Para el presente estudio se realizaron 8 sondeos con SPT, las cuales sirvieron como referencia para toma de muestras para clasificación de los suelos, y de verificación de perfiles, las cuales fueron tomadas cada metro y seleccionadas por el geotecnista para la realización de los ensayos, se tomaron 2 muestras inalteradas para tener parámetros de diseño directos y ser comparados con las correlaciones que se utilizaran en este estudio.

Cada una de las muestras recobradas por medio de la prueba de SPT fueron clasificadas según el método SUCS, por medio de ensayos de granulometría y límites de Atterberg, adicionalmente se determinó la humedad natural de la masa de suelo encontrándose con una humedad media. Es reiterativa la alta resistencia que presentó el manto inferior.

Tipo de exploración	Profundidad Alcanzada (m)	Cantidad	Numero de Muestras por sondeo	Tipo de Muestras
Percusión – barreno de rotación	6	8	6	Alteradas - SS
Exploración mecánica	Tallada en talud	2	1	Alteradas - SS

Tabla 56 Tipo de exploración desarrollada y muestras obtenidas

Ensayo de Laboratorio	*Norma Utilizada*	*Cantidad*	*tipo de muestra*
Humedad Natural	INVE 122	48	Alterada
Limite Liquido y Plástico	INVE 125 - 126	48	Alterada
Granulometría Lavado Tamiz No. 200	INVE 123	48	Alterada

Tabla 57 Ensayos realizados

Perfil Estratigráfico

A partir de la información disponible de los sondeos exploratorios, pruebas de campo, ensayos de laboratorio y reconocimiento (recorridos) de campo, se establece el perfil geotécnico típico para sector

0.0	Relleno o afirmado con escombros
0.5	
1.0	Suelo arenoso de color amarillo con algunas betas blancas, humedad y plasticidad baja.
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	
3.5	
4	
4.5	Suelos arenosos con betas negras compactas.
5	
5.5	
6	

Con el objetivo de complementar los resultados de la exploración de campo y poder caracterizar el suelo, se tomaron muestras alteradas de los suelos encontrados. Sobre dichas muestras, se realizaron diferentes ensayos de clasificación tales como humedad natural, límites de consistencia y granulometría, los cuales permitieron obtener las condiciones de estado de los materiales de la zona y adicionalmente permiten clasificar los materiales.

Desde la Tabla 60 hasta la Tabla 64, se presentan los resúmenes de los ensayos de clasificación efectuados sobre las muestras alteradas recuperadas mediante información primaria como secundaria. Para interpretar la información obtenida con los ensayos, se presentan los límites de Atterberg ubicados en la Carta de Plasticidad de Casagrande (Figura 10), y se han trazado las gráficas de la variación de la humedad y los índices de consistencia con la profundidad. Se define el índice de consistencia según la norma (DIN, 2010) cómo:

$$IC = \frac{LL - W}{LL - LP}$$

De acuerdo con este índice, la consistencia del suelo puede calificarse como se indica en la Tabla 58.

IC	CONSISTENCIA
0.50-0.75	BLANDO
0.75-1.00	MEDIO
>1.00	DURO

Tabla 58 Consistencia de los suelos según el índice de consistencia según Norma Alemana DIN 1054

Para conocer en detalle el procedimiento llevado a cabo en laboratorio durante la ejecución del ensayo de granulometría y clasificación para la obtención de resultados, remitirse al Anexo B del informe del Talud.

En general, es posible apreciar, que los suelos encontrados en el sitio son predominantemente clasificados Arenas Limosas (SM), en los cuales se logra identificar el alto porcentaje de finos y arenas con que cuenta el material.

Por otra parte, el horizonte IC contiene porcentajes de humedades variables entre el 6,71% y 22,69%. A su vez, se tienen variaciones pequeñas del límite líquido entre 33,02% y 27.68%, del límite plástico entre 23,28% al 23%, y del índice de plasticidad entre 1,56% y 4,40%. Así mismo, el contenido de humedad es mayor al límite plástico, y los valores del índice de consistencia (IC) permiten caracterizar al suelo en una consistencia primordialmente dura.

La presencia del más del 50% en componentes fino granulares en la mayoría de las muestras, da soporte a la clasificación estratigráfica anteriormente presentada.

Ahora de los parámetros obtenidos del ensayo de SPT en campo se pueden obtener diferentes parámetros adicionales como lo es el caso de la densidad relativa, que para este estudio se basa en la correlación planteada por Terzaghi y Peck, donde se indica que, los suelos objetos de estudio poseen una compacidad medianamente densa.

(N_{60})	$Dr\%$	Compacidad
0-3	0-15	Muy suelta
3-8	15-35	Suelta
8-25	35-65	Medianamente densa
25-42	65-85	Densa
42-58	85-100	Muy densa

Tabla 59 Densidad relativa - SPT

A continuación, se presentan las tablas resumen de los sondeos realizados en el proyecto

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 1											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	limite liquido	IP	Humedad	N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S1-M1	90%	NL	NP	12,59%	15	15	17	33,23%	32,14%	34,63%
2	S1-M2	94%	29,03%	2,50%	11,03%	17	15	17	34,12%	24,95%	40,93%
3	S1-M3	97%	29,41%	5,74%	13,34%	23	18	21	19,83%	37,66%	42,51%
4	S1-M4	98%	31,00%	7,46%	14,81%	24	17	19	15,13%	42,34%	45,81%
5	S1-M5	95%	25,30%	3,18%	15,35%	29	29	21	30,51%	51,29%	18,20%
6	S1-M6	91%	NL	NP	18,03%	32	29	22	36,37%	48,27%	15,36%

Tabla 60 resumen datos – sonde 1

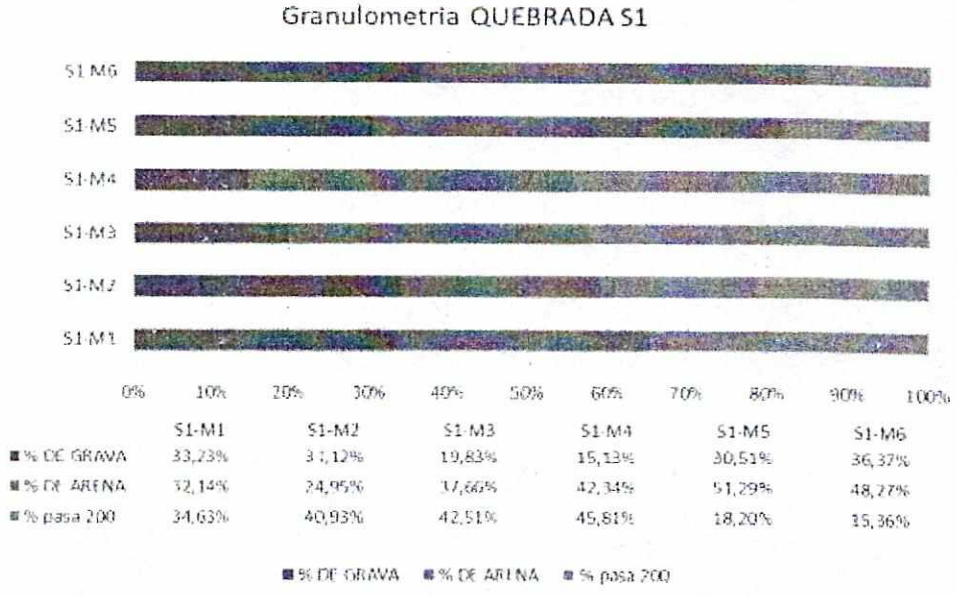


Tabla 61 Distribución Granulométrica

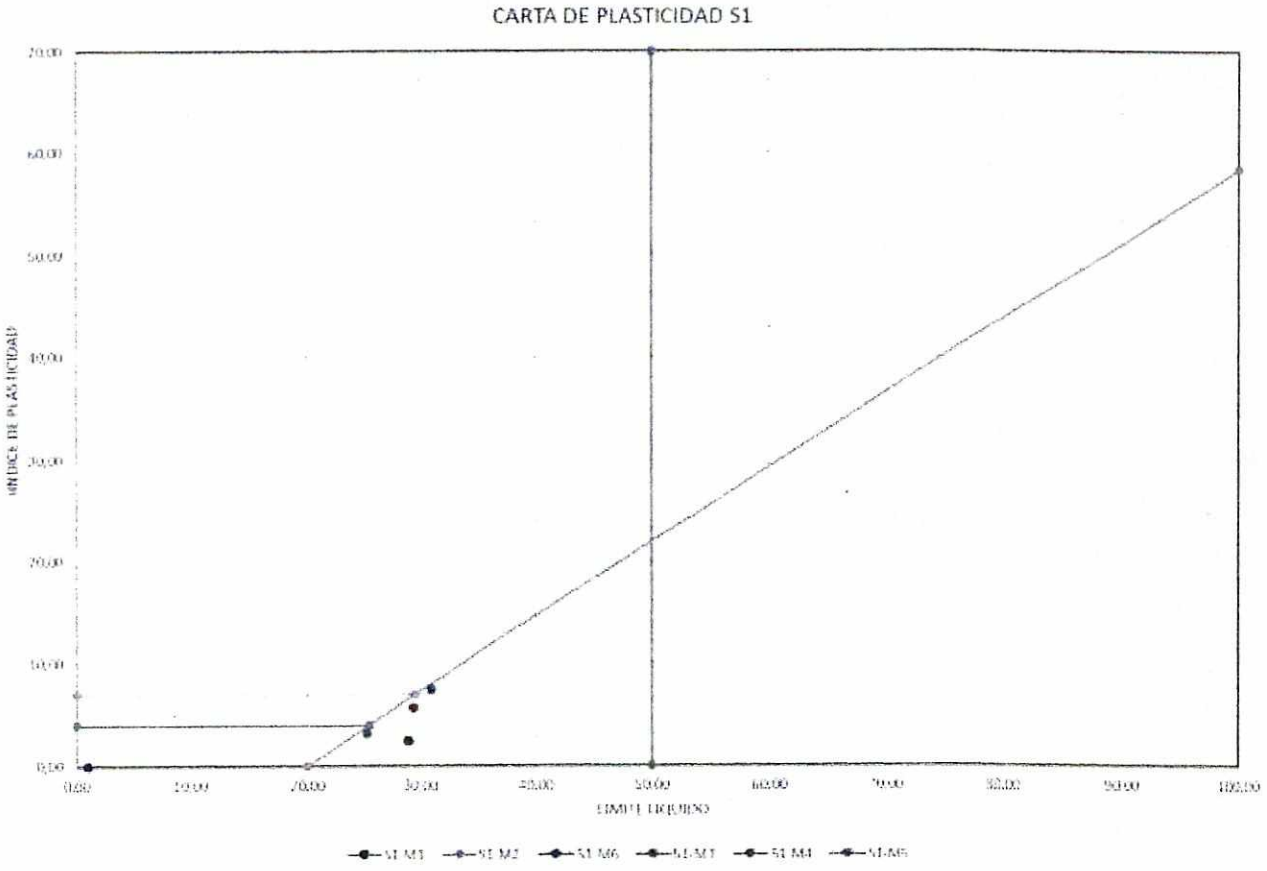
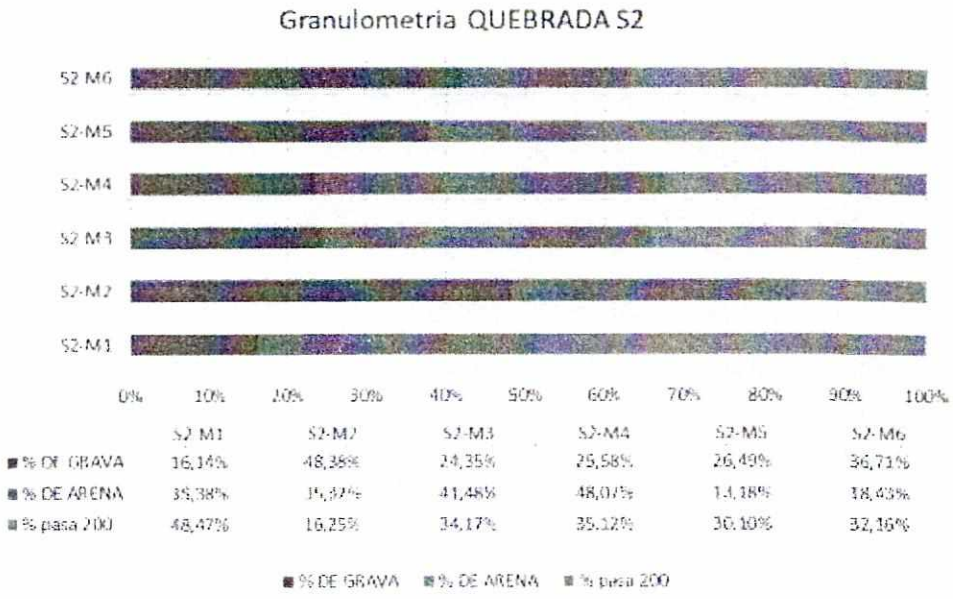


Tabla 62 Limites de consistencia

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 2											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	limite liquido	IP	Humedad	N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S2-M1	86%	31,16%	8,56%	11,84%	14	14	16	16,14%	35,38%	48,47%
2	S2-M2	100%	NL	NP	12,33%	15	13	15	48,38%	35,37%	16,25%
3	S2-M3	94%	34,77%	6,58%	13,34%	19	15	17	24,35%	41,48%	34,17%
4	S2-M4	100%	32,07%	7,44%	13,91%	30	21	24	25,58%	48,07%	35,12%
5	S2-M5	91%	28,35%	4,04%	15,75%	30	30	22	26,49%	13,18%	30,10%
6	S2-M6	94%	NL	NP	10,92%	38	34	26	36,71%	18,43%	32,16%

Tabla 63 resumen de datos – sondeo 2



	S2-M1	S2-M2	S2-M3	S2-M4	S2-M5	S2-M6
% DE GRAVA	16,14%	48,38%	24,35%	25,58%	26,49%	36,71%
% DE ARENA	35,38%	35,37%	41,48%	48,07%	14,18%	18,43%
% pasa 200	48,47%	16,25%	34,17%	35,12%	30,10%	32,16%

Tabla 64 Distribución granulométrica

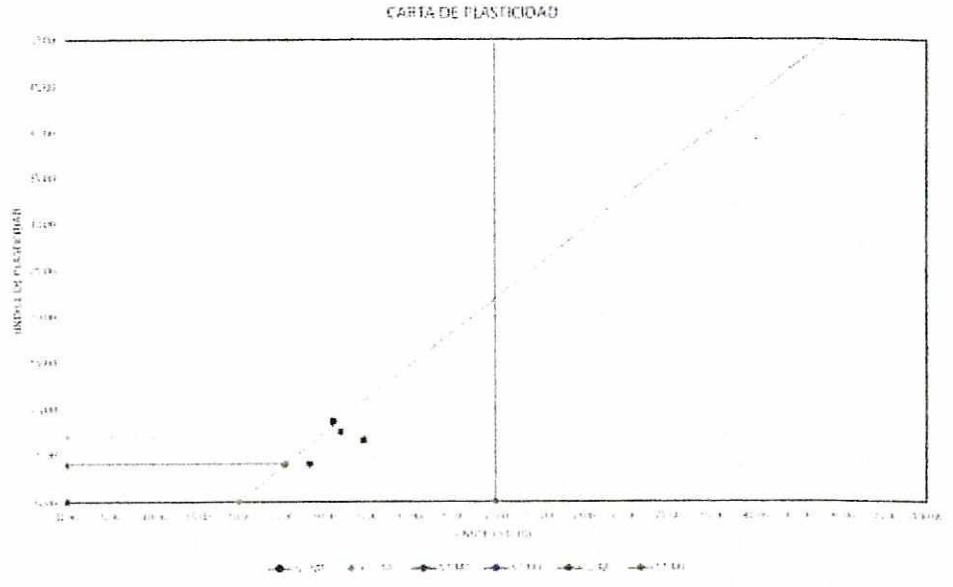


Tabla 65 Limites de consistencia

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 3											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	limite liquido	IP	Humedad	N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S3-M1	100%	33,38%	9,19%	16,69%	18	18	21	21,26%	38,66%	40,08%
2	S3-M2	100%	29,73%	6,64%	15,08%	20	17	20	35,90%	26,82%	37,28%
3	S3-M3	99%	30,49%	8,14%	20,71%	26	20	23	30,21%	44,22%	25,58%
4	S3-M4	92%	NL	NP	15,58%	30	21	24	41,98%	53,52%	16,78%
5	S3-M5	92%	25,45%	2,16%	19,33%	36	35	27	36,31%	14,69%	17,76%
6	S3-M6	89%	NL	NP	10,38%	45	41	31	47,60%	23,59%	15,87%

