.882
50	24.316
100	17.939

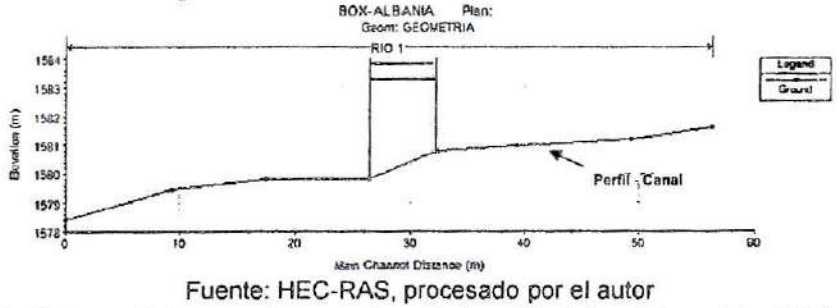
Fuente: Autor

5.1.4. Resultados modelación hidráulica

Las características morfométricas y topográficas del canal, permiten caracterizarlo como un colector principal de aguas lluvias, cuya pendiente de fondo y formación de laderas poco profundas permiten no tener una buena capacidad hidráulica con altas probabilidades de desborde aun para un caudal cuya probabilidad de ocurrencia sea de 2.33 en 100 años. Cabe resaltar que el caudal de estudio para nuevas propuestas de canalización de aguas es proyectado y analizado para periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

En la siguiente figura se observa el perfil hidráulico para canal de estudio, donde se ilustra de manera gráfica los resultados obtenidos y explicados en los párrafos anteriores.

Figura 22. Perfil Hidráulico quebrada de estudio



Fuente: HEC-RAS, procesado por el autor

En la figura anterior se observan los niveles obtenidos del modelo hidráulico construido, para una caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años

en la quebrada de estudio y los resultados de huellas de inundación se ilustran a continuación.

Los resultados que arroja la simulación hidráulica permiten conocer varios parámetros hidráulicos para el diseño de obras hidráulicas en el cauce según el objeto del proyecto. Entre los resultados obtenidos más importantes para diferentes periodos retorno son: el perfil del flujo, altura de la lámina de agua, velocidad del flujo, número de Froude, y la pendiente entre secciones. Algunos resultados hidráulicos se muestran en la siguiente tabla, y el detalle por secciones transversales se encuentran en el Anexo 2. Secciones transversales.

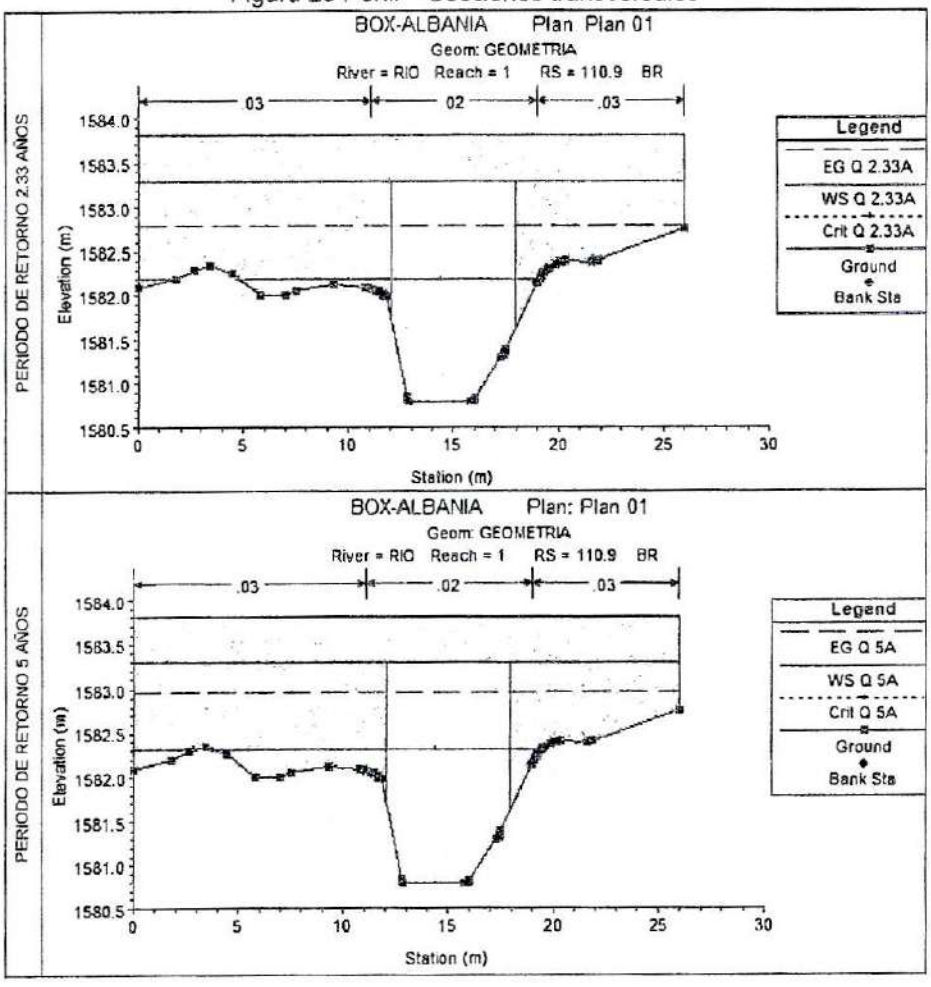
Tabla 16 Resultados hidráulicos

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	198	Q 100A	47.94	1581.60	1583.89	1582.66	1583.94	0.000185	0.98	48.89	25.00	0.22
1	171	Q 100A	47.94	1581.21	1583.85		1583.93	0.000348	1.59	42.38	20.60	0.33
1	135	Q 100A	47.94	1581.00	1583.86		1583.93	0.000210	1.33	49.72	22.60	0.27
1	111	Q 100A	47.94	1580.80	1583.85	1582.77	1583.92	0.000256	1.41	49.21	26.00	0.28
1	110.9		Bridge									
1	60	Q 100A	47.94	1579.80	1580.32	1580.92	1583.21	0.067053	7.54	6.36	14.01	3.57
1	33	Q 100A	47.94	1579.46	1580.45	1580.99	1582.46	0.052857	6.98	7.72	12.32	3.09
1	3	Q 100A	47.94	1578.40	1579.11	1579.69	1581.86	0.059726	7.95	7.21	15.78	3.49

Fuente: HEC-RAS

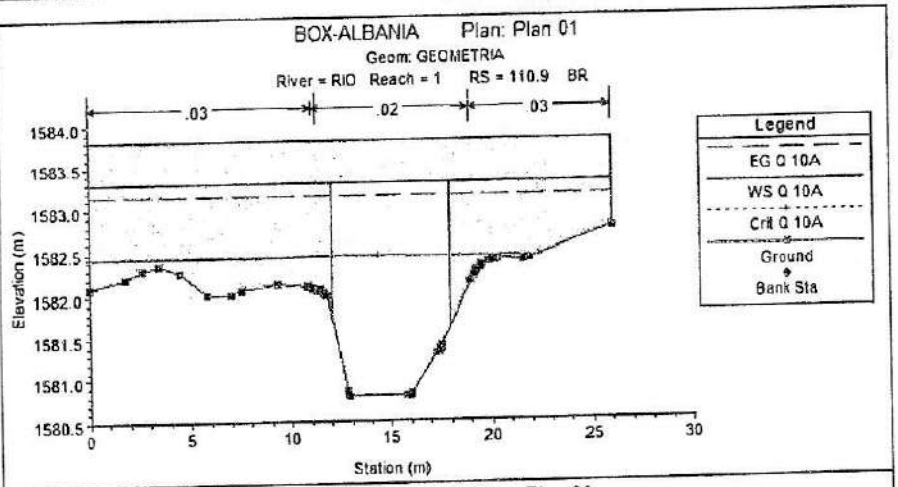
Para determinar la variación del flujo y niveles de agua en función de los periodos de retorno, se definieron secciones transversales a la línea del flujo principal (las secciones no cuentan con el mismo espaciamiento dado al análisis detallado de la topobatimetría, sin embargo, están distribuidas según la línea central del cauce. En la siguiente tabla se muestran secciones trasversales en diferentes periodos de retorno, ya que todas las secciones a transversales en cada periodo de retorno se encuentran dalladas en el Anexo 2.

Figura 23 Perfil – Secciones transversales

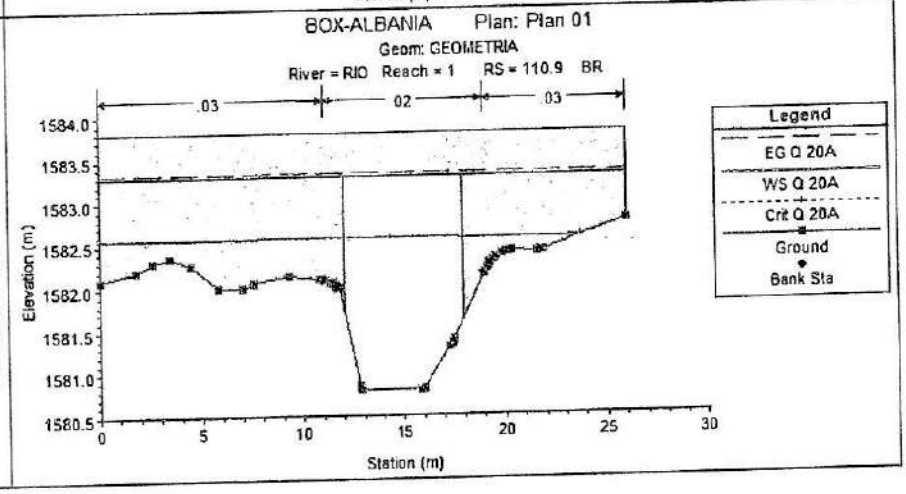


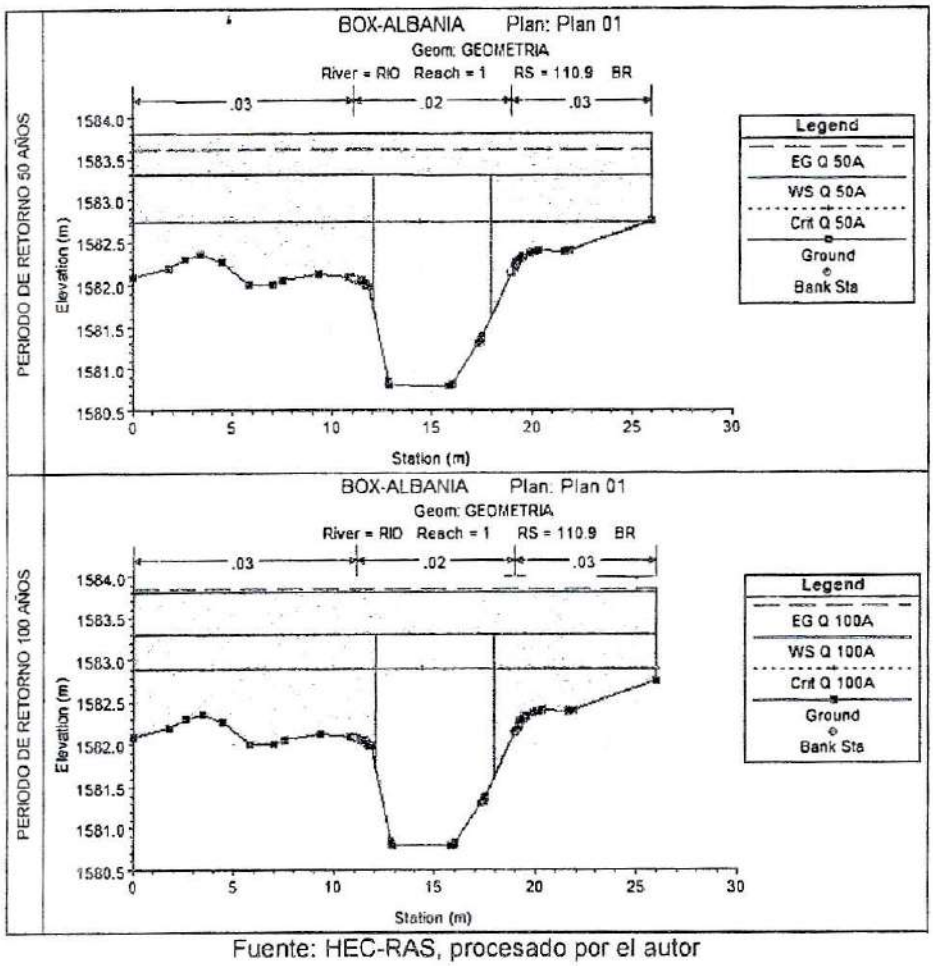
279

PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS



PERIODO DE RETORNO 20 AÑOS





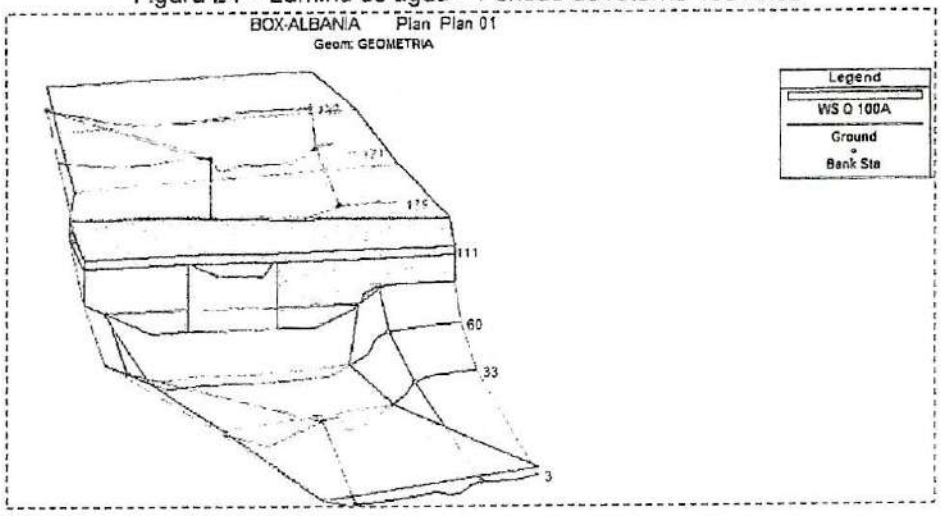
Fuente: HEC-RAS, procesado por el autor

5.1.5. Llanura de inundación

En las siguientes figuras se esquematiza la llanura de inundación en un tramo de estudio, esto con el fin de ilustrar el detalle en la topobatimetria y los resultados.

281

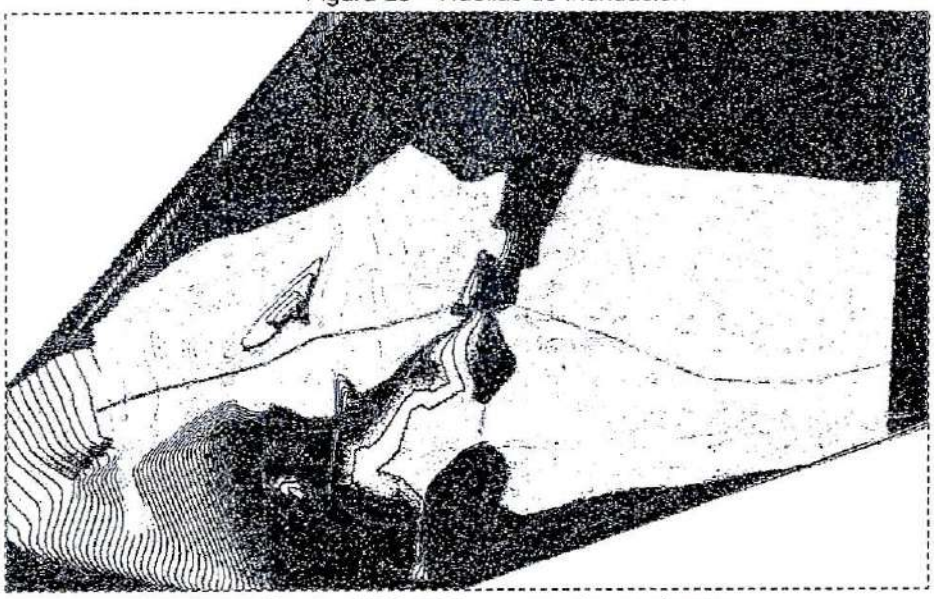
Figura 24 – Lámina de agua – Periodo de retorno 100 Años



Fuente: HEC-RAS, procesado por el autor

Partiendo del concepto huella de inundación o llanura de inundación, aunque en su mayoría aplica para aquellas áreas adyacentes a cauces definidos ya sean ríos o quebradas, para este caso en particular se propone la línea de flujo a partir del análisis de pendientes siguiendo las reglas de las v, con el fin de analizar aquellas áreas inundables por escorrentía superficial. El objetivo principal del estudio es conocer las áreas inundables a partir de láminas de agua poco profundas hasta las más representativas, calculadas a partir de escorrentía superficial; sin embargo; es necesario conocer el comportamiento hidrológico subsuperficial y superficial, para así llegar a delimitar la llanura de inundación con un aporte de caudal total, considerando todas las entradas y salidas de este. Los resultados de huellas de inundación se observan en la siguiente figura.

Figura 25 – Huellas de Inundación



Fuente: HEC-RAS, procesado por el autor

Las huellas de inundación mostradas en la figura anterior son calculadas a partir de datos de caudales obtenidos de la evaluación caudales máximos en diferentes periodos de retorno y dada por la escorrentía superficial del área de estudio; dado a las condiciones topográficas de la consultoría.

5.2. EVALUACIÓN POR SOCAVACIÓN

La socavación consiste en la profundización del nivel del fondo del cauce de una corriente causada por el aumento del nivel de agua en las avenidas, modificaciones en la morfología del cauce o por la construcción de estructuras en el cauce. En este capítulo se presentan los procedimientos y resultados del cálculo de socavación aplicando las metodologías de análisis pertinentes para definir las profundidades de los diferentes tipos de socavación que apliquen específicamente al proyecto.

5.2.1. Socavación general

La erosión general o socavación general consiste en el descenso generalizado del fondo del canal como consecuencia de una mayor capacidad de la corriente para arrastrar y transportar el material del fondo durante el paso de una avenida y de la diferencia entre la capacidad de transporte que se tiene entre dos secciones consecutivas al pasar una avenida. La socavación en el tramo, definido por esas secciones, ocurrirá siempre que el volumen de sedimento transportando en la sección de aguas abajo, en un tiempo dado sea mayor que el que entre al tramo por la sección aguas arriba en el mismo periodo.

Para la estimación de la socavación general se empleó la metodología de Lischtvan - Lebediev, descrita en el documento "Socavación en Cauces Naturales" de J.A. Maza A.
La estimación de la magnitud de socavación contempla los siguientes aspectos:

- Determinación del caudal del cauce correspondiente a un evento máximo probable para un periodo de retorno de 100 años.
- Modelación de la corriente en el sitio de estudio, con la definición de secciones transversales de acuerdo con la magnitud del cauce. La geometría de cada modelo hidráulico se obtiene con el software Civil 3D y sobre la batimetría realizada. A partir de esta modelación hidráulica, se obtiene el valor de la altura de la lámina de agua para el caudal calculado.
- Se realiza una caracterización de los suelos del lecho del canal y márgenes donde se localizarán las obras de protección marginal, la descripción de los estudios de suelos y la estratigrafía encontrada se presenta más adelante.

A continuación, se presenta las ecuaciones para la metodología Lischtvan - Lebediev, tanto para suelos granulares como para suelos cohesivos:

- Suelos Granulares:

$$H_s = \left(\frac{\alpha . {H_0}^{5/3}}{0.68\beta \cdot {d_m}^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

- Suelos Cohesivos:

$$H_s = \left(\frac{\alpha . {H_0}^{5/3}}{0.6 \cdot \beta {\gamma_d}^{1.18}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Dónde:

H_s: Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación. En metros.

H_0: Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación. En metros.

d_m: Diámetro medio de las partículas del material granular, en mm. El valor proviene de la curva granulométrica hallada para cada cauce.

γ_d: Peso volumétrico seco del material cohesivo, en T/m3.

β: Coeficiente de paso, que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia, obtenido de la tabla I del libro "Socavación en Cauces Naturales" de J.A. Maza A.

α: Coeficiente con valor:

$$\alpha = \frac{Q_d}{\mu . B_e . {H_m}^{5/3}}$$

Q_d: Caudal de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 100 años en m3/seg.

B_e: Ancho efectivo de la superficie libre del cauce, en m. Es el ancho total del cauce menos los obstáculos. En metros.

μ: Coeficiente de contracción, obtenido de la tabla III del libro "Socavación en Cauces Naturales" de J.A. Maza A.

A: Área de la sección hidráulica en el momento que inicia el evento de diseño. En metros cuadrados

H_m: Tirante medio o profundidad media entre la superficie del agua al pasar el caudal de diseño y el perfil del fondo original.

$$H_m = \frac{A}{B_e}$$

La sección transversal del lugar de estudio será dividida en líneas verticales de longitud igual al tirante de diseño H_0 para las cuales se calcula el valor de socavación (esta labor es realizada por el modelo hidráulico al asignar puntos en el fondo con cota conocida). Al unir las profundidades se obtiene el perfil de socavación para el periodo de retorno de 100 años.

Considerando que la metodología de Lischtvan – Lebediev para el cálculo de socavación general incluye dentro de su metodología el cálculo de socavación por contracción, no resulta necesario calcular la socavación por contracción por metodologías adicionales y tener posteriormente que sumarse a los valores de socavación obtenidos a la socavación general y local.

5.2.2. Socavación local

La socavación local que ocurre por la presencia de éstos en la sección hidráulica del río (planicie de inundación y cauce principal) y al presentarse la creciente de diseño se contrae la corriente y, por lo tanto, obstruyen el flujo, generando a su alrededor turbulencias que conducen a la formación de una fosa de socavación producida por un vórtice horizontal en el extremo aguas arriba, y desplazándose la fosa hacia aguas abajo causada por un vórtice vertical. Los métodos que se proponen para la estimación de la profundidad de socavación son los de Froehlich, HIRE.

Froehlich, a partir de los resultados de 170 mediciones de socavación en canales de laboratorio en condiciones de lecho móvil, obtuvo la siguiente ecuación mediante análisis de regresión.

$$\frac{Y_s}{Y_a} = 2.27\ K_1\ K_2 \left(\frac{L'}{Y_a}\right)^{0.43} F_r^{0.61} + 1$$

Donde:

Ys: Profundidad de socavación, en metros (m).

Ya: Profundidad media del flujo en la planicie de inundación en la sección de aproximación, en metros (m).

K1: Factor de corrección por la forma del estribo.

K2: Factor de corrección por el ángulo de t que (θ) del flujo con el talud del estribo.

K2 = (θ/90°)0.13

θ =90 cuando los estribos son perpendiculares al flujo.

θ < 90 si el terraplén se orienta aguas abajo.

θ > 90 si el terraplén se orienta aguas arriba.

L': Longitud efectiva del estribo y del terraplén que obstruye el paso de la corriente, en metros (m).
Fr1: Número de Froude de la planicie de inundación en la sección de aproximación.

$$F_r = V_e/(gY_a)^{1/2}$$

Ve: Velocidad media en el flujo de aproximación, en metros por segundo (m/s).
V e =Q e A e
Qe: Caudal obstruido por el estribo y el terraplén en la sección de aproximación, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
Ae: Área de flujo de la sección de aproximación obstruido por el estribo y terraplén, en metros cuadrados (m^2).

Este método llamado HIRE, fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos, a partir de datos de campo de socavación en espigones construidos en el Río Mississippi, y se puede usar para calcular la socavación.

La ecuación HIRE se aplica cuando la relación entre la longitud proyectada del estribo y la profundidad de flujo es mayor de 25 (L/Y1 > 25). La ecuación es la siguiente:

$$\frac{Y_s}{Y_1} = 4\ F_r^{0.33}\frac{K_1}{0.55}\ K_2$$

Donde:
Ys: Profundidad de socavación, en metros (m).
Y1: Profundidad del flujo en la pata del estribo, ya sea en la planicie de inundación o en el canal principal, en metros (m).
Fr: Número de Froude calculado con base en la velocidad y la profundidad adyacente y aguas arriba del estribo.
K1: Factor de corrección por la forma del estribo
K2: Factor de corrección por el ángulo de ataque (θ) del flujo con el talud del estribo.

El uso de este método se recomienda tanto para condiciones de lecho móvil (live-bed) como para agua clara (clear-water).

- **Estudio de suelos**

El ensayo seleccionado para el análisis de socavación, es aquel que representa las características más cercanas a la quebrada de estudio, esto después de realizar una correlación entre ellos siendo el sondeo 1. Los resultados de laboratorio se observan en la siguiente figura.

Figura 26. Resultados de laboratorio - Suelos

INGE SUELOS&CONSTRUCCIONES SAS
LABORATORIO CARACTERIZACION MATERIALES DE CONSTRUCCION
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E-123

FECHA	20 DE MAYO DE 2021	SONDEO	1
PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVER, UBICADO SOBRE LA VEREDA CANUTILLO, SECTOR TOLDO EN EL MUNICIPIO DE ALBANIA -SANTANDER	MUESTRA	2
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE ALBANIA SANTANDER	PROFUNDIDAD :	3,30 - 6,00 m

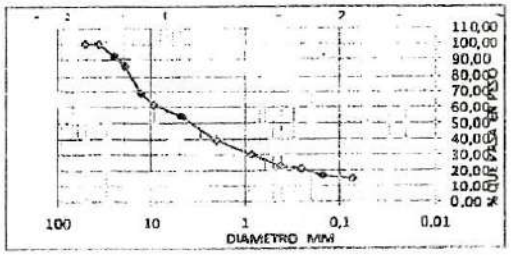
PESO TARA (gr)	8,7	
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	582,3	
TARA+MUESTRA SECA (gr)	503,5	
PESO AGUA (gr)	78,8	
PESO MUEST. SECA (gr)	494,6	
HUMEDAD (%)	15,93	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: 494,6

PESO DESPUES DE LAVADO gr: 434,50

PORCENTAJE DE ERROR %: 0,12

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
----	mm	gr	%	%	----	mm	gr	%	%
2"	50,8	0,00	0,00	100,00	10	90,2	73,50	14,85	39,43
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	100,00	20	41,1	43,40	8,77	30,66
1"	25,4	38,50	7,78	92,22	40	26,8	37,40	7,56	23,10
3/4"	13,3	30,20	6,10	86,12	60	3,5	7,50	1,52	21,58
1/2"	38,3	84,90	17,16	68,96	100	20,3	24,60	4,97	16,61
3/8"	22,8	37,10	7,50	61,46	200	4,4	11,30	2,28	14,33
No 4	118,8	35,50	7,17	54,28	PASA 200	2,4	10,10	2,04	
SUMA	*****	226,20	45,72		SUMA	*****	207,80	42,00	
					TOTAL		434,00		



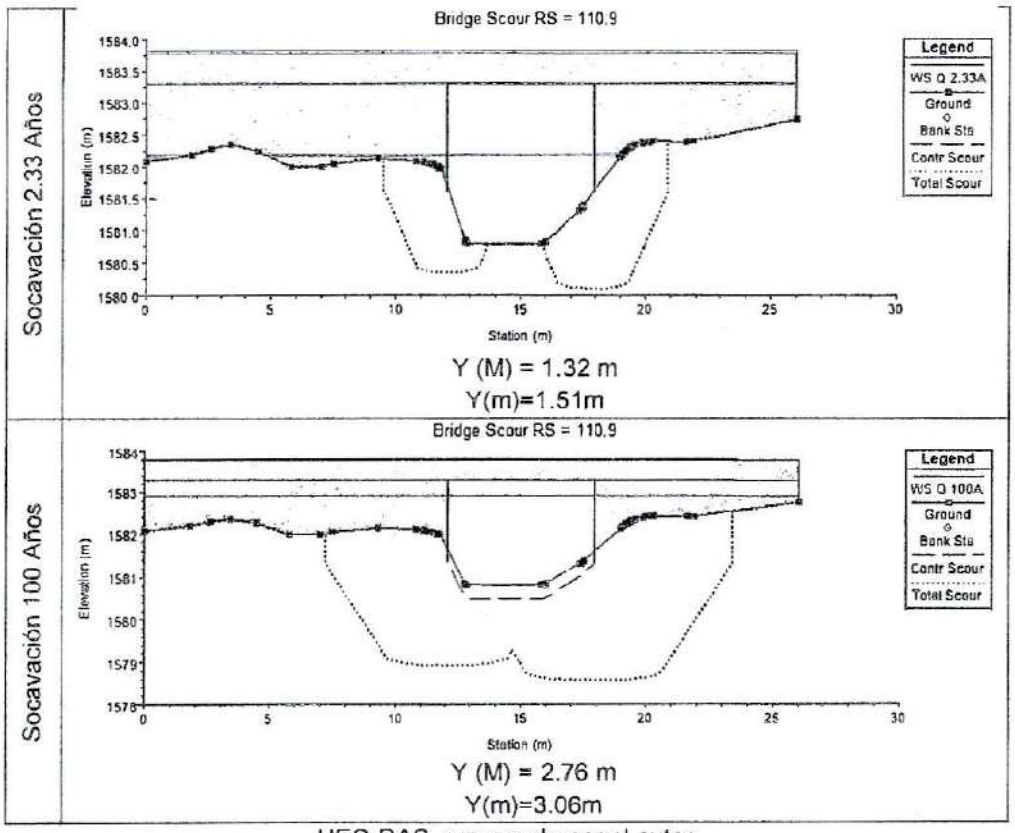
Fuente: Consultoría

De acuerdo con los ensayos de laboratorio se establece un valor de D50 109.02 mm como referente e insumo principal para el análisis de Socavación.

5.2.3. Resultados de la socavación

El cálculo de socavación se realizó teniendo en cuenta la localización propuesta para el Box Culvert y la topografía levantada por la consultoría, así como también el análisis de suelos realizados por este. Los resultados de socavación en la modelación ilustrados en la siguiente figura se verificaron teniendo en cuenta la dirección de flujo y velocidades presentes en puntos críticos del lecho de estudio.

Figura 27 Calculo de socavación– HEC-RAS



HEC-RAS, procesado por el autor

Figura 28 Reporte cálculo de socavación– HEC-RAS

Reporte Socavación 2.33 Años

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	0.80	1.48	0.95
	Approach Velocity (m/s):	0.51	1.29	0.61
	Br Average Depth (m):		1.22	
	BR Opening Flow (m3/s):		24.37	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	1.72	17.21	5.44
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.02	
	Critical Velocity (m/s):		3.15	
	Equation:		Clear	

ulment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.17	10.48
	Depth at Toe (m):	1.06	1.12
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10.00	10.00
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	1.82
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	0.93	1.00
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	3.58	7.50
	Area Obstructed Ae (m2):	4.82	10.49
Results			
	Scour Depth Ys (m):	1.29	1.49
	Qe/Ae = Ve:	0.74	0.71
	Froude #:	0.25	0.23
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	1.32
Right abutment scour + contraction scour (m):	1.51

Reporte Socavación 100 Años

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	1.87	2.55	2.01
	Approach Velocity (m/s):	0.57	1.33	0.68
	Br Average Depth (m):		1.91	
	BR Opening Flow (m3/s):		47.94	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	4.46	30.57	12.91
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.31	
	Critical Velocity (m/s):		3.45	
	Equation:		Clear	

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.17	10.48
	Depth at Toe (m):	2.18	2.24
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10.00	10.00
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	2.24
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	2.00	2.07
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	7.77	16.58
	Area Obstructed Ae (m2):	10.34	21.67
Results			
	Scour Depth Ys (m):	2.45	2.75
	Qe/Ae = Ve:	0.75	0.77
	Froude #:	0.17	0.17
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	2.76
Right abutment scour + contraction scour (m):	3.06

Fuente: HEC-RAS, procesado por el autor

Los resultados obtenidos de socavación para cada uno de los periodos de retorno son (Ver Anexo 3):

A la luz de los resultados obtenidos por medio de la modelación hidráulica y socavación para el Box Culvert propuesto, se toma como referencia la socavación de 2.33 años y 100 años como periodo de retorno, pues según ensayos de laboratorio, teniendo en cuenta que el modelo HEC-RAS no contempla en la modelación el perfil de suelo, sino la granulometría del D50, por ello fue necesario calibrar los resultados con los ensayos de suelos.

