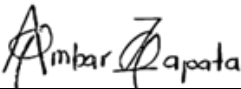


25118**CARMELO RESERVADO TERRITORIO CAMPESTRE****Venecia, Antioquia****Informe Geológico y Geotécnico****Versión 2****CONTROL DE CAMBIOS Y REVISIONES**

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
0	22/10/2025	Emisión parcial de borrador para revisión y comentarios
1	06/11/2025	Inclusión estudio de AMM
2	10/12/2025	Adición de Análisis de Estabilidad

Elaboró / Calculó		Revisó / Aprobó
		
DANIELA GONZÁLEZ ARBOLEDA Ing. Civil - Esp. en Geotecnia M.P.: 011037-0691543ANT	ÁMBAR JOHANA ZAPATA ORTEGA Ing. Geóloga M.P.: 011232-0656153ANT	CARLOS ALBERTO GÓMEZ RAMÍREZ Ing. Civil - Esp. - Msc. en Geotecnia M.P.: 05202191512ANT



CONTENIDO

1. Descripción Del Estudio	2
2. Metodología Del Estudio.....	3
3. Prospección Geofísica	13
3.1. Introducción.....	13
3.2. Objetivos.....	13
3.3. Fundamentos Teóricos.....	14
3.3.1. ReMi (Refraction Microtremors)	14
3.4. Localización	16
3.5. Resultados Obtenidos	17
3.5.1. Distribución de Golpes y Arreglo Geométrico De Línea Geofísica 1.....	18
3.6. Interpretación Física	24
3.7. Deducción de Parámetros Elásticos.....	25
3.8. Efectos Sísmicos Locales NSR-10	30
4. Geología	30
4.1. Regional.....	30
4.1.1. Formación Amagá Miembro Superior (Tos):.....	31
4.1.2. Formación Combia (Tmc):	32
4.1.3. Rocas hipoabisales porfiríticas, pórfidos andesíticos hornbléndico (Tadh):.....	32
4.2. Local	33
5. Geomorfología.....	34

5.1. Regional.....	34
5.1.1. Ladera estructural de cuesta (Scle):.....	35
5.1.2. Sierra sinclinal (Sss):	36
5.1.3. Escarpe de erosión mayor (Deem):	36
5.2. Local	36
5.2.1. Definición de unidad mínima cartografiable	39
5.2.2. Pendiente	43
5.2.3. Curvatura	46
5.2.4. Aspecto	47
5.2.5. Procesos morfodinámicos	48
6. Caracterización de la amenaza: susceptibilidad y detonantes	51
6.1. Análisis de susceptibilidad	51
6.2. Evaluación de detonante	55
6.2.1. Precipitación	55
6.2.2. Sismicidad	59
6.3. Instrumentación Geotécnica	62
6.3.1. Equipo Y Metodología.....	62
6.3.2. Localización De Instrumentos.	63
6.3.3. Equipo Y Metodología De Medición.....	64
6.3.4. Resultados De Monitoreo Geotécnico	70
6.3.5. Interpretación.....	72

6.4. Reclasificación de la Amenaza.....	72
7. Descripción Del Subsuelo	74
7.1. Lleno Antropico.....	77
7.1. Sedimentos Arcillosos	78
7.2. Flujo De Lodos	80
7.3. Flujo De Lodos Medios	82
7.4. Flujo De Lodos Hidratado	84
7.5. Residual VI.....	86
7.1. Residual V	88
7.2. Residual IV	89
7.3. Nivel Freático	91
7.4. Resumen de Parámetros Geomecánicos	91
8. Análisis Geotécnicos	92
8.1. Análisis de Estabilidad	92
8.1.1. Determinación del coeficiente sísmico horizontal y vertical para análisis de estabilidad Pseudoestático	93
8.1.2. Parámetros de Resistencia	98
8.1.3. Sección 0	99
8.1.4. Sección 1	101
8.2. Análisis geotécnico para redes de Acueducto y Alcantarillado	104
8.2.1. Profundidad de instalación y soporte de las zanjas:	104

8.2.2. Apoyo y relleno de las tuberías:	104
8.2.3. Control de infiltraciones y drenaje:	105
8.2.4. Manejo de aguas superficiales y protección de taludes:.....	105
8.2.5. Ensayos y control de calidad:	105
8.2.6. Verificación y actualización:	105
8.3. Diseño Sismo-Resistente	106
8.4. Diseño de contenciones	107
9. Instrumentación y Control	107
9.1. Previo a la Construcción.....	107
9.2. Durante la Construcción	108
9.3. Posterior a la Construcción.....	108
10. Recomendaciones Constructivas	109
10.1. Rellenos en Muros de Contención y sobre Taludes Temporales.....	109
10.2. Rellenos No Estructurales	109
10.2.1. Preparación del Terreno	110
10.2.2. Geometría de los Rellenos.....	111
10.3. Terraplenes	112
10.4. Manejo de Aguas	114
10.4.1. Sub-drenes de Zanja	114
10.4.2. Sub-dren en Muros de Contención	115
10.4.3. Drenes para Aguas Superficiales Tipo Cuneta	116

10.4.4. Sub-drenes de Penetración	117
11. Conclusiones Estudio AMM	118
12. Limitaciones Del Estudio	120
12.1. Generales	120
12.2. Cimentaciones y Contenciones.....	120

1. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

En el presente informe se desarrolla el análisis geotécnico correspondiente al proyecto “Carmelo Reservado Territorio Campestre”, orientado a evaluar las condiciones del subsuelo para el diseño y ejecución de las redes de acueducto y alcantarillado, así como para el adecuado desarrollo urbanístico de la parcelación.

El estudio incluye además el análisis de estabilidad de la ladera existente, con el objetivo de formular recomendaciones técnicas que orienten las intervenciones necesarias para la construcción y adecuación de las vías internas del proyecto, garantizando condiciones seguras de estabilidad y funcionalidad.

De manera complementaria, se lleva a cabo un estudio geológico detallado enfocado en la evaluación y calificación de la amenaza por movimientos en masa, considerando los factores geomorfológicos, litológicos, estructurales, hidrológicos y antrópicos que inciden en el comportamiento del terreno.

Las unidades constructivas contempladas clasifican como Categoría Baja según la norma NSR-10.

Este informe es complemento del estudio “25099 Urbanización El Carmelo – Venecia, Ant”, donde se presenta las recomendaciones geotécnicas para las zonas comunes del proyecto.

Hasta el momento no se cuentan con planos estructurales definitivos, una vez el cliente posea los diseños arquitectónicos y estructurales definitivos, deberá hacerlos llegar a esta oficina para ajustar la hipótesis de diseño aquí planteadas.

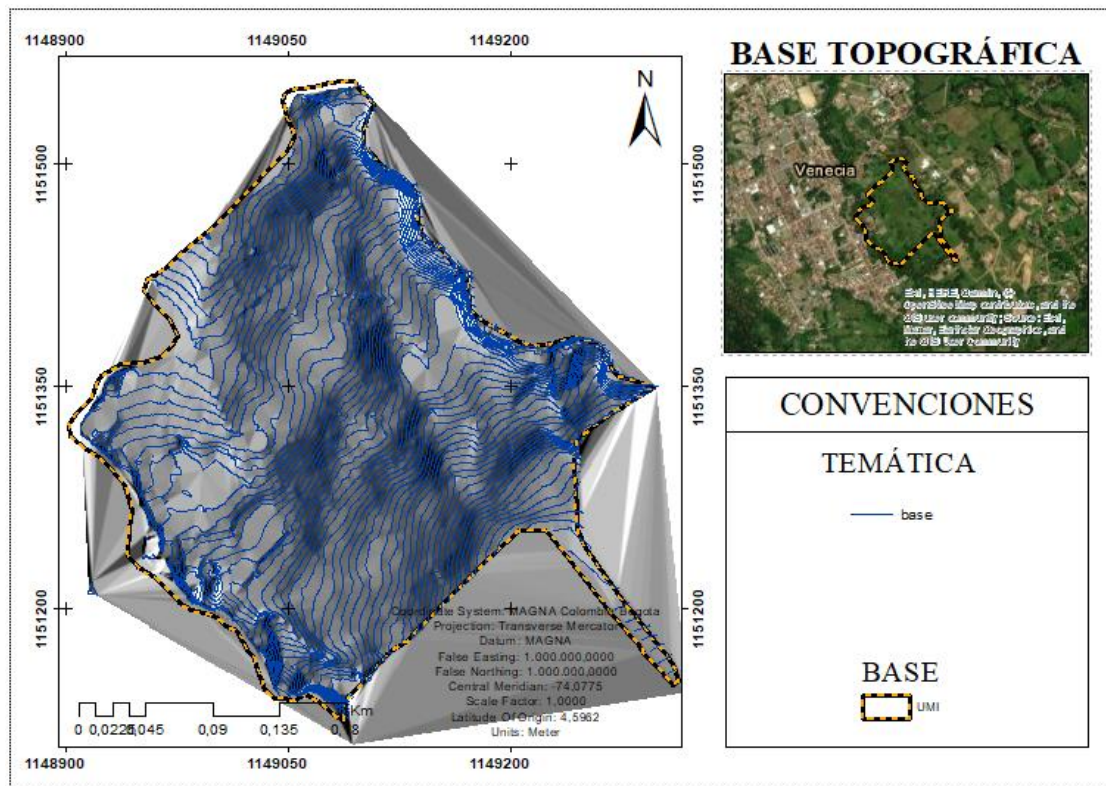


Figura 2. Plano topográfico área de influencia del proyecto (2025)

2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para la realización del estudio de suelos se adelantaron las siguientes etapas:

- ☑ Visita al proyecto y sus alrededores por parte del ingeniero de suelos para determinar rasgos geomorfológicos y características predominantes a fin de determinar preliminarmente la estabilidad del lote.
- ☑ Ubicación del proyecto dentro del mapa Geológico de la plancha 166 (Jericó) de Ingeominas, 2005.
- ☑ Se realizaron ocho (8) perforaciones con equipo mecánico de percusión en seco con ejecución de ensayos de penetración estándar cada metro y toma de muestras alteradas e inalteradas para la caracterización visual del suelo y determinación de propiedades índices. Estos sondeos alcanzaron profundidades de 6 m por debajo de la superficie actual del terreno. y están enmarcados en la norma ASTM D 1586-11.

- ☒ Se realizó seis (6) líneas de refracción sísmica con medición de velocidad de onda de corte, con profundidad de prospección dentro del terreno de 30m por debajo del nivel actual.
- ☒ Medición del nivel freático.
- ☒ En laboratorio se realizó identificación visual de las muestras y definición según el proceso geomorfológico que dio origen a su formación.
- ☒ Se realizaron ensayos de humedad, clasificación y límites de consistencia.
- ☒ Se realizaron siete (6) calicatas o apiques manualmente. Estos apiques alcanzaron profundidades de 1.5 m por debajo de la superficie actual del terreno.
- ☒ Caracterización geológica y geomorfológica del área de interés.
- ☒ Análisis morfométrico del terreno.
- ☒ Inventario de procesos morfodinámicos en el lote y zonas adyacentes.
- ☒ Evaluación de susceptibilidad del terreno ante fenómenos de movimiento en masa.
- ☒ Evaluación de detonantes asociados a fenómenos de movimiento en masa.
- ☒ Cálculo de amenaza ante movimiento en masa asociado a la zona de interés.
- ☒ Se realiza tratamiento estadístico a los resultados de campo y de laboratorio para los parámetros de resistencia más relevantes que se involucran en el cálculo de capacidades y asentamientos. Se realiza prueba de normalidad de la distribución de probabilidad de las muestras; en caso de que no cumplan, se realiza prueba de bondad y ajuste y se trata la muestra con la distribución que tenga un mejor ajuste. En caso de no ser posible un ajuste a una distribución de probabilidad, se realiza transformación de Box-Cox o Johnson hacia una distribución normal mediante ecuaciones de transformación para finalmente, darles un tratamiento normal a los datos obtenidos, con el fin de calcular un intervalo característico de la muestra para distintos niveles de confianza mediante la siguiente forma:

Tabla 1: Intervalos característicos para una distribución normal

$1 - \alpha$	$\alpha/2$	$Z_{\alpha/2}$	Intervalos característicos
0.90	0.05	1.645	$(\mu - 1.645\alpha, \mu + 1.645\alpha)$
0.95	0.025	1.96	$(\mu - 1.96\alpha, \mu + 1.96\alpha)$
0.99	0.005	2.575	$(\mu - 2.575\alpha, \mu + 2.575\alpha)$

Para cuando el tamaño de la muestra continua es menor a 10, se emplea el estadístico t-student.

- ☑ Con los resultados de los ensayos de campo y laboratorio, se elaboró un perfil del subsuelo y se estableció como modelo de cálculo para el estudio.
- ☑ Se estimaron parámetros efectivos de resistencia a partir de los resultados del SPT (N en golpes/pie) expuesta por Alvaro Gonzalez en las X Jornadas geotécnicas de la ingeniería colombiana, 1999, en donde se aplican correcciones al número de golpes del SPT (N_{spt}) por energía y confinamiento, luego se calcula el ángulo de fricción equivalente mediante la correlación de Kishida, 1986; y posteriormente el esfuerzo cortante efectivo a partir de este valor, y se agrupan valores de esfuerzo cortante efectivo y esfuerzo normal efectivo por tipos de materiales y con las regresiones lineales que representan la envolvente de esfuerzos de Mohr-Coulomb, se obtienen valores de cohesión y ángulos de fricción drenados, obligando a cero la cohesión en caso de que resulte negativa.

Corrección de Ne por Energía Ce

Para esta corrección las formulaciones son de la forma

$$N_{e1} = N_{e2} \times (e2/e1) \quad (2)$$

en la cual $N_{e1} = N$ para la energía e1

$N_{e2} = N$ para la energía e2

Corrección de Ne por Confinamiento Cn

Para esta corrección hay numerosas formulaciones, todas de la forma

$$N_{e \text{ corr}} = N_{1e} = C_n \times N_e \quad (3a)$$

$$C_n = f(R_s) \text{ y } R_s = \sigma'_v / P_a \quad (3b)$$

en las cuales $N_{e \text{ corr}} = N_{1e} = N_e$ corregido por confinamiento

σ'_v = esfuerzo efectivo vertical (F/L^2)

P_a = presión atmosférica $\approx 1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ ton/m}^2 = 98.1 \text{ kPa}$

De todas las formulaciones, para el método propuesto, se recomienda una de las siguientes, teniendo cuidado que, en todo caso, $C_n \leq 2$

$$\text{Seed-Idriss (1970)} \quad C_n = 1 - K \times \log R_s \quad (4a)$$

($K=1.41$ para $R_s < 1$; $K=0.92$ para $R_s \geq 1$)

$$\text{Skempton (1986)} \quad C_n = 2/(1+R_s) \quad (4b)$$

$$\text{Liao-Whitman (1986)} \quad C_n = (1/R_s)^{0.5} \quad (4c)$$

Correlaciones entre Ne y la Resistencia Efectiva de los Suelos

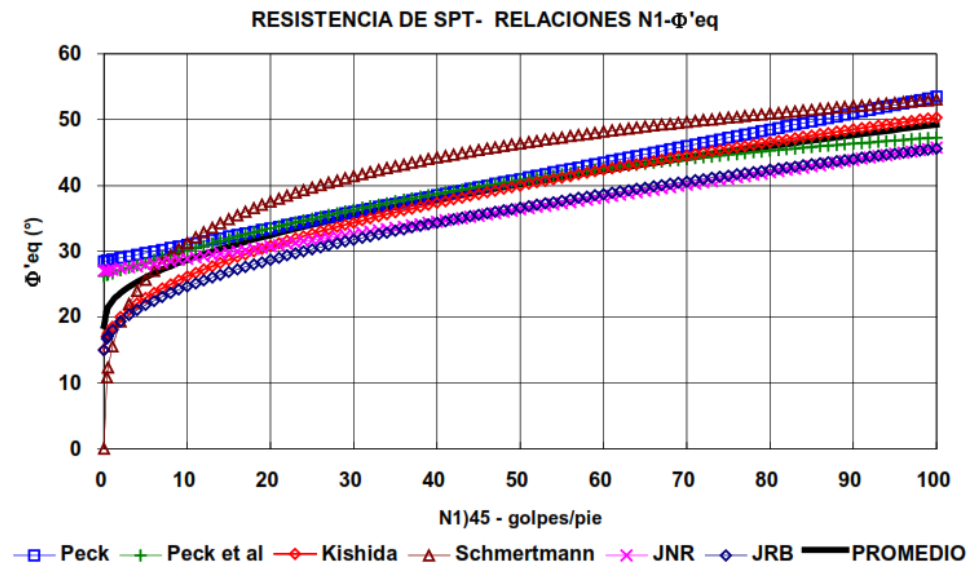
Existen varias relaciones entre N_e y Φ' , pero dado que la mayoría de estas relaciones fueron obtenidas con materiales granulares, para los cuales usualmente la cohesión efectiva es nula ($c' = 0$) entonces realmente las relaciones están dadas entre N_e y Φ'_{eq} . Algunas relaciones, con Φ'_{eq} en grados y energía asignada por el Autor son:

$$\text{Peck} \quad \Phi'_{eq} = 28.5 + 0.2 N_{145} \quad (5a)$$

$$\text{Peck, Hanson y Thornburn} \quad \Phi'_{eq} = 26.25 (2 - \exp(-N_{145} / 62)) \quad (5b)$$

Kishida	$\Phi'_{eq} = 15 + (20 N_{172})^{0.5}$	(5c)
Schmertmann	$\Phi'_{eq} = \arctan [(N_{160} / 32.5)^{0.34}]$	(5d)
JNR	$\Phi'_{eq} = 27 + 0.30 N_{172}$	(5e)
JRB	$\Phi'_{eq} = 15 + (15 N_{172})^{0.5}$	(5f)

La relación entre Φ'_{eq} y N_{145} se presenta en la Figura 2



- ☑ Se estiman módulos elásticos a partir de las correlaciones con el N_{spt} propuesta por el Departamento de la marina de guerra de Estados Unidos, 1982 y Bowles, 1988 para distintos tipos de suelos y a partir de la clasificación según granulometría y límites de consistencia, según lo dicta el Código Colombiano de Puentes, 2014 (ver Tabla 2).

Tabla 2: Correlaciones entre el N_{spt} y el módulo elástico y coeficiente de Poisson para distintos tipos de suelos (Modificado según el departamento de la Marina de Guerra, 1982, Bowles, 1988)

Tipo de suelo	Rango típico de los valores del módulo de Young, E_s (MPa)	Relación de Poisson, ν (adim)
Arcilla:		
Banda sensible	2.4 -15	0.4-0.5 (sin drenaje)
Medio rígida a rígida	15-50	
Muy rígida	50-100	
Loess	15-60	0.1-0.3
Limo	2-20	0.3-0.35
Arena fina:		
Suelta	7.5-10	0.25
Medio densa	10-20	
Densa	20-25	
Arena:		
Suelta	10-25	0.20-0.36
Medio densa	25-50	0.30-0.40
Densa	50-75	
Grava:		
Suelta	25-75	0.20-0.35
Medio densa	75-100	0.30-0.40
Densa	100-200	
E_s estimado a partir del número de golpes del SPT		
Tipo de suelo		E_s (MPa)
Limos, limos arenosos, mezclas ligeramente cohesivas		$0.4N_{160}$
Arenas limpias, finas a medias y arenas ligeramente limosas		$0.7N_{160}$
Arenas gruesas y arenas con poca grava		$1.0N_{160}$
Gravas arenosas y gravas		$1.1N_{160}$
E_s estimado a partir de q_c (resistencia a la penetración estática de la punta del cono)		
Suelos arenosos		$4q_c$

- ☒ El módulo de reacción de subrasante es calculado a partir de la expresión de aproximación a la solución de Vesic, 1961, realizada por Álvaro Gonzales, 1993 y expresada como:

$$K = \left(\frac{1}{2}\right) * \left[\frac{E}{(1 - \nu^2)}\right]$$

En donde, E , es el módulo elástico del suelo en la base, y ν , es el módulo de poisson del suelo en la base de la cimentación.

- ☑ Cálculo de las capacidades de carga para cimentaciones profundas tipo pilas y pilotes, basado en la teoría del método Beta para diseño de pilotes, que sigue la expresión:

$$f = \beta \sigma' \nu$$

Donde:

$\sigma' \nu$ = Esfuerzo vertical efectivo a cualquier profundidad.

$$\beta = K \tan \phi R$$

ϕ = Angulo de fricción drenado.

K = Coeficiente de presión de la tierra.

Luego de determinar el valor de f , se obtiene la resistencia total por fricción de con la siguiente expresión:

$$Q_s = \sum f p \Delta L$$

- ☑ Cálculo de asentamientos de las cimentaciones propuestas a partir de la teoría Poulos y Davis 1980 basado en la teoría de elasticidad y modificaciones atribuidas a mediciones in situ. El suelo base es por lo tanto caracterizado por el módulo de elasticidad E y por el coeficiente de Poisson. Este método permite la construcción de la curva de carga – asentamiento para cimentaciones.

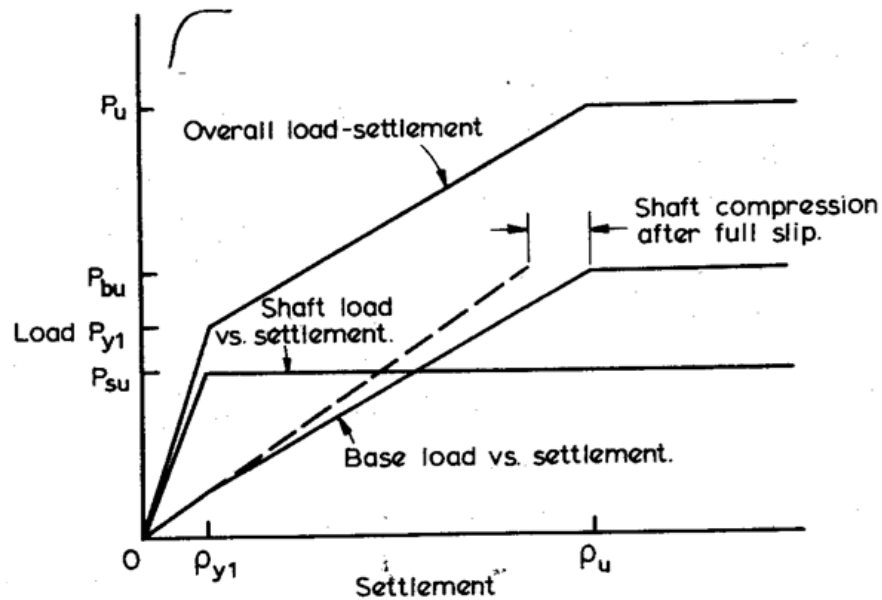


Figura 3 - Curva Carga-Asentamientos Poulos y Davis (1980).

- ☒ Cálculo de capacidad de micropilotes mediante la metodología expuesta por Bustamante & Doix, 1985.

$$Tl = \pi * Ds * Ls * qs$$

Donde,

Tl: Capacidad de carga del bulbo

Ds = αDr : Diámetro expandido

α : Coeficiente de expansión

Dr: Diámetro de la perforación

Ls: Longitud del bulbo

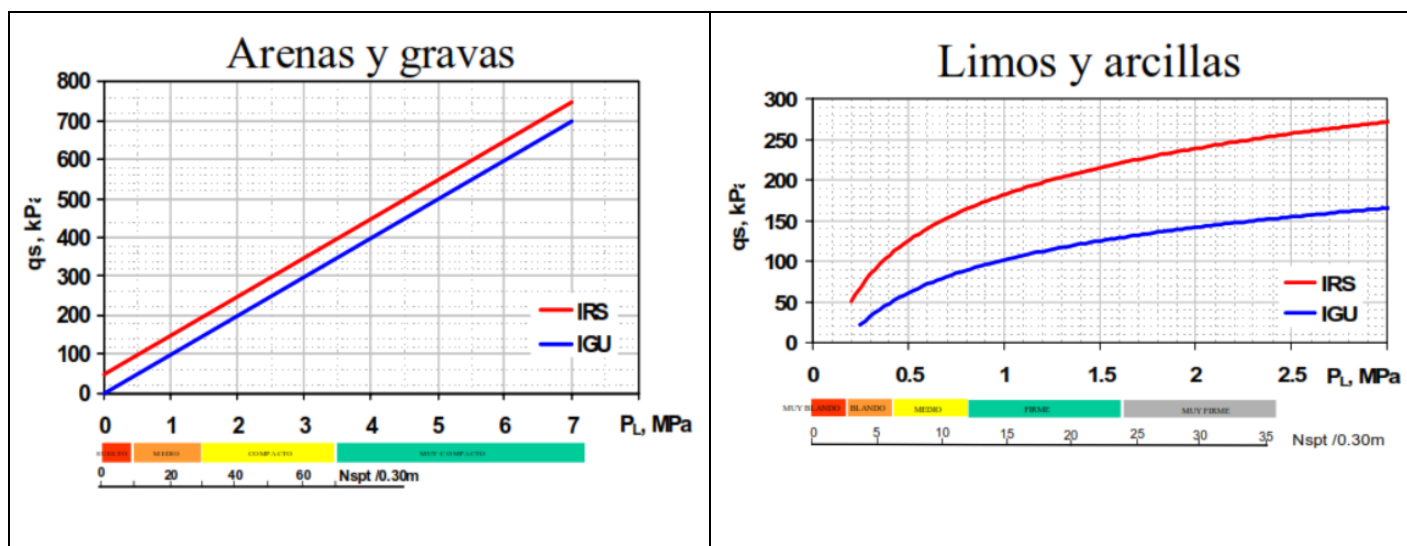
qs: Adherencia lechada – suelo de rotura

Tabla 3: Valores del coeficiente α para el cálculo del diámetro final del bulbo luego de la inyección (Bustamante & Doix, 1985)

Tipo de material	Coeficiente α		Volumen inyectado V_i
	IRS $p_i > P_L$	IGU $p_i < P_L$	
gravas	1.8	1.3-1.4	1.5 V_t
gravas arenosas	1.6-1.8	1.2-1.4	1.5 V_t
arenas c/gravas	1.5-1.6	1.2-1.3	1.5 V_t
arenas gruesas	1.4-1.5	1.1-1.2	1.5 V_t
arenas medias	1.4-1.5	1.1-1.2	1.5 V_t
arenas finas	1.4-1.5	1.1-1.2	1.5 V_t
arenas limosas	1.4-1.5	1.1-1.2	1.5-2 V_t (IRS) 1.5 V_t (IGU)
limos	1.4-1.6	1.1-1.2	2 V_t (IRS) 1.5 V_t (IGU)
arcillas	1.8-2	1.2	2.5-3 V_t (IRS) 1.5-2 V_t (IGU)
roca alterada	1.2	1.1	1.1-1.5 V_t (poco fisurado) 2 V_t (muy fracturada)

p_i : presión de inyección - P_L : presión límite en presurímetro de Menard - V_t : volumen teórico del bulbo

La adherencia, q_s (kPa), según el tipo de suelos, se obtiene de:



- ☒ Cálculo de capacidad de carga para cimentaciones superficiales según el método de Meyerhoff, 1953.

Vertical load: $q_{ult} = cN_c s_c d_c + \bar{q}N_q s_q d_q + 0.5\gamma B'N_\gamma s_\gamma d_\gamma$

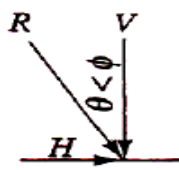
Inclined load: $q_{ult} = cN_c d_c i_c + \bar{q}N_q d_q i_q + 0.5\gamma B'N_\gamma d_\gamma i_\gamma$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4\phi)$$

Factors	Value	For
Shape:	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$	Any ϕ
	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$	$\phi > 10^\circ$
	$s_q = s_\gamma = 1$	$\phi = 0$
Depth:	$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	Any ϕ
	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	$\phi > 10$
	$d_q = d_\gamma = 1$	$\phi = 0$
Inclination:	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \right)^2$	Any ϕ
	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ} \right)^2$	$\phi > 0$
	$i_\gamma = 0$ for $\theta > 0$	$\phi = 0$



Where $K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$ as in Fig. 4-2
 θ = angle of resultant R measured from vertical without a sign; if $\theta = 0$ all $i_i = 1.0$

- ☒ Cálculo de módulos de reacción horizontal método lineal de reacción del suelo (1989), a partir de las siguientes ecuaciones:

Método Lineal de Reacción del subsuelo, 1989:

$$kh = k \left(0.308 + 1.584 \frac{d}{l} \right) \frac{z}{rl}$$

- ☒ Recomendaciones de cimentación, capacidad de carga y asentamientos. También recomendaciones de contención y parámetros para el cálculo de empujes.
- ☒ Recomendaciones constructivas y de manejo de aguas.

- ☒ Las memorias de Cálculo para la revisión de este estudio geotécnico se encuentran en el Anexo 4 del presente documento.

3. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

3.1. INTRODUCCIÓN

Las prospecciones geofísicas son pruebas no destructivas, que, por su mínima intervención en la zona del proyecto, minimizan los costos finales de consultoría, permitiendo cuantificar las propiedades elásticas principales de los diferentes estratos que componen el suelo.

Los ensayos geofísicos con metodología MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves), consisten en analizar las propiedades de propagación de ondas sísmicas superficiales (V_s), principalmente las ondas Rayleigh, las cuales se propagan horizontalmente desde la fuente emisora hasta los geófonos receptores. En un medio estratificado, la velocidad de propagación (velocidad de fase) de las ondas de Rayleigh depende de la frecuencia. Esta propiedad se conoce como dispersión.

Por otra parte, los ensayos ReMi (Refraction Microtremors) permiten reconstruir la distribución de la velocidad de ondas de corte con la profundidad, mediante el análisis espectral de registros de vibración natural del terreno. Este método no requiere una fuente de energía y por esto es un ensayo pasivo, que se basa en la medición de vibraciones ambientales generadas por el tráfico o microsismos que ocurren día a día. Dependiendo de las propiedades del material del subsuelo, arreglo geométrico y tipos de sensores (distancia y frecuencia geófonos), ReMi puede determinar velocidades de ondas a profundidades mínimas de 10m y hasta un máximo de 100m.

3.2. OBJETIVOS

- Determinar las velocidades de onda de corte (V_s) y clasificar el tipo de perfil de suelos de la zona de estudio según la norma NSR-10, en función del valor promedio de la velocidad de onda de corte en los primeros 30 m del perfil de suelos (V_{s30}).
- Cuantificar los valores de las constantes clásicas de Lamé representadas en el módulo de cortante, módulo de Young, relación de Poisson, densidad y módulo volumétrico.

- Detectar la variación estratigráfica trazada a partir de un perfil unidimensional de la velocidad de onda cortante versus la profundidad de exploración.

3.3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Se realiza una breve introducción de los métodos de análisis empleados en el procesamiento de datos de campo y en la deducción de velocidades de onda de corte y compresión.

3.3.1. REMI (REFRACTION MICROTREMORS)

El Método de Refracción Microtremor (ReMi) es un método, relativamente nuevo, para mediciones in situ de perfiles de velocidad de ondas de corte Vs usando registros de ruido ambiental. Pudiéndose generar un perfil del subsuelo 1-D basándose en la velocidad con la profundidad.

Para la adquisición de datos se usa un sismógrafo convencional y geófonos verticales equidistantes de onda P usados en estudios de refracción.

Esta técnica esta basada en dos planteamientos. El primero es que el equipo de adquisición de refracción sísmica aporta una salida casi idéntica a la sísmica de refracción de la onda P, además puede efectivamente grabar ondas superficiales a frecuencias tan bajas como de 2 Hz. El segundo planteamiento es que se pueden separar las ondas Rayleigh de otras ondas registradas por el equipo, por lo que es posible reconocer la verdadera fase de velocidad de otras velocidades aparentes. Esto hace posible un análisis espectral de ondas de superficies (SASW) y una efectiva técnica de análisis multicanales de ondas de superficies (MASW).

Es un método para la medición in situ de perfiles de velocidad de ondas de corte Vs usando el ruido ambiental. Al aplicar el método ReMi obtenemos una distribución de la velocidad de ondas de corte Vs en profundidad. Para ello se emplea el análisis espectral de registros de vibración natural del terreno. Es, por tanto, un método especialmente apto para ambientes urbanos, donde la presencia de vibraciones es elevada.

El método ReMi tiene su base en el principio físico de la dispersión de las ondas en el terreno. Ocurriendo que, todos los medios son, en mayor o menor medida, dispersivos, y por lo tanto, las distintas frecuencias que componen un determinado paquete de ondas se propagan a diferentes velocidades. A medida que el

paquete de ondas se desplaza en el terreno, las frecuencias individuales se van separando las unas de las otras, ya que las velocidades de propagación respectivas son diferentes. Analizando las velocidades a las que se propagan las distintas frecuencias se puede obtener la curva de variación de la velocidad de propagación de las ondas S con la profundidad.

Las ventajas de ReMi desde un punto de vista de adquisición sísmica son las siguientes:

- Requiere solamente de equipos estándar de refracción, no requiere de una fuente de energía de onda específica o fuerte y,
- Trabaja muy bien en ambientes con fuertes ruidos superficiales, cuestión que puede hacer imposible la toma de datos mediante sísmica estándar.

Dependiendo de las propiedades del material del subsuelo, arreglo geométrico y tipos de sensores (distancia y frecuencia geófonos), ReMi puede determinar velocidades de ondas a profundidades mínimas de 10 m y hasta un máximo de 100 m.

Las ondas P pueden ser estimadas matemáticamente en función de un mínimo conocimiento del sitio a investigar o medidas de refracción hecha con el mismo arreglo. Es un método de altísimo potencial en aplicaciones urbanas e industriales. Resulta también particularmente útil en áreas donde no se puede usar explosivo o donde inversiones de velocidades limitan la aplicación de métodos tradicionales como refracción y reflexión (los métodos de microtremores pueden caracterizar inversiones de velocidad).

Es un método de altísimo potencial en aplicaciones urbanas e industriales y en áreas donde no se puede usar explosivos o donde inversiones de velocidades limitan la aplicación de métodos tradicionales como refracción y reflexión (los métodos de micro tremores pueden caracterizar inversiones de velocidad). El ReMi tiene las siguientes aplicaciones:

- Definición y mapeo de estratificación sísmica (ondas de corte y, tramite correlación con la refracción, compresionales),
- Cálculo del parámetro rigidez de los materiales del subsuelo y definición parámetros dinámicos (Modulo de corte dinámico max-rigidez, Modulo de deformación dinámico-Young, Modulo de compresibilidad volumétrica-Bulk, Modulo de compresibilidad edométrica), capacidad de carga (q_a) y calidad rocas (RMR-Rock Mass Rating, RQD y Q (método de Barton), y UCS-uniaxial

Compressive Strenght): en esto caso puede representar un óptimo método de evaluación rutas túneles mineros y monitoreo voladuras,

- Control y seguimiento de compactación 2D y 3D.
- Definición de la Vs30-VsP y profundidad Vs=500m/s (substrato geotécnico),
- Selección forma espectral para el estudio sísmico.
- Clasificación de suelos, análisis de respuesta y caracterización-zonificación sísmica de un área (normas IBC, NEHRP, etc.)
- Conjuntamente a la medida de periodo fundamental, el análisis de las ondas de corte es la base para una modelización más precisa de la respuesta de sitio,
- Clasificación de sitio: Método de Draft 1999, Método según el código europeo EC8,
- Calculo empírico factor de amplificación: Método de Medvedev, Midorikawa, Borchardt.
- Comprobación del potencial licuefacción: Método de Andrus y Stokoe (1997) y modelado dinámico,
- Identificación elementos antrópicos y geológicos en el subsuelo (rellenos, fracturas, etc.),
- Caracterización de la cobertura (en combinación parcial con la refracción),
- Caracterizar áreas con la presencia inversiones de velocidad superficiales (ej. arenas sobre arcillas). Método particularmente útil.

3.4. LOCALIZACIÓN

La línea de geofísica se realizó en la sede Sena Apartado, Antioquia, se encuentran las coordenadas del punto inicial y final del ensayo MASW realizado en el lote de estudio. Estas coordenadas fueron tomadas con un GPS marca Garmin referencia E-TREX, el cual posee un margen de error de 5.0 m.

En la Tabla 4 muestra la ubicación en planta y en campo del lugar de exploración, según la localización del proyecto.

La Figura 4 muestra la ubicación en planta en campo del lugar de exploración, según la localización del proyecto.

Tabla 4: Coordenadas Globales WGS-84

SONDEO	COORDENADAS GLOBALES WGS-84
--------	-----------------------------

	LONGITUD (m)	PUNTO INICIAL		PUNTO FINAL	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
LS-1	55	5°57'44.87"N	75°43'51.30"O	5°57'48.55"N	75°43'50.92"O
LS-2	55	5°57'43.28"N	75°43'50.98"O	5°57'44.54"N	75°43'52.64"O
LS-3	55	5°57'48.60"N	75°43'50.61"O	5°57'50.21"N	75°43'52.23"O
LS-4	55	5°57'46.98"N	75°43'51.76"O	5°57'48.55"N	75°43'50.92"O
LS-5	55	5°57'51.43"N	75°43'52.78"O	5°57'47.72"N	75°43'50.06"O
LS-6	55	5°57'50.11"N	75°43'54.07"O	5°57'46.81"N	75°43'48.50"O

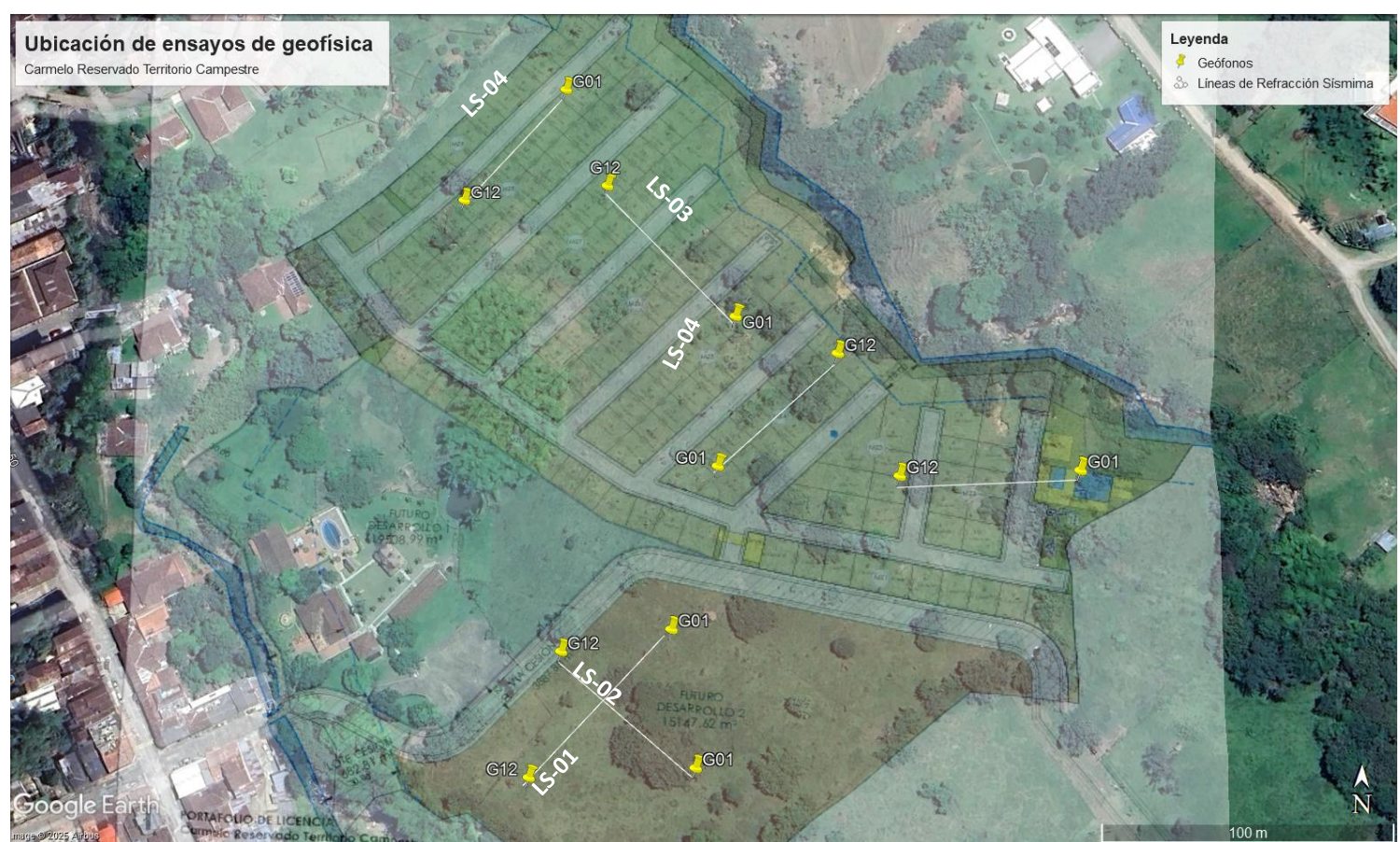


Figura 4 - Ubicación de inicio y fin de la línea de refracción sísmica relativo al proyecto.

3.5. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos para los métodos activos y pasivos (MASW y ReMi) y los análisis de resultados en función de la distribución de velocidades con la profundidad.

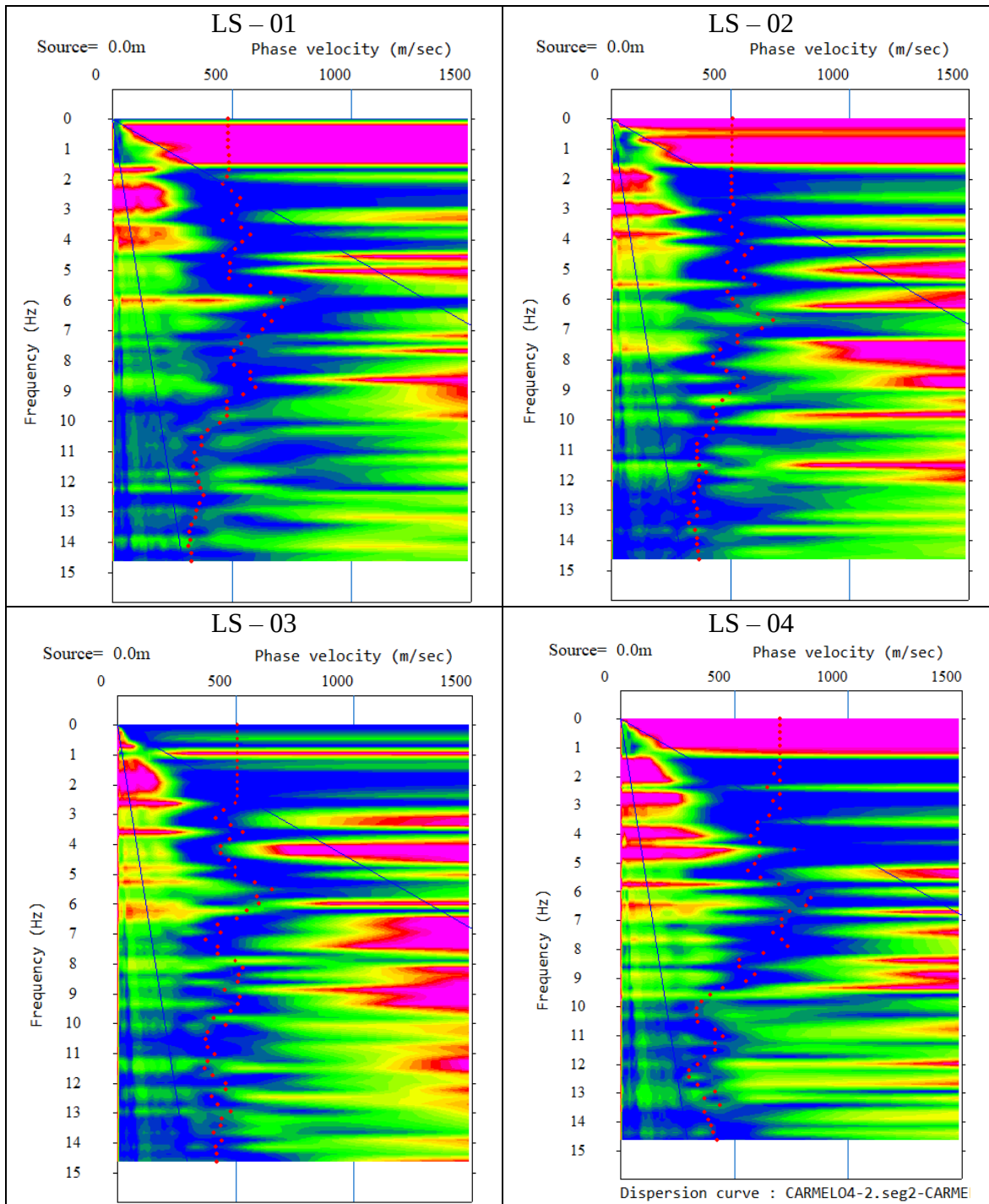
3.5.1. DISTRIBUCIÓN DE GOLPES Y ARREGLO GEOMÉTRICO DE LÍNEA GEOFÍSICA 1

Tabla 5: Características de los ensayos

GEOMETRÍA GENERAL	
Tipo de Arreglo	Lineal
Cantidad de Geófonos de 4.5Hz	12
Separación entre geófonos (m)	5.0
Condición topográfica	Plana
MODO PASIVO (MAM)	
Tipo de Fuente	Ambiental
Número de mediciones	6
Tiempo de mediciones (min)	2

3.5.1.1. MAM (Microtremor Array Measurement)

El espectro de energía en función del contenido frecuencial y de las velocidades de onda de fase obtenido por el modo pasivo, con la indicación (puntos rojos) del modo fundamental de vibración del suelo, se muestra a continuación:



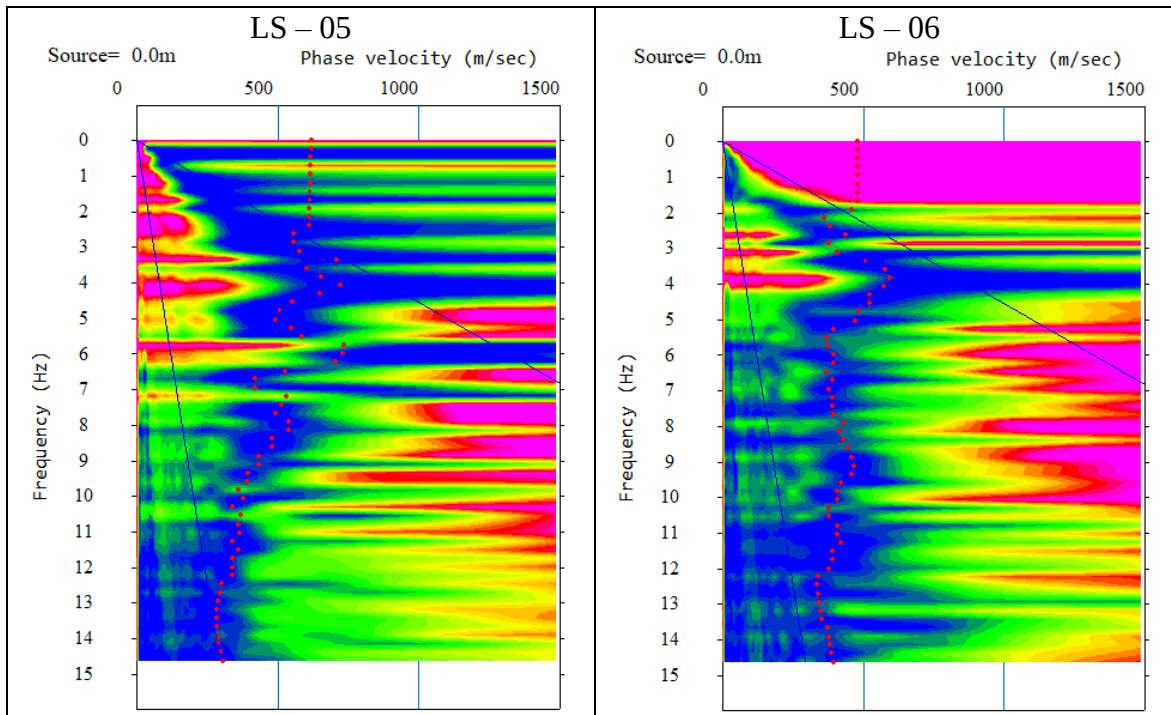
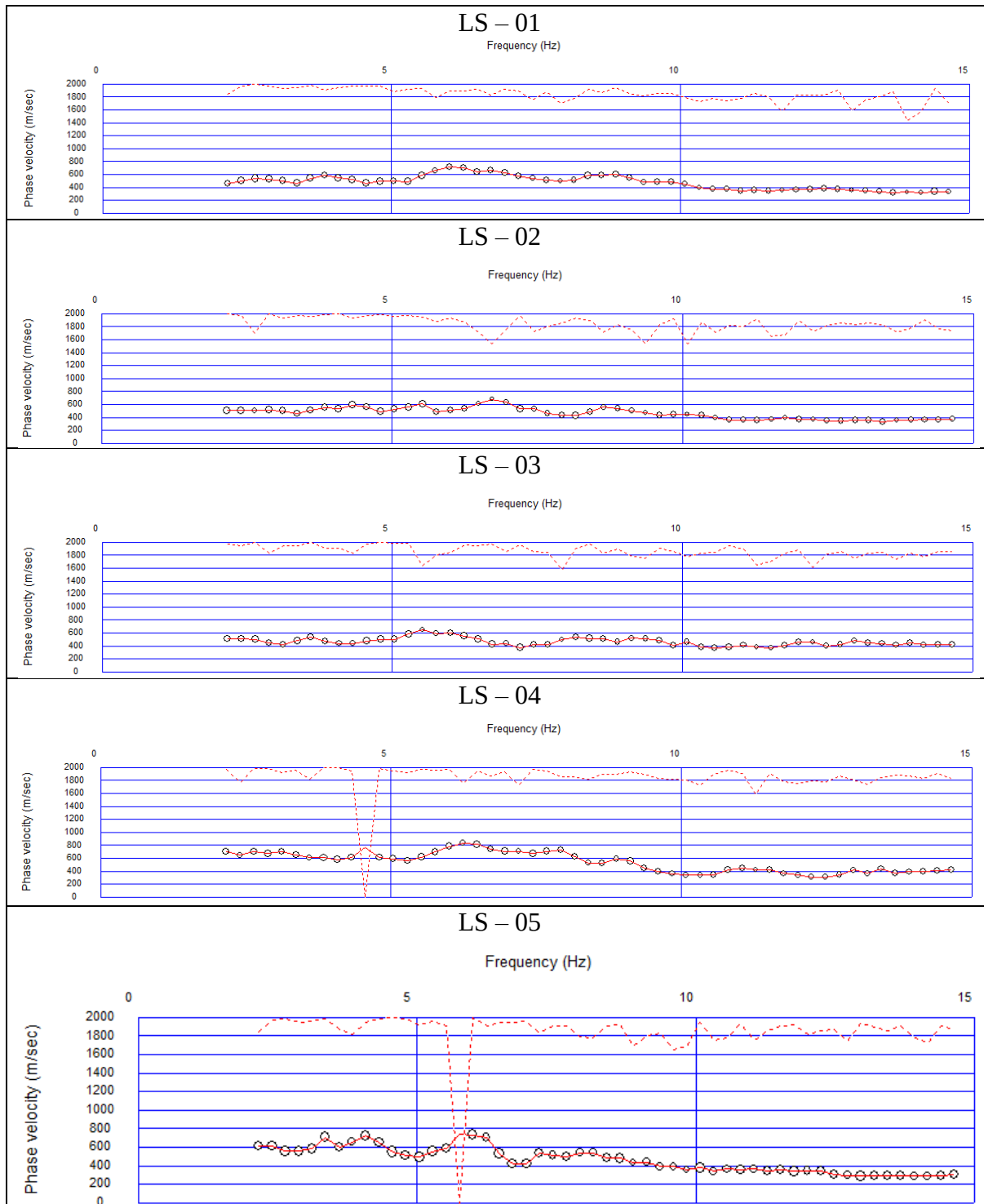


Figura 5 - Espectro de energía modo pasivo con identificación del modo funcional de vibración.