Tabla 66 resumen de datos – sondeo 3

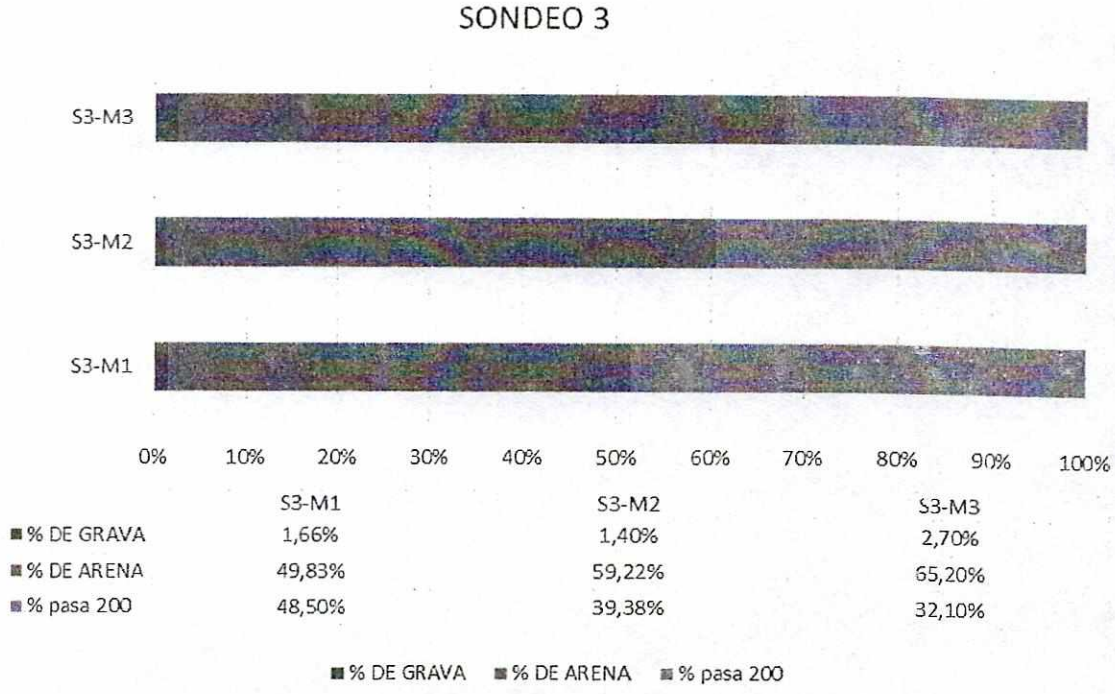


Tabla 67 Distribución granulométrica

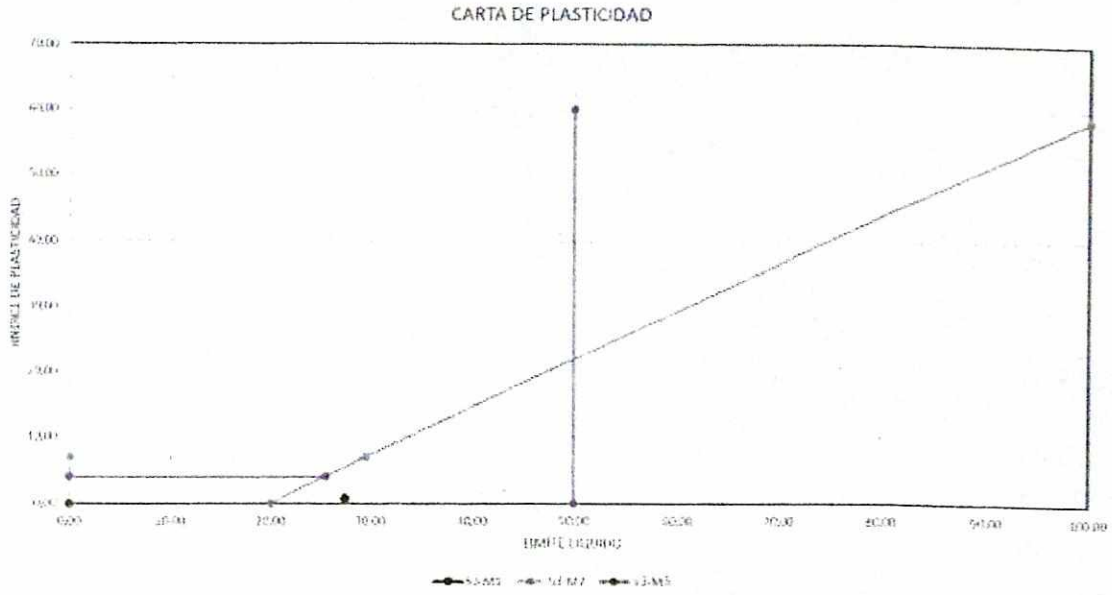
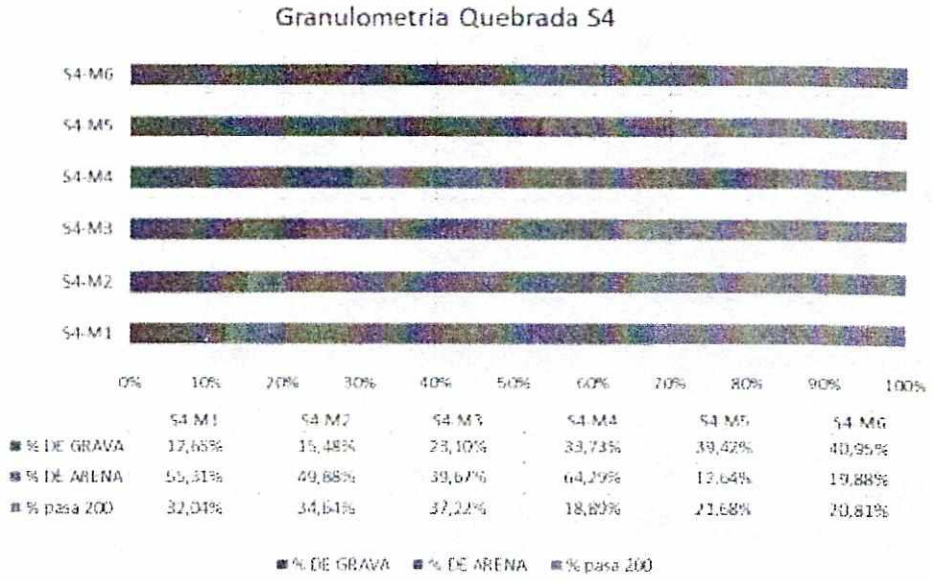


Tabla 68 Limites de consistencia

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 4											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	limite liquido	IP	Humedad	N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S4-M1	100%	33,85%	7,79%	14,18%	17	17	19	12,65%	55,31%	32,04%
2	S4-M2	100%	29,38%	3,31%	16,40%	21	18	21	15,48%	49,88%	34,64%
3	S4-M3	100%	33,47%	9,15%	14,23%	22	17	20	23,10%	39,67%	37,22%
4	S4-M4	93%	28,80%	6,56%	16,39%	26	18	21	33,73%	64,29%	18,89%
5	S4-M5	88%	NL	NL	23,84%	38	37	28	39,42%	12,64%	21,68%
6	S4-M6	93%	NL	NP	11,65%	38	34	26	40,95%	19,88%	20,81%

Tabla 69 resumen de datos – sondeo 4



	S4-M1	S4-M2	S4-M3	S4-M4	S4-M5	S4-M6
% DE GRAVA	17,65%	15,48%	23,10%	33,73%	39,42%	40,95%
% DE ARENA	55,31%	49,88%	39,67%	64,29%	17,64%	19,88%
% pasa 200	32,04%	34,64%	37,22%	18,89%	21,68%	20,81%

Tabla 70 Distribución granulométrica

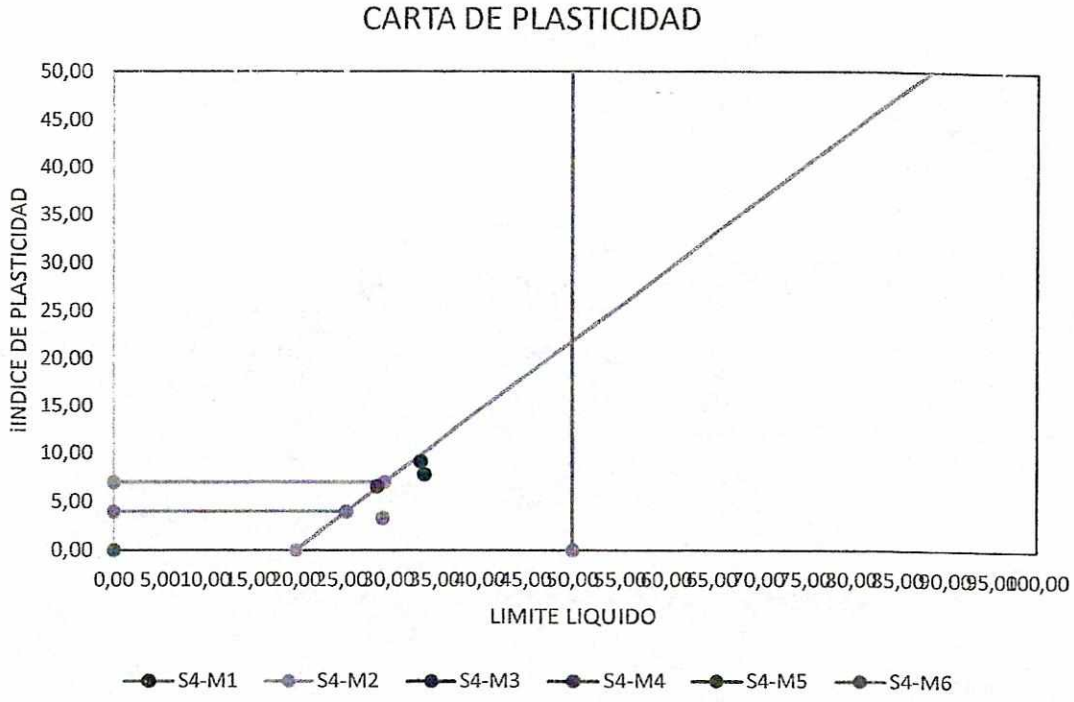
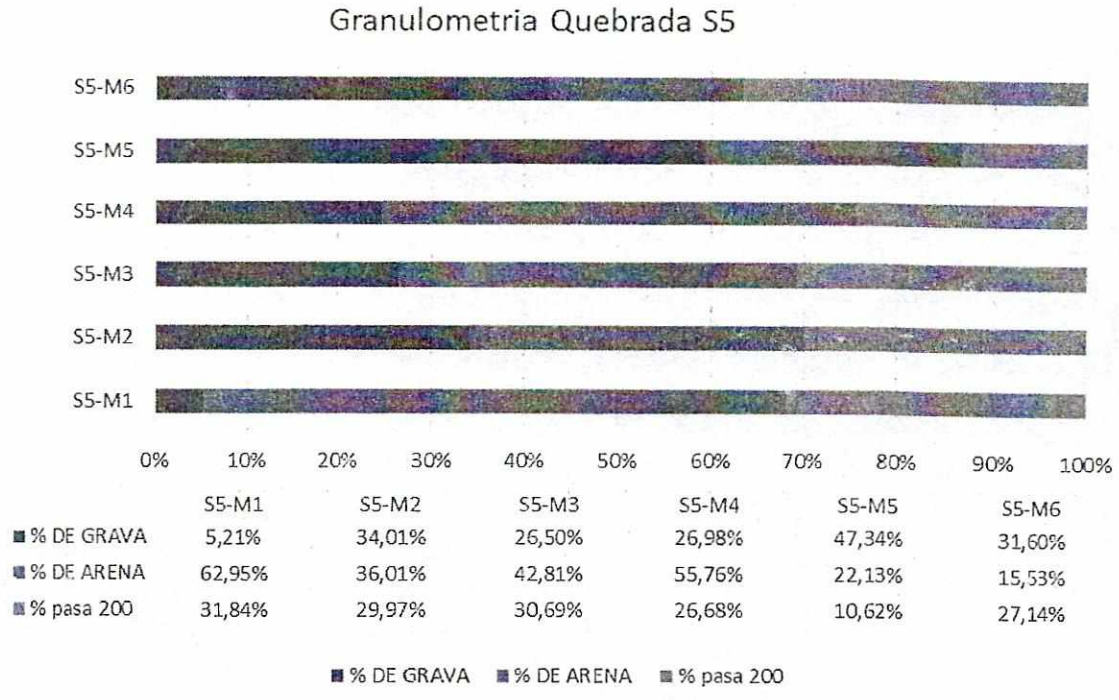


Tabla 71 Carta de plasticidad

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 5											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	limite liquido	IP	Humedad	N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S5-M1	100%	34,34%	10,68%	17,02%	20	20	23	5,21%	62,95%	31,84%
2	S5-M2	100%	33,08%	7,21%	16,78%	24	21	24	34,01%	36,01%	29,97%
3	S5-M3	94%	32,00%	8,25%	16,76%	26	20	23	26,50%	42,81%	30,69%
4	S5-M4	100%	28,80%	4,67%	7,54%	30	21	24	26,98%	55,76%	26,68%
5	S5-M5	92%	NL	NL	46,47%	39	38	29	47,34%	22,13%	10,62%
6	S5-M6	91%	NL	NP	13,81%	40	36	27	31,60%	15,53%	27,14%

Tabla 72 sondeo 5



	S5-M1	S5-M2	S5-M3	S5-M4	S5-M5	S5-M6
% DE GRAVA	5,21%	34,01%	26,50%	26,98%	47,34%	31,60%
% DE ARENA	62,95%	36,01%	42,81%	55,76%	22,13%	15,53%
% pasa 200	31,84%	29,97%	30,69%	26,68%	10,62%	27,14%

Tabla 73 sondeo 5

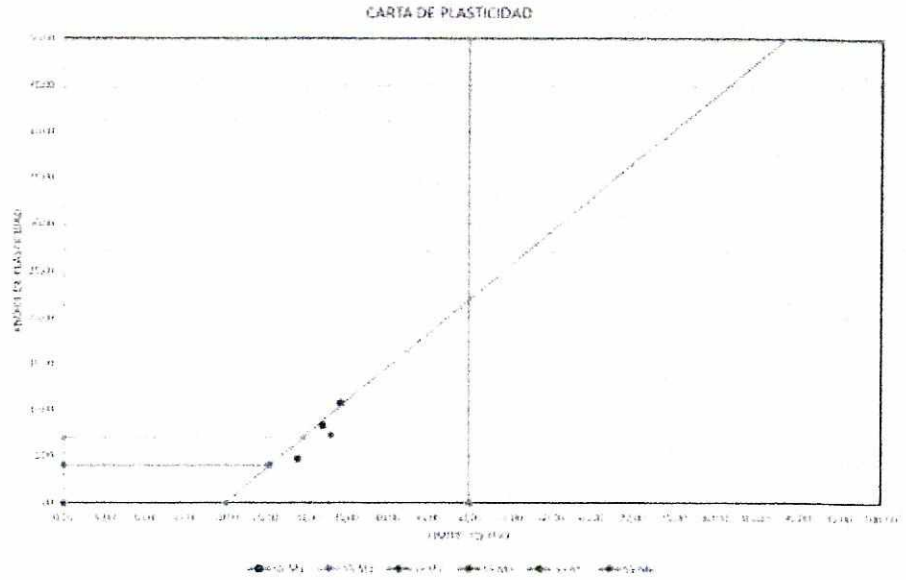
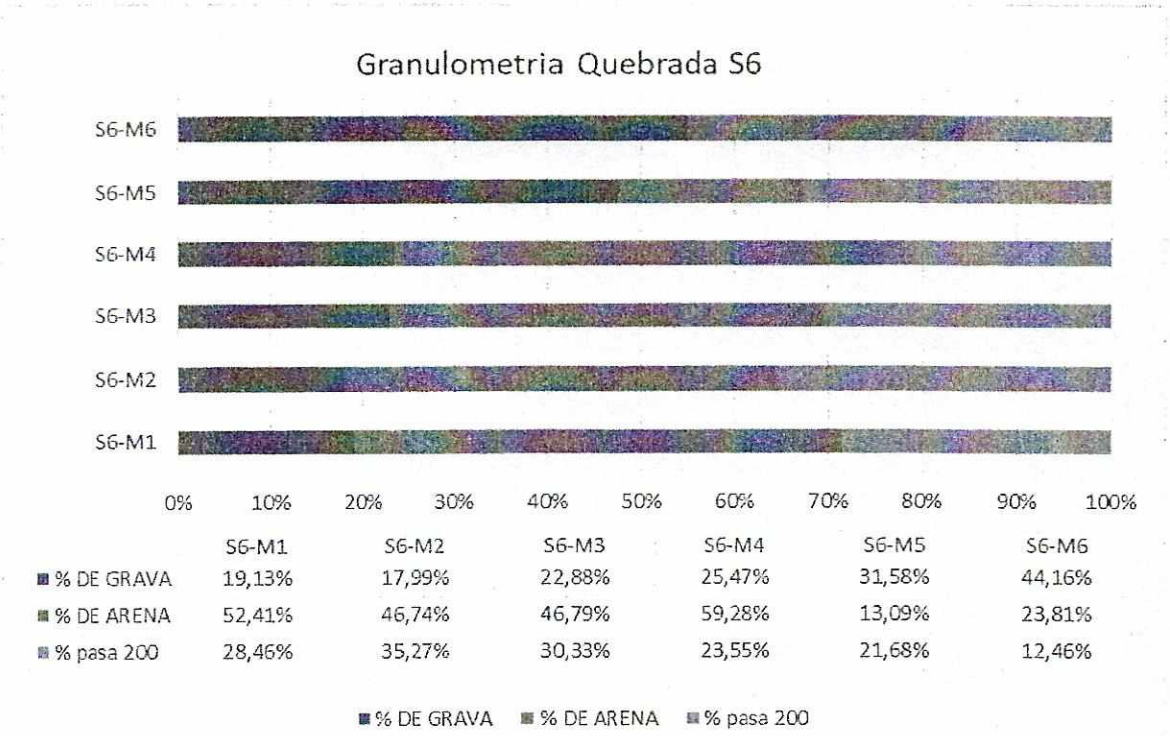