Finalmente se espera que la altura de la lámina de agua a un periodo de retorno de 100 años la socavación total de la izquierda es 2.76 m y por la derecha 3.06m; por

ende, es necesario contemplar un galibo de como mínimo 2.5 metros por encima del N.A.M.E de la altura de lámina de agua, según la recomendación del manual de drenaje de INVIAS, teniendo en cuenta las características y el tipo de suelo de la quebrada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones que resultaron en el desarrollo de los estudios de hidrología, hidráulica y socavación.

- Los registros de precipitaciones máximas en 24 hrs se obtuvieron del banco de datos del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) de la estación Albania [23125060], cumpliendo con las dos interpolaciones, ya que en el cálculo de isoyetas la precipitación que corresponde al área de estudio es de 88.42 mm/año y la estación Siachoque registra una precipitación promedio cercana a esta. Aunque la estación Casa Amarilla también cumple con interpolación e hidrológicamente homogénea al comportamiento de la cuenca, se toma los datos de la estación más cercana, siendo esta la estación Albania.
- Con el fin de estimar los valores de precipitación esperada para varios periodos de retorno, se verifico con el ajuste de los datos de la serie de precipitaciones máximas a una distribución de probabilidades conocida, el ajuste de distribución se realizó mediante el ajuste de Smirnov Kolmogorov utilizando el programa "Hidroesta". De acuerdo con los resultados de las distribuciones usadas, la función que mejor se ajusta al registro de datos de precipitaciones máximas mensuales es la función Gumbel con probabilidad de no excedencia de periodo de retorno de 5 años =80 %, 10 años =90 %, 20 años = 95% y 50 años = 98%.
- Se usó el método de hietogramas por medio del modelo HEC-HMS, para la estimación de caudales máximos con el método de Clark hidrograma unitario, ya que tiene aplicación en el diseño de drenaje superficial, para áreas mayores a 1,0 km2, además este método es uno de los usados en el diseño de obras hidráulicas puntuales y estudios de inundación.
- Partiendo de la topografía original, se recomienda que se lleve a cabo una reconformación del cauce, sin dejar de lado que esta se debe realizar de manera gradual, con el fin de evitar el aumento drástico de pendientes, y/o la desestabilización del material existente en la quebrada, con el fin de retirar las estructuras existentes e implementar las nuevas de acuerdo a los diseños propuestos por el consultor.
- A partir del cálculo de caudales y la modelación hidráulica, a la altura de la sección 111 (según modelo hidráulico), se cuenta con la capacidad hidráulica; sin embargo, esta quebrada cuenta con aportes considerables de material que ha sido desprendido de la zona media y alta de la cuenca, por ello es necesario tomar el galibo mínimo de 2.5 metros para este tipo de

cauces, partiendo de la altura de la lámina de agua a un periodo de retorno de 100 años.

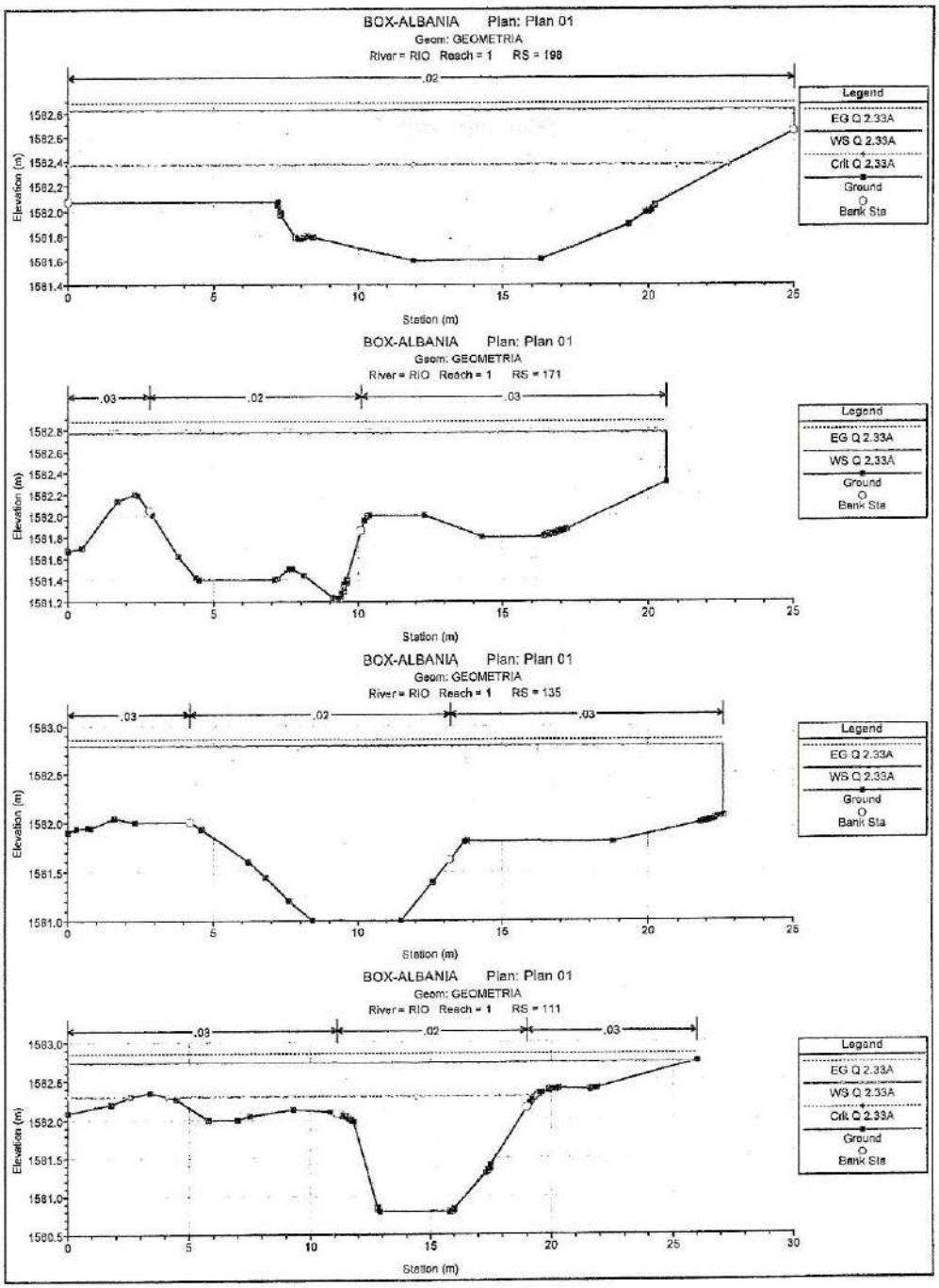
- La socavación es calculada en la sección propuesta para la implantación del puente, es de 2.76 m, aproximadamente. Este valor fue calculado a partir del análisis en las secciones transversales, por medio de HEC-RAS y el estudio de suelos, pues es importante tener en cuenta que el modelo HEC-RAS no contempla en la modelación el perfil de suelo, sino la granulometría del D50, por ello fue necesario la calibración de la modelación con los resultados de ensayos de suelos.
- Se recomienda que el proyecto sea ejecutado durante los meses en los cuales las condiciones hidroclimatológicas son más favorables, es decir en el periodo comprendido entre los meses de diciembre y enero preferiblemente.

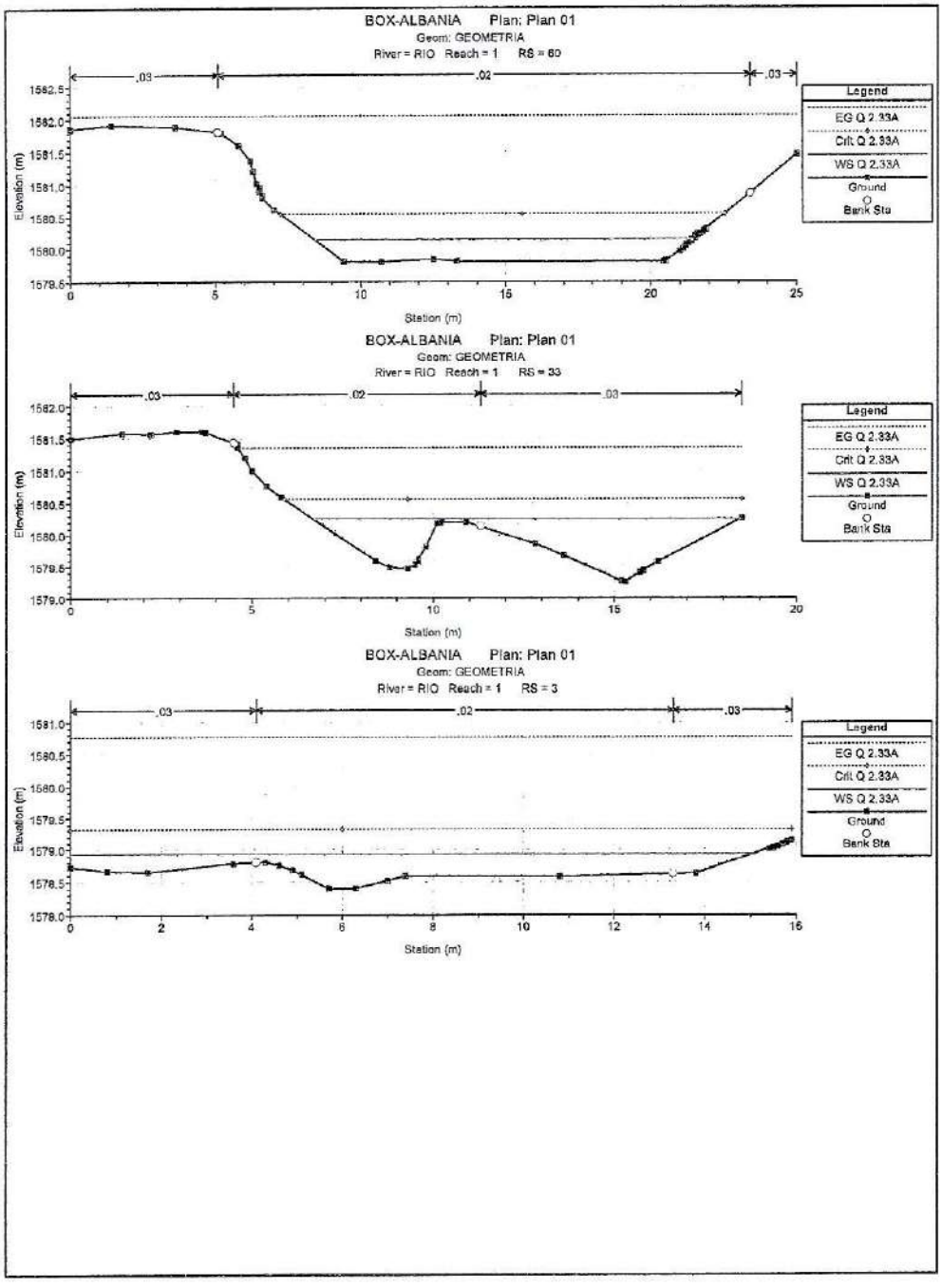
Atentamente

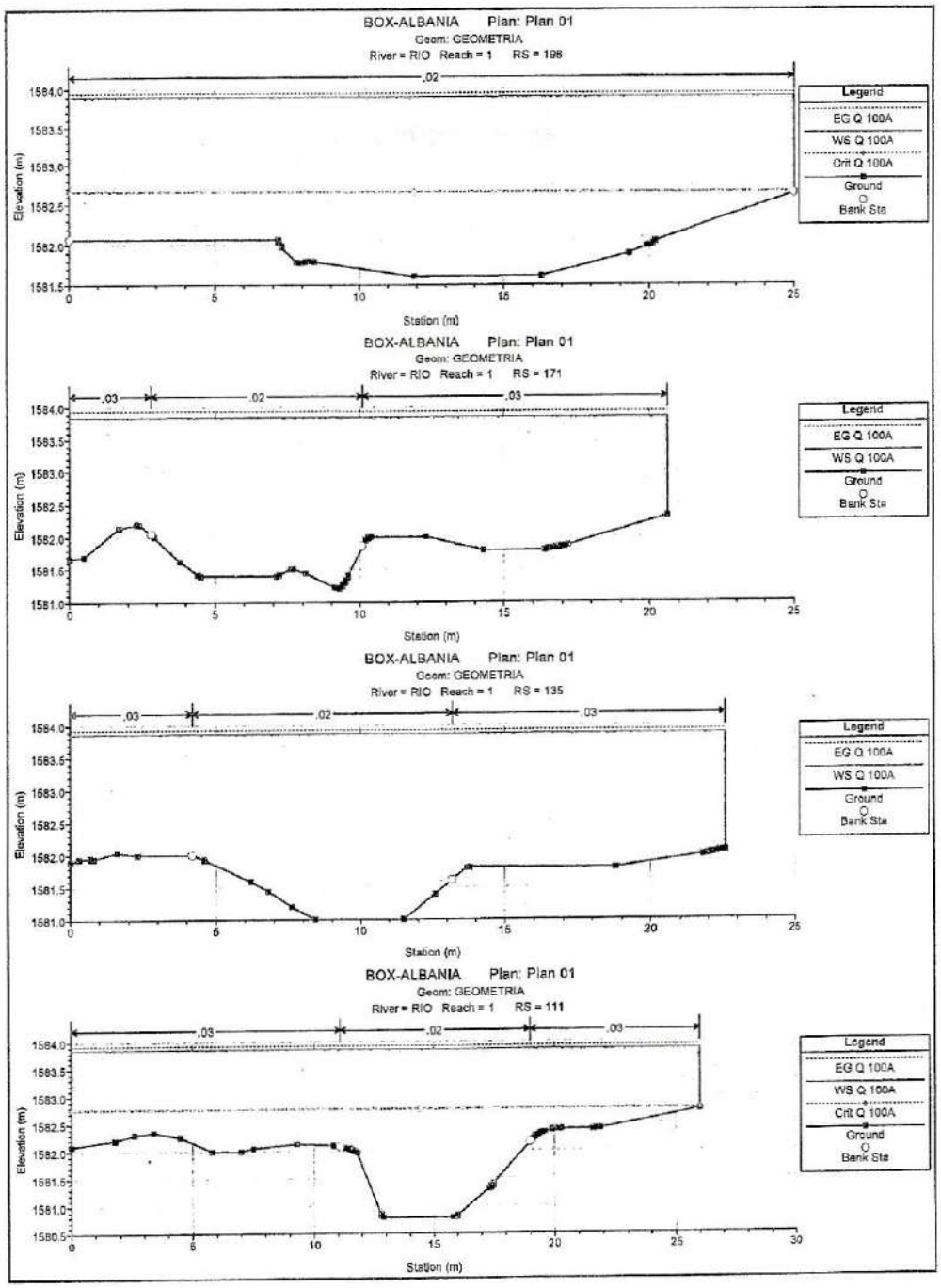
LAURA ANDREA GUTIÉRREZ MOLANO
Ingeniera Ambiental
Esp. En recursos hidricos
C.c.: 1.057.597.349
M.P.: 15238-348332 BYC
Cel.: 310 273 11 5

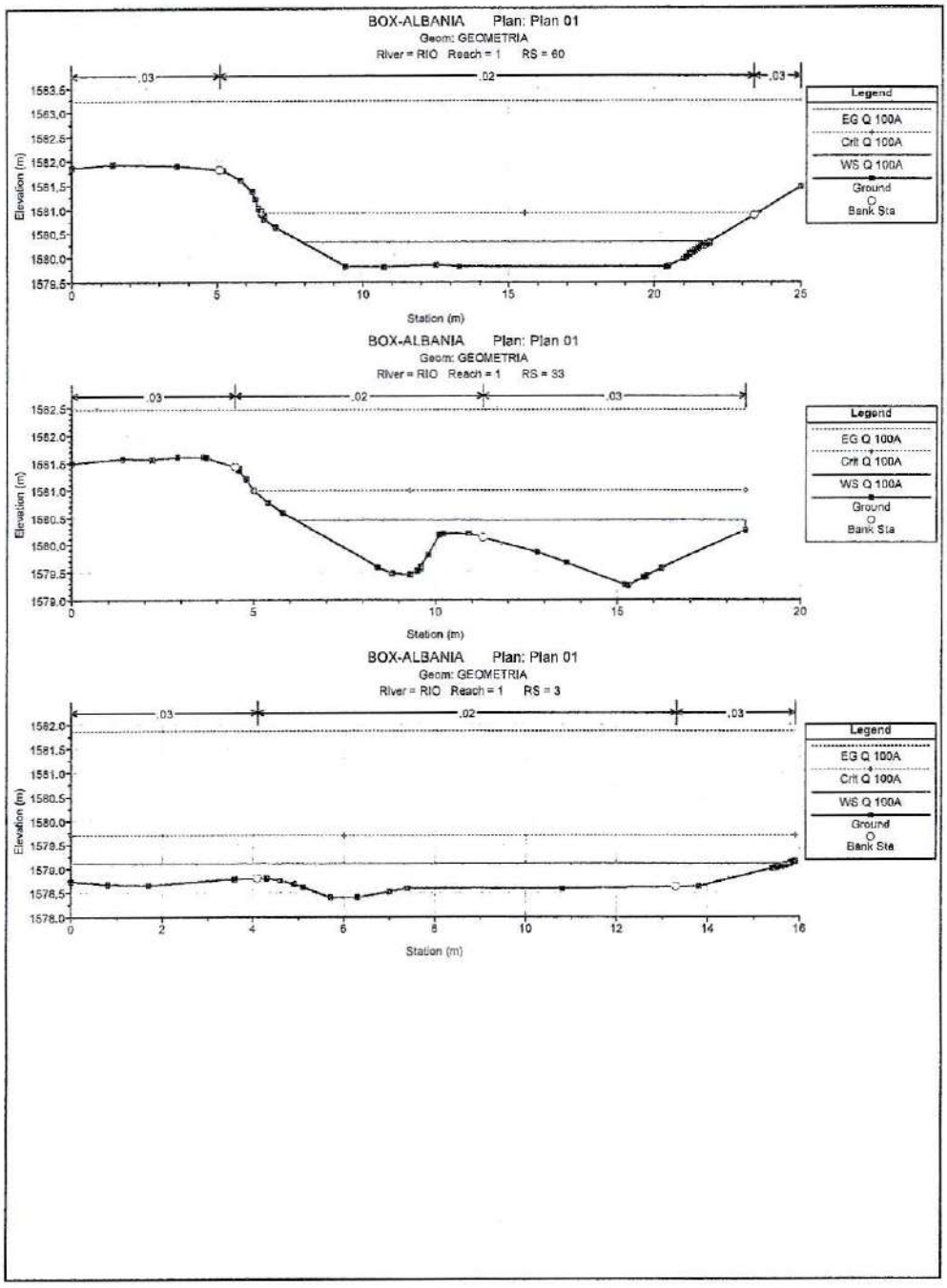
ANEXOS

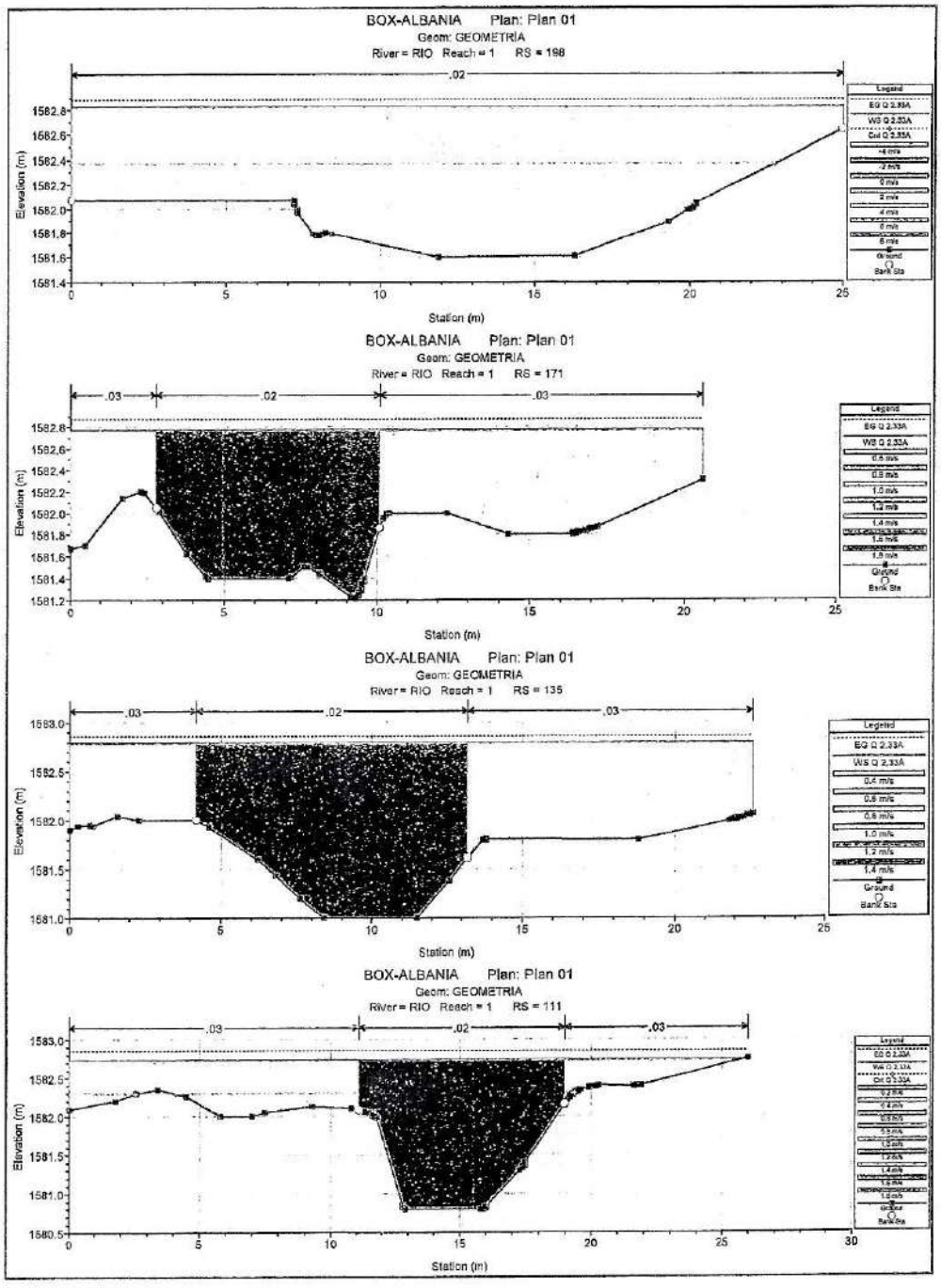
ANEXO 2. SECCIONES TRANSVERSALES


BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 198
.02
Legend
EG Q 2,33A
WS Q 2,33A
Crit Q 2,33A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 171
.03
.02
.03
Legend
EG Q 2,33A
WS Q 2,33A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 135
.03
.02
.03
Legend
EG Q 2,33A
WS Q 2,33A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 111
.03
.02
.03
Legend
EG Q 2,33A
WS Q 2,33A
Crit Q 2,33A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

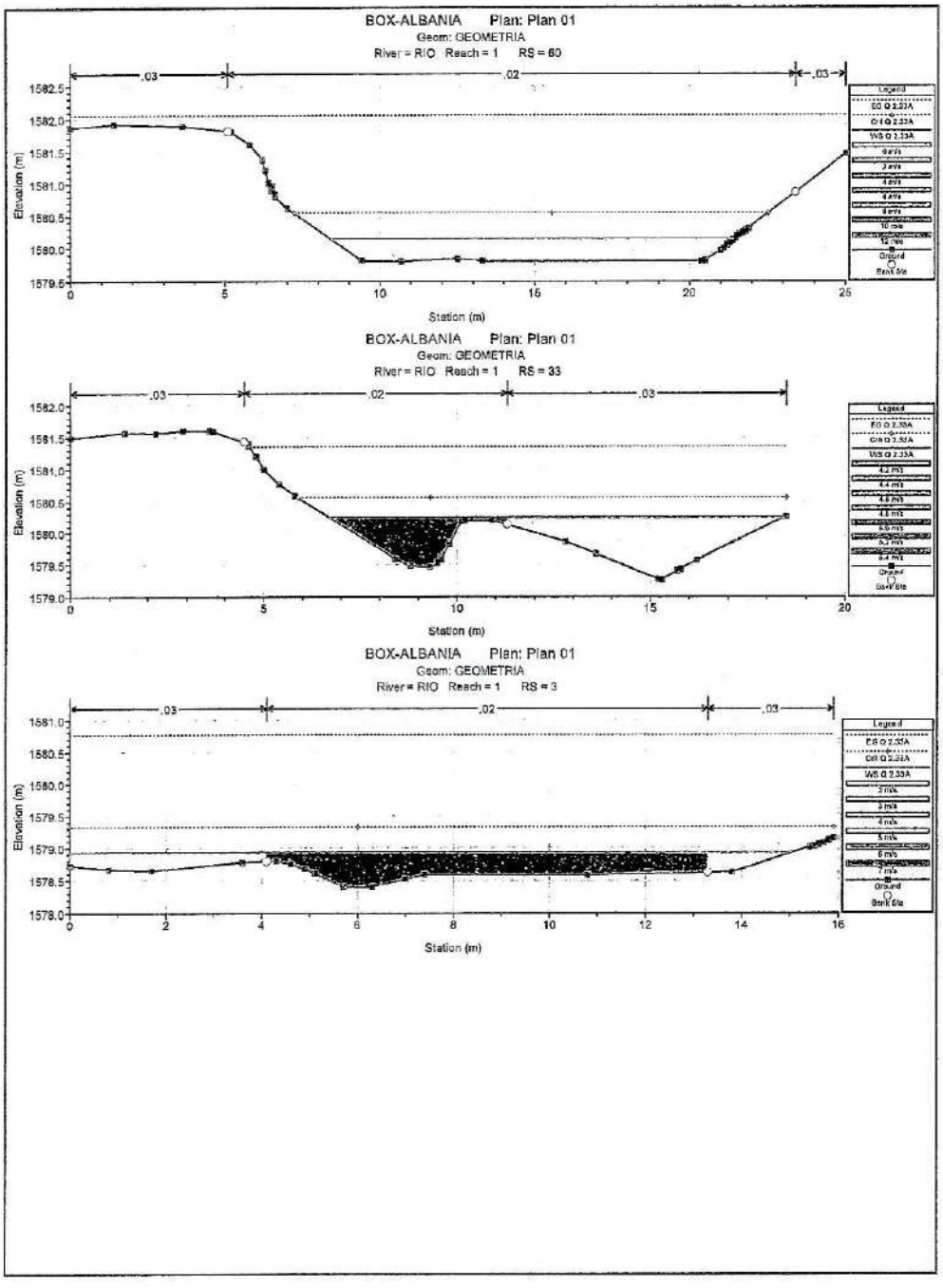

BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 60
.03
.02
.03
Legend
EG Q 2.33A
Crit Q 2.33A
WS Q 2.33A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 33
.03
.02
.03
Legend
EG Q 2.33A
Crit Q 2.33A
WS Q 2.33A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 3
.03
.02
.03
Legend
EG Q 2.33A
Crit Q 2.33A
WS Q 2.33A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

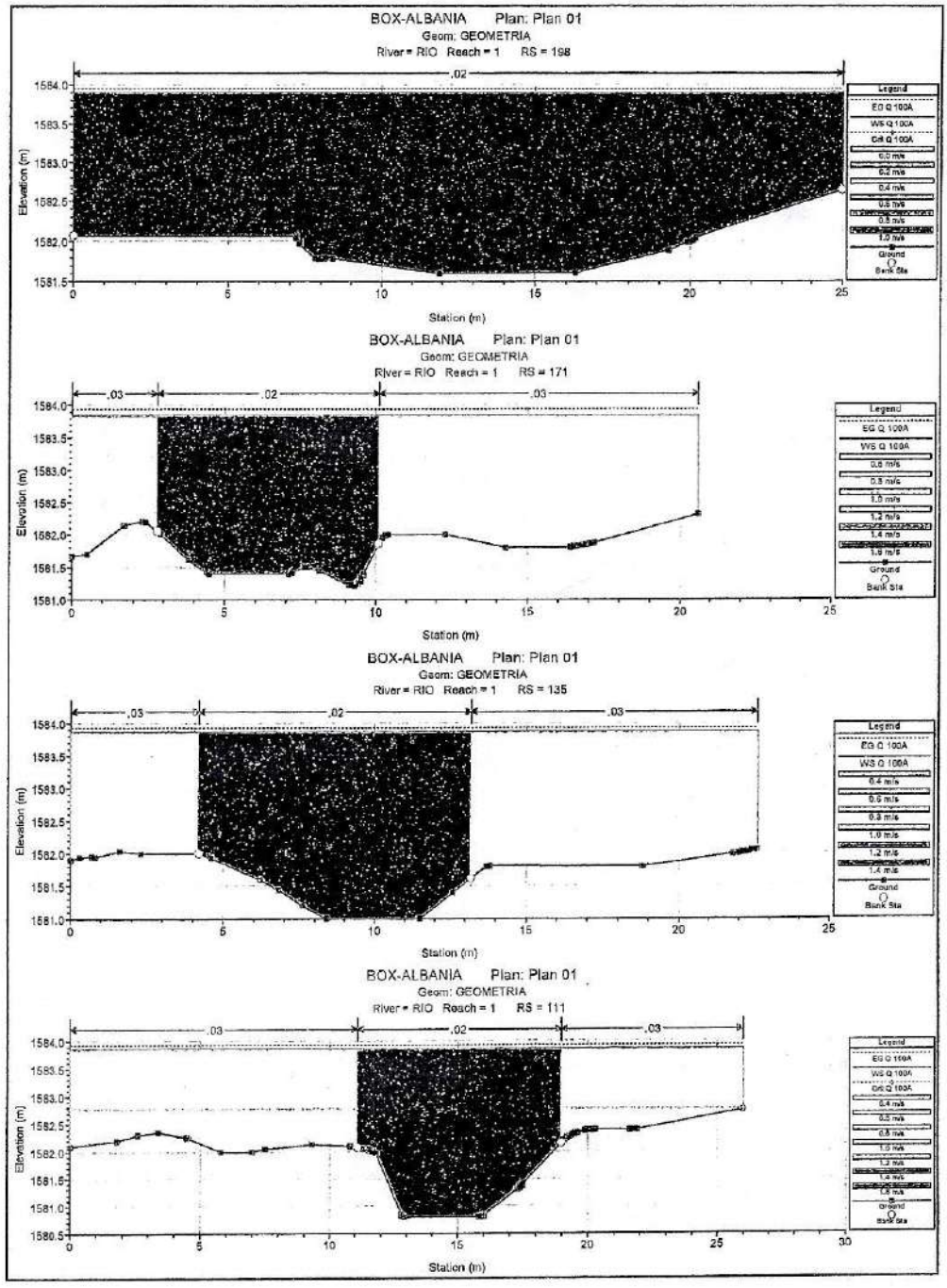

BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 196
,02
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
Crit Q 100A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 171
,03
,02
,03
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 135
,03
,02
,03
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 111
,03
,02
,03
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
Crit Q 100A
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 60
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
Crit Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 33
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
Crit Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 3
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
Crit Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta

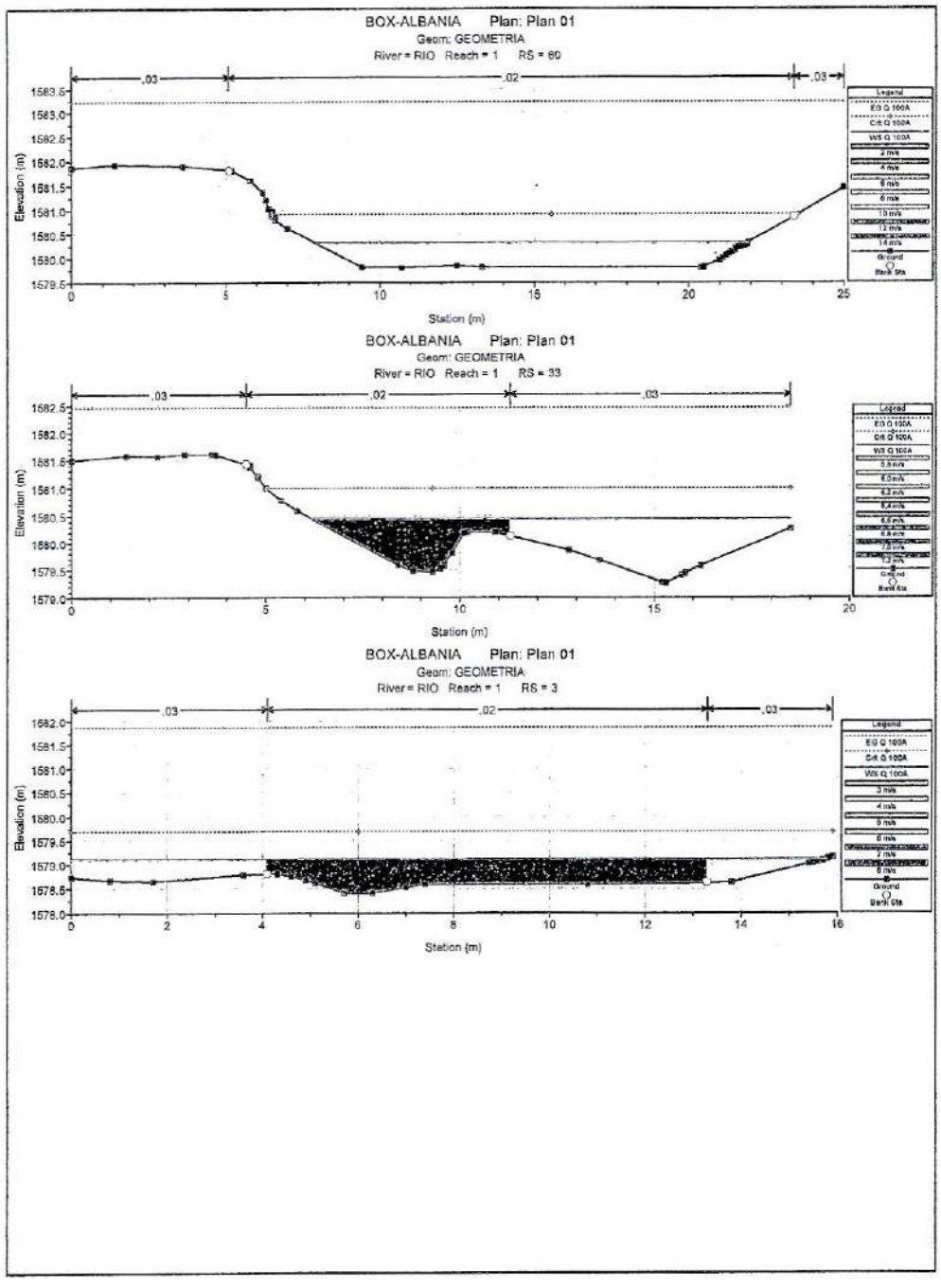

BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 198
.02
Elevation (m)
Station (m)
Legend
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 171
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 135
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 111
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend

300


BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 60
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 33
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 3
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)


BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 198
.02
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
Crit Q 100A
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 171
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 135
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 111
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
WS Q 100A
Crit Q 100A
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta

302


BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 60
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
Crit Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 33
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
Crit Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta
BOX-ALBANIA Plan: Plan 01
Geom: GEOMETRIA
River = RIO Reach = 1 RS = 3
.03
.02
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG Q 100A
Crit Q 100A
WS Q 100A
Ground
Bank Sta

ANEXO 3.
SOCAVACION

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	0.80	1.48	0.95
	Approach Velocity (m/s):	0.51	1.29	0.61
	Br Average Depth (m):		1.22	
	BR Opening Flow (m3/s):		24.37	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	1.72	17.21	5.44
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.02	
	Critical Velocity (m/s):		3.15	
	Equation:		Clear	

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.17	10.48
	Depth at Toe (m):	1.06	1.12
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10	10
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	1.82
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	0.93	1.00
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	3.68	7.50
	Area Obstructed Ae (m2):	4.82	10.49
Results			
	Scour Depth Ys (m):	1.29	1.49
	Qe/Ae = Ve:	0.74	0.71
	Froude #:	0.25	0.23
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	1.32
Right abutment scour + contraction scour (m):	1.51

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	0.96	1.67	1.13
	Approach Velocity (m/s):	0.52	1.28	0.62
	Br Average Depth (m):		1.33	
	BR Opening Flow (m3/s):		27.96	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	2.17	19.17	6.62
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.07	
	Critical Velocity (m/s):		3.21	
	Equation:		Clear	

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.17	10.48
	Depth at Toe (m):	1.26	1.32
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10	10
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	1.82
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	1.11	1.18
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	4.24	8.92
	Area Obstructed Ae (m2):	5.76	12.39
Results			
	Scour Depth Ys (m):	1.49	1.70
	Qe/Ae = Ve:	0.74	0.72
	Froude #:	0.22	0.21
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	1.56
Right abutment scour + contraction scour (m):	1.76

306

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	1.16	1.84	1.30
	Approach Velocity (m/s):	0.54	1.28	0.64
	Br Average Depth (m):		1.45	
	BR Opening Flow (m3/s):		31.67	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	2.62	21.24	7.82
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.11	
	Critical Velocity (m/s):		3.26	
	Equation:		Clear	

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.18	10.48
	Depth at Toe (m):	1.45	1.51
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10	10
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	1.82
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	1.29	1.36
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	4.92	10.37
	Area Obstructed Ae (m2):	6.68	14.26
Results			
	Scour Depth Ys (m):	1.69	1.90
	Qe/Ae = Ve:	0.74	0.73
	Froude #:	0.21	0.20
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	1.79
Right abutment scour + contraction scour (m):	2.01

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	1.36	2.04	1.50
	Approach Velocity (m/s):	0.55	1.29	0.65
	Br Average Depth (m):		1.57	
	BR Opening Flow (m3/s):		35.88	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	3.11	23.62	9.16
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.16	
	Critical Velocity (m/s):		3.32	
	Equation:		Clear	

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.17	10.48
	Depth at Toe (m):	1.66	1.72
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10	10
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	1.82
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	1.48	1.55
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	5.67	11.99
	Area Obstructed Ae (m2):	7.68	16.29
Results			
	Scour Depth Ys (m):	1.89	2.11
	Qe/Ae = Ve:	0.74	0.74
	Froude #:	0.19	0.19
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	2.05
Right abutment scour + contraction scour (m):	2.27

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	1.64	2.32	1.78
	Approach Velocity (m/s):	0.56	1.31	0.67
	Br Average Depth (m):		1.76	
	BR Opening Flow (m3/s):		42.32	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	3.84	27.30	11.17
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.24	
	Critical Velocity (m/s):		3.39	
	Equation:		Clear	

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.17	10.48
	Depth at Toe (m):	1.94	2.00
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10	10
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	1.82
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	1.76	1.83
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	6.80	14.46
	Area Obstructed Ae (m2):	9.13	19.22
Results			
	Scour Depth Ys (m):	2.19	2.43
	Qe/Ae = Ve:	0.74	0.75
	Froude #:	0.18	0.18
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	2.43
Right abutment scour + contraction scour (m):	2.66

Contraction Scour

		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	1.87	2.55	2.01
	Approach Velocity (m/s):	0.57	1.33	0.68
	Br Average Depth (m):		1.91	
	BR Opening Flow (m3/s):		47.94	
	BR Top WD (m):		5.85	
	Grain Size D50 (mm):	109.02	109.02	109.02
	Approach Flow (m3/s):	4.46	30.57	12.91
	Approach Top WD (m):	4.20	9.00	9.40
	K1 Coefficient:	0.590	0.590	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):		0.31	
	Critical Velocity (m/s):		3.45	
	Equation:		Clear	

Abutment Scour

		Left	Right
Input Data			
	Station at Toe (m):	12.08	17.92
	Toe Sta at appr (m):	5.17	12.12
	Abutment Length (m):	5.17	10.48
	Depth at Toe (m):	2.18	2.24
	K1 Shape Coef:	0.55 - Spill-through abutment	
	Degree of Skew (degrees):	10.00	10.00
	K2 Skew Coef:	0.75	0.75
	Projected Length L' (m):	0.90	2.24
	Avg Depth Obstructed Ya (m):	2.00	2.07
	Flow Obstructed Qe (m3/s):	7.77	16.58
	Area Obstructed Ae (m2):	10.34	21.67
Results			
	Scour Depth Ys (m):	2.46	2.75
	Qe/Ae = Ve:	0.75	0.77
	Froude #:	0.17	0.17
	Equation:	Froehlich	Froehlich

Combined Scour Depths

Left abutment scour + contraction scour (m):	2.76
Right abutment scour + contraction scour (m):	3.06

ANEXO 4.

PLANO CUENCA

ESTUCTURAL

312

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, CESAR MAURICIO SANTOS DURAN, identificado con cedula de ciudadanía N° 1.100.962.631 de San gil, en mi calidad de Ingeniero Civil con matrícula profesional No. 68202-294785 STD, magister en Ingeniería Estructural **CERTIFICO** que los DISEÑOS ESTRUCTURALES, realizados para el proyecto **" CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVERT EN LA VEREDA CANUTILLO SECTOR EL TOLDO SOBRE LA QUEBRADA CURITOS"**, cumple con los requerimientos técnicos establecidos en la ley colombiana y demás normas reglamentarias vigentes.

En consecuencia, asumo mi responsabilidad referente al Diseño Estructural realizado para el proyecto.

Cabe resaltar que en los procesos constructivos del proyecto se deben tener en cuenta cada uno de los detalles presentados en los respectivos diseños y que en caso de alguna modificación debe ser avalada por un profesional idóneo, quien a su vez asumirá la responsabilidad.

Cordialmente:

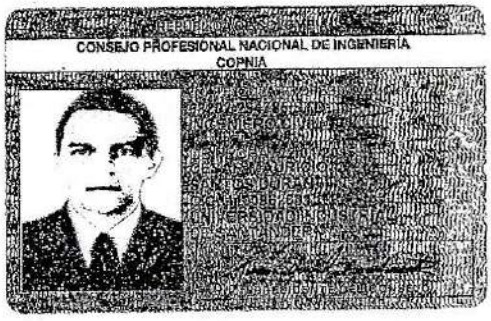
Cesar Mauricio Santos Durán

CESAR MAURICIO SANTOS DURAN
Ingeniero Civil
Magister en Ingeniería Estructural
M.P. 68202-294785 STD

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza a su titular para ejercer como Ingeniero en todo el Territorio Nacional.

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA

Calle 78 No. 9 - 67 Oficina 1301 Tel: 636 5364 Bogotá D.C.
01 8000 116590



34

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2021-634184

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que CESAR MAURICIO SANTOS DURAN, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1100962631, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 68202-294785 desde el 22 de Enero de 2015, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 68.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los uno (01) días del mes de Marzo del año dos mil veintiuno (2021).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositе/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

315

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.100.962.631

SANTOS DURAN

APELLIDOS

CESAR MAURICIO

NOMBRES

Cesar Mauricio Santos Duran

FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 05-ENE-1993

SAN GIL
(SANTANDER)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.75 A+ M

ESTATURA G.S. RH SEXO

00-ENE-2011 SAN GIL

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SANCHEZ TORRES



P-2710100-00203050-M-1100962631-20110304 0026024146A 1 35394094

316

LA REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

Y EN SU NOMBRE

LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CONFIERE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

A

CESAR MAURICIO SANTOS DURAN

CEDULA DE CIUDADANIA N° 1.100.962.631 expedida en SAN GIL

Quien cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello le otorga el presente

DIPLOMA

En la ciudad de Bucaramanga, EL 9 DE DICIEMBRE DE 2014

Registrado al folio 899 Libro 13-N Diplomas de Grado

Rector

Secretario General

Personería Jurídica UIS - Resolución No. 25 del 23 de Febrero de 1949 del Ministerio de Justicia

68377

LA REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

317

Y EN SU NOMBRE

LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CONFIERE EL TÍTULO DE

MAGÍSTER EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

A

CESAR MAURICIO SANTOS DURAN

CÉDULA DE CIUDADANÍA N° 1.100.962.631 expedida en SAN GIL

Quien cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello le otorga el presente

DIPLOMA

En la ciudad de Bucaramanga, EL 9 DE JULIO DE 2019

Registrado al folio 772 Libro 14-E Diplomas de Grado

Rector

Secretario General

Personería Jurídica UIS - Resolución No. 25 del 23 de Febrero de 1949 del Ministerio de Justicia

86287

318

DISEÑO ESTRUCTURAL DE BOX VEREDA CANUTILLO SECTOR EL TOLDO SOBRE LA QUEBRADA CURITOS h = 2.5m b = 5.25m

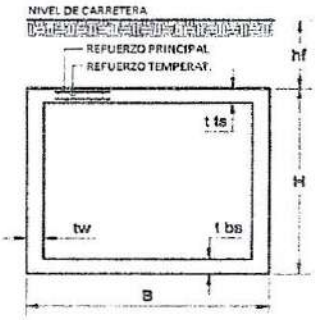
CODIGO COLOMBIANO DE PUENTES CCP-14

Cliente:	Alcaldía de Albania	Diseñado Por:	Ing. Cesar Mauricio Santos Durán	Fecha:	14-Jul-21
Proyecto:	CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVERT EN LA VEREDA CANUTILLO SECTOR EL TOLDO SOBRE LA QUEBRADA CURITOS.	Verificado Por:		Fecha:	

Version 1.0

DATOS DE ENTRADA

Resistencia a la Compresión del Concreto, f'c	28	MPA
Límite Elástico del Acero, fy	420	MPA
Peso Volumetrico del Concreto, γ_c	24	kN/cum
Peso del Suelo Saturado, γ_s	18.5	kN/cum
Altura de Alcantarilla, H	3100	mm
Base de la Alcantarilla, B	6850	mm
Espesor del Muro, t_w	300	mm
Espesor de la losa, t_{ts}	300	mm
Espesor de la Base de losa, t_{bs}	300	mm
Altura del relleno, h_f	10	mm
Servicios Impuestos a Carga Muerta, w_d	3.6	KPa
Presión del Suelo Admisible, Q_a	229.3	KPa
Angulo de Fricción del Suelo, ϕ	27.73	Deg.
Diametro del Acero de Refuerzo	16	mm
Recubrimiento del refuerzo	50	mm
N° Capas del Refuerzo	2	
Espaciamiento del Acero principal	150	mm
Espacio del Acero Por Temperatura	150	mm



Resumen de Diseño	
Estado a Cortante	O.K.
Estado a Flexion	OK
Estado a Presión del Suelo	O.K.

Cargas en la Alcantarilla

A los efectos de diseño se considera una longitud de un metro de la alcantarilla.

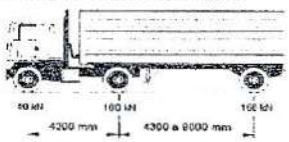
Losa Superior

Cargas Vivas Vehiculares (camion CCP-14)

Incluya Cargas vivas de h_f < 2400mm h_f =	10	mm
Factor de Presencia Multiple	1.20	
lw Longitud parche de carga viva en la profundidad H (mm)	265.5	mm
ww Ancho parche de carga viva en la profundidad H (mm)	834.5	mm
La intensidad de la presión a la profundidad especificada de	722.15	KPa
Carga lineal en la losa superior	722.15	KN/m

Incremento por carga dinámica (factor de impacto)

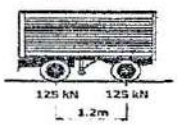
IM = 33(1 - 0.00041 h_f) > 0%	32.865	%
El aumento de la carga viva lineal (impacto y presencia mult	118.13	KN/m2





LL Considerado.	Diseño Basado en →	
P	160 KN	(CCP-14 4.6.2.10)
P (camion)	160 KN	(CCP-14 3.6.1.2.2)
P (tandem)	125 KN	(CCP-14 3.6.1.2.3)
sw	1828 D entre ruedas (mm)	(CCP-14 3.6.1.2.6b)
wt	508 Ancho Parche (mm)	(CCP-14 3.6.1.2.6b)
lt	254 Longitud Parche (mm)	(CCP-14 3.6.1.2.6b)
LLDF	1.15 Factor distribución de c	(CCP-14 3.6.1.2.6a)
se	0 Distancia entre ejes (mr	(CCP-14 3.6.1.2.2)
se (camion)	1200	(CCP-14 3.6.1.2.2)
se (tandem)	0	(CCP-14 3.6.1.2.3)

TANDEM





Peso del relleno de tierra

Peso lineal de relleno en la losa **EV**	0.19	KN/m

Cargas muertas impuestas

Sobrecarga Pavimento **DW**	3.6	KN/m

Peso Propio DC

Losa Superior	42.12	KN
Dos Paredes Laterales = 2*t_w (H - t_{bs} - t_{ts}) γ_c	36.00	KN
Losa Inferior	42.12	KN
losa superior **DC**	7.20	KN/m
losa Fondo **DC**	20.55	KN/m

ver nota 1

Presión horizontal del terreno EH

Presión del Suelo

k_o = (1 - senϕ)	0.535	
Sobreesfuerzo en las paredes laterales, debido a la parte su	0.2	KPa

(cont'd)

Sobre Altura por Relleno ($h' = s / \gamma_s$)	0.01	m
Presión lineal en la parte superior de la pared lateral **EH**	0.10	kN/m
Presión lineal en la parte inferior de la pared lateral **EH**	30.8	kN/m

Sobrecarga por carga viva LS

Ko coreficiente de presion de tierras de reposo	0.53	
Altura del Muro de contencion	3110.00	
h eq	889.0	mm
Presion por sobrecarga por carga viva **LS**	8.79	kN/m

Carga de Agua WA

γ Agua	9.81	kN/m3
h (columna maxima de agua)	2.50	m
Presion por carga de agua **WA**	24.5	kN/m

Cargas vivas vehiculares (GCP-14 Camión) (LL+IM)

La presión del suelo lineal debido a las cargas vivas	118.13	kN/m	See note 1

Diagramas de carga factorizada

	Maximo	Minimo	
El factor de carga para peso propio **DC**	1,25	0,90	(GCP-3,4,1-1)
El factor de carga para carga muerta **DW**	1,50	0,65	(GCP-3,4,1-1)
El factor de carga de empujeVertical **EV**	1,30	0,90	(GCP-3,4,1-1)
El factor de carga de empuje horizontal **EH**	1,35	0,90	(GCP-3,4,1-1)
El factor de carga para carga viva **LL+IM,LS**	1,75	0	(GCP-3,4,1-1)

Presion de carga **DC**



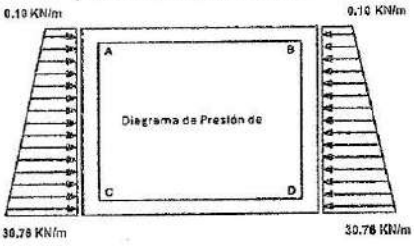
Presion de carga **EV**



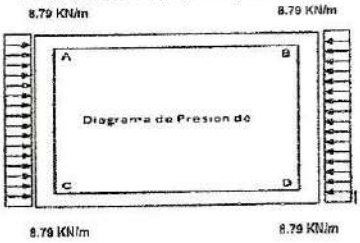
Presion de sobrecarga placahuella **DW**



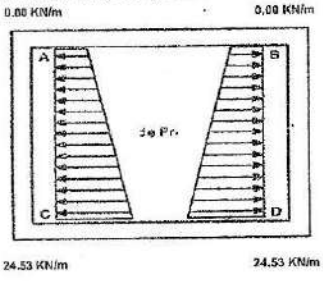
presion Horizontal del terreno **EH**



Presion por sobrecarga por carga viva **LS**



Presion por carga de agua **WA**



Presion vertical en la corona de carga viva **(LL+IM)**

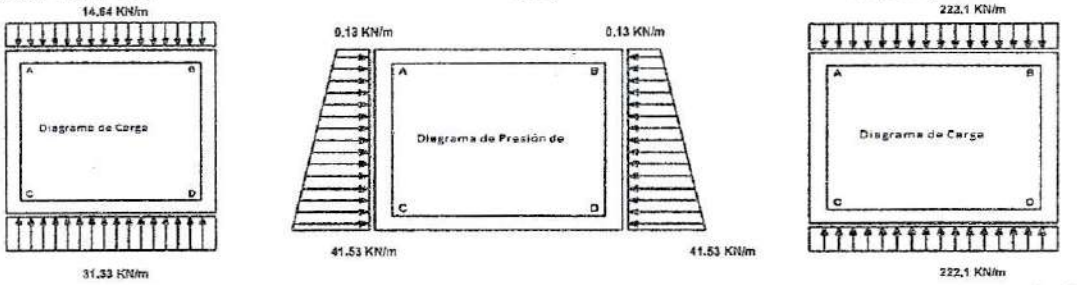


320

Teniendo en cuenta los factores de carga tenemos como cargas maximas

$U = 1.0[1.25DC + 1.5DW + 1.3EV + 1.35EH + 1.75(LL+IM) + 1.75LS] \rightarrow Cargas\ H\ y\ V\ máx.$

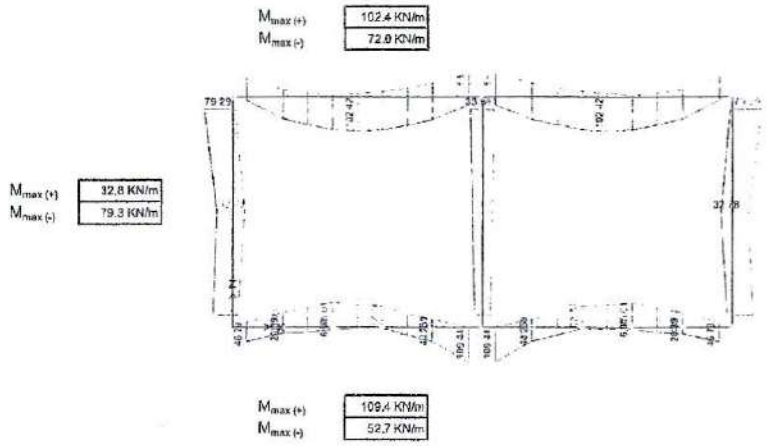
$1.25DC + 1.5DW + 1.3EV$ + $1.35EH$ + $1.75(LL+IM) + 1.75LS$



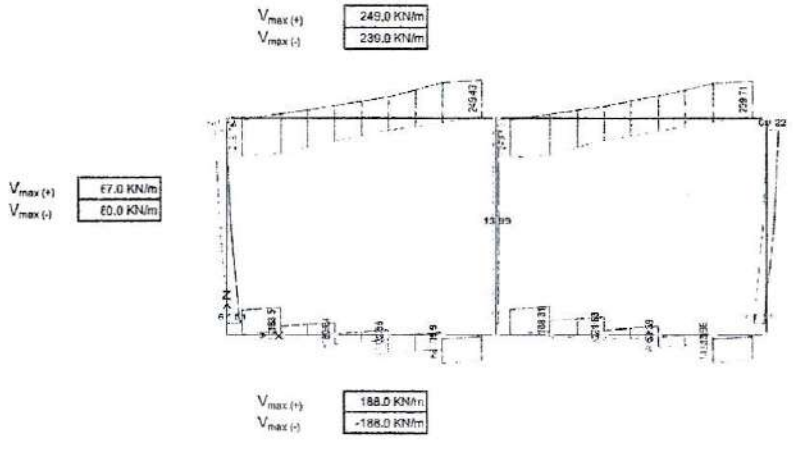
(cont'd)

DIAGRAMAS DE MOMENTOS Y FUERZAS CORTANTES

MOMENTOS Mu PARA COMBINACIONES DE CARGA DE RESISTENCIA 1



CORTANTES Vu PARA COMBINACIONES DE CARGA DE RESISTENCIA 1



CHEQUEO DE ESPESOR

La resistencia al cortante proporcionada por el concreto = $\phi V_c = \phi\ 0.25\ (f'_c)^{0.5} * bde$ (CCP-14 5.14.5.3)

$\phi V_c = (\phi\ 0.178\ (f'_c)^{0.6} + 32 * As/bde * Vude/Mu) * bde$ $\phi V_c < \phi\ 0.332\ (f'_c)^{0.5} * bd$ (CCP-14 5.14.5.3)

Elemento	dv (mm)	de (mm)	ϕV_c (kN)	V_u (kN)	Estado
Losa Superior	216	242.05	272.2	249.0	O.K.
Losa Inferior	216	242.05	272.2	188.0	O.K.
Paredes Laterales	216	242.05	272.2	86.0	O.K.

CALCULO DEL REFUERZO

Cuantía de armadura mínima de refuerzo principal, ρ_{min}	0.0008	ver Nota 2	(CCP-14 5.10.8)
Cuantía de armadura mínima para el refuerzo de temperature, ρ_{min}	0.0008	Ver Nota 2	(CCP-14 5.10.9)
Centro máximo al espaciamiento de centro de refuerzo, s_{max}	250 mm	Max (1.5 t, 450)	(CCP-14 5.10.3.2)

Elemento	REFUERZO										
	M_u (kN-m)	M_n (kN-m)	1.33Mu(kN-m)	N_u (kN-m)	A_s (mm^2)	$A_{s\ temp}$ (mm^2)	$A_{s\ min}$ (mm^2)	$A_{s\ Sec}$ (mm^2)	Øbarra mm	s (cm)	s max(cm)
Losa Superior Mmax (+)	102.42	113.80	136.22	94.49	1119	303	926	1119	15.9	17	17
Losa Superior Mmax (-)	72.00	80.00	95.76	94.49	787	303	929	929	15.9	21	21
Losa Inferior Mmax (+)	109.44	121.60	145.56	94.49	1198	303	929	1198	15.9	16	16
Losa Inferior Mmax (-)	52.74	58.60	70.14	94.49	576	303	690	690	15.9	28	25
Paredes Mmax (+)	32.77	36.41	43.58	94.49	358	303	429	429	15.9	46	25
Paredes Mmax (-)	79.29	88.10	105.45	94.49	867	303	929	929	15.9	21	21

VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN DEL SUELO

La presión sobre el suelo	142.47	kPa
Presión Admisible del Suelo	228.30	kPa
Estado	O.K.	

1- En realidad, la presión del suelo de elevación en la losa de fondo no puede ser uniforme. Sin embargo, por simplicidad, se supone que es uniforme.

2- Cuantía de armadura mínima encontrado es para una capa de refuerzo y se multiplyed por 2 si hay 2 capas de refuerzo.

3- Tede el suelo se ha supuesto que esta saturado suelo.

4- el aspecto tensional del terreno no es condicionante en el encaje y diseño de las obras tipo box enterradas en ningún caso. Concretamente, la tensión admisible del terreno de cimentación es la capacidad del terreno natural sin presencia del terraplén más el peso de la columna de relleno aledaño al Box Culvert. Por lo tanto, la tensión transmitida bajo el Box Culvert al terreno de cimentación siempre será inferior a la tensión admisible de dicho terreno.

Cesar Mauricio Santos Durán

CESAR MAURICIO SANTOS DURAN

Diseñó

MARIA CAMILA RODRIGUEZ PIRABAN

Secretaria de Planeación

Revisó

322

PUENTE

ALBANIA

TOPOGRAFIA

PUENTE

324

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

YO, JUAN PABLO URBINA ARISMENDI, identificado con cedula de ciudadanía No 91.158.785 de Floridablanca, Santander, topógrafo en ejercicio, con licencia profesional No 01-12859 del consejo profesional nacional de topografía.

CERTIFICO:

Que realice el estudio de estudio y levantamiento topográfico del proyecto denominado CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR UBICADO EN LA VEREDA CANOAS SOBRE LA QUEBRADA LA BOBA, de conformidad con lo establecido en la ley 70 de 1979, y decreto reglamentario 690 de 1981.

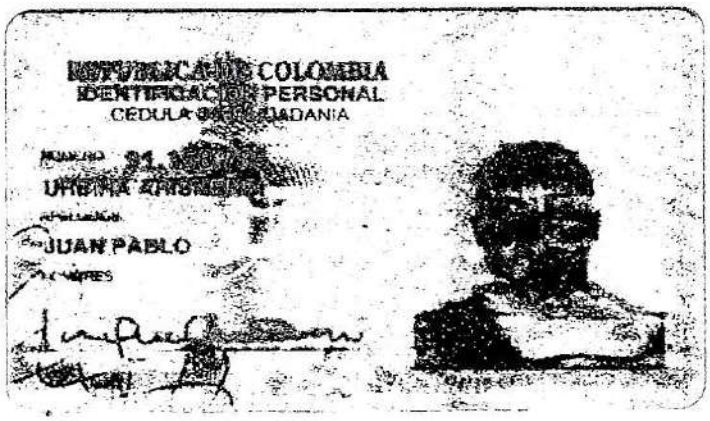
En consecuencia, asumo la responsabilidad referente al levantamiento topográfico, y exonero al municipio y a la secretaria de planeación ante terceros, de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa, por cualquier fatal u omisión del presente estudio.

Para fines pertinentes, anexo copia de mi licencia profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de cedula de ciudadanía.

Atentamente,

JUAN PABLO URBINA ARISMENDI
Topógrafo
LP No 01-12859

325


COLOMBIA
PERSONAL
JUAN PABLO


04-MAR-1980
BUCARAMANGA
(SANTANDER)
1.70
O+
M
27-MAR-1998 FLORIDABLANCA
REGISTRADOR NACIONAL

326

República de Colombia

Nombre: JUAN PABLO URBINA ARISMENDI

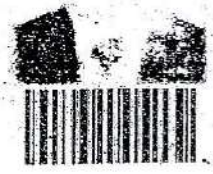
Cédula: 91.158.785

Licencia Profesional No.: **01-12859**

Resolución: 02-2860 - 08/09/2010

* Experiencia o fecha de grado: 30/05/2008

TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA
UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER



Esta tarjeta forma parte integral de la Licencia Profesional
Junto con la Resolucion Motivada y el Certificado de Vigencia

la documentacion integral acredita al titular para ejercer la profesion de TOPOGRAFO en la Republica de Colombia de acuerdo a la Ley 70 de 1979 y el Decreto Reglamentario 690 de 1981

*** La experiencia se contará a partir de la fecha de grado para los efectos de posesión de cargos públicos únicamente.**

CARLOS MARIO LOPERA GIRALDO
PRESIDENTE

ELIANA MARIA AVILA JIMENEZ
DIRECTORA EJECUTIVA

Para cualquier informacion comunicarse con el Consejo Profesional Nacional de Topografia.Email:info@cpnt.org.calle 33 No 7-27 Of 502 Tel 2881490

327

República de Colombia
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA
Ley 70 / 79

CERTIFICADO DE VIGENCIA No: 216253/2021

EL DIRECTOR EJECUTIVO DEL CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA

HACE CONSTAR

Que el(la) Señor(a) **JUAN PABLO URBINA ARISMENDI** , identificado(a) con cédula de ciudadanía **No. 91158785** , se encuentra inscrito(a) en el Registro Único de Topógrafos RUTOPO del CPNT como **TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA** de la Institución de Educación Superior **UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER**, bajo la Licencia Profesional **No. 01-12859** con fecha de expedición del **8 de Septiembre de 2010.**

Que el(la) Señor(a) **JUAN PABLO URBINA ARISMENDI**, tiene vigente su Licencia Profesional No. **01-12859** y a la fecha **NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS** , que lo (la) inhabiliten en el ejercicio de su profesión.