La curva de dispersión que indica el modo fundamental de vibración del suelo seleccionada a partir del espectro de energía anterior se presenta en la Figura 6.



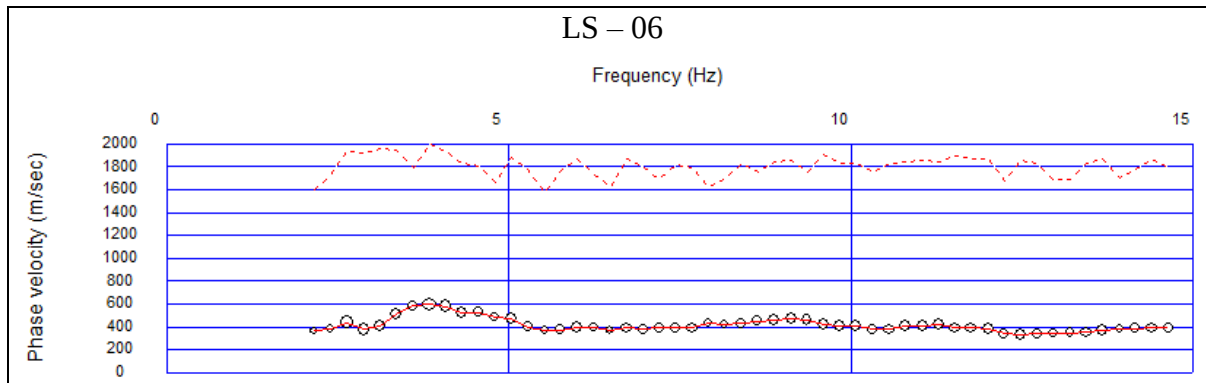
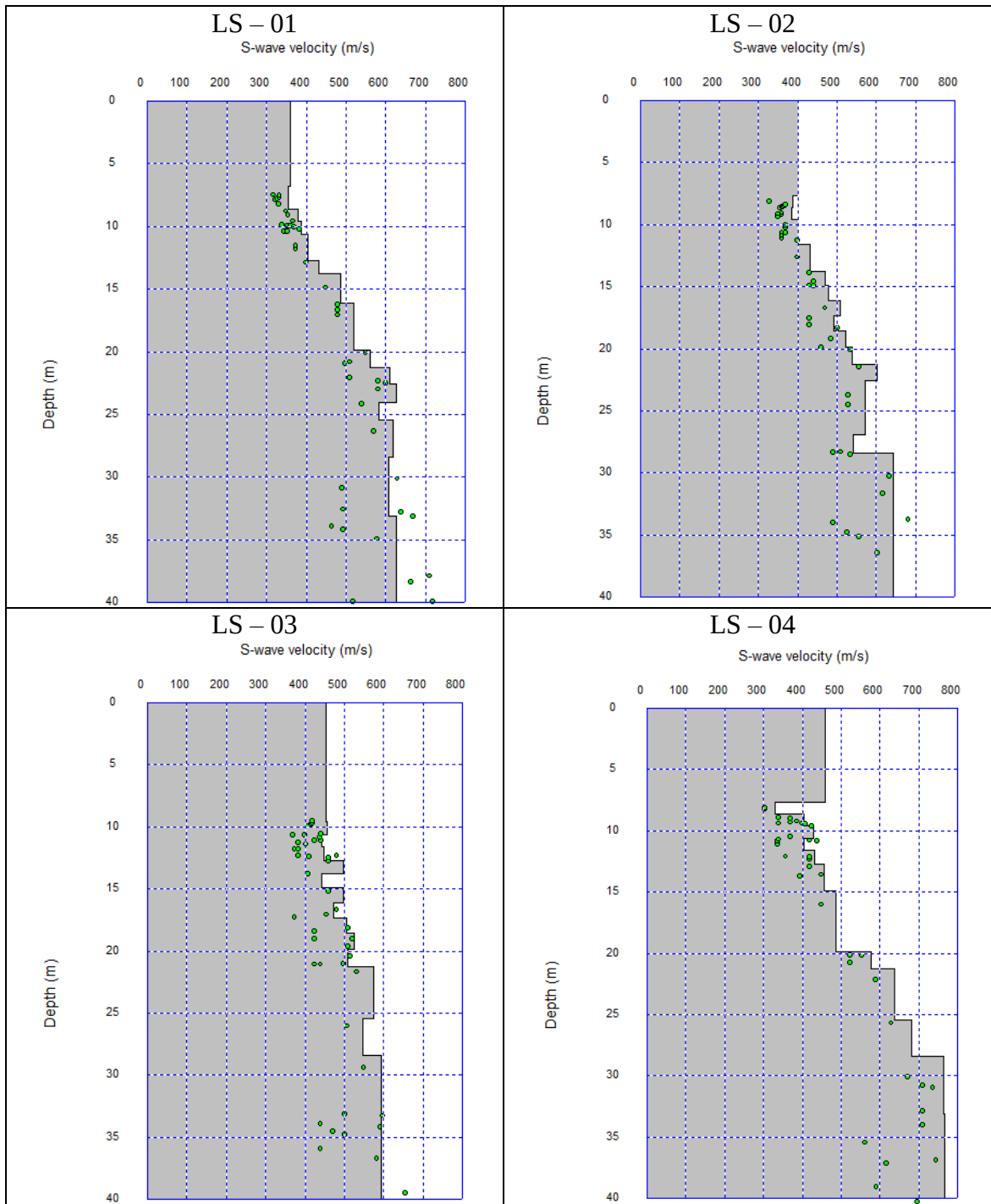


Figura 6 - Curva de dispersión modo fundamental de vibración modo pasivo.

El modelo de capas unidimensionales que muestra el dominio de las velocidades de onda de corte en función de la profundidad, obtenido luego de la inversión de la curva de dispersión anterior, se muestra a continuación (ver Figura 7).



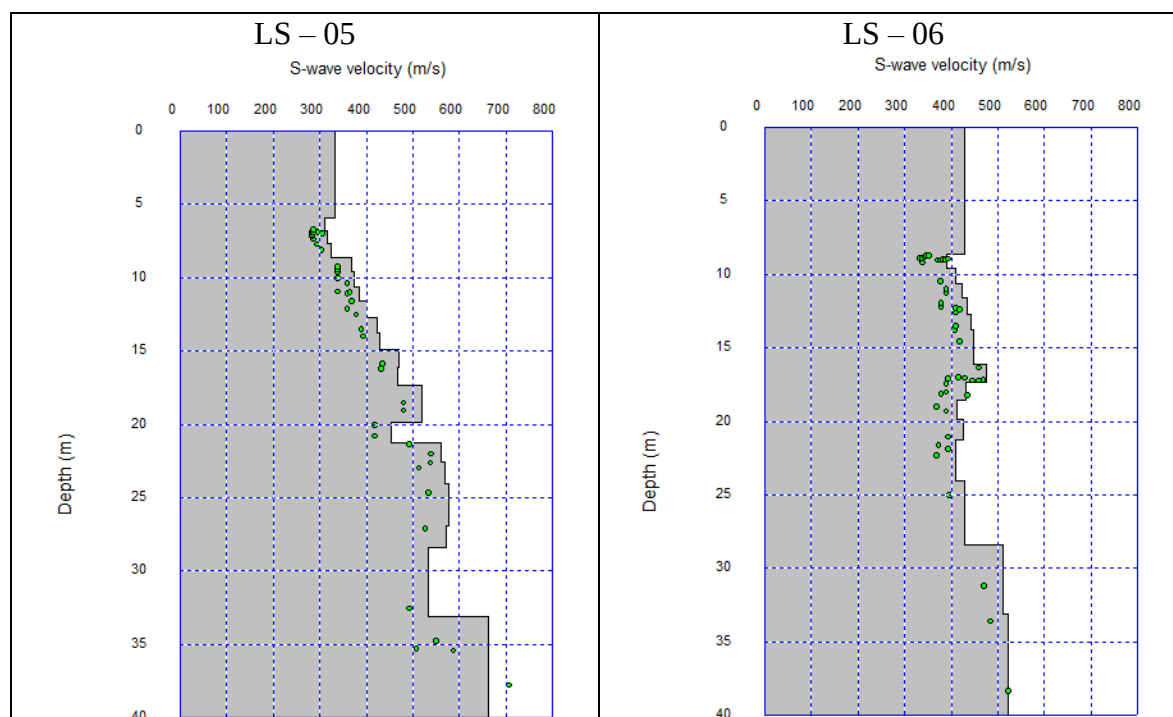


Figura 7 - Modelo de capas de velocidad de onda de corte con la profundidad en modo pasivo.

3.6. INTERPRETACIÓN FÍSICA

En general, se presente un perfil de subsuelo bastante heterogéneo propio de flujos de laderas; en los primeros 7.0 m de profundidad se presenta materiales de consistencia o compacidad media, de acuerdo con los valores de referencia incluidos en la Tabla 6, denotados por velocidades de onda de corte variables entre 237 y 254 m/s. Por otra parte, a partir de los 7.7 m y hasta los 9.6 m se presenta un mejoramiento en la resistencia del suelo con velocidades de onda de corte entre 359 y 388 m/s propias de un suelo de consistencia muy firme o muy compacto. Y finalmente, a partir de los 10.6 m se presenta velocidades de onda de corte mayores a 400 m/s denotando la presencia de roca en estado muy fracturada.

Tabla 6: Velocidades de onda de corte de referencia de materiales representativos (Teymur & Sekerer, 2013)

Suelos Granulares	Vs (m/s)
Sueltos	185
Medios	205
Medio compactos	225
Compactos	255-400
Suelos Cohesivos	Vs (m/s)
Blando	100

Medio	200
Firme	300-400
Rocas	
Roca muy fracturada	400-750
Roca compacta	>750
Roca muy fresca	>1000

3.7. DEDUCCIÓN DE PARÁMETROS ELÁSTICOS

Las expresiones matemáticas empleadas para el cálculo de las constantes clásicas de Lamé y derivadas a partir de la teoría de propagación de ondas en un medio elástico, se muestran a continuación:

Relación de Poisson μ :

$$\mu = \frac{\frac{1}{2} * (V_p/V_s)^2 - 1}{(V_p/V_s)^2 - 1}$$

Módulo de Young E_0 :

$$E_0 = \frac{\rho * V_p^2 * [3 * (V_p/V_s)^2 - 4]}{[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

Módulo de cortante G_0 :

$$G_0 = \rho * V_s^2$$

Densidad ρ :

$$\rho = 1.2475 + 0.399 * V_p - 0.026 * V_p^2$$

Algunos parámetros de resistencia se deducen a partir de correlaciones empíricas expuestas por diversos investigadores.

Peso Unitario Húmedo γ_t :

$$\gamma_t = 8.32 \log(V_s) - 1.61 \log(z)$$

Ángulo de Fricción Efectivo ϕ' :

$$\Phi_p' = 3.9^\circ (V_{S1})^{0.44}$$

En donde,

$$V_{S1} = V_s / (\sigma_{vo}' / \sigma_{atm})^{0.25}$$

Cohesión no drenada S_u :

$$S_u = (V_s / 7.93)^{1.59}$$

3.7.1.1. Ajustes de Curvas de Degradación del Módulo de Rigidez y Amortiguamiento

Debido a la naturaleza no invasiva y poco perturbante de los ensayos geofísicos, los módulos de rigidez derivados de los análisis reflejan valores altos, asociados a bajas deformaciones, los cuales deben ser degradados a niveles de deformación mayores, apropiados para su aplicación en el diseño geotécnico de cimentaciones, es decir, entre un 0.02 y 0.2% de la deformación angular, de acuerdo con la gráfica contenida en la Figura 8.

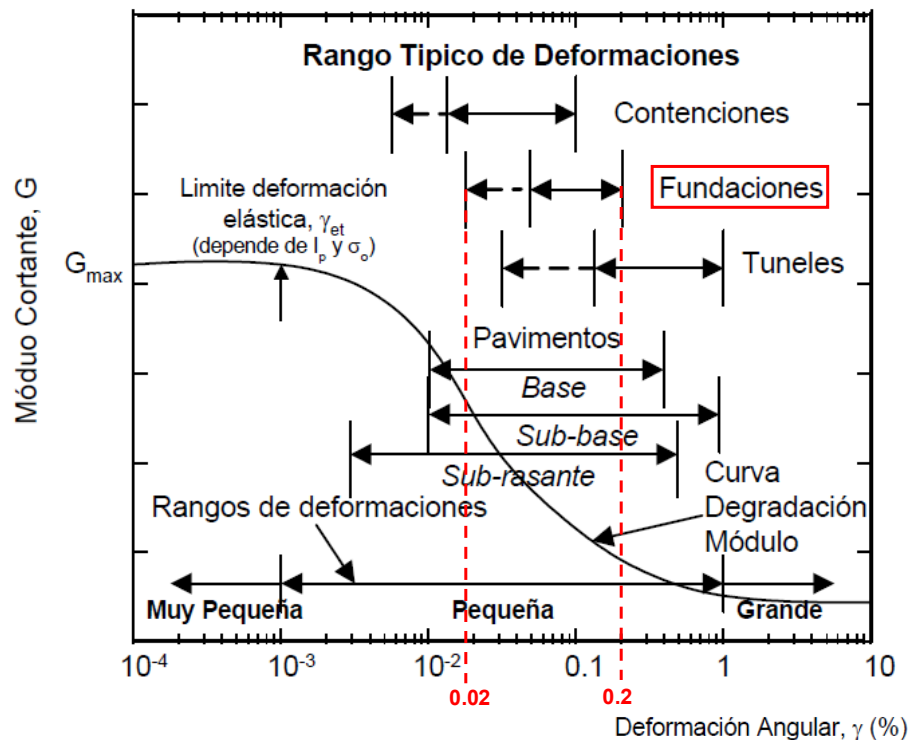


Figura 8 - Variación del módulo cortante con diferentes niveles de deformaciones angulares para diferentes aplicaciones en la ingeniería geotécnica, ensayos in-situ y ensayos de laboratorio (Sawangsurriya, 2012).

Diversos investigadores como Konder (1963), Duncan y Chang (1970), Hardin y Drnevich (1972), Romo (1987), Fredlung y Xing (1994), Otálvaro (2005) entre otros, plantearon modelos hiperbólicos para modelar las curvas de esfuerzo cortante vs. Deformación angular, las cuales son asintóticas al módulo cortante máximo (G_{max}) en el punto de deformación cero y al esfuerzo cortante máximo (τ_{max}) en el infinito de las deformaciones angulares. (Vardanega & Bolton, 2013).

3.7.1.2. Modelo de Otálvaro

El modelo hiperbólico de degradación de la rigidez propuesto por Otálvaro (2005) y cuya expresión matemática corresponde a una modificación del modelo propuesto por Hardin y Drnevich (1972), tiene como variable γ_r , que es el nivel de deformación por cortante donde empieza la pérdida de la estructura y el suelo comienza un comportamiento inelástico; γ que es la deformación angular evaluado del suelo, n que es el parámetro de ajuste que controla la tasa con la cual ocurre la pérdida de rigidez del suelo con el incremento de la deformación por cortante, y m que es el parámetro de ajuste que controla la pérdida de rigidez del suelo a grandes deformaciones. A continuación, se presenta la expresión matemática correspondiente al presente modelo.

$$\frac{G}{G_{\text{Max}}} = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{\gamma}{\gamma_r}\right)^n\right]^m}$$

Los parámetros de la curva de degradación de rigidez y amortiguamiento que alimentan el modelo pueden ser obtenidas de bases de datos con mediciones de ensayos de campo y laboratorio realizadas a diversos materiales para consecución de la curva de degradación de la rigidez con la deformación angular, o de microzonificaciones sísmicas disponibles en la ciudad o región en donde se hace la evaluación, conociendo de antemano la geología local y regional (ver Tabla 7).

Tabla 7: Parámetros de curvas de degradación de rigidez y amortiguamiento en suelos depositados, transportados y residuales del Valle de Aburrá, Antioquia (Consortio Microzonificación, 2006)

Formación	Curva de Degradación Módulo G (Hardin)				Amortiguamiento, % (Romo)			
	N	m	$\gamma_{r(\text{máx})}$	$\gamma_{r(\text{mín})}$	$\beta_{\text{mín}}$	$\beta_{\text{máx}}$	$\gamma_{r(\text{máx})}$	$\gamma_{r(\text{mín})}$
1. S.R. Anfibolita	1,10	0,35	0,018	0,003	2,67	24,53	0,02	0,002
2. S.R. Gneis	1,55	0,40	0,048	0,005	1,96	27,82	0,15	0,006
3. S.R. Dunita	0,80	0,60	0,080	0,006	6,96	30,67	0,80	0,040
4. S.R. Esquistos	2,50	0,25	0,030	0,012	3,00	22,00	0,20	0,010
5. S. R. Granodiorita y Cuarzodiorita	1,30	0,45	0,075	0,010	4,01	28,38	0,01	0,090
6. S.R. Diorita	2,20	0,30	0,025	0,008	4,49	14,90	0,01	0,150
7. S. R. Gabro	1,50	0,45	0,050	0,008	3,13	14,77	0,01	0,200
8. vertientes. R. Migmatitas	1,80	0,35	0,090	0,005	3,0	23,0	0,007	0,19
9. S. R. Rocas Volcánicas	1,80	0,35	0,090	0,005	3,0	23,0	0,007	0,19
10. Depósitos de deslizamiento y de vertiente	1,50	0,35	0,050	0,005	0,22	16,15	0,02	0,300
11. Flujos de lodos y escombros, recientes y meteorizados	1,80	0,35	0,090	0,005	3,00	23,00	0,007	0,19
12. Depósitos Aluviales	1,60	0,45	0,150	0,007	1,33	23,00	0,02	0,001
13. Depósitos Aluvio-torrenciales	2,00	0,21	0,008	0,002	4,78	23,52	0,50	0,060

De acuerdo con la geología de la zona, el lote de estudio se ubica flujo de lodos y escombros, recientes y meteorizados. En consecuencia, para la construcción de la curva de degradación, se empleará un valor de N de 1.80, m de 0.35, γ_r de 0.048% y un nivel de deformación γ del 0.2%.

A continuación, en la Tabla 8 se presenta un resumen con la estimación de los parámetros elásticos calculados, a partir de la velocidad de onda cortante determinada mediante los resultados del ensayo ReMi para las líneas 01, 02, 03, 04, 05 y 06.

8: Resumen de Parámetros Elásticos

Zf	Vs, m/s	v	Vp, m/s	qu, kPa	Vs1	Φ	Yt, kN/m ³	ρ	Go (Gmax), kPa	G, kPa	Eo (Emax), kPa	E, kPa	Ks, kPa
0.5	178	0.2	290.67	140.71	315.60	21	19.18	1.96	62024	1513	148859	14564	1891
1.1	182	0.5	1299.74	145.77	269.77	20	18.76	1.91	63394	1546	188913	52094	3032
1.7	192	0.5	1371.15	158.71	255.37	19	18.64	1.90	70123	1710	208966	57623	3354
2.3	204	0.5	1456.85	174.77	250.63	19	18.64	1.90	79141	1930	235840	65034	3785
3.0	238	0.5	1698.50	223.07	273.99	20	19.01	1.94	109745	2677	327040	90183	5248
3.7	238	0.5	1698.50	223.07	266.35	20	18.86	1.92	108885	2656	324477	89476	5207
4.4	238	0.5	1698.50	223.07	259.87	20	18.74	1.91	108142	2638	322264	88866	5172
5.2	239	0.5	1708.15	225.09	255.34	19	18.64	1.90	108831	2654	324316	89431	5205
6.0	248	0.5	1772.74	238.77	259.15	20	18.67	1.91	117417	2864	349904	96488	5615
6.8	254	0.5	1814.31	247.74	259.62	20	18.67	1.90	122929	2998	366329	101017	5879
7.7	359	0.5	2566.57	430.04	358.87	32	19.83	2.02	261397	6376	778964	214803	12501
8.6	380	0.5	2715.85	470.49	371.37	33	19.96	2.04	294539	7184	877725	242036	14086
9.6	388	0.5	2770.82	485.72	370.92	33	19.96	2.04	306561	7477	913553	251916	14661
10.6	405	0.5	2892.28	520.01	379.34	33	20.04	2.05	335465	8182	999687	275668	16043
11.6	405	0.5	2892.28	520.01	372.02	33	19.98	2.04	334376	8156	996441	274773	15991
12.7	432	0.5	3087.70	576.98	589.14	39	20.15	2.06	384421	9376	1145573	112080	18385
13.8	487	0.5	3478.55	697.37	609.08	39	20.52	2.09	496913	12120	1480800	408337	23764
15.0	487	0.5	3478.55	697.37	570.53	38	20.47	2.09	495565	12087	1476783	407229	23700
16.1	519	0.5	3705.82	771.19	575.80	38	20.64	2.11	567258	13836	1690430	466143	27129
17.4	519	0.5	3705.82	771.19	550.19	38	20.59	2.10	565860	13801	1686262	464994	27062
18.6	519	0.5	3705.82	771.19	528.93	37	20.54	2.10	564518	13769	1682263	463891	26998
19.9	561	0.5	4009.01	873.91	552.14	38	20.78	2.12	668296	16300	1991521	549170	31961
21.2	584	0.5	4169.05	930.03	555.92	38	20.88	2.13	726063	17709	2163669	596641	34723
22.6	608	0.5	4341.67	992.00	562.03	38	20.98	2.14	791320	19300	2358133	650265	37844
24.0	609	0.5	4349.19	994.73	547.96	38	20.95	2.14	792706	19334	2362264	651404	37910
25.5	617	0.5	4403.56	1014.58	541.07	38	20.95	2.14	812808	19825	2422168	667923	38872
26.9	617	0.5	4403.56	1014.58	528.64	37	20.91	2.13	811277	19787	2417606	666665	38799
28.4	627	0.5	4477.87	1041.94	525.95	37	20.93	2.14	839780	20482	2502543	690087	40162
30.0	627	0.5	4477.87	1041.94	515.30	37	20.90	2.13	838290	20446	2498104	688863	40090

3.8. EFECTOS SÍSMICOS LOCALES NSR-10

Se realiza la caracterización del tipo de perfil de suelos a partir de la determinación de la velocidad de onda de corte promedio para los 30m de superiores del perfil de suelos explorado, de acuerdo a lo establecido en el título A de la norma NSR-10. (ver Tabla 9).

Tabla 9: Clasificación de los perfiles de suelos (Tabla A.2.4-1 de NSR-10)

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
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: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

El suelo en la línea clasifica como tipo C, con una velocidad de onda de corte promedio de 394 m/s, con un periodo fundamental del suelo de 0.30 s.

4. GEOLOGÍA

4.1. REGIONAL

El proyecto a nivel regional tiene como basamento la unidad Amagá en su miembro Superior (Tos), abundancia de areniscas gris azuladas a gris verdosas, cuando están frescas, a gris amarillentas cuando están meteorizadas y la presencia de arcillolitas de color ocre, deleznales. Ver Figura 4-1.

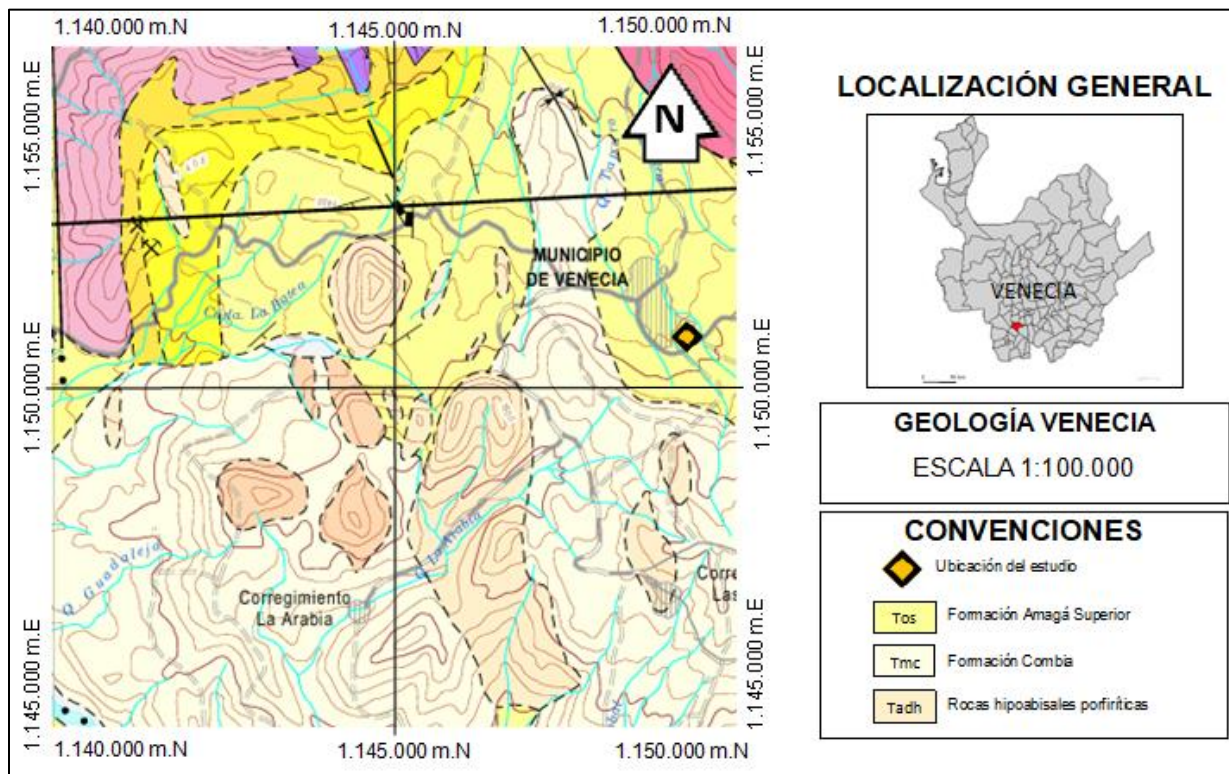


Figura 4-1 - Mapa geológico plancha 166 Venecia (Ingeominas, 2005)

A continuación, se presenta una breve descripción de las unidades geológicas que se encuentran dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto.

4.1.1. FORMACIÓN AMAGÁ MIEMBRO SUPERIOR (TOS):

Como Esta unidad es la más representativa de la Formación Amagá, aflorando casi continuamente Amagá hasta el sur del área. Buenos afloramientos se presentan sobre la carretera Fredonia-Venecia, sobre los afluentes del río Cauca entre La Pintada y Bolombolo, en la carretera La Pintada-Valparaíso y en algunos tramos de la quebrada Sinfiná.

En gran parte está cubierto por la Formación Combia y localmente intruída por cuerpos de pórfidos andesíticos que producen débiles efectos de contacto en las arcillolitas y areniscas. El contacto con el miembro medio es normal y está marcado por capas de areniscas grises, localmente conglomeráticas. Se caracteriza por la ausencia de mantos de carbón explotables, por la carencia de conglomerados, la abundancia de areniscas gris azuladas a gris verdosas, cuando están frescas, a gris amarillentas cuando

están meteorizadas y la presencia de arcillolitas de color ocre, deleznales. (Servicio Geológico Colombiano, 1980).

4.1.2. FORMACIÓN COMBIA (TMC):

Cubriendo parte de las vertientes oriental y occidental del río Cauca, aflora un conjunto de rocas principalmente volcánicas que fueron estudiadas por Grosse (1926), quien las denominó así, en base al Alto de Combia. Esta unidad se compone de estratos volcánicos y sedimentarios que pueden suponerse dentro de regiones diferentes a diversas zonas o pisos del Terciario Carbonífero, es decir, que están separados de él por discordancia. (Servicio Geológico Colombiano, 2013).

- **Miembro Volcánico:** Se compone esencialmente de conglomerados con matriz tobácea, shales de color crema, areniscas tobáceas, tobas de cristales, tobas de cenizas, aglomerados, brechas volcánicas y derrames de basalto y andesitas. La pasta o matriz por lo general tiene textura intersertal y varía de holocristalina a hipocristalina y está compuesta por microlitos de plagioclasa, a veces con textura pilotaxítica, augita y abundantes óxidos de Fe.
- **Miembro Sedimentario:** Sedimentos con aporte de material volcánico reciente se superponen a los distintos miembros de la Formación Amagá y están separadas de ésta por una discordancia erosiva. Afloran estratos mal cementados de conglomerados con cantos redondeados, de tamaño variable desde gránulos hasta guijarros, de composición principalmente basáltica, cementados por material arenoso, grueso y de color crema.

La formación Combia en Antioquia y Caldas corresponde al Grupo Combia del Valle Caucaño. (Servicio Geológico Colombiano, 1980).

4.1.3. ROCAS HIPOABISALES PORFIRÍTICAS, PÓRFIDOS ANDESÍTICOS HORNBLÉNDICO (TADH):

La principal característica de estos cuerpos es la presencia de hornblenda en fenocristales. Algunos de ellos son correlacionables por su mineralogía, textura, carácter estructural o posición estratigráfica respecto a las rocas encajantes. (Servicio Geológico Colombiano, 1980).

estructuras contenidas en la zona de estudio. Esta unidad de origen antrópico se caracteriza como un material con textura limo – arenosa en su mayoría, con un color que varía entre tonos grises y café oscuro, con presencia de material orgánico y fragmentos plásticos, etc. Este material presenta niveles medio – altos de humedad y plasticidad. También, se encuentran las unidades de Flujo de Lodos al sur este que consiste en un material con textura arcillosa y limo arenoso, color verdoso oscuro y gris, humedad media-baja, plasticidad media-alta.

Finalmente, se tienen unidades antiguas y reciente de depósitos aluviales. Estas primeras correspondientes a niveles anteriores de los causes de las quebradas asociadas y el evento de magnitud importante ocurrido en 2024, mientras que la última a flujo de aguas de escorrentía con capacidad importante de arrastre de material y/o zonas inundables.

5. GEOMORFOLOGÍA

5.1. REGIONAL

La zona de estudio se encuentra ubicada mayormente sobre la unidad geomorfológica de Ladera Estructural de Cuesta (Scle). Adicionalmente, el ambiente geomorfológico predominante es de carácter estructural. Estas unidades y las circundantes geomorfológicas se pueden ver en la Figura 5-1.

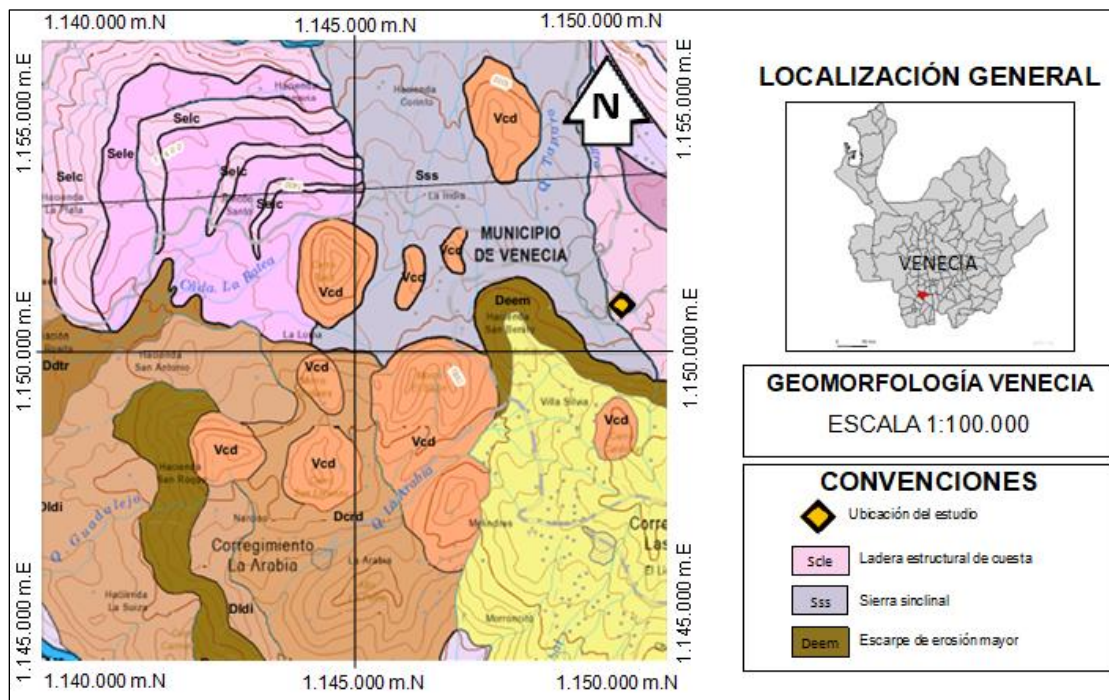


Figura 5-1 - Plancha geomorfológica, 166 Venecia (Ingeominas, 2005).

5.1.1. LADERA ESTRUCTURAL DE CUESTA (SCLE):

Esta unidad geomorfológica se presenta de forma alargada atravesando la zona de estudio de sur a norte, se localiza en el Municipio de Valparaíso en inmediaciones de la Hacienda Bengala y Agua Bonita, al sur este del casco urbano del Municipio de Fredonia en la Vereda el Calvario, sector Tacamocho, al norte en corregimiento los Palomos, en el Municipio de Venecia en la Vereda Peñas Azules, en el Municipio de Amaga en la Vereda El Morro y el sector el Castillo. Desde la confluencia del río Cauca con el río Poblano.

Geológicamente se desarrolla sobre rocas del terciario carbonífero de la Formación Amaga Miembro Superior (Tos), constituido por rocas areniscas bien cementadas de color crema, arcillas pizarrosas gris verdosas de color ocre, localmente con bancos delgados de conglomerado y de carbón, presenta desarrollo local de suelos residuales gruesos.

Esta geoforma presenta laderas estructurales de longitud moderadamente larga (250 – 500 m) a muy larga (1000 – 2500 m), de forma irregular con pendientes inclinadas (6 – 10°) a muy abruptas (16 – 20°) y desarrollo de drenajes subparalelo espaciado. Ladera con estratos dispuestos en favor de la pendiente del terreno con inclinaciones <20° (Figura 39). **En esta unidad geomorfológica se presentan movimientos en masa clasificados como caída de detritos y deslizamiento rotacional.** (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

5.1.2. SIERRA SINCLINAL (SSS):

Unidad geomorfológica localizada en inmediaciones del Municipio de Venecia limitada por la quebrada Sinifaná y la quebrada La Tigra, presenta procesos erosivos y de movimientos en masa en la vía que conduce hasta el corregimiento de Bolombolo.

Prominencia topográfica, en forma de artesa, formada en el eje del sinclinal de Venecia, conformadas de una ladera estructural de sierra sinclinal (**Sssle**) y una ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (**Ssslc**), se desarrolla sobre areniscas bien cementadas y arcillas pizarrosas del Miembro Superior de la Formación Amaga (Tos), la disposición actual de esta unidad obedece a procesos denudativos diferenciales que han desmantelado los flancos de la estructura invirtiendo el relieve original, presenta pendientes inclinadas a muy inclinada (7° - 20°) (Figura 51). ***En esta unidad geomorfológica se presentan dos movimientos en masa clasificados como deslizamiento rotacional y flujo de tierra.*** (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

5.1.3. ESCARPE DE EROSIÓN MAYOR (DEEM):

Unidad geomorfológica localizada en varios sectores del área de estudio se identificó en la Vereda El Calvario extendiéndose hasta el corregimiento La Arabia pasando por los Municipios de Fredonia y Venecia donde es común la caída de rocas y en la Vereda San Carlos y Villa Luz en el corregimiento San José, en el sector la Nevera y la Bodega, Municipio de Andes.

Litológicamente se desarrolla sobre rocas sedimentarias de la Formación Combia (Tmc) de edad terciario compuestas preferencialmente en tobas volcánicas, derrames eruptivos aglomerados, brechas, basaltos y andesitas dentro del área de influencia de la Falla de Mistrató.

Ladera abrupta, generalmente sinuosa, moderadamente larga (250 – 500 m) a larga (500 – 1000 m) de forma convexa, presentan pendientes que varían entre muy abrupta (21° – 30°) a escarpadas (31° - 45°) y un índice de relieve moderado. Se trata de escarpes con alturas mayores a 250 m originados por procesos de meteorización y erosión diferencial acentuada en zonas de debilidad que dejan expuestas estas geoformas. (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

5.2. LOCAL

Se asociaron cinco (5) componentes geomorfológicos dentro del relieve montañoso de la zona, remanentes de las dinámicas de tres (3) ambientes principalmente: antrópico, estructural y fluvial. Procesos morfodinámicos asociados a erosión y depositación han ido modelando el paisaje del territorio de

influencia hasta lo que hoy se conoce, para este insumo se fusiona el análisis de aspectos morfométricos del terreno. Se complementa con la exploración de campo e inventario de procesos geomorfológicos tanto activos como inactivos presentes en el área de interés.

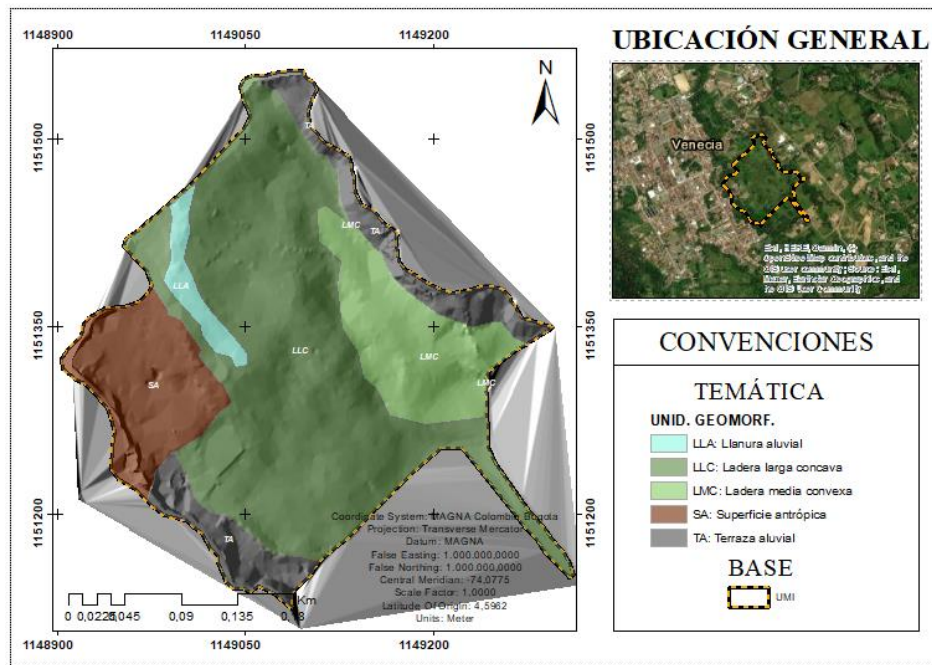


Figura 5-2. Mapa de geomorfología local

En cuanto a cada componente geomorfológica se utilizaron atributos como la inclinación, la longitud y la forma, en el territorio existe un predominio de unidades de ladera, estas se nombraron según la tabla propuesta por Carvajal 2012.

AMBIENTE ESTRUCTURAL - DENUDACIONAL

Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5
	Inclinación	Longitud	Forma	Rugosidad
[L] Ladera	[p] Plana a suave (<3°) [s] Suave (3-10°) [m] Moderada (11-20°) [a] Abrupta (20-45°) [e] Escarpada (>45°)	[m] Muy corta (<50m) [c] Corta (50-250m) [M] Mediana (250-500m) [l] Larga (500-1000m)	[r] Rectilínea [c] Cóncava [x] Convexa [i] Irregular	[l] Liso [r] Rugoso
Tipo de relieve	Índice relieve	Forma cresta		
[C] Colina (200-400m) [Lo] Loma (50-200m) [Mo] Montículo (<50m)	[m] Muy bajo (<50m) [b] Bajo (50-250m) [M] Moderado (250-500m) [a] Alto (500-1000m)	[a] Aguda [r] Redondeada [xa] Convexa amplia [xp] Convexa plana [p] Plana [pd] Plana disectada		

Figura 5-3. Caracterización y nomenclatura de los componentes geomorfológicos

También, se incluye la zonificación de la Superficie Antrópica (SA) como resultados de la adecuación asociada a las estructuras preexistentes y cartografiada a partir del análisis morfométrico y sobrevuelo en dron, al igual que la Llanura Aluvial (LI) de los drenajes asociados a las quebradas de limitan al E y W el polígono de estudio.