Tabla 74 sondeo 5

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 6											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	limite liquido	IP	Humedad	> N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S6-M1	100%	32,46%	6,68%	16,38%	23	23	26	19,13%	52,41%	28,46%
2	S6-M2	100%	31,55%	7,44%	14,12%	27	23	27	17,99%	46,74%	35,27%
3	S6-M3	100%	28,06%	5,70%	15,44%	29	22	26	22,88%	46,79%	30,33%
4	S6-M4	100%	NL	NP	11,33%	33	23	27	25,47%	59,28%	23,55%
5	S6-M5	92%	NL	NP	16,43%	39	38	29	31,56%	13,09%	21,68%
6	S6-M6	90%	NL	NP	15,27%	48	43	33	44,16%	23,81%	12,46%

Tabla 75 Sondeo 6



	S6-M1	S6-M2	S6-M3	S6-M4	S6-M5	S6-M6
% DE GRAVA	19,13%	17,99%	22,88%	25,47%	31,58%	44,16%
% DE ARENA	52,41%	46,74%	46,79%	59,28%	13,09%	23,81%
% pasa 200	28,46%	35,27%	30,33%	23,55%	21,68%	12,46%

Tabla 76 sondeo 6

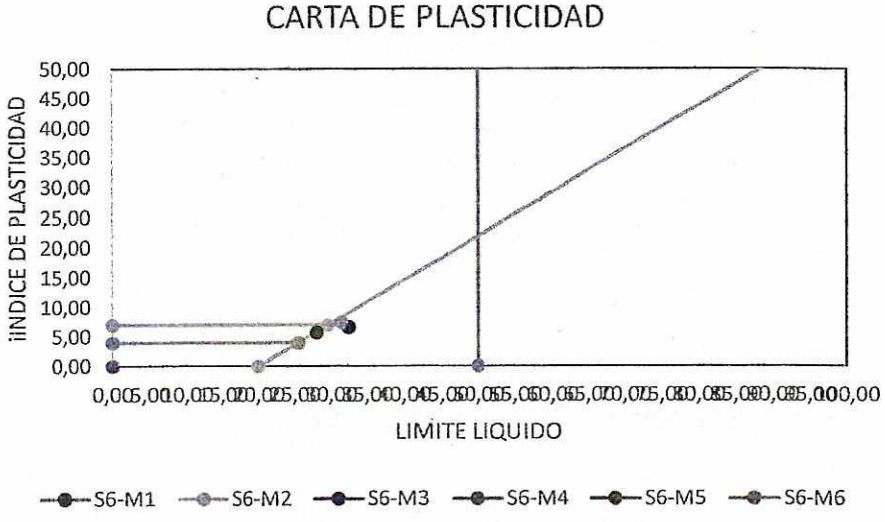
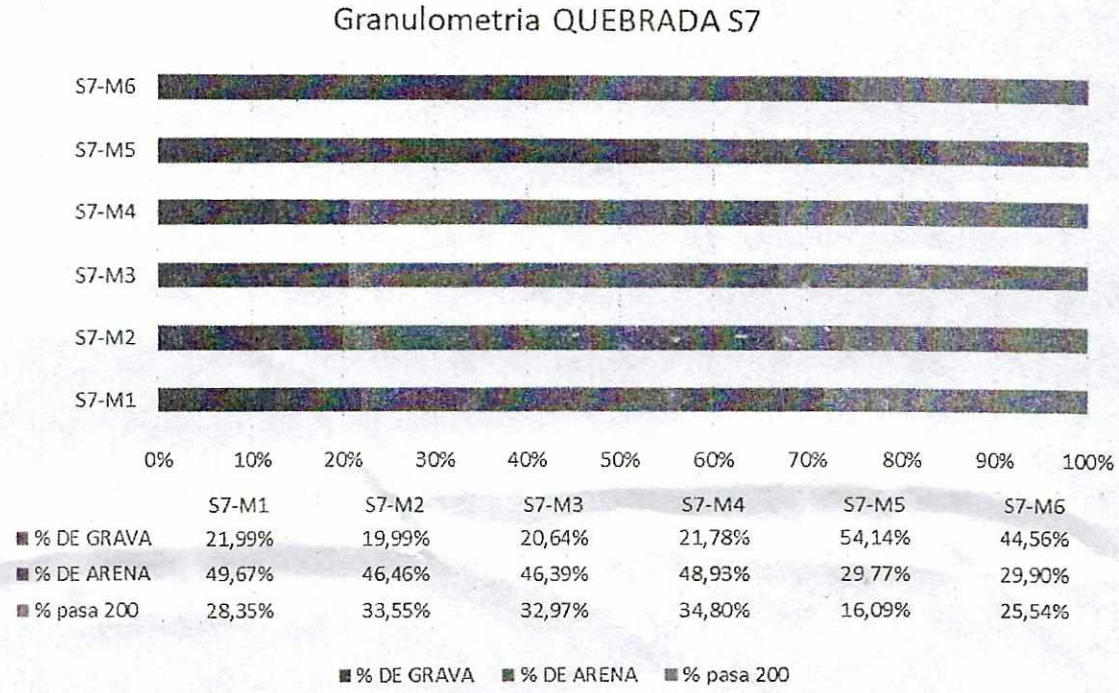


Tabla 77 sondeo 6

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 7											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	limite liquido	IP	Humedad	N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S7-M1	100%	NL	NP	17,28%	23	23	26	21,99%	49,67%	28,35%
2	S7-M2	100%	33,55%	7,05%	14,87%	25	22	25	19,99%	46,46%	33,55%
3	S7-M3	97%	36,11%	9,23%	17,11%	31	24	28	20,64%	46,39%	32,97%
4	S7-M4	100%	31,66%	8,12%	15,27%	37	26	30	21,78%	48,93%	34,80%
5	S7-M5	94%	NL	NP	14,34%	42	41	31	54,14%	29,77%	16,09%
6	S7-M6	91%	NL	NP	13,92%	42	38	28	44,56%	29,90%	25,54%

Tabla 78 sondeo 7



	S7-M1	S7-M2	S7-M3	S7-M4	S7-M5	S7-M6
% DE GRAVA	21,99%	19,99%	20,64%	21,78%	54,14%	44,56%
% DE ARENA	49,67%	46,46%	46,39%	48,93%	29,77%	29,90%
% pasa 200	28,35%	33,55%	32,97%	34,80%	16,09%	25,54%

Tabla 79 sondeo 7

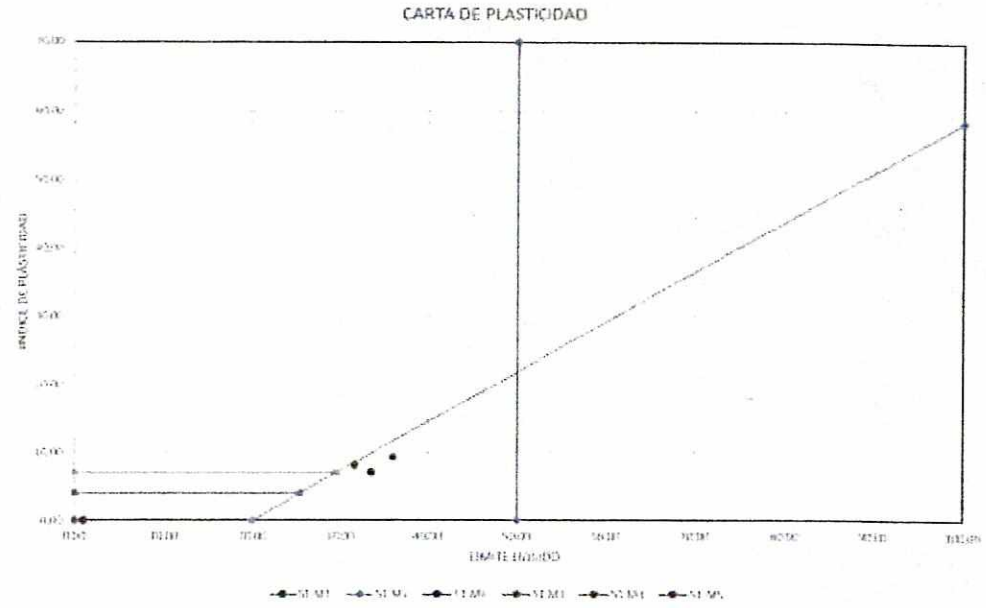
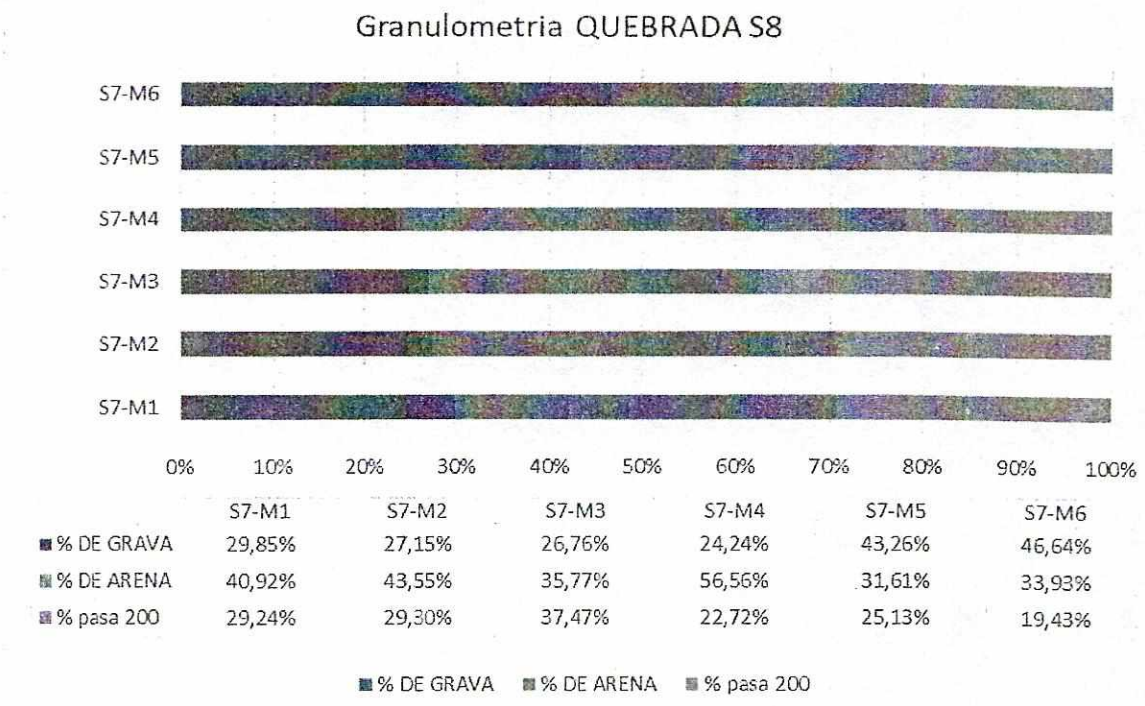


Tabla 80 sondeo 7

HOJA RESUMEN DE DATOS - SONDEO 7											
No. MUESTRA	Nombre de la muestra	% pasa No. 4	límite líquido	IP	Humedad	N -SPT	N corregido		% DE GRAVA	% DE ARENA	% pasa 200
							N 70	N 60			
1	S7-M1	96%	NL	NP	25,48%	27	27	31	29,85%	40,92%	29,24%
2	S7-M2	100%	34,14%	6,78%	14,33%	28	24	28	27,15%	43,55%	29,30%
3	S7-M3	97%	29,16%	1,94%	16,95%	32	25	29	26,76%	35,77%	37,47%
4	S7-M4	98%	27,42%	4,58%	13,55%	38	26	31	24,24%	56,56%	22,72%
5	S7-M5	89%	NL	NP	20,24%	46	45	34	43,26%	31,61%	25,13%
6	S7-M6	91%	NL	NP	16,87%	48	43	33	46,64%	33,93%	19,43%

Tabla 81 sondeo 8



	S7-M1	S7-M2	S7-M3	S7-M4	S7-M5	S7-M6
% DE GRAVA	29,85%	27,15%	26,76%	24,24%	43,26%	46,64%
% DE ARENA	40,92%	43,55%	35,77%	56,56%	31,61%	33,93%
% pasa 200	29,24%	29,30%	37,47%	22,72%	25,13%	19,43%

Tabla 82 sondeo 8

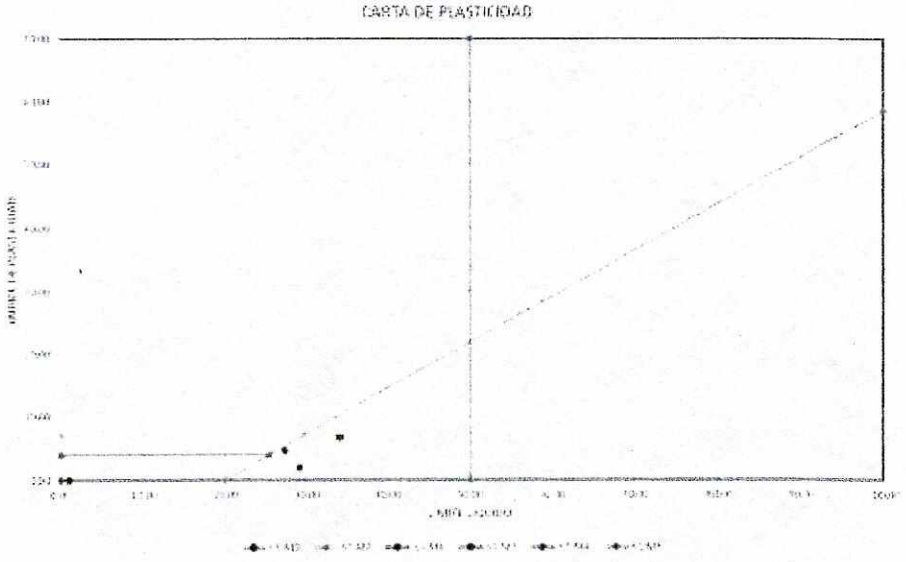
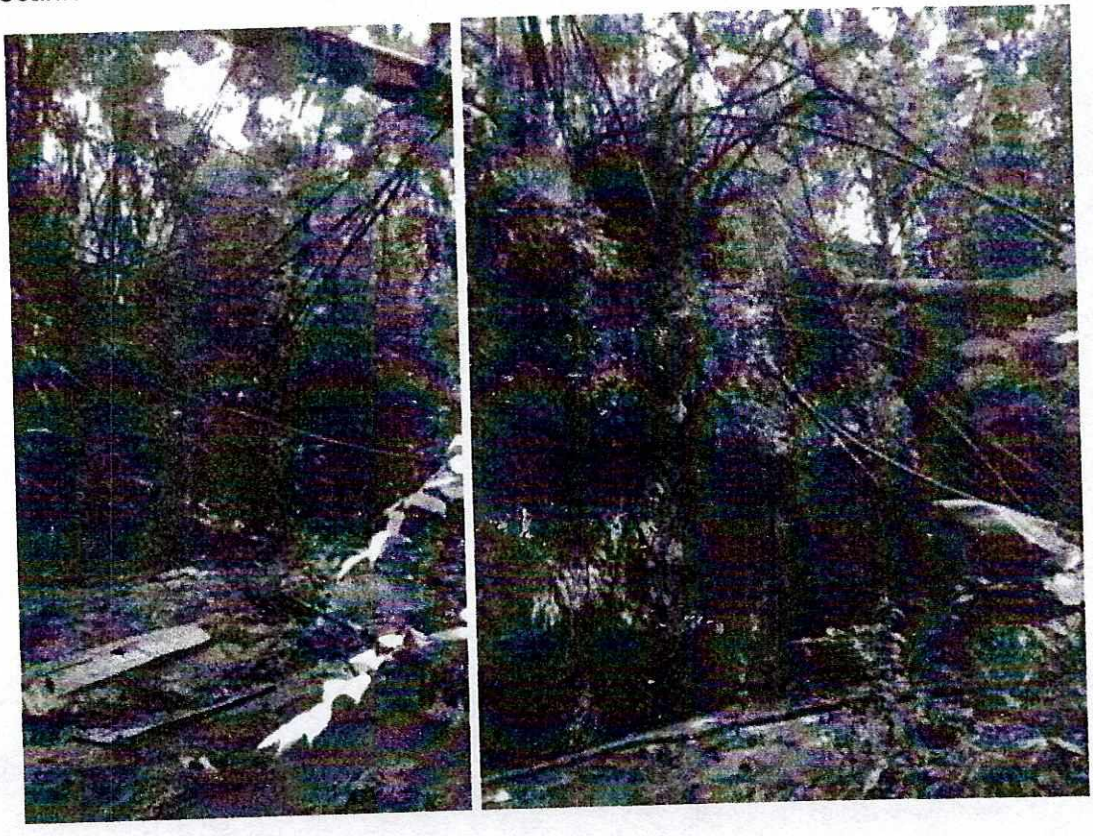


Tabla 83 sondeo 8

12.6 DIAGNOSTICO GEOTECNICO

Dentro del diagnóstico geotécnico realizado para este estudio, se presenta el perfil estratigráfico inferido de los trabajos de exploración realizados, los parámetros geomecánicos de los materiales encontrados, asumidos de los resultados de ensayos de laboratorio, junto con la identificación de zonas inestables y los tipos de mecanismos de falla en el tramo objeto de estudio.