Dada en Bogotá, D.C. a los **8 días del mes de Abril de 2021.**

LUIS ALEJANDRO ZAFRA JARAMILLO
Director Ejecutivo

***Firma del profesional**

*La firma del profesional es requerida para comprobar la anuencia de su participación en procesos contractuales. La falta de la firma del profesional NO invalida el certificado.

Notas 1- El anterior certificado no suple la Licencia Profesional para ejercer un cargo.
2- La validez del documento se puede verificar en la página web www.cpnt.gov.co a través del número de certificado de Vigencia.
3- Este certificado digital tiene plena validez de conformidad con lo establecido en el Art. 2 de la Ley 527 de 1999, decreto 1747 de 2000 y Art. 6 Parágrafo 3 de la Ley 962 de 2005.

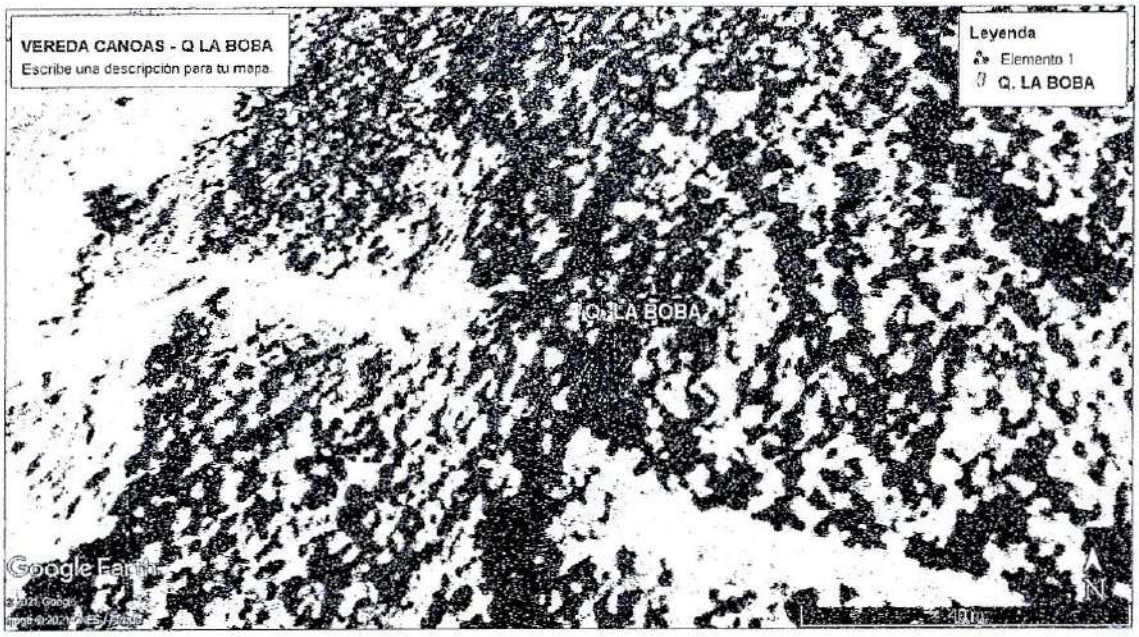
326

	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1

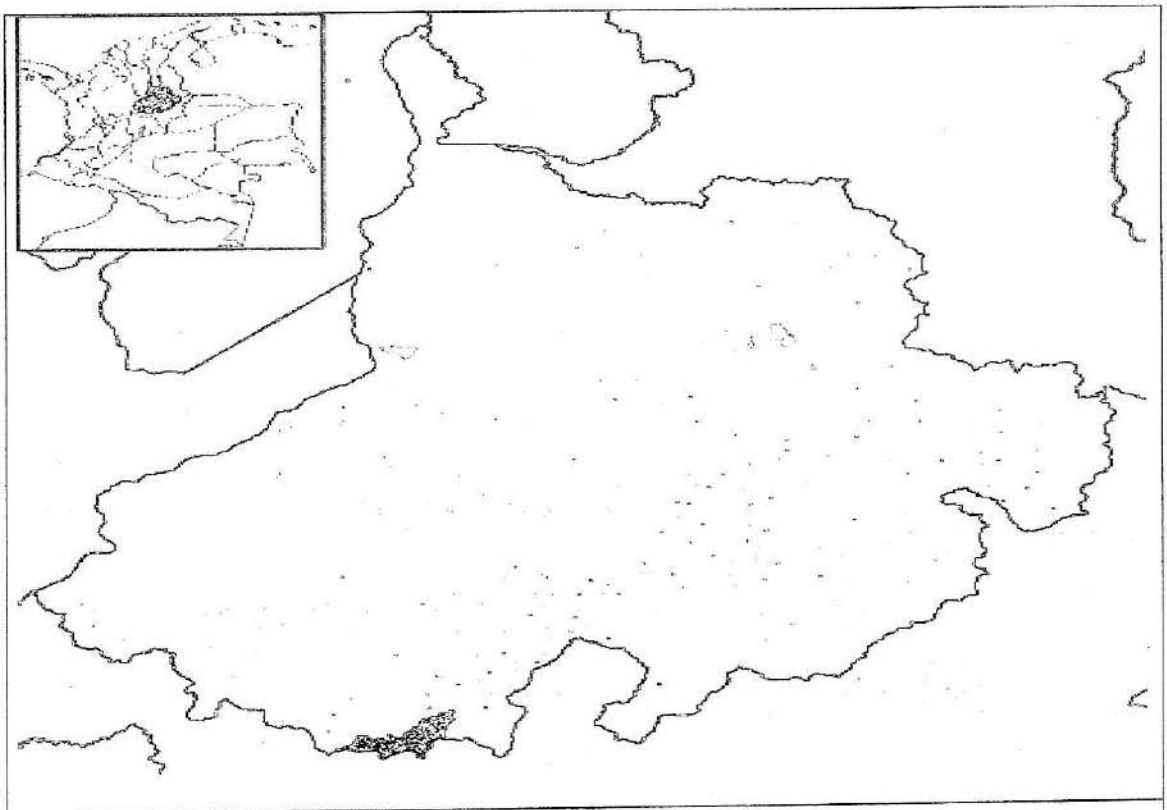
Proyecto		Fecha Elaboración	D	M	A	Fecha Radicación	D	m	A
				05	2021				2021
Objeto	"CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR UBICADO EN LA VEREDA CANOAS SOBRE LA QUEBRADA LA BOBA"								
Tipo	INFORME DE TOPOGRAFIA								
Ubicación	VEREDA CANOAS - QUEBRADA LA BOBA								
Municipio	DE ALBANIA								
Gestor Técnico									
Líder Proyecto	Top. Juan pablo Urbina A tp. 01-12859 CPNT								
Apoyo Topografía									

1. Información General

El presente Informe contiene los resultados de los estudios topográficos, del proyecto en mención, En el municipio de ALBANIAI.



	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1



2. Objetivos

1. Geo-referenciar el levantamiento a coordenadas (Norte, Este, Cota, Descripción)
2. Levantamiento topográfico de detalles .

3. Desarrollo del Levantamiento Topográfico (Esquema de Actividad)

a) **Reconocimiento de campo:** se realizó el levantamiento topográfico inicial del tramo para determinar el desarrollo de actividades en el proyecto.

b) **Trabajos de campo:** Se ejecuto los levantamientos topográficos inicial.
el levantamiento Topográfico se amarro a coordenadas geográficas MANGA SIRGAS -BOGOTA CENTRAL. de los puntos de amarre previamente instalados.

c) **Análisis e interpretación de la información recolectada:** Los trabajos topográficos realizados se ejecutaron por medio de radiación y usando una poligonal abierta, con la Estación Total topcon gts 239 -w que mide ángulos horizontales y verticales tomando el registro en Cartera Electrónica de las respectivas distancias.
Con la información tomada en campo se procedió a la interpretación de los datos a través del Software AutoCAD civil 3d, para continuar con la elaboración de los planos preliminares.

d) **Informe final:** Se proyecta este informe final con la información recolectada en el desarrollo de la labor de campo.

4. Cronograma de Actividades Ejecutadas

330

	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1

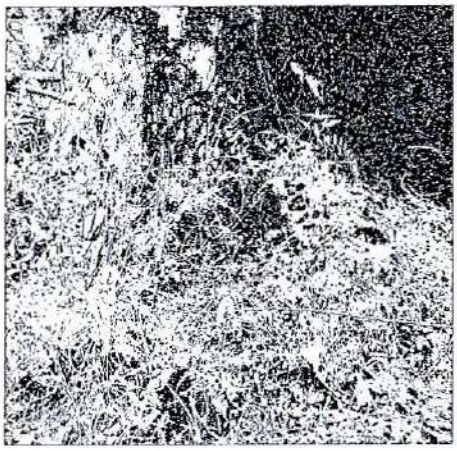
ITEM	DESCRIPCION	MAYO DE 2021											
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12
1	VISITA DE CAMPO	X											
2	LEVANTAMIENTO TOPOGRAF		X										
3	CALCULOS, CARTERAS			X									
4	DIBUJO DE PLANOS				X	X							
4	INFORME FINAL					X							

5. LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS REALIZADOS

El levantamiento topográfico se inicia realizando el amarre planimétrico a los Puntos (DELTA 1) y (DELTA 2); Se da comienzo a la materialización de deltas de la poligonal; se materializo LOS DELTAS y a partir de allí se empezó a materializar los demás deltas que componen este levantamiento topográfico cuya ubicación y coordenadas se pueden apreciar en el planímetro del levantamiento topográfico.
EN EL SITIO SE DEJAN DOS PUNTOS BASE, PARA POSTERIORES REVISIONES y LEVANTAMIENTOS DE LOCALIZACION Y REPLANTEO

PUNTOS DE AMARRE

DELTA 1		DELTA 2	
Coordenada Norte	1129672.369	Coordenada norte	1129661,315
Coordenada Este	1021862,176	Coordenada este	1021866,811
Cota	2210,249msnm	Cota	2210,343msnm





TOMA DE DATOS DE CAMPO

	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1

PROCEDIMIENTO

Se realiza el amarre de coordenadas, con dos 2 puntos referenciados de una red de trabajo que utilizan en el proyecto denominados DELTA 1 y DELTA 2, Se procede a armar el equipo en dl se nivela y se programa el equipo ingresando las coordenadas del delta DELTA 1 y DELTA 2 para dar inicio al levantamiento topográfico, el cual se realizó por el método de radiación desde el DELTA 1 Y en cada punto por radiación y realizando amarre al punto anterior y por poligonal abierta tomando los diferentes detalles existente en el sitio, y formas existentes del relieve.

CONCLUSIONES

1. en el estudio topográfico se logró tomar la información de detalles y formas del relieve del terreno objeto del estudio.
2. la información obtenida en campo servirá para la toma de decisiones en el desarrollo de nuevos proyectos.

EQUIPOS UTILIZADOS

El equipo utilizado en levantamiento altimétrico es el siguiente:

	UNID	CANT	ESTADO
✓ Estación Total, marca TOPCON GTS 239 -W 5"	Unid	1	Ok
✓ Trípode metálico	Unid	3	Ok
✓ Plomadas y cintas reflectivas	Unid	2	Ok
✓ Bastones metálicos	Unid	2	Ok
✓ Cinta métrica de 30.00 mts	Unid	2	Ok
✓ Herramientas menores	Unid	1	Ok
✓ Radios punto a punto	Unid	2	Ok
✓ GPS MOBIL MAPPER PRO SUBMETRICO	Unid	1	OK

6. Formatos – Documentos Anexos

1.Certificación expedida por el topógrafo encargado donde conste que realizó el levantamiento, Y ESTUDIOS y demás documentos que se presentan, firmada con cédula y matrícula (MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD)

2. Copia cédula de ciudadanía del Topógrafo
3.Copia Matrícula Profesional
4. Certificado de calibración de equipo topográfico estación total

7. Observaciones Adicionales

8. Firmas Responsables

Nombre Topógrafo que entrega	TOP. JUAN PABLO URBINA A.	Firma	91158485 f/ca.
Fecha	MAYO DE 2021		
Revisó y Aprobó	MARIA CAMILA RODRIGUEZ PIRABAN	Firma	

352

	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1

CARTERA DE COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO PUENTE SOBRE QUEBRADA LA BOBA
MUNICIPIO DE ALBANIA -SANTANDER
OBJETO: CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR UBICADO EN LA VEREDA CANOAS SOBRE LA QUEBRADA LA BOBA

TOP. JUAN PABLO URNINA A
TP. 01.12859 CPNT
FECHA: 13 MAYO 2021

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	OBSERV
D2	1021866.811	1129661.315	2210.343	D
1	1021861.900	1129664.424	2205.880	MU-B
2	1021859.927	1129664.741	2205.239	MU-B
3	1021859.883	1129665.867	2205.284	MU-B
4	1021860.465	1129667.307	2205.703	MU-B
5	1021863.098	1129667.696	2205.960	Q
6	1021862.648	1129665.024	2206.150	Q
7	1021862.741	1129663.747	2205.903	Q
8	1021862.880	1129662.482	2207.593	PN
9	1021862.832	1129662.413	2207.579	PN
10	1021861.379	1129662.716	2208.205	PN
11	1021861.320	1129663.872	2208.149	PN
12	1021859.909	1129664.819	2208.651	PN
13	1021859.265	1129662.670	2208.577	PN
14	1021857.782	1129664.574	2208.841	PN
15	1021859.409	1129666.402	2208.667	PN
16	1021856.901	1129666.329	2208.822	PN
17	1021856.390	1129667.498	2208.948	PN
18	1021854.874	1129667.784	2209.016	PN
19	1021853.364	1129669.497	2208.568	PN
20	1021850.691	1129668.409	2207.186	PN
21	1021859.411	1129669.056	2208.786	PN
22	1021860.404	1129670.248	2208.681	PN
23	1021862.401	1129671.323	2210.101	PN
24	1021860.121	1129673.538	2209.731	PN
25	1021859.956	1129675.623	2209.835	PN
26	1021856.832	1129678.463	2210.155	PN
27	1021852.952	1129681.502	2210.621	PN
28	1021853.433	1129682.887	2210.674	V
29	1021854.299	1129684.113	2210.638	V

30	1021855.372	1129685.862	2210.502	V
31	1021856.603	1129688.224	2210.871	PN
32	1021857.826	1129690.514	2211.409	PN
33	1021858.649	1129686.342	2210.936	PN
34	1021858.451	1129684.537	2210.284	V
35	1021858.904	1129682.140	2210.360	V
36	1021859.192	1129679.528	2210.281	V
37	1021860.250	1129677.416	2210.009	PN
38	1021862.558	1129675.030	2209.978	PN
39	1021863.510	1129676.816	2210.153	V
40	1021864.497	1129678.504	2210.253	V
41	1021865.431	1129680.215	2210.231	V
42	1021866.307	1129682.057	2210.145	PN
43	1021867.313	1129683.346	2210.552	PN
44	1021863.640	1129674.256	2210.217	PN
45	1021865.264	1129675.637	2210.139	V
46	1021866.849	1129676.972	2210.238	V
47	1021868.253	1129678.260	2210.199	V
48	1021869.323	1129679.315	2209.942	PN
49	1021870.067	1129680.487	2210.015	PN
50	1021863.945	1129672.356	2210.370	PN
51	1021866.061	1129672.665	2210.695	PN
52	1021867.595	1129672.815	2210.098	V
53	1021869.957	1129673.027	2210.198	V
54	1021871.979	1129673.309	2210.193	V
55	1021874.295	1129673.349	2210.425	V
56	1021867.215	1129671.072	2209.849	PN
57	1021868.461	1129670.847	2209.991	V
58	1021870.880	1129670.576	2210.149	V
59	1021873.082	1129670.000	2210.119	V
60	1021875.110	1129669.080	2210.166	PN
61	1021876.231	1129668.320	2209.858	PN
62	1021867.326	1129668.089	2207.941	Q
63	1021868.061	1129667.915	2209.669	V
64	1021869.419	1129667.773	2210.127	V
65	1021871.278	1129667.011	2210.064	V
66	1021873.520	1129666.351	2210.047	V
67	1021874.433	1129663.937	2209.750	V
68	1021874.962	1129663.532	2207.932	Q

69	1021875.924	1129664.909	2208.338	Q
70	1021874.209	1129660.690	2209.399	PN
71	1021876.850	1129658.058	2208.895	Q
72	1021879.898	1129655.544	2209.291	Q
73	1021880.972	1129656.603	2209.224	Q
74	1021880.594	1129659.125	2209.299	PN
75	1021882.914	1129657.040	2210.142	PN
76	1021883.798	1129654.424	2209.913	Q
77	1021882.196	1129653.782	2209.794	Q
78	1021881.457	1129652.756	2211.151	PN
79	1021880.389	1129651.776	2210.762	PN
80	1021876.130	1129656.310	2210.791	PN
81	1021874.596	1129658.070	2210.315	PN
82	1021873.071	1129659.472	2210.002	V
83	1021871.940	1129660.462	2210.069	V
84	1021870.524	1129661.425	2210.085	V
85	1021868.909	1129663.026	2210.090	V
86	1021867.543	1129663.481	2206.880	Q
D1	1021862.176	1129672.369	2210.249	D
87	1021862.817	1129671.842	2210.240	PU
88	1021866.516	1129672.023	2211.020	PU
89	1021863.261	1129661.741	2209.598	PU
90	1021867.909	1129662.050	2209.976	PU
91	1021863.718	1129660.789	2209.618	PN
92	1021864.949	1129660.266	2209.699	PN
93	1021864.578	1129658.454	2209.753	PN
94	1021864.253	1129656.421	2209.431	PN
95	1021863.386	1129654.949	2208.921	PN
96	1021864.944	1129655.906	2209.828	PN
97	1021862.301	1129654.865	2208.068	PN
98	1021863.867	1129653.056	2209.866	PN
99	1021861.351	1129653.466	2207.387	PN
100	1021862.158	1129650.283	2209.741	PN
101	1021860.633	1129651.675	2207.382	PN
102	1021858.174	1129649.140	2206.519	PN
103	1021859.443	1129645.968	2209.863	PN
104	1021856.193	1129644.733	2209.151	PN
105	1021857.813	1129641.989	2210.101	PN
106	1021860.112	1129640.267	2209.869	PN

33

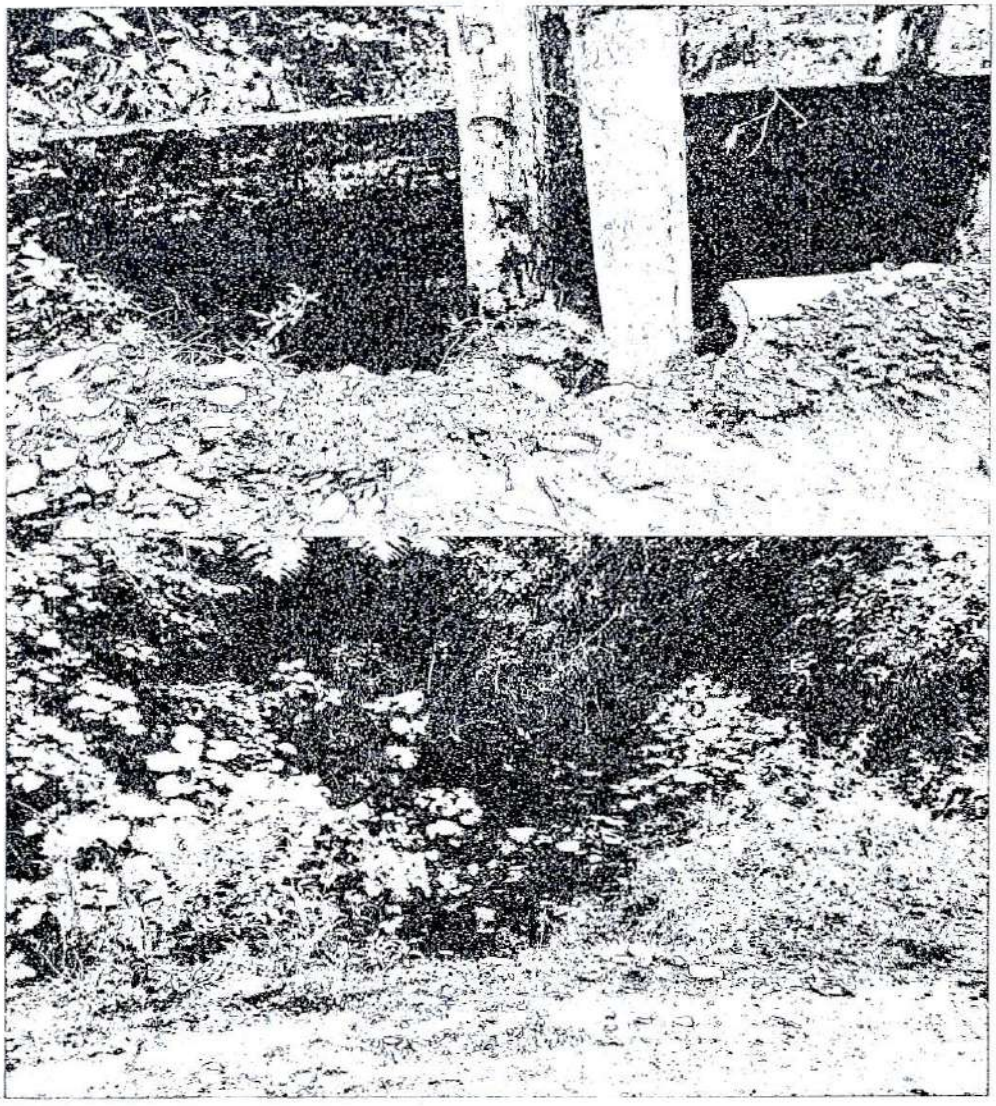
107	1021855.169	1129641.631	2209.535	PN
108	1021857.285	1129638.434	2210.152	PN
109	1021859.099	1129637.568	2210.033	PN
110	1021853.729	1129636.906	2209.953	PN
111	1021855.990	1129635.084	2210.443	PN
112	1021858.120	1129633.146	2210.522	PN
113	1021853.171	1129631.401	2210.339	PN
114	1021855.476	1129630.633	2210.837	PN
115	1021857.251	1129630.180	2210.743	PN
116	1021859.415	1129629.447	2210.724	PN
117	1021861.610	1129629.478	2210.419	PN
118	1021865.454	1129628.037	2212.498	PN
119	1021866.777	1129630.847	2212.602	CE
120	1021867.095	1129632.956	2212.199	CE
121	1021867.444	1129635.075	2211.858	CE
122	1021867.575	1129636.859	2211.512	CE
123	1021860.752	1129632.382	2210.428	V
124	1021862.781	1129632.373	2210.036	V
125	1021863.845	1129631.883	2210.457	PN
126	1021861.207	1129634.743	2210.266	V
127	1021863.165	1129634.415	2210.013	V
128	1021864.787	1129634.067	2210.067	PN
129	1021862.254	1129637.723	2210.052	V
130	1021864.037	1129637.362	2209.880	V
131	1021865.632	1129637.022	2209.833	PN
132	1021863.751	1129642.718	2209.904	V
133	1021865.516	1129642.193	2209.777	V
134	1021868.918	1129641.760	2210.861	PN
135	1021864.860	1129645.936	2209.891	V
136	1021867.119	1129645.871	2209.669	V
137	1021868.072	1129645.354	2209.824	V
138	1021863.841	1129650.417	2209.898	V
139	1021866.005	1129649.990	2209.914	V
140	1021867.981	1129649.455	2209.788	V
141	1021869.554	1129649.263	2209.631	PN
142	1021865.056	1129652.640	2209.959	PN
143	1021866.791	1129651.775	2209.928	PN
144	1021868.558	1129651.184	2209.846	PN
145	1021869.015	1129650.395	2210.376	ALC

336

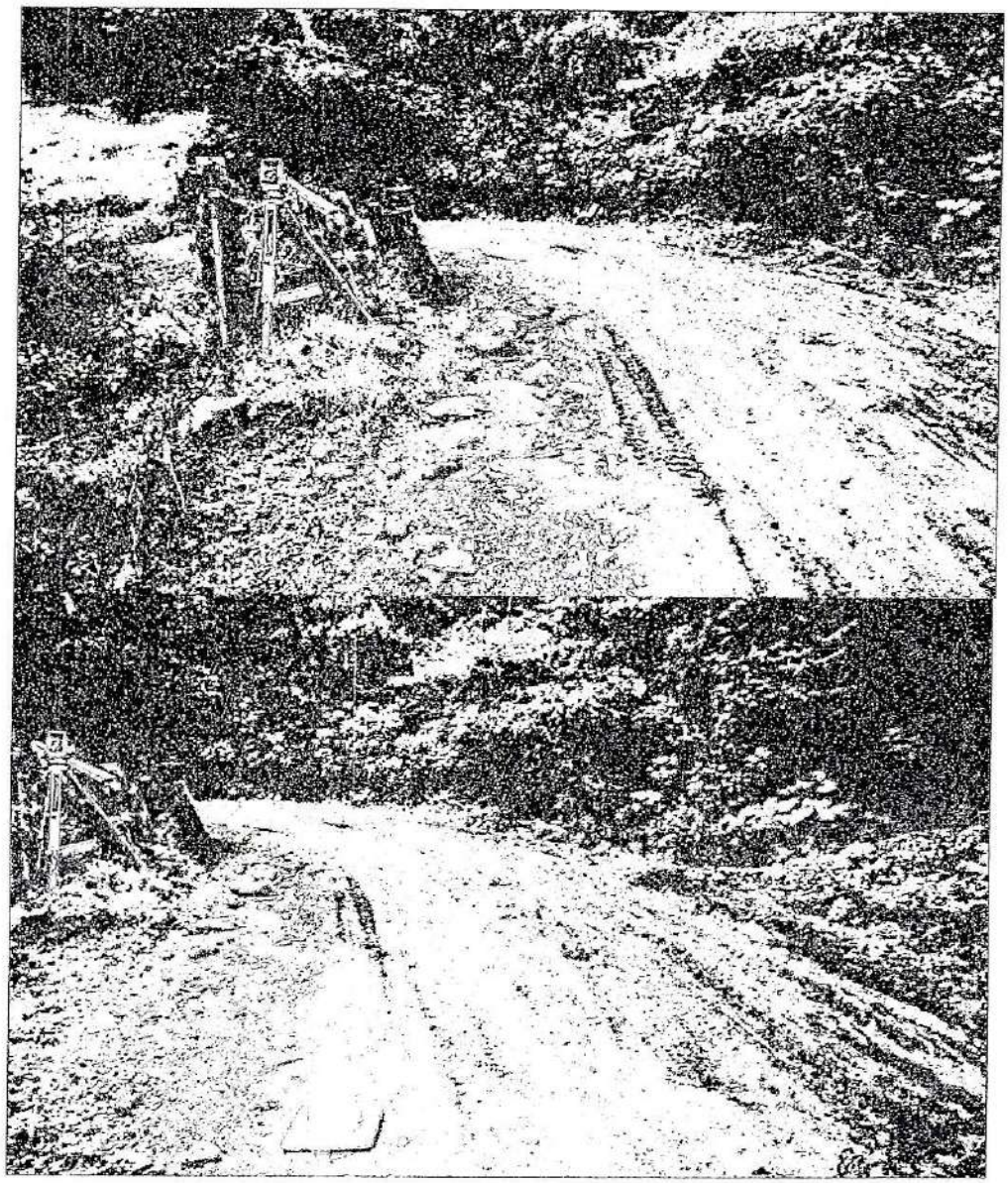
146	1021869.238	1129650.360	2210.364	ALC
147	1021869.194	1129651.927	2210.386	ALC
148	1021869.377	1129651.963	2210.367	ALC
149	1021869.476	1129651.032	2208.213	ALC-F
150	1021866.855	1129656.600	2210.038	V
151	1021868.548	1129655.740	2209.991	V
152	1021870.191	1129655.154	2209.966	V
153	1021871.725	1129654.537	2209.990	PN
154	1021873.123	1129653.868	2210.186	PN
155	1021868.291	1129660.913	2209.949	V
156	1021870.342	1129659.894	2210.081	V
157	1021871.688	1129659.238	2210.064	V
158	1021873.461	1129658.234	2210.144	V
159	1021874.616	1129656.456	2210.214	V
160	1021872.573	1129659.373	2210.017	SUE
161	1021864.938	1129675.455	2210.137	SUE
162	1021862.314	1129647.165	2209.762	SUE
163	1021855.204	1129633.455	2210.750	RF2
164	1021861.948	1129647.546	2209.920	RF1
165	1021912,52	1129634,16	2235,96	PN
166	1021922,32	1129639,99	2235,84	PN
167	1021917,23	1129635,57	2234,01	Q
168	1021915,95	1129635,14	2234,33	Q
169	1021910,48	1129644,14	2228,84	PN
170	1021913,18	1129649,49	2227,9	Q
171	1021914,48	1129651,12	2228,03	Q
172	1021919,59	1129653,31	2228,5	PN
173	1021911,77	1129658,02	2223,88	PN
174	1021908,33	1129653,46	2222,54	Q
175	1021907,83	1129651,75	2222,5	Q
176	1021905,74	1129648,18	2223,42	PN
177	1021897,09	1129648,15	2217,71	PN
178	1021898	1129651,47	2216,79	Q
179	1021898,5	1129653,08	2216,79	Q
180	1021900,94	1129659,91	2217,61	PN
181	1021893,55	1129656,73	2213,63	Q
182	1021893,04	1129654,78	2213,71	Q
183	1021893,06	1129649,57	2214,94	PN
184	1021892,13	1129659,86	2215,16	PN

185	1021884,58	1129649,21	2211,83	PN
186	1021885,13	1129652,29	2210,42	Q
187	1021885,7	1129654,05	2210,51	Q
188	1021886,6	1129657,6	2211,9	PN
D3	1021884,54	1129650,84	2210,79	D3
189	1021851,46	1129659,93	2207,66	PN
190	1021846,16	1129660,75	2203,81	Q
191	1021846,05	1129665,25	2203,96	Q
192	1021845,85	1129666,8	2206,81	PN
193	1021840,17	1129665,29	2204,63	PN
194	1021842,46	1129653,71	2205,23	PN
195	1021832,25	1129660,34	2199,36	Q
196	1021834,68	1129655,73	2199,47	Q
197	1021836,15	1129645,01	2196,86	PN
198	1021825,58	1129658,73	2196,57	PN
199	1021826,05	1129655,79	2194,23	Q
200	1021829,58	1129652,18	2194,36	Q
201	1021818,88	1129644,24	2192,71	PN
202	1021827,01	1129633,43	2193,95	PN
203	1021823,01	1129637,26	2191,18	Q
204	1021819,05	1129639,54	2191,33	Q
205	1021816,02	1129631,59	2189,66	Q
206	1021813,11	1129634,8	2189,74	Q
207	1021811,17	1129635,15	2192,17	PN
208	1021819,02	1129629,86	2191,99	PN
209	1021811,54	1129629,95	2186,23	Q
210	1021813,74	1129627,08	2186,4	Q
211	1021809,39	1129634,94	2188,9	PN
212	1021816,95	1129623,68	2188,99	PN
213	1021806,39	1129629,48	2183,64	Q
214	1021806,4	1129627,13	2183,8	Q
215	1021805,83	1129624,13	2186,62	PN
216	1021806,28	1129634,66	2186,9	PN
217	1021798,99	1129635,12	2185,1	PN
218	1021798,91	1129625,1	2184,92	PN
219	1021797,32	1129628,88	2181,96	Q
220	1021796,46	1129631,69	2181,78	Q