Figura 5-4. Imagen tomada con dron de los componentes geomorfológicos representativos

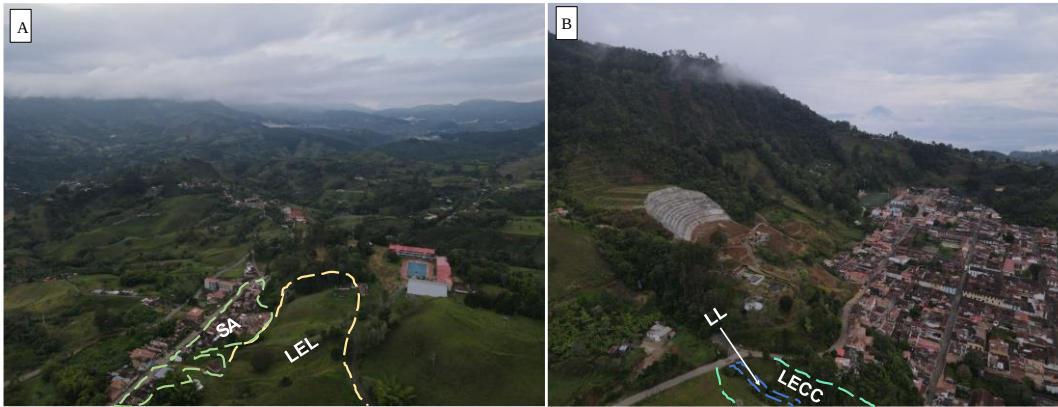


Figura 5-5. Componentes geomorfológicos A) vista Suroccidental B) vista Noreste

5.2.1. DEFINICIÓN DE UNIDAD MÍNIMA CARTOGRAFIABLE

La metodología se basa en el uso de herramientas SIG, por lo que se hace necesario el establecimiento de una unidad de análisis que contenga la zona de interés, esta, se define como un área con condiciones comunes que difiere de las unidades adyacentes. Dicha unidad podrá estar delimitada por divisorias de agua, drenajes o expresiones geomorfológicas. Se considera que cualquier proceso morfodinámico que se presente en el exterior no afecta su interior e igualmente, cualquier proceso morfodinámico que se presente en el interior no afecta las unidades externas. Para este estudio, la UMI se define en la siguiente figura

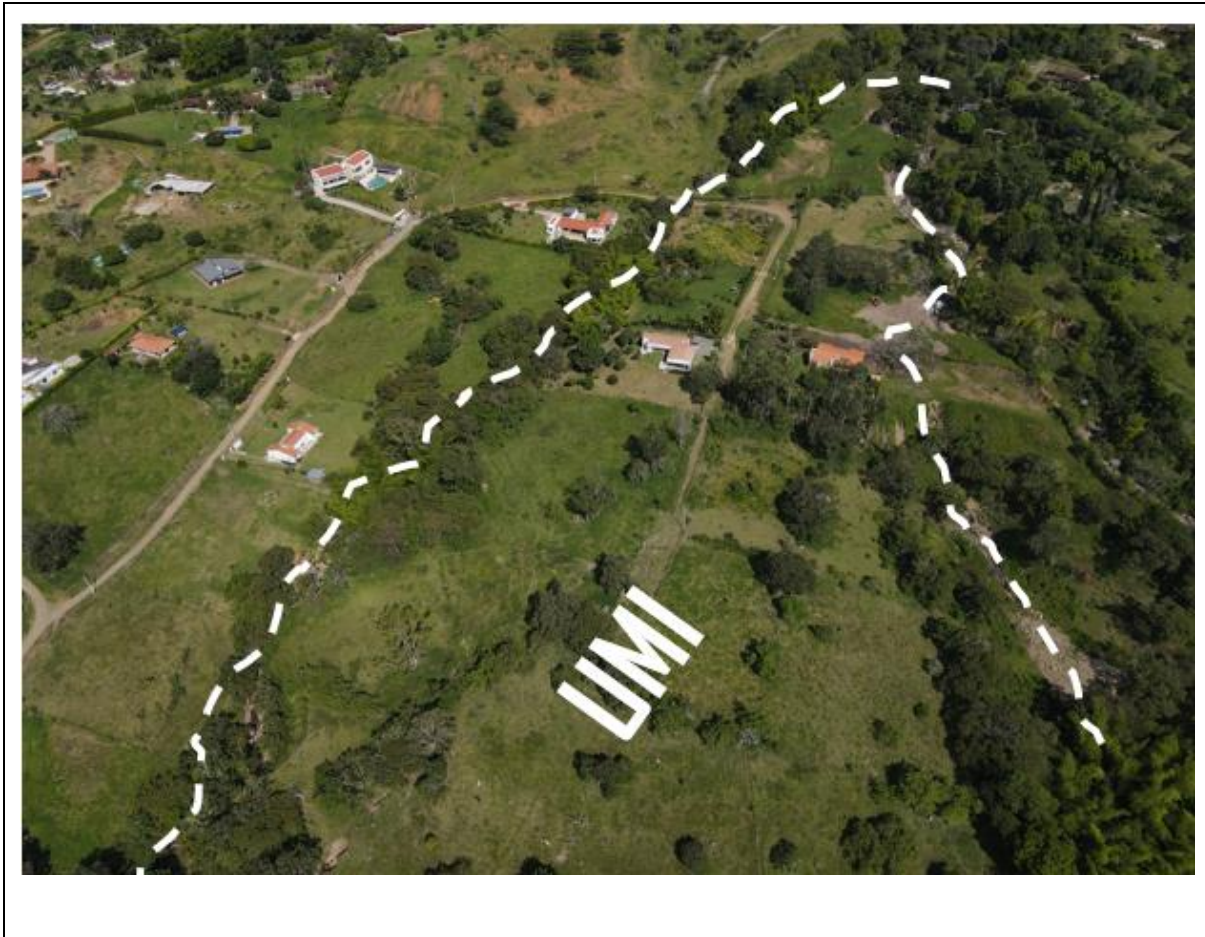






Figura 5-7. Delimitación UMI imágenes aéreas, fuente propia

5.2.2. PENDIENTE

El área de estudio posee una distribución de pendientes clasificadas como: Muy Baja, Baja, Media, Alta, Muy Alta, y Restrictiva según se muestra a continuación en la Figura 5-8

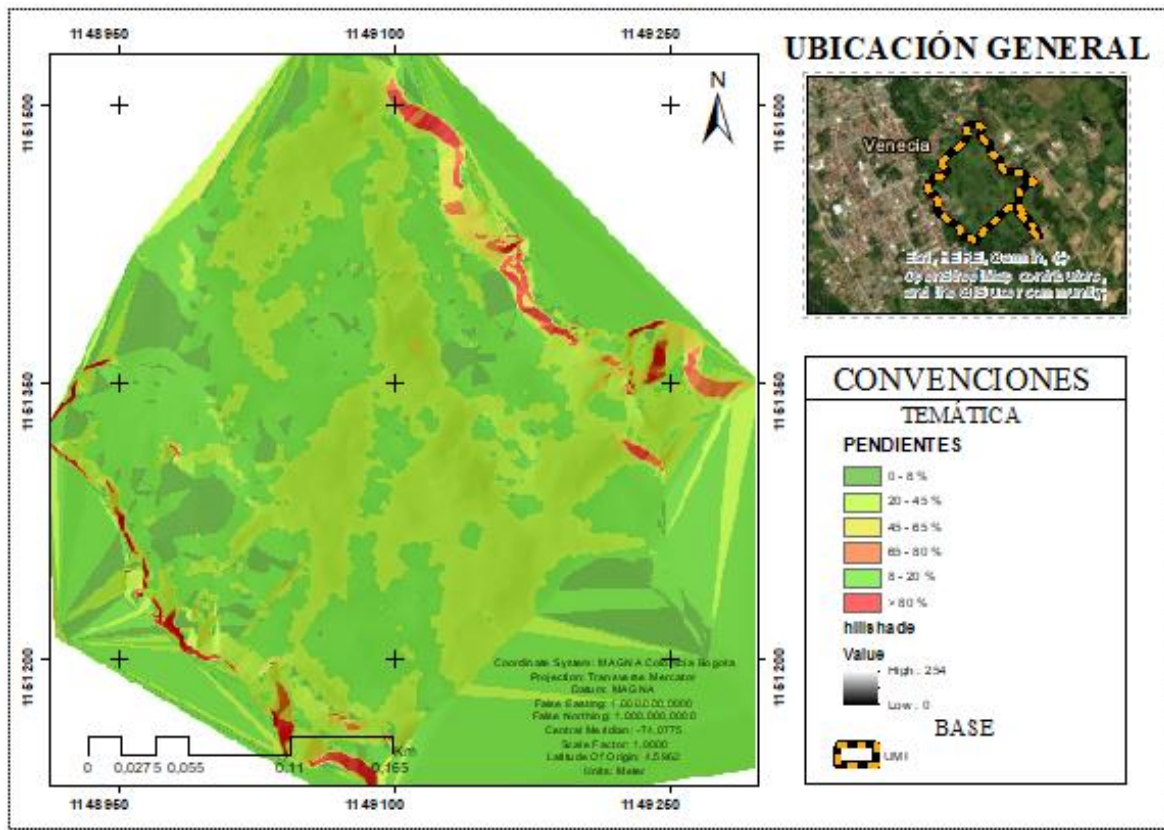


Figura 5-8. Mapa de pendientes Carmelo Reservado

El área de estudio presenta un dominio de pendiente de Media – Baja asociados a los subambientes circundantes en la zona, la primera, a zonas de Ladera en un contexto estructural, mientras que la segunda a la acción antrópica que ha ido moldeando el terreno a la construcción de estructuras preexistentes, el resumen de recurrencia de los rangos de pendientes anteriormente mencionados se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Cálculo de áreas de cada rango de pendiente.

Rango	Área (m2)	Porcentaje recurrencia
0% - 8% Muy Baja	5986,461	7,2%
8% - 20% Baja	35262,738	42,4%
20% - 45% Media	36251,997	43,5%
45% - 65% Alta	2929,750	3,5%
65% - 80% Muy Alta	1213,302	1,5%

> 80% Restrictivas	1528,526	1,8%
--------------------	----------	------

Intervalo de pendientes 0% – 8% y de 8% – 20% (Muy Baja – Baja): intervalo con un porcentaje de recurrencia respecto al área total de estudio de 49.6 %, cubriendo un 41,249 m². Estas, son producto de intervenciones, pero con distribución media en la zona a nivel regional del estudio, clasificados como terrenos planos a levemente inclinados, están asociados a cortes y llenos antrópicos realizados en la zona. Es un área sin mayores problemas de manejo, excepto el manejo de las aguas lluvias y de escorrentía que generan zonas de empozamientos y acumulación que generan la saturación actual del material en el área de interés. Se perfilan como las áreas que propician el mejor prospecto para realizar cualquier desarrollo urbanístico.

Intervalo de pendientes 20% – 45%: es el intervalo que precede en cuanto a recurrencia, cubriendo 36,251 m², lo que representa un 43,5% de recurrencia respecto a la zona de estudio. Está asociado principalmente a las laderas o superficies que propician la transición de zonas de corte en las laderas de mayor pendiente. En general, son los espacios donde se presentan bajos niveles de incisión y presencia de procesos de erosión.

Intervalo de pendientes 45% – 65% y de 65% – 80%: intervalo con pendientes altas y muy altas, cubren un área 4,143 m² con un porcentaje de recurrencia de 5.0 % respecto el área total del proyecto. En general de distribución media, concentrado hacia la parte E y W del polígono. A nivel regional, las pendientes altas están asociadas a las laderas, paredes o escarpes de los sistemas de barras estructurales y de canales de quebradas aluviotorrenciales de la zona. En estas zonas se perciben procesos de erosión y/o remoción activos que han propicien la generación de deslizamientos y requieren intervenciones en cuanto a obras de estabilización.

Intervalo de pendientes > 80%: intervalo de menor recurrencia, con un 1.8% respecto al área total, ocupando 1,528 m². Corresponde a zonas susceptibles a la ocurrencia de fenómenos de movimiento en masa debido a la alta inclinación y exposición de los materiales. Posee distribución baja en el predio de interés hacia la parte W y E del polígono. Concentran las zonas con procesos de remoción activos con incidencia en el área de estudio y requieren intervención con obras de estabilización pertinentes.

5.2.3. CURVATURA

Este parámetro consiste en la medida geométrica basada en derivadas de segundo orden, aportando información respecto a la concavidad y convexidad de la superficie en un punto dado. La concavidad en el relieve se puede relacionar con las vaguadas de las aguas de escorrentía, los ejes de fondo de los valles estrechos o en “V” y con los bordes internos de altiplanos. Las convexidades por su parte se presentan en las cuchillas agudas, rampas y cimas estrechas como la relación entre el borde externo del altiplano con un cañón o un frente erosivo (Gallego, 2013).

El área de interés de manera puntual según la Tabla 11, las zonas con propiedad cóncava poseen mayor recurrencia con un área de 38,912 m² la cual representa un 46.7% de cobertura respecto al polígono de estudio, seguido de las zonas convexas con un área de 41,569 m² y 50.0%, finalmente las superficies planas con menor distribución y extensión de 2,777 m² lo que corresponde a un 3.3% de cobertura asociadas a las zonas de superficies de zonas suavizadas. Se observa en general que las intercalaciones muestran relación con las curvas de nivel; donde la curva baja, la franja es convexa y donde esta sube o entra, la franja es cóncava, tal y como se muestra en la Figura 5-9.

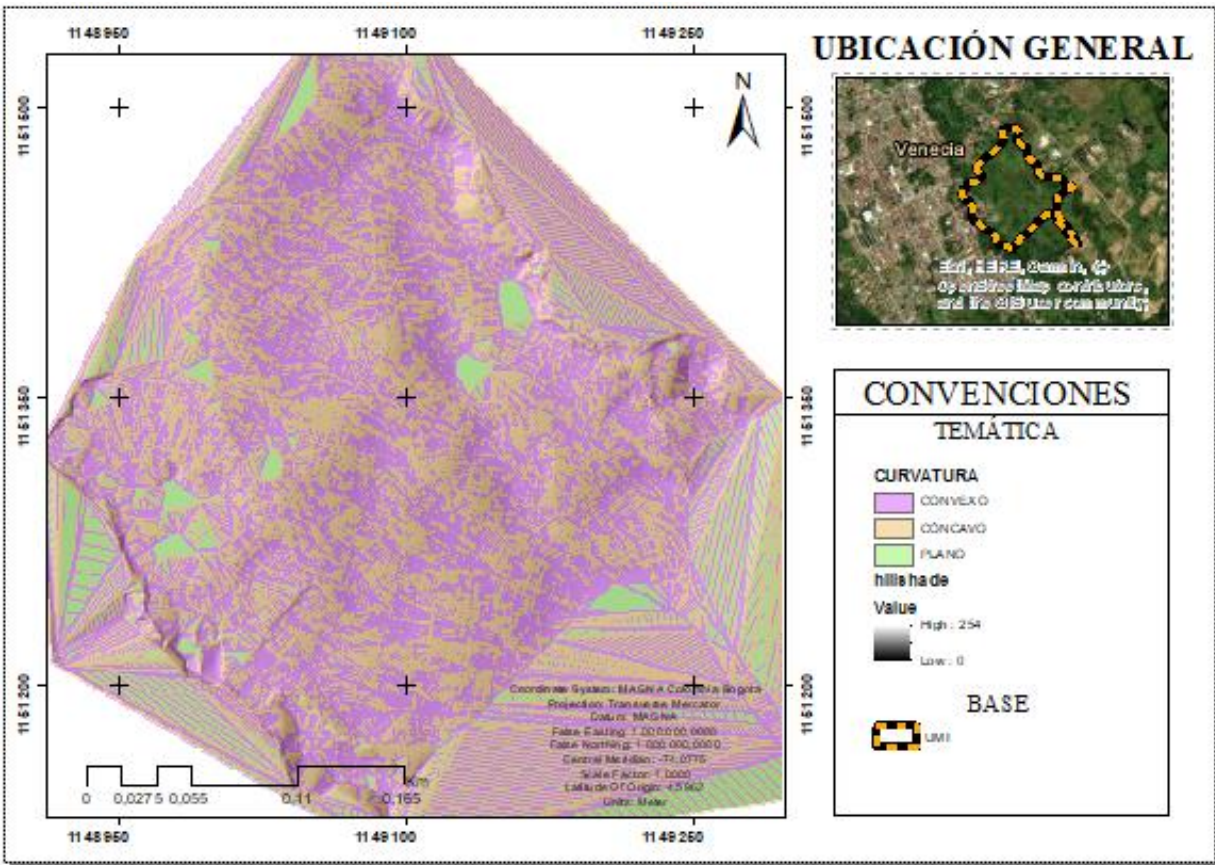


Figura 5-9. Mapa de curvatura Carmelo Reservado

Tabla 11. Cálculo de áreas curvatura

Tipo	Área (m2)	Porcentaje recurrencia (%)
Convexo	41,569	50,0%
Plano	2,777	3,3%
Cóncavo	38,912	46,7%

5.2.4. ASPECTO

Este insumo, engloba la orientación del terreno o la dirección de las pendientes, entendiéndolo – Según Wood (1996) – que la orientación en un punto dado es la dirección por donde seguiría una gota de agua deslizándose por el terreno desde un punto dado, podría entenderse también, como el ángulo existente

entre el vector que señala el norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto.

En la zona de estudio, según la Figura 5-10, las direcciones u orientaciones del terreno dominantes son hacia el Noroeste y Oeste, estas concentrándose al margen izquierdo del polígono.

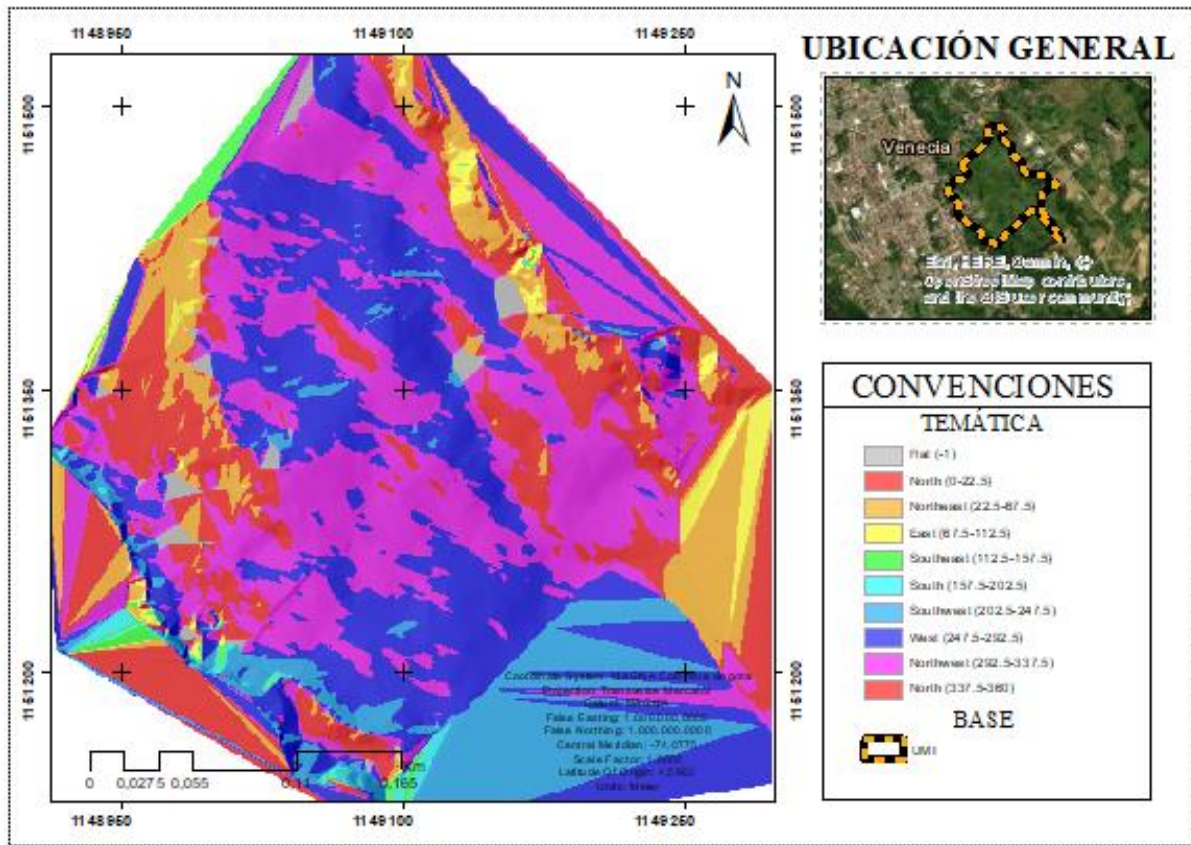


Figura 5-10. Mapa aspectos Carmelo Reservado

5.2.5. PROCESOS MORFODINÁMICOS

Luego de la inspección en campo, se identificaron principalmente que los procesos activos están asociados a dinámicas erosivas en la zona de estudio, concentrándose en la parte Este y Oeste del polígono de estudio, mismos que requieren intervención a través de obras de intervención de estabilización y contención de laderas o taludes, y revegetalización en zonas afectadas solamente por erosión superficial. Se hace necesaria la consideración y planteamientos de obras de manejo pertinentes de aguas de escorrentía al ser una problemática latente notadas en la inspección de campo. (ver Figura 5-12).

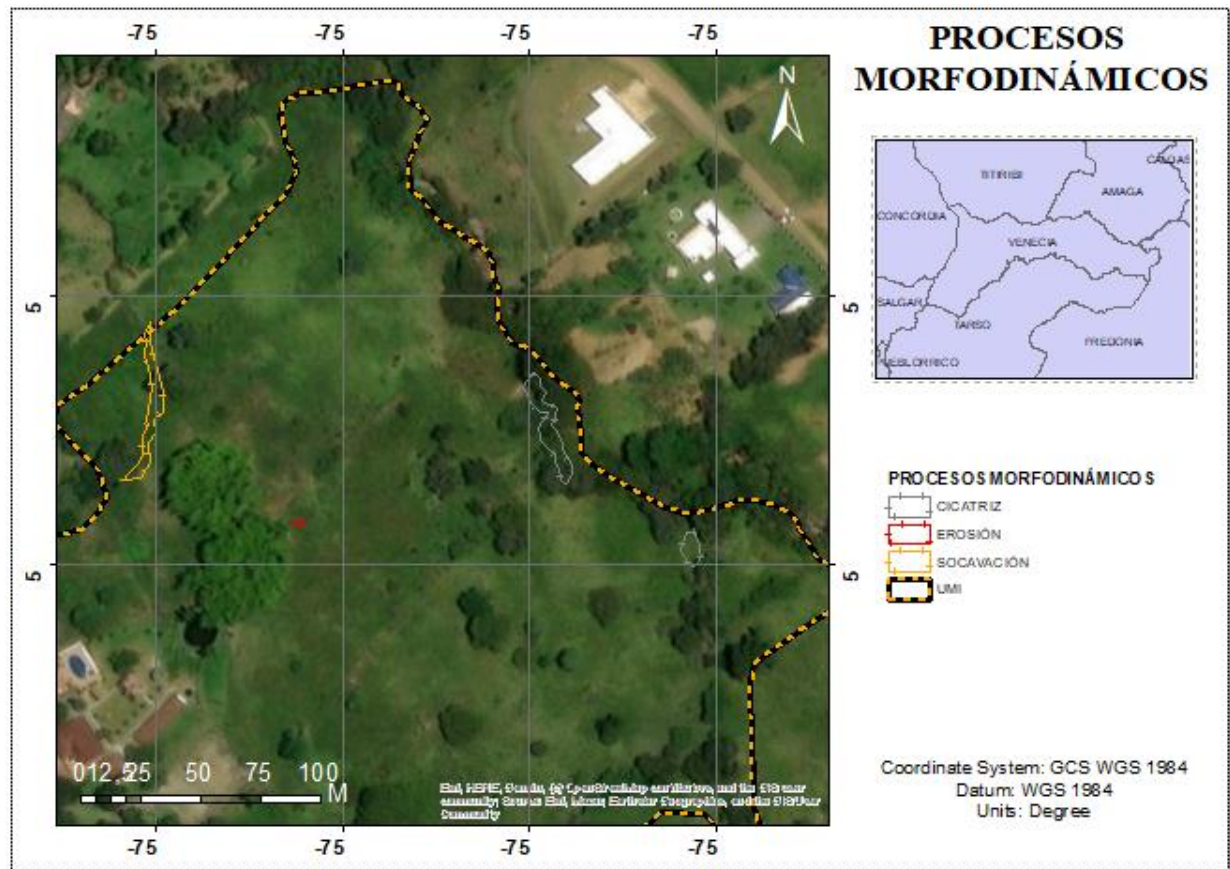




Figura 5-12. Evidencia en campo de procesos morfodinámicos Carmelo Reservado, Venecia

6. CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA: SUSCEPTIBILIDAD Y DETONANTES

6.1. ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Esta zonificación muestra los sectores de mejor potencial para el desarrollo urbanístico al igual que aquellos donde se requerirán obras para mantener o mejorar las condiciones de estabilidad.

La metodología empleada es de carácter heurístico con criterio geomorfológico. Para la determinación de la susceptibilidad de la zona se utilizaron cuatro (4) criterios principales: pendiente, geomorfología local, formaciones geológicas superficiales y procesos morfodinámicos. Para las diferentes clasificaciones de estos criterios, se les asignó un valor entre 1 y 3 (correspondientes: 1 a calificación baja; 2 a calificación

media y 3 a calificación alta) dependiendo de las características intrínsecas que propicien o no el desarrollo del fenómeno de remoción en masa, de esta manera se obtuvo:

- ✓ Pendientes (0 – 20 %: 1; 20 – 45 %: 2, >45 %: 3)
- ✓ Geomorfología (Superficie Antrópica: 1; Ladera Larga Cóncava: 1, Llanura Aluvial: 1 Flanco: 2, Ladera Media Convexa: 2, Terraza Aluvial: 3)
- ✓ Geología (Lleno Antrópico (material mayormente cohesivo): 1; Fujo de Lodos (material cohesivo): 1, Depósito Aluvial (material granular): 2; Flujo de Escombros y/o Lodos (material granular): 3; Depósito Aluvial Antiguo (material granular): 3)
- ✓ Procesos Morfodinámicos (Procesos Activos: 3, Superficiales: 2 y Sin presencia de Procesos: 1).

Es importante resaltar que para el área de interés donde se proyectan las intervenciones la mayor parte presentan procesos morfodinámicos activos con magnitud considerable, requieren análisis puntuales de estabilidad y obras de contención pertinentes.

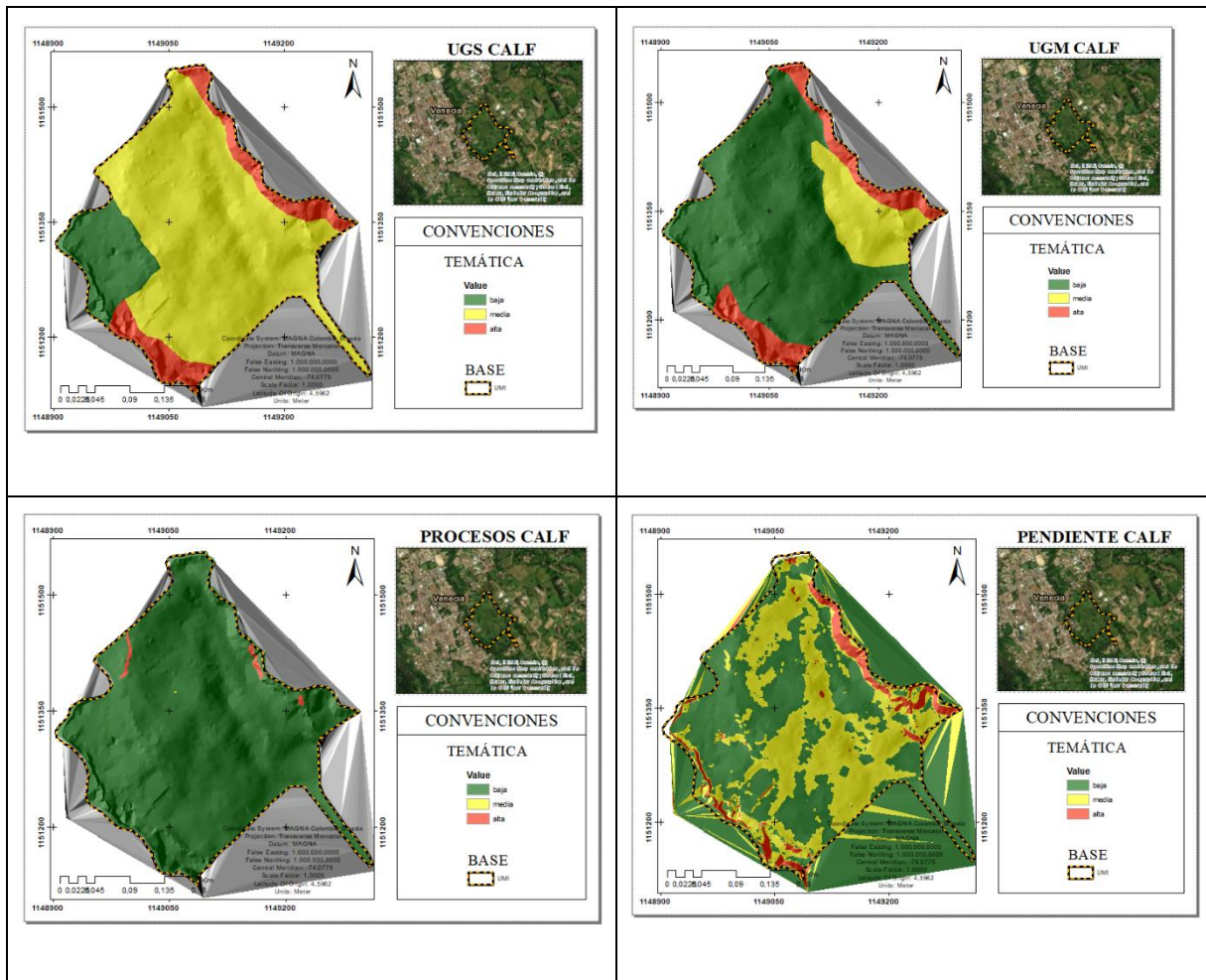


Figura 6-1. Calificación insumos para el cálculo de susceptibilidad

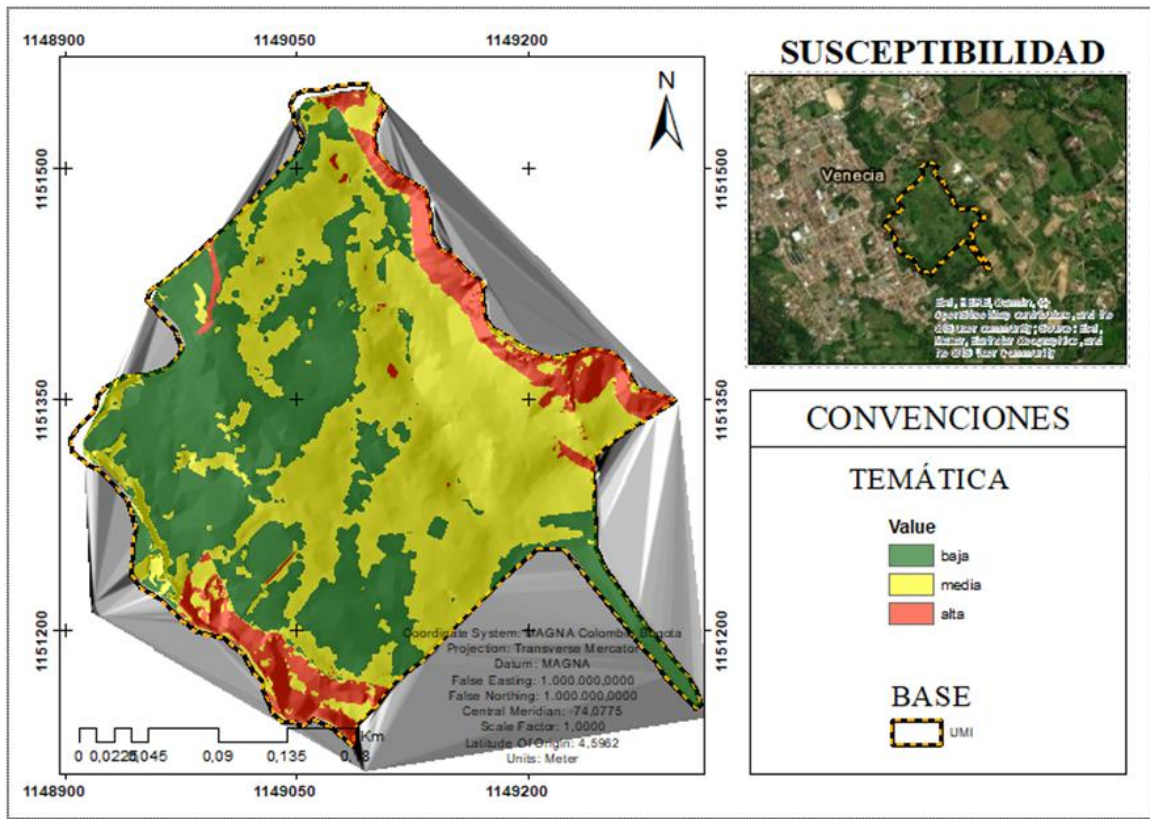


Figura 6-2. Mapa de susceptibilidad ante movimiento en masa

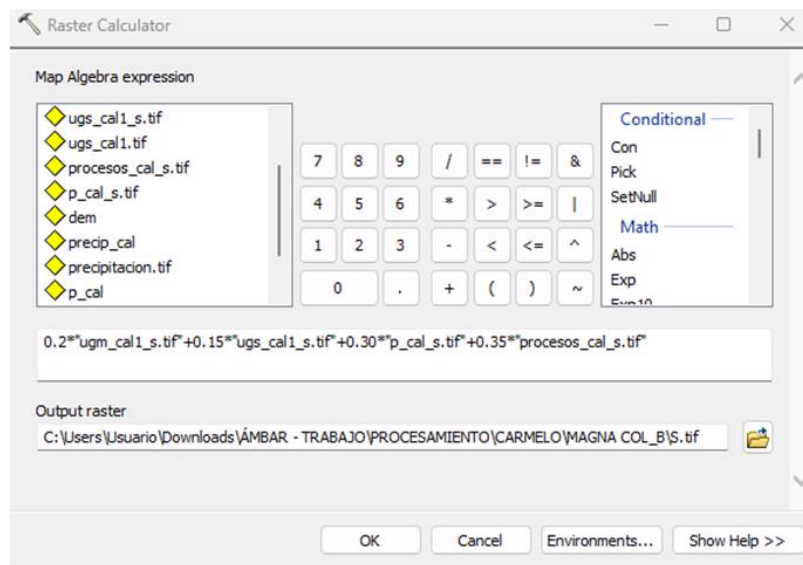


Figura 6-3 Pesos ponderados insumos susceptibilidad para cálculo final

Finalmente, se tiene un aproximado de zonas críticas en cuanto a susceptibilidad ante posibles fenómenos de remoción en masa hacia el margen occidental, oriental y algo al norte del polígono. Es necesario la

evaluación de manera puntual de la parte más crítica al E y W del lote, en cuanto a análisis de estabilidad de laderas y propuesta de obras de prevención ante posibles fenómenos de remoción en masa. También, evaluación puntual de estabilidad de las áreas zonificadas con susceptibilidad media para validar la distribución urbanística allí.

6.2. EVALUACIÓN DE DETONANTE

6.2.1. PRECIPITACIÓN

Para el análisis y la generación del insumo de este capítulo, se descargan los datos de lluvias acumuladas del mes precedente al evento crítico para tres (3) estaciones pluviométricas aledañas las cuales pertenecen al IDEAM: BOLOMBOLO [26200130], HACIENDA TUNEZ [26175040] y LA SALADA [27015260]; en los municipios de Venecia, Fredonia y Caldas respectivamente. Estas estaciones, se ubican geográficamente conteniendo la zona de estudio con el fin de realizar interpolación de los datos y finalmente estimar los valores esperados de esta.

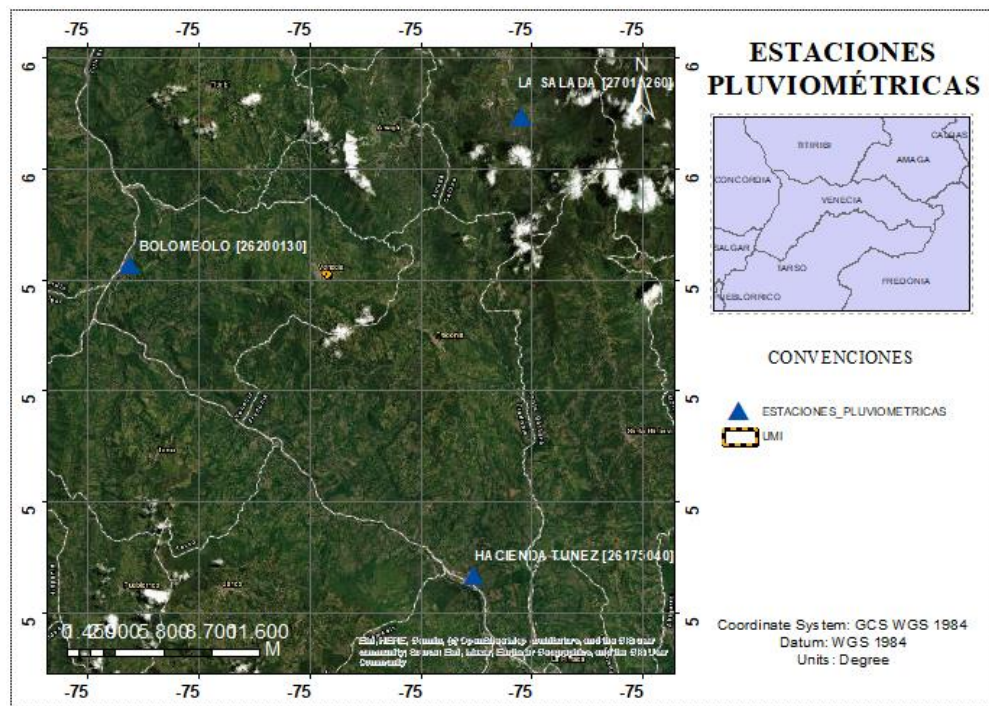


Figura 6-4. Ubicación estaciones pluviométricas

A partir de los datos pluviométricos consignados en el Atlas Climatológico de Colombia, la zona de estudio presenta precipitaciones multianuales promedio para el periodo de 2010 – 2025 de 771 a 2565

mm/año, con picos de lluvias para el primer semestre en los meses de abril – mayo, mientras que para el último semestre se presentan picos entre los meses de julio – agosto.

Como complemento para la elección de valores críticos se valida con la plataforma del Servicio Geológico Colombiano SIMA (*Sistema de Información de Movimientos en Masa*), con el análisis de eventos registrados en la zona de influencia en el periodo de 2005 – 2025, donde según la recurrencia de estos señala el año 2010 (históricamente a nivel país ver Figura 6-5) – 2024 (evidencia reciente a nivel local). La ocurrencia de una avenida torrencial el 25 de junio de 2024 se encuentra ampliamente documentada por fuentes institucionales y de prensa, entre ellas el Dagrán (Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Antioquia), el SIATA (Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá), y medios como El Tiempo (2024), El Colombiano (2024) y Agencia de Prensa API (2024). Dichos reportes coinciden en señalar afectaciones significativas en el sector oriental del casco urbano de Venecia, especialmente en las quebradas La Tigra y La Sucia, donde se produjo el arrastre de lodo, material rocoso y vegetal, generando destrucción de viviendas y colmatación de cauces.

Por lo anterior, aunque el evento de 2024 aún no ha sido incorporado al SIMMA, se reconoce como un antecedente reciente de relevancia para la caracterización de la amenaza por movimientos en masa en el área de estudio, y se incluye en el presente análisis como evidencia complementaria al inventario.

♦ Movimientos en masa de inventario por Año



Figura 6-5. Estadística de frecuencia de eventos de movimiento en masa para en municipio de Venecia, SGC

 SIMMA Sistema de Información de Movimientos en Masa		
REPORTE DE FRECUENCIAS DE MOVIMIENTOS EN MASA DE INVENTARIO		
♦ Filtros de Búsqueda		
Dentro del departamento: ANTIOQUIA		
Dentro del municipio: VENECIA		
De tipo(s): Caída - Deslizamiento - Flujo		
AÑO	CANTIDAD	CANTIDAD POR SUBTIPO DEL PRIMER MOVIMIENTO
2010	2	Caída de roca 1
		Flujo de tierra 1
2009	2	Flujo de lodo 1
		Caída de roca 1
2011	1	Flujo de lodo 1
2005	1	Deslizamiento rotacional 1

Figura 6-6. Documento de reporte de frecuencias de eventos de movimiento en masa SIMMA - SGC.

Finalmente, al validar la información se decide tomar los datos del año 2024 año crítico para la generación del insumo (precipitación) debido a la magnitud del evento registrado y se procede a calcular el valor de precipitación acumulada del mes que le precede al evento. Para cada estación: 296 mm, 389 mm y 455

mm para BOLOMBOLO [26200130], HACIENDA TUNEZ [26175040] y LA SALADA [27015260] respectivamente.

Como resultado se obtuvo un ráster de precipitación con valores que fluctúan entre 366 mm y 366 mm. Para determinar los rangos que se tomarían en el ponderado de detonante de lluvias se definen dos rangos con intervalos iguales, donde a mayor precipitación mayor posibilidad de ocurrencia de movimientos en masa (ver Tabla 12)

Tabla 12. Pesos ponderados detonante

Precipitación Mensual Acumulada (mm)	Valor
366 – 367,2	2
367,2 – 368,4	3

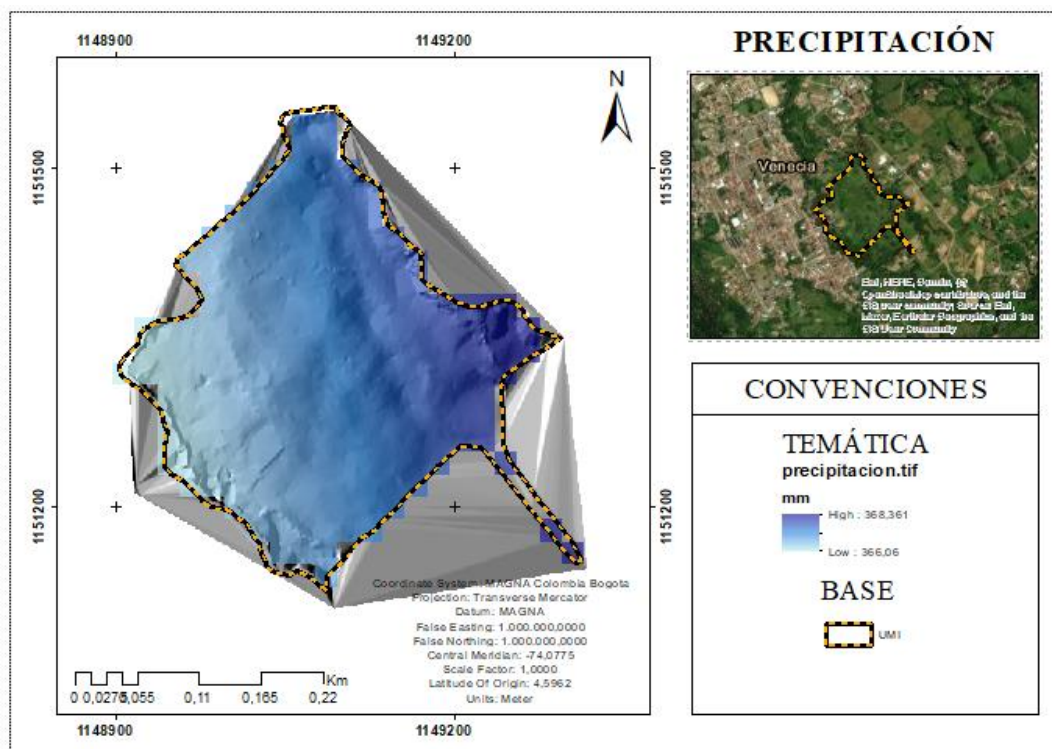


Figura 6-7. Mapa local de precipitación

6.2.2. SISMICIDAD

De acuerdo con las visitas técnicas e inventarios realizados en campo, el lineamiento estructural más relevante próximo al área de estudio corresponde a la Falla de La Cascajosa, sin embargo, esta falla no presenta trazo activo que interfiera directamente con el emplazamiento previsto para el desarrollo del proyecto. En particular, la distancia medida – tanto en planta como en superficie de proyección– entre el trazo cartografiado de la falla y el perímetro del predio objeto de análisis supera los márgenes considerados críticos en la normativa de planeamiento, lo cual permite determinar que no existe una influencia geotectónica significativa que impida la urbanización conforme al uso previsto.

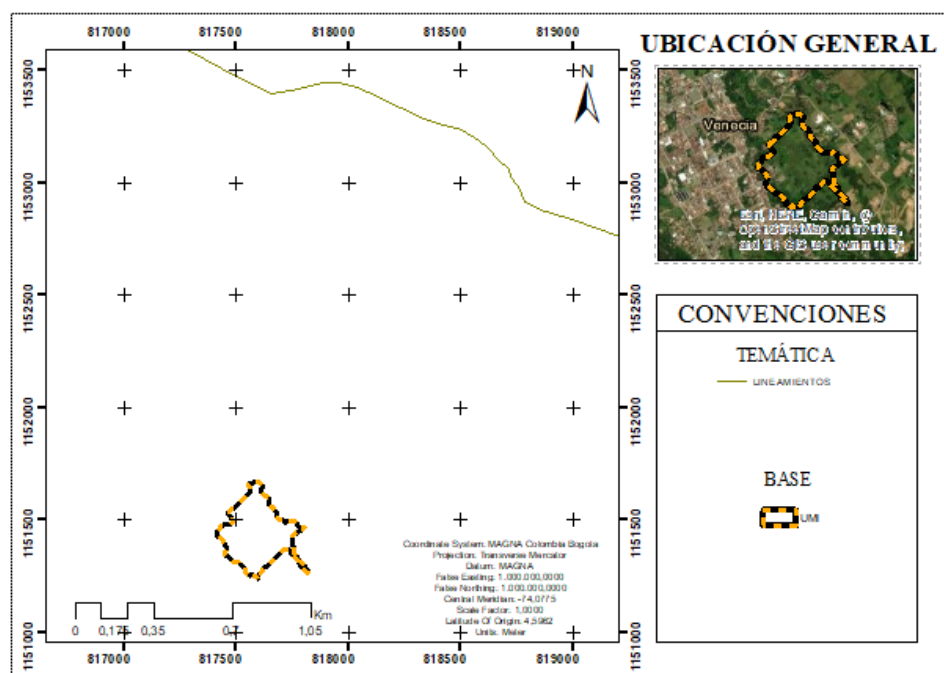


Figura 6-8. Mapa lineamientos regionales

Finalmente, la evaluación de amenaza por movimiento en masa se fundamenta en la integración sistémica de la susceptibilidad intrínseca del terreno y los factores detonantes externos, modelados espacialmente mediante técnicas SIG. La susceptibilidad se determina mediante el análisis multivariable de atributos geomorfológicos (pendientes pronunciadas, formas de relieve activas, componentes litodinámicos), unidades geológicas superficiales (depósitos no consolidados, rocas alteradas) y procesos morfodinámicos identificados in-situ (estructuras de deformación progresiva, cicatrices de remoción). Los detonantes, particularmente la precipitación, se analizan mediante umbrales críticos de intensidad-duración y patrones históricos de recurrencia tal y como se ilustró en el capítulo anterior. La fusión de ambos insumos se realiza mediante algoritmos de superposición ponderada, considerando interacciones físico-matemáticas entre la predisposición del sustrato y la probabilidad de activación, generando una zonificación multiclase que categoriza sectores según grados de amenaza (baja, media, alta), validada mediante análisis estadísticos de correlación espacial y verificaciones de campo en áreas con antecedentes de reactivación y condiciones

automáticas, siguiendo los protocolos del Manual de Ingeniería Geotécnica aplicada a movimientos en masa (NSR-10, título J).