Fotografía 12 Movimiento por erosión.

Perfil estratigráfico generalizado.

El perfil del suelo encontrado, se compone por un entalle fluvial de la quebrada la arenosa, compuesto por un material arenoso limoso, de baja plasticidad y alto grado de consolidación, así mismo y conforme indica la geología en este sector se presentan arenas compactas conglomeriticas densas, con entalle natural, por el paso del agua de la quebrada.

En la parte inferior del talud se evidencia la quebrada la arenosa, con alto contenido de bolos, en una matriz arenoso limosa, de alta densidad, no se evidencian partículas plásticas o suelos deformables o arcillosos.

0.0	Relleno o afirmado con escombros
0.5	
1.0	Suelo arenoso de color amarillo con algunas betas blancas, humedad y plasticidad baja.
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	
3.5	
4	
4.5	Suelos arenosos con betas negras compactas.
5	
5.5	
6	

Parámetros geotécnicos.

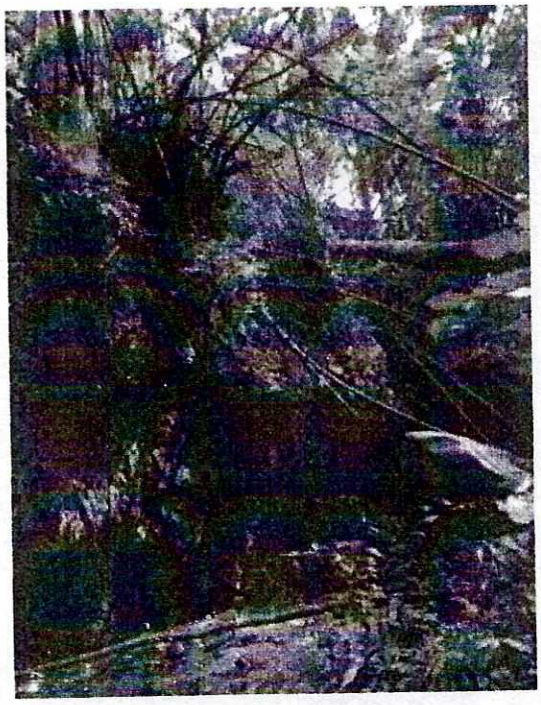
para la realización de los análisis de estabilidad de taludes se tuvieron en cuenta 3 materiales distintos de acuerdo a lo descrito en los perfiles estratigráficos, valores obtenidos mediante la exploración de campo con ensayos in situ y ensayos de laboratorio como corte directo y compresiones simples o inconfinadas, para el primer manto descrito en la corona del talud se encontró un material areno limoso de comportamiento granular se realizó un ensayo de corte directo y se obtuvo un valor de 29° de Angulo de fricción interna y de 34 KPa de cohesión, este valor se estableció igual para los tramos encontrados superficialmente en la parte baja del talud, pues el material presenta las mismas características. El segundo material descrito es el encontrado en el centro del cuerpo del talud el cual mediante un ensayo de corte directo se determinó un ángulo de fricción de 38° y una cohesión de 17 KPa. Valor que se incrementa a medida que se profundiza pero que para efectos de análisis se asumirá este como único.

Para finalizar se obtuvieron valores mediante ensayos de campo para los materiales de relleno utilizados en la parte superior y para el batolito, tomando para estos valores críticos obtenidos mediante diferentes correlaciones con respecto al ensayo de campo SPT.

12.7 IDENTIFICACION DE ZONAS INESTABLES Y MECANISMOS DE FALLA

El primer mecanismo de falla evidenciado es la posible infiitración de aguas sobre el cuerpo del talud, debido al mal estado de las vías ubicadas en la corona y a un inadecuado manejo de aguas lluvias de las viviendas ubicadas en su corona.

El segundo agente detonante es el alto grado de deforestación que se presenta por la ocupación de las viviendas en la corona, generando cargas y desprendimientos de secciones por lo efetos de tensión de las raíces de las especies arbóreas en mal estado o colapsadas.



También se evidencia un proceso de socavación en la pata del talud, debido al régimen propio de la quebrada la arenosa, el cual esta colindando con la pata y el cuerpo del talud.

Finalmente las sobrecargas impuestas al talud en su corona, por la construcción o asentamientos humanos en las áreas de ronda hídrica, ocasionando pesos que se traducen en mayores esfuerzos al cuerpo del talud.

12.8 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Para realizar el análisis de estabilidad del talud se determinaron las zonas inestables, las causas y mecanismos de falla con el fin de poder cuantificar los parámetros que afectan la estabilidad de un talud y poder diagnosticar la amenaza a la cual están expuestos los habitantes del sector. Este proceso se realizó con base en la metodología planteada por Jaime Suarez Díaz, la cual consta de las siguientes etapas:

- Reconocimiento e identificación del sitio.
- Análisis de la información existente.
- Estudio de las características superficiales del sitio que permitan la caracterización topográfica y geotécnica.
- Investigación de campo que incluya sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para cuantificar los parámetros del suelo.
- Investigación de laboratorio.
- Elaboración del modelo conceptual de los mecanismos de las fallas actuales o potenciales.
- Modelación matemática.
- Elaboración del plan de manejo y diseño de obras de remediación.

Para la realización de los cálculos y modelaciones matemáticas se tuvieron en cuenta las tres metodologías mas recomendadas por distintos autores las cuales son Bishop, Fellenius y Janbu. El primero asume superficies de falla circulares, parámetros de equilibrio por momentos y asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero. El segundo asume también superficies de falla circulares pero toma como sistema de equilibrio las fuerzas, más no los momentos, y finalmente Janbu que asume superficies de falla de cualquier forma y parámetros de equilibrio las fuerzas.

El método de Bishop es un método que utiliza dovelas y tiene en cuenta el efecto de las fuerzas entre las mismas. Este asume que las fuerzas entre dovelas son horizontales. Es decir, que no tiene en cuenta las fuerzas de cortante. Dado la complejidad de su modelo matemático este planteó una versión simplificada de su método, de acuerdo con la expresión:

$$F.S. = \frac{\sum \left[\frac{c'\Delta l \cos\alpha + (W' u \Delta l \cos\alpha)\tan\phi'}{\cos\alpha + (sen\alpha \tan\phi')/FS} \right]}{\sum W sen\alpha}$$

Donde:

Δl = longitud de arco de la base de la dovela

W = Peso de cada dovela

C', φ= Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = γ w x *h* w

α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

Para la solución de esta se requiere un proceso iterativo por lo cual es necesario plantear un método computacional de solución pues esta formulación. Como se puede observar en la ecuación, el término factor de seguridad FS se encuentra tanto en la izquierda como en la derecha de la ecuación. El método simplificado de Bishop es uno de los métodos más utilizados actualmente para el cálculo de factores de seguridad de los taludes. Aunque el método sólo satisface el equilibrio de momentos, se considera que los resultados son muy precisos en comparación con el método ordinario.

Aunque existen métodos de mayor precisión que el método de Bishop, las diferencias de los factores de seguridad calculados, no son grandes. La principal restricción del método de Bishop simplificado, es que solamente considera las superficies circulares.

Así mismo el método de Fellenius asume superficies de falla circulares, divide el área de falla en tajadas verticales y obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada, y con la sumatoria de los momentos con respecto al centro del círculo se obtiene el Factor de Seguridad. El método de Fellenius es conocido también

como método Ordinario, método sueco, método de las Dovelas o método U.S.B.R. Considerando como fuerzas actuantes en las dovelas El peso y Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción. Al realizar la sumatoria de momentos con respecto al centro del círculo, se obtiene la siguiente expresión:

$$F.S. = \frac{\sum \left[C' \Delta l + \left(W \cos\alpha - u \Delta l \cos^2 \alpha \right) Tan\phi' \right]}{\sum W sen\alpha}$$

Donde:

α = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

W = Peso total de cada tajada.

u = Presión de poros = γ w h w

Δl = longitud del arco de círculo en la base de la tajada

C', φ' = Parámetros de resistencia del suelo.

El método ordinario o de Fellenius solamente satisface los equilibrios de momentos y no satisface el equilibrio de fuerzas.

Finalmente el método simplificado de Janbú se basa en la suposición de que las fuerzas entre dovelas son horizontales y no tienen en cuenta las fuerzas de cortante. Janbú considera que las superficies de falla no necesariamente son circulares y establece un factor de corrección, este depende de la curvatura de la superficie de falla. En algunos casos, la suposición del factor de corrección puede ser una fuente de inexactitud en el cálculo del factor de seguridad. Sin embargo, para algunos taludes la consideración de este factor de curvatura representa el mejoramiento del análisis.

El método de Janbú solamente satisface el equilibrio de esfuerzos y no satisface el equilibrio de momentos. De acuerdo con Janbú:

$$F.S. = \frac{f_o \sum \left\{ \left[c'b + \left(W - ub \right) Tan\phi \right] \frac{1}{\cos\alpha \; ma} \right\}}{\sum \left(W \tan\alpha \right)}$$

Con esto determinado y con base en la zona de inestabilidad identificada en el barrio Las Delicias, la naturaleza de los fenómenos observados, las características de las construcciones que allí se ubican y de acuerdo a los parámetros geomecánicos, de los suelos que aquí se encontraron; se presenta a continuación las características y resultados de los análisis de estabilidad del talud realizado.

Se realizaron análisis estáticos y seudoestáticos del talud objeto de estudio, los factores de seguridad mínimos aceptables serán los estipulados por la Norma Sismo Resistente 2010. En el CAPÍTULO H.5 EXCAVACIONES Y ESTABILIDAD DE TALUDES numeral H.5.2.7.

Tabla H.2.4-1
Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F_{SBM}		F_{SBLM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

Tabla 6 Factores de seguridad básicos mínimos directos NSR-10

Para efectos del análisis del talud, se debe emplear la aceleración máxima del terreno, correspondiente a los movimientos sísmicos definidos en el Capítulo A.2 y A.3 particularmente en el apéndice A-4. Tomando como coeficiente de carga 0.2 g horizontal y como vertical el 10% de este.

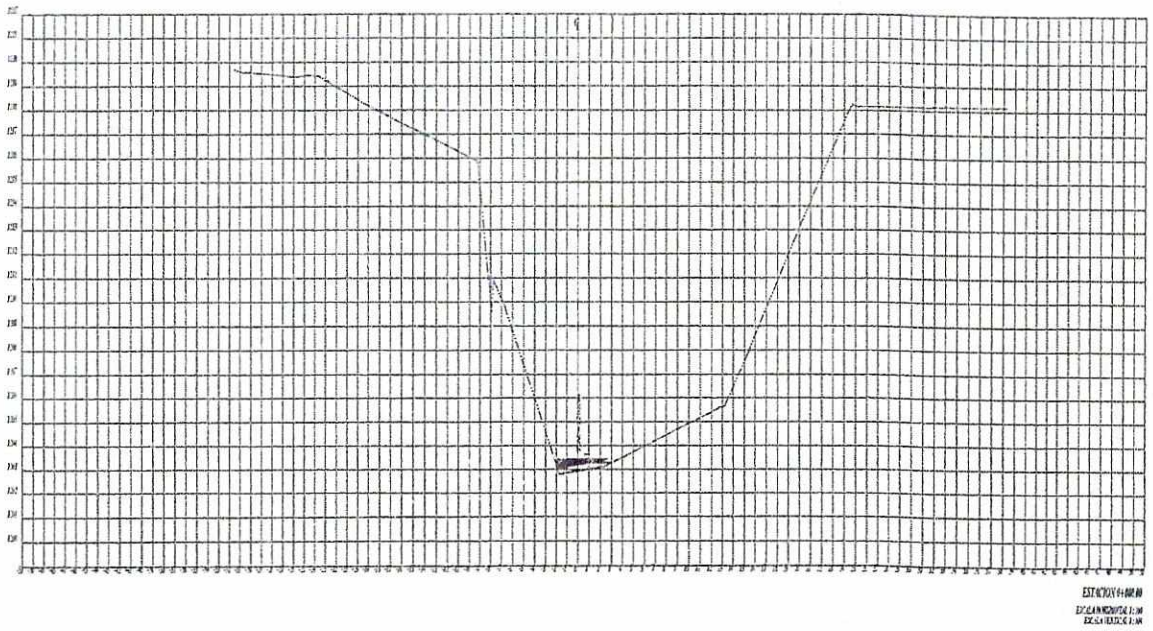
Departamento del Tolima

Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Ibagué	73001	0.20	0.20	Intermedia	0.15	0.08
Alpujarra	73024	0.25	0.25	Alta	0.14	0.07
Alvarado	73026	0.20	0.20	Intermedia	0.13	0.07
Ambalema	73030	0.20	0.20	Intermedia	0.10	0.06
Anzoátegui	73043	0.20	0.20	Intermedia	0.13	0.08
Armero	73055	0.20	0.20	Intermedia	0.10	0.06

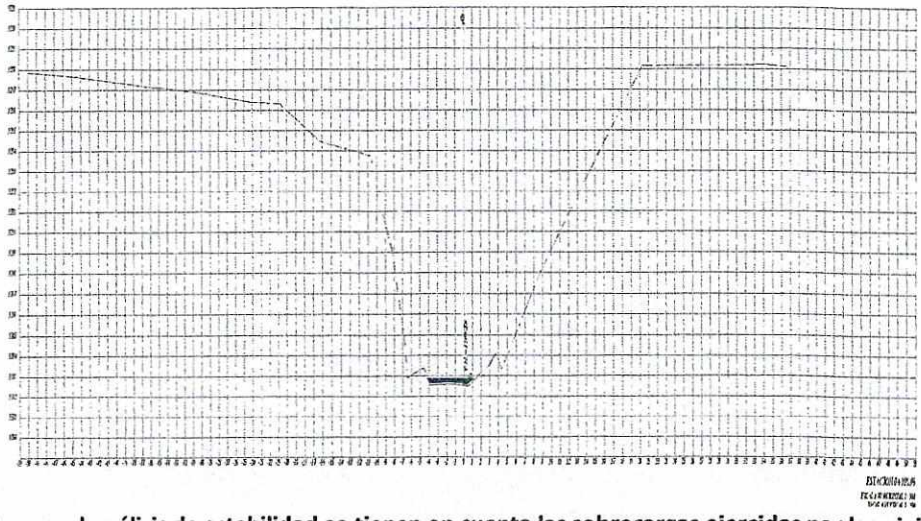
Tabla 7 valor de Aa NSR-10

Para los análisis de estabilidad en el estudio se conto con un modelo geológico-geotécnico con 3 secciones transversal del terreno incluyendo la localización y características de las edificaciones presente el en sitio de estudio, en la cual los cortes realizados se identifican en el plano general.

A continuación se muestran los 3 perfiles identificados objeto de estudio:



Sección 1, en la cual solo se tienen en cuenta el sobre cargas ejercidas por las viviendas y las vías y el efecto del cauce de la quebrada.



Sección 2, para el análisis de estabilidad se tienen en cuenta las sobrecargas ejercidas por las viviendas y la vía en el sector especifico de la vivienda objeto del estudio.

Los parámetros de resistencia de los suelos, corresponden a los obtenidos en los ensayos de laboratorio realizado a las muestras alteradas e inalteradas obtenidas en las exploraciones geotécnicas.

Finalmente se ubicaron una serie de sobrecargas correspondiente a las viviendas y obras civiles que en la visita preliminar se localizaron.