REGISTRO FOTOGRAFICO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



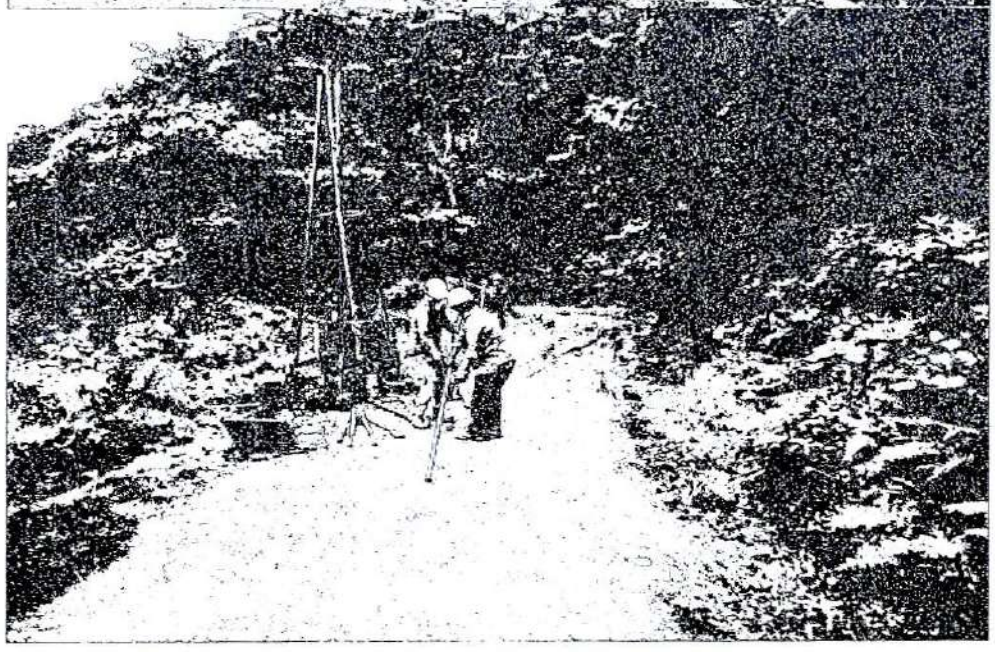
339



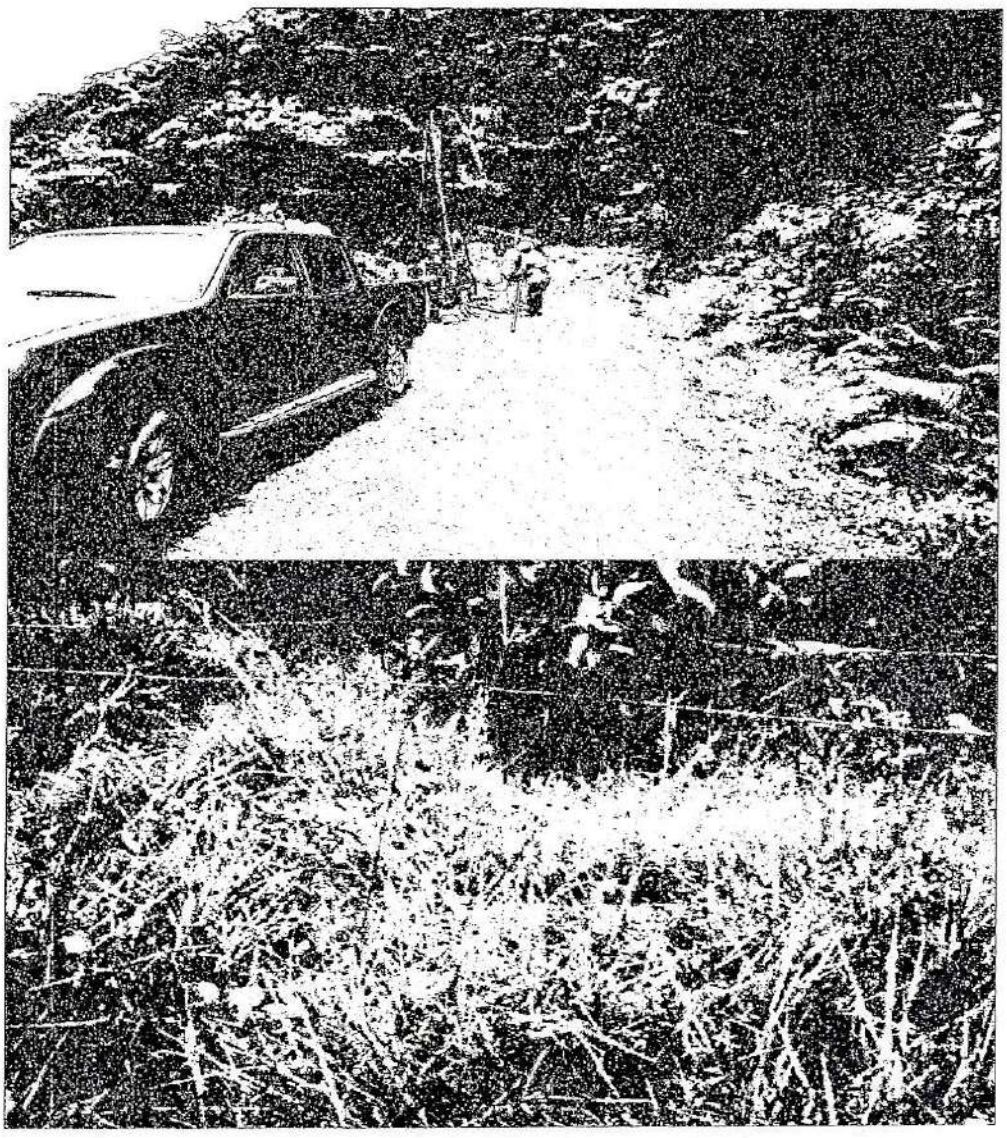
340

	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1



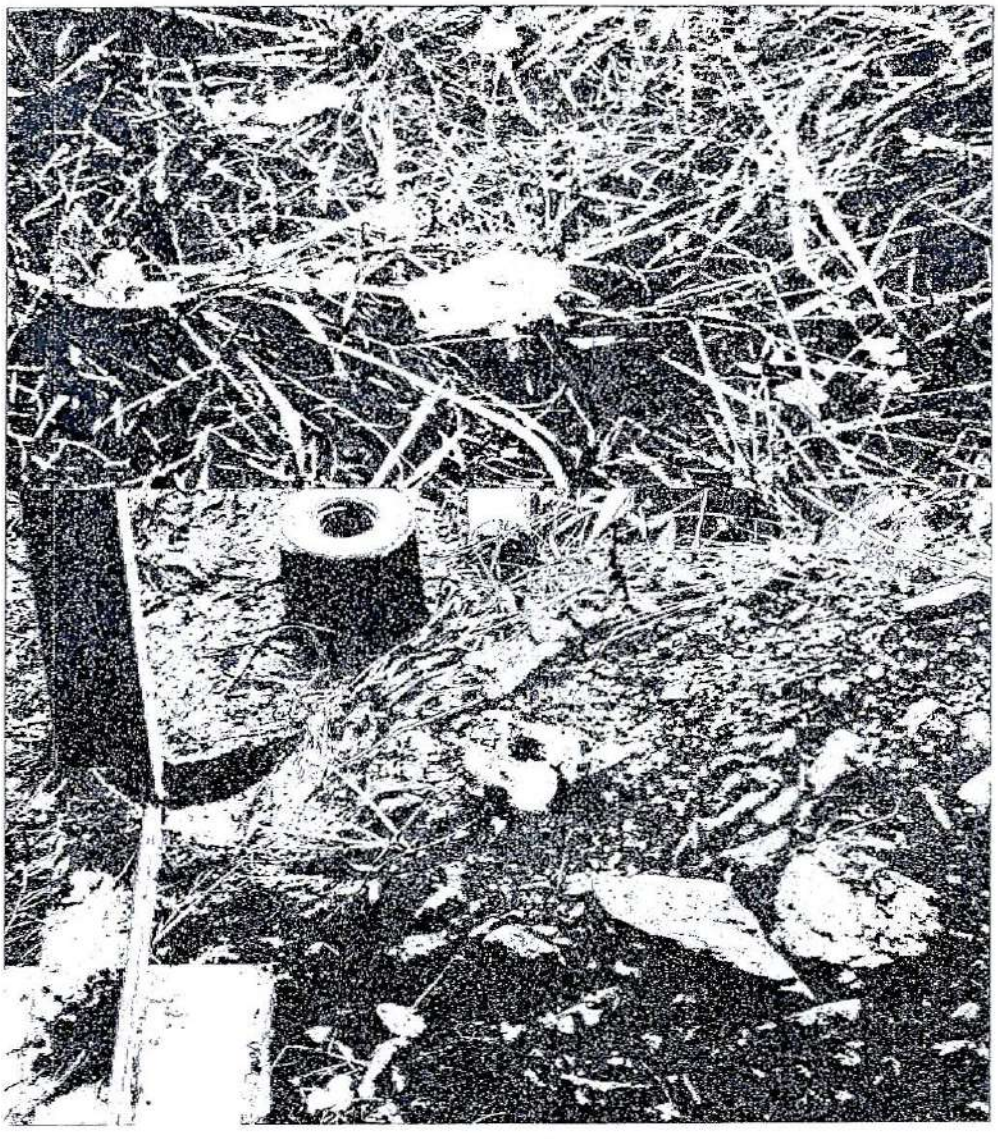


341

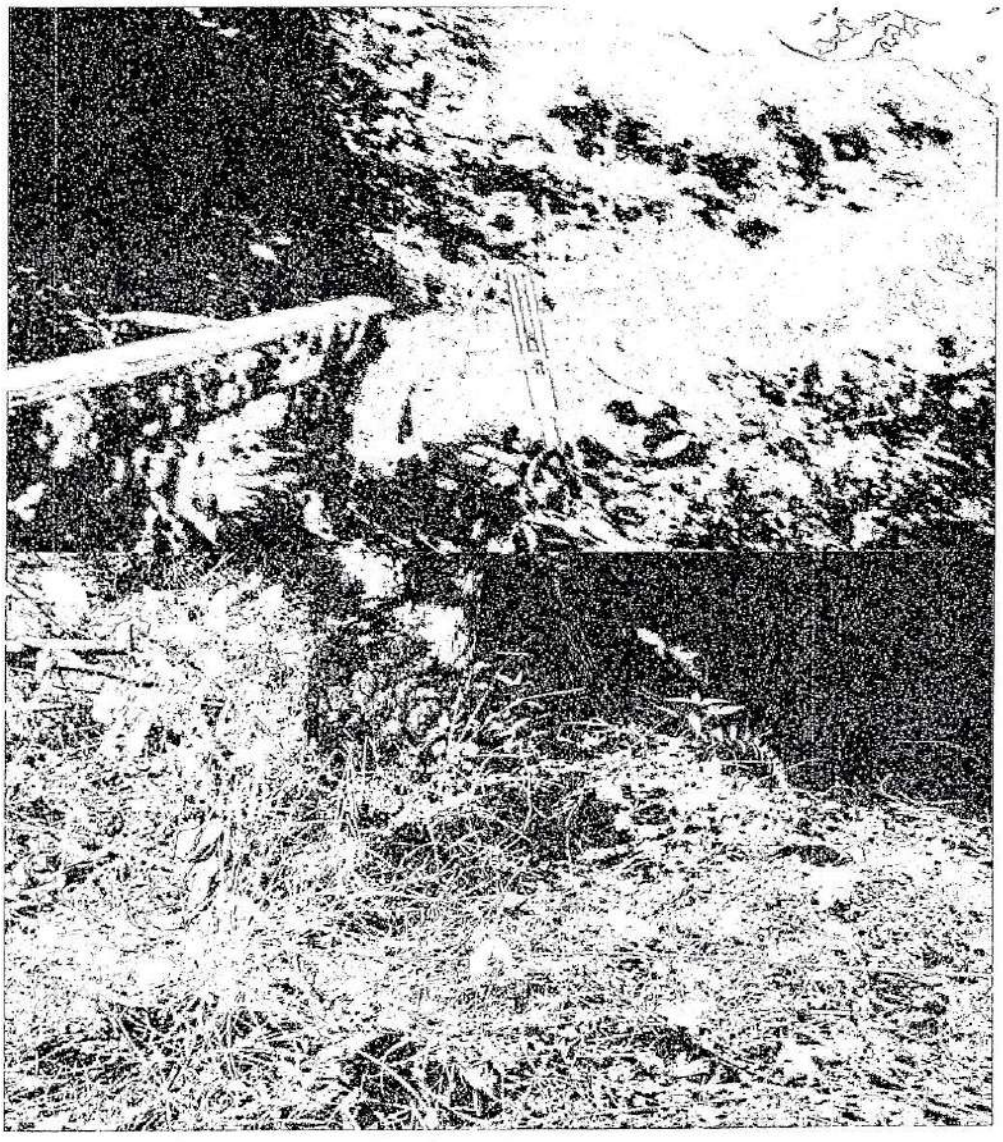


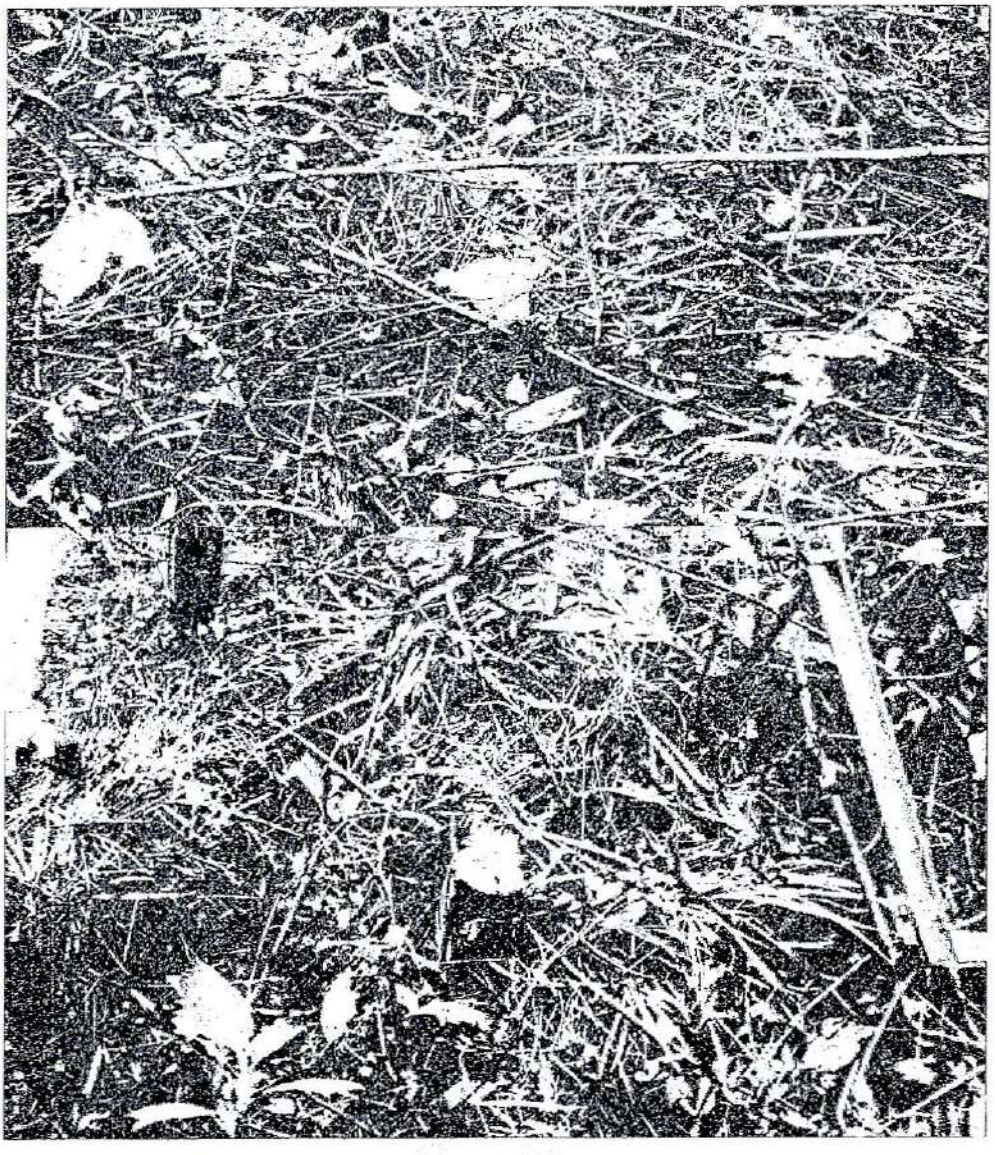
342

	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1



	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1

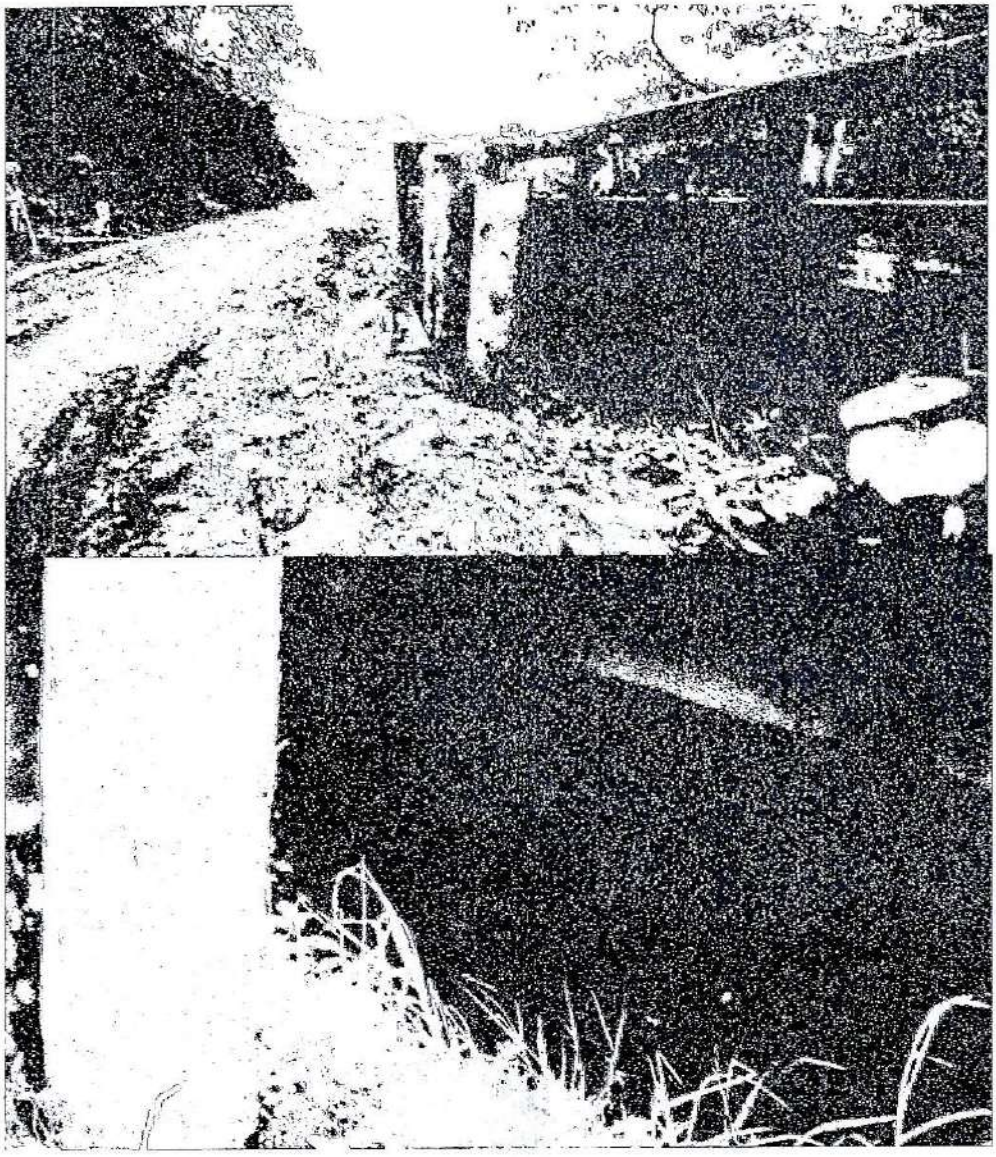




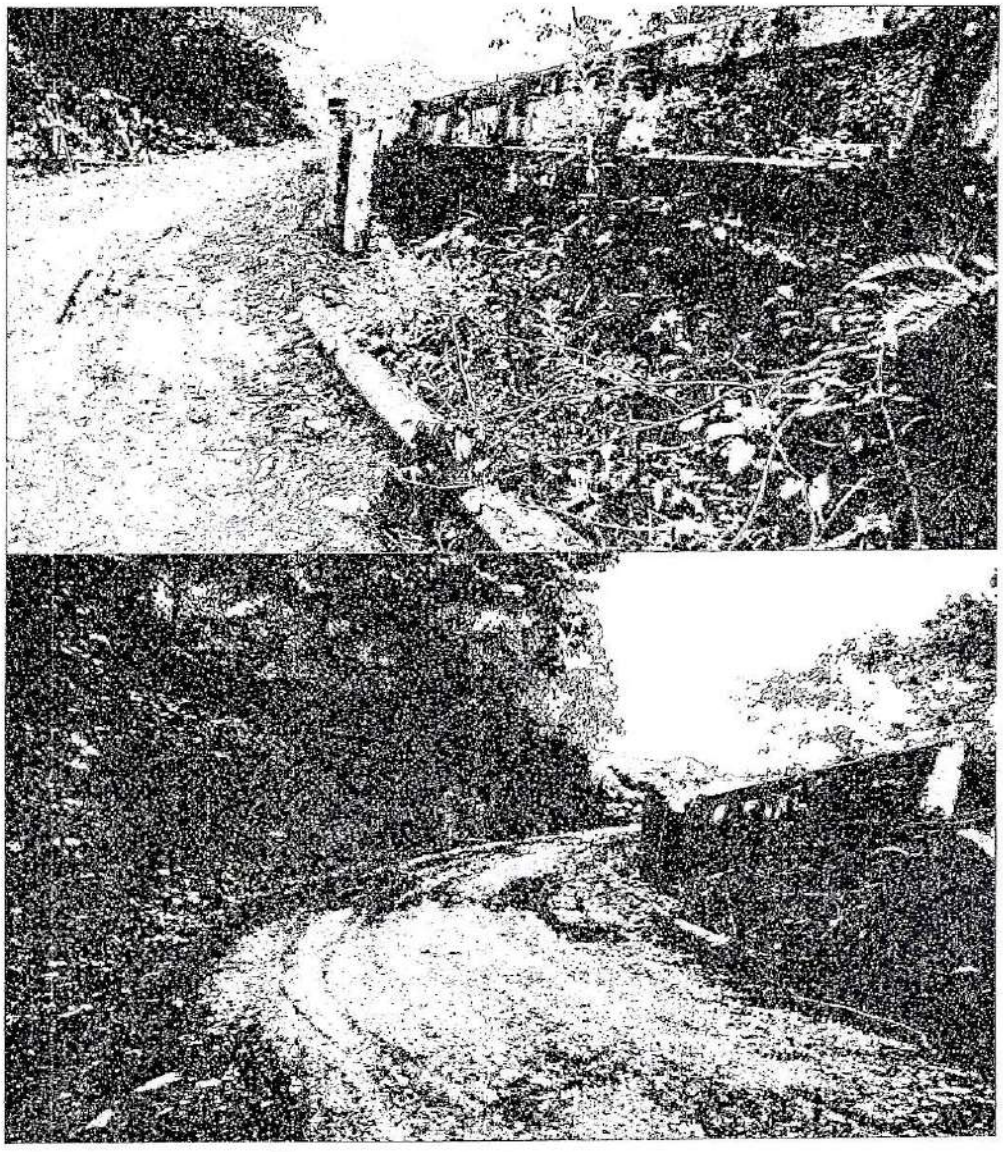
	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1

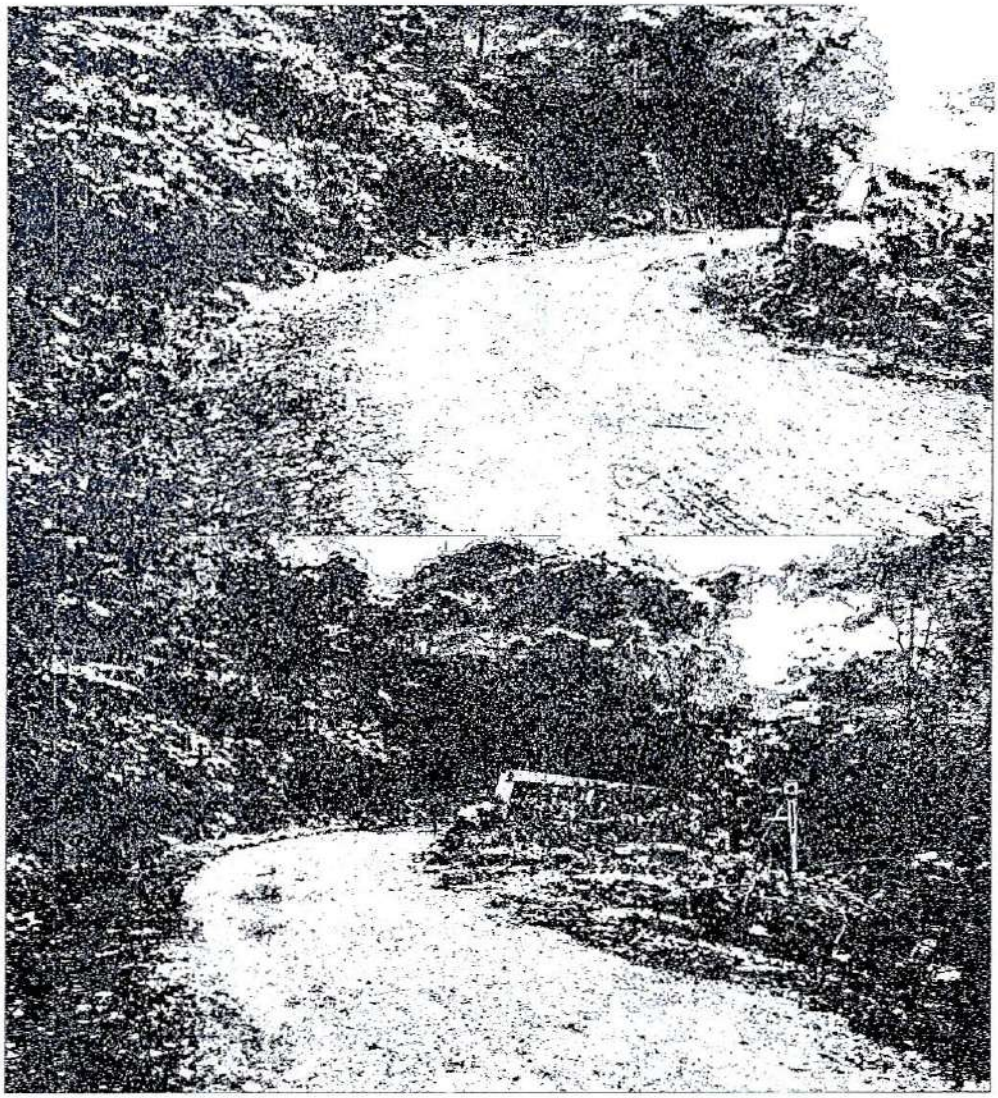


	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1



347

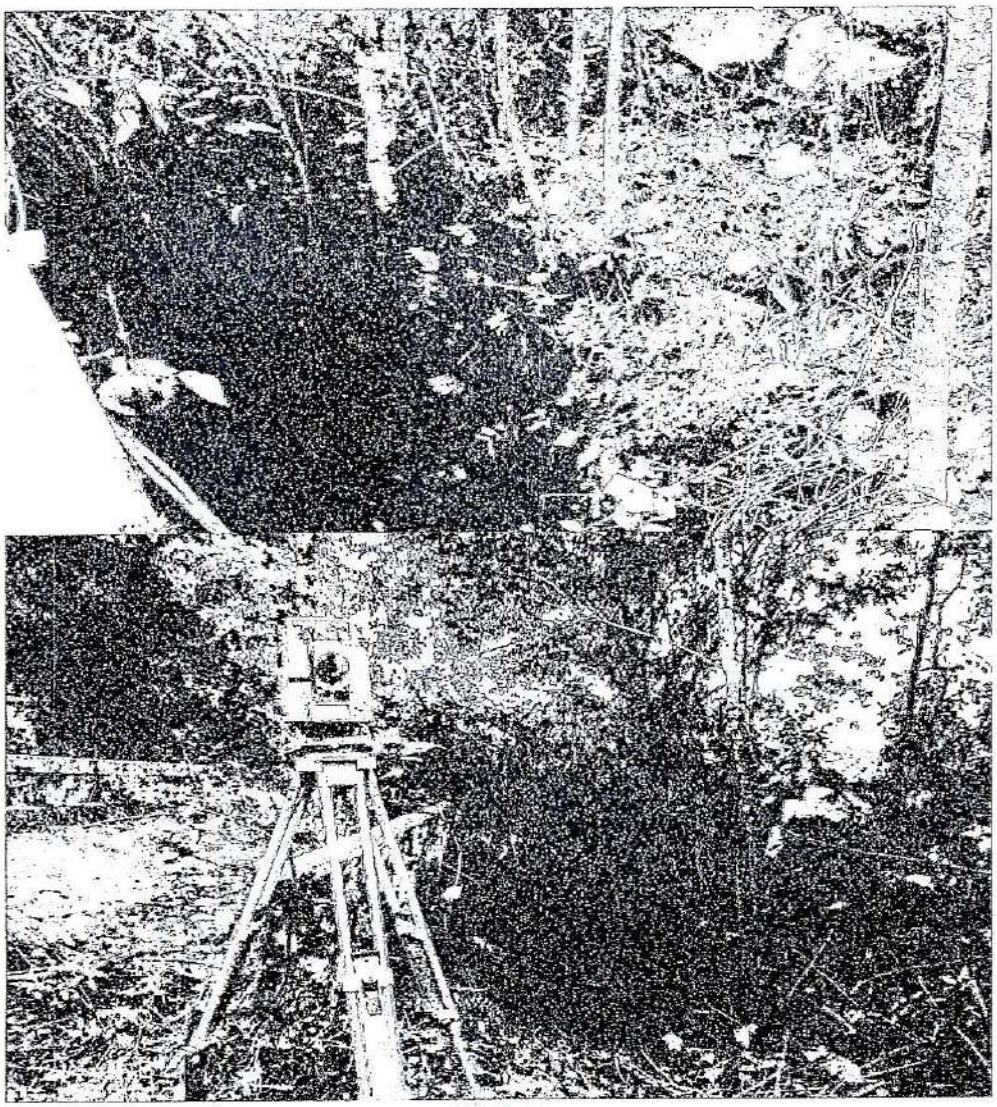




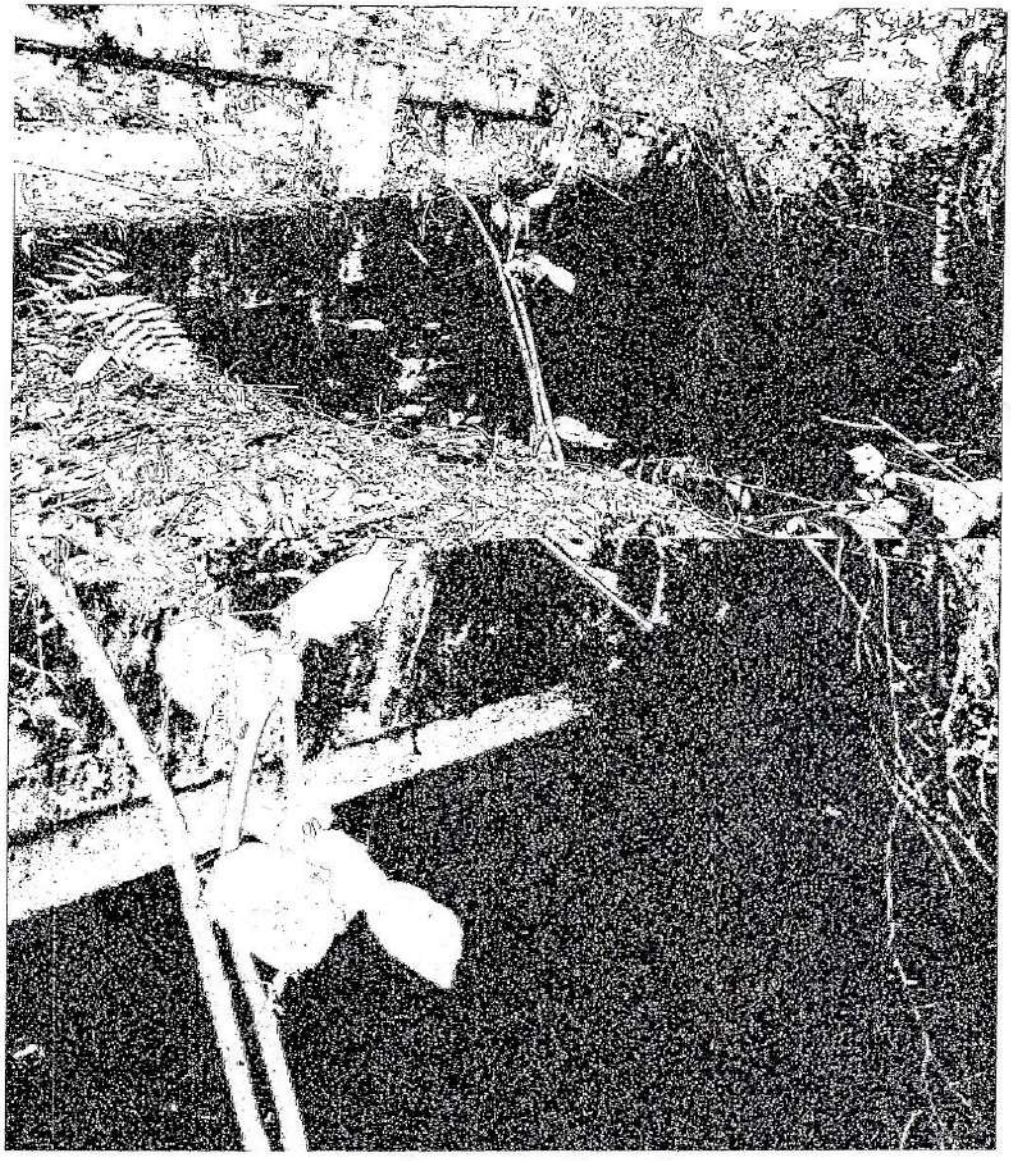
349



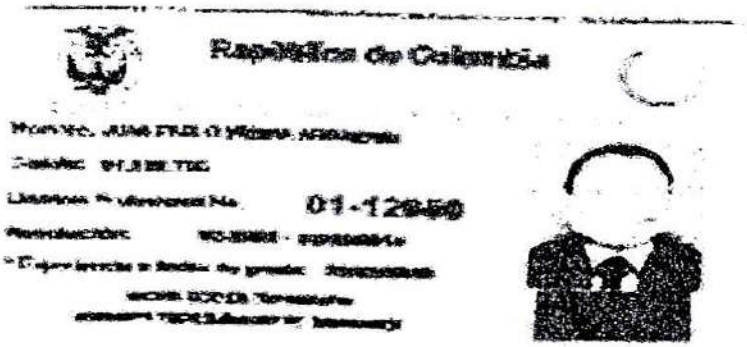
	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1

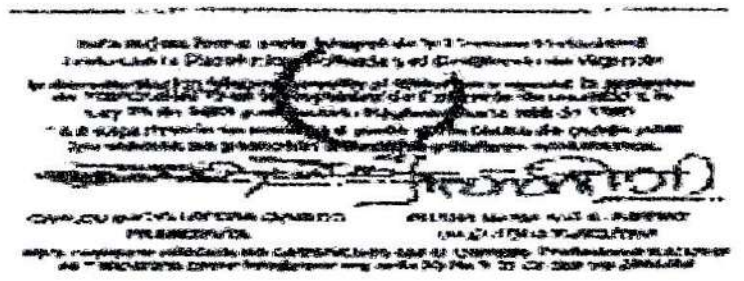


351



	MUNICIPIO DE ALBANIA DEPARTAMENTO DE SANTANDER	CONSOLTEC GROUP
	INFORME DE TOPOGRÁFIA	VERSIÓN 1





Instrumentos de Ingeniería GGP S.A.S.