6.3. INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

Con intención de descartar y/ o confirmar movimientos en el terreno y su asociación a eventos de precipitación extrema, se instalaron dos inclinómetros de 20m de profundidad en puntos estratégicos del lote y un piezómetro entre ambos para medición de niveles freáticos.

6.3.1. EQUIPO Y METODOLOGIA

1.0 EQUIPO

El equipo utilizado para las mediciones es un DIGITAL MEMS INCLINOMETER SYSTEM de RST Instrument, el cual consta de una sonda cuya precisión es de ± 2 milímetros en una longitud de 25 metros. Esta sonda está compuesta por dos sensores biaxiales que miden las inclinaciones en dos ejes A0-A180 y B0-B180. (Instrument, 2015). Ver Figura 1.



Figura 1. Digital MEM S inclinometer system

1.1 METODOLOGIA

Para este caso y con el fin de obtener la mayor cantidad de información, se realiza la lectura base y pasadas 48 horas se comienzan con el resto de las lecturas con una periodicidad mensual.

El torpedo se usa para medir la posición de la tubería con respecto a la vertical. Los movimientos del terreno hacen que la tubería se mueva de su posición inicial. La velocidad, profundidad y magnitud de estos movimientos es calculada comparando los datos de la

posición inicial de la tubería con los tomados posteriormente.

Se introduce una sonda “dummy” de prueba para verificar el buen estado de la perforación, luego se introduce el inclinómetro real hasta la profundidad deseada y se comienzan a tomar las lecturas cada 0.5 m.

6.3.2. LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS.

En el proyecto se está monitoreando un inclinómetro de 26.50m profundidad. Lo anterior con el fin de identificar los posibles desplazamientos del terreno y la evolución de estos.

En la Tabla 1 se muestra la información de la instalación del instrumento y en la Figura 2 el registro fotográfico general y zonas colindantes a ellos.

Tabla 1. Localización instrumentos.

INCLINÓMETRO	LATITUD	LONGITUD	COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)
INC-1	5.962003°	-75.730908°	1358	20
INC-2	5.963023°	-75.730050°	1359	20

Fuente: Elaboración propia.

Coordenadas Origen Nacional

Nota: Coordenadas suministradas por el contratante transformadas a origen nacional.



6.3.3. EQUIPO Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN.

Los inclinómetros miden el cambio de inclinación de un tubo que se instala en una perforación dentro del talud, y de esta manera, se calcula la distribución de los movimientos laterales. Con esta información, se puede determinar la profundidad de una posible superficie de falla, la dirección y magnitud de los desplazamientos. En la Figura 4 se muestra de forma esquemática la instalación de un inclinómetro y piezómetro, y cómo se representa en campo una condición de desplazamiento.

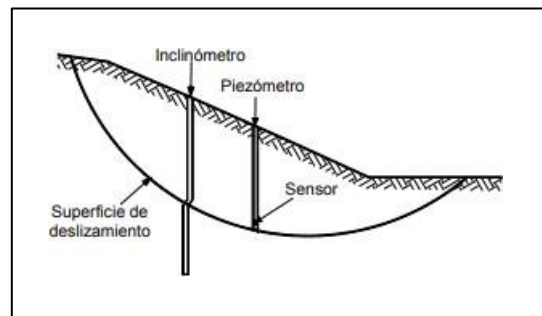


Figura 32: Monitoreo de deslizamientos utilizando inclinómetros y piezómetros Fuente: (Abramson y otros, 2002)

Un sistema de inclinómetro está compuesto por cuatro componentes principales:

Un tubo guía de plfístico, acero o aluminio, instalado dentro de una perforación. Este tubo tiene unas guías longitudinales para orientar la unidad sensor. Generalmente, se utilizan diámetros de tubo entre 1.5 y 3.5 pulgadas.

Un sensor portfital montado sobre un sistema de ruedas que se mueven sobre la guía del tubo. El inclinómetro incorpora dos servo-acelerómetros con fuerzas balanceadas para medir la inclinación del instrumento.

Un cable de control: baja y sube el sensor y transmite señales eléctricas a la superficie. Generalmente, el cable está graduado para el control superficial. El cable tiene un núcleo de acero para minimizar las deformaciones; los cables eléctricos se encuentran espaciados alrededor y unidos al núcleo. La cubierta exterior es de neopreno y permanece siempre flexible. El cable tiene unas marcas para medir profundidades.

Un equipo de lectura en la superficie (que sirve de proveedor de energía) recibe las señales eléctricas, presenta las lecturas y en ocasiones, puede guardar y procesar los datos. El equipo de lectura es compacto y está sellado contra la humedad. La memoria puede guardar hasta

40 mediciones completas. La unidad también puede realizar chequeos y revalidar la información. En oficina, los datos del inclinómetro se descargan en un computador.

En la figura se presenta un esquema con las partes que hacen parte del sistema de medición de un inclinómetro, tanto del instrumento, como de las condiciones físicas del pozo de medición.

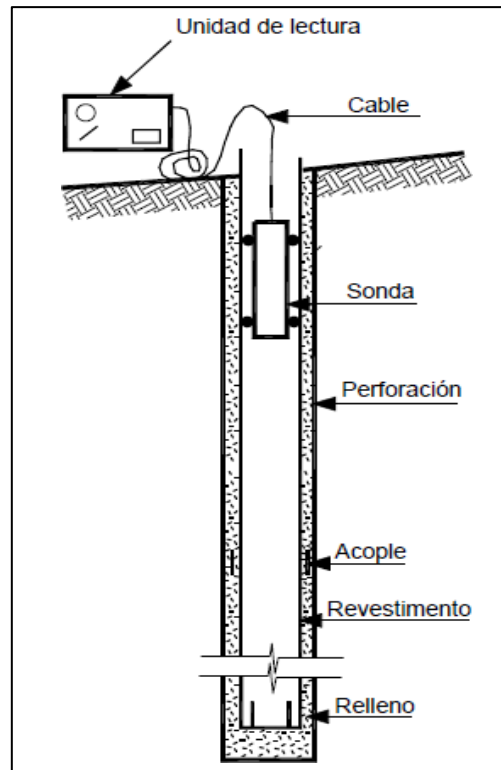


Figura 11: Esquema del sistema de medición Fuente: tomado y modificado de (Sufirez, 2012)

La medición se realiza con el equipo marca RST Instruments (referencia DP 2343), el cual consta de una sonda cuya precisión es de ± 2.0 milímetros. Esta sonda está compuesta por dos sensores biaxiales que miden las inclinaciones en dos ejes A+ y B+ como se observa en la siguiente figura; la sonda debe introducirse de manera que las ruedas queden en las ranuras del eje perpendicular a la pantalla, con la rueda superior en la ranura A+.

En el proceso, se introduce la sonda (Slope Indicator) dentro de la tubería y se deja deslizar hasta el fondo del tubo, verificando que se estabilicen la temperatura y la humedad; una vez logrado esto se comienzan a tomar los registros. En la Figura 6 se presenta el esquema de la instalación de la sonda en la tubería del pozo de medición.

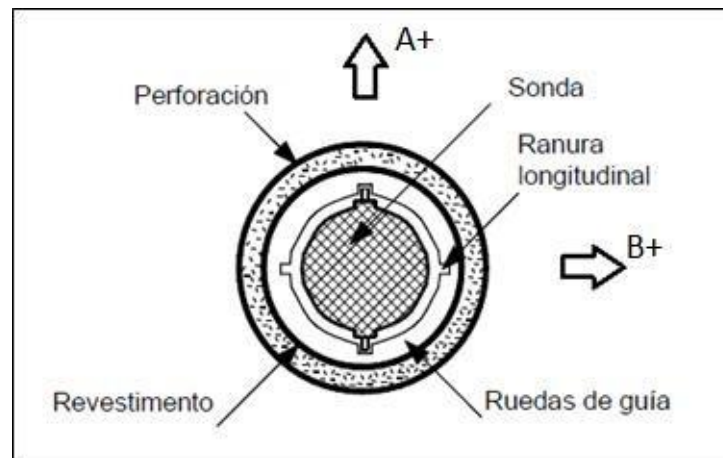


Figura 12: Esquema de instalación de la sonda en la tubería Fuente: tomado y modificado de (Sufirez, 2012)

El inclinómetro se coloca dentro del tubo con la rueda superior en la ranura A+ y se baja hasta el fondo del inclinómetro. Se toma la lectura en el fondo y luego se registra cada 50 cm hacia arriba. En cada profundidad, se anotan las lecturas en las direcciones A+ y B+.

Después de que el torpedo salga a la superficie, se gira 180°, se profundiza hasta el fondo de la perforación y se obtienen las mediciones en las direcciones A- y B-. La suma de las dos mediciones debe ser cercana a 0.0, aunque se presentan generalmente algunas diferencias.

La sonda del sistema (o inclinómetro) emplea dos servo - acelerómetros de fuerza balanceada para medir la inclinación, ubicados en cada uno de los dos pares de ruedas. Uno de los acelerómetros mide la inclinación en el plano de las ruedas de la sonda, este plano es denominado eje “A”. El otro acelerómetro mide la inclinación en el plano perpendicular a las ruedas, denominado eje “B”. Cuando la sonda se inclina hacia la dirección A+ o B+, las lecturas son positivas; cuando la sonda se inclina hacia la dirección A- o B-, las lecturas son negativas. Como los acelerómetros miden la inclinación y no la desviación lateral, el sistema calcula esta última usando la función Seno, el ángulo de inclinación obtenido del acelerómetro y la hipotenusa de un triángulo derecho (Hipotenusa = Intervalo de lectura = 500 mm). En la Figura 7 se muestra el esquema del inclinómetro dentro de la tubería.

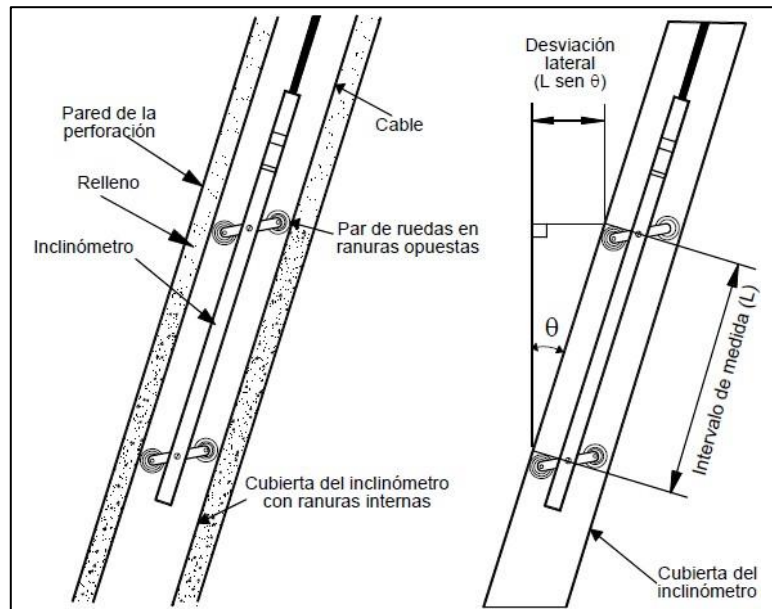


Figura 13: Sistema de medición de inclinómetro Fuente: Tomado y modificado de (Sufirez, 2012)

Posterior al proceso de medición en campo, se realiza el procesamiento de las lecturas a partir de los promedios obtenidos en las mediciones del eje A+ y B+, donde se entregan las magnitudes de desplazamiento incremental y acumulado.

Gráfico incremental: Los resultados incrementales reflejan los desplazamientos punto a punto (cada 0,50 m), sobre la tubería instalada. Estos desplazamientos pueden ser resultado de procesos como la compactación, consolidación o los asentamientos del terreno, los cuales afectan la estabilidad y el comportamiento del suelo a lo largo del tiempo en las laderas o taludes de análisis.

Gráfica acumulada: Los desplazamientos acumulados se refieren a la suma total de las magnitudes incrementales, desde el fondo de la tubería hasta la superficie. A diferencia de los desplazamientos incrementales, que se miden punto a punto, los desplazamientos acumulados consideran el efecto total de estos movimientos, proporcionando una visión global del comportamiento del terreno en un periodo determinado.

En la Figura 8 se presenta la localización general del inclinómetro con dirección de los ejes A+. En la Figura 9 a Figura 10 se presentan los resultados del inclinómetro INC-1 e INC-2, con los desplazamientos incrementales y acumulados.



Figura 14: Localización general inclinómetro con dirección Eje A+.

6.3.4. RESULTADOS DE MONITOREO GEOTÉCNICO

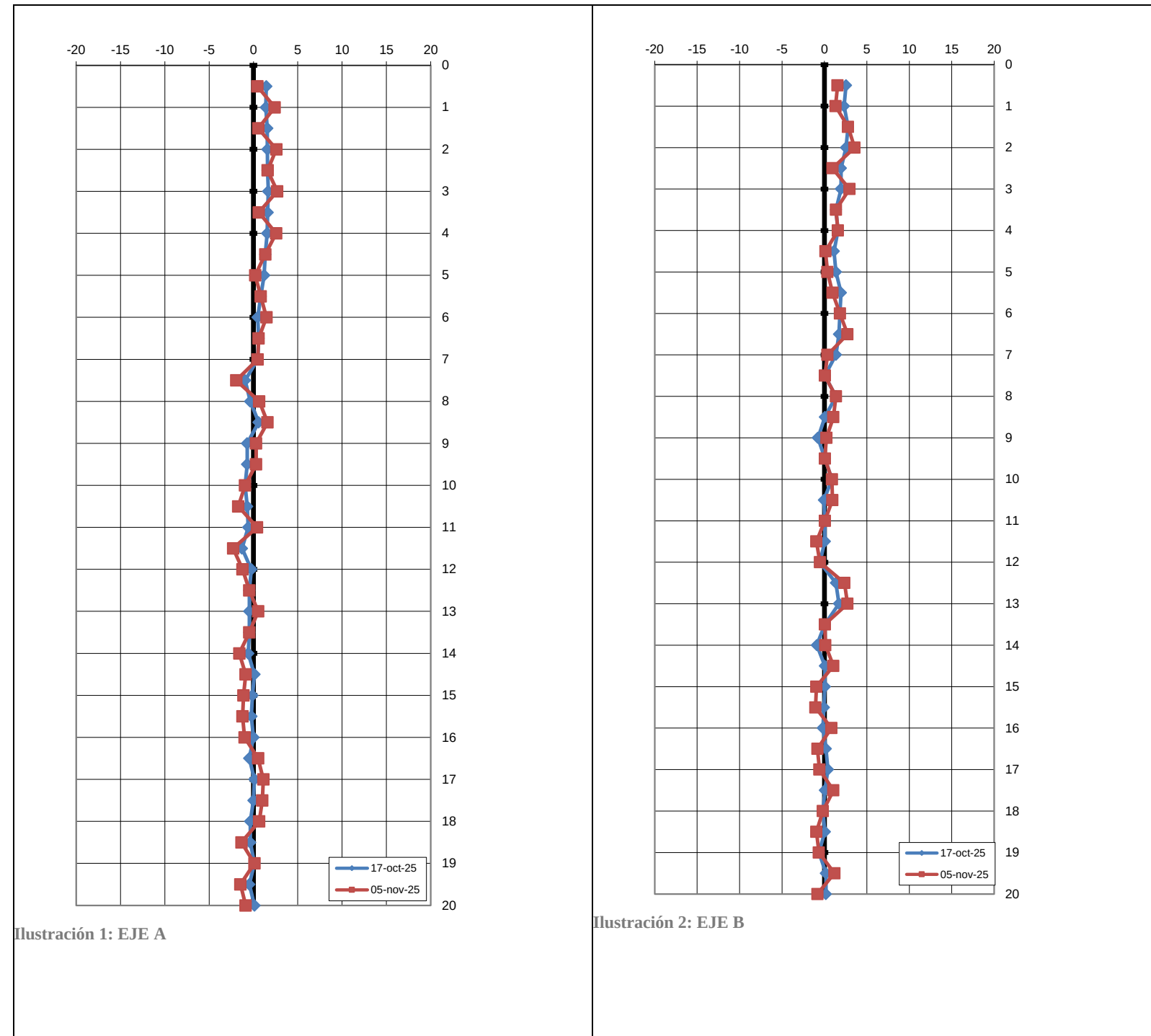


Figura 15: Resultado inclinómetro 1

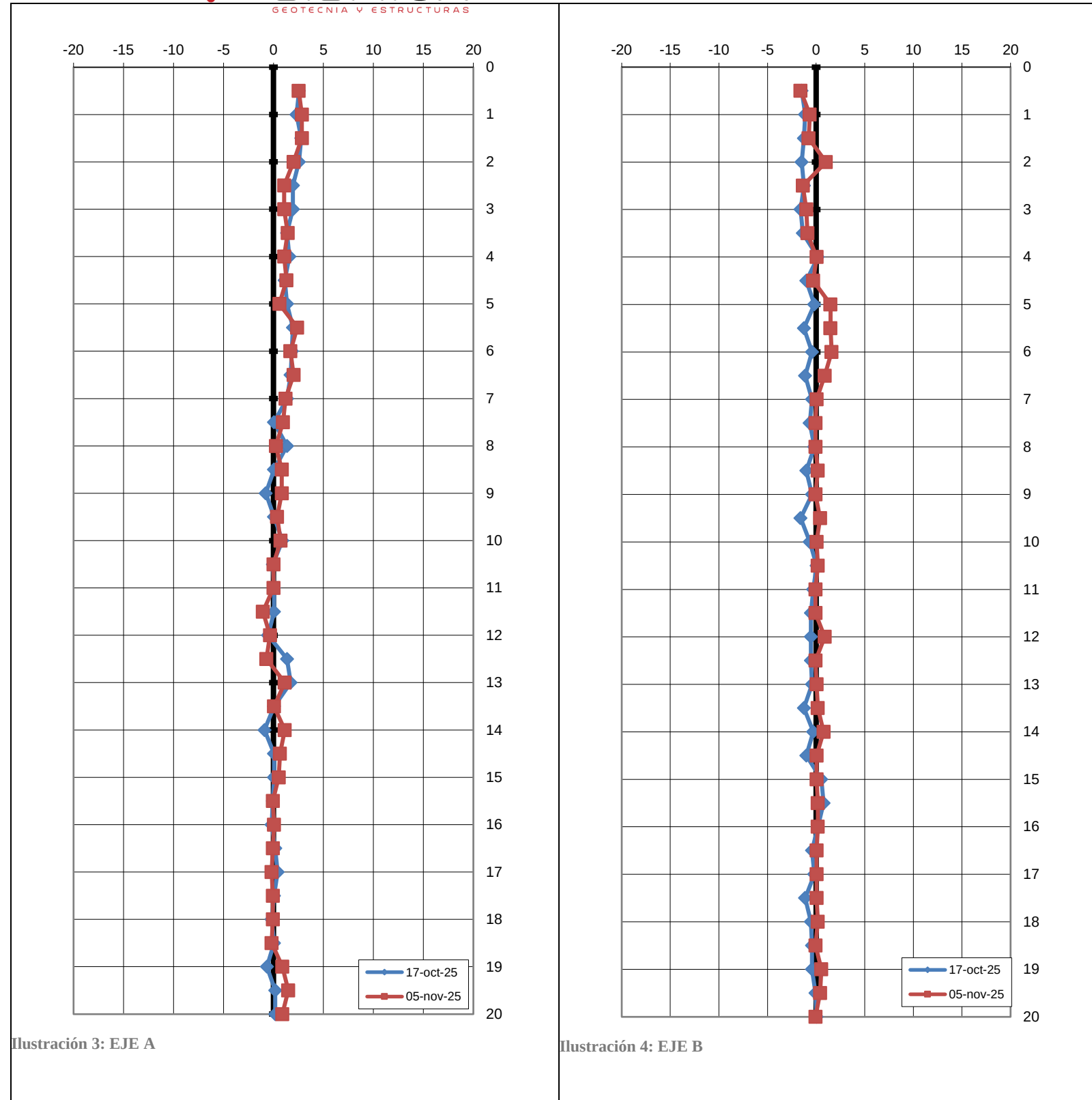


Figura 16: Resultados Inclínómetro 02

6.3.5. INTERPRETACIÓN

En las lecturas del inclinómetro 01, en los ejes A y B (principal y secundario) se observan algunos desplazamientos no diferenciados o erráticos de la tubería del inclinómetro en los primeros 6m de profundidad con predominancia hacia la dirección del talud. Cuando se refiere a errático o no diferenciados tiene que ver con que no se visualiza una dirección predominante de movimiento ni una magnitud del mismo y estos desplazamientos obedecen a factores externos distintos a movimientos en masa, como por ejemplo movimiento de la tubería al interior de la perforación por presiones intersticiales o freáticas, descensos o ascensos en niveles freáticos, tránsito de semovimientos, etc. De los 6m hacia abajo, coincidente con suelos más competentes, las variaciones en desplazamientos son menores por posicionamiento de equipo y tubería. Igualmente, en las lecturas del inclinómetro 02, con menores variaciones en desplazamientos.

En general todas las deformaciones o desplazamientos son menores a 5mm y caben dentro del margen de error del instrumento. No existe movimiento por lo que no clasifica velocidades de desplazamientos según Cruden and Varnes, 1996.

Tabla 13: Clasificación de los movimientos

Escala de velocidad para deslizamientos (Cruden and Varnes, 1996)			
Tipo de velocidad	Descripción	Velocidad típica	Respuesta
7	Extremadamente rápido	5m/s	Nula
6	Muy rápido	3m/min	Nula
5	Rápido	4320cm/día	Evacuación
4	Moderado	42cm/día	Evacuación
3	Lento	0,42cm/día	Matenimiento
2	Muy lento	0,0002cm/día	Matenimiento
1	Extremadamente lento	<0,0002cm/día	Nula

6.4. RECLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA

A partir del análisis de equilibrio límite (Presentado en el Capítulo 8.1 del presente informe) y la interpretación de la data instrumentada (presiones de poros y deformaciones), se valida la competencia del terreno para reclasificar la amenaza por movimientos en masa hacia un

nivel Bajo en el 97.6% del predio. Lo anterior obedece al cumplimiento de los criterios de estabilidad global ($FS > 1.5$) estipulados por la normativa vigente y las guías del Servicio Geológico Colombiano.

La zonificación de Amenaza Alta se restringe exclusivamente a las márgenes de la quebrada La Sucia, donde la morfología del cauce y los procesos de dinámica fluvial (saturación y socavación de la banca) gobiernan la estabilidad. Sin embargo, la preservación de la ronda hídrica mitiga el riesgo sobre la infraestructura propuesta.

Complementariamente, la implementación de medidas estructurales de drenaje y subdrenaje —conformadas por redes de filtros franceses, configuraciones en espina de pescado y cunetas revestidas— permite controlar la presión de poros y la saturación del perfil estratigráfico. Estas obras de mitigación consolidan el escenario de amenaza Baja presentado en la siguiente cartografía.

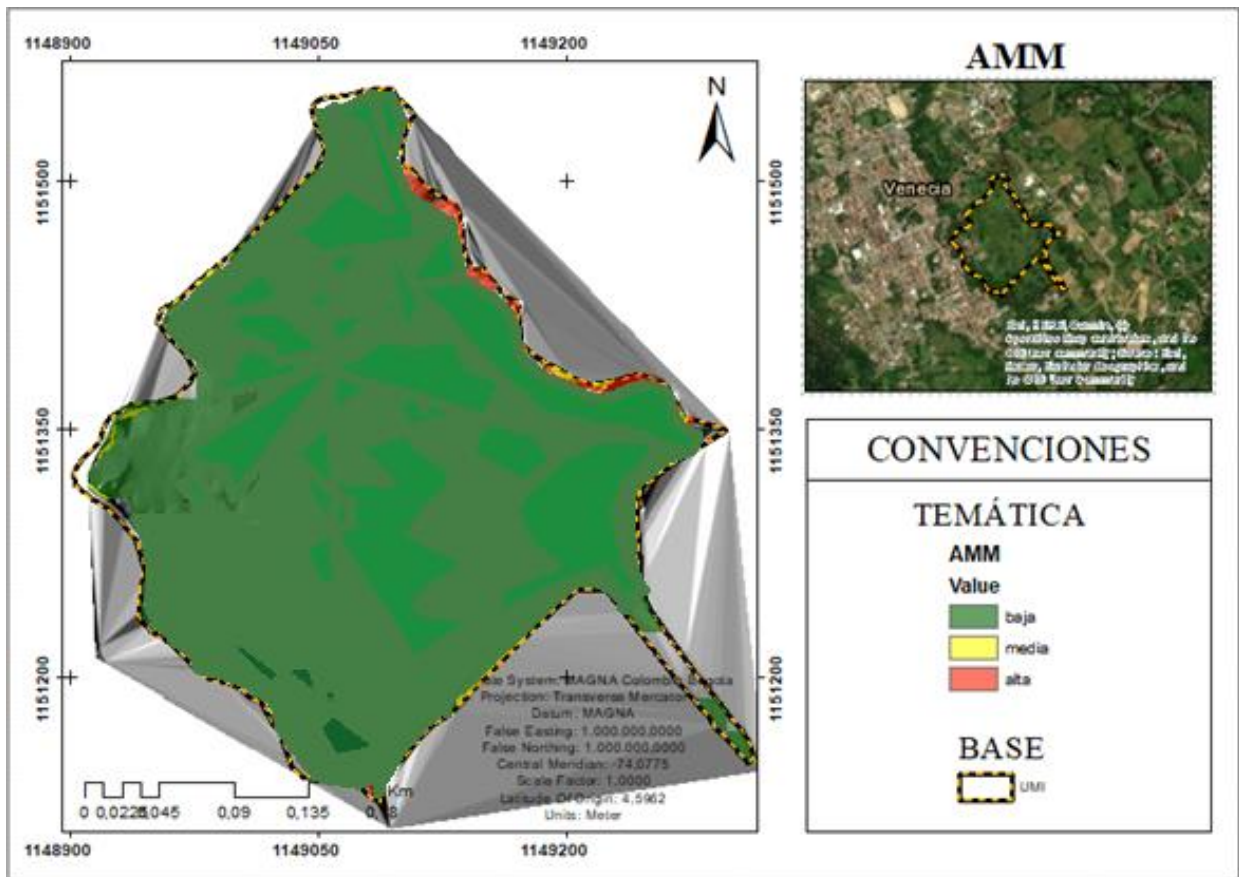


Figura 17: Mapa de amenaza por movimiento en masa reclasificado

7. DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

A continuación, se realiza una descripción detallada de los diferentes estratos encontrados durante la exploración y complementan los registros de perforación contenidos en el Anexo 1.

En el perfil simplificado del subsuelo contenido en la Figura 19 y Figura 40 se observan las descripciones visuales del estrato y la variación de sus espesores a lo largo del mismo.

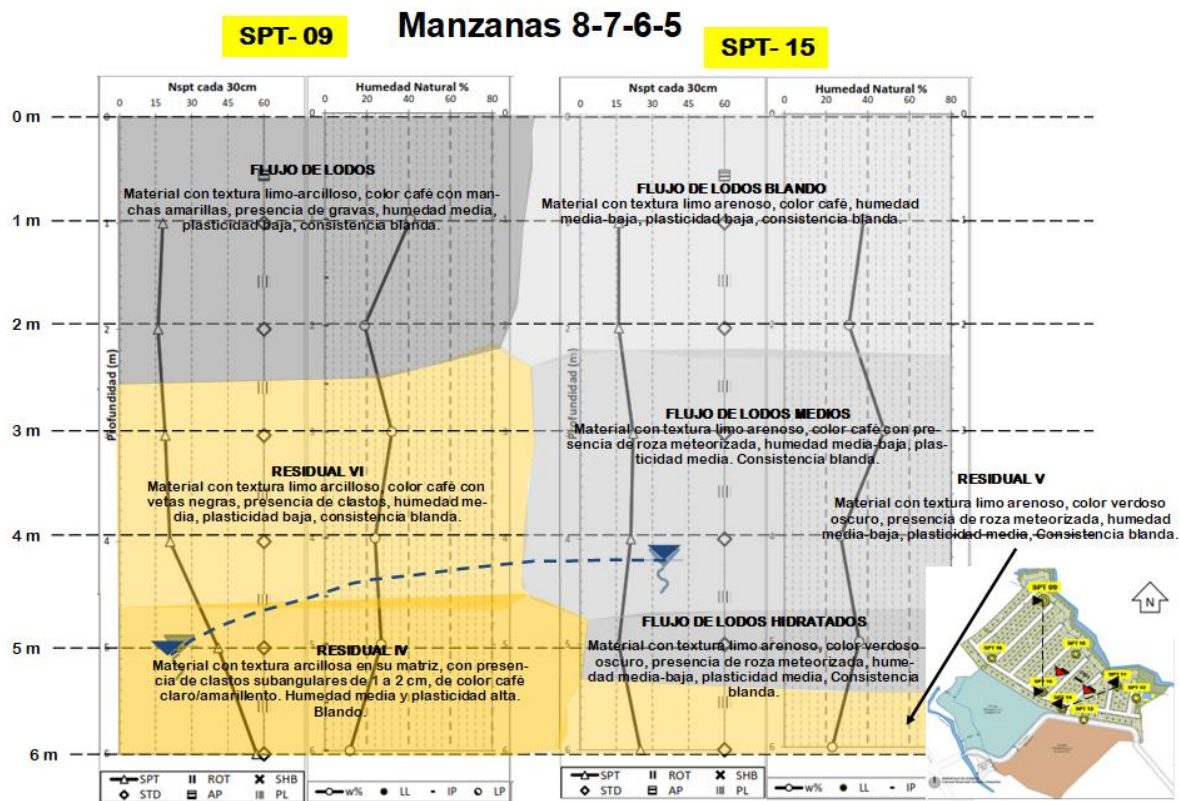


Figura 19 - Modelo simplificado del subsuelo.

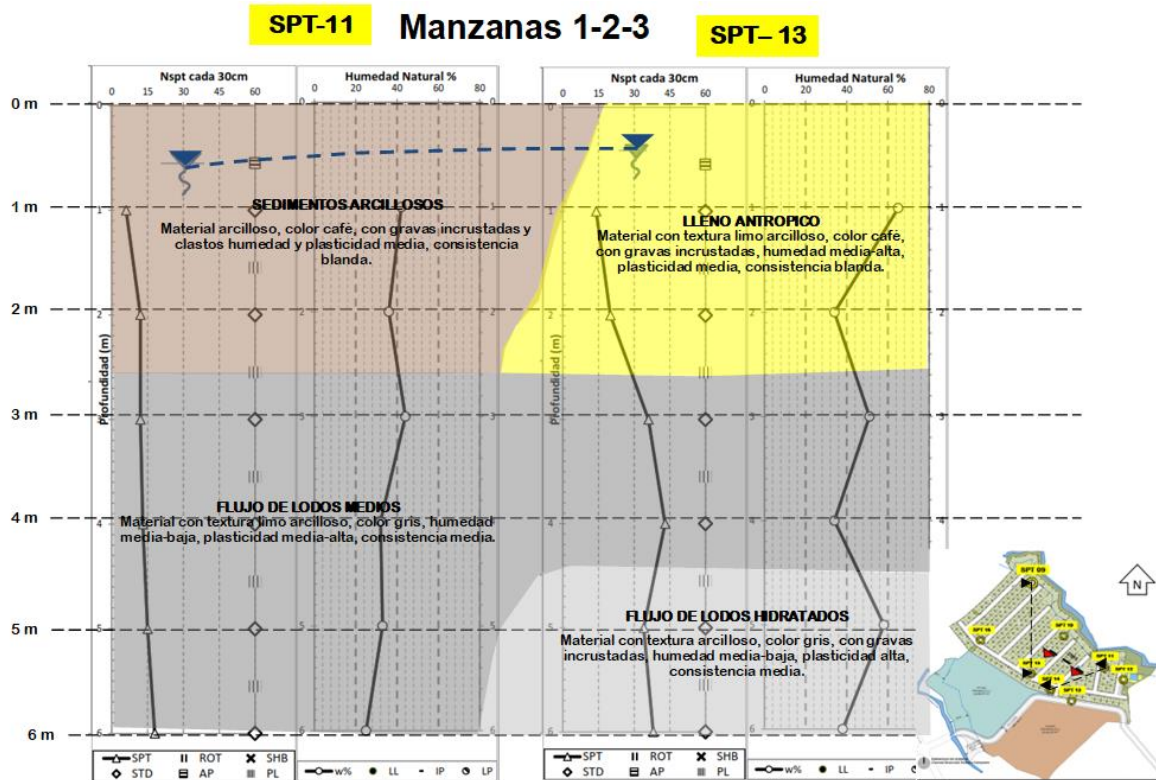


Figura 42 - Modelo simplificado del subsuelo.

Tabla 14 - Profundidades de inicio y fin de cada estrato para cada uno de los sondeos.

Estrato	SPT – 09		SPT – 10		SPT – 11		SPT – 12	
	Ini	Fin	Ini	Fin	Ini	Fin	Ini	fin
Flujo De Lodos	0.0	2.5	1.5	2.5	2.5	6.0	0.0	3.5
Lleno Antrópico	-	-	0.0	1.5	-	-	-	-
Residual IV	4.5	6.0	-	-	-	-	-	-
Residual VI	2.5	4.5	2.5	6.0	-	-	3.5	6.0
Sedimentos Arcillosos	-	-	-	-	0.0	2.5	-	-
Estrato	SPT – 13		SPT – 14		SPT – 15		SPT – 16	
	Ini	Fin	Ini	Fin	Ini	Fin	Ini	fin
Residual V	-	-	2.5	4.0	5.5	6.0	-	-
Sedimentos Arcillosos	-	-	0.0	2.5	-	-	4.5	6.0
Flujo De Lodos	2.5	4.5	-	-	-	-	2.5	4.5
Flujo De Laderas	-	-	-	-	-	-	0.0	2.5
Flujo de lodos Hidratados	4.5	6.0	-	-	4.5	5.5	-	-
Flujo de lodos Medios	-	-	-	-	2.5	4.5	-	-
Flujo de lodos Blandos	-	-	-	-	0.0	2.5	-	-
Lleno Antrópico	0.0	2.5	-	-	-	-	-	-

Para el valor de cohesión y peso unitario se correlaciona con base a la siguiente tabla a partir de los intervalos de confianza del ángulo de fricción. Mientras que para el peso específico húmedo se presentan valores típicos en función de la posición del estrato frente al nivel freático, si existe.

Tabla 15. Valores típicos de cohesión y ángulo de fricción (Burt G Look, 2007)

Table 7.9 Effective strength of cohesive soils

Type	Soil description/state	Effective cohesion (kPa)	Friction angle (degrees)
Cohesive	Soft – organic	5–10	10–20
	Soft – non organic	10–20	15–25
	Stiff	20–50	20–30
	Hard	50–100	25–30

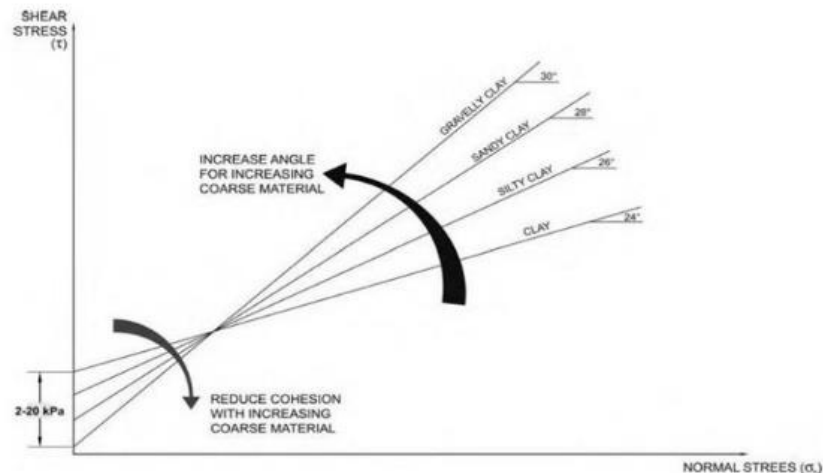


Tabla 16. Valores típicos de Peso específico húmedo

Soil Type and Unified Soil Classification (See Figure 3.3)	Typical Unit Weight, γ			
	Above Groundwater Table		Below Groundwater Table	
	(lb/ft ³)	(kN/m ³)	(lb/ft ³)	(kN/m ³)
GP—Poorly-graded gravel	110–130	17.5–20.5	125–140	19.5–22.0
GW—Well-graded gravel	110–140	17.5–22.0	125–150	19.5–23.5
GM—Silty gravel	100–130	16.0–20.5	125–140	19.5–22.0
GC—Clayey gravel	100–130	16.0–20.5	125–140	19.5–22.0
SP—Poorly-graded sand	95–125	15.0–19.5	120–135	19.0–21.0
SW—Well-graded sand	95–135	15.0–21.0	120–145	19.0–23.0
SM—Silty sand	80–135	12.5–21.0	110–140	17.5–22.0
SC—Clayey sand	85–130	13.5–20.5	110–135	17.5–21.0
ML—Low plasticity silt	75–110	11.5–17.5	80–130	12.5–20.5
MH—High plasticity silt	75–110	11.5–17.5	75–130	11.5–20.5
CL—Low plasticity clay	80–110	12.5–17.5	75–130	11.5–20.5
CH—High plasticity clay	80–110	12.5–17.5	70–125	11.0–19.5

7.1. LLENO ANTROPICO

Se presenta en los sondeos SPT No 10 y 13 realizado, desde 0.0 m a 1.5 m en el sondeo 10 y desde 0.0 m a 2.5 m en el sondeo 13. según las profundidades consignadas en la Tabla 14. Consiste en un material con textura limo arcilloso y limo arenoso, color café amarillento, humedad media, plasticidad media-baja. Presenta un numero de golpes del ensayo de penetración estándar entre 6 y 20, y un promedio aritmético de 13 golpes, denotando así su consistencia firme. Posee humedades variables entre 34 y 65%.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
LLENO ANTROPICO	SPT-10	0,55	1	1	6	4	5	25
LLENO ANTROPICO	SPT-13	0,55	1	1	14	8	14	32
LLENO ANTROPICO	SPT-13	1,55	2	2	20	12	18	34

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 30°.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción de 30°, sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 43.

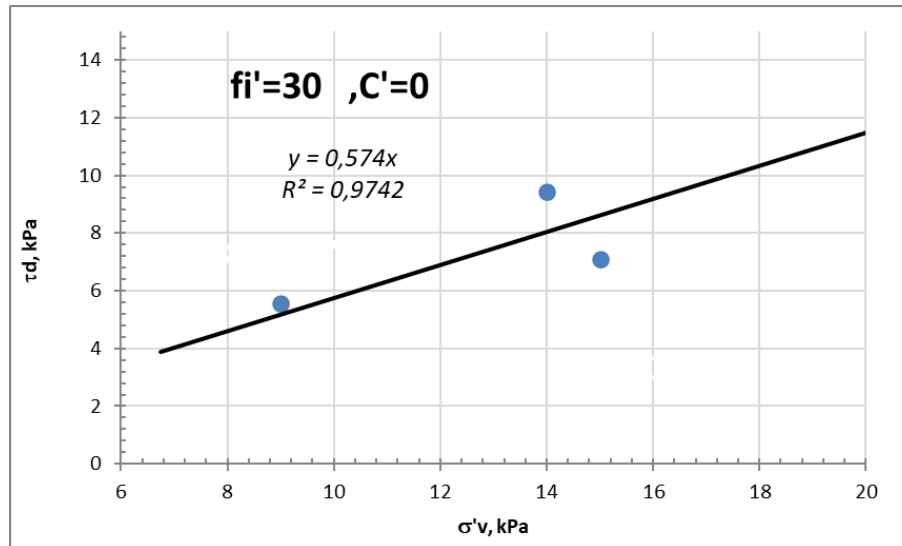


Figura 44 - Estimación de Parámetros con SPT para Lleno Antrópico.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
LLENO ANTROPICO	SPT-10	0,55	1	1	6	4	1400	921	0,49
LLENO ANTROPICO	SPT-13	0,55	1	1	14	8	3266,66	2149	0,49
LLENO ANTROPICO	SPT-13	1,55	2	2	20	12	4666,66	3071	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 3111.11 kPa.

Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 2047 kPa/m.

7.1. SEDIMENTOS ARCILLOSOS

Se presenta en los sondeos SPT No 11,14 y 16 realizado, desde 0.0 m a 2.5 m en el sondeo 10, desde 0.0 m a 2.5 m en el sondeo 14 y desde 4.5 m a 6.0 m en el sondeo 16. según las profundidades consignadas en la Tabla 14. Consiste en un material con textura arcillosa color café y verdoso, con presencia de gravas humedad media, plasticidad media-alta. Presenta un numero de golpes del ensayo de penetración estándar entre 6 y 25, y un promedio aritmético

de 14 golpes, denotando así su consistencia blanda. Posee humedades variables entre 23 y 58%.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-11	0,55	1	1	6	4	6	26
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-11	1,55	2	2	12	7	10	29
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-14	0,55	1	1	14	8	13	31
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-14	1,55	2	2	11	6	9	29
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-16	4,55	5	5	16	9	10	29
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-16	5,55	6	6	25	15	15	32

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 29°.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción de 31°, sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 45.

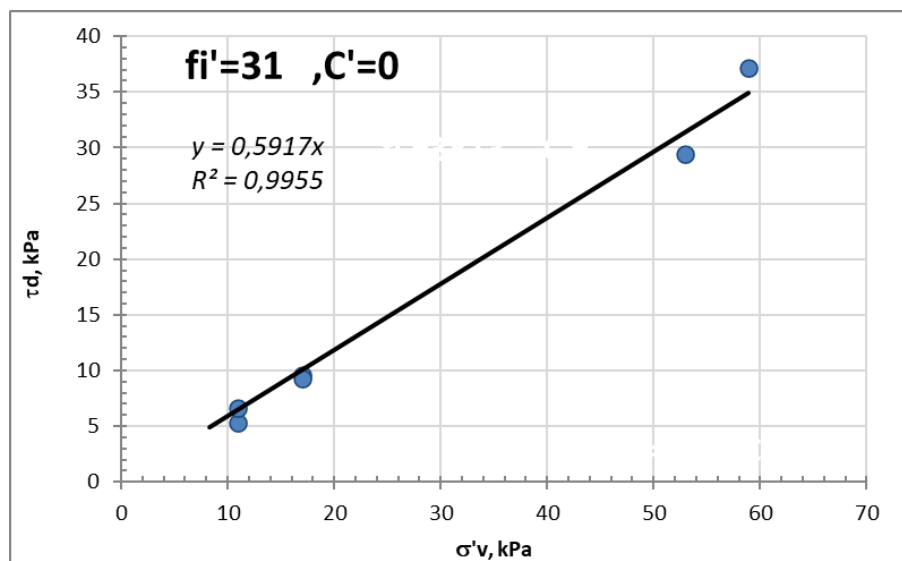


Figura 46 - Estimación de Parámetros con SPT para Sedimentos Arcillosos.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 1982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-11	0,55	1	1	6	4	1400	921	0,49
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-11	1,55	2	2	12	7	2800	1842	0,49
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-14	0,55	1	1	14	8	3266,66	2149	0,49
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-14	1,55	2	2	11	6	2566,66	1689	0,49
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-16	4,55	5	5	16	9	3733,33	2456	0,49
SEDIMENTOS ARCILLOSOS	SPT-16	5,55	6	6	25	15	5833,33	3838	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 3266.66 kPa.

Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 2149 kPa/m.

7.2. FLUJO DE LODOS

Se presenta en los sondeos SPT No 9,10,11,12 .13 y 16 realizados desde la superficie y con espesores variables entre 3.5m y 1.0 m, aproximadamente, de acuerdo a la información presentada en la tabla 8. Consiste en un material con textura limo arcillosa, y limo arenosa o arcillosa arenosa en algunos sondeos, color café amarillento, humedad baja-media y plasticidad media.

Presentan un número de golpes del ensayo de penetración estándar entre 7 y 43, con un promedio aritmético de 19 golpes, denotando su consistencia media. Posee humedades variables entre 19 y 51%.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción de 31° , sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 48.

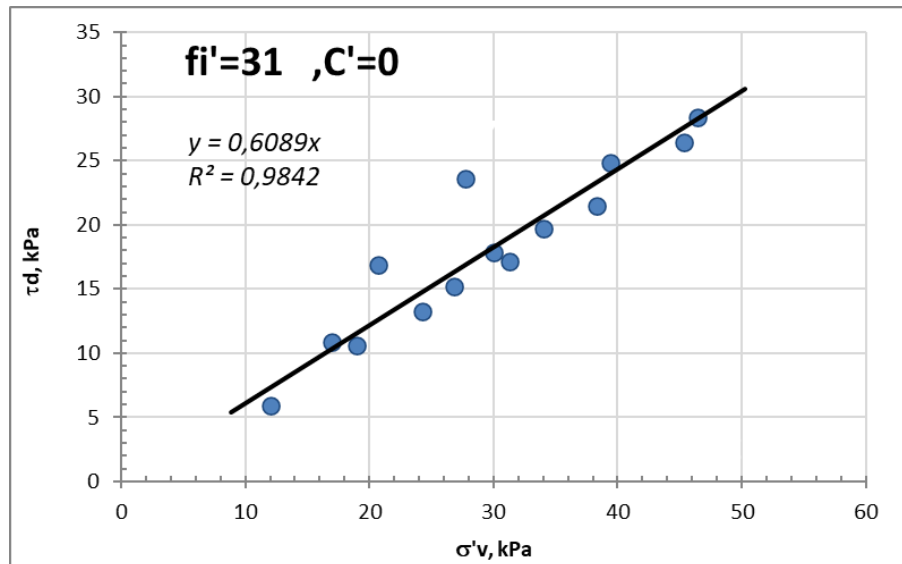


Figura 47 - Estimación de Parámetros con SPT para Flujo de Lodos.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
FLUJO DE LODOS	SPT-09	0,55	1	1	18	11	15	33
FLUJO DE LODOS	SPT-09	1,55	2	2	16	9	11	30
FLUJO DE LODOS	SPT-10	1,55	2	2	17	10	13	31
FLUJO DE LODOS	SPT-11	2,5	3	3	12	7	9	29
FLUJO DE LODOS	SPT-11	3,55	4	4	13	8	9	29
FLUJO DE LODOS	SPT-11	4,55	5	5	15	9	10	29
FLUJO DE LODOS	SPT-11	5,55	6	6	18	11	12	30
FLUJO DE LODOS	SPT-12	0,55	1	1	7	4	7	26
FLUJO DE LODOS	SPT-12	1,55	2	2	12	7	10	29
FLUJO DE LODOS	SPT-12	2,5	3	3	14	8	11	30
FLUJO DE LODOS	SPT-13	2,5	3	3	36	21	29	39
FLUJO DE LODOS	SPT-13	3,55	4	4	43	25	32	40
FLUJO DE LODOS	SPT-16	2,5	3	3	22	13	15	32

FLUJO DE LODOS	SPT-16	3,55	4	4	21	12	14	31
----------------	--------	------	---	---	----	----	----	----

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 31°.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
FLUJO DE LODOS	SPT-09	0,55	1	1	18	11	4200,00	2764	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-09	1,55	2	2	16	9	3733,33	2456	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-10	1,55	2	2	17	10	3966,67	2610	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-11	2,5	3	3	12	7	2800,00	1842	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-11	3,55	4	4	13	8	3033,33	1996	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-11	4,55	5	5	15	9	3500,00	2303	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-11	5,55	6	6	18	11	4200,00	2764	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-12	0,55	1	1	7	4	1633,33	1075	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-12	1,55	2	2	12	7	2800,00	1842	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-12	2,5	3	3	14	8	3266,67	2149	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-13	2,5	3	3	36	21	8400,00	5527	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-13	3,55	4	4	43	25	10033,33	6602	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-16	2,5	3	3	22	13	5133,33	3378	0,49
FLUJO DE LODOS	SPT-16	3,55	4	4	21	12	4900,00	3224	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 4400 kPa.

Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 2895 kPa/m.

7.3. FLUJO DE LODOS MEDIOS

Se presenta en el sondeo SPT No15 realizado, con un espesor de 2.5 a 4.5 según las profundidades consignadas en la Tabla 14. Consiste en un material con textura limo arenoso color café, con presencia de roca meteorizada, humedad media-baja, plasticidad baja. Presenta un numero de golpes del ensayo de penetración estándar entre 21 y 22, y un

promedio aritmético de 22 golpes, denotando así su consistencia media. Posee humedades variables entre 27 y 48%.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
FLUJO DE LODOS MEDIOS	SPT-15	2,5	3	3	22	13	14	32
FLUJO DE LODOS MEDIOS	SPT-15	3,55	4	4	21	12	12	30

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 32°.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción de 31°, sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 48.

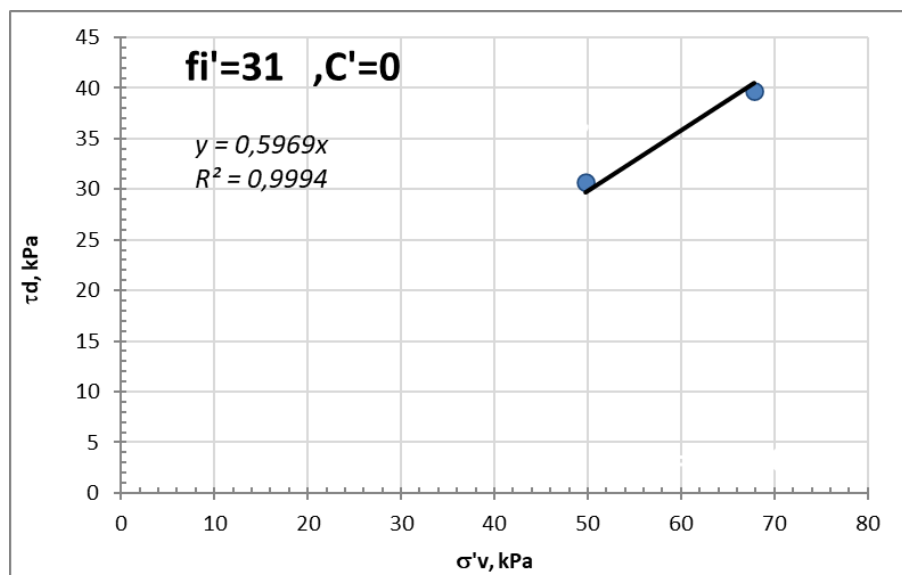


Figura 48 - Estimación de Parámetros con SPT para Flujo de Lodos Medios.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 1982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante

de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
FLUJO DE LODOS MEDIOS	SPT-15	2,5	3	3	22	13	5133,33	3378	0,49
FLUJO DE LODOS MEDIOS	SPT-15	3,55	4	4	21	12	4900	3224	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 5016.66 kPa.

Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 3301 kPa/m.

7.4. FLUJO DE LODOS HIDRATADO

Se presenta en los sondeos SPT No13 y 15 realizados, desde 4.5 m asta 6.0 m en el sondeo 13 y desde 4.5 hasta 5.5 en el sonde 15, según las profundidades consignadas en la Tabla 14. Consiste en un material con textura arcillosa y limo arenoso, color verdoso oscuro y gris, humedad media-baja, plasticidad media-alta. Presenta un numero de golpes del ensayo de penetración estándar entre 16 y 38, y un promedio aritmético de 29 golpes, denotando así su consistencia media. Posee humedades variables entre 36 y 58%.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
FLUJO DE LODOS HIDRATADO	SPT-13	4,55	5	5	34	20	24	37
FLUJO DE LODOS HIDRATADO	SPT-13	5,55	6	6	38	22	25	38
FLUJO DE LODOS HIDRATADO	SPT-15	4,55	5	5	16	9	9	28

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 34°.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción promedio de 32.1° , sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 49.

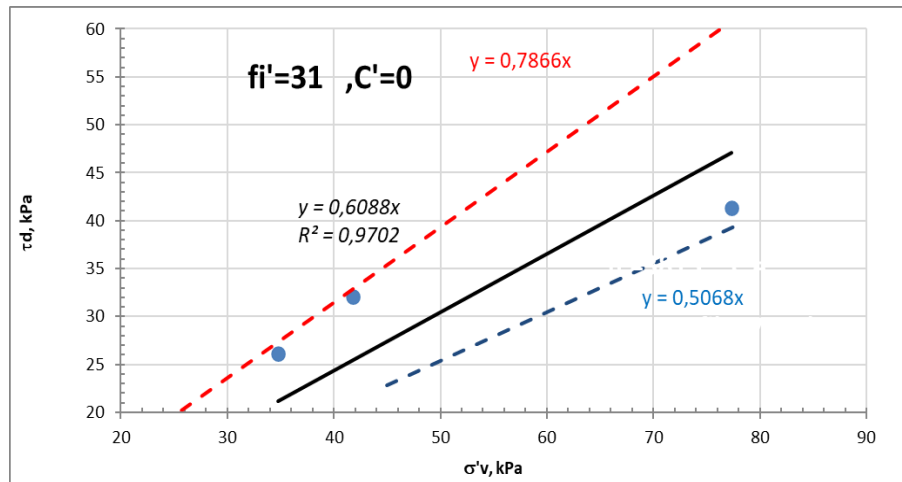


Figura 49 - Estimación de Parámetros con SPT para Flujo de Lodos Hidratados.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
FLUJO DE LODOS HIDRATADO	SPT-13	4,55	5	5	34	20	7933,33	5220	0,49
FLUJO DE LODOS HIDRATADO	SPT-13	5,55	6	6	38	22	8866,66	5834	0,49
FLUJO DE LODOS HIDRATADO	SPT-15	4,55	5	5	16	9	3733,33	2456	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 6844.44 kPa. Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 3733.33 kPa/m.

7.5. RESIDUAL VI

Se presenta en los sondeos SPT No 9,10 ,12 realizado, desde 2.5 m a 4.5 m en el sondeo 9, desde 2.5 m a 6.0 m en el sondeo 10 y desde 3.5 m a 6.0 m en el sondeo 10. según las profundidades consignadas en la Tabla 14. Consiste en un material con textura limo arcilloso, color café con vetas negras, presencia de clastos, humedad media-baja, plasticidad media.

Presenta un numero de golpes del ensayo de penetración estándar entre 11 y 24, y un promedio aritmético de 17 golpes, denotando así su consistencia media. Posee humedades variables entre 20 y 40%.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
RESIDUAL VI	SPT-09	2,5	3	3	19	11	12	30
RESIDUAL VI	SPT-09	3,55	4	4	21	12	12	30
RESIDUAL VI	SPT-09	2,5	3	3	11	6	7	27
RESIDUAL VI	SPT-09	3,55	4	4	15	9	9	28
RESIDUAL VI	SPT-10	4,55	5	5	18	11	9	29
RESIDUAL VI	SPT-10	5,55	6	6	24	14	12	30
RESIDUAL VI	SPT-10	3,55	4	4	17	10	12	31
RESIDUAL VI	SPT-10	4,55	5	5	13	8	9	28
RESIDUAL VI	SPT-10	5,55	6	6	15	9	10	29

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 29°.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción de 29°, sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 50.

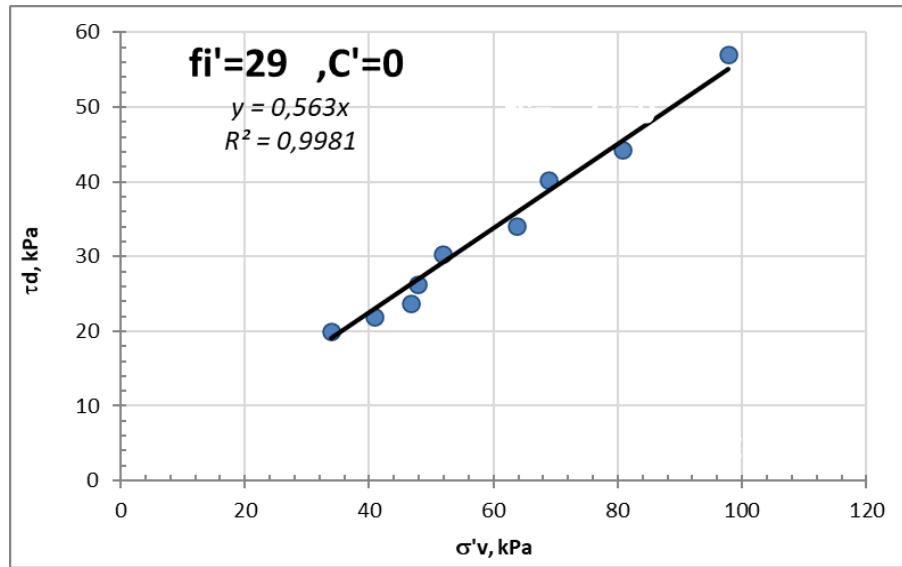


Figura 51 - Estimación de Parámetros con SPT para Residual VI.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
RESIDUAL VI	SPT-09	2,5	3	3	19	11	4433,33	2917	0,49
RESIDUAL VI	SPT-09	3,55	4	4	21	12	4900	3224	0,49
RESIDUAL VI	SPT-10	2,5	3	3	11	6	2566,66	1689	0,49
RESIDUAL VI	SPT-10	3,55	4	4	15	9	3500	2303	0,49
RESIDUAL VI	SPT-10	4,55	5	5	18	11	4200	2764	0,49
RESIDUAL VI	SPT-10	5,55	6	6	24	14	5600	3685	0,49
RESIDUAL VI	SPT-12	3,55	4	4	17	10	3966,66	2610	0,49
RESIDUAL VI	SPT-12	4,55	5	5	13	8	3033,33	1996	0,49
RESIDUAL VI	SPT-12	5,55	6	6	15	9	3500	2303	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 3966.67 kPa.

Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 2610 kPa/m.

7.1. RESIDUAL V

Se presenta en los sondeos SPT No 14 y 15 realizado, desde 2.5 m a 4.0 m en el sondeo 14 y desde 5.5 m a 6.0 m en el sondeo 15. según las profundidades consignadas en la Tabla 14. Consiste en un material con textura limo arcilloso y limo arenoso, color café, con presencia de gravas, humedad baja-media, plasticidad media.

Presenta un numero de golpes del ensayo de penetración estándar entre 25 y 53, y un promedio aritmético de 42 golpes, denotando así su consistencia firme. Posee humedades variables entre 23 y 33%.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
RESIDUAL V	SPT-14	2,5	3	3	53	31	41	44
RESIDUAL V	SPT-14	3,55	4	4	48	28	34	41
RESIDUAL V	SPT-15	5,55	6	6	25	15	15	32

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 29°.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción de 33°, sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 52.

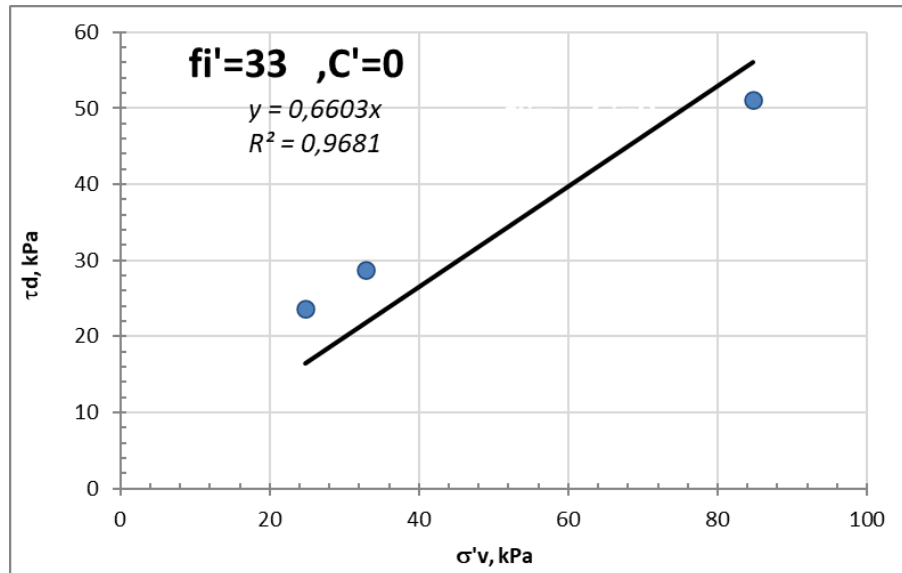


Figura 53 - Estimación de Parámetros con SPT para Residual V.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 1982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
RESIDUAL V	SPT-14	2,5	3	3	53	31	12366,66	8137	0,49
RESIDUAL V	SPT-14	3,55	4	4	48	28	11200	7369	0,49
RESIDUAL V	SPT-15	5,55	6	6	25	15	5833,33	3838	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 9800 kPa.

Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 3838 kPa/m.

7.2. RESIDUAL IV

Se presenta en los sondeos SPT No 9, desde 4.5 m 6.0 m. según las profundidades consignadas en la Tabla 14. Consiste en un material con textura limo arcilloso, color café con vetas verdosas, presencia de roca meteorizada, humedad baja-media, plasticidad media. Presenta un numero de golpes del ensayo de penetración estándar entre 41 y 57, y un

promedio aritmético de 49 golpes, denotando así su consistencia firme. Posee humedades variables entre 12 y 27%.

Mediante la correlación de Kishida, 1986, se calculan los siguientes ángulos de fricción efectivos en cada punto en el que se evalúa el ensayo de penetración estándar.

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Ncr	ϕ' (kishida)
RESIDUAL IV	SPT-09	4,55	5	5	41	24	21	35
RESIDUAL IV	SPT-09	5,55	6	6	57	33	28	39

De los anteriores valores, el valor promedio del ángulo de fricción encontrado es de 37°.

Usando regresiones lineales realizadas a los resultados del ensayo de penetración estándar se obtuvo un valor para ángulo de fricción de 37°, sin cohesión en condiciones drenadas, tal como se observa en la Figura 54.

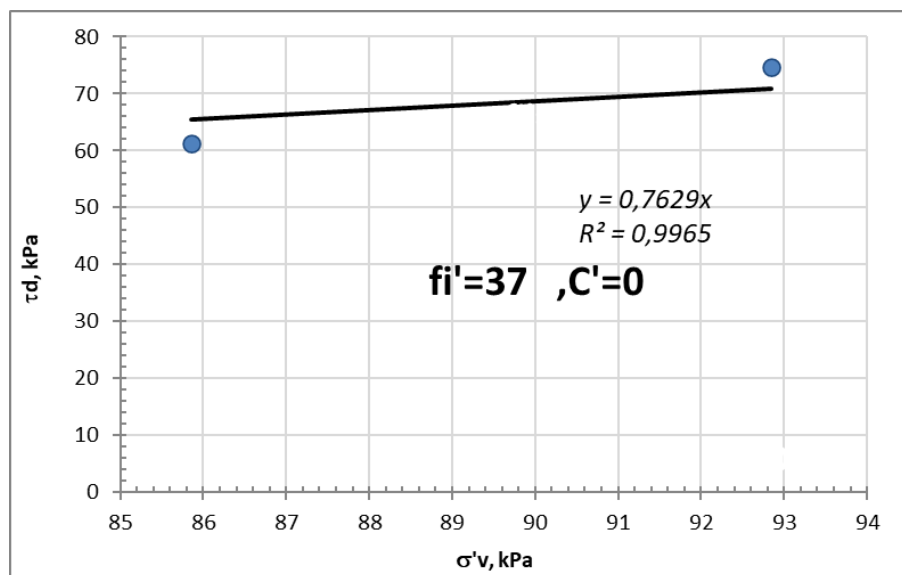


Figura 55 - Estimación de Parámetros con SPT para Residual VI.

A continuación, se relacionan las estimaciones del módulo elástico y relación de Poisson a partir del SPT y clasificaciones unificadas de los suelos según Departamento de la Marina de Guerra, 1982; Bowles, 1988, extraído del Código Colombiano de Puentes, 2014 y la constante

de resorte o coeficiente de reacción de subrasante según Álvaro González, 1993 y solo en aquellas muestras a las que se le hicieron clasificación:

Descripción	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Nspt	N60	Es, kPa	Ks, kPa/m	v
RESIDUAL IV	SPT-09	4,55	5	5	41	24	9566,67	6295	0,49
RESIDUAL IV	SPT-09	5,55	6	6	57	33	13300,00	8751	0,49

De los anteriores valores de módulos elásticos, se obtiene un valor promedio de 11433.33 kPa. Para las constantes de resortes, se obtiene un valor promedio de 7523 kPa/m.

7.3. NIVEL FREÁTICO

Durante la realización de los sondeos se registró presencia de nivel freático a profundidades variables entre 0.4. a 5 m.

7.4. RESUMEN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

La Tabla 17 resume los parámetros geomecánicos más relevantes de los diferentes estratos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio y de campo y serán empleados en los cálculos de capacidad de carga y asentamientos.

Tabla 17: Resumen Parámetros Geomecánicos

RESUMEN PARÁMETROS GEOMECÁNICOS															
Estrato	γ_t , kN/m ³			C', kPa			ϕ'			Es, kPa			Ks, Ton/m ³		
	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED
Lleno Antropico	16.0	17.0	16.5	0	3	1.5	25	34	29	1,400	4,667	2,556	921	3,071	1,682
Sedimentos arcillosos	16.0	18.0	17.0	7	15	10.2	26	32	29	1,400	5,833	2,858	921	3,838	1,880
Flujo de Lodos	17.0	18.0	17.5	2	7	3.7	26	40	32	1,633	10,033	4,048	1,075	6,602	2,664
Flujo de Lodos Medios	17.0	18.5	17.7	1	5	2.2	30	32	31	4,900	5,133	5,015	3,378	3,224	3,300
Flujo de Lodos Hidratado	17.5	18.5	18.0	5	12	7.7	28	37	32	3,733	8,867	5,753	2,456	5,834	3,785
Residual VI	17.0	18.0	17.5	1	5	2.2	27	31	29	2,567	5,600	3,791	1,689	3,685	2,495
Residual V	18.0	19.0	18.5	1	5	2.2	31	39	35	5,833	12,367	8,493	3,838	8,137	5,588
Residual IV	18.0	19.5	18.7	1	5	2.2	36	39	37	9,567	13,300	11,280	6,295	8,751	7,422

8. ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

El perfil de suelos presente en el lote es típico de una zona de piedemonte, con presencia de depósitos de ladera tipo flujos de lodos y escombros que provienen del desprendimiento de material. Topográficamente, el área del lote del proyecto presente pendientes suaves a moderada (en sentido Noroeste-Sureste). Lo anterior, sumado a que la zona presenta una precipitación anual importante, con unos picos de lluvia entre 286 y 277 mm entre los meses de mayo y octubre, tal como se observa en la curva de precipitaciones mensuales incluida en la Figura 56, favorece la saturación del perfil de suelos, y aquellos en coincidencia con una configuración geométrica inestable de manera permanente, se verán afectados por procesos de movimiento en masa.

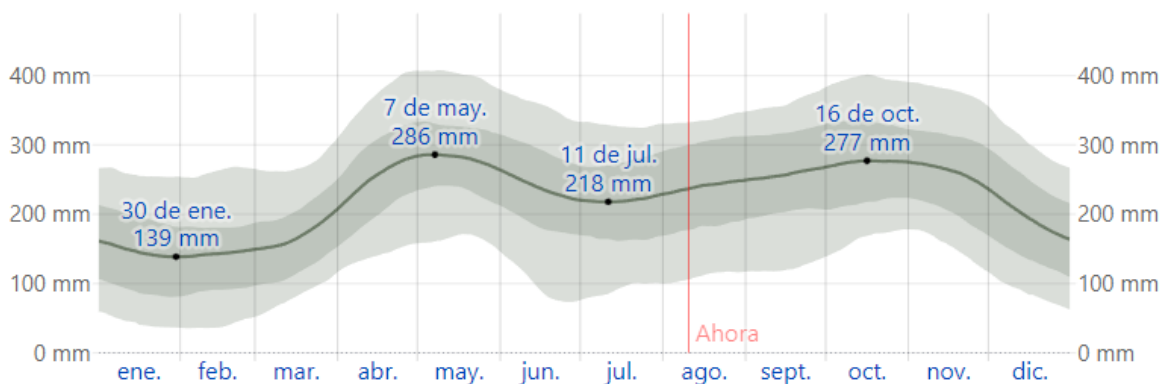


Figura 56: Promedio mensual de lluvias en Venecia, Antioquia.

Lo anterior, permite concluir que la opción técnicamente más viable en términos de estabilidad y capacidad consiste en cimentaciones profundas tipo Micropilotes IRS, que traslade las cargas hacia los estratos inferiores más rígidos, con mejor capacidad y menor deformación, y además, permita mejorar los factores de seguridad a la falla por deslizamiento lateral de ladera hacia una condición estable en el largo plazo.

8.1. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Los análisis se realizan mediante métodos de equilibrio limite, empleando la metodología de Spencer y Mongerster-Price, toda vez que son los únicos modelos que consideran equilibrio de fuerzas y momentos entre dovelas. Los análisis se adelantan mediante el uso del software

Slide, de la casa Rocscience® y se realizan en tres escenarios: 1) Estático 2) Pseudoestático y 3) Parcialmente saturado.

Los análisis se realizaron para la sección representativa presentada en la Figura 57.



Figura 57. Vista en planta de sección a analizar

8.1.1. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE SÍSMICO HORIZONTAL Y VERTICAL PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PSEUDOESTÁTICO

Los factores de seguridad mínimos con los cuales se compararán los de los análisis se relacionan en la Tabla 18.

Tabla 18: Factores de seguridad para el análisis de estabilidad (Tabla H.2.4-1. de la NSR-10 Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos)

Condición	FSBM		FSBUM	
	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

Para los análisis seudo-estáticos, se emplean las recomendaciones dadas en el numeral H.5.2.5 de la NSR-10, en donde se especifica el coeficiente de diseño para análisis seudo-estáticos de taludes (KST) en función de la aceleración máxima del terreno (a_{max}), calculada en función de la aceleración pico efectiva (a_a), del factor de amplificación (F_a) y del coeficiente de importancia (I), así:

Ecuación 1: Ecuación de aceleración máxima del literal A.2.6.1.1 título A norma NSR-10

$$a_{max} = a_a * F_a * I$$

Este valor de A_{max} se extrae como la aceleración inicial o aceleración en el periodo cero del espectro de aceleraciones cuya construcción se indica en el capítulo A.2.6.1.2 del título A de la norma NSR-10, y señalado a continuación:

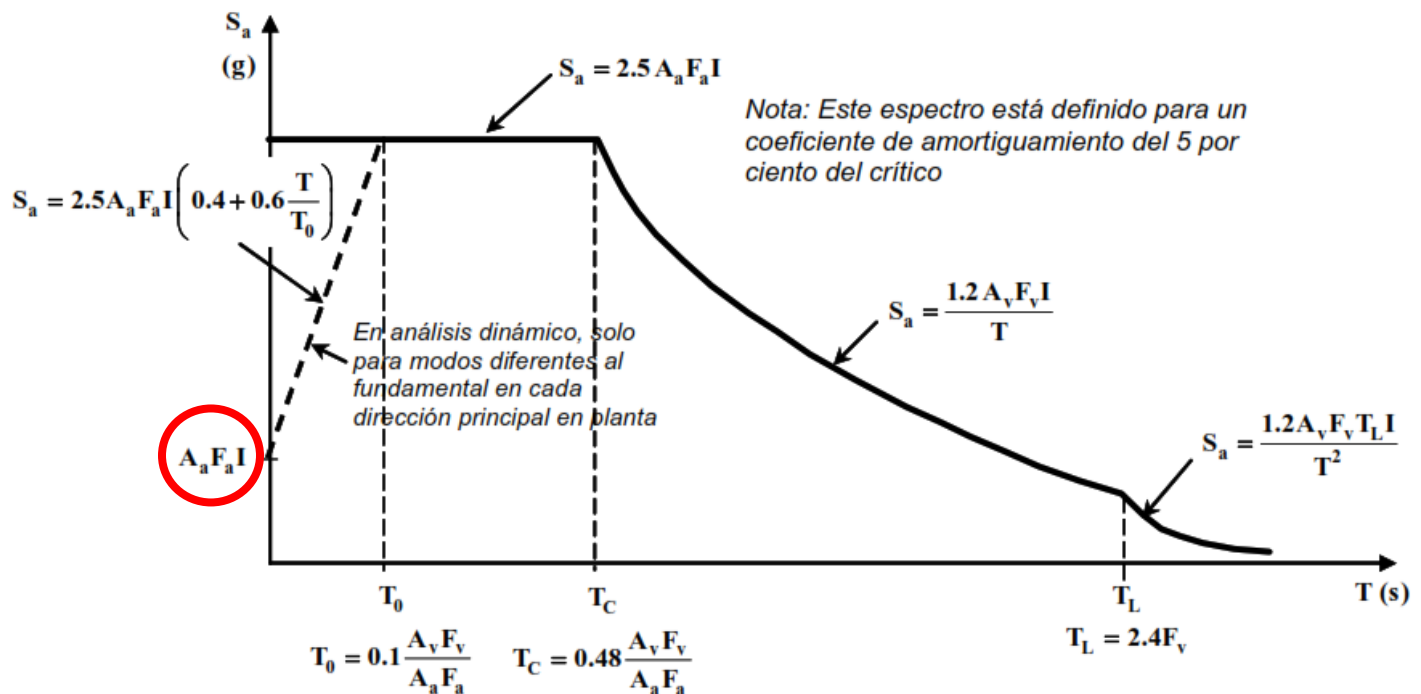


Figura 58: Espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de g. Figura A.2.6-1 de la norma NSR-10.

La microzonificación sísmica incluida en el título A de la norma NSR-10, estableció un valor para **Aa de 0.15** para sismos de servicio en la zona del proyecto.

El factor de amplificación (Fa) se extrae de la tabla A.2.4-3 de la norma NSR-10 título A y está dado en función del tipo de perfil de suelo y el coeficiente de aceleración pico efectivo en roca (Aa) según la ubicación del proyecto. Para este caso, con Aa de 0.15 y tipo de suelo D, se considera un **Fa de 1.2**.

Tabla 19: Valores del Coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Por tratarse de un talud adyacente a una vivienda, es decir, edificación catalogada dentro del **grupo de uso I**, de acuerdo con el literal A.2.5.1. del Título A de la norma NSR-10.

Tabla 20: Extracto literal A.2.5.1 título A norma NSR-10

A.2.5.1 — GRUPOS DE USO — Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

A.2.5.1.1 — Grupo IV — Edificaciones indispensables — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alternativo. Este grupo debe incluir:

- (a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias,
- (b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,
- (c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,
- (d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,
- (e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y
- (f) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

A.2.5.1.3 — Grupo II — Estructuras de ocupación especial — Cubre las siguientes estructuras:

- (a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,
- (b) Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez,
- (c) Almacenes y centros comerciales con más de 500 m² por piso,
- (d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas en A.2.5.1.1.
- (e) Edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas, y
- (f) Edificios gubernamentales.

A.2.5.1.4 — Grupo I — Estructuras de ocupación normal — Todas la edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

El coeficiente de importancia (I) de acuerdo con la tabla A.2.5-1 del Título A de la norma NSR-10 y relacionada a continuación, **es de 1.00.**

Tabla 21: Valores del coeficiente de importancia, I Tabla A.2.5-1 Titulo A Norma NSR.-10

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Reemplazando estos valores en la Ecuación 1, se obtiene un **a_{max} de 0.18g.**

El coeficiente sísmico de diseño para análisis pseudoestático de taludes, el cual debe tener un valor igual o inferior al **a_{max}** , se calcula en función del material presente en el perfil de suelos y del tipo de análisis según lo indicado en la tabla H.5.2-1 del Título H de la norma NSR-10, relacionada a continuación:

Tabla 22: Valores de K_{ST}/a_{max} mínimos para análisis seudoestático de taludes. Tabla H.5.2-1 de la norma NSR-10.

Material	K_{ST}/a_{max} Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados ($RQD < 50\%$)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos ($RQD > 50\%$)	1.00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales térreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

De acuerdo con el perfil estratigráfico encontrado en el sitio de estudio y referido a los valores establecidos en la Tabla 22, se determina qué la relación K_{st}/a_{max} para el proyecto corresponde a Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados ($RQD < 50\%$), es decir,

Despejamos K_{st} , de la siguiente forma: **$K_{st} = 0.8 * a_{max}$**

Finalmente, coeficiente sísmico de diseño para análisis seudoestático (K_{ST}) es $K_{st} = 0.8 * 0.225$, **$K_{st} = 0.14 = K_h$** .

El coeficiente sísmico de diseño vertical, **K_v** , corresponde a $2/3$ de la aceleración horizontal; es decir, **$K_v = 0.1$** .

8.1.2. PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Para determinar los parámetros de resistencia que representen las condiciones reales de la zona de estudio, se realiza calibración mediante la modelación de perfiles representativos de la zona de falla. Para esto se tomó una sección nombrada como *Sección 0*, tal como se muestra en la Figura 57.

Mediante la calibración se adoptan parámetros de resistencia que muestren fallas en la zona donde se evidencia grietas, buscando valores de factor de seguridad ligeramente inferiores e iguales a 1. Para determinar la geometría del terreno se relacionaron los perfiles creados a partir del levantamiento topográfico. Los espesores de los estratos del suelo se realizaron mediante la identificación de la resistencia de suelo según SPT.

Los modelos calibrados para cada uno de los perfiles evaluados se muestran a continuación.

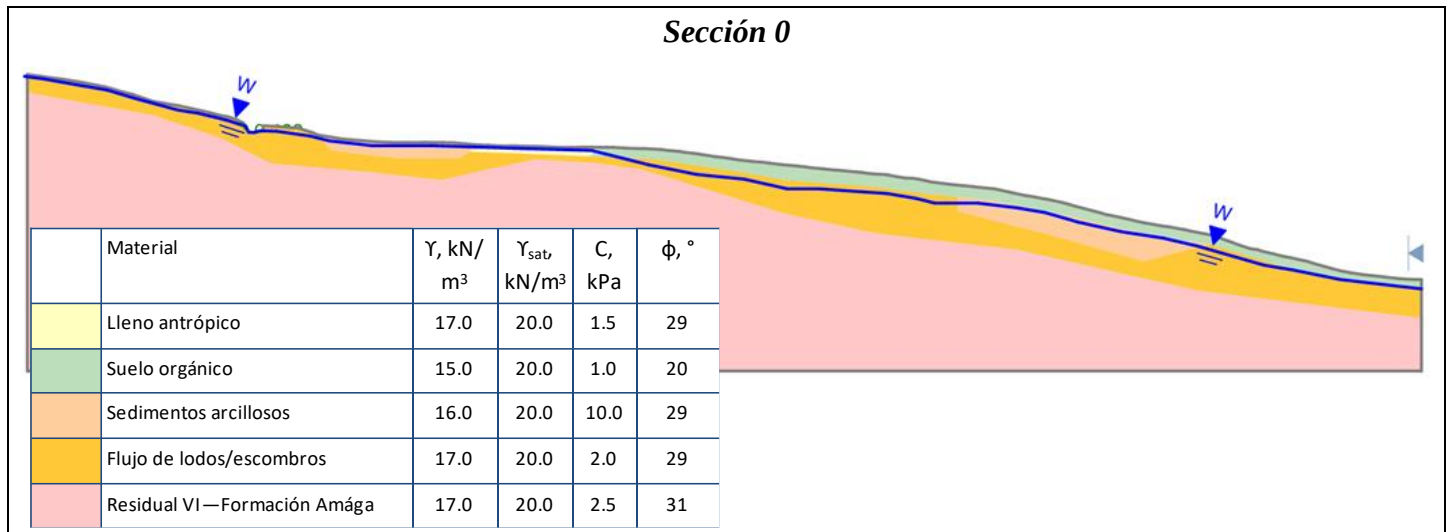


Figura 59 - Calibración de Parámetros.

Se procede realizar análisis de estabilidad lateral para el perfil.

8.1.3. SECCIÓN 0

8.1.3.1. Condición Estática con posición normal del N.F.

Los análisis de estabilidad en condición estática con presencia normal de agua subterránea, reflejan un factor de seguridad a la falla por deslizamiento lateral GLOBAL entre 2.5 y 3.3, siendo satisfactorio bajo los criterios establecidos por la norma NSR-10 consignados en la Tabla 18.

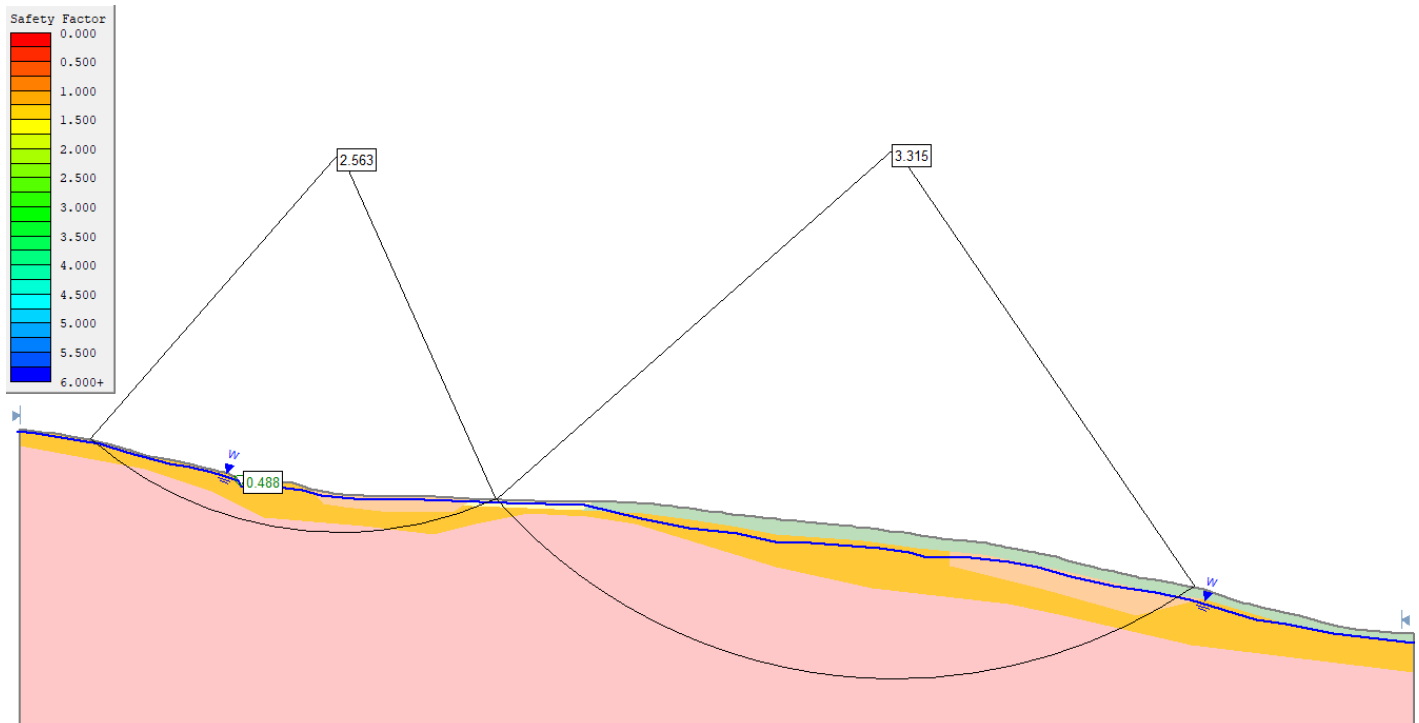


Figura 60: Análisis de estabilidad condición estática

8.1.3.2. Condición Pseudo-estática con Posición normal del N.F.

El análisis de estabilidad en situación transitoria por sismo, refleja un factor de seguridad a la falla por deslizamiento lateral GLOBAL entre 1.5 y 1.8, satisfaciendo el factor de seguridad mínimo establecido por norma NSR-10.

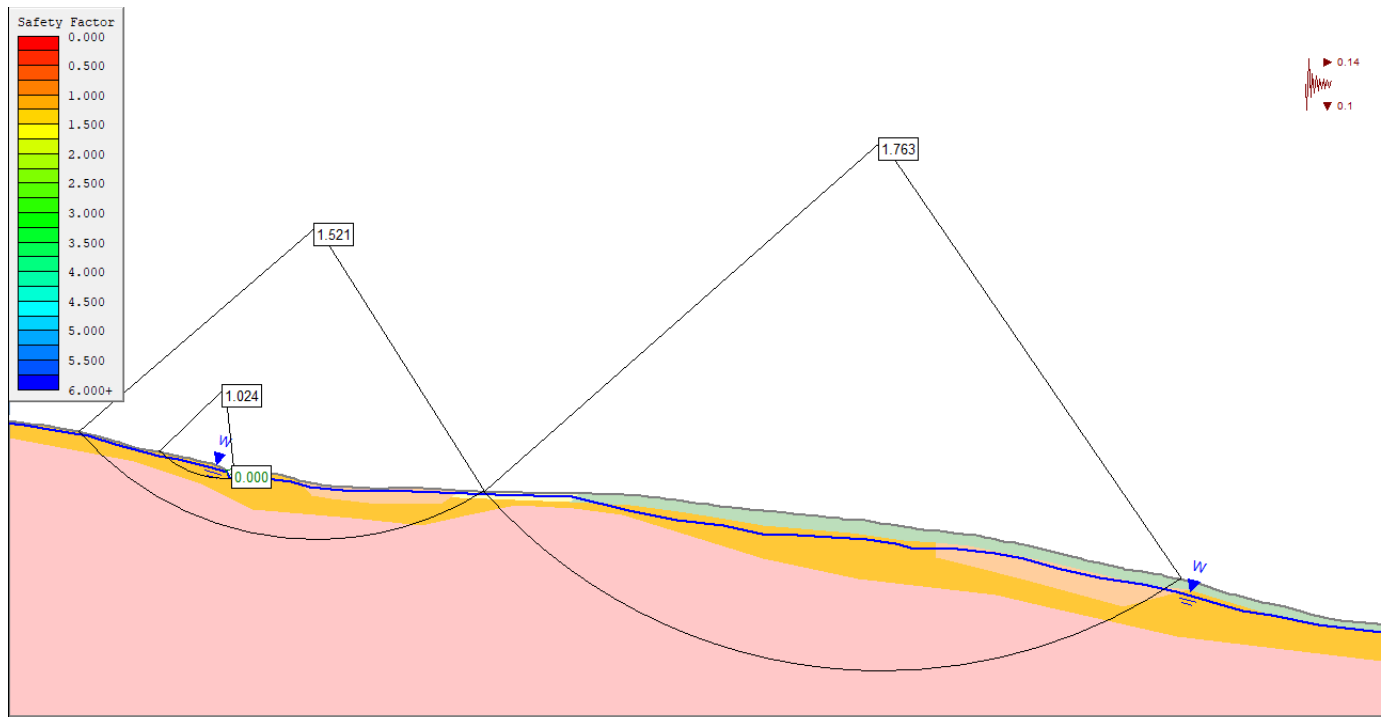


Figura 61: Análisis de estabilidad condición pseudo-estática

8.1.4. SECCIÓN 1

8.1.4.1. Condición Estática con posición normal del N.F.

Los análisis de estabilidad en condición estática con presencia normal de agua subterránea, reflejan un factor de seguridad a la falla por deslizamiento lateral GLOBAL entre 1.7 y 2.5, siendo satisfactorio bajo los criterios establecidos por la norma NSR-10 consignados en la Tabla 18.

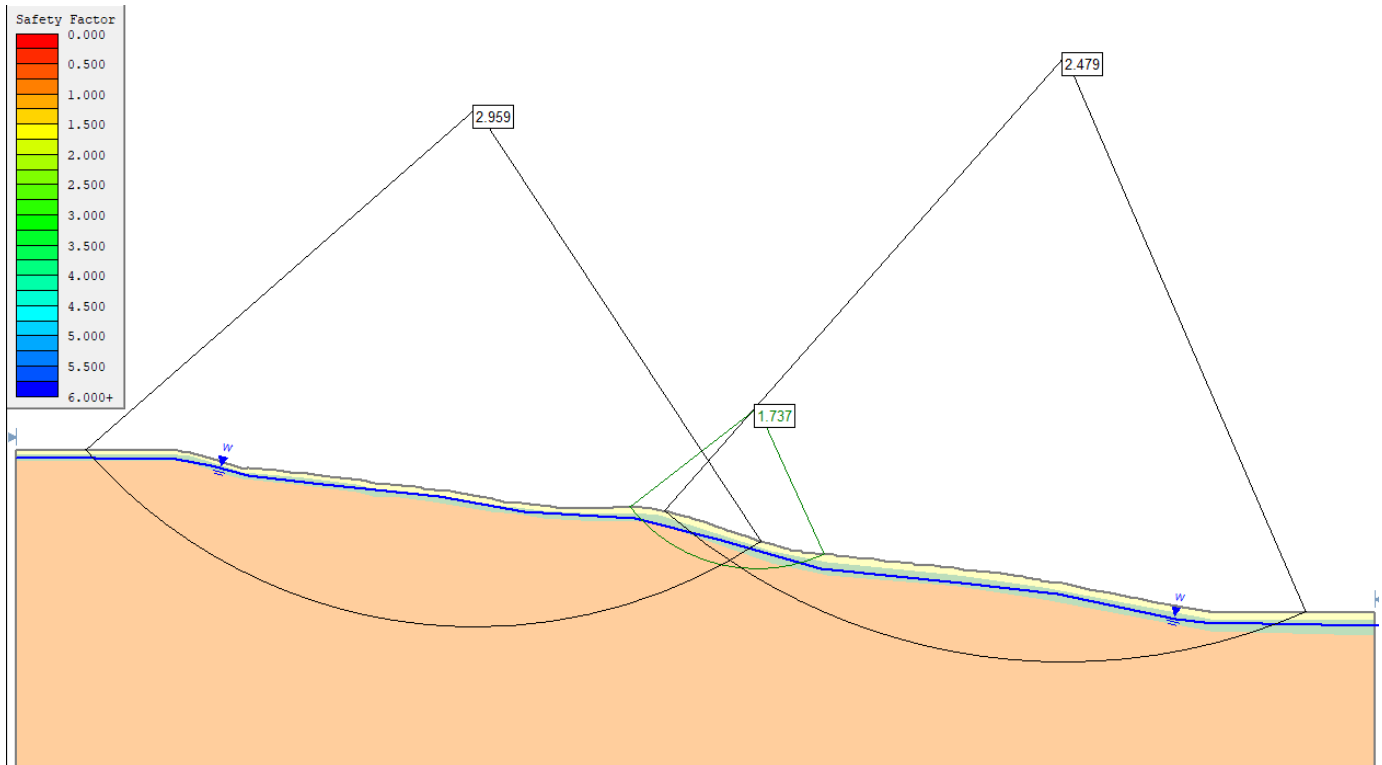


Figura 62: Análisis de estabilidad condición estática

8.1.4.2. Condición Pseudo-estática con Posición normal del N.F.

El análisis de estabilidad en situación transitoria por sismo, refleja un factor de seguridad a la falla por deslizamiento lateral GLOBAL de 1.23, satisfaciendo el factor de seguridad mínimo establecido por norma NSR-10.

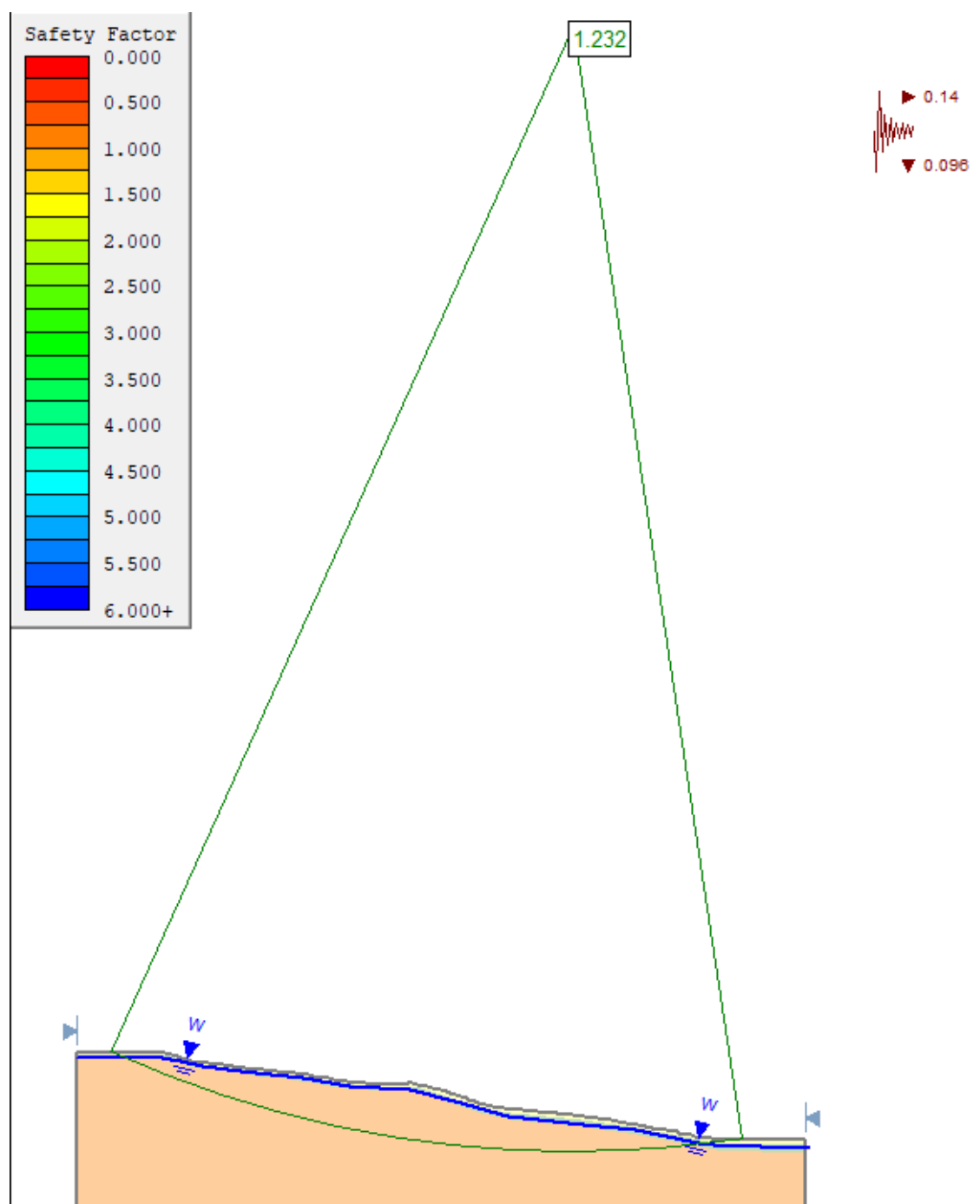


Figura 63: Análisis de estabilidad condición pseudo-estática

8.2. ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Dado que aún no se cuenta con los planos de las redes hidro-sanitarias del proyecto, se procederá a emitir una serie de recomendaciones generales, con la premisa de que los diseños definitivos deberán ser remitidos a esta oficina para la revisión y validación de las hipótesis aquí planteadas.