Para realizar el análisis de la sección 1 se tomaron en cuenta tres tipos de sobre cargas ubicadas en diferentes puntos del talud. Las cuales constan de 1,5 Ton/m para los sectores con presencia de vías de acuerdo a lo establecido por la NSR-10, 1,0 Ton/m en el los sectores de viviendas teniendo en cuenta que estas son construcciones menores de 1 y 2 pisos

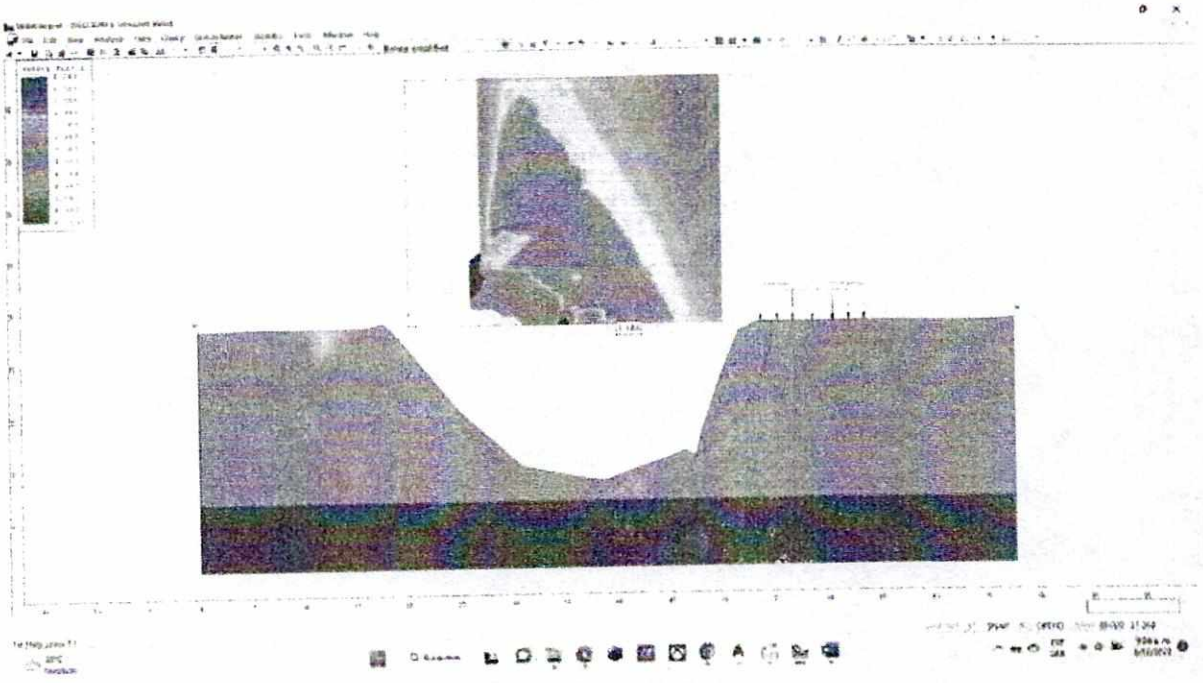
Figura #3 sección 1 con sobre cargas

De esta se realizaron dos análisis uno estático y otro seudoestáticos de donde se obtuvieron los siguientes valores de factor de seguridad:

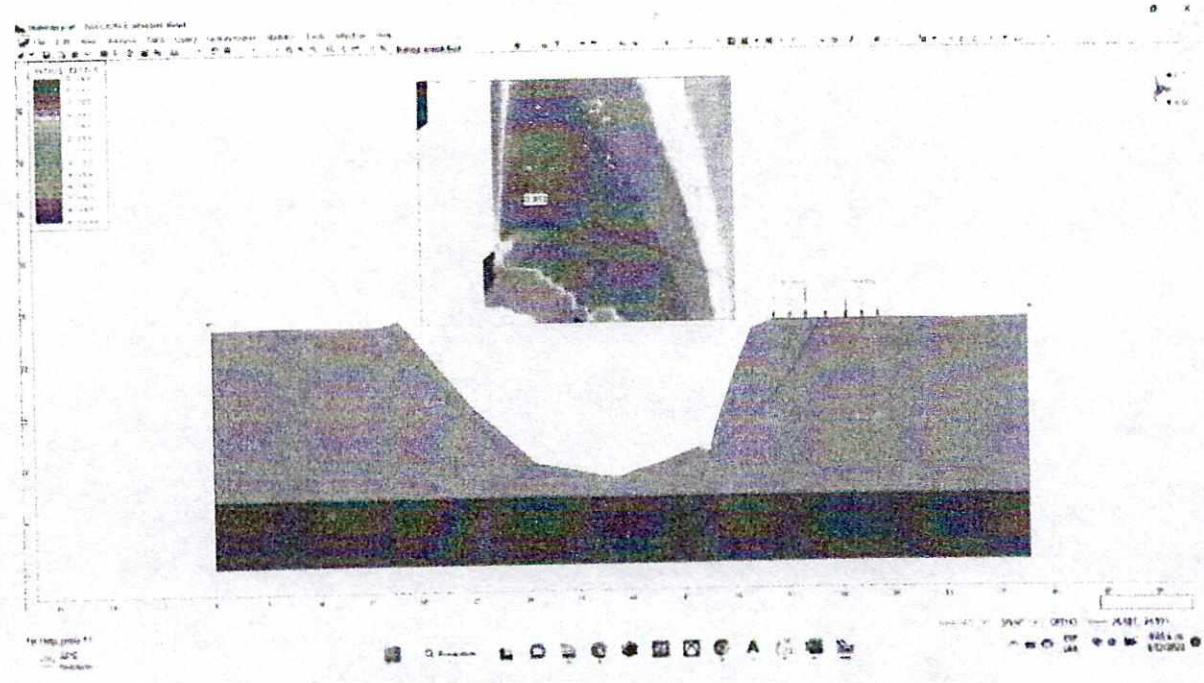
Para el análisis estático se obtienen valores menores de 1,5 en la parte superior menores a lo establecido por la NSR-10 lo que podía llevar al fallo del tanque superior y con este movimiento destruir las casas que se encuentran en la parte inferior.

De dichos análisis se obtuvieron valores menores a lo establecido por la NSR-10 como valores de seguridad mínimos para el análisis estático y seudoestáticos los cuales deben ser de 1,5 y 1,05 respectivamente encontrando valores de 1,26 para el primer caso y 0,97 para el segundo lo cual ponen en riesgo las viviendas ubicadas en la cuña a desplazarse de este y las que se encuentren en la parte inferior de este movimiento.

Análisis sección 5



Análisis estático sección 5

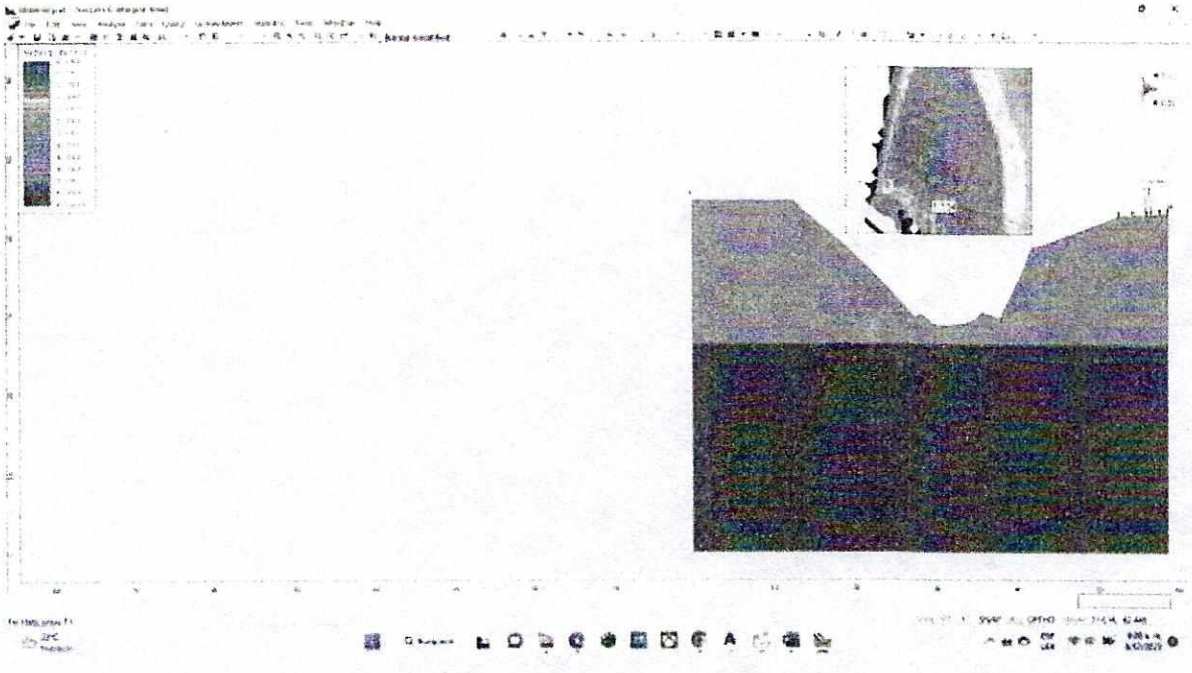


Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

Análisis Seudo estático sección 5

Análisis sección 6

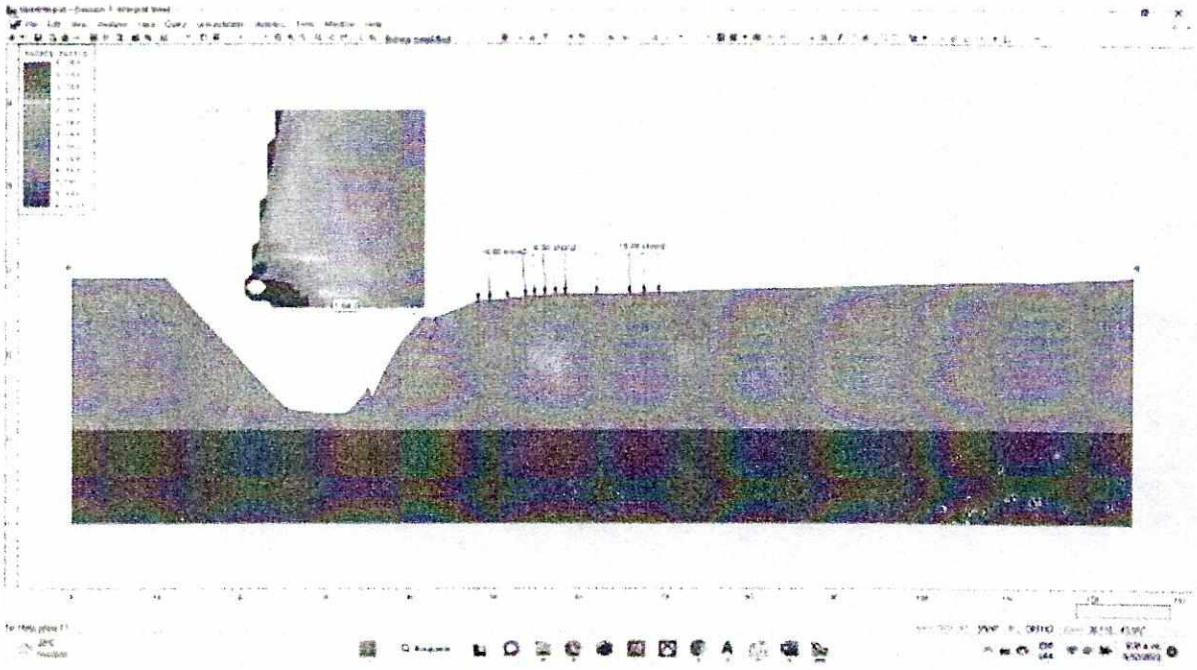
Análisis estático sección 6



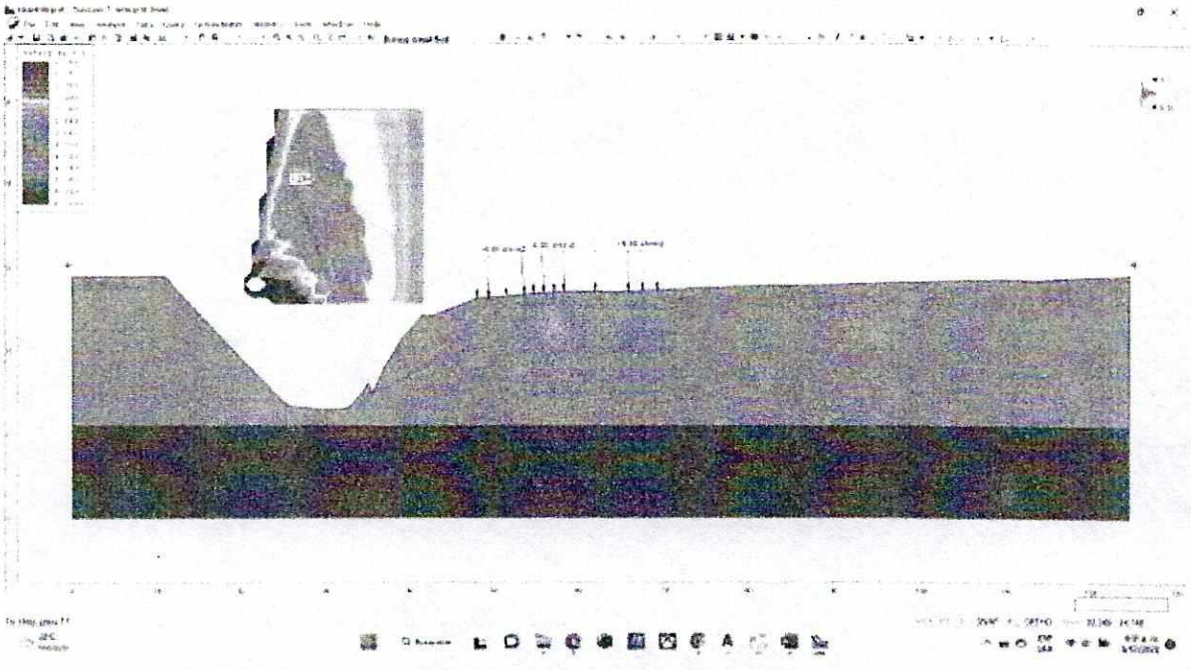
Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

Análisis seudoestatico sección 6

SECCION 7



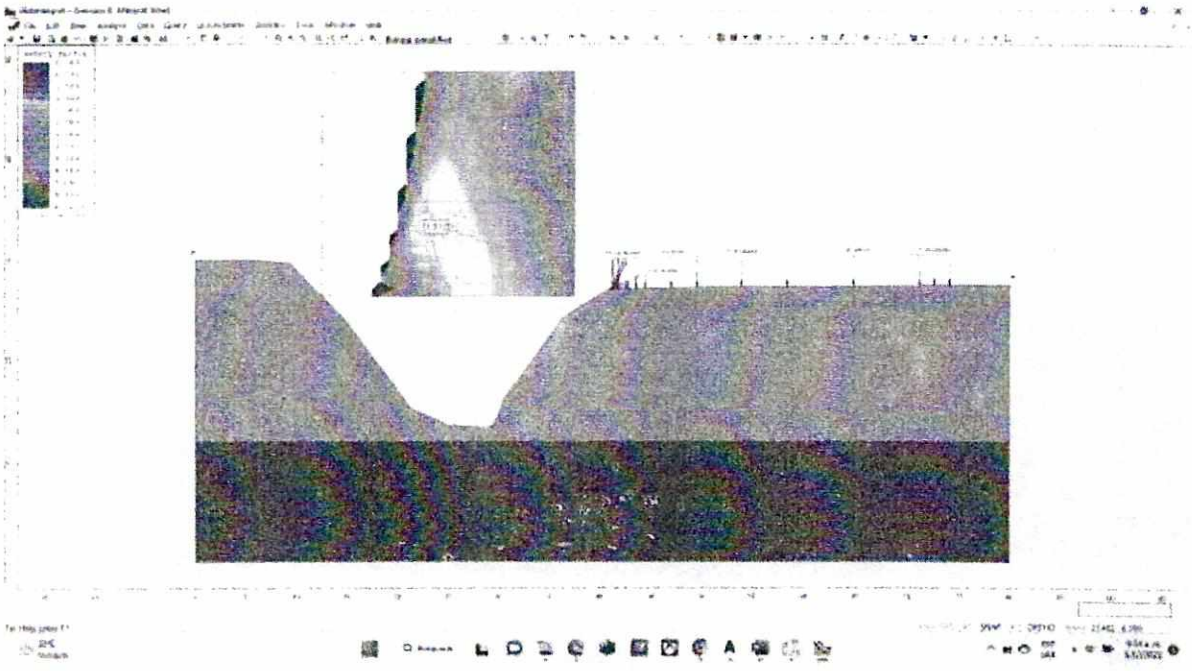
Análisis estático sección 7



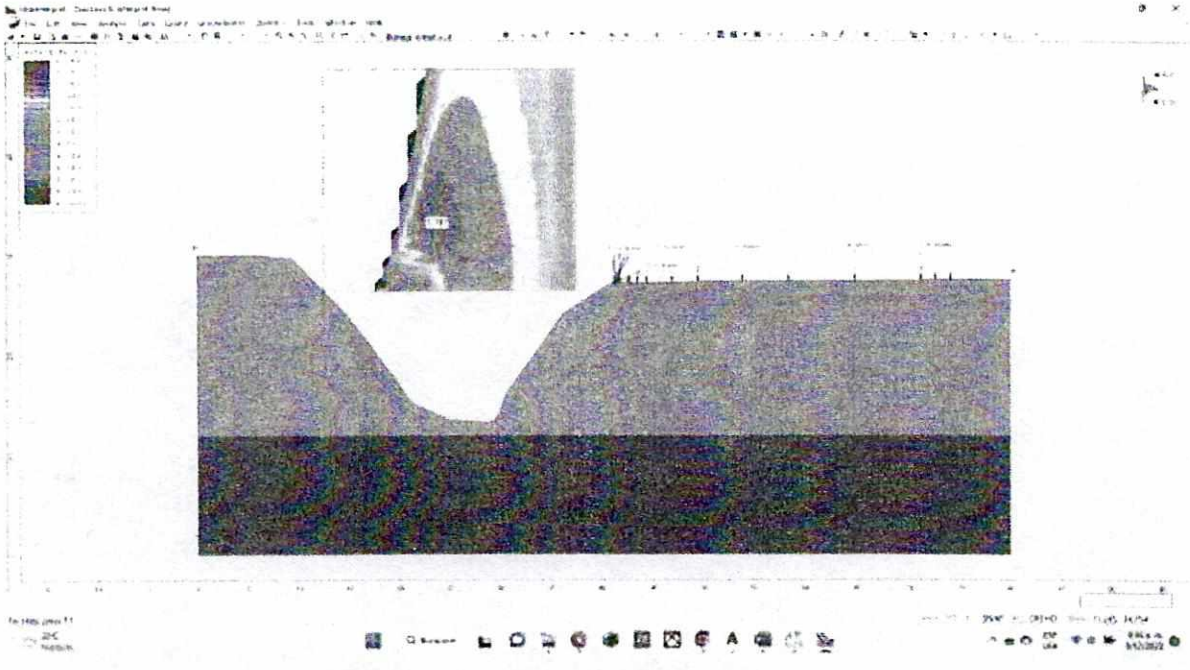
Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

Análisis Seudoestatico sección 7

ANALISIS SECCION 8



Análisis estático sección 8



Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

Análisis seudo estático sección 8

Como se puede evidenciar en lo análisis estáticos y seudoestáticos, las secciones topográficas 6,7 y 8 presentan parámetros de estabilidad favorables, sin embargo los mismos se ven altamente afectados por la existencia de sobre cargas en la corona, provenientes de las viviendas, por lo que en primera medida se debe evitar el aumento de la edificabilidad en el sector, para reducir el riesgo.