NIT. 901 346 434-7

Instrumentos de Ingeniería GGP S.A.S. NIT. 901.346.434-7

Santander Bucaramanga 8 de marzo del 2021
Señor (es)
GRUPO DE CONSULTORIA Y SOLUCIONES TECNICAS S.A.S
NIT: 900311856-7
Ciudad

CERTIFICACIÓN DE PATRONAMIENTO Y CALIBRACIÓN No. GG 6187

Descripción del Instrumento (Equipo, Marca, Referencia, Número serial, Precisión):
ESTACIÓN TOTAL Marca TOPCON REFERENCIA GTS-239W serial # 294009
** Precisión angular 9" seg.*

1.1 Lentes frontales del telescopio	** Buen estado.*
1.2 Lentes del ocular de lecturas	** Buen estado.*
1.3 Retículo de lectura	** Alineado y centrado.*
1.4 Lentes y sistema de plomada óptica	** Buen estado y centrado.*
1.5 Círculos Horizontal y Vertical	** Buen estado.*
1.6 Perpendicularidad de ejes	** Estable.*
1.7 Sistema completo de enfoque	** Buen funcionamiento.*
1.8 Frenos y movimientos lentos	** Estables.*
1.9 Niveles tubulares y ojo de pollo	** Centrados y corregidos.*
1.10 1.10 Colimación de ángulos V y H:	

****Lectura Vertical: 90°0'0" opuesto*** ****Lectura Horizontal : 0° 00'00" opuesto***

269°59'29" *180°00'22B"*
Error promedio 31" seg. *Error promedio 23"seg.*

Calibrado : 90° 00'00" opuesto 270°00'00" *Calibrado : 0° 00'00" opuesto 180° 00'00"*

2 ***Inspección del Sistema Electrónico y EDM:***
(Distanció metro, linea base 85 m y 375 m)

2.1 Compensadores de nivelación	** Calibrados.*
2.2 Haz de medida	** Alineado.*
2.3 Control de distancias	** Medidas controladas y estables.*
2.4 Display, teclados y visualización	** Buen estado de funcionamiento.*
2.5 Puerto de salida datos RS 232	** Buen funcionamiento-.*
2.6 Trasferencia de datos	** Buen funcionamiento-.*
2.7 Instrumentos de apoyo	** Baterías – normal rendimiento.*
2.8 Constantes del instrumento (PSM / T / PPM)	** Estables.*
2.9 Censores de lectura en los circulos	** Funcionamiento estable.*

Instrumentos de Ingeniería GGP S.A.S. NIT. 901.346.434-7

Instrumentos de Ingeniería
GGP S.A.S.
NIT. 901 346 434-7

Instrumentos de Ingeniería GGP S.A.S. NIT. 901.346.434-7

INSTRUMENTOS DE INGENIERIA GGP SAS con nit. 901.346.434-7, Quien es exclusivo para COLOMBIA de STONEX es CERTIFICADO por fábrica como técnico capacitado y apto para reparar y corregir instrumentos topográficos anexamos certificado de cursos en fabrica ITALIA. Así mismo nuestra firma CERTIFICA que el instrumento descrito anteriormente, fue revisado, calibrado y sometido a pruebas técnicas bajo parámetros y características de funcionamiento de los fabricantes. Nota: Los equipos son recibidos para su Revisión, Calibración y Certificación, posteriormente chequeados y corregidos bajo un patrón llamado Colimador marca STONEX, este instrumento nos determina una distancia infinita; posteriormente es revisado en una pista con unas reglas y distancias predeterminados las cuales nos determinan el error promedio, corregido este error, el instrumento es chequeado nuevamente, tanto en el colimador como en la pista, para verificar la veracidad en la corrección y calibración realizada. Expedido a solicitud del interesado a los ocho (8) días del mes de marzo del año Dos Mil Dos Mil Veintiuno (2021) y tiene una vigencia de Seis meses (06) meses a partir de la fecha. Anexamos parámetros de la pista, colimador, respuesta de la SUPERINTENDENCIA a las calibraciones. Cabe anotar que en los manuales se indicen los pasos para calibrar y corregir un equipo.



CAPACITACION ITALIA



ISO GPS en precisión

Favor exigir este documento en original y llamar a nuestros teléfonos para confirmar la autenticidad del mismo.

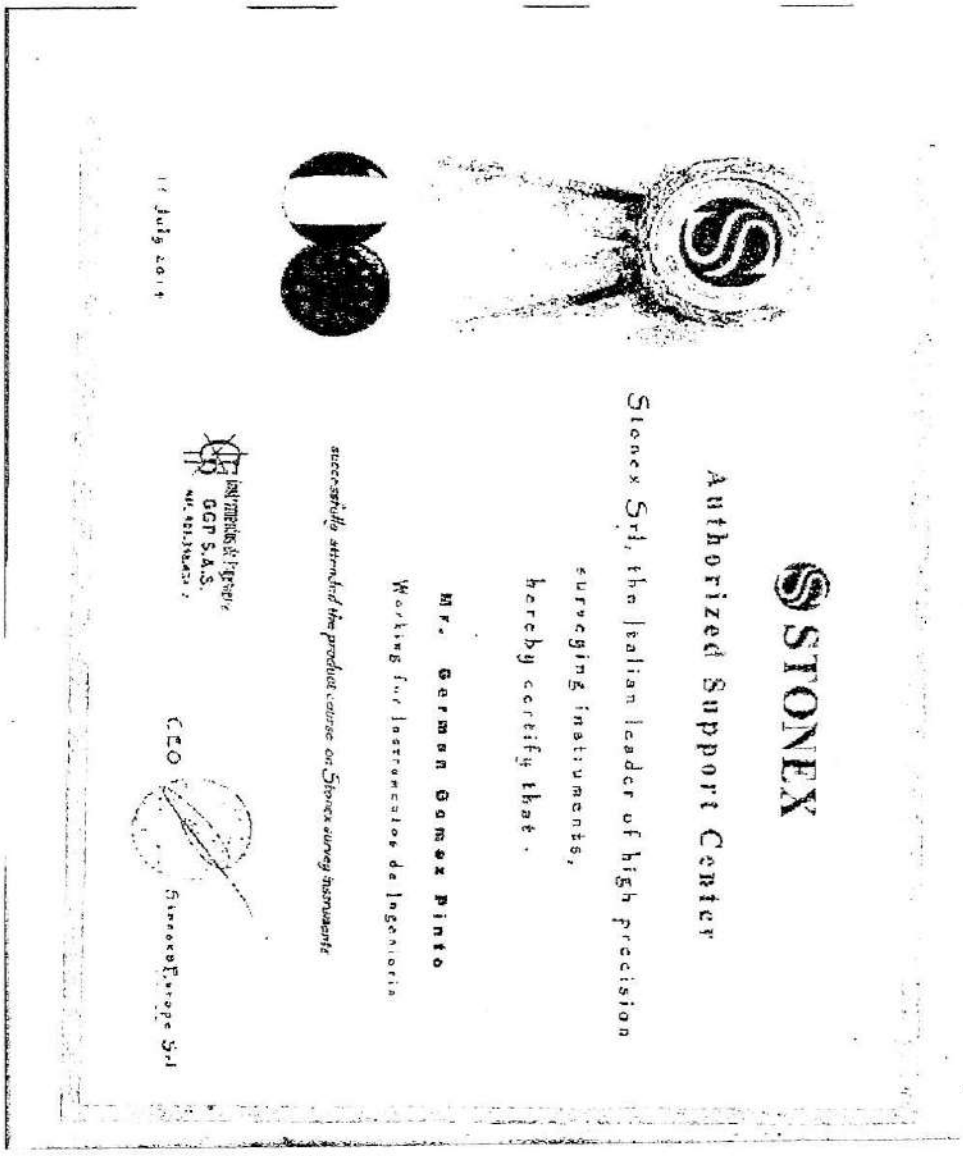
Certificado de ESTACION TOPCON *REFERENCIA GTS-239W serial # 294009GGP 6187*

Cordialmente,

Instrumentos de Ingeniería
GGP S.A.S.
NIT. 901.346.434-7

Bogotá: Calle 19A #71-13 Barrio Normandía Piso: (+57 1) 9218117 (+57) 316 294 4239
Medellín: Calle 48C # 66-47 Piso 1, Cel: +57 318 2863893
Cali: Cra 80A # 9C-05 Of.305, Cel: +57 350 2739753
Bucaramanga: Cra. 30 #103-08 Barrio Provenza, Cel: +57 315 8302271
Barranquilla: Cra. 51B # 84-221 Of. 20 Edf. Saho Barrio San Vicente, Cel: (+57) 320 271 8892
Cúcuta: Av 2 0T 40 Barrio Motilones, Cel: +57 320 5803797
www.instrumentosggp.com E-mail: ggpsas@outlook.es

355



STONEX

Authorized Support Center

Stonex Srl, the Italian leader of high precision surveying instruments,

hereby certify that :

Mr. German Gomez Pinto

Working for Instrumentacion de Ingeniería

successfully attended the product course on Stonex survey instruments

11 July 2019

INSTRUMENTACIÓN DE INGENIERÍA GGP S.A.S.

CEO

Stonex Europe Srl

356

Instrumentos de Ingeniería
GDF S.A.S.



STONEX

Authorized Support Center

Stonex Srl, the italian leader of high precision surveying instruments,

hereby certify that :

Mr. German Gomez Pinto

Working for Instrumentos de Ingeniería

successfully attended the product course on Stonex survey instruments

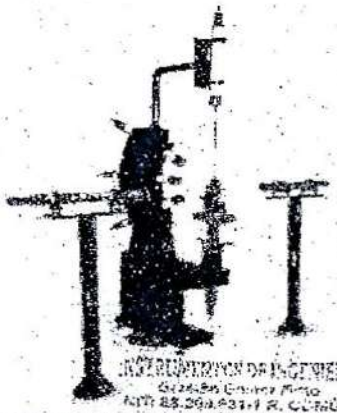
Instrumentos de Ingeniería
GGP S.A.S.
NIT. 901.346.424-7

11 July 2014

CEO Stonex Europe Srl

Collimator STC4/STC1

STONEX



STONEX Collimator

STC 4 and STC 1

Surveying Professionals acquire Optical solutions (instruments) like Total Stations, Theodolites and Automatic Levels to accomplish accuracy requirements required in every project for their clients.

Surveying forms the basis of all projects and it is critically important that the surveying Professionals offer very high standards of accuracy for the precise designing and execution of the project. This inevitably requires a detailed understanding of the instruments and an absolute confidence in the instrumentation deployed on the project site.

With the introduction of sophisticated Surveying Instruments most of the users have a predisposition to assume measurements are free from errors. This assumption is undeniably not true.

Instrument calibration, Collimation, routine inspection of the optical alignment, Horizontal and Vertical axis verification, testing is critically important for achieving the accuracy standards.

Stonex has designed a six tube collimator which can be used to calibrate any typical instrument ranging from Total Stations, Theodolites, Automatic Levels, and Optical Plummets. The collimator offers very high standards of accuracy while calibrating the instruments ensuring and certifying the users with the accuracy requirements expected of the instruments.

Key Features

359

STONEX

Technical features Collimator STC4 - STC1

Instrument details	
STC4	Collimator - Adjust or inspect TS, theodolite and level, 4 tube, style 1
STC1	Collimator - Adjust or inspect TS, theodolite and level, 1 tube, style 1
General technical specification	
Collimator	F=250
Caliber	ϕ56
Relative aperture	1:10
Collimator within the lifting screw	F=500
Caliber	ϕ45
Relative aperture	1:20
Shortest focusing distance	3 m
Longest focusing distance	Infinite
Multiplication constant	100
Additive constant	0
Scale unit of the focus glass	60' (1' reading by estimation)
Weight	25.0 kg
Height	1750mm
Length	1100mm
Width	580mm

Specifications are subject to change without notice.

INSTRUMENTOS DE INGENIERIA

SUELOS PUENTE

361

11. CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10

El presente estudio geotécnico cumple con la Ley 400 del 19 de agosto de 1997 y el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10). El ingeniero Geotecnista da constancia de que conoce el sitio y lo ha visitado para efectos de la elaboración del estudio.



Ing. Edwin Antonio Ortiz Higuera
Esp. Geotecnia Ambiental
Esp. Recurso Hídrico
Esp. Gerencia de Proyectos de Construcción
M.P. 68202096275STD

362

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.
68202-096275 STD
Fecha de Expedición: **23/01/2003**

Nombre:
EDWIN ANTONIO
ORTIZ HIGUERA
Identificación:
C.C. 13510480
Profesión:
INGENIERO CIVIL
Institución:
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER



363.

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 13.510.480
ORTIZ HIGUERA
APELLIDOS
EDWIN ANTONIO
NOMBRES

FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 14-OCT-1976
CHARALA
(SANTANDER)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.68 ESTATURA | O+ G.S. RH | M SEXO

05-ENE-1996 BUCARAMANGA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

A-2718100-00327159-M-0013510480-20110825 0027844226A 1 35305668

354

LA REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL

Y EN SU NOMBRE

LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CONFIERE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

A

EDWIN ANTONIO ORTIZ HIGUERA

C.C. No. 13.510.480 expedida en BUCARAMANGA

Quien cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello le otorga el presente

DIPLOMA

En la ciudad de Bucaramanga, EL 29 DE OCTUBRE de 20 02

Registrado al folio 491 Libro 14 S Diplomas de Grado

Rector

Secretaria General

Personería Jurídica UIS - Resolución No. 35 del 23 de Febrero de 1949 del Ministerio de Justicia

31255

www.ingenieroedwinortiz.com
Esp. Geotecnia - Esp. Recurso Hídrico
Cra 29 N 32-27 Of. 401 Bucaramanga- gerencia@ingenieroedwinortiz.com - 313 462 4919

Universidad Católica de Colombia

Reconocimiento Decreto 1297 de 30 de Mayo de 1979 - Vigilado Mineducación

Considerando que:

Edwin Antonio Ortiz Higuera

C.C. 13810480 Bucaramanga

Aprobó los estudios de posgrado programados por la Universidad y cumplió con los requisitos exigidos por la Ley y los reglamentos, le confiere el título de

Especialista en Recursos Hídricos

En testimonio de lo expuesto se expide el presente diploma, en Bogotá, D.C.

a los 2 días del mes de octubre del año dos mil quince (2015)

El Rector | El Secretario General | El Decano | El Director del Posgrado

Acuerdo del Folio No. 215 28 FC Libro 1 del 2 de octubre de 2015

17446

Cra 29 Nº 32-27 Of. 401 Bucaramanga. gerencia@ingenieroedwinortiz.com Esp. Geotecnia - Esp. Recurso Hídrico 313 462 4919 www.ingenieroedwinortiz.com

EDWIN ORTIZ HIGUERA

365

Cra 29 N° 32-27 Of. 401 Bucaramanga- gerencia@ingenieroedwinortiz.com - 313 462 4919
www.ingenieroedwinortiz.com
Esp. Geotecnia - Esp. Recurso Hídrico

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional y en su nombre

La Universidad de Santander
UDES

Aprobada por el Ministerio de Educación Nacional de conformidad con la Personería Jurídica No. 810 del 12 de marzo de 1996 y la Resolución No. 6216 del 22 de diciembre de 2005

Teniendo en cuenta que:

Edwin Antonio Ortiz Higuera

C.C No. 13.510.480 Expedida en: Bucaramanga

Cursó y aprobó los estudios y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias, le confiere el título de:

Especialista en Geotecnia Ambiental

En constancia de lo anterior se firma y sella este Diploma, en la ciudad de Bucaramanga, el día 11 del mes Octubre del año 2011

Rector | Secretario General | Director del Programa

Registrado en el folio 18049 Libro C - 8 N° de acta 10707 Registro No. 8368

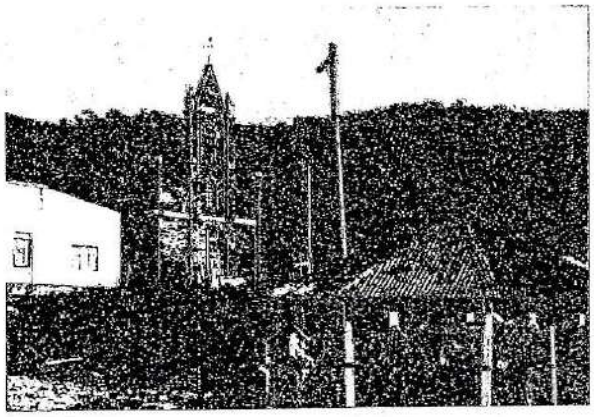


ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE SUELOS

INGESUELOS & CONSTRUCCIONES

367

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR UBICADO EN LA VEREDA CANOAS SOBRE LA QUEBRADA LA BOBA



ING.EDWIN ANTONIO ORTIZ HIGUERA
M.P. 68202096275STD

MARIA CAMILA RODRIGUEZ PIRABAN
Secretaria de Planeación
Aprobó

Mayo 2021

1. CONTENIDO

1. CONTENIDO 1
2. INTRODUCCIÓN 5
3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 5
3.1 ALCANCE DE LOS TRABAJOS 7
3.1.1 ALCANCE GENERAL 7
4. EVALUACIÓN GEOLOGÍA Y GEOMORFOLÓGICA 8
4.1 GEOLOGIA 8
4.1.1 Fase de aprestamiento 8
4.1.2 Fase de reconocimiento y valoración de campo 9
4.1.3 Fase de Descripción geológica 9
4.1.4 Fase de oficina 9
4.2 GEOLOGÍA GENERAL 9
4.2.1. Estratigrafía 9
4.2.2. Formación Paja (Kip) 9
4.3 DEPOSITOS DEL CUATERNARIO 10
4.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL 10
4.5 RIESGOS GEOLOGICOS 10
4.5.1. Descripción 11
4.5.2. Análisis de Riesgo 11
5. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 14
5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 14
5.2 CLASIFICACION DEL PERFIL DEL SUELO 15
6. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO 19
6.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO 23
6.2.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 23
6.3. CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA 35
6.3.1. CRITERIOS UTILIZADOS 35
6.3.2. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 35
6.3.3. RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE FILTRACIONES EN EXCAVACIONES BAJO NIVEL FREÁTICO. 39
6.3.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO. 39
6.4. OBTENCIÓN DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA AL

369

CORTE MEDIANTE ENSAYO DE SPT. 42
6.5. PARAMETROS DE SUELO 42
6.5.1. PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA AL CORTE DE ARENAS Y ARCILLAS SEGÚN TERZAGHI Y PECK, BASADOS EN LOS ENSAYOS DE SPT. 43
OBTENCION DE PARÁMETROS GEOMECANICOS A PARTIR DEL SPT 44
7. ALTERNATIVAS DE CIMENTACION 47
7.1 CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE MEDIANTE METODOLOGÍA ECUACION GENERAL MODIFICADA PARA FALLA GENERAL. 47
7.2. CAPACIDAD PORTANTE 49
7.2.1 CIMENTACIÓN MEDIANTE ESTRIBOS 55
7.3. COEFICIENTE DE PRESION LATERAL 55
8. CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES 56
8.1. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN 56
8.2. MEDIDAS PREVENTIVAS 58
8.3. ALTERACIÓN DEL SUELO EXPANSIVO 58
8.4. ELUSIÓN DE LOS SUELOS EXPANSIVOS 59
8.5. MITIGACIÓN DE TIPO ESTRUCTURAL 59
8.6. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN 60
8.7. EVALUACIÓN DE COLAPSO EN SUELOS 63
PROPIEDADES DEL SUELO SONDEO # 1 63
PROPIEDADES DEL SUELO SONDEO # 1 64
PROPIEDADES DEL SUELO SONDEO # 2 64
PROPIEDADES DEL SUELO SONDEO # 3 65
EVALUACION DE COLAPSABILIDAD SONDEO # 1 65
EVALUACION DE COLAPSABILIDAD SONDEO # 2 66
EVALUACION DE COLAPSABILIDAD SONDEO # 3 66
9. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 67
9.1. GENERALES 67
9.2. PROCEDIMIENTO PARA EXCAVACIONES PROFUNDAS 68
9.3 ZAPATAS AISLADAS 69
9.4 RECOMENDACIONES PARA PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS EXCAVACIONES 70

9.5 MATERIAL SELECCIONADO 71
9.6 MANEJO DE AGUAS 72
9.7 RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN DE EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS 72
9.8 SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE EXCAVACIONES 72
9.9 ALCANCES DEL ESTUDIO Y LIMITACIONES 75
10. RECOPILACION Y ANALISIS DE INFORMACION EXISTENTE 76
11. CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES (CCP-14), ... 77
12. ANEXOS 78
12.1. ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO SONDEO # 1 79
12.2. ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO SONDEO # 2 93
12.3. ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO SONDEO # 3 106
12.4. PESO UNITARIO SONDEO # 1 119
12.5. PESO UNITARIO SONDEO # 2 121
12.6. PESO UNITARIO SONDEO # 3 123

TABLA

Tabla 1. Ecuaciones Empíricas de Correlación N del SPT con la velocidad de onda cortante VS 15
Tabla 2. Clasificación de los perfiles de suelo. 18
Tabla 3. Datos para espectro de diseño. 22
Tabla 4.Cuadro de perforación sondeos 24
Tabla 5. Perfiles Estratigráficos 36
Tabla 6. Ensayo de laboratorio y normas aplicadas 39
Tabla 7. Resumen de ensayos de laboratorio Sondeo 1 40
Tabla 8. Resumen de ensayos de laboratorio Sondeo 2 40
Tabla 9. Resumen de ensayos de laboratorio Sondeo 3 41
Tabla 10. Obtención de Parámetros Geomecánicos Ncorregido 44
Tabla 11. Clasificación de suelos expansivos 56
Tabla 12. Cota recomendada para apoyar el elemento estructural 68

371

FIGURAS

Figura 1 localización a nivel departamental 5
Figura 2 localización a nivel municipal 6
Figura 3 Detalle localización del predio 6
Figura 4 Metodología de trabajo aplicada a estudios geotécnicos 7
Figura 5. Metodología de Trabajo para el estudio Geológico 8
Figura 6 Ubicación Geológica del Proyecto 13
Figura 7. Convenciones formación geológica. 13
Figura 8. 3.10.2.1-1 — Aceleración Pico Horizontal del Terreno 19
Figura 9. 3.10.2.1-2 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal 20
Figura 10. 3.10.2.1-3 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal 21
Figura 11 Esquema de la ejecución del Ensayo SPT. 23
Figura 12 Localizacion del sondeo 1 estribo derecho 27
Figura 13 Localizacion del sondeo 2 estribo izquierda 31
Figura 14 Localizacion del sondeo 3 estribo izquierdos 34
Figura 15 Ejemplo Estribos 48
Figura 16 Susceptibilidad de licuefacción en función del SPT, (N1)60 para un terremoto de magnitud 7,5 61
Figura 17 Susceptibilidad de licuefacción de un suelo en función de (N1)60 y la . 62
Figura 18 Sistema de Apoyo de Excavaciones 70
Figura 19 Sistema de Apuntalado 71
Figura 20 Esquema General de Entibado Discontinuo 73
Figura 21 Esquema General de Entibado Continuo 74

GRAFICA

Grafica 1. Espectro de diseño. 22

372

2. INTRODUCCIÓN

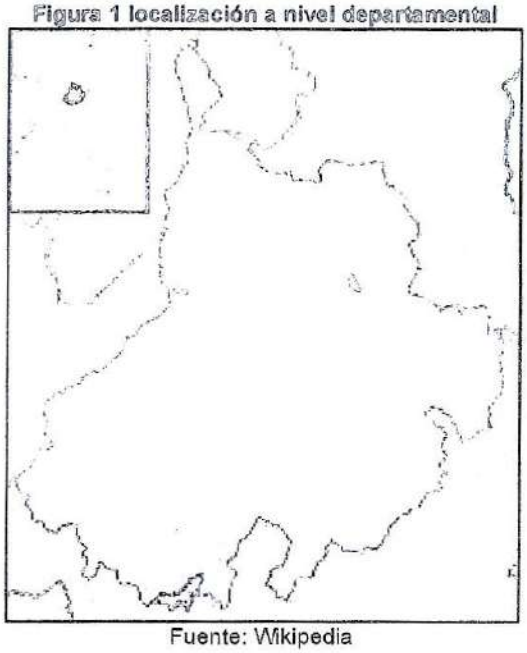
El presente informe contiene la caracterización físico-mecánica del subsuelo y las recomendaciones de cimentación para el Proyecto: **CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR UBICADO EN LA VEREDA CANOAS SOBRE LA QUEBRADA LA BOBA.**

Con base a los resultados obtenidos en el plan exploratorio se pretende conocer la naturaleza del depósito, profundidad, espesor y composición de la columna estratigráfica, nivel freático y las propiedades desde el punto de vista geotécnico, para lo cual se hace necesario realizar ensayos de laboratorio tanto de clasificación como de resistencia al corte, con el fin de estimar asentamientos y evitar al máximo falla por capacidad portante del suelo de fundación

3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El predio bajo estudio se encuentra localizado en el municipio de Albania en las coordenadas: 5°46'7.38"N 73°52'48.27"O

Figura 1 localización a nivel departamental



Fuente: Wikipedia

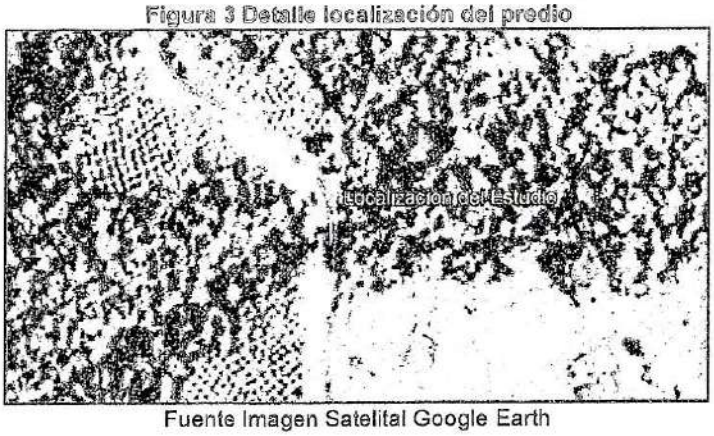
373

Figura 2 localización a nivel municipal



Fuente Imagen Satelital Google Earth

Figura 3 Detalle localización del predio



Fuente Imagen Satelital Google Earth

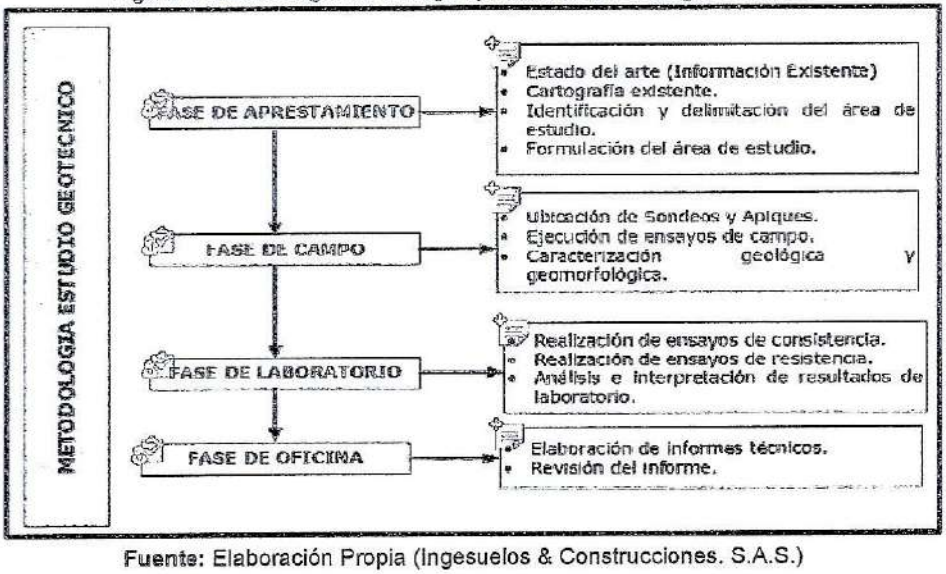
3.1 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

3.1.1 ALCANCE GENERAL

Dentro del alcance del estudio geotécnico realizado sobre el área de influencia de la zona donde se proyecta **CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR UBICADO EN LA VEREDA CANOAS SOBRE LA QUEBRADA LA BOBA.**

- Exploración geotécnica del subsuelo comprendida por tres (3) sondeos a percusión hasta (15.00) metros de profundidad, (rechazo en el ensayo SPT), o suelos duros y la obtención de muestras de suelo semi-inalterado.
- Ensayos de laboratorio como peso específico del suelo, granulometría, humedad del suelo, límites de consistencia, realizados a las muestras alteradas tomadas de los sondeos y apiques.
- Identificación y clasificación de los materiales encontrados.
- Determinación de las propiedades físicas y geomecánicas del suelo.