Dado que el perfil de subsuelo se compone predominantemente por materiales derivados de flujos de lodos, de consistencia media a muy firme, plasticidad media y humedad natural intermedia; indican un terreno con comportamiento parcialmente cohesivo, susceptible a variaciones volumétricas moderadas y con una permeabilidad baja a media.

En consideración a las condiciones descritas, se recomienda lo siguiente:

8.2.1. PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN Y SOPORTE DE LAS ZANJAS:

Las excavaciones deberán ejecutarse con taludes estables o mediante entibaciones, considerando la consistencia media a firme de los materiales.

En zonas de tránsito vehicular o donde existan sobrecargas, se sugiere el uso de entibación metálica o en madera para garantizar la estabilidad durante la instalación.

La profundidad mínima de las redes debe garantizar una cobertura de al menos 0.80 m sobre la generatriz superior de la tubería, ajustándose según el tipo de vía y el tráfico esperado.

8.2.2. APOYO Y RELLENO DE LAS TUBERÍAS:

El fondo de la zanja deberá nivelarse y compactarse hasta alcanzar una superficie firme y regular.

Se recomienda disponer una capa de asiento en material granular limpio (arena o grava fina) con espesor no inferior a 10 cm, compactado manualmente al 95 % del Proctor Modificado.

El relleno lateral y superior debe ejecutarse con material granular seleccionado y libre de finos plásticos, compactado en capas de máximo 20 cm.

8.2.3. CONTROL DE INFILTRACIONES Y DRENAJE:

Dada la baja a media permeabilidad del suelo, es recomendable prever cunetas de drenaje o subdrenes puntuales en los tramos donde se identifiquen zonas de saturación o acumulación de aguas.

Se deberá evitar el uso de materiales arcillosos en el relleno de las zanjas, para reducir el riesgo de asentamientos diferenciales o pérdida de soporte.

8.2.4. MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES Y PROTECCIÓN DE TALUDES:

Durante la fase constructiva, deberá implementarse un sistema temporal de conducción de aguas lluvias que impida el escurrimiento directo hacia las zanjas.

Los taludes adyacentes a las redes deben mantenerse estables y protegidos mediante coberturas vegetales o geotextiles temporales.

8.2.5. ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD:

Deberán realizarse ensayos de densidad in situ (método del cono de arena o nuclear) para verificar el grado de compactación de los rellenos.

Se recomienda la revisión geotécnica de campo durante la instalación para ajustar en sitio las condiciones de apoyo, según la variabilidad del subsuelo.

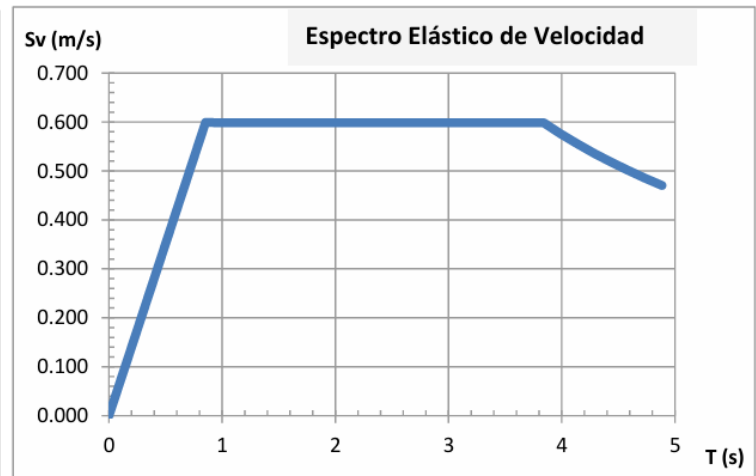
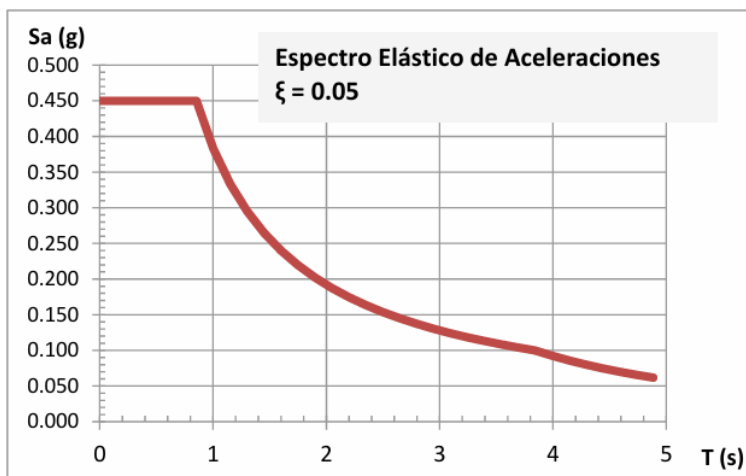
8.2.6. VERIFICACIÓN Y ACTUALIZACIÓN:

Una vez se cuente con los planos constructivos de redes de acueducto y alcantarillado, se deberá realizar una revalidación de las hipótesis de diseño, particularmente en cuanto a las profundidades de instalación, cargas de tránsito y posibles interferencias con otras estructuras o servicios.

8.3. DISEÑO SISMO-RESISTENTE

El perfil de suelos clasifica como tipo D, según la norma NSR-10, para los 30 m superiores del perfil, considerando una velocidad de onda de corte promedio de 210 m/s, con un periodo natural de vibración del suelo de 0.57 s.

La grafica de las siguientes gráficas ilustran los espectros elásticos de aceleraciones, velocidades y desplazamientos, calculados de acuerdo con la norma NSR-10.



8.4. DISEÑO DE CONTENCIÓNES

Para efectos de diseño de las estructuras de contención que tendrán lugar en el proyecto, se recomienda utilizar los parámetros mostrados en la Tabla 23. Se utilizan las expresiones de empuje activo de Rankine.

Tabla 23. Parámetros geotécnicos para diseño de contenciones

Parámetro	Valor
Ángulo de fricción interna del suelo, °	28
Peso unitario del suelo a contener, kN/m ³	17
Coneficiente de empuje activo (Ka)	0.36
Coeficiente de empuje activo con sismo (Kae)	0.50
Coeficiente de Empuje pasivo (Kp)	2.77
Coeficiente de Empuje en reposo (Ko)	0.53

Para el diseño de muros de contención que requieran una característica especial o de mayor altura que tenga lugar dentro del proyecto deberán tener un diseño específico, por lo que deberán solicitarlo a esta oficina.

9. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

9.1. PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN

Para el caso de excavaciones de más de 3m de altura, se deberá instalar puntos de control topográficos en la corona y a lo largo de todo el perímetro de la zona a excavar, separados por lo menos cada 2 a 10m entre sí según la magnitud del proyecto. Para excavaciones influenciadas por la presencia de sobrecargas por edificaciones vecinas, se recomienda Xnstarlar inclinómetros, por lo menos uno en cada frente de excavación, en la sección más alta y hacia la zona central de la luz o frente de excavación. Para anchos de excavación superiores a 60m, se recomienda instalar por lo menos 2 inclinómetros distribuidos a 1/3 y a

2/3 de la luz o frente de excavación. La longitud de los inclinómetros deberá ser de por lo menos 1.5 veces la altura de la excavación.

Para el caso de cimentaciones, se deberá instalar niveles de control en las columnas del primer nivel, y se deberá definir un nivel cero por fuera de la edificación a construir.

9.2. DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Para el caso de la instalación de puntos de control y/o inclinómetros, se deberá realizar una lectura en cada uno de los puntos de forma periódica, cada 15 días o cada vez que se complete una etapa de excavación.

Periódicamente durante la construcción se deberá realizar lectura de las cotas de las niveletas de control instaladas en las columnas del primer nivel versus el nivel cero de forma periódica, cada 15 días o cada vez que exista un incremento en la carga por efecto de la construcción de losas y/o cualquier otro elemento que adicione carga a la estructura.

Todas las lecturas realizadas, tanto de excavaciones como de cimentaciones, se deberán remitir de manera oportuna a esta oficina para verificación de deformaciones en la excavación y/o asentamientos en la edificación a construir y poder recomendar oportunamente medidas de mitigación y control en caso de requerirse.

9.3. POSTERIOR A LA CONSTRUCCIÓN

Se recomienda que las lecturas de los puntos de control de deformaciones en las excavaciones y de asentamientos en las columnas se continúen por lo menos 12 meses más posterior a la culminación de la construcción y por lo menos una vez cada mes.

10. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

10.1. RELLENOS EN MUROS DE CONTENCIÓN Y SOBRE TALUDES TEMPORALES

Los rellenos detrás de los muros de contención que constituyen suelo base para placas de piso podrán realizarse con material común hasta 2 m antes de la rasante final, en donde deberá disponerse base granular en capas de 20 cm cada una y compactadas al 92% de proctor modificado.

Si el relleno no es estructural, se puede realizar con material común, dispuesto en capas de 20 cm y compactado y/o amasado según su textura.

10.2. RELLENOS NO ESTRUCTURALES

Los rellenos que tengan lugar en el proyecto para conformación de las obras de urbanismo deberán conformarse con suelos tolerables de acuerdo a la norma INVIAS 2012 Capitulo 2-1 Tabla 220-1 y relacionada a continuación.

Tabla 24: Requisito de los materiales para Terraplenes (INVIAS, 2012)

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

10.2.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el artículo 200 del capítulo 2_1 de la norma INVIAS 2012.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado; también se debe implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el interventor determinará los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base.

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en un 92% del Proctor modificado, en una profundidad de 15cm, la cual se podrá reducir a 10cm cuando el terraplén se deba construir sobre un afirmado existente.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se deberá cortar en forma escalonada, de acuerdo con los planos o instrucciones del diseñador, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Se considerará este procedimiento como obligatorio en pendientes transversales mayores de 20%.

Cuando lo señale el proyecto o lo ordene el interventor, la capa superficial del suelo existente que cumpla con lo señalado en la Tabla 24, se deberá mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.

Si el terraplén hubiese de ser construido sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales; si lo anterior fuese impráctico, se deberá considerar su tratamiento previo y consolidación o la utilización de cualquier otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir los esfuerzos debido al peso del terraplén terminado. Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando, uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se realizará de conformidad con las indicaciones del diseñador.

10.2.2. GEOMETRÍA DE LOS RELLENOS

Los rellenos podrán conformarse en alturas máximas de hasta 2m, con taludes con pendientes 1.5H:1V.

10.3. TERRAPLENES

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el artículo 200 del capítulo 2_1 de la norma INVIAS 2012.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado; también se debe implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el interventor determinará los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base.

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en un 92% del Proctor modificado, en una profundidad de 15cm, la cual se podrá reducir a 10cm cuando el terraplén se deba construir sobre un afirmado existente.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se deberá cortar en forma escalonada, de acuerdo con los planos o instrucciones del diseñador, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Se considerará este procedimiento como obligatorio en pendientes transversales mayores de 20%.

Cuando lo señale el proyecto o lo ordene el interventor, la capa superficial del suelo existente que cumpla con lo señalado en la Tabla 25, se deberá mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.

Si el terraplén hubiese de ser construido sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales; si lo anterior fuese impráctico, se deberá considerar su tratamiento previo y consolidación o la utilización de cualquier otro medio

indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir los esfuerzos debido al peso del terraplén terminado. Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando, uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se realizará de conformidad con las indicaciones del diseñador.

La construcción de terraplenes deberá realizarse con materiales que cumpla la especificación de suelos adecuados y seleccionados contenidos en la Tabla 25. El terreno base del terraplén deberá ser preparado de acuerdo al capítulo de preparación del terreno descrito anteriormente.

Tabla 25: Requisito de los materiales para Terraplenes (INVIAS, 2012)

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

La conformación del terraplén deberá realizarse en capas de máximo 20 cm de espesor, compactadas a un 95% del Proctor modificado en condiciones de humedad óptima y densidad seca máxima.

En la base del terraplén, se debe emplear un geotextil de separación no tejido referencia NT-2500 a NT-700 de acuerdo con el diseño de vías y pavimentos definitivo del proyecto.

Los terraplenes deberán construirse en alturas máximas de 2m, con caras de taludes tendidos en pendientes 1:H:1V.

10.4. MANEJO DE AGUAS

10.4.1. SUB-DRENES DE ZANJA

Para evitar estos empozamientos en zonas planas, se deberá drenar el lote mediante la construcción de sub-drenes de acuerdo a las especificaciones contenidas en la Figura 64. Estos drenes, en principio, serán instalados en las zonas que necesitan ser drenadas y deberán constar con pendientes entre el 1 a 2%, descargando hacia cajas de desagües o colectores del proyecto.

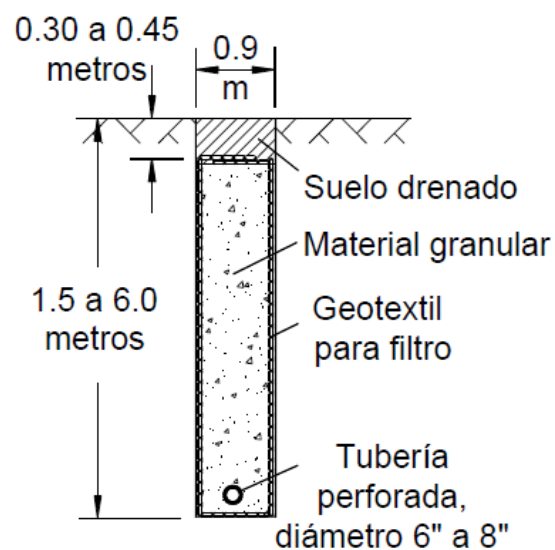


Figura 64 - Sistema de drenes por debajo del piso.

10.4.2. SUB-DREN EN MUROS DE CONTENCIÓN

Los muros de contención que se construyan en el proyecto deberán constar con un sub-dren en la base de su trasdós, el cual consta de una tubería perforada embebida en un “tabaco” de material granular, envuelto por un manto o geotextil no tejido. El subdren tubular, a su vez, conecta con un geodren planar que se extiende desde la pata hasta el extremo superior del muro de contención, en su cara anterior, tal como se ilustra en el esquema contenido en la Figura 65.

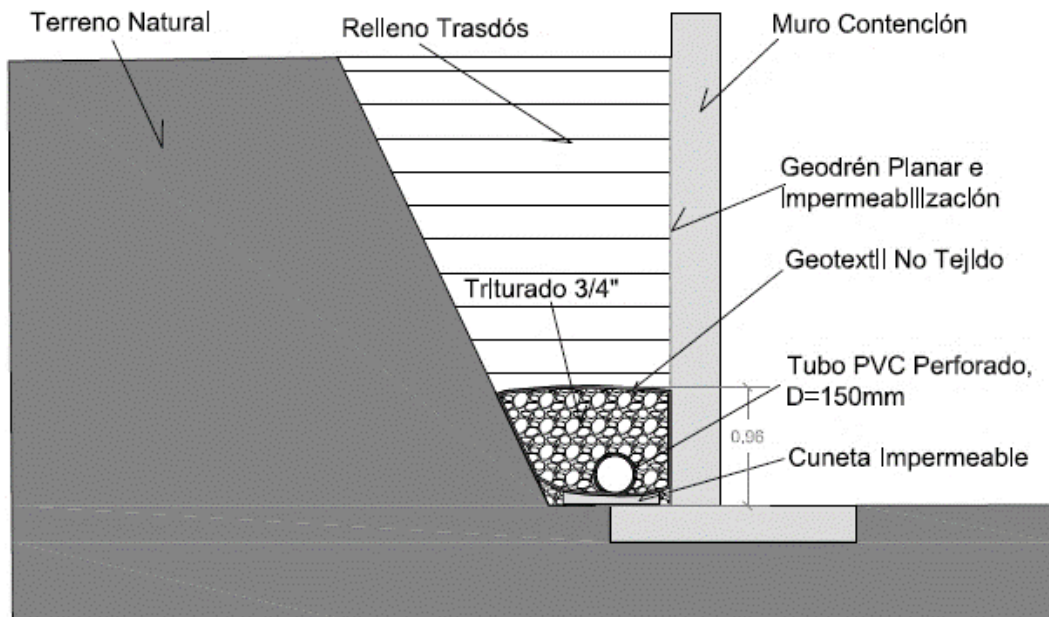


Figura 65 - Esquema sub-dren trasdós muro de contención

10.4.3. DRENES PARA AGUAS SUPERFICIALES TIPO CUNETA

En la corona y en la pata de los taludes, y en las zonas que considere el proyecto, se podrá construir rondas de cunetas que intercepten y recojan las aguas de escorrentías que atraviesan el lote, con las especificaciones mínimas contenidas en el esquema de la Figura 66.

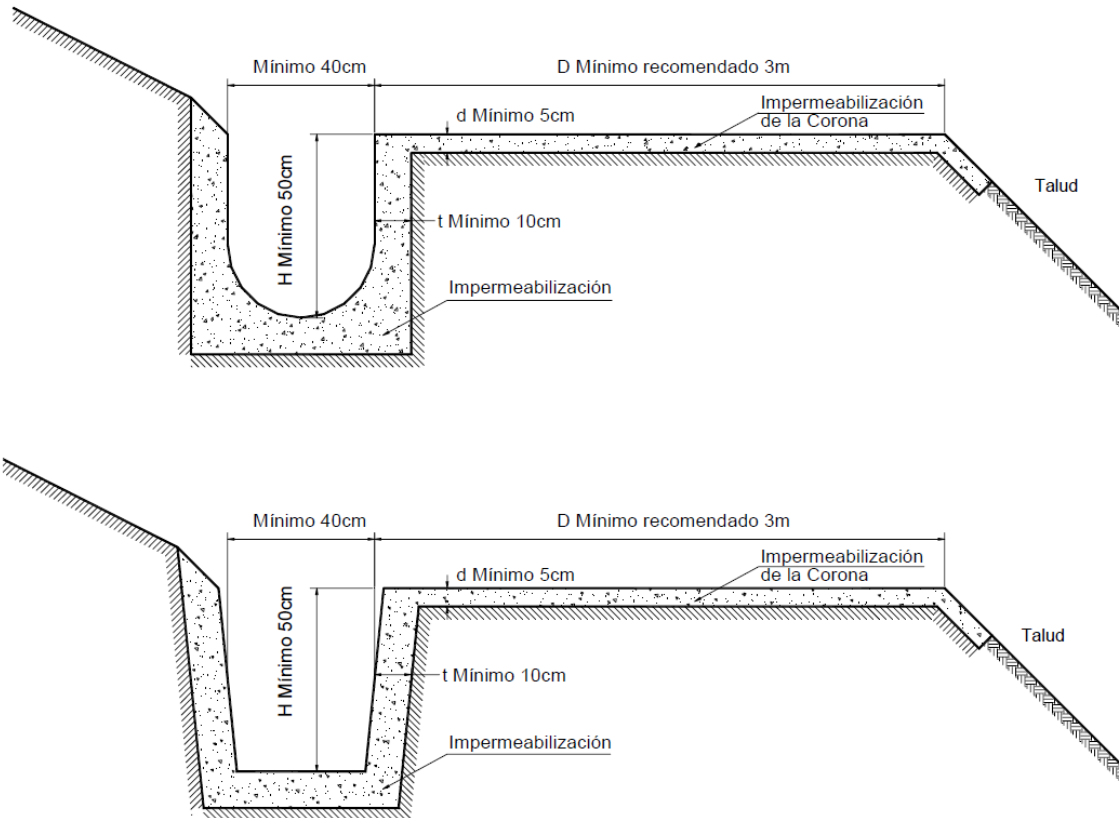


Figura 66 - Detalle de zanjas de la corona para el control de las aguas superficiales en un talud

Todos los drenes y/o sub-drenes deberán descargar el agua recogida hacia las cajas de desagüe que se proyecten dentro del proyecto y nunca podrán descargarse de manera libre sobre el terreno.

10.4.4. SUB-DRENES DE PENETRACIÓN

En los taludes conformados con rellenos, se recomienda la construcción de drenes sub-horizontales en la cara del talud, localizados a 0.5m por encima de la pata, inclinados con una pendiente del 10% en contrapendiente y con longitud variable entre 6 y 20m dentro del terreno según la necesidad de la obra (ver Figura 67). La construcción de estos drenes deberá cumplir con las especificaciones descritas en el artículo 674-13 de la norma INVIAS 2013.

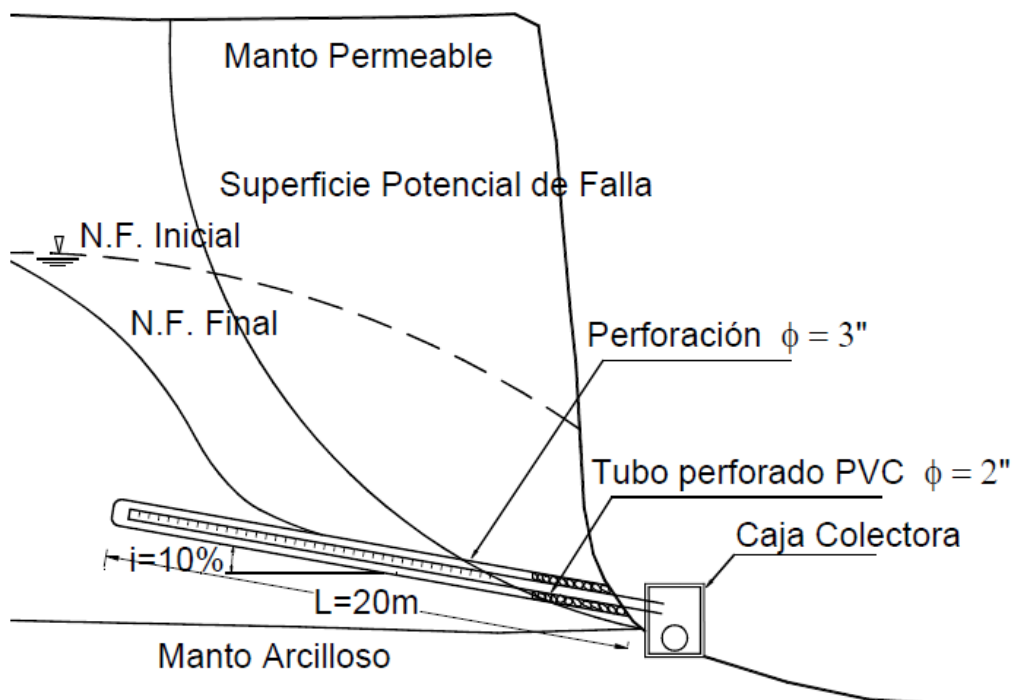


Figura 67 - Esquema sub-dren de penetración en talud de lleno

11. CONCLUSIONES ESTUDIO AMM

- El estudio geológico–geomorfológico y geotécnico del proyecto Urbanización Carmelo Reservado, ubicado en jurisdicción del municipio de Venecia (Antioquia), permitió establecer que el área de influencia presenta condiciones favorables para el desarrollo urbanístico proyectado, siempre que se adopten las medidas de manejo y control recomendadas.
- La caracterización de subsuelo evidencia el predominio del **Depósito de Vertiente (Qv)**, con matriz arcillo–limosa y fragmentos líticos subangulares de meteorización moderada a alta, lo que sugiere una buena competencia geotécnica bajo control de humedad, pero con susceptibilidad a pérdida de resistencia por saturación. Las unidades secundarias, como el flujo de lodos y el llenado antrópico, requieren atención particular en el diseño de cimentaciones, priorizando soluciones que mitiguen la compresibilidad diferencial.
- La El análisis geomorfológico revela que el relieve se encuentra dominado por laderas estructurales y ambientes fluviales maduros con evidencias de erosión superficial localizada. Los procesos morfodinámicos activos identificados son erosivos de baja magnitud, sin indicios de movimientos en masa activos o potenciales de gran escala que comprometan la estabilidad global del terreno a excepción de los límites E-W.
- La metodología de análisis geomorfológico implementada integra eficazmente tres enfoques complementarios: (i) la interpretación de aspectos morfométricos del terreno mediante técnicas de teledetección y SIG, (ii) la exploración de campo para la verificación y caracterización in situ de las unidades geomorfológicas, y (iii) el inventario sistemático de procesos geomorfológicos activos e inactivos. Esta aproximación multiescalar permite una comprensión holística de la dinámica geomorfológica del área, esencial para la evaluación de amenazas naturales y la planificación territorial.
- En relación con la sismicidad y la estructura geológica, se confirma que el lineamiento o falla más cercana corresponde a la Falla de La Cascajosa, asociada al sistema Cauca–Romeral. Sin embargo, su trazo no afecta ni se encuentra dentro del

área del proyecto. De acuerdo con la cartografía del Servicio Geológico Colombiano y los lineamientos del Decreto 1077 de 2015 y la Ley 388 de 1997, los retiros o fajas de exclusión respecto a fallas activas deben definirse mediante estudios locales de amenaza; en Colombia no existe una distancia normativa generalizada. La separación observada en el caso del proyecto supera ampliamente los márgenes técnicos de influencia sísmica reconocidos en la literatura (centenas de metros), por lo que no se establece restricción urbanística asociada a falla activa.

- La evaluación de amenaza por movimientos en masa integra de manera sistemática la susceptibilidad intrínseca del terreno y los factores detonantes externos, como la precipitación, mediante un enfoque multivariable y modelado espacial en SIG. La zonificación resultante, validada con análisis estadísticos y verificaciones de campo, clasifica el área en niveles de amenaza (baja, media y alta), proporcionando una herramienta clave para la planificación territorial y la gestión del riesgo en sectores con condiciones geotécnicas críticas.
- La zonificación de amenaza en el lote muestra un predominio de categorías baja y media, con áreas de alta amenaza, pero poca recurrencia concentrada en el sector W-E, asociadas a pendientes pronunciadas, depósitos no consolidados y antecedentes de reactivación hídrica. Este patrón responde a la interacción de procesos geomorfológicos críticos y dinámicas hidrológicas locales. Para las zonas de mayor susceptibilidad, se recomienda implementar sistemas de monitoreo geotécnico continuo y medidas de drenaje que mitiguen el riesgo, conforme a los lineamientos de la NSR-10, esto, en caso de pretender intervención en estas áreas.
- La zonificación de amenaza por movimientos en masa, integrada mediante modelación SIG y análisis multivariable de factores condicionantes y detonantes, indica predominio de niveles de amenaza baja a media, con concentraciones localizadas de amenaza alta hacia los extremos este y oeste del predio, coincidentes con pendientes $> 45 \%$, depósitos no consolidados y antiguas zonas de inundación.

- El terreno presenta condiciones **aptas para urbanización controlada**, con requerimientos específicos de **estabilización, drenaje y control de erosión**, pero sin limitantes geotectónicas que impidan el uso.

12. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

12.1. GENERALES

- Mientras existan requerimientos, claridades o insumos faltantes de diseño de geotecnia, geología u otras disciplinas, mencionadas en el informe o transmitidas vía correo electrónico o cualquier otro medio digital o físico al cliente o al delegado por él, el presente informe no podrá ser tomado como definitivo y deberá ser considerado como un borrador de un estudio de suelos preliminar, no avalado por esta oficina.
- Este documento solo es válido con la presencia de las firmas y sello en relieve en hoja de portada y pie de firma al final del informe.
- Antes de iniciar la construcción y durante la ejecución del proyecto, se debe vincular en todo momento al ingeniero geotecnista, con una participación activa mediante visitas técnicas, aprobaciones de fundaciones, aprobaciones de cortes y/o llenos, aprobaciones de aspectos y procedimientos constructivos que estén asociados al diseño geotécnico. Esta participación será levantada mediante actas de visita y/o correos electrónicos. El acompañamiento deberá cotizarse en su debido momento con esta oficina y ser solicitado de manera oportuna.

12.2. CIMENTACIONES Y CONTENCIONES

- El suelo en la base de las cimentaciones deberá ser aprobado por el ingeniero geotecnista que aparece en el pie de firma antes del vaciado de esta y deberá coincidir con el recomendado en el presente estudio de suelos. En caso de encontrarse diferencias a las hipótesis de diseño aquí planteadas, se deberá suspender la construcción de las fundaciones y se deberá informar inmediatamente a esta oficina para hacer las revisiones o ajustes respectivos.

- No atender las recomendaciones de instrumentación y control contenidas en el estudio, exime de responsabilidad a esta oficina frente a la ocurrencia de eventos adversos.
- Es posible que el perfil de suelos presente variaciones estratigráficas con relación a las descritas en el presente informe debido a la naturaleza heterogénea propia de los suelos, razón por la cual, en caso de presentarse el estrato portante a una profundidad superior, se deberá alcanzar el mismo para cimentar la fundación diseñada sin que esto represente errores u omisiones en el informe geotécnico.
- Es posible que el perfil de suelos presente variaciones estratigráficas con relación a las descritas en el presente informe debido a la naturaleza heterogénea propia de los suelos, razón por la cual, en caso de presentarse comportamientos no previstos en estabilidad de taludes y contenciones, se deberá informar de manera oportuna a esta oficina para realizar los ajustes pertinentes sin que eso represente errores u omisiones en el informe geotécnico.
- Es posible que el perfil de suelos presente variaciones estratigráficas con relación a las descritas en el presente informe debido a la naturaleza heterogénea propia de los suelos, razón por la cual, en caso de presentarse comportamientos no previstos en términos de deformaciones en excavaciones y asentamientos en la estructura, se deberá informar de manera oportuna a esta oficina para realizar los ajustes pertinentes sin que eso represente errores u omisiones en el informe geotécnico.

ANEXO 1

Localización, Geología, Sondeos y Perfiles

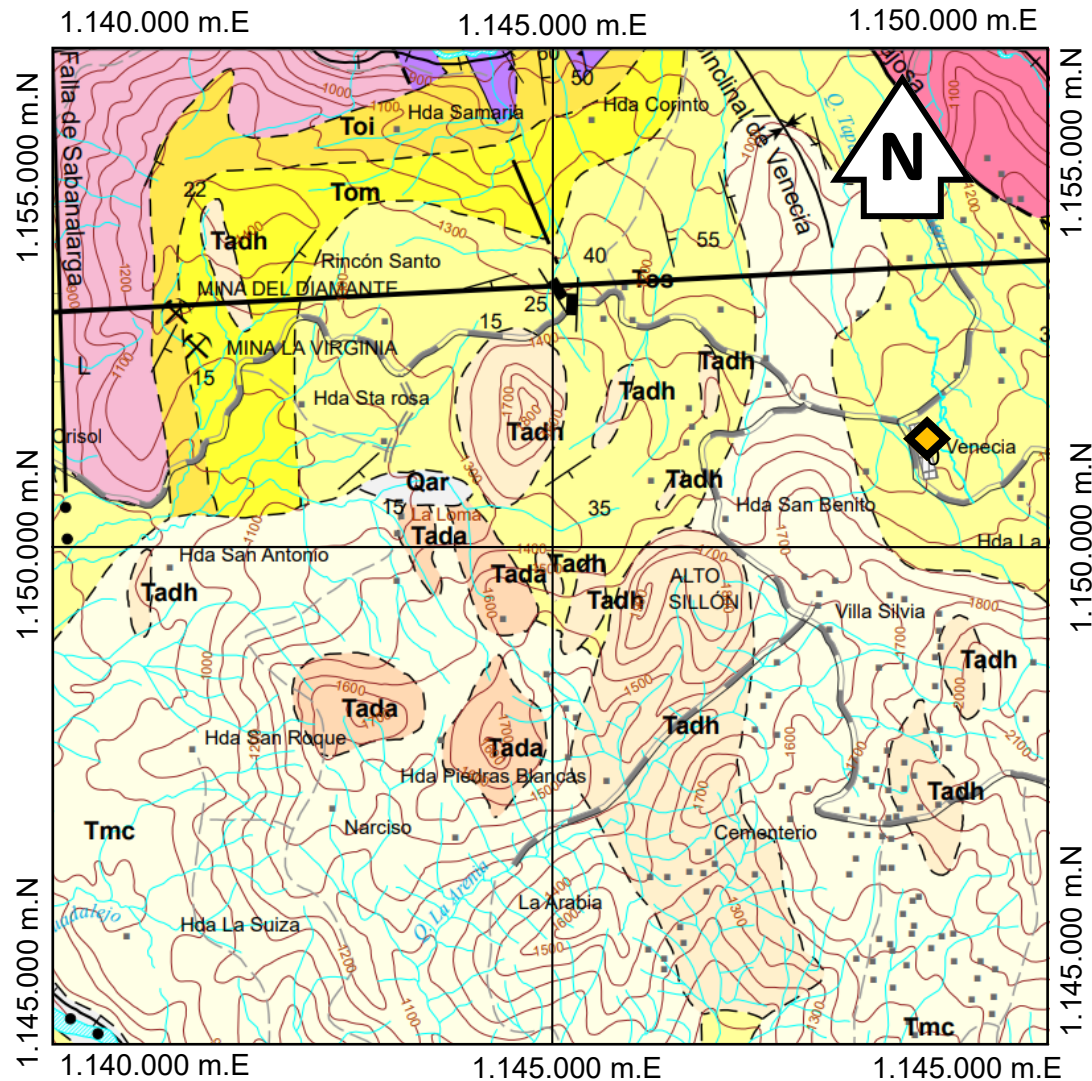


LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: Ubicación del proyecto, Google Earth , 2025.

GEOLOGÍA REGIONAL



LOCALIZACIÓN GENERAL



GEOLOGÍA VENECIA

ESCALA 1:100.000

CONVENCIONES

-  Ubicación del estudio
-  Rocas Hipoabisales Porfíricas
-  Formación Amaga- miembro superior
-  Rocas Hipoabisales Porfíricas
-  Formación Amaga- miembro medio
-  Formación Combia

Fuente: Plancha 166, Jericó, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

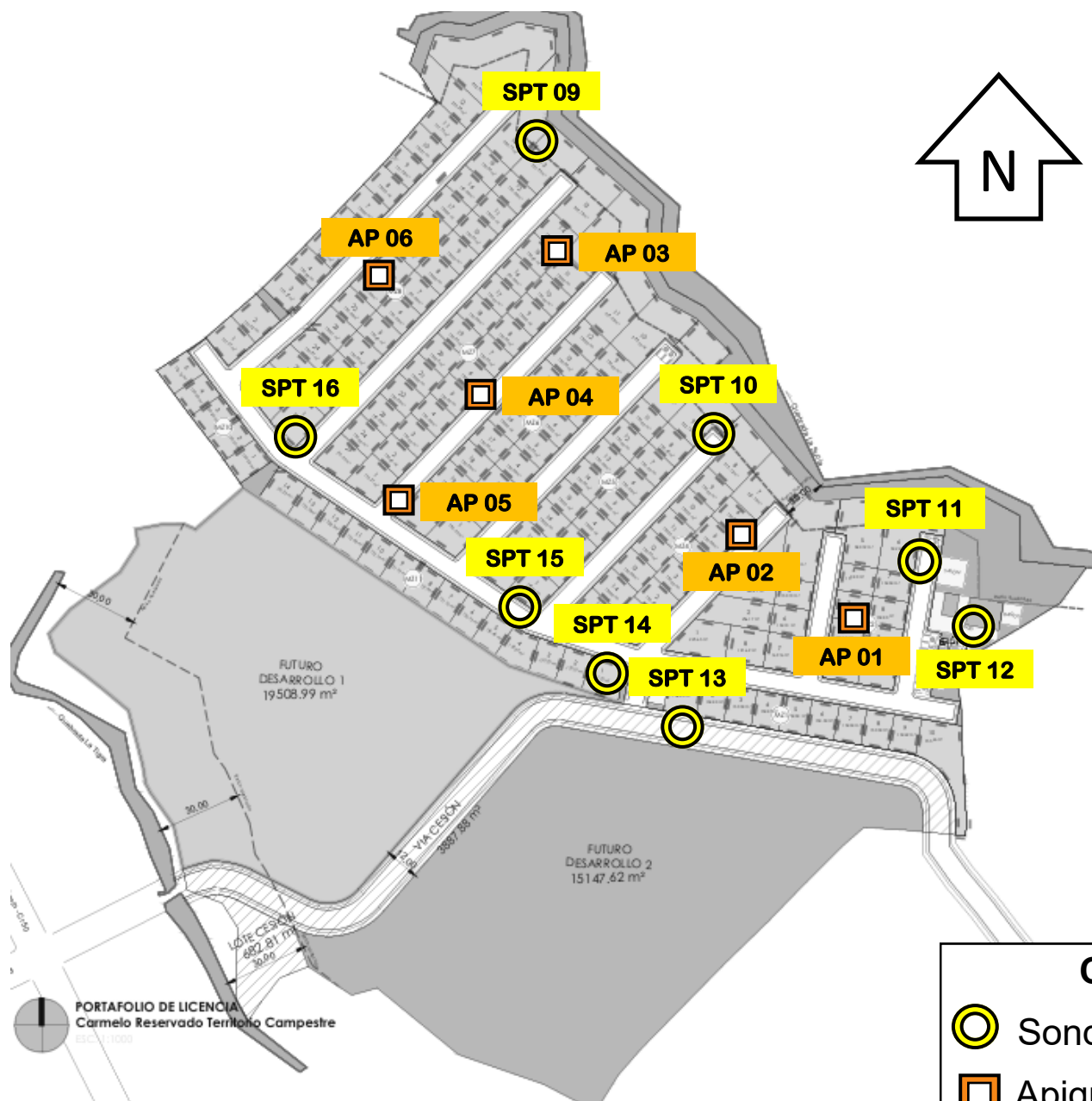


ESCALA 1:100.000

	Ubicación del estudio
	Vcd Criptodomo
	Sss Sierra sinclinal
	Deem Escarpe de erosión mayor
	Dcrd Colina residual
	Scle Ladera estructural de cuesta

Fuente: Plancha 166, Jericó, Servicio Geológico Colombiano, 2014.

LOCALIZACIÓN DE SONDEOS

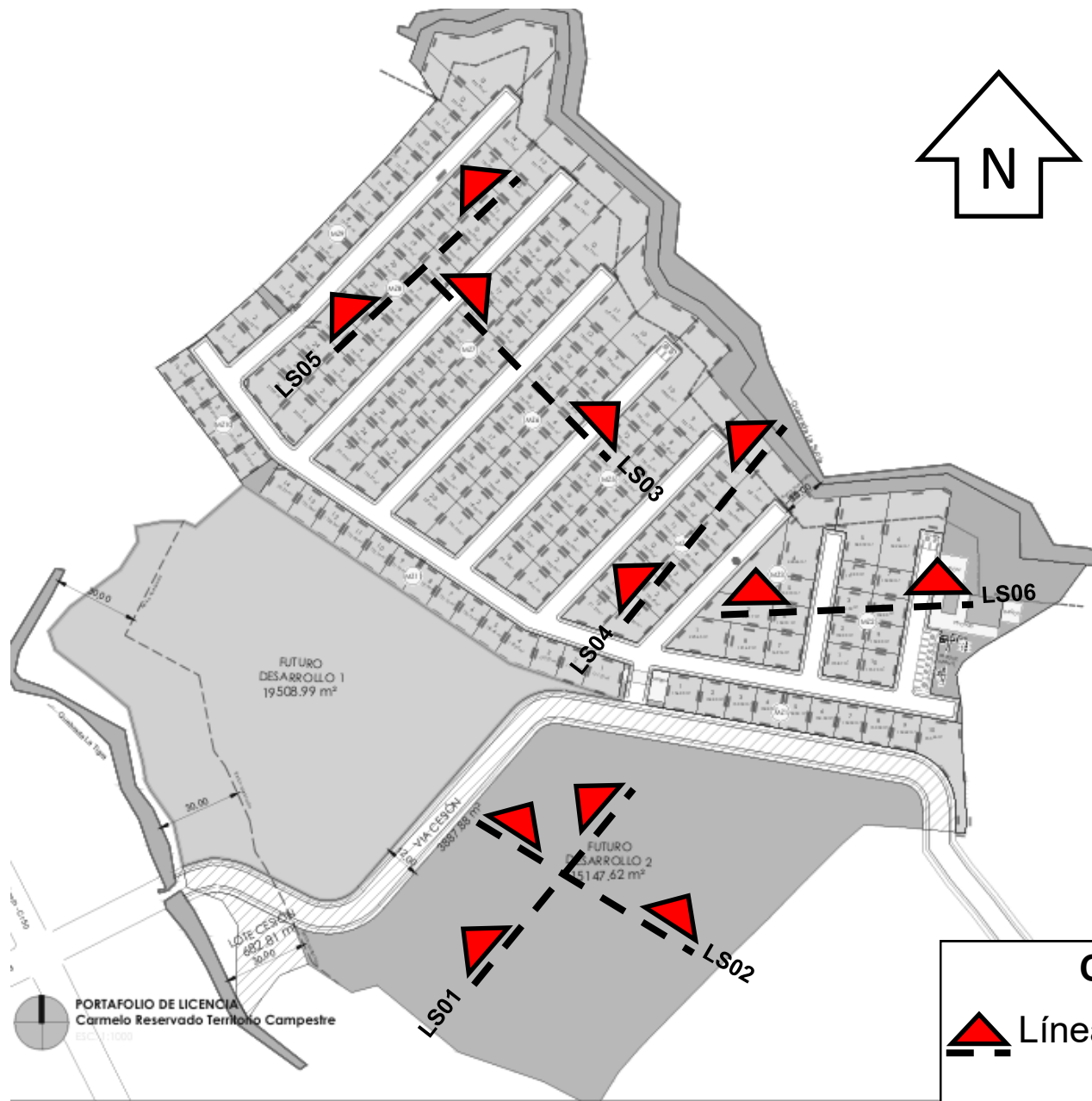


CONVENCIONES

○ Sondeo con SPT

□ Apiques manuales

LOCALIZACIÓN DE ENSAYOS GEOFÍSICA



CONVENCIONES

 Línea de Refracción Sísmica

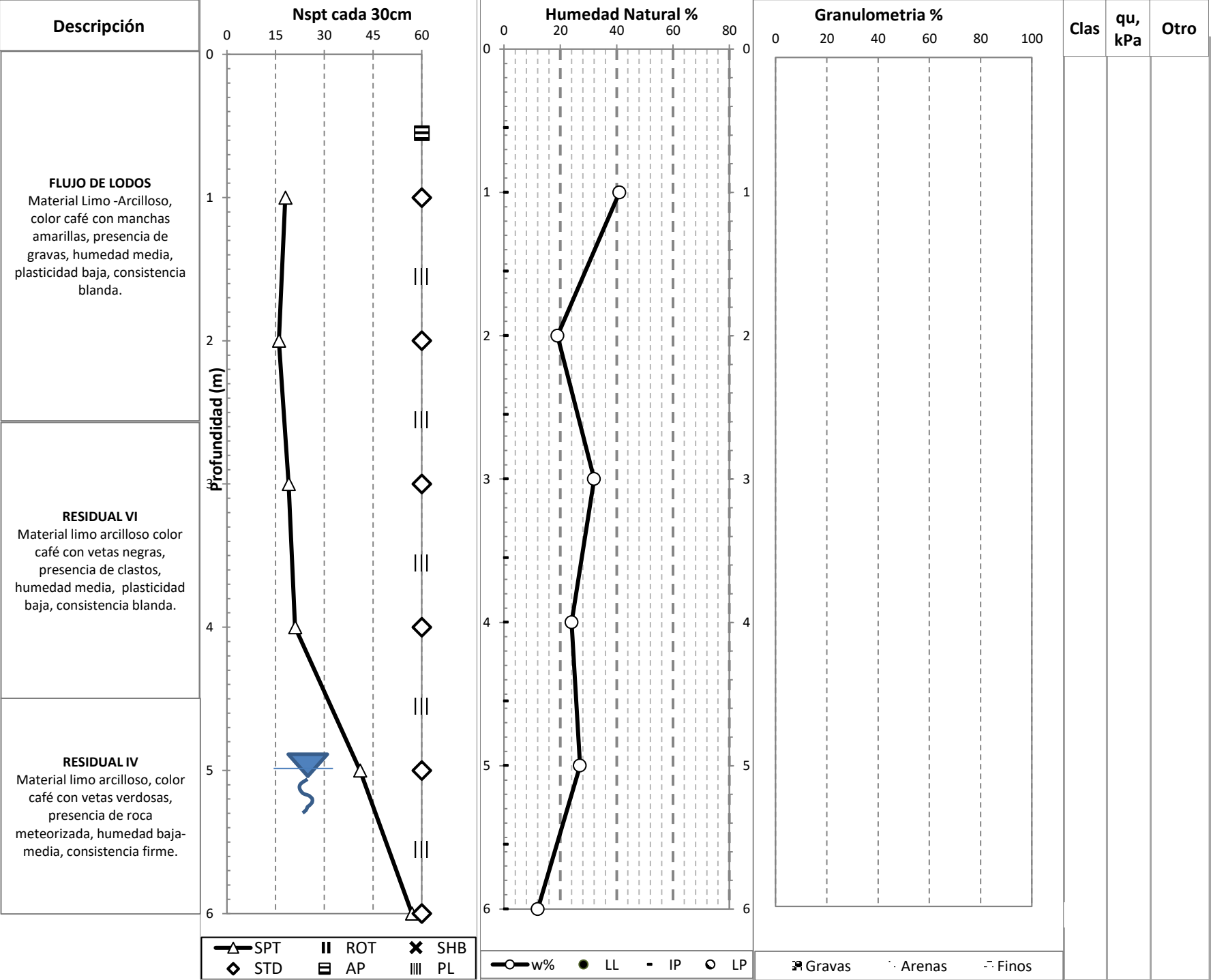
SPT-09

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 6
Prof. N.F. (m): 5
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 13/08/2025
Coordenadas: 5°57'51.78"N 75°43'51.58"O