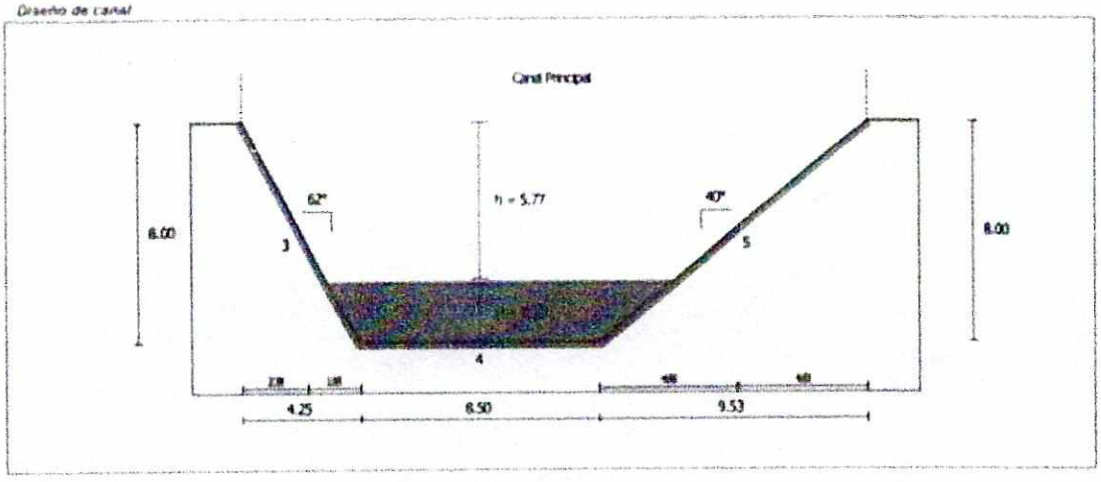
CAPITULO 7. OBRAS DE ESTABILIDAD

Se propone entonces un sistema de obras, direccionado a la reducción y control de la socavación, así como evitar el cambio morfológico del talud en su cuerpo y lograr una revegetalización en la corona, para ello se plantea en primera medida el sistema de direccionamiento y control de socavación de la quebrada mediante la construcción de colchones reno, para lo cual se presenta a continuación el modelo hidráulico, en función de los resultados del estudio hidrológico.

- ***Información de proyecto***

- ***Entrada***

Diseño de canal



MACRA Studio | Channel Cross Section Design

MACCAFERRI

Cliente | #

pag. 2 of 3

Resultados

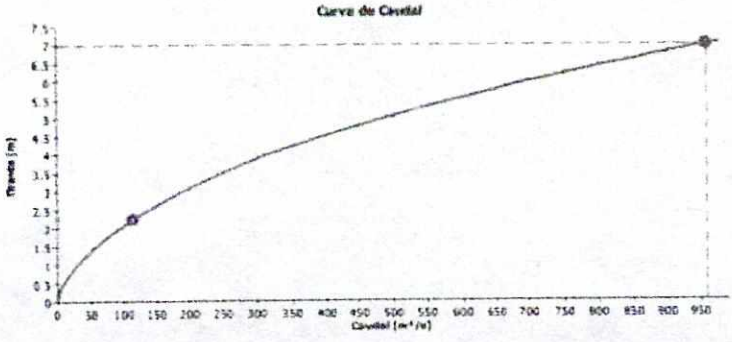
Borde libre [m]	5.37	Borde libre verificado
Pendiente longitudinal [%]	1	
Tirante [m]	2.23	
Número de Froude	1.15	Flujo supercrítico

	Total	Canal principal
Caudal de proyecto [m³/s]	124.39	124.39
Área de sección transversal [m²]	21.17	21.17
Perímetro mojado [m]	14.48	14.48
Radio Hidráulico [m]	1.4	1.4
Velocidad de flujo [m/s]	4.94	4.94
Rugosidad promedio		0.0277

Materiales

	ID	Materiales de lecho	Vegetado	Rugosidad	Tensión tangencial [N/m²] Admisible	Tensión tangencial [N/m²] Calculada		Gradual	Velocidad bajo revestimiento [m/s]		Longitud [m]
Canal Principal	3.1	Arena y grava		0.02	15.30	0.00	-		0.00	-	5.06
Canal Principal	3.2	Colchón reno (0.30m) PolMac™		0.0277	193.69	120.02	-	Si	0.3	-	4.10
Canal Principal	4	Colchón reno (0.30m) PolMac™		0.0277	196.00	160.02	-	Si	0.3	-	8.30
Canal Principal	5.1	Colchón reno (0.30m) PolMac™		0.0277	125.17	120.02	-	Si	0.3	-	6.44
Canal Principal	5.2	Arena y grava		0.02	15.30	0.00	-		0.00	-	6.00

Curva de Caudal



Adicional a ello y para la conformación del talud se plantea la construcción de un gavión en el sector especifico de estudio, con el fin de que el mismo controlo los posibles desprendimientos y funcione como un contrafuerte a los mismos, permitiendo un mayor factor de seguridad e impidiendo los desprendimientos superficiales dada la escorrentía.

• Informaciones del Proyecto

Título | Cliente | Descripción
Número | Diseñador |
| | Comentarios

• Datos Iniciales

Datos sobre el muro

Inclinación del muro	0.00
Peso esp. de las piedras [kN/m³]	24.50
Porosidad de los gaviones [%]	30.00
Geotextil en el terraplén	Sí
Reducción en la fricción [%]	[illegible]
Geotextil en la base	No
Reducción en la fricción [%]	0.00

Datos sobre el suelo del terraplén

Inclinación del primer trecho [°]	60.00
Largo del primer trecho [m]	1.00
Inclinación del segundo trecho [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	17.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	35.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	[illegible]

Capa	Altura inicial [m]	Inclinación [deg]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
1	12.00	0.00	18.00	10.00	35.00
2	4.50	[illegible]	18.00	15.00	35.00

Datos sobre la fundación

Profundidad de la fundación [m]	0.00
Largo horiz. en la fundación [m]	
Inclinación de la de fundación [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	18.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	37.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	10.00
Presión admisible en la fundación [kN/m²]	
Nivel del agua [m]	[illegible]

Camada	Profundidad [m]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]

Datos sobre las cargas

Cargas distribuidas sobre el terraplén

Primer trecho [kN/m²]	0.00
Segundo trecho [kN/m²]	

Cargas distribuidas sobre el muro

Carga [kN/m²]	

Línea de carga sobre el terraplén

Carga 1 [kN/m]	1.00
Dist. al tope del muro [m]	1.00
Carga 2 [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	
Carga 3 [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Línea de carga sobre el muro

Carga [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Datos sobre la napa freática

Altura inicial [m]	0.00
Inclinación del primer trecho [°]	0.00
Largo del primer trecho [m]	0.00
Inclinación del segundo trecho [°]	0.00
Largo del segundo trecho [m]	0.00

Datos sobre efectos sísmicos

Coeficiente horizontal	[illegible]
Coeficiente vertical	[illegible]

Producto

Armazón | Alta Agresividad

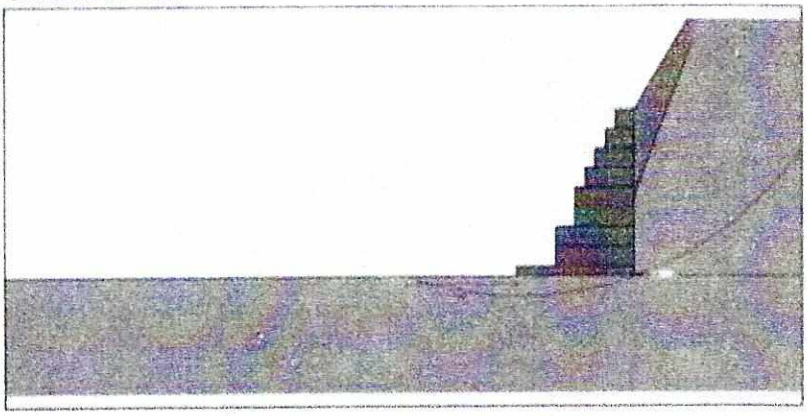
Malla	G2C 0.3	G3C 1.0
Gabión POLIMAC® [illegible]	[illegible]	[illegible]
+ DIAFRAGMA		[illegible]

Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

- **Resultados**

ELU Estado Limite Último

Geometría del Muro



Resultados de los Analisis de Estabilidad

Empuje Activo y Pasivo

Empuje Activo [kN/m]	498.15
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	6.00
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	4.83
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	35.00
Empuje Pasivo [kN/m]	0.00
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.00
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.00
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

Deslizamiento

Fuerza normal en en la base [kN/m]	662.74
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	1.77
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.00
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	476.97
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	533.18
Deslizamiento	1.11

Vuelco

Momento Activo [kN/m x m]	2100.98
Momento Resistente [kN/m x m]	3170.14
Vuelco	1.54

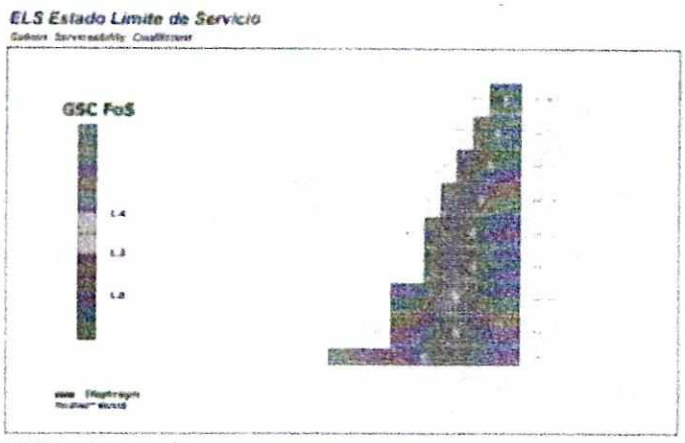
Tensiones Actuantes en la Fundación

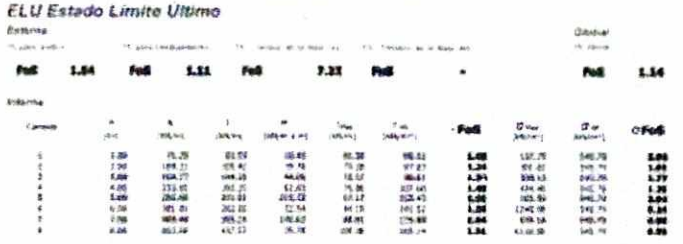
Excentricidad	1.23
Tensión normal a la izquierda [kN/m²]	252.09
Tensión normal a la derecha [kN/m²]	0.00
Tensión última de la fundación[kN/m²]	1819.26
Tensión de la fase izq.	7.23
Tensión de la fase der.	

Cuidado!! La base no es totalmente utilizada

Estabilidad Global | Bishop

Centro del arco con referencia al eje X [m]	0.27
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	15.96
Global	1.14



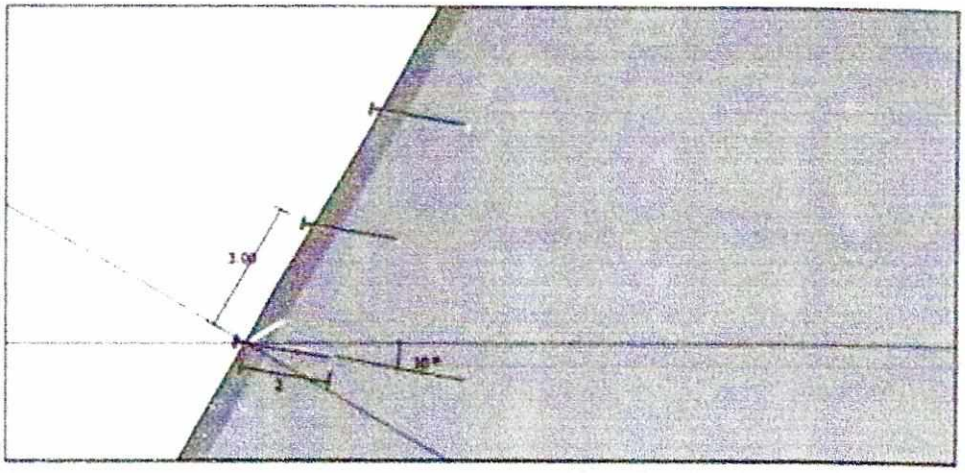


Finalmente en la corona de los taludes, se propone un sistema de anclajes, que eviten los desprendimientos superficiales, soporten las raíces de la vegetación y preponderen por la recuperación de la cobertura vegetal

• Informaciones de Proyecto

Título OBRAS DE PROTECCIÓN IBAGUE TOLIMA **Descripción**
Número
Cliente
Diseñador

• Datos de Entrada



Talud Rocoso

Inclinación del talud [°]	β	60
Espesor de la capa meteorizada [m]	S	0.50
Peso específico de la roca [kN/m³]	γ	27.00
Espesor de plastificación del macizo rocoso [m]	Lp	0.30

Discontinuidad crítica

Inclinación de la discontinuidad crítica	α	30
Resistencia a compresión de la discontinuidad crítica JCS [MPa]	JCS	10.00
Coeficiente de rugosidad de la discontinuidad crítica JRC	JRC	5.00

Coeficiente de aceleración sísmica

Coef. de aceleración sísmica horizontal	ch	0.15
Coef. de aceleración sísmica vertical	cv	0.00

Cargas externas

Carga externa [kN]	E	0.00
Ángulo de aplicación	ω	90.00

Barras de Anclaje

Geometría

Espaciamiento horizontal entre anclajes [m]	Sx	3.00
Espaciamiento vertical entre anclajes [m]	Sy	3.00
Inclinación de la barra con respecto a la horizontal	ε	15

Tipo de anclaje

Tipo de barra	**GEWI e 20mm**	
Diámetro interno de la barra [mm]	Φi	0
Diámetro externo de la barra [mm]	Φe	20
Espesor de corrosión [mm]	tc	0.00
Tensión de fluencia de la barra [MPa]	Fy,b	500.00
Tensión de adhesión roca-lechada [MPa]	τlech	0.30

Malla

Tipo de malla	**Steelgrid HR 100**	
Error in geometry [kN]		90.00

Resultados / Verificaciones

Analisis contra deslizamiento superficial

FOS a		1.27
Tasa de trabajo del anclaje		65.07 %

Malla

		Punzonamiento
FOS a		1.31
Tasa de trabajo		76.56 %

Analisis contra deslizamiento superficial

Suma de las fuerzas estabilizantes (diseño) [kN]	$T_{S,d} + F_{f,d}$	171.33
Suma de las fuerzas desestabilizantes (diseño) [kN]	$T_{D,d}$	135.38
Factor de seguridad	FOS a deslizamiento	1.27