Figura 4 Metodología de trabajo aplicada a estudios geotécnicos



Fuente: Elaboración Propia (Ingesuelos & Construcciones. S.A.S.)

375

4. EVALUACIÓN GEOLOGÍA Y GEOMORFOLÓGICA

4.1 GEOLOGIA

La Metodología empleada para el estudio geológico realizado en el casco urbano y zonas suburbanas del Municipio de Albania, está dividida en las siguientes etapas: pre-campo, campo y post-campo, ilustradas a continuación en la siguiente figura

Figura 5. Metodología de Trabajo para el estudio Geológico.



Fuente: Elaboracion Propia (Ingesuelos & Construcciones. S.A.S.)

4.1.1 Fase de aprestamiento

En esta etapa se recolecto la información de la zona de estudio realizados previamente, imágenes satelitales, planos y en general cualquier información relacionada a la zona de estudio, La información previa consultada fue la siguiente:

- EOT del Municipio de Albania, 2002
- Imágenes satelitales de Google Earth, 2014
- Reseña explicativa del mapa geológico, Preliminar de la plancha 170
- Geología de las planchas 170 (Vélez)
- Planchas Geológica 170 (Vélez) INGEOMINAS

Esta información fue analizada y evaluada y sirvió como base para la elaboración de este informe en cada una de sus partes.

4.1.2 Fase de reconocimiento y valoración de campo

La visita a campo fue realizada por el ingeniero Geotecnista se realizó el reconocimiento del área de estudio y posteriormente la descripción geológica de la zona.

4.1.3 Fase de Descripción geológica

Con la finalidad de evaluar las condiciones geológicas de la zona de estudio se realizó una descripción geológica basada en planchas geológicas y memorias explicativas.

4.1.4 Fase de oficina

Con la información recolectada y verificada en campo y la interpretación en la oficina, se redactó la siguiente descripción, que contiene las características geológicas de la Memoria Explicativa 170 aplica para el municipio de Albania

4.2 GEOLOGÍA GENERAL

4.2.1. Estratigrafía

Geológicamente Albania está situada sobre terrenos cretácicos. El sistema Cretácico en el área de estudio está conformado por diferentes tipos de rocas sedimentarias que por su litología y posición estratigráfica se han diferenciado de base a techo como sigue:

4.2.2. Formación Paja (Kip)

El nombre fue dado por wheeler, O. C., (informe inédito), según Morales, L., (1955), para designar una sucesión de shales negros, ligeramente calcáreos y micáceos, con concreciones de calizas hasta de 30 cm de diámetro, que afloran en la quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. La Formación Paja, aflora en la zona estudiada (planchas 170 y 190) en un área de 850 Km , concordantemente a la Formación Bitoque en el lado oriental de la plancha 170 y de igual manera sobre la Formación Rosa-blanca en la región occidental (Anticlinal de Portones). La unidad se caracteriza por una morfología suavemente ondulada, debido a su carácter predominantemente arcilloso. Sus numerosos repliegues, impidieron el levantamiento detallado de su litología, y por tal razón, su descripción se hace en forma general, basados en secciones discontinuas. Está constituida en su base por lutitas y limolitas grises oscuras a negras,, ferruginosas,

con delgadas intercalaciones de areniscas arcillosas; su parte media la componen una sucesión de frutitas, arcillolitas, grises, con intercalaciones de areniscas, con concreciones limo líticas, piritosas, hasta de 10 cm de diámetro, y niveles de yeso (selenita), y la parte superior está formada por lutitas grises claras a oscuras micáceas, interestratificadas con areniscas arcillosas, de grano fino, en estratos hasta de 5 m de es- pesor.

Un estudio detallado de esta unidad ha sido realizado por Etayo, Fernando (1968, pp. 18-30) en el área de Villa de Leiva-Sáchica, quien le asigna una edad de Hauteriviano-Aptiano Superior; por sus características paleontológicas y litológicas, este mismo autor supone para esta unidad un ambiente marino de aguas poco profundas y de circulación restringida. Su correlación puede hacerse con la parte inferior a media del Tibú-Mercedes Tibasosa Arenisca de Las Juntas y parte inferior del Fómeque.

4.3 DEPOSITOS DEL CUATERNARIO

Albania se asienta parcialmente sobre dep6sitos cuaternarios que cubren un §rea aproximada de 700 m de longitud por 500 rn de ancho. Estos depósitos están constituidos por gravas y bloques de limolita gris oscura a gris amarillenta flotantes en una matriz lodosa, son predominantemente angulares lo que evidencia su escaso transporte. Estos dep6sitos forman una terraza aluvial que ha sufrido intensa erosi6n por las quebradas que la drenan, lo que ha motivado su desaparici6n en algunos sectores.

4.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Albania está situada sobre el flanco oriental del anticlinal de La Pradera de rumbo NE y buzamientos al SE, que fluctúan entre 20 y 27 grados. El estilo estructural es de plegamiento, sin efectos visibles de fallamiento La estratificaci6n de la Formaci6n Paja, tiene una direcci6n predominante NSO E/20-25 SE. La inclinaci6n de la pendiente topográfica es hacia el s.

4.5 RIESGOS GEOLOGICOS

Hace más de 40 años algunas edificaciones de esta poblaci6n sufrieron agrietamientos menores que se fueron incrementando con el tiempo hasta convertirse actualmente en un serio riesgo para la estabilidad de edificaciones públicas y viviendas, lo cual incide directamente en el desarrollo urbano de la poblaci6n ya que el □rea afectada constituye el centro administrativo y religioso del municipio.

4.5.1. Descripción

Los agrietamientos afectan a por lo menos ocho edificaciones y varían en longitud, anchura y direcci6n.Para una mejor descripci6n, el §.rea se ha dividido en tres sectores numerados de norte a sur. Sector 1, comprende cuatro edificaciones entre ellas la Casa de Acci6n Comunal. Las más afectadas son las dos viviendas del lado occidental de la calle principal, que son las más antiguas; en una de ellas.(la situada al sur) grietas alcanzan a tener una abertura de 5 cm. Las grietas afectan las paredes frontales de las casas y se extienden de piso a techo.
Sector 2, comprende la iglesia y la casa cural y está§. situada en la misma direcci6n del sector 1. Es el más afectado de los tres. La iglesia, una construcción reciente, levantada en reemplazo de la antigua -que debi6 ser demolida debido a los intensos agrietamientos- es la más averiada, presentando grietas de variada longitud y direcci6n que afectan principalmente la nave oriental que da a la calle principal; aquí!, el piso de cemento y el muro presentan numerosas fisuras, algunas de hasta 2 cm de ancho que se extienden hasta la sacrista, la nave central cerca al altar, donde as baldosas aparecen removidas, y finalmente al muro frontal que da a la plaza y al atrio; este último ha sido separado por grietas laterales en por lo menos tres ni veles que descienden unos con respecto al otro en direcci6n sur, con un sal ti de 10 cm aproximadamente. La casa cural (construcci6n antigua) está. afectada notablemente por este mismo tipo de grietas, que aquí tienen una abertura de 1-2 cm y se extienden por pisos y paredes, llegando a separar uniones de vigas.
Sector 3, ocupa el extremo sur-occidental de la plaza y comprende dos viviendas: la primera ocupada actualmente por la policía es la menos afectada, la segunda ha sufrido daños severos debido a lo cual ha sido abandonada; el agrietamiento aquí es tan intenso que las paredes han sido desplazadas y pueden derrumbarse de un momento a otro, el piso original (de cemento) se hundi6 y actualmente es de madera.

4.5.2. Análisis de Riesgo

Topografía. La mayor parte de la población de Albania está asentada sobre los restos de ·m.a terraza aluvial, de superficie ondulada, inclinada hacia el S-SW; el casco urbano se ubica sobre una pendiente suave (8-10%) que vara a fuerte hacia el norte (a partir de la calle de Saboya) con una inclinación del 25-40%; variaciones bruscas de pendiente se observan hacia el extremo SW (35%) que da a la Quebrada Torroba y SSE que da a la Quebrada Los Muñoces (Plancha 1). La inclinación de las capas de la Formación Paja es al SE con un Angulo o que fluctúa entre 20 y 25.

Hidrogeología. El área urbana de Albania constituye una zona de afloramientos de aguas subterráneas. Dentro del perímetro urbano nacen tres arroyos que drenan la pequeña meseta y hay referencias que un cuarto corra por donde hoy es la calle principal (comunicación personal de los habitantes más antiguos, tambo□n reportado por viokittel, 1957). Aderras de las zonas anegadas por los arroyos,

existen otras con humedad permanente situadas todas ellas por debajo de la línea de cambio de pendiente. El patr6n de drenaje es paralelo en direcci6n s-Sw, los cauces angostos y poco profundos. Las quebradas La Salud y Torroba presentan cauces profundos y estrechos que varían entre 10 y 15 m.

Causas y clasificaci6n del riesgo. En el origen y desarrollo del riesgo que afecta a Albania influyen directamente cuatro factores, tres naturales y uno artificial, que son:
- La litología del terreno (propiedades de las rocas).

- Aguas subterráneas
- Pendiente topográfica y estructural
- Actividad humana

El terreno sobre el cual se asienta Albania es predominantemente lutítico, material rocoso constituido en gran parte por minerales del grupo de las arcillas, minerales que por sus propiedades físicas-como plasticidad, permeabilidad (secundaria) y expansividad entre otras- se deforman fácilmente, sin experimentar cambio en su volumen y sin romperse. La deformaci6n depende del contenido del agua.

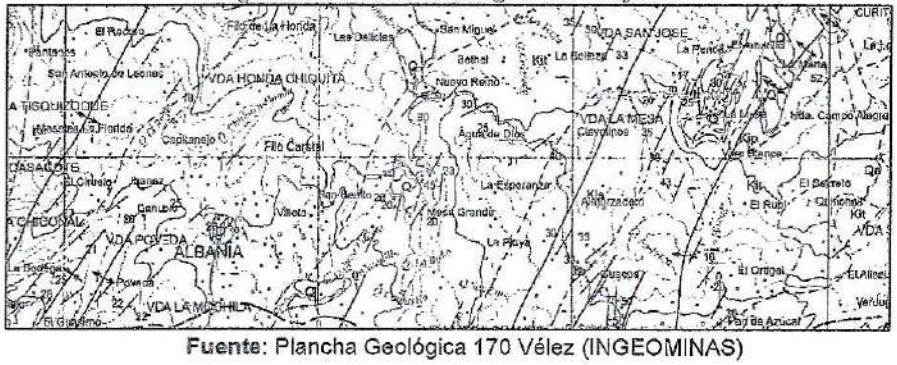
Con una saturaci6n permanente de agua como sucede en el terreno de Albania, el material lutítico ha experimentado deformaci6n, motivando a su vez la deformaci6n del terreno. Esta deformaci6n por si sola convertiría el □rea en inestable, ya que los continuos cambios en sus propiedades físicas, producirían movimientos de "acomodaci6n" del terreno, generalmente de componente vertical, pero si además de stol. hay pendiente, el terreno comenzaría a desplazarse lentamente en dirección de la pendiente. Inicios de este fenómeno es lo que sucede en Albania y se conoce con el nombre de Reptación , que es un desplazamiento lento (por expansi6n y contracci6n) de materiales sobre pendientes relativamente fuertes a consecuencia de las variaciones en la humedad.

El indicio más evidente de reptaci6n en Albania es el agrietamiento de las edificaciones que responden de esta manera a la deformaci6n plástica y al desplazamiento del terreno sobre el cual están construidos. Los tres sectores afectados, analizados anteriormente están situados al W y SW del pueblo: los tres dan a la calle principal y dos de ellos (1-3) están muy cercanos a la línea de cambio de pendiente. Si se considera la calle principal corno el antiguo cauce de un arroyo rellenado posteriormente para construir la vía, es muy probable que las aguas subterráneas conserven aún su curso natural. Evidencia de ello parece indicarlo la humedad constante en la parte trasera de la iglesia y casa cural, la existencia de un pantano, rellenado posteriormente en el sitio donde hoy se levanta el altar de la iglesia (Wokittel, 1957), la presencia en el sector 3 de un aljibe abandonado y dos manantiales.
Además, su cercanía a la línea de cambio de pendiente, hace más inestable aún el terreno de los sectores ya que además de presentarse un movimiento en sentidos

s-Sw también se presenta otro en sentido NW-SE, o sea en direcci6n perpendicular al movimiento principal. Se puede concluir entonces que la zona más inestable del casco urbano de Albania lo constituyen los sectores 1, 2 y 3 donde se ubican las edificaciones afectadas por los agrietamientos.

Es indudable que la actividad humana ha contribuido en :·mu□o, a la situación de riesgo que hoy vive Albania. Generalmente de la vegetación arbórea sirve de "ancla" que ayuda a mantener un terreno potencialmente inestable en su sitio, controla la erosi6n superficial por escorrentía de las aguas lluvias y conserva el drenaje natural del §rea. Cuando se taja el bosque protector (para construir áreas urbanas o para dedicar estas a labores agrícolas o de pastoreo) se está destruyendo este "muro de contención" natural que no permita que el proceso destructivo se desarrollara.
O sea, que la desforestaci6n sin control, el mal uso de las tierras, el urbanismo sin planeaci6n (selecci6n del terreno de asentamiento, aplicaci6n de medidas preventivas), la falta de control sobre las aguas superficiales, entre otras, son factores determinantes en la formaci6n y posterior desarrollo de este tipo de riesgo.

Figura 6 Ubicación Geológica del Proyecto



Fuente: Plancha Geológica 170 Vélez (INGEOMINAS)

Figura 7. Convenciones formación geológica.

Kip / Kir
FORMACIÓN PAJA - Kip Lutitas y limolitas negras, en la parte inferior a media concreciones calcárea y películas de yeso.
FORMACIÓN RITOQUE - Kiri Limolitas arenosas y lulitas, con intercalaciones de arenfscas de poco espesor

Fuente: Plancha Geológica 170 Vélez (INGEOMINAS)

381

5. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Establecer criterios básicos para realizar estudios geotécnicos de la estructura, basados en la investigación del subsuelo y las características, con el fin de proveer las recomendaciones geotécnicas de diseño y construcción de excavaciones y rellenos, estructuras de contención, cimentaciones, rehabilitación o la definición de espectros de diseño sismo resistente, para soportar los efectos por sismos y por otras amenazas geotécnicas desfavorables.

- Conocer e interpretar de manera detallada el comportamiento geológico del sitio de análisis.

- Elaborar perfiles estratigráficos para definir las propiedades físicas y mecánicas del suelo analizado.

- Desarrollar el reconocimiento del subsuelo mediante ensayos de campo, adelantados en el sitio específico.

- Determinar mediante sondeos y ensayos el perfil de suelo para el diseño de Cimentaciones

- Realizar la caracterización de las propiedades mecánicas y parámetros geotécnicos del suelo, mediante ensayos de laboratorio.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo con la información suministrada el proyecto **CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR UBICADO EN LA VEREDA CANOAS SOBRE LA QUEBRADA LA BOBA.**

En la exploración, los sondeos mecánicos se ejecutaron, como se mencionó a una profundad de (15.00) metros, bajo la superficie actual del terreno en los sitios de interés del proyecto, cumpliendo los criterios del Título H de la NSR-10. Durante su ejecución, se tomaron muestras tipo alterado, obtenidas mediante toma de muestras de cuchara partida SPLIT SPOON. Cada muestra fue clasificada visualmente en campo, rotulada y adecuadamente empacada para su transporte al laboratorio. Del sondeo realizado se elaboró un registro de campo, en el cual se consignó la información relacionada con el tipo y profundidad de cada muestra, descripción visual de los materiales, profundidad a la cual se muestrea y resultados de los ensayos de campo efectuados.

5.2 CLASIFICACION DEL PERFIL DEL SUELO

Tabla 1. Ecuaciones Empíricas de Correlación N del SPT con la velocidad de onda cortante VS

TABLA 3. ECUACIONES EMPIRICAS DE CORRELACION N DEL SPT CON LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE Vs

Investigadores	Ecuación	Observaciones
Imai y Yoshimura (1970)	$V_s = 76N^{0.33}$	
Ohba y Toriuma (1970)	$V_s = 84N^{0.31}$	
Imai (1977)	$V_s = aN^b$	a=102, b=0.29 Arcilla Holoceno a= 81, b= 0.33 Arena Holoceno a=114, b=0.29 Arcilla Pleistoceno a= 97, b=0.32 Arena Pleistoceno
Ohta y Goto (1978)	$V_s = 85.34N^{0.348}$	Para todo tipo de suelo
Okamoto *et al.* (1989)	$V_s = 125N^{0.3}$	Arena del Pleistoceno
Japan Road Association (2002)	$V_s = 80N^{0.33}$ $V_s = 100N^{0.33}$	Arenas Arcilla
Vs=velocidad de ondas de corte en m/s; N=numero de golpes del SPT		

CORRELACIONES MAS ADECUADAS

De acuerdo a lo revisado se usarán correlaciones según el Nspt las cuales cumplen conla normatividad vigente y funcionan adecuadamente para la selección

Nspt	CORRELACION ELEGIDA
N<15	IMAI Y YOSHIMURA
15<N<50	CORR NRS = 180+(N.15)5,1428
N>50	JAPAN ROAD ASSOCIATION
N>100	PULSO ULTRASONICO EN ROCA

CALCULO DE VELOCIDAD DE ONDA PROMEDIO

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Espesor del estrato
Vi = Velocidad de onda en el estrato
N = Numero de estrato

- **Clasificación perfil de Suelo Sondeo 1**

Espesor	Litotipo	Espesor en Metros	Nspt Promedio	Velocidad de Onda	Radio Espesor/velicidad	Tiempo Parcial
h1		3,60	12	172,56	h1/V1	0,021
h2		3,60	22	216,00	h2/V2	0,017
h3		3,60	31	262,28	h2/V3	0,014
h4		3,60	46	339,43	h2/V4	0,011
h5					h4/V4	
		14,40			Σ hi/Vi	0,062

(Promedio)	=	0,062	=	232,78 *m/s*
NOTA: VELOCIDAD DE ONDA EL PERFIL DEL SUELO SERA TIPO				***D***

Fuente: Elaboración Propia (Ingesuelos & Construcciones. S.A.S.)

- **Clasificación perfil de Suelo Sondeo 2**

Espesor	Litotipo	Espésor en Metros	Nspt Promedio	Velocidad de Onda	Radio Espesor/velicidad	Tiempo Parcial
h1		3,60	11	167,68	h1/V1	0,021
h2		3,60	27	241,71	h2/V2	0,015
h3		3,60	37	293,14	h2/V3	0,012
h4		3,60	50	360,00	h2/V4	0,010
h5					h4/V4	
		14,40			Σ hi/Vi	0,059

(Promedio)	=	0,059	=	245,55 *m/s*
NOTA: VELOCIDAD DE ONDA EL PERFIL DEL SUELO SERA TIPO				***D***

Fuente: Elaboración Propia (Ingesuelos & Construcciones. S.A.S.)

- **Clasificación perfil de Suelo Sondeo 3**

Espesor	Litotipo	Espesor en Metros	Nspt Promedio	Velocidad de Onda	Radio Espesor/velicidad	Tiempo Parcial
h1		3,60	13	177,18	h1/V1	0,020
h2		3,60	25	231,43	h2/V2	0,016
h3		3,60	35	282,86	h2/V3	0,013
h4		3,60	42	318,86	h2/V4	0,011
h5					h4/V4	
		14,40			Σ hi/Vi	0,060

(Promedio)	=	0,060	=	240,43 *m/s*
NOTA: VELOCIDAD DE ONDA EL PERFIL DEL SUELO SERA TIPO				***D***

Fuente: Elaboración Propia (Ingesuelos & Construcciones. S.A.S.)

385

Tabla 2. Clasificación de los perfiles de suelo.

Tabla 3.10.3.1-1 — Definición de los Tipos de Perfil de Suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\overline{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\overline{V}_s$ > 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\overline{V}_s$ > 360 m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\overline{N}$ > 50, o $\overline{S}_u \geq$ 100 kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\overline{V}_s$ > 180 m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\overline{N}$ > 15, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\overline{S}_u$ > 50 kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\overline{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\overline{S}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 35 m)	

Fuente CCP-14 Sección 3

Nota: Esta tabla corresponde en forma idéntica a la Tabla A.2.4-1 del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10, con la única excepción que en la definición de los perfiles Tipo E con espesores mayores de 3 m el límite para la resistencia al corte no drenado, el valor límite es 50 kPa (kg/cm2) en el Reglamento NSR-10.

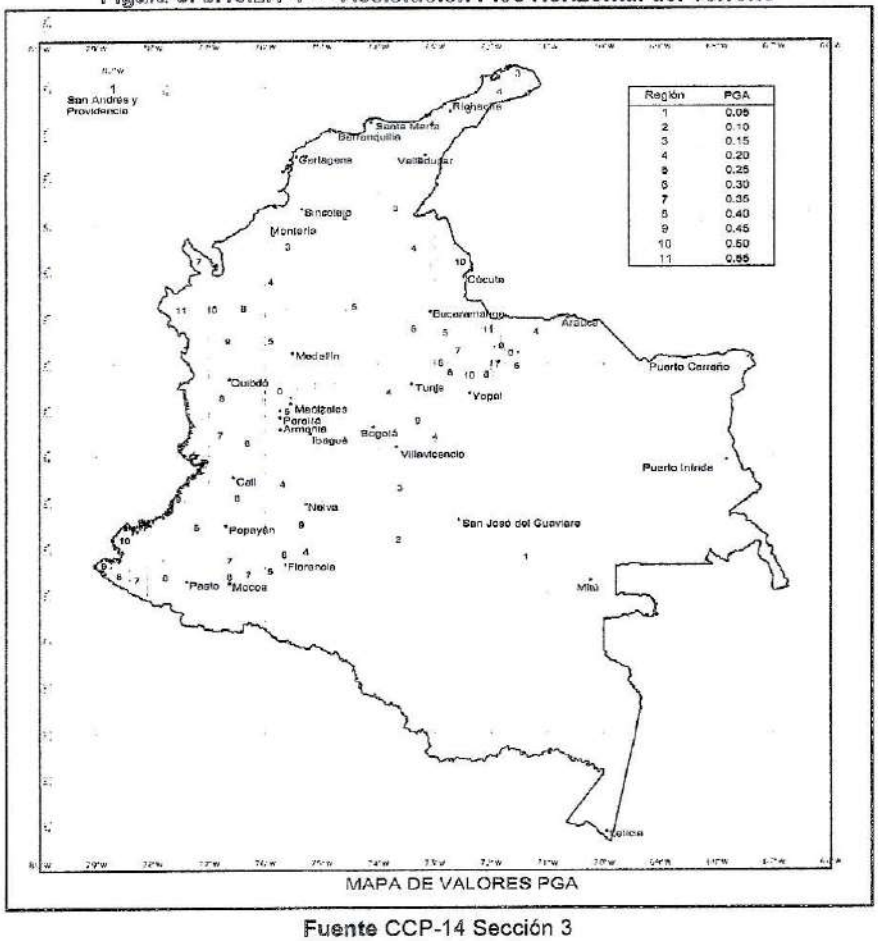
Según la Tabla 3.10.3.1-1 para este valor de velocidad de onda de corte le corresponde un perfil de suelo tipo **D**.

6. CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO

Requerimientos amenaza sísmica NSR-10

El INVÍAS, a través de la Dirección Técnica, desarrolló la nueva Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP-14), con la cual se actualiza -después de 18 años- el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCP 95).
Zona de amenaza sísmica, en el Municipio Albania se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica **Intermedia.**

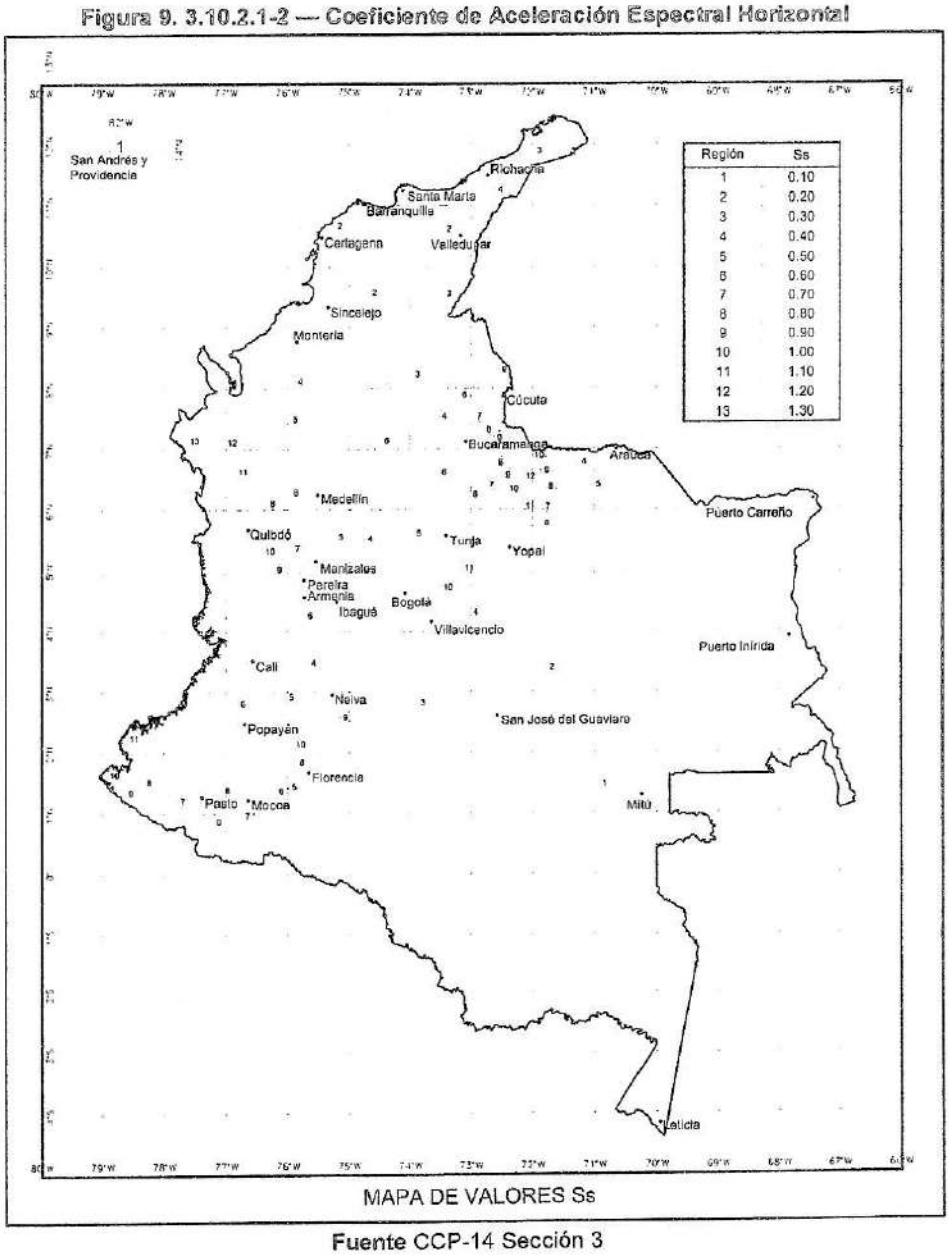
Figura 8. 3.10.2.1-1 — Aceleración Pico Horizontal del Terreno



Fuente CCP-14 Sección 3

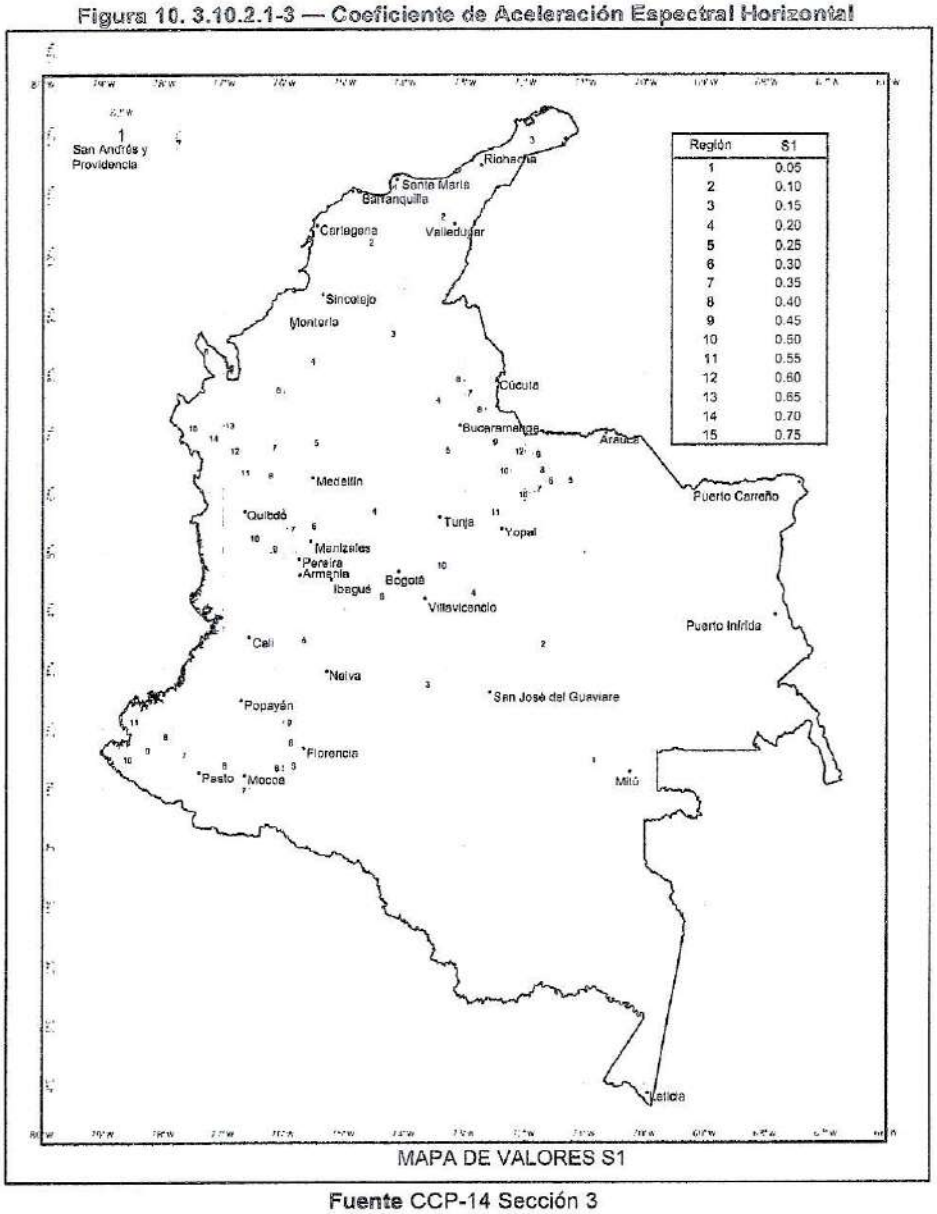
387

Figura 9. 3.10.2.1-2 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal



Fuente CCP-14 Sección 3

Figura 10. 3.10.2.1-3 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal



MAPA DE VALORES S1

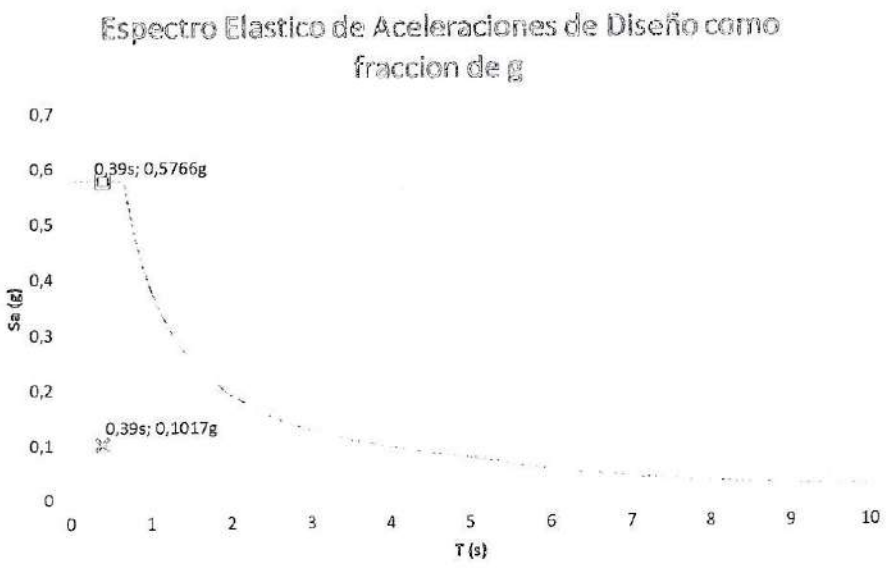
Fuente CCP-14 Sección 3

389

Tabla 3. Datos para espectro de diseño.