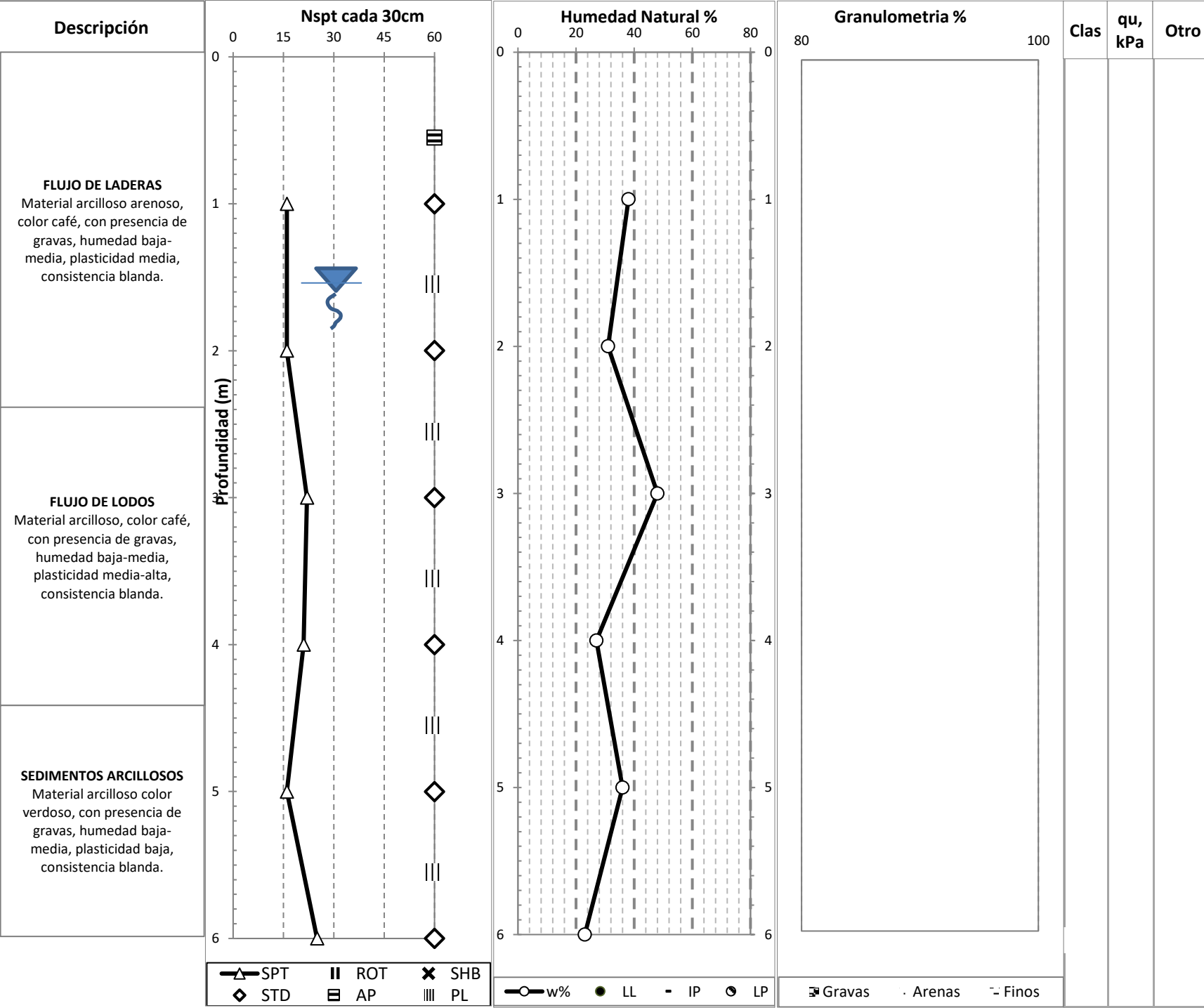
SPT-16

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 6
Prof. N.F. (m): 1,5
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 20/08/2025
Coordenadas: 5°57'48.47"N 75°43'54.83"O



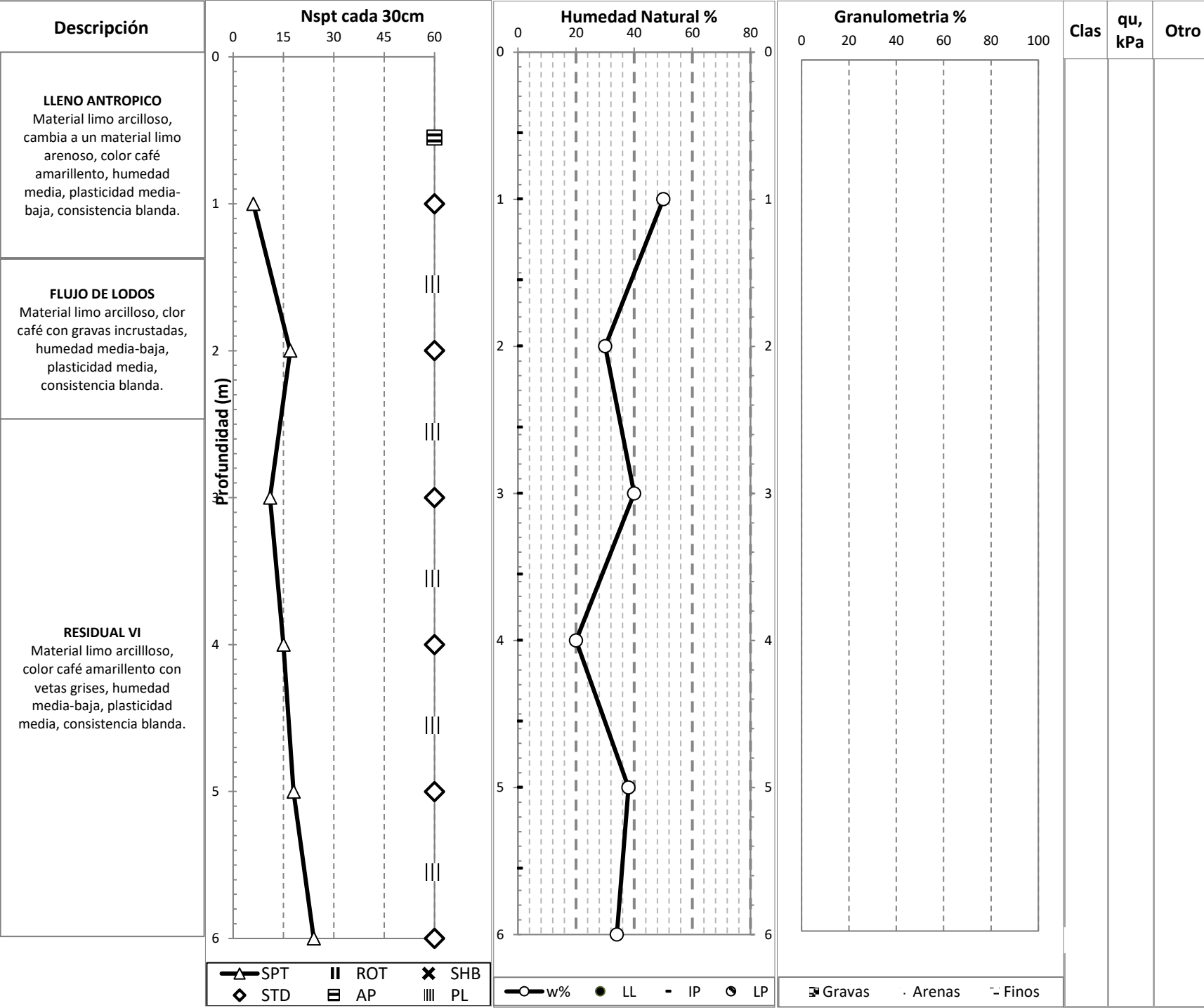
SPT-10

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 6
Prof. N.F. (m): No se encontró
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 16/08/2025
Coordenadas: 5°57'48.77"N 75°43'49.70"O



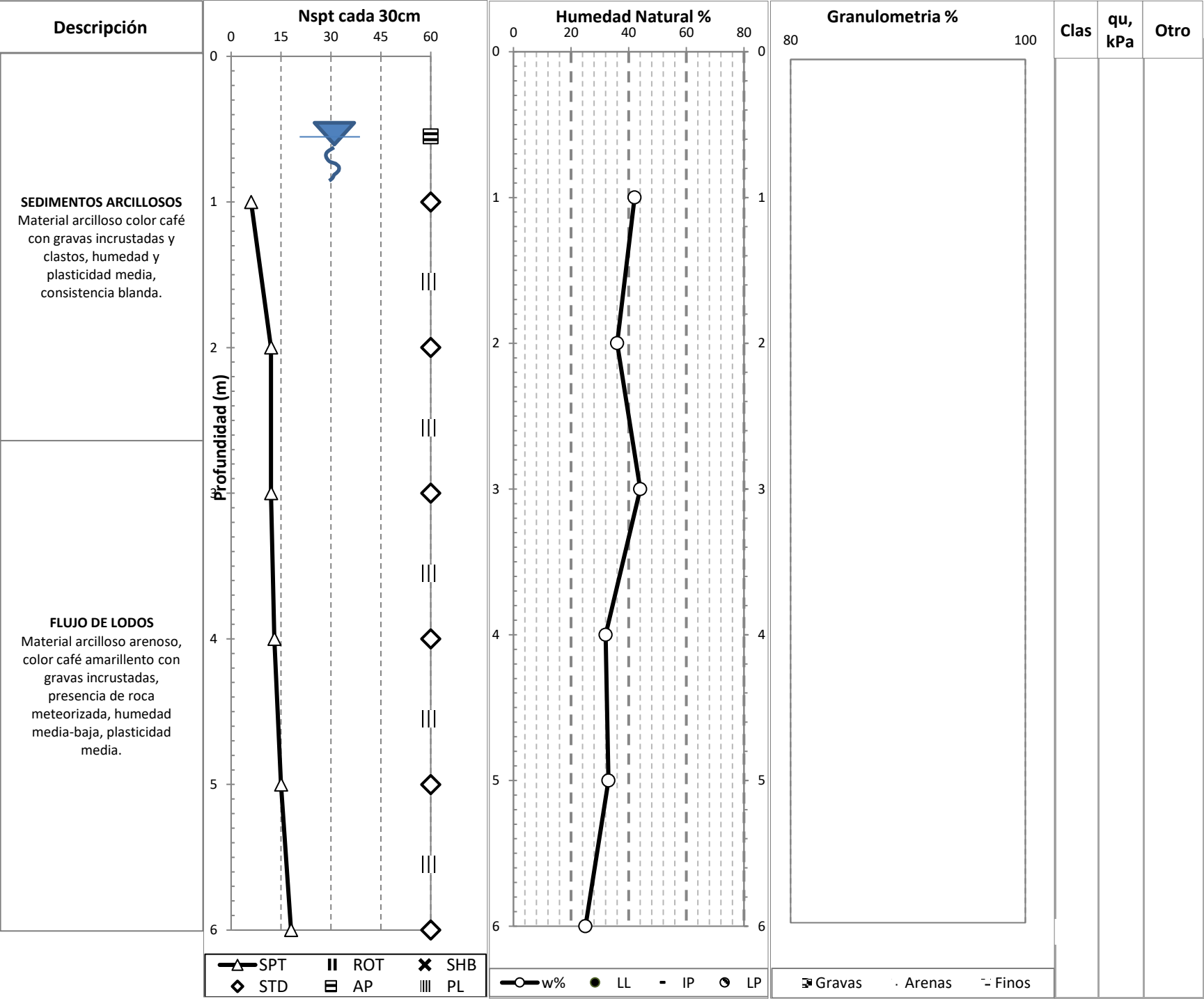
SPT-11

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 6
Prof. N.F. (m): 0,5
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 15/08/2025
Coordenadas: 5°57'46.86"N 75°43'47.18"O



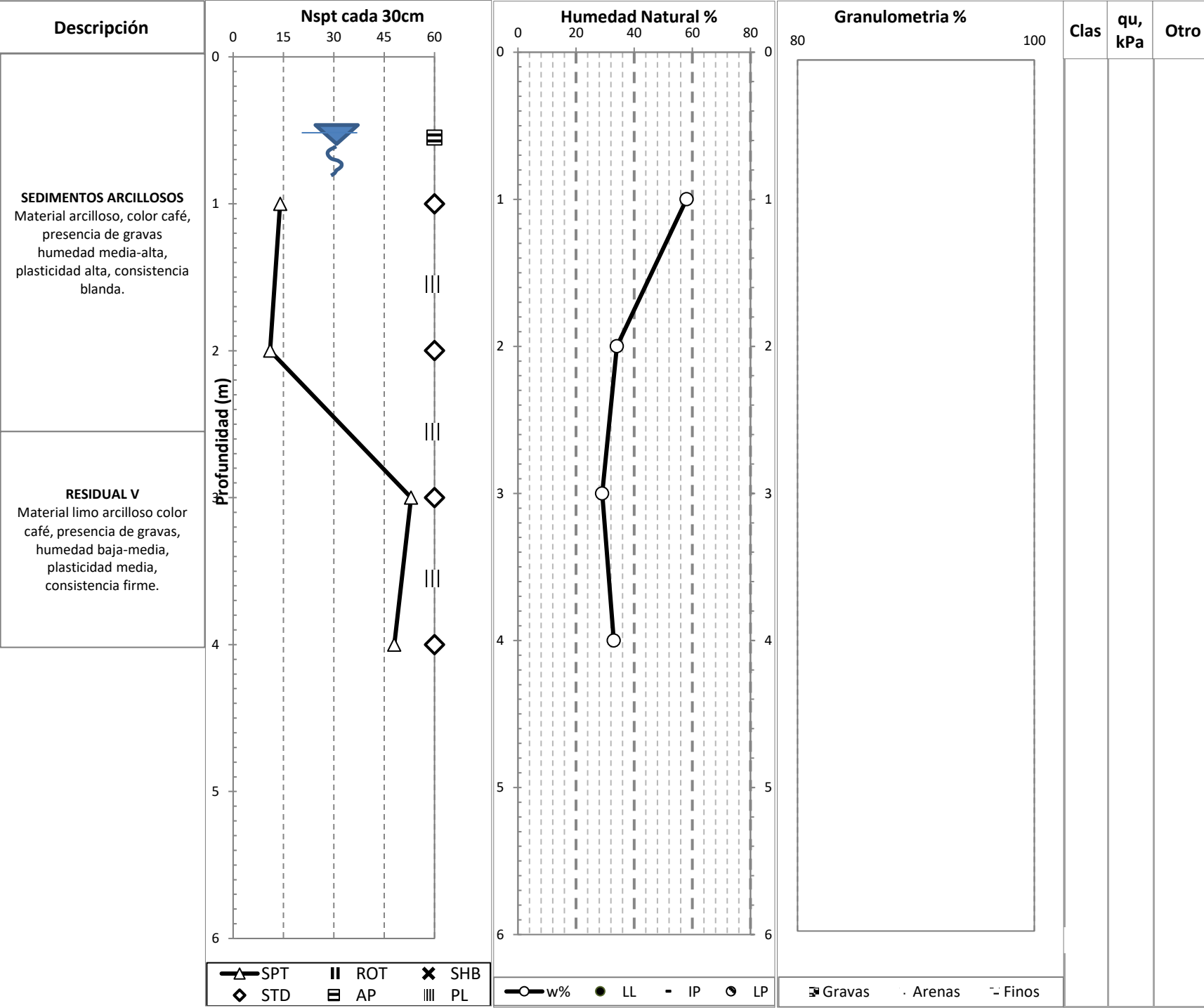
SPT-14

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 9
Prof. N.F. (m): 0,5
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 19/08/2025
Coordenadas: 5°57'45.95"N 75°43'50.83"O



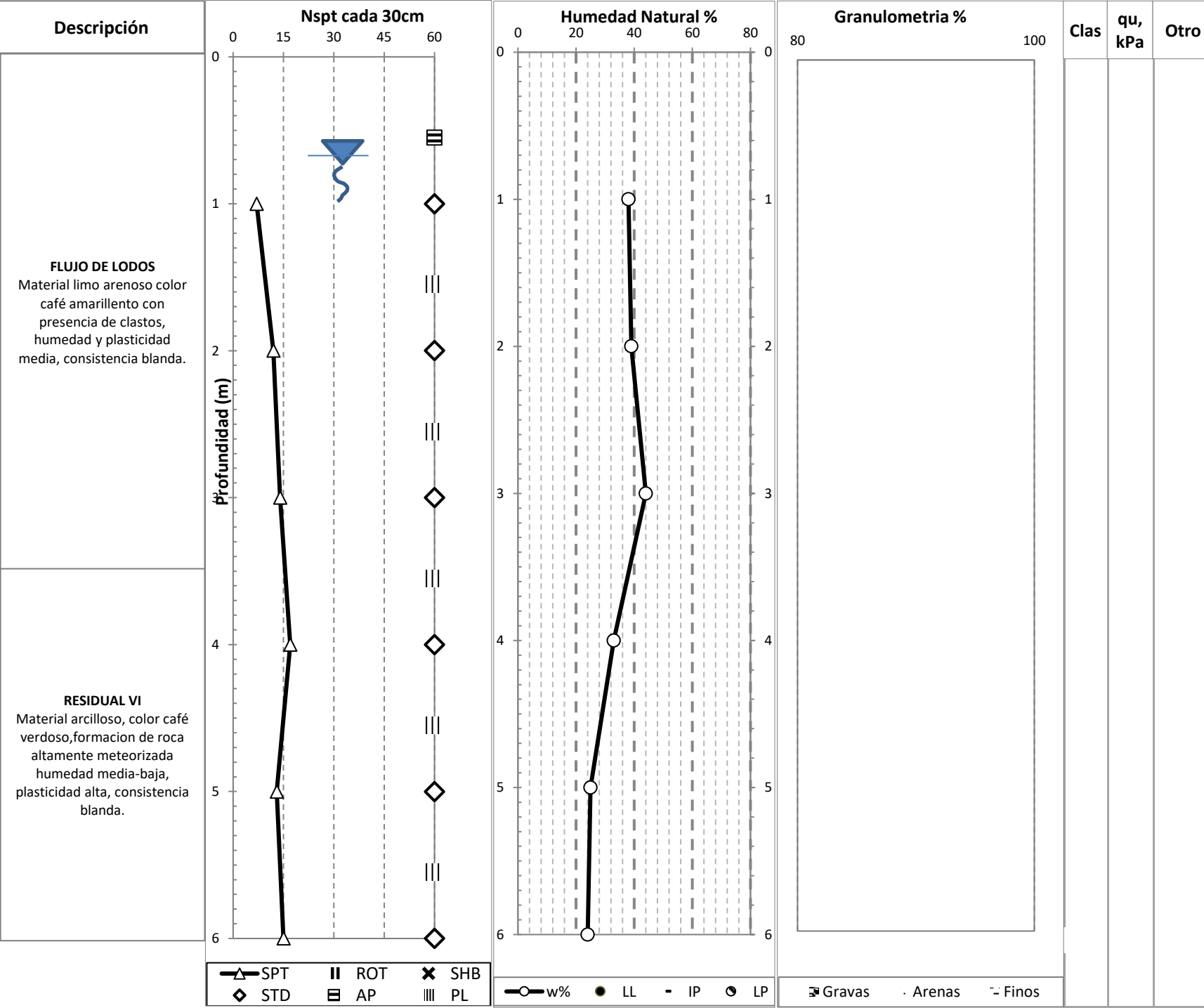
SPT-12

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 6
Prof. N.F. (m): 0,5
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 15/08/2025
Coordenadas: 5°57'46.49"N 75°43'46.53"O



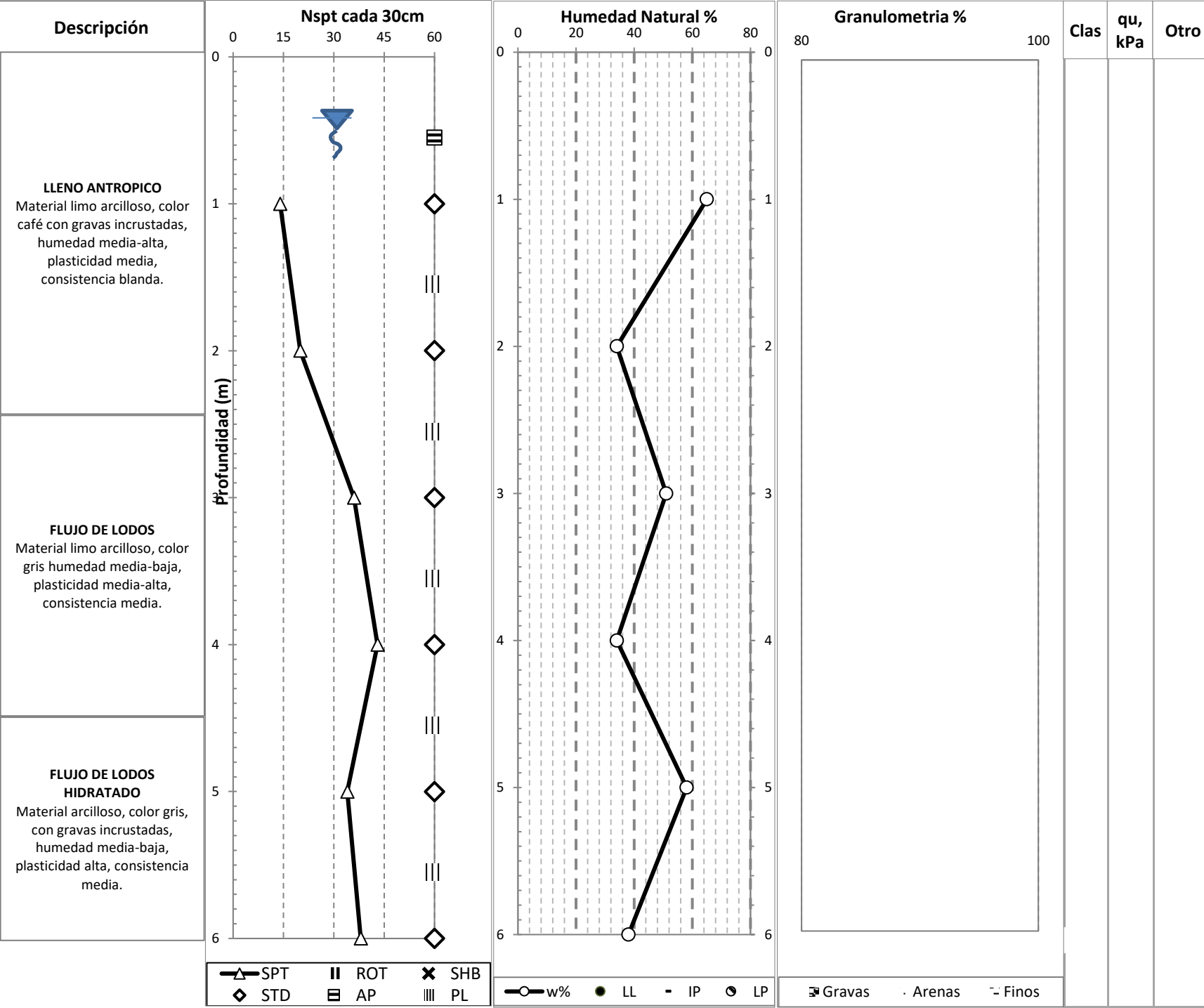
SPT-13

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 6
Prof. N.F. (m): 0,4
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 19/08/2025
Coordenadas: 5°57'45.59"N 75°43'50.46"O



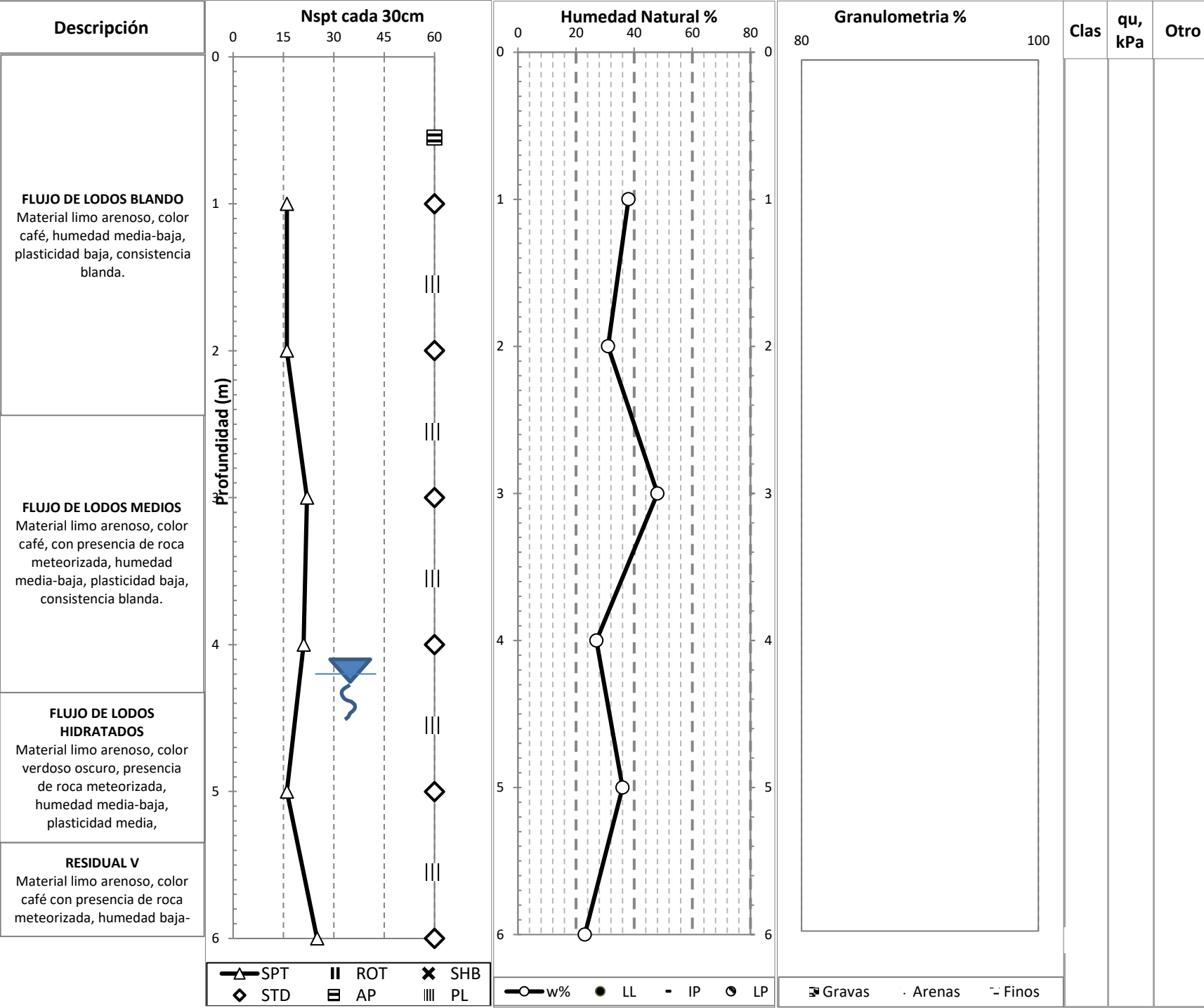
SPT-15

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR



Obra: 25118 - CARMELO RESERVADO-VENECIA-ANT
Profundidad (m): 6
Prof. N.F. (m): 4,2
Cota inicio (msnm):

Tipo de Perforación: SPT
Fecha perforación: 14/08/2025
Coordenadas: 5°57'46.71"N 75°43'52.06"O

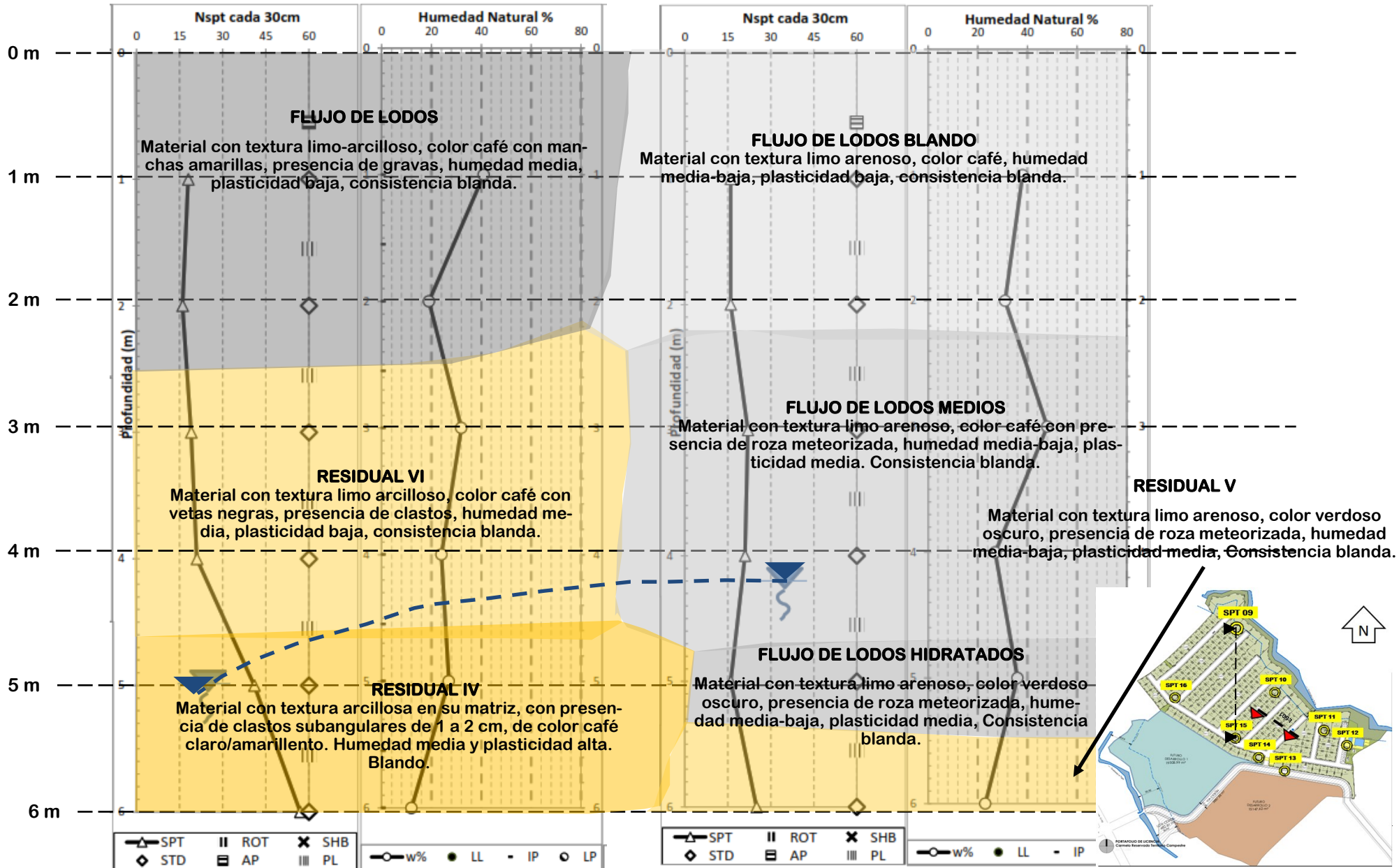


PERFIL SIMPLIFICADO DEL SUBSUELO

SPT- 09

Manzanas 8-7-6-5

SPT- 15

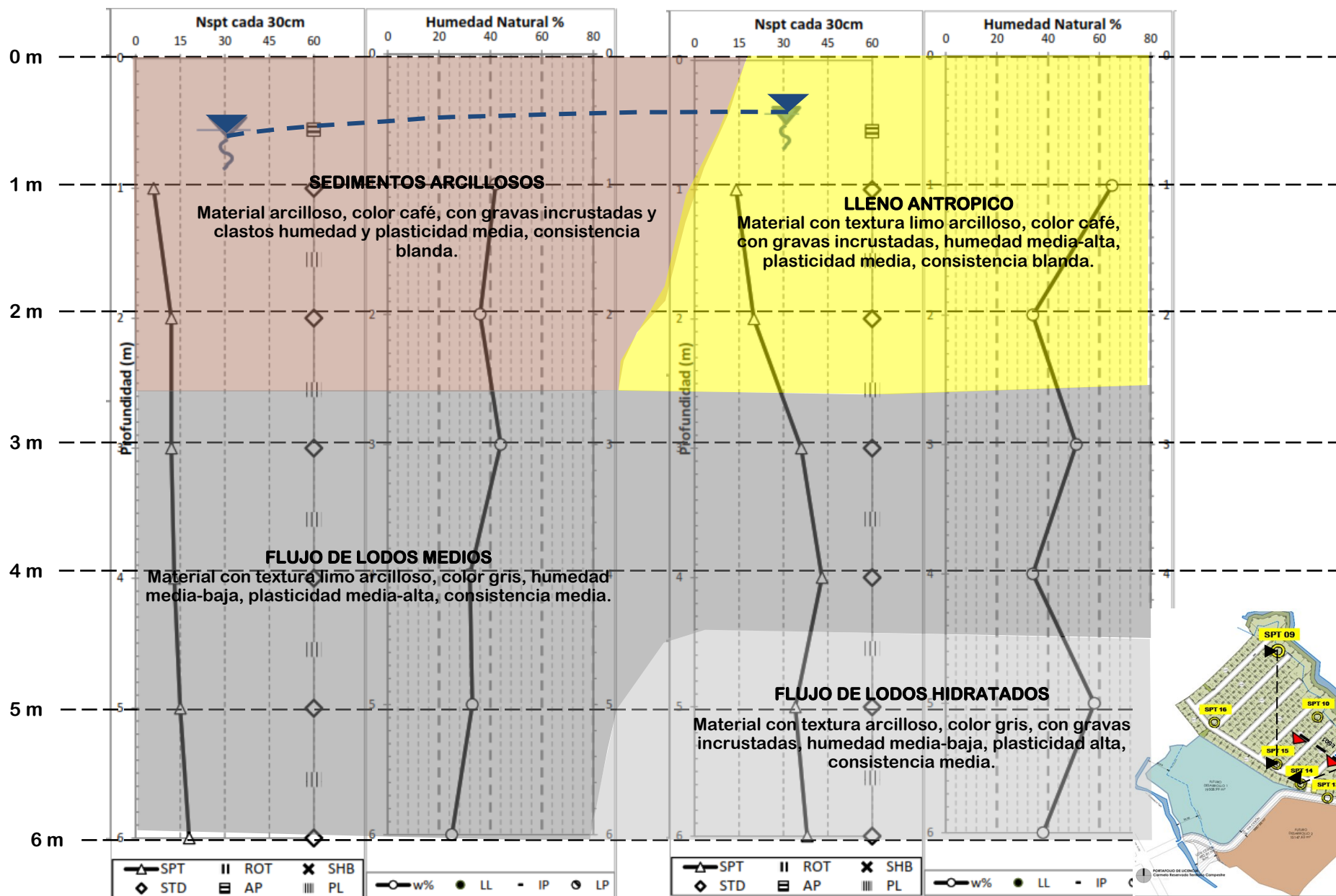


PERFIL SIMPLIFICADO DEL SUBSUELO

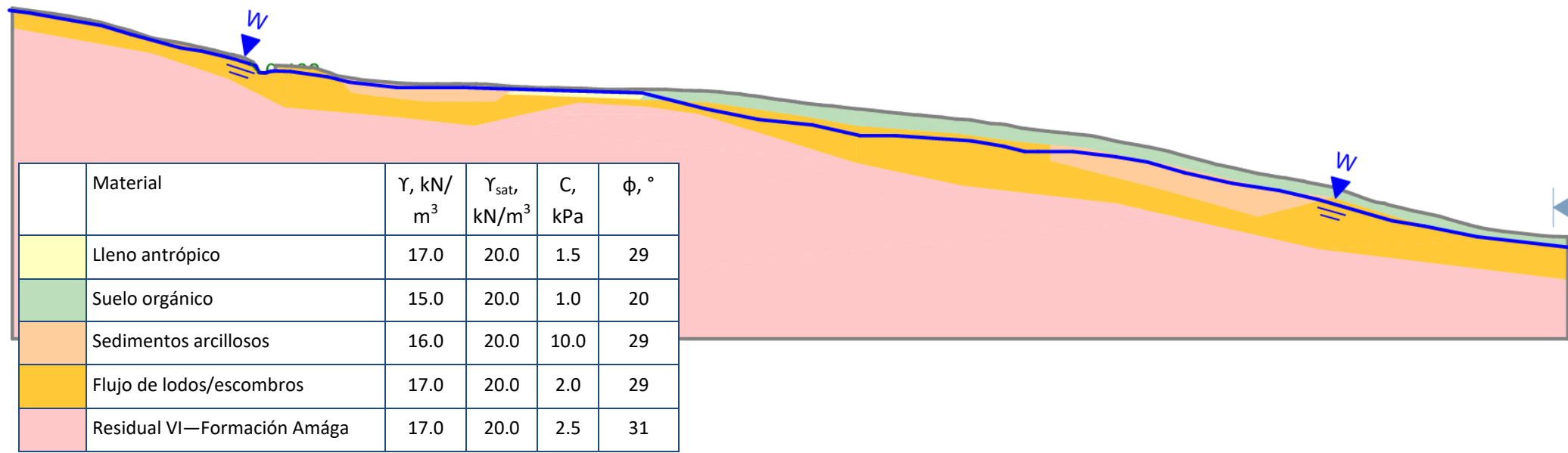
SPT-11

Manzanas 1-2-3

SPT-13



PERFIL DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD



ANEXO 2

Resultados de Ensayos de Laboratorio de Suelos



	Oficina Principal: Carrera 45B # 29 Sur 54 Barrio Jardines - Envigado, Antioquia				DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO AGREGADO (HUMEDAD)						INV. E-122-07		
	Telefono:3582231												
OBRA:		Carmelo Reservado				LOCALIZACION:		Venecia-Ant					
CLIENTE:						DESTINO MUESTRA:		Estudio de Suelos					
RESPONSABLE:		Ingeniero Carlos Alberto Gómez				FECHA:		28/08/2025					
Sondeo N°	SPT09		SPT09		SPT09		SPT09		SPT09		SPT09		
Muestra N°	1		2		3		4		5		6		
Profundidad (m)	1		2		3		4		5		6		
Nª recipiente	19	12	17	1	13	2	53	82	37	87	154	55	
Peso Muestra Humeda+tara (gr)	32,20	33,60	33,90	32,30	32,20	32,70	26,60	27,20	25,70	25,60	28,20	29,90	
Peso Muestra Seca + tara (gr)	28,20	28,50	31,60	29,40	29,10	28,30	22,80	23,40	22,20	21,20	25,50	27,90	
Peso tara (gr)	18,50	16,10	18,90	14,80	19,20	14,60	7,10	7,20	6,90	7,20	7,20	6,70	
Peso Agua (gr)	4,0	5,1	2,3	2,9	3,1	4,4	3,8	3,8	3,5	4,4	2,7	2,0	
Contenido de humedad (%)	41,2	41,1	18,1	19,9	31,3	32,1	24,2	23,5	22,9	31,4	14,8	9,4	
Promedio humedad (%)	41		19		32		24		27		12		
EQUIPO UTILIZADO													
Balanzas electrónicas calibradas													
Horno Microonda con Potencia Pre-definida													
Herramienta menor													
Realizó:						Revisó:							
Jose Diego Serpa Warnes Aux De ing. De Diseño						Carlos Alberto Gómez Ramírez Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones M.P. 05202191512ANT							

	Oficina Principal: Carrera 45B # 29 Sur 54 Barrio Jardines - Envigado, Antioquia		DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO AGREGADO (HUMEDAD)								INV. E-122-07		
	Telefono:3582231												
OBRA:		Carmelo Reservado				LOCALIZACION:		Venecia-Ant					
CLIENTE:						DESTINO MUESTRA:		Estudio de Suelos					
RESPONSABLE:		Ingeniero Carlos Alberto Gómez				FECHA:		28/08/2025					
Sondeo N°		SPT10		SPT10		SPT10		SPT10		SPT10		SPT10	
Muestra N°		1		2		3		4		5		6	
Profundidad (m)		1		2		3		4		5		6	
Nª recipiente		5	15	4	18	16	6	20	10	8	7	21	3
Peso Muestra Humeda+tara (gr)		32,80	33,90	36,10	37,80	31,80	30,80	34,10	33,10	30,70	32,60	34,60	31,60
Peso Muestra Seca + tara (gr)		27,10	28,90	31,00	33,80	28,00	26,30	31,60	29,70	26,70	27,80	30,20	27,70
Peso tara (gr)		15,40	19,10	15,60	19,00	18,70	14,90	18,70	13,90	16,10	15,50	18,30	15,10
Peso Agua (gr)		5,7	5,0	5,1	4,0	3,8	4,5	2,5	3,4	4,0	4,8	4,4	3,9
Contenido de humedad (%)		48,7	51,0	33,1	27,0	40,9	39,5	19,4	21,5	37,7	39,0	37,0	31,0
Promedio humedad (%)		50		30		40		20		38		34	
EQUIPO UTILIZADO													
Balanzas electrónicas calibradas													
Horno Microonda con Potencia Pre-definida													
Herramienta menor													
Realizó:							Revisó:						
Jose Diego Serpa Warnes Aux De ing. De Diseño							Carlos Alberto Gómez Ramírez Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones M.P. 05202191512ANT						

	Oficina Principal: Carrera 45B # 29 Sur 54 Barrio Jardines - Envigado, Antioquia				DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO AGREGADO (HUMEDAD)				INV. E-122-07				
	Telefono:3582231												
OBRA:		Carmelo Reservado				LOCALIZACION:		Venecia-Ant					
CLIENTE:						DESTINO MUESTRA:		Estudio de Suelos					
RESPONSABLE:		Ingeniero Carlos Alberto Gómez				FECHA:		28/08/2025					
Sondeo N°		SPT11		SPT11		SPT11		SPT11		SPT11		SPT11	
Muestra N°		1		2		3		4		5		6	
Profundidad (m)		1		2		3		4		5		6	
Nª recipiente		84	62	30	47	33	34	39	73	95	66	44	50
Peso Muestra Humeda+tara (gr)		29,60	29,00	28,40	29,90	29,20	27,60	31,60	29,40	27,40	29,90	30,10	29,60
Peso Muestra Seca + tara (gr)		22,90	22,40	22,50	24,20	22,20	21,30	25,60	24,10	22,30	24,50	25,90	24,60
Peso tara (gr)		7,00	7,00	6,90	7,10	6,80	6,70	7,00	7,40	7,30	7,20	7,00	7,00
Peso Agua (gr)		6,7	6,6	5,9	5,7	7,0	6,3	6,0	5,3	5,1	5,4	4,2	5,0
Contenido de humedad (%)		42,1	42,9	37,8	33,3	45,5	43,2	32,3	31,7	34,0	31,2	22,2	28,4
Promedio humedad (%)		42		36		44		32		33		25	
EQUIPO UTILIZADO													
Balanzas electrónicas calibradas													
Horno Microonda con Potencia Pre-definida													
Herramienta menor													
Realizó:							Revisó:						
Jose Diego Serpa Warnes Aux De ing. De Diseño							Carlos Alberto Gómez Ramírez Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones M.P. 05202191512ANT						

		Oficina Principal: Carrera 45B # 29 Sur 54 Barrio Jardines - Envigado, Antioquia		DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO AGREGADO (HUMEDAD)						INV. E-122-07			
		Telefono:3582231											
OBRA:		Carmelo Reservado				LOCALIZACION:		Venecia-Ant					
CLIENTE:						DESTINO MUESTRA:		Estudio de Suelos					
RESPONSABLE:		Ingeniero Carlos Alberto Gómez				FECHA:		28/08/2025					
Sondeo N°		SPT12		SPT12		SPT12		SPT12		SPT12		SPT12	
Muestra N°		1		2		3		4		5		6	
Profundidad (m)		1		2		3		4		5		6	
Nª recipiente		26	92	51	137	48	134	65	68	46	63	199	40
Peso Muestra Humeda+tara (gr)		28,60	28,10	29,70	29,10	29,10	30,50	28,00	27,40	30,60	29,80	30,70	31,70
Peso Muestra Seca + tara (gr)		22,80	22,20	23,10	23,00	21,80	24,00	22,90	22,10	25,70	25,40	25,70	27,20
Peso tara (gr)		7,50	6,60	7,00	6,90	7,20	6,90	6,50	7,30	7,00	6,90	6,90	7,10
Peso Agua (gr)		5,8	5,9	6,6	6,1	7,3	6,5	5,1	5,3	4,9	4,4	5,0	4,5
Contenido de humedad (%)		37,9	37,8	41,0	37,9	50,0	38,0	31,1	35,8	26,2	23,8	26,6	22,4
Promedio humedad (%)		38		39		44		33		25		24	
EQUIPO UTILIZADO													
Balanzas electrónicas calibradas													
Horno Microonda con Potencia Pre-definida													
Herramienta menor													
Realizó:							Revisó:						
Jose Diego Serpa Warnes Aux De ing. De Diseño							Carlos Alberto Gómez Ramírez Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones M.P. 05202191512ANT						

	Oficina Principal: Carrera 45B # 29 Sur 54 Barrio Jardines - Envigado, Antioquia				DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO AGREGADO (HUMEDAD)						INV. E-122-07	
	Telefono:3582231											
	OBRA:		Carmelo Reservado				LOCALIZACION:		Venecia-Ant			
CLIENTE:						DESTINO MUESTRA:		Estudio de Suelos				
RESPONSABLE:		Ingeniero Carlos Alberto Gómez				FECHA:		28/08/2025				
Sondeo N°	SPT13		SPT13		SPT13		SPT13		SPT13		SPT13	
Muestra N°	1		2		3		4		5		6	
Profundidad (m)	1		2		3		4		5		6	
Nª recipiente	50	40	73	39	95	99	33	44	34	66	62	30
Peso Muestra Humeda+tara (gr)	28,30	29,80	28,20	28,60	32,20	32,40	28,30	28,00	30,60	32,00	29,80	29,30
Peso Muestra Seca + tara (gr)	18,90	22,10	22,90	23,20	24,00	23,60	23,10	22,60	21,40	23,40	23,10	23,70
Peso tara (gr)	7,00	7,10	7,40	7,00	7,20	6,90	7,00	7,10	6,80	7,10	7,10	7,00
Peso Agua (gr)	9,4	7,7	5,3	5,4	8,2	8,8	5,2	5,4	9,2	8,6	6,7	5,6
Contenido de humedad (%)	79,0	51,3	34,2	33,3	48,8	52,7	32,3	34,8	63,0	52,8	41,9	33,5
Promedio humedad (%)	65		34		51		34		58		38	
EQUIPO UTILIZADO Balanzas electrónicas calibradas Horno Microonda con Potencia Pre-definida Herramienta menor Realizó: Jose Diego Serpa Warnes Aux De ing. De Diseño Revisó: Carlos Alberto Gómez Ramírez Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones M.P. 05202191512ANT												