Malla

Punzonamiento

Resistencia al punzonamiento de la malla (diseño) [kN]	$M_{resistencia\ punzonamiento}$	23.19
Fuerza de punzonamiento que actuan sobre la malla (diseño) [kN]	M_d	17.76
Factor de seguridad	FOS a punzonamiento	1.31

Anclaje

Suma de las fuerzas desestabilizantes (diseño) [kN]	R_{estabd}	66.98
Capacidad del anclaje (diseño) [kN]	$F_{f,d}$	102.94
Tasa de trabajo del anclaje	η_A	65.07

Dimensionamiento del anclaje

Angulo entre la barra y la horizontal	ε	10
Tension de fluencia de la barra [MPa]	$f_{y,bd}$	434.78
Area de la barra [mm²]	S_{cb}	314.16
Fuerzas estabilizantes en el plano de deslizamiento por anclaje [kN]	$T_{S,d}$	102.94
Diámetro mínimo de perforación (NOMINAL) [mm]	ϕ_{perf}	50.00
Fuerza de extracción relacionada con la malla [A] [kN]	P_1	27.20
Fuerza de extracción relacionada con el deslizamiento de la zona superficial [B] [kN]	P_2	22.91
Fuerza máxima de extracción (Mayor entre A y B) [kN]	P	27.2
Longitud de la barra en roca sana [m]	L_s	0.87
Longitud de la barra en roca fracturada [m]	L_f	0.64
Longitud exterior de la barra de anclaje [m]	L_e	2.00

Diseño de la malla

Volumen de material que puede deslizar entre los anclajes [m³]	V_b	3.99
Peso de roca que puede deslizar entre los anclajes [kN]	B_k	107.65
Suma de las fuerzas actuantes en la discontinuidad critica (diseño) [kN]	$B_{D,d}$	78.57
Suma de resistencias que actuan sobre el plano deslizante (diseño) [kN]	$B_{R,d}$	43.06
Fuerza de punzonamiento que actuan sobre la malla (diseño) [kN]	M_d	17.76
Deformación máxima antes del mantenimiento [m]	Z_H	0.862

Coeficientes de seguridad

Coeficiente de reducción de las fuerzas estabilizantes	γ_R	1.25
Coeficiente de amplificación de las fuerzas desestabilizantes	γ_D	1.20

Malla

Coeficiente de seguridad aplicado a la resistencia a la tracción de la malla	γ_{malla}	1.50

Tipo de anclaje

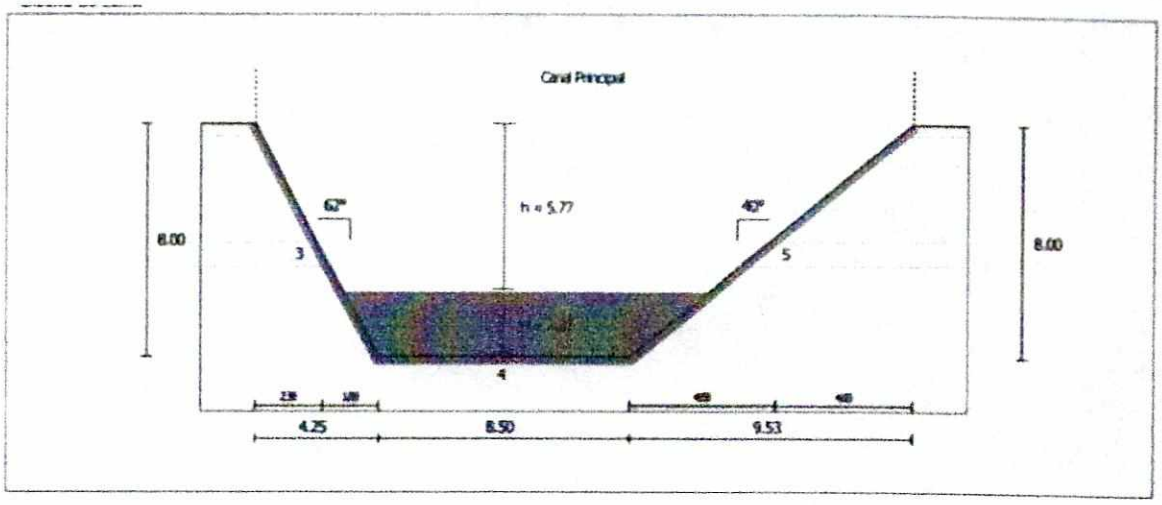
Coeficiente de seguridad aplicado a la tensión de fluencia del acero	γ_A	1.15
Coeficiente de seguridad aplicado a la adhesión roca-lechada	γ_I	1.80

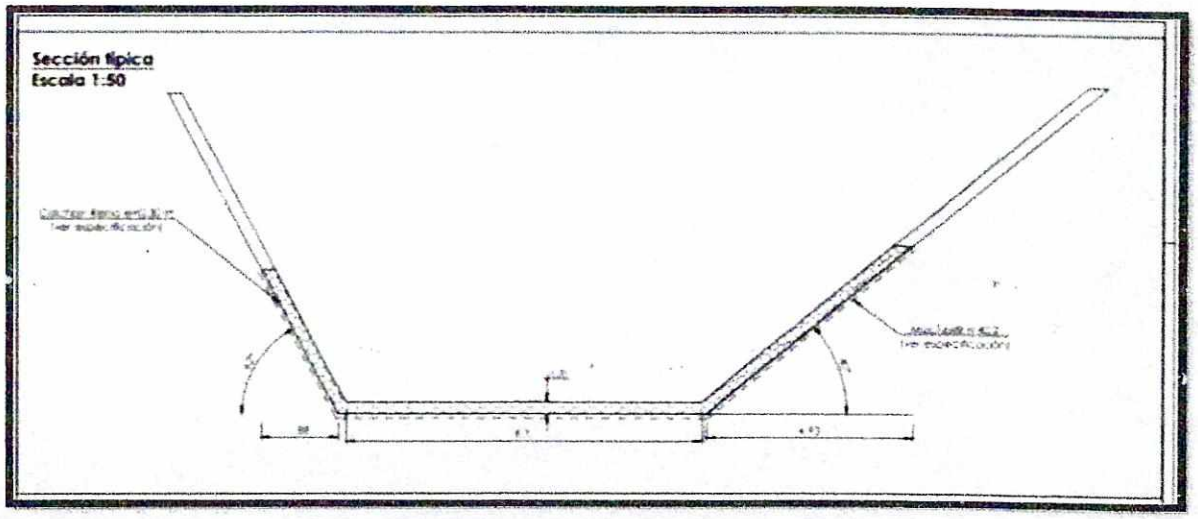
CONCLUSIONES

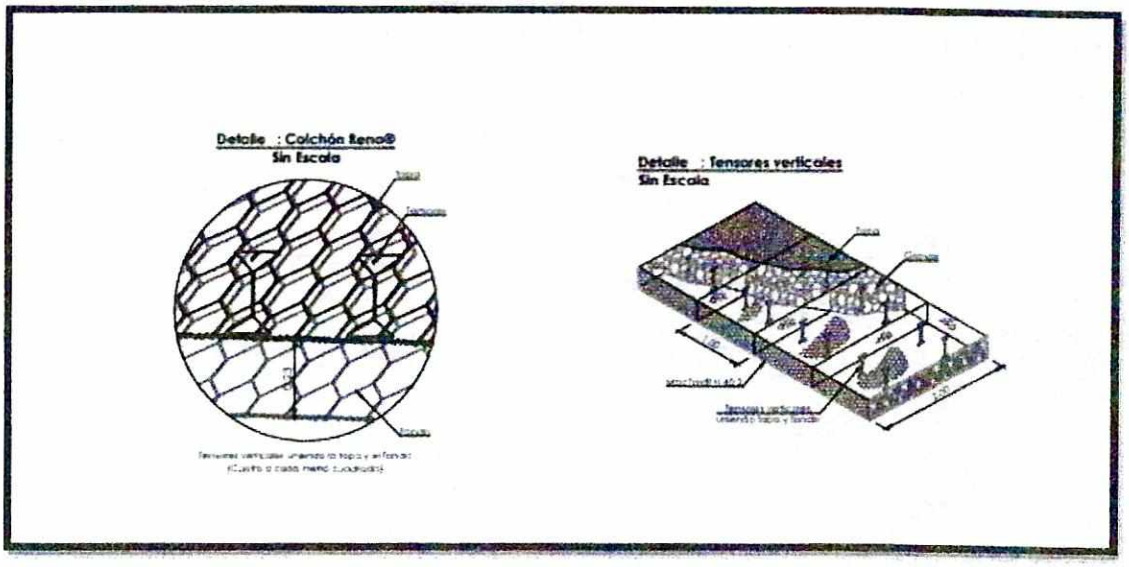
Como se evidencia en las fotografías, en el análisis multitemporal realizado y los conceptos geológicos, los mayores agentes detonantes son los agentes antrópicos tales como, la existencia de viviendas al borde del escarpe, el cual claramente es un entalle natural estable, pero que no es recomendable que existan este tipo de edificaciones en su borde, la descarga de aguas negras y aguas lluvias, las cuales pese a existir sistemas de recolección y captación para una correcta disposición, aun se evidencia que algunas viviendas realizan descargas inapropiadas en el cuerpo del mismo.

Adicional a ello, es clara la ocupación de la ronda hídrica por parte de las edificaciones, lo que ha conllevado a perdida de cobertura vegetal por deforestación o afectaciones de salubridad de los elementos arbóreos por su cercanía con dichas viviendas, este punto es de alta relevancia, pues pese a que el talud se encuentra aparentemente estable y obedece a entalles geológicos propios de las unidades allí encontradas, la perdida de dicha cobertura genera no solo una mayor saturación de la masa de suelo, sino que los elementos arbóreos que se encuentran con afectaciones de salud, generan peso y cargas cíclicas al talud, que pueden generar una remisión en masa.

Finalmente, al no tener una correcta cobertura vegetal en la corona del talud, se deben atender todas aquellas infiltraciones provenientes de conexiones erradas a los servicios sanitarios, y las provenientes por la inexistencia de una capa de rodadura en la calle 22 y el mal estado de la vía de la calle 21ª.
Conforme lo indica el estudio, se evidencia que en general el talud en cuestión es estable, sin embargo existen efectos de socavación que pueden llegar a ser nocivos para el mismo, razón por la cual deben ser priorizada la realización de obras destinadas en primera medida, al encausamiento de la quebrada mediante la implementación de un colchón reno de la siguiente manera:

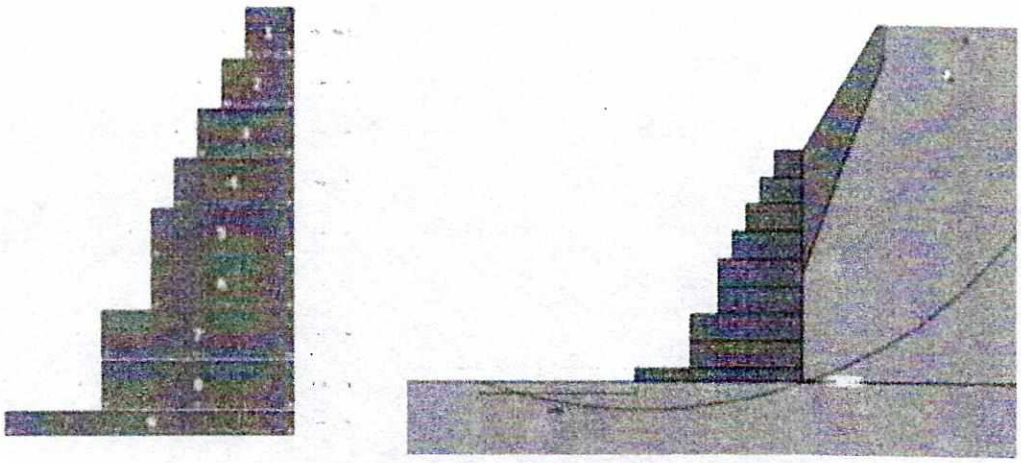

Canal Principal
8.00
62°
3
h = 5.77
45°
5
8.00
4
4.25
8.50
9.53


Sección tipica
Escala 1:50

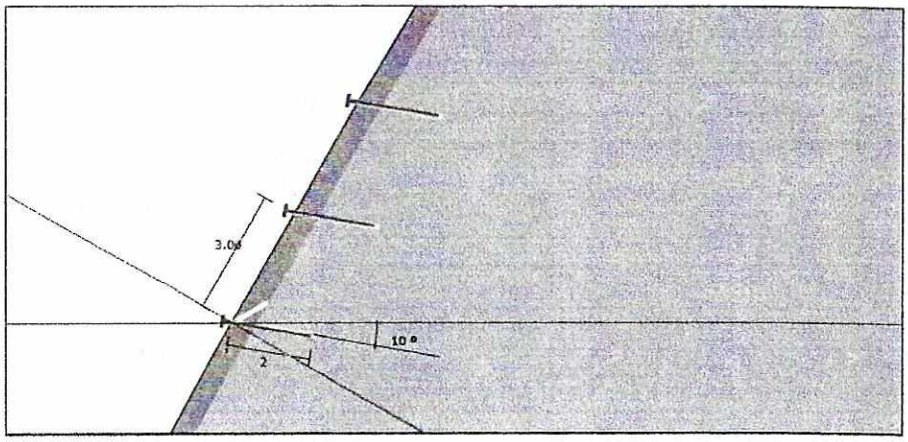


Estas obras no solo colaboran a el control de la socavación, sino que las misas permiten el flujo entre las líneas de agua del sub suelo y el cauce, sin generan altos perjuicios ambientales

Adicionalmente con el ánimo de controlar los procesos de perdida de cobertura arbórea por efectos antrópicos, que pueden afectar la estabilidad del talud, por racionabilidad del mismo, se plantean obras que preponderen al control de la erosión y la recuperación estabilización de la cobertura vegetal en la corona del talud mediante la implementación de un muro en gavión y un sistema de anclajes y revegetalización del talud de la siguiente manera:



Ahora bien, como se evidencia con la información presentada previamente, lo que se procura con la modificación de las obras a implementar, es garantizar las condiciones de estabilidad y resistencia de las mismas como se mencionó previamente, pues al tener condiciones de procesos de socavación a nivel de la base del talud, como se expuso por parte del geólogo, no se garantiza la estabilidad de las obras que se implementen en dicha zona, es por esto que como primera medida se debe garantizar la canalización de la quebrada mediante la implementación de tecnologías sostenibles y de mínimo impacto ambiental, garantizando un redireccionamiento sin modificar las condiciones propias de la misma, y como medida de estabilización propia del talud, implementar muros en gaviones en la base, y anclajes en la parte superior del mismo que permitan la revegetalización del talud.



Adicionalmente, se recomienda el mejoramiento de las condiciones de captación y canalización de las aguas de escorrentía propias de la vía, así como las provenientes de las viviendas localizadas en la parte superior, teniendo en cuenta que son estas los principales detonantes en el proceso erosivo superficial que ha sufrido el talud a través del tiempo.

ING. FRANCISCO JOSE RESTREPO ALBARELLO
DIRECTOR DE CONSULTORIA

EMPRESA IBAGUEREÑA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

CONTRATO DE CONSULTORIA N° 115 DEL 02 DE AGOSTO 2022

CONTRATAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION DEL TERRENO E INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA PARA REDUCCIÓN DEL RIESGO Y GARANTIZAR LA INTEGRIDAD DEL TALUD UBICADO SOBRE LA QUEBRADA LA ARENOSA EN EL SECTOR DE LA CALLE 21 No 14 SUR 61 BARRIO RICAURTE EN LA CIUDAD DE IBAGUE, CON EL FIN DE DAR CUMPLIMIENTO AL FALLO DE TUTELA No. 2014-0108

IBAGUÉ-TOLIMA

OCTUBRE 2022

CONTENIDO

CAPITULO 1. OBJETIVO, ALCANCE Y METODOLOGIA

1.1. OBJETIVO
1.2. ALCANCE
1.3. METODOLOGIA

CAPITULO 2. DESCRIPCION Y LOCALIZACIÓN

CAPITULO 3. GEOLOGIA DEL SITIO DEL PROYECTO

CAPITULO 4. EXPLORACIÓN E INVESTIGACION DEL SUB SUELO

CAPITULO 5. DIAGNOSTICO GEOTECNICO

5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO GENERALIZADO.

5.2. PARAMETROS GEOTECNICOS

5.3. IDENTIFICACION DE ZONAS INESTABLES Y MECANISMOS DE FALLA

CAPITULO 6. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 8. CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE

1.1. OBJETIVO

En este informe se presentan los estudios y análisis geotécnicos y de estabilidad de taludes del talud ubicado en el barrio Ricaurte Ibagué, este trabajo se desarrollara mediante la exploración de campo, toma de perfiles estructurales y características geotécnicas y geológicas del sector objeto de estudio, identificando las zonas potencialmente inestables, con el fin de determinar el grado de amenaza por deslizamiento al que podrían estar expuestas las distintas viviendas de este sector y determinar las recomendaciones pertinentes.