Valores	
Departamento	Santander
Municipio	Albania
Aa	0,15
Av	0,15
ZAS	Intermedia
Ae	0,06
Ad	0,04
Tipo Suelo	D
Fa	1,54
Fv	2,10

Grafica 1. Espectro de diseño.



6.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

6.2.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

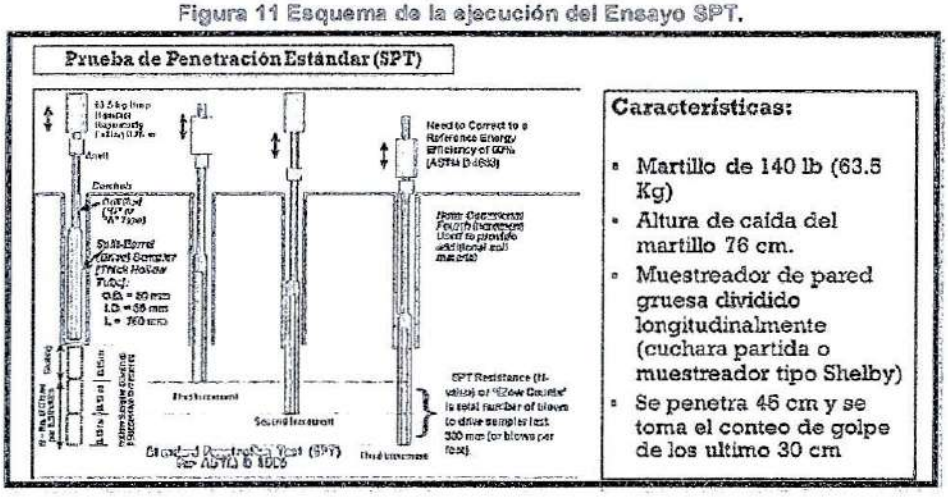
Con el objeto de conocer las características físicas y obtener muestras de los diferentes estratos que conforman el perfil del subsuelo, en el área del proyecto se programaron tres (3) sondeos de perforación cuya profundidad alcanzada se encuentra a 15.00 metros. se da por terminado el ensayo.

Se realizaron sondeos continuos en tramos de 0.45 cm empleando el método de percusión y mediante el uso de un equipo manual (Barreno de mano). Simultáneamente se llevó a cabo el ensayo de penetración estándar para establecer un índice complementario de la resistencia del subsuelo, y obtener un muestreo continuo del sector bajo estudio.

Tipo de muestras obtenidas: Muestras sobre las cuales se realizaron diferentes ensayos de laboratorio para determinar las propiedades índices y mecánicas de los materiales presentes en el sector.

Perforaciones Realizadas: En la siguiente tabla se muestra la relación de las perforaciones ejecutadas, así como el resumen del resultado del ensayo de penetración estándar SPT.

Figura 11 Esquema de la ejecución del Ensayo SPT.

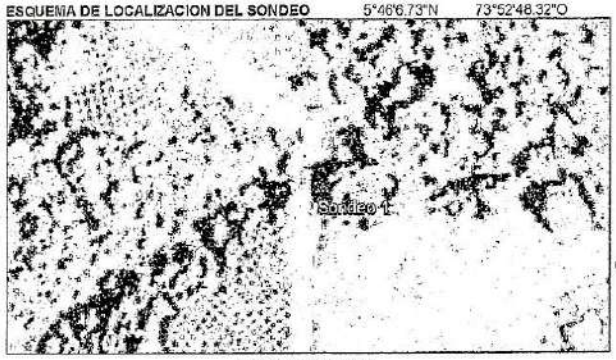


Fuente: Standard Penetration Test (SPT) ASTM-D 1586

391

Tabla 4.Cuadro de perforación sondeos

ESQUEMA DE LOCALIZACION DEL SONDEO 5°46'6.73"N 73°52'48.32"O



Fuente: Google Maps

SONDEO No 1, DESCRIPCIÓN
Sondeo Realizado a Profundidad de 15,00 metros.

**Nota: cuando se superan o igualan los 100 golpes en el ensayo del SPT en un intervalo de 30 cm se tomará como rechazo*

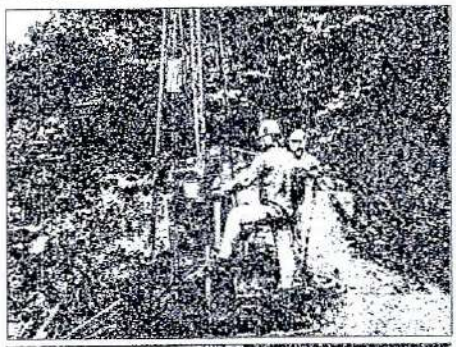
Muestra	Profundidad (Cm) inicial	Profundidad (Cm) final	Profundidad (Cm) promedio	Golpes 0 - 6"	Golpes 6" - 12"	Golpes 12" - 18"	Descripcion de la Muestra
Se realizo excavación manual 0,60 metro para descartar la capa vegetal, material no consolidado y material de relleno							
M1	0,60	1,05	0,83	3	3	3	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla **(Grava Arcillosa Con Arena GC)**
	1,05	1,50	1,28	4	4	5	
	1,50	1,95	1,73	5	5	6	
	1,95	2,40	2,18	6	7	7	
	2,40	2,85	2,63	7	7	7	
	2,85	3,30	3,08	8	8	8	
	3,30	3,75	3,53	5	5	5	
	3,75	4,20	3,98	5	7	7	
M2	4,20	4,65	4,43	7	8	8	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla **(Grava Arcillosa Con Arena GC)**
	4,65	5,10	4,88	9	9	12	
	5,10	5,55	5,33	12	12	12	
	5,55	6,00	5,78	12	15	15	
	6,00	6,45	6,23	9	9	9	
	6,45	6,90	6,68	10	10	10	
	6,90	7,35	7,13	11	11	12	
	7,35	7,80	7,58	12	12	13	
M3	7,80	8,25	8,03	13	11	11	Arenas arcillosas, mezclas de arena y limo **(Arena Arcillosa Con Grava SC)**
	8,25	8,70	8,48	11	14	14	
	8,70	9,15	8,93	14	14	15	
	9,15	9,60	9,38	15	15	16	
	9,60	10,05	9,83	16	17	17	
	10,05	10,50	10,28	17	17	17	
	10,50	10,95	10,73	18	18	18	
	10,95	11,40	11,18	17	17	18	
M4	11,40	11,85	11,63	19	19	19	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla **(Grava Arcillosa Con Arena GC)**
	11,85	12,30	12,08	20	20	20	
	12,30	12,75	12,53	21	21	23	
	12,75	13,20	12,98	23	24	24	
	13,20	13,65	13,43	23	24	24	
	13,65	14,10	13,88	23	24	23	
	14,10	14,55	14,33	25	25	25	
	14,55	15,00	14,78	26	27	26	

OBSERVACIONES:

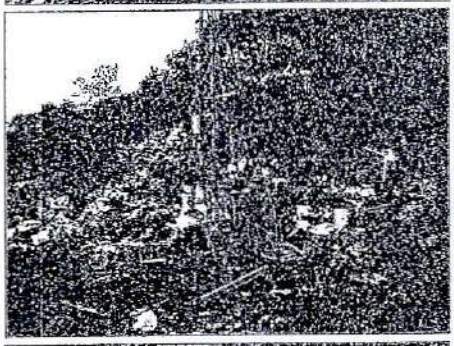
Se evidencio que no hubo cambio de material en la perforacion y/o sondeo realizado. En todo caso primará el concepto del Ingeniero geotecnista, quien definirá la exploración necesaria siguiendo los lineamientos ya señalados. No se encontro nivel freatico

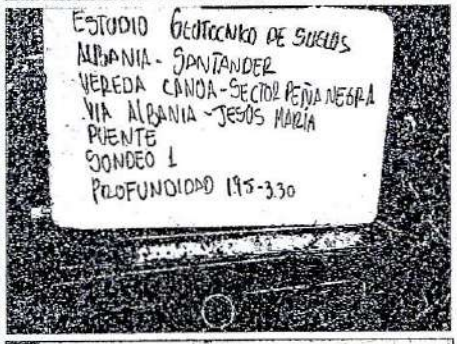
392

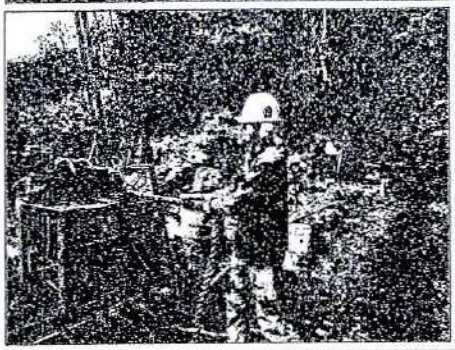
INGESUELOS & CONSTRUCCIONES	FORMATO DE CAMPO ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR NORMA INVIAS	INGESUELOS&CONSTRUCCIONES SAS CARRERA 11 # 23 - 12 SAN GIL SANTANDER 3134624919 - 3118954637 INGESUELOS - LAB - 001

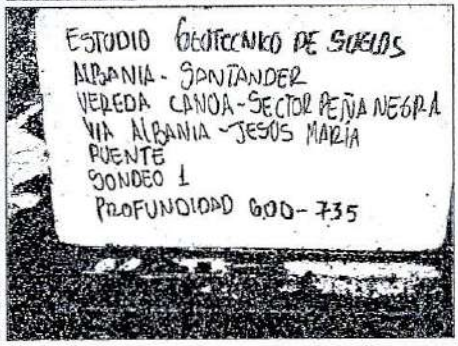






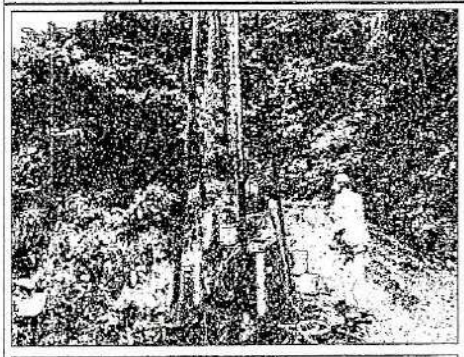


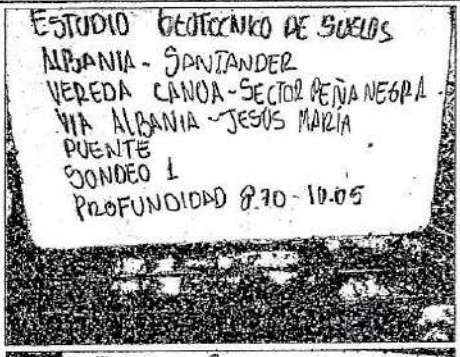


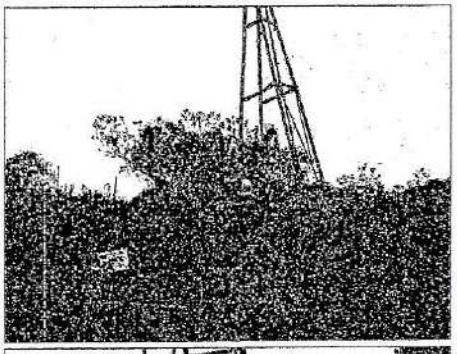


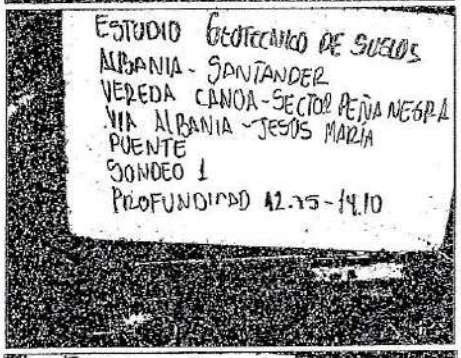
393

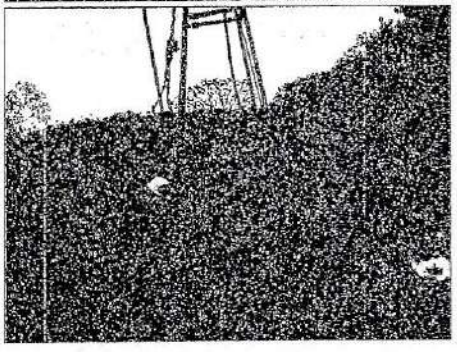
	FORMATO DE CAMPO ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR NORMA INVIAS	INGESUELOS&CONSTRUCCIONES SAS CARRERA 11 # 23 - 12 SAN GIL SANTANDER 3134624919 - 3118954637 INGESUELOS - LAB - 001

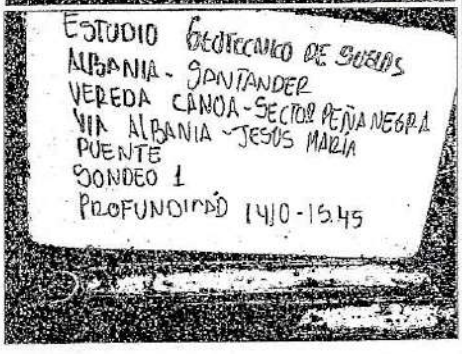






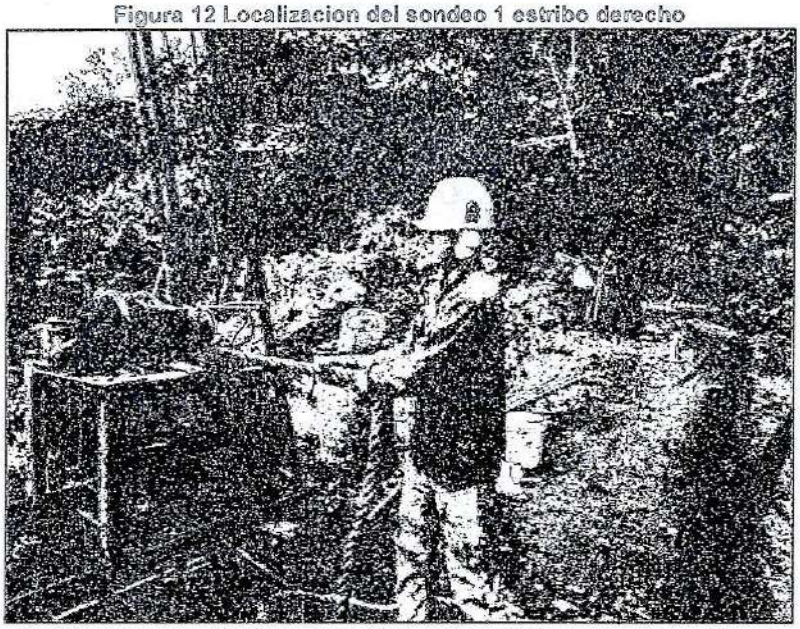






394

Figura 12 Localizacion del sondeo 1 estribo derecho

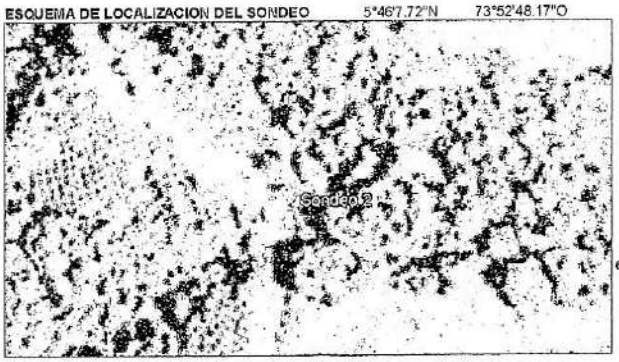


Fuente: Exploración de Campo (Ingesuelos & Construcciones S.A.S)

En el sondeo No. 1 localizado hacia la parte sur del puente, sobre sobre niveles de rellenos y suelo residual. En este sondeo se identificó un horizonte Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla (GC) de color café claro con un porcentaje de finos del 23.62% para los primeros 4.20 metros de profundidad. La capacidad de soporte del suelo mejoro en los 7.35 metros de profundidad. La profundidad de exploración alcanzó los 15.00 metros.

395

ESQUEMA DE LOCALIZACION DEL SONDEO 5°46'7.72"N 73°52'48.17"O



Fuente: Google Maps

SONDEO No 2, DESCRIPCIÓN
Sondeo Realizado a Profundidad de 15,00 metros.

**Nota: cuando se superan o igualan los 100 golpes en el ensayo del SPT en un intervalo de 30 cm se tomará como rechazo*

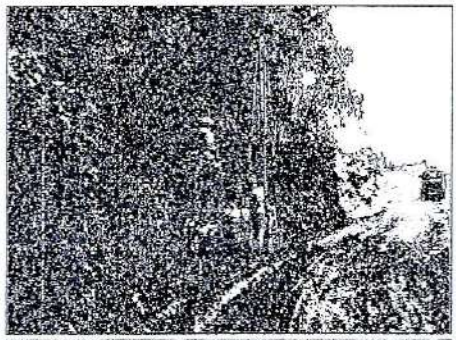
Muestra	Profundidad (Cm) inicial	Profundidad (Cm) final	Profundidad (Cm) promedio	Golpes 0 - 6"	Golpes 6" - 12"	Golpes 12" - 18"	Descripcion de la Muestra
Se realizo excavación manual 0,60 metro para descartar la capa vegetal, material no consolidado y material de relleno							
M1	0,60	1,05	0,83	1	1	1	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla **(Grava Arcillosa Con Arena GC)**
	1,05	1,50	1,28	1	2	2	
	1,50	1,95	1,73	3	4	4	
	1,95	2,40	2,18	5	5	5	
	2,40	2,85	2,63	6	6	7	
	2,85	3,30	3,08	7	8	8	
	3,30	3,75	3,53	9	9	9	
	3,75	4,20	3,98	10	10	10	
M2	4,20	4,65	4,43	11	11	11	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla **(Grava Arcillosa Con Arena GC)**
	4,65	5,10	4,88	11	12	13	
	5,10	5,55	5,33	13	13	13	
	5,55	6,00	5,78	14	13	13	
	6,00	6,45	6,23	14	14	13	
	6,45	6,90	6,68	14	14	15	
	6,90	7,35	7,13	16	15	15	
	7,35	7,80	7,58	17	15	15	
M3	7,80	8,25	8,03	19	18	17	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla **(Grava Arcillosa Con Arena GC)**
	8,25	8,70	8,48	17	16	19	
	8,70	9,15	8,93	17	17	16	
	9,15	9,60	9,38	18	18	19	
	9,60	10,05	9,83	16	17	19	
	10,05	10,50	10,28	18	18	19	
	10,50	10,95	10,73	20	21	21	
	10,95	11,40	11,18	23	23	21	
M4	11,40	11,85	11,63	22	21	21	Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco o ningún fino **(Grava Mal Graduada Con Arcilla Con Arena GP - GC)**
	11,85	12,30	12,08	22	23	23	
	12,30	12,75	12,53	23	24	24	
	12,75	13,20	12,98	24	24	25	
	13,20	13,65	13,43	26	27	27	
	13,65	14,10	13,88	28	28	25	
	14,10	14,55	14,33	25	25	25	
	14,55	15,00	14,78	28	29	27	

OBSERVACIONES:

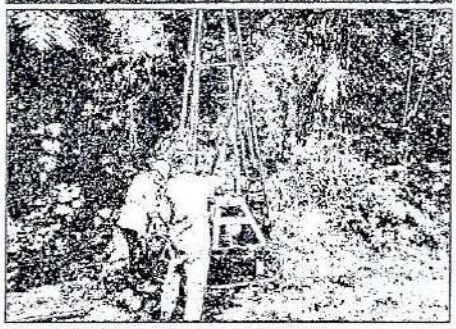
Se evidencio que no hubo cambio de material en la perforacion y/o sondeo realizado. En todo caso primará el concepto del ingeniero geotecnista, quien definirá la exploración necesaria siguiendo los lineamientos ya señalados. No se encontro nivel freatico

396

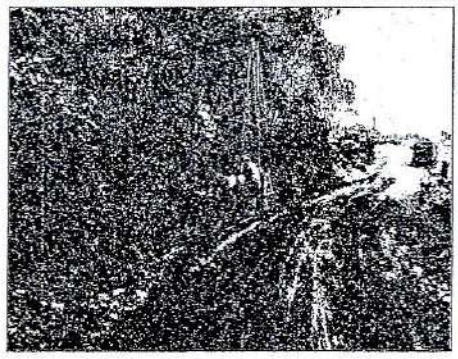
INGESUELOS & CONSTRUCCIONES	FORMATO DE CAMPO ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR NORMA INVIAS	INGESUELOS&CONSTRUCCIONES SAS CARRERA 11 # 23 - 12 SAN GIL SANTANDER 3134624919 - 3118954637 INGESUELOS - LAB - 001



ESTUDIO GEOTECNICO DE SUELOS
ALBANIA - SANTANDER
VEREDA CANOA - SECTOR PEÑA NEGRA
VIA ALBANIA - JESUS MARIA
PUENTE
SONDEO 2
PROFUNDIDAD 0.60 - 1.95

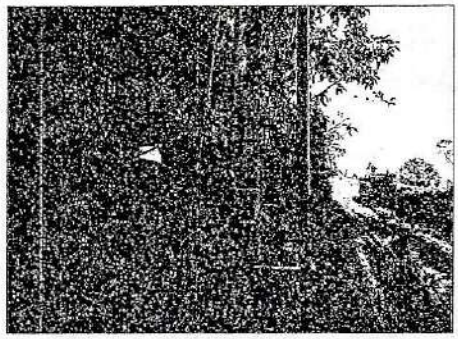


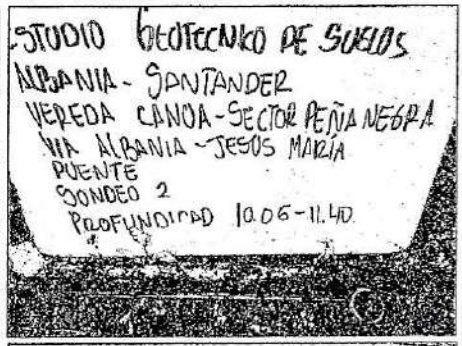
ESTUDIO GEOTECNICO DE SUELOS
ALBANIA - SANTANDER
VEREDA CANOA - SECTOR PEÑA NEGR
VIA ALBANIA - JESUS MARIA
PUENTE
SONDEO 2
PROFUNDIDAD 4.65 - 6.00

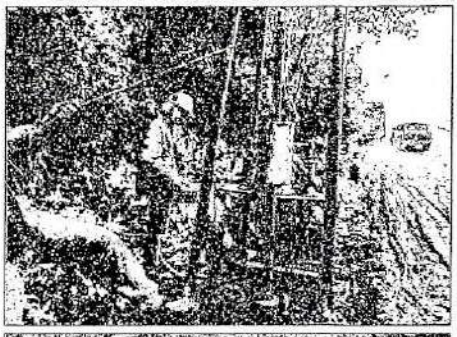


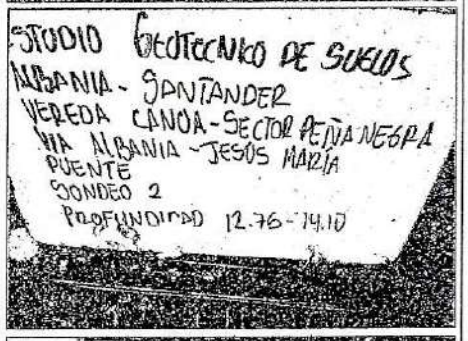
ESTUDIO GEOTECNICO DE SUELOS
ALBANIA - SANTANDER
VEREDA CANOA - SECTOR PEÑA NEGRA
VIA ALBANIA - JESUS MARIA
PUENTE
SONDEO 2
PROFUNDIDAD 7.35 - 8.10

	FORMATO DE CAMPO ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR NORMA INVIAS	INGESUELOS&CONSTRUCCIONES SAS CARRERA 11 # 23 - 12 SAN GIL SANTANDER 3134624919 - 3118954637 INGESUELOS - LAB - 001









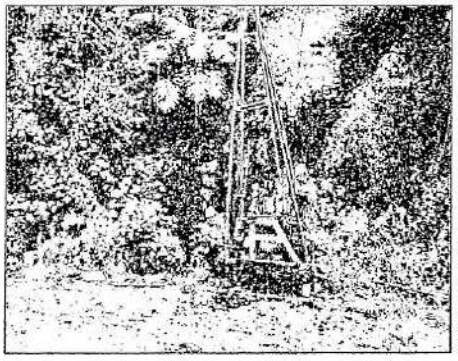
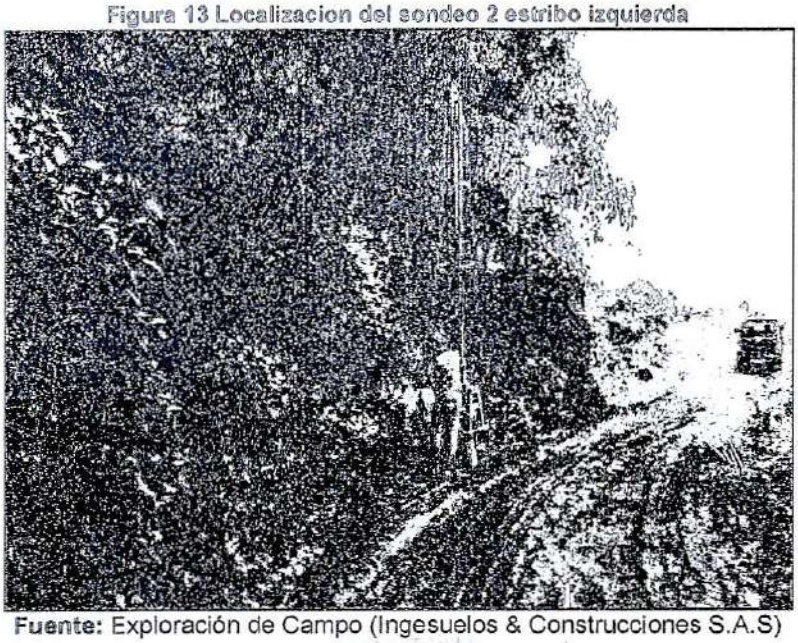




Figura 13 Localizacion del sondeo 2 estribo izquierda

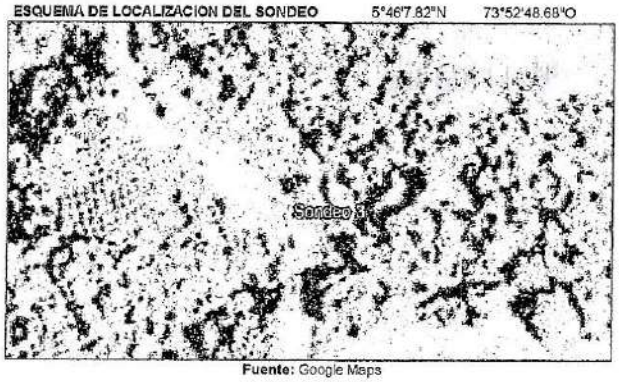


Fuente: Exploración de Campo (Ingesuelos & Construcciones S.A.S)

En el sondeo No. 2 localizado hacia la parte noreste del puente, sobre sobre niveles de rellenos y suelo residual. En este sondeo se identificó un horizonte Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla (GC) de color café claro con un porcentaje de finos del 18.66% para los primeros 4.20 metros de profundidad. La capacidad de soporte del suelo mejoro en los 5.100 metros de profundidad. La profundidad de exploración alcanzó los 15.00 metros.

399

ESQUEMA DE LOCALIZACION DEL SONDEO 5°46'7.82"N 73°52'48.68"O



Fuente: Google Maps

SONDEO No 3, DESCRIPCIÓN
Sondeo Realizado a Profundidad de 15,00 metros.

**Nota: cuando se superan o igualen los 100 golpes en el ensayo del SPT en un intervalo de 30 cm se tomará como rechazo*

Muestra	Profundidad (Cm) inicial	Profundidad (Cm) final	Profundidad (Cm) promedio	Golpes 0 - 6"	Golpes 6" - 12"	Golpes 12" - 18"	Descripcion de la Muestra
Se realizo excavación manual 0,60 metro para descartar la capa vegetal, material no consolidado y material de relleno							
M1	0,60	1,05	0,83	6	6	5	Arenas arcillosas, mezclas de arena y limo **(Arena Arcillosa Con Grava SC)**
	1,05	1,50	1,28	5	5	5	
	1,50	1,95	1,73	6	6	6	
	1,95	2,40	2,18	7	7	7	
	2,40	2,85	2,63	7	7	8	
	2,85	3,30	3,08	8	8	8	
	3,30	3,75	3,53	9	9	9	
	3,75	4,20	3,98	5	5	5	
M2	4,20	4,65	4,43	5	4	4	Arenas arcillosas, mezclas de arena y limo **(Arena Arcillosa, Limosa Con Grava SC - SM)**
	4,65	5,10	4,88	4	13	13	
	5,10	5,55	5,33	13	12	12	
	5,55	6,00	5,78	13	13	13	
	6,00	6,45	6,23	14	14	14	
	6,45	6,90	6,68	14	14	15	
	6,90	7,35	7,13	15	15	15	
	7,35	7,80	7,58	16	16	16	
M3	7,80	8,25	8,03	16	16	17	Arenas limosas, mezclas de arena y limo **(Arena Limosa Con Grava SM)**
	8,25	8,70	8,48	18	18	18	
	8,70	9,15	8,93	17	17	17	
	9,15	9,60	9,38	18	18	18	
	9,60	10,05	9,83	19	19	19	
	10,05	10,50	10,28	18	17	17	
	10,50	10,95	10,73	18	18	17	
	10,95	11,40	11,18	17	17	17	
M4	11,40	11,85	11,63	17	19	19	Arenas arcillosas, mezclas de arena y limo **(Arena Arcillosa Con Grava SC)**
	11,85	12,30	12,08	19	20	20	
	12,30	12,75	12,53	21	21	21	
	12,75	13,20	12,98	22	21	19	
	13,20	13,65	13,43	18	19	21	
	13,65	14,10	13,88	21	21	22	
	14,10	14,55	14,33	22	22	23	
	14,55	15,00	14,78	22	22	23	

OBSERVACIONES:

Se evidencio que no hubo cambio de material en la perforacion y/o sondeo realizado. En todo caso primará el concepto del ingeniero geotecnista, quien definirá la exploración necesaria siguiendo los lineamientos ya señalados. No se encontro nivel freatico

INGESUELOS & CONSTRUCCIONES	FORMATO DE CAMPO ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR NORMA INVIAS	INGESUELOS&CONSTRUCCIONES SAS CARRERA 11 # 23 - 12 SAN GIL SANTANDER 3134624919 - 3118954637 INGESUELOS - LAB - 001