1.2. ALCANCE

El alcance de este estudio es complementario a la información geológica existente desarrollada por Ingeominas, los lineamientos estipulados por el Plan de Ordenamiento Territorial de Ibagué (POT) y las recomendaciones de uso del suelo del plano de aptitud urbanística de la ciudad de Ibagué, el cual recomienda en estos sectores no desarrollar asentamientos humanos por las altas pendientes que estos terrenos poseen y la alta amenaza a movimientos de remoción en masa. El principal objetivo de este trabajo es determinar el verdadero nivel de amenaza por remociones en masa en este sitio, dando cumplimiento a lo ordenado en el Título H del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes de 2010 (Norma Sismoresistente NSR-10).

1.3. METODOLOGIA

La evaluación de la amenaza por remociones en masa de grandes zonas generalmente se realiza por métodos cualitativos que en ocasiones, y en sitios específicos, puede arrojar resultados controvertibles, por lo que se debe recurrir a métodos determinísticos para hacer una evaluación más exacta, en términos de Coeficientes de Seguridad, los cuales permiten una mejor y más acertada toma de decisiones. En este estudio se utilizó este último método, de acuerdo a las diversas teorías para el análisis de estabilidad de los taludes.

El proceso metodológico fue el siguiente:

- Recopilación de la información (Bibliográfica y cartográfica)
- Caracterización geológica en campo

- Exploración Geotécnica. Para este fin se programaron sondeos y apiques en los sitios representativos de cobertura del área de estudio, en los cuales se realizaron los ensayos de campo y toma de muestras.
- Ensayos de laboratorio
- Formulación del modelo geométrico y matemático del talud
- Análisis de estabilidad
- Conclusiones y recomendaciones

CAPITULO 2. DESCRIPCION Y LOCALIZACIÓN

El talud localizado sobre la quebrada la Arenosa en el sector de la calle 21 No. 14 Sur – 61 del barrio Ricaurte, se encuentra localizado en la comuna 12 de la ciudad de Ibagué. En el sector en estudio no se han presentado movimientos en masa de consideración que pongan en riesgo a la población expuesta a este tipo de amenaza. Sin embargo, el talud de este sector figura en el plano de amenazas del municipio como de amenaza alta por movimientos en masa.

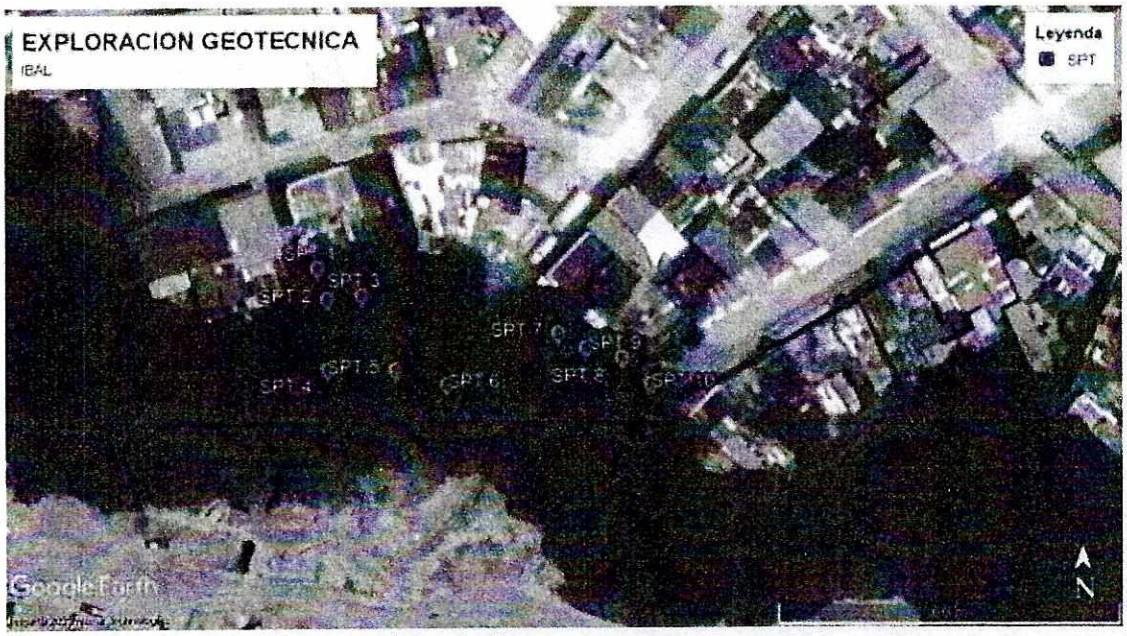
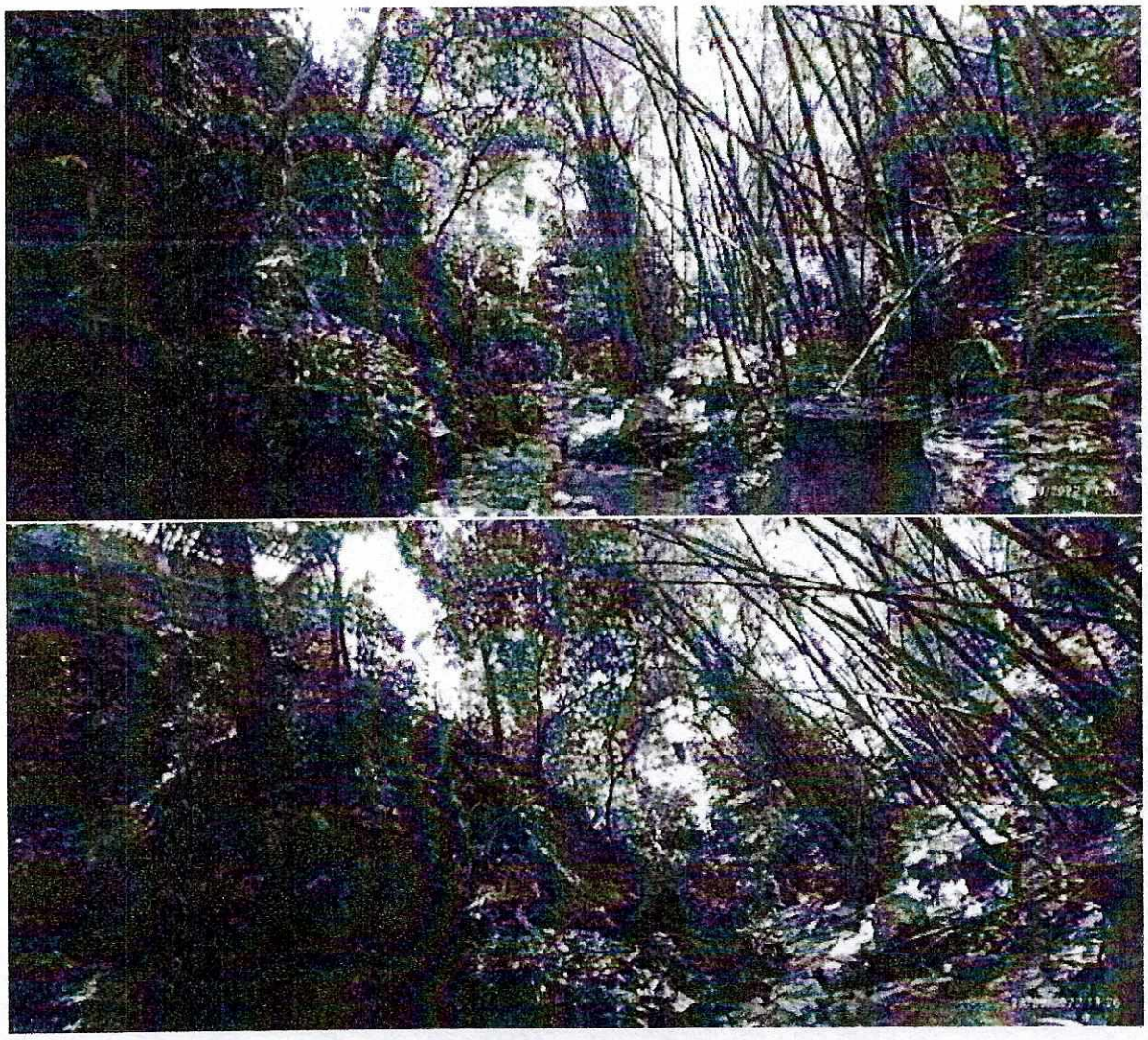


Figura 1. Localización zona de estudio.

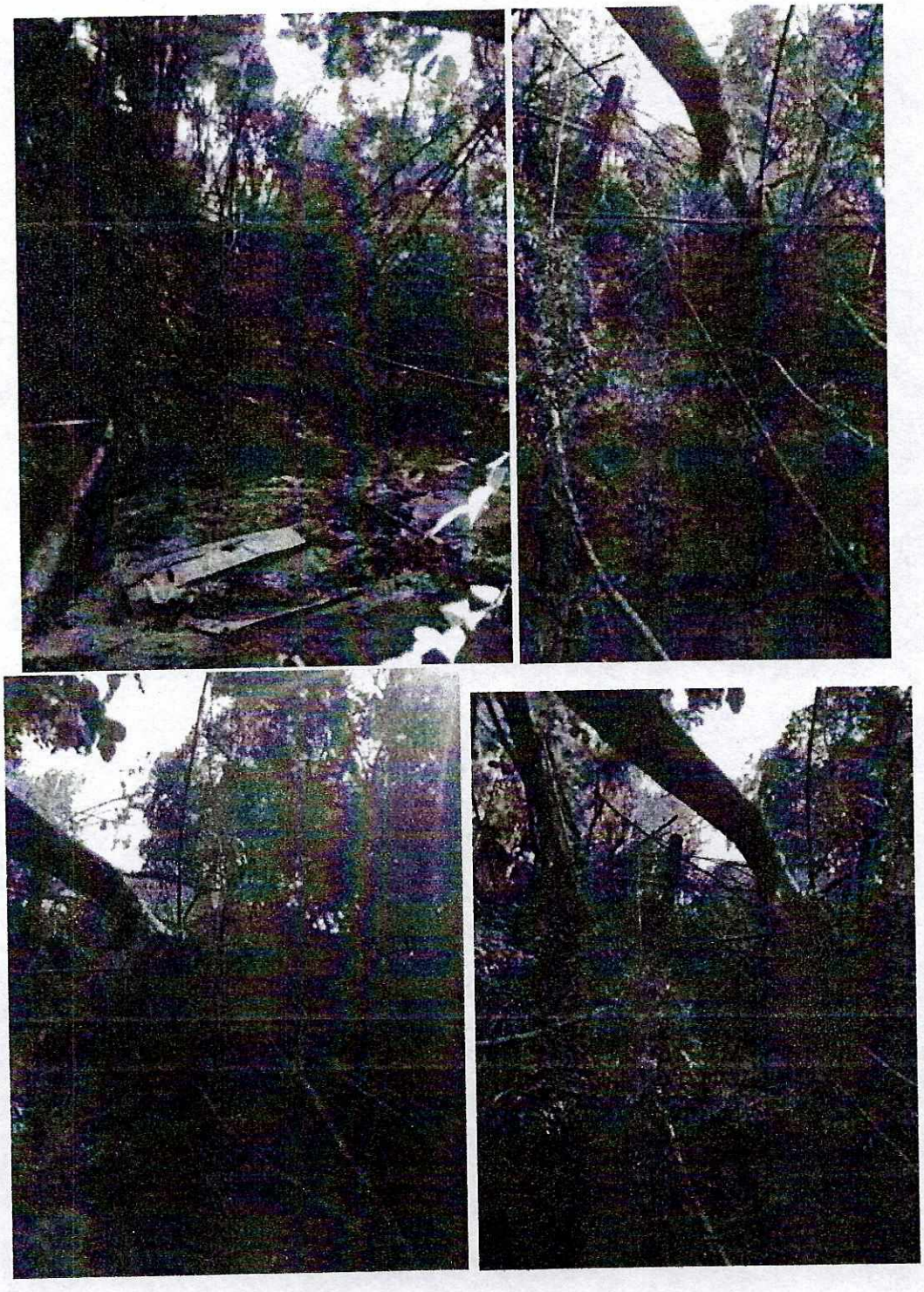
Este sector como se puede observar en la fotografía posee en su mayor parte terreno de entalle de la quebrada la arenosa con gran número de viviendas ubicadas en el mismo. Con pendientes elevadas y una creciente erosión debido a la deforestación para dar paso a asentamientos humanos, agravado esto con la alta tasa de pluviosidad del sector, y a un nulo o mal manejo de las aguas de escorrentía.

En esta zona ya se han presentado procesos de morfodinamia causados principalmente por la acción antrópica y el mal uso del suelo. Esta situación se pudo observar a lo largo y ancho del barrio, donde para dar vía al asentamiento humano se han construcciones en la corona del talud sin ninguna especificación técnica, sin embargo no se evidencian procesos de remosion en masa anteriores pues no se evidencian depósitos de materiales en la pata del talud, sin embargo los manejos de aguas lluvias y de la quebrada son fundamentales para el adecuado comportamiento del talud.



Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

GRUPO EMPRESARIAL DYNAMO

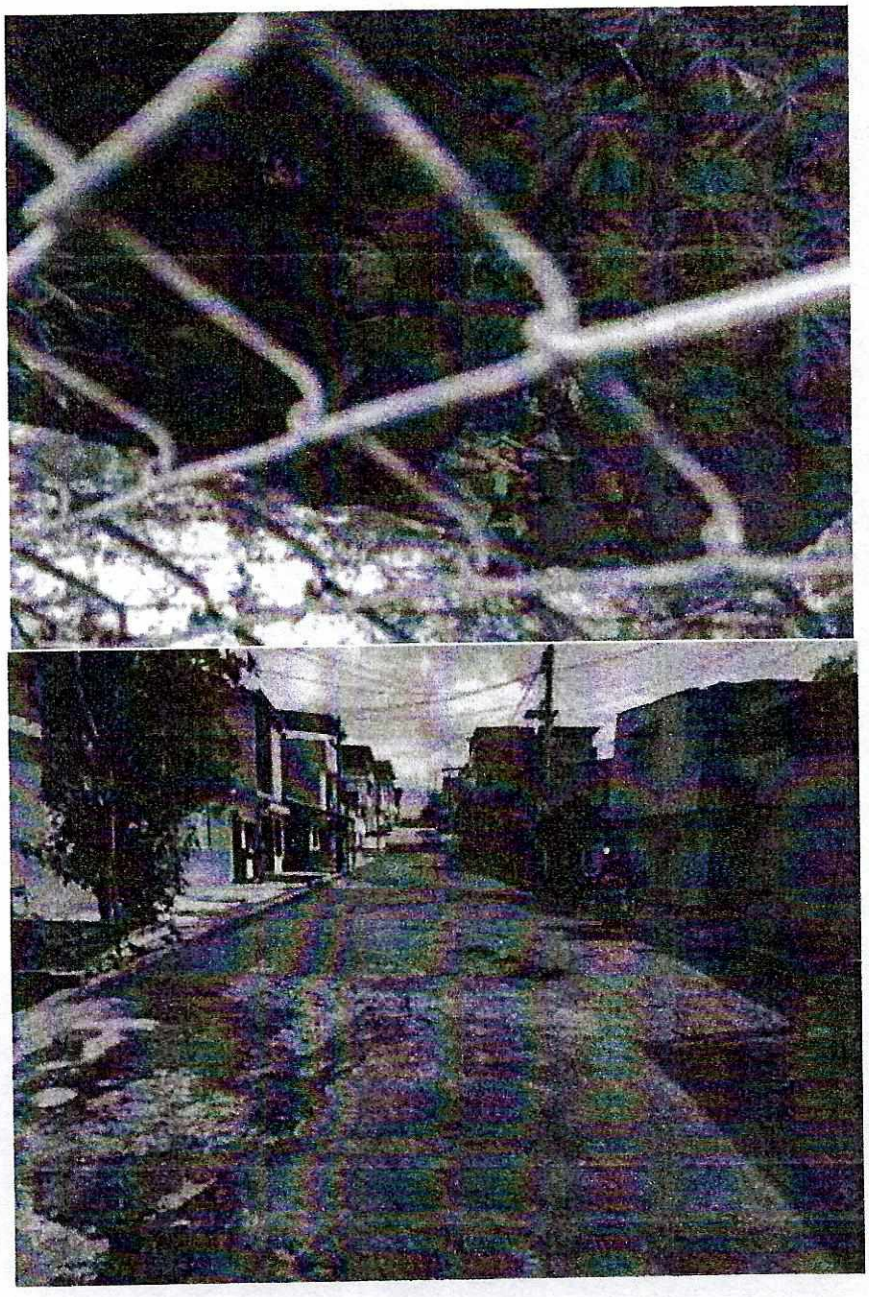


Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima

GRUPO EMPRESARIAL DYNAMO



Calle 68 A 28-70 B/ Cantabria
grupodynamoempresarial@gmail.com
Ibagué-Tolima