	Oficina Principal: Carrera 45B # 29 Sur 54 Barrio Jardines - Envigado, Antioquia		DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO AGREGADO (HUMEDAD)					
	Telefono:3582231							
OBRA:	Carmelo Reservado				LOCALIZACION:	Venecia-Ant		
CLIENTE:					DESTINO MUESTRA:	Estudio de Suelos		
RESPONSABLE:	Ingeniero Carlos Alberto Gómez				FECHA:	28/08/2025		
Sondeo N°	SPT14		SPT14		SPT14		SPT14	
Muestra N°	1		2		3		4	
Profundidad (m)	1		2		3		4	
Nª recipiente	84	47	48	137	51	92	26	65
Peso Muestra Humeda+tara (gr)	31,90	31,40	29,30	29,70	29,40	30,90	28,50	28,20
Peso Muestra Seca + tara (gr)	22,40	22,90	23,50	24,20	24,50	25,20	23,30	22,90
Peso tara (gr)	7,00	7,10	7,50	6,90	7,10	6,60	7,50	6,60
Peso Agua (gr)	9,5	8,5	5,8	5,5	4,9	5,7	5,2	5,3
Contenido de humedad (%)	61,7	53,8	36,3	31,8	28,2	30,6	32,9	32,5
Promedio humedad (%)	58		34		29		33	
EQUIPO UTILIZADO								
Balanzas electrónicas calibradas								
Horno Microonda con Potencia Pre-definida								
Herramienta menor								
Realizó:								
Revisó:								
Jose Diego Serpa Warnes Aux De ing. De Diseño					Carlos Alberto Gómez Ramírez Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones M.P. 05202191512ANT			

	Oficina Principal: Carrera 45B # 29 Sur 54 Barrio Jardines - Envigado, Antioquia				DETERMINACION EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO AGREGADO (HUMEDAD)				INV. E-122-07				
	Telefono:3582231												
OBRA:		Carmelo Reservado				LOCALIZACION:		Venecia-Ant					
CLIENTE:						DESTINO MUESTRA:		Estudio de Suelos					
RESPONSABLE:		Ingeniero Carlos Alberto Gómez				FECHA:		28/08/2025					
Sondeo N°		SPT15		SPT15		SPT15		SPT15		SPT15		SPT15	
Muestra N°		1		2		3		4		5		6	
Profundidad (m)		1		2		3		4		5		6	
Nª recipiente		68	46	63	134	99	154	87	82	55	53	37	64
Peso Muestra Humeda+tara (gr)		31,70	31,40	32,10	31,00	31,70	29,90	29,00	31,80	31,40	34,10	29,90	30,40
Peso Muestra Seca + tara (gr)		24,20	23,60	24,40	23,80	24,10	23,30	22,40	24,40	25,80	27,70	24,10	24,60
Peso tara (gr)		7,30	7,00	6,90	7,20	6,70	7,20	7,10	7,20	6,70	7,10	7,00	7,20
Peso Agua (gr)		7,5	7,8	7,7	7,2	7,6	6,6	6,6	7,4	5,6	6,4	5,8	5,8
Contenido de humedad (%)		44,4	47,0	44,0	43,4	43,7	41,0	43,1	43,0	29,3	31,1	33,9	33,3
Promedio humedad (%)		46		44		42		43		30		34	
EQUIPO UTILIZADO													
Balanzas electrónicas calibradas													
Horno Microonda con Potencia Pre-definida													
Herramienta menor													
Realizó:							Revisó:						
Jose Diego Serpa Warnes Aux De ing. De Diseño							Carlos Alberto Gómez Ramírez Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones M.P. 05202191512ANT						

Carlos Alberto Gómez Ramírez
Ing. Civil Esp. MSc. Mecánica de Suelos y Cimentaciones
M.P. 05202191512ANT

ANEXO 3

Fotos exploración de campo y muestras recuperadas



FOTOS EXPLORACIÓN DE CAMPO

SPT09



SPT10



SPT11



SPT12



FOTOS EXPLORACIÓN DE CAMPO

SPT13



SPT14



SPT15



SPT16



FOTOS EXPLORACIÓN DE CAMPO

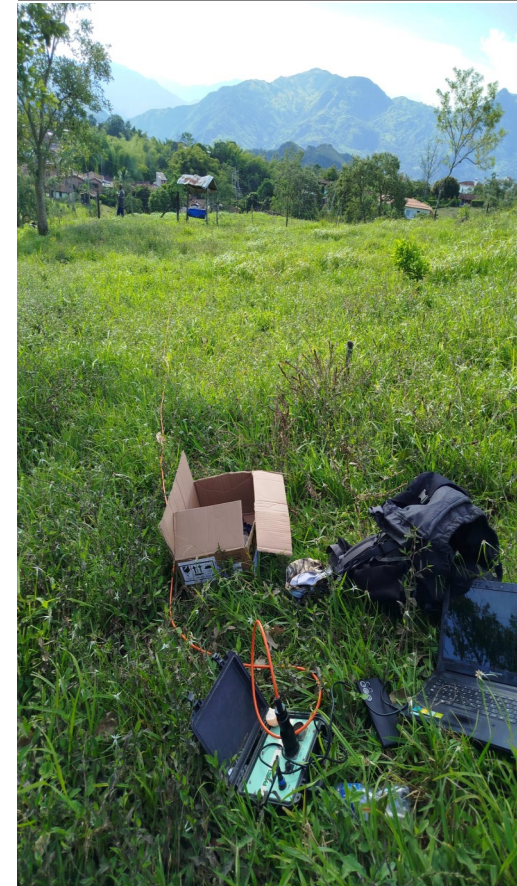
LS01



LS02

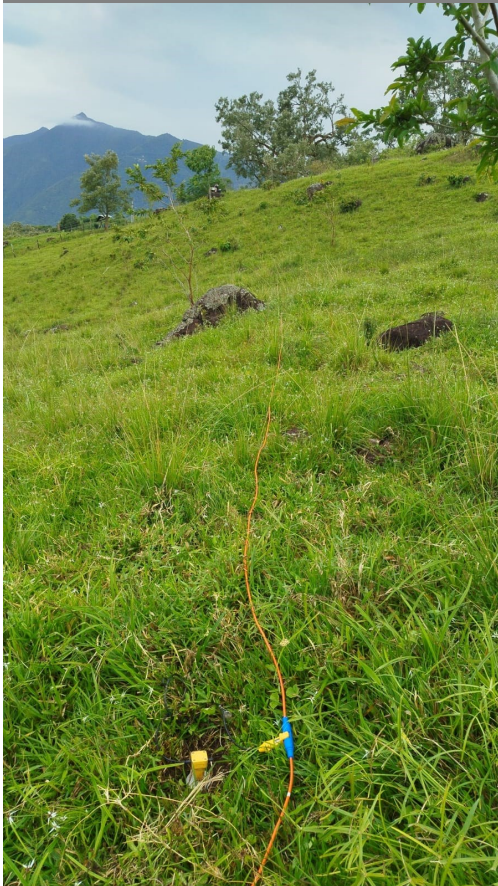


LS03



FOTOS EXPLORACIÓN DE CAMPO

LS04



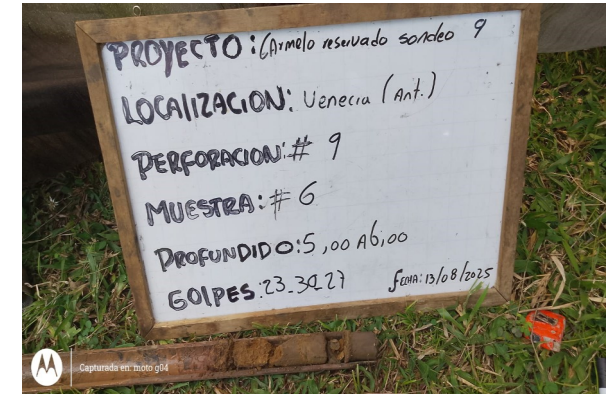
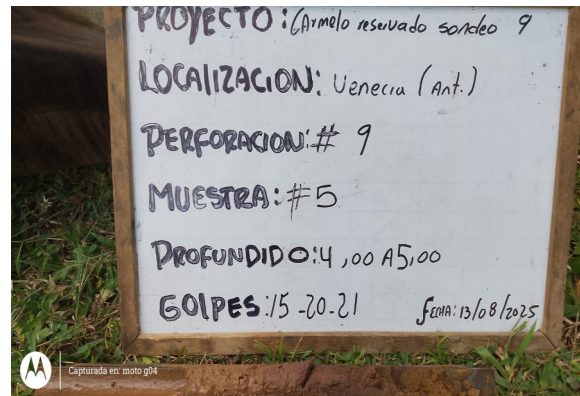
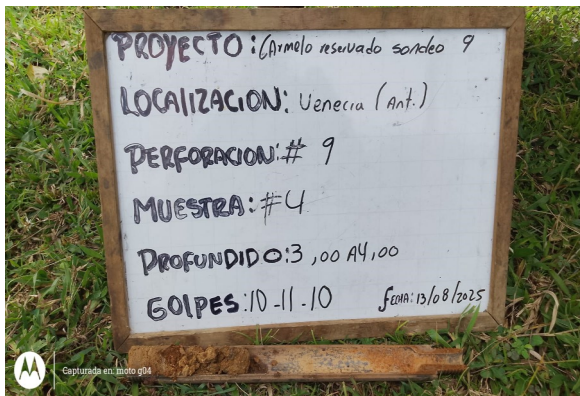
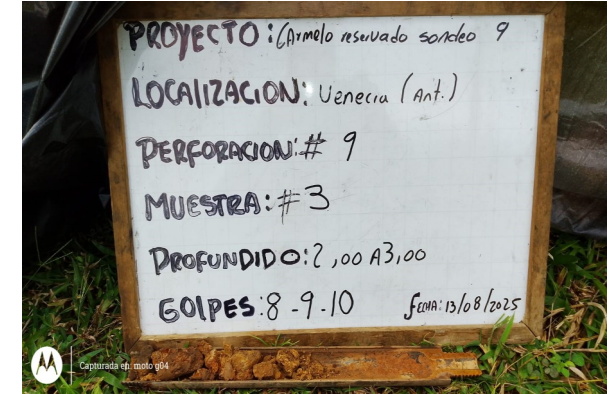
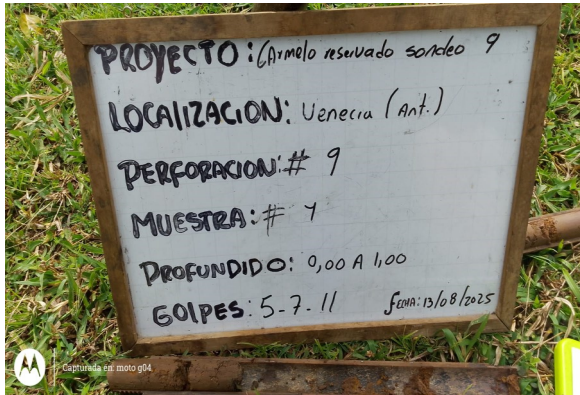
LS05



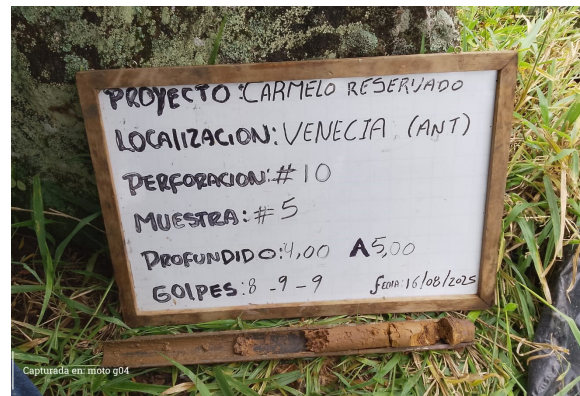
LS06



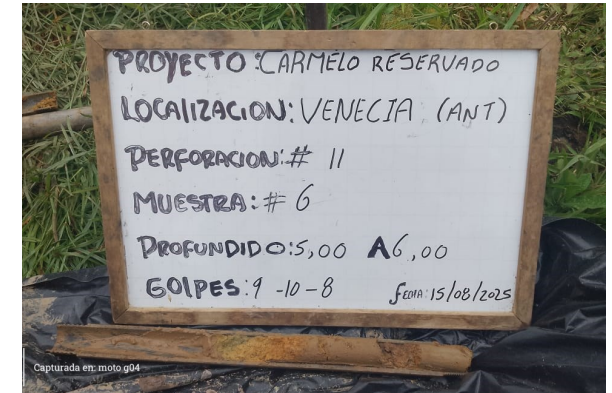
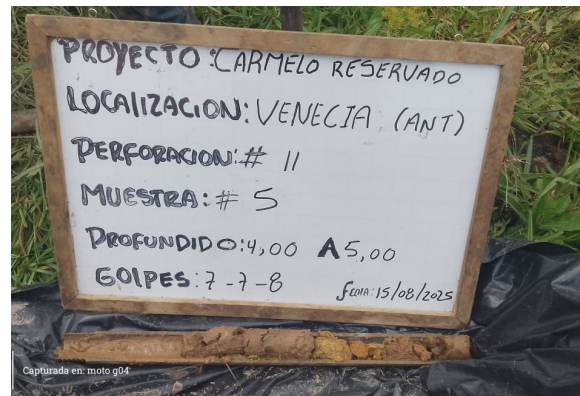
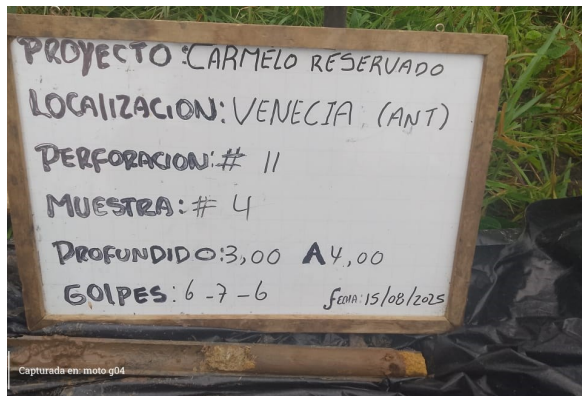
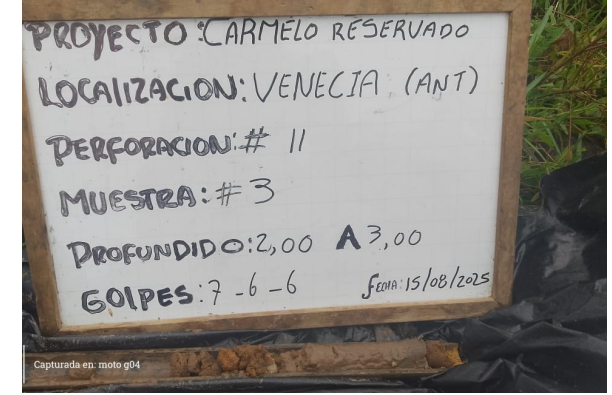
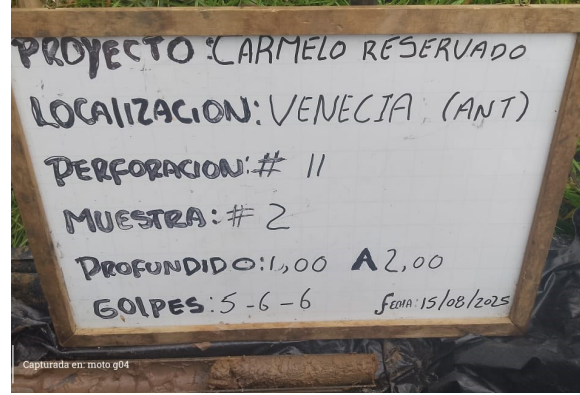
FOTOS CUCHARAS SPT09



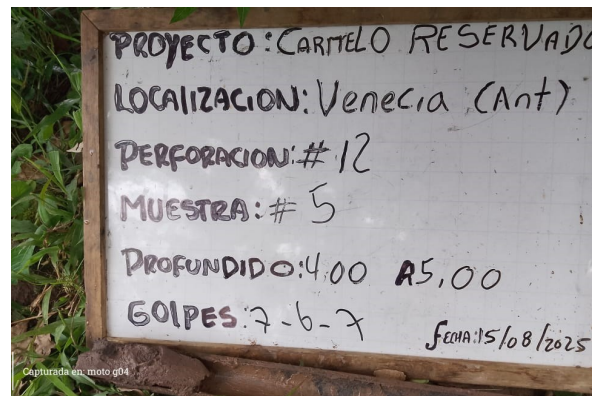
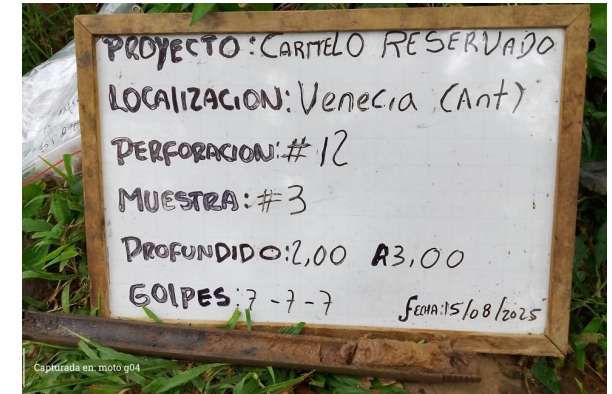
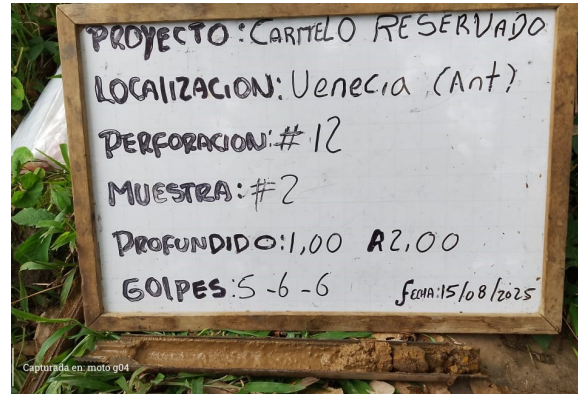
FOTOS CUCHARAS SPT10



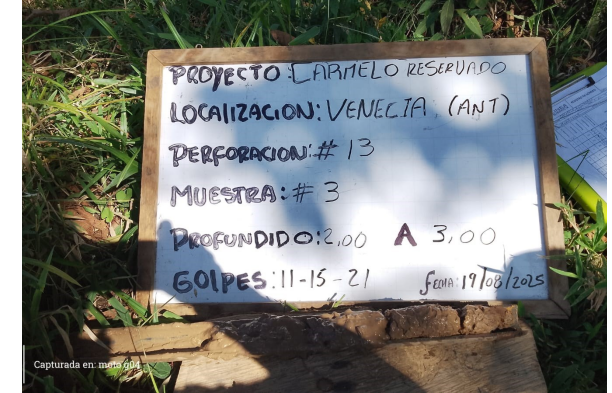
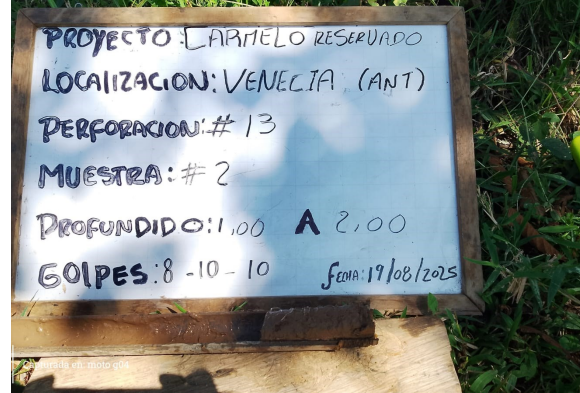
FOTOS CUCHARAS SPT11



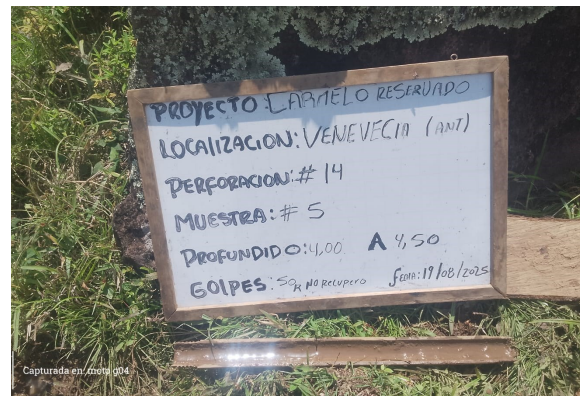
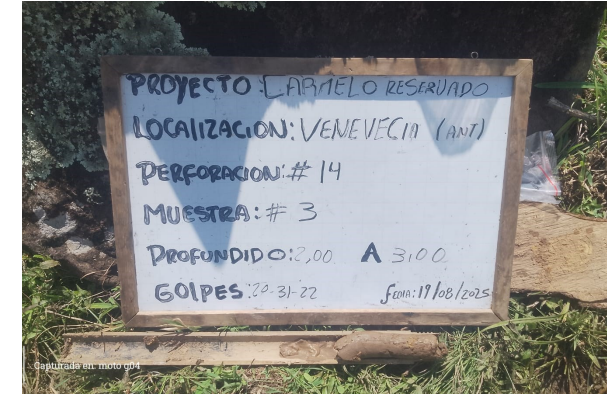
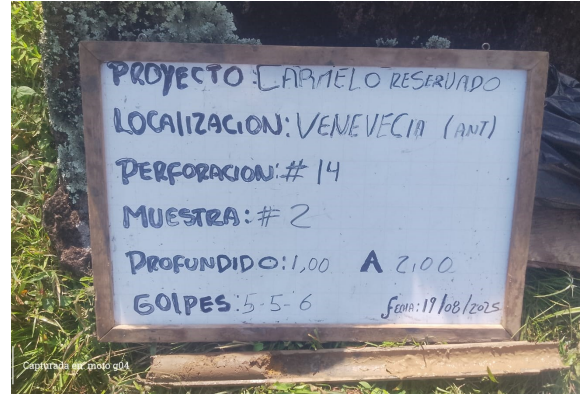
FOTOS CUCHARAS SPT12



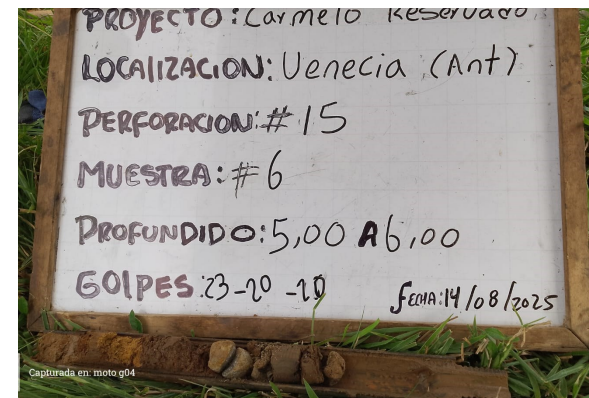
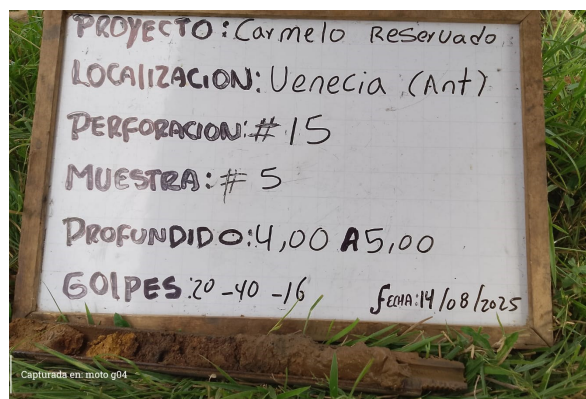
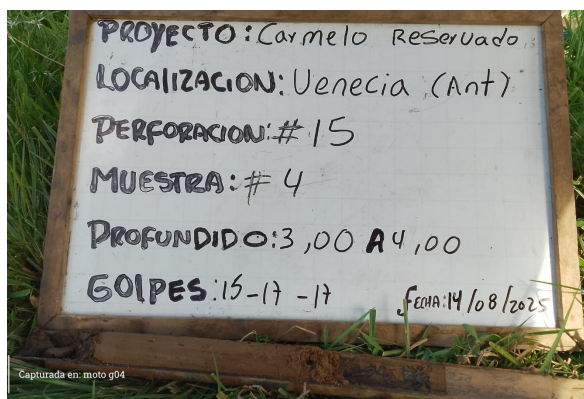
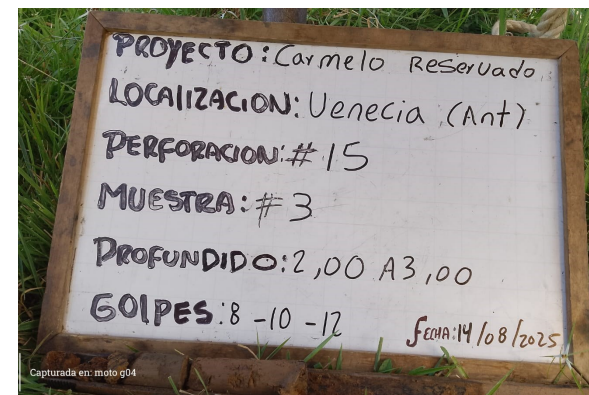
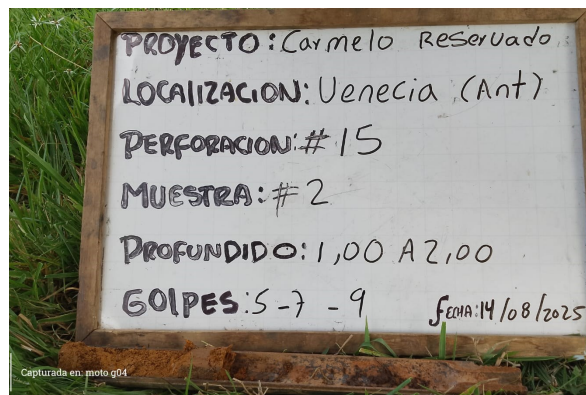
FOTOS CUCHARAS SPT13



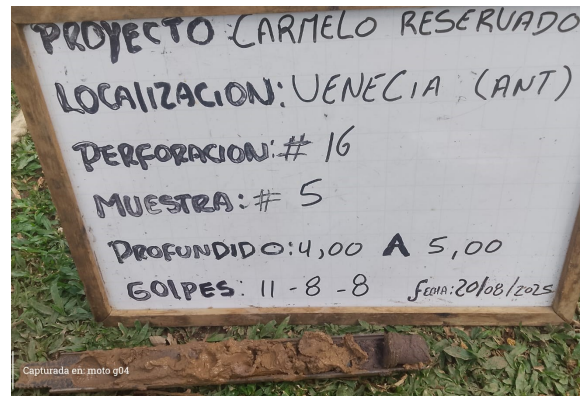
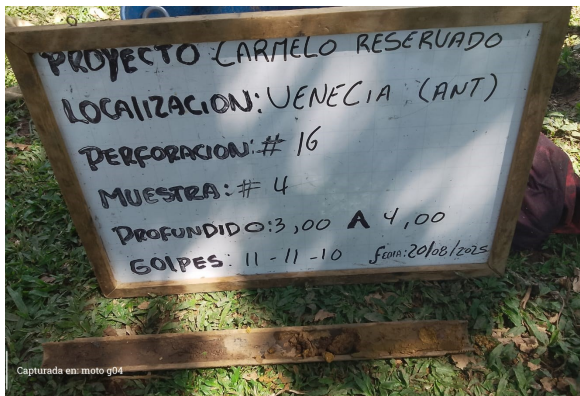
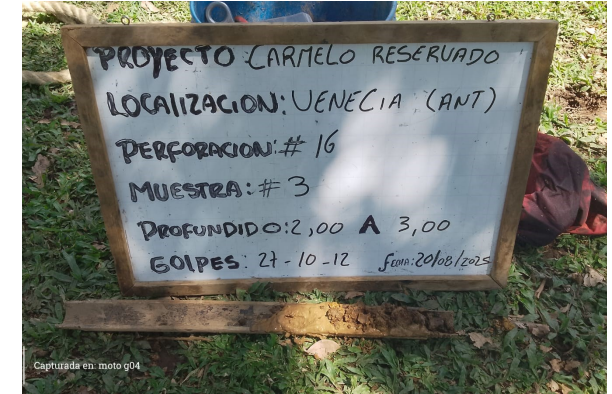
FOTOS CUCHARAS SPT14



FOTOS CUCHARAS SPT15



FOTOS CUCHARAS SPT16



ANEXO 4

Memorias de Cálculo



Efectos Sísmicos Locales NSR-10



Sondeo: Línea 1

Estudio: 25118

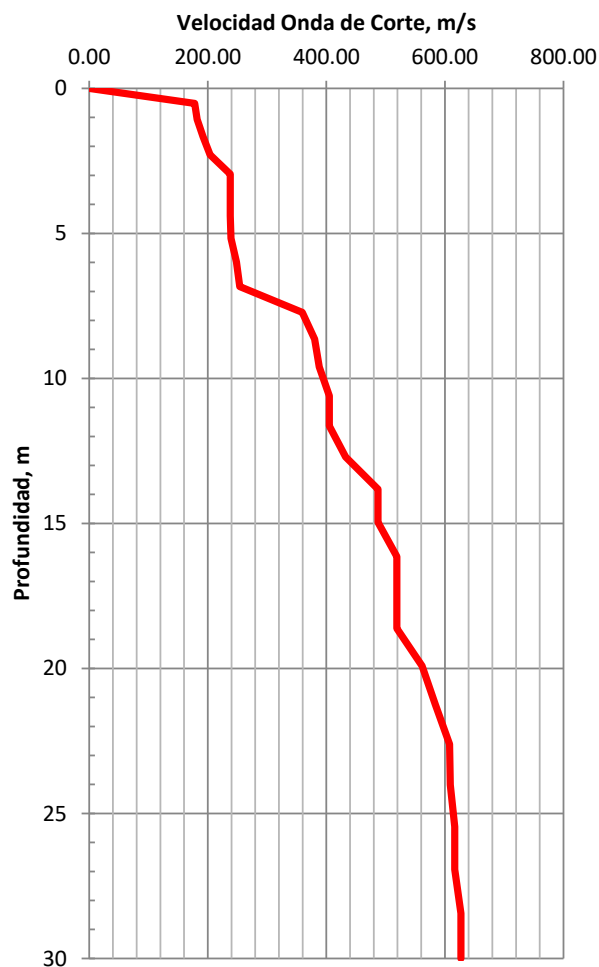
Proyecto: Carmelo reservado - Teriitorio Campestre

Sitio: Venecia, Antioquia

Zona de Amenaza Sísmica: Media

Z_i	V_{si}	d_i	d_i/V_{si}	$A_a =$	0.15	$T_{natural}$	0.30
m	m/s			$A_v =$	0.20		

0	0.00		
0.5	178.00	0.5	0.003
1.1	182.00	0.6	0.003
1.7	192.00	0.6	0.003
2.3	204.00	0.6	0.003
3.0	237.84	0.7	0.003
3.7	237.84	0.7	0.003
4.4	237.84	0.7	0.003
5.2	239.19	0.8	0.003
6.0	248.23	0.8	0.003
6.8	254.05	0.8	0.003
7.7	359.39	0.9	0.002
8.6	380.30	0.9	0.002
9.6	387.99	1.0	0.002
10.6	405.00	1.0	0.002
11.6	405.00	1.0	0.003
12.7	432.36	1.1	0.002
13.8	487.09	1.1	0.002
15.0	487.09	1.1	0.002
16.1	518.92	1.2	0.002
17.4	518.92	1.2	0.002
18.6	518.92	1.3	0.002
19.9	561.37	1.3	0.002
21.2	583.78	1.3	0.002
22.6	607.96	1.4	0.002
24.0	609.01	1.4	0.002
25.5	616.62	1.4	0.002
26.9	616.62	1.5	0.002
28.4	627.03	1.5	0.002
30.0	627.03	1.6	0.002



Sumatorias = 30 0.0761

$V_s = 394$ m/s

Tipo de perfil de Suelo C

$F_a = 1.20$ $A_a = 0.15$

$F_v = 1.60$ $A_v = 0.20$

$I = 1.0$ Grupo de Uso

Tipo de perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{\zeta}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)

Efectos Sísmicos Locales NSR-10



Sondeo: Línea 1

Estudio: 25118

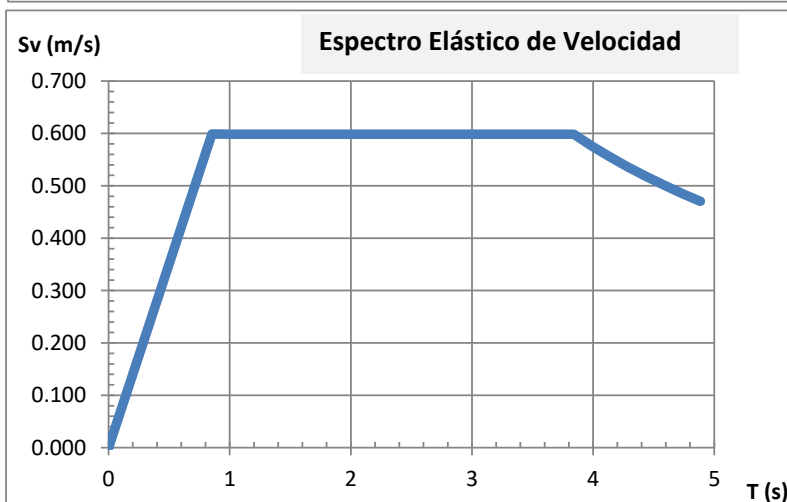
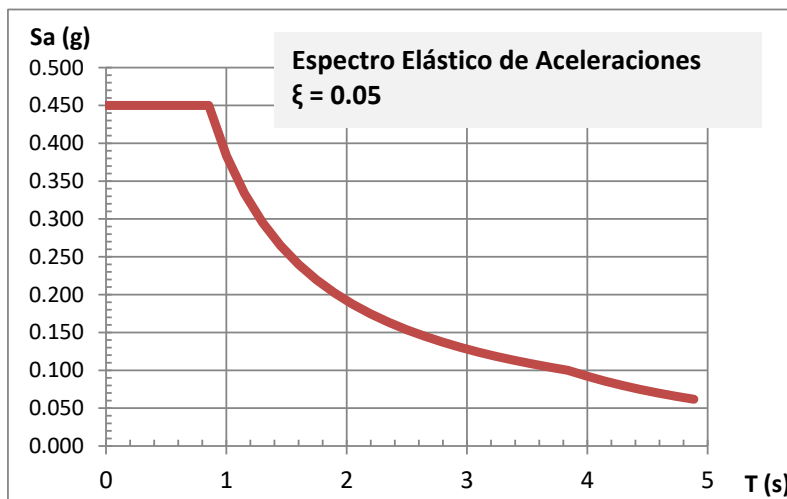
Proyecto: Carmelo reservado - Teriitorio Campestre

Sitio: Venecia, Antioquia

Zona de Amenaza Sísmica: Media

To = 0.18
Tc = 0.85
TI = 3.84
Sa1 = 0.45

T (s)	Sa (g)	Sv (m/s)	Sd (m)
0	0.450	0.000	0.000
0.18	0.450	0.125	0.004
0.85	0.450	0.599	0.081
1.00	0.383	0.5984	0.096
1.15	0.333	0.5984	0.111
1.30	0.295	0.5984	0.125
1.45	0.265	0.5984	0.139
1.60	0.240	0.5984	0.154
1.75	0.220	0.5984	0.168
1.90	0.202	0.5984	0.182
2.05	0.188	0.5984	0.197
2.20	0.175	0.5984	0.211
2.35	0.164	0.5984	0.225
2.50	0.154	0.5984	0.240
2.65	0.145	0.5984	0.254
2.79	0.137	0.5984	0.268
2.94	0.130	0.5984	0.283
3.09	0.124	0.5984	0.297
3.24	0.118	0.5984	0.311
3.39	0.113	0.5984	0.326
3.54	0.108	0.5984	0.340
3.69	0.104	0.5984	0.354
3.84	0.100	0.5984	0.369
3.99	0.093	0.576	0.369
4.14	0.086	0.555	0.369
4.29	0.080	0.536	0.369
4.44	0.075	0.518	0.369
4.59	0.070	0.501	0.369
4.74	0.066	0.485	0.369
4.89	0.062	0.470	0.369



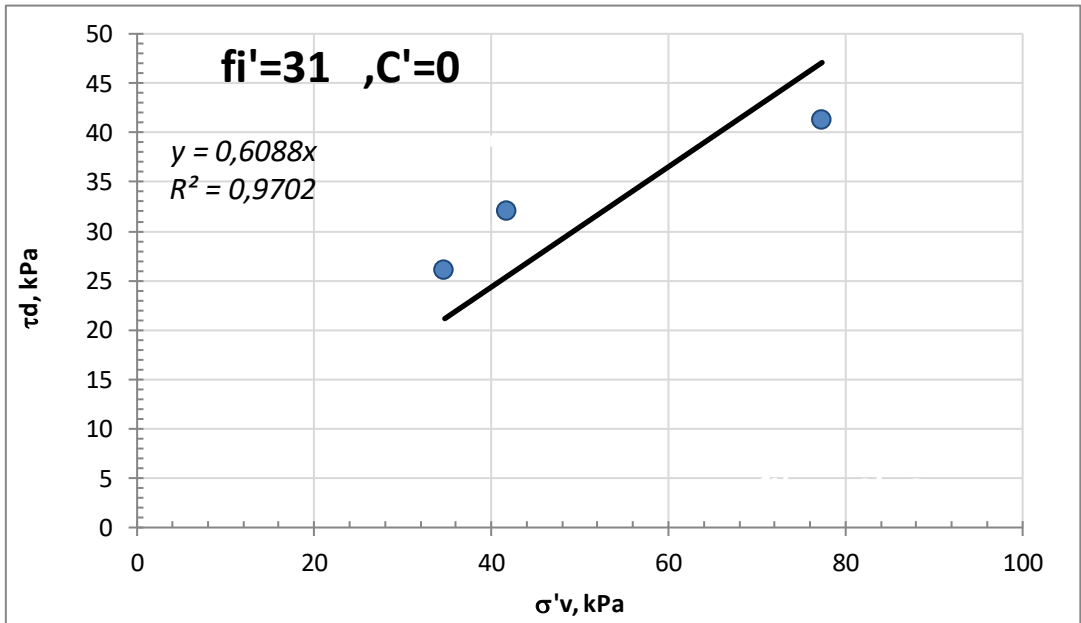
PARAMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL SPT:



Proyecto:

Metodología de Alvaro J. Gonzales G, 1999

25118-Carmelo Reservado																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



REGRESIÓN LINEAL

	m	ϕ°	C', kPa
<i>fmed</i>	0,609	31,3	0,0

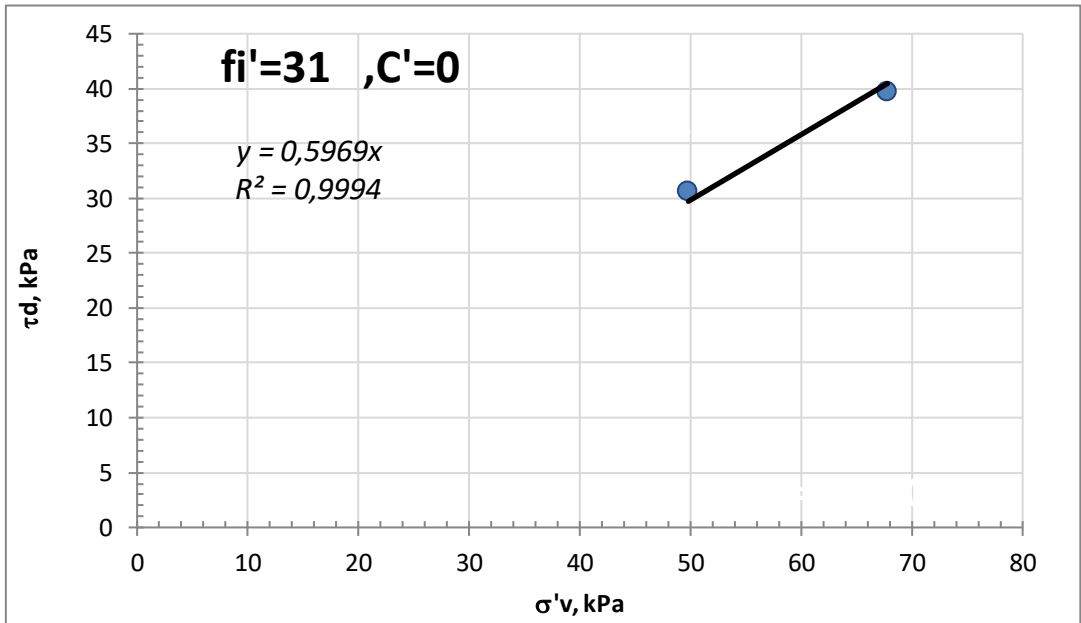
PARAMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL SPT:



Proyecto:

Metodología de Alvaro J. Gonzales G, 1999

25118-Carmelo Reservado																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



REGRESIÓN LINEAL

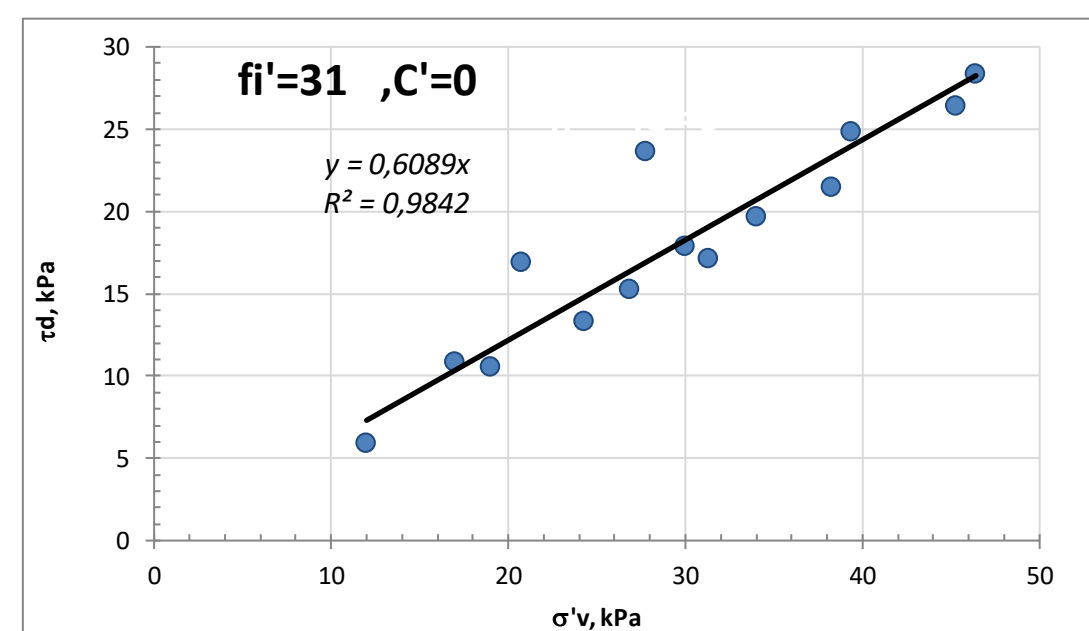
m	0,597	ψ'	30,8	C', kPa	0,0
fi med					

PARAMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL SPT:



Metodologia de Alvaro J. Gonzales G, 1999

Proyecto:										Metodología de Alvaro J. Gonzales G, 1999																													
25118-Carmelo Reservado																																							
DESCRIPCIÓN Y CLASIF. UNIFICADA				PROFUNDIDADES				TIPO DE AVANC E Y		SPT Y HUMEDAD		ESFUERZOS EN EL SUELO Y CORRECCIONES DEL SPT POR ENERGÍA Y CONFINAMIENTO EFECTIVO																MOD. ELÁSTICO Y COEF. REACCIÓN VERTICAL CON SPT				MÓDULOS DE REACCIÓN HORIZONTAL							
																		Pa (kPa)		98.07																			
																		B (m)		0.22																			
																		Ep (kPa)		1.79E+07																			
																		Ip (mm²)		0.000115																			
																		Ks, kPa/m 1961		Vesic.																			
Descripción		Nf, m	Sondeo	Zl	Zt	Muestra	Humedad	Nspt	N60	gt, kN/m³ Diseño	qv (kPa)	U (kPa)	n'v (kPa)	Ecomp	Eteo	γt	R5	Cn Gonzales	Cn Skempton	Ncr	φ° (hishida)	r'(kPa) spt	Es, kPa	Ka, kPa/m	v														
FLUJO DE LODOS		5	SPT-09	0.55	1	1	41	18	11	17.0	17.00	0.00	17.00	35	72	0.49	0.17	1.76	1.70	15	33	10.85	4200.00	2764	0.49	2301.87	3037.71												
FLUJO DE LODOS		5	SPT-09	1.55	2	2	19	16	9	17.0	34.00	0.00	34.00	35	72	0.49	0.35	1.46	1.49	11	30	19.69	3733.33	2456	0.49	2026.13	2666.06												
FLUJO DE LODOS		50	SPT-10	1.55	2	30	17	10	15.0	30.00	0.00	30.00	35	72	0.49	0.31	1.51	1.53	13	31	17.90	3966.67	2610	0.49	2851.29	2866.06													
FLUJO DE LODOS		0.5	SPT-11	2.5	3	3	44	12	7	17.00	49.30	25.00	24.30	35	72	0.49	0.25	1.61	1.60	9	29	13.30	2800.00	1842	0.49	1483.60	1938.37												
FLUJO DE LODOS		0.5	SPT-11	3.55	4	3	32	13	8	17.00	66.30	35.00	31.30	35	72	0.49	0.32	1.50	1.52	9	29	17.17	3033.33	1996	0.49	1617.99	2118.13												
FLUJO DE LODOS		0.5	SPT-11	4.55	5	3	33	15	9	17.00	83.30	45.00	38.30	35	72	0.49	0.39	1.41	1.44	10	29	21.52	3500.00	2303	0.49	1889.30	2466.07												
FLUJO DE LODOS		0.5	SPT-11	5.55	6	6	25	18	11	17.00	100.30	55.00	45.30	35	72	0.49	0.46	1.34	1.37	12	36	26.46	4200.00	2764	0.49	2301.87	3037.71												
FLUJO DE LODOS		0.5	SPT-12	0.55	1	1	38	7	4	17.00	5.00	12.00	35	72	0.49	0.12	1.91	1.78	26	596	1633.33	3075	0.49	1483.60	1938.37														
FLUJO DE LODOS		0.5	SPT-12	1.55	2	2	39	12	7	17.00	34.00	15.00	19.00	35	72	0.49	0.19	1.71	1.68	10	29	10.59	2800.00	1842	0.49	1483.60	1938.37												
FLUJO DE LODOS		0.5	SPT-12	2.5	3	3	44	14	8	17.00	51.85	25.00	26.85	35	72	0.49	0.27	1.56	1.57	11	30	15.24	3266.67	2149	0.49	1753.24	2299.40												
FLUJO DE LODOS		0.4	SPT-13	2.5	3	3	51	36	21	17.00	66.75	26.00	20.75	35	72	0.49	0.21	1.67	1.65	29	39	16.93	8400.00	5527	0.49	4877.50	6547.68												
FLUJO DE LODOS		0.4	SPT-13	3.55	4	4	34	43	25	17.00	63.75	36.00	27.75	35	72	0.49	0.28	1.55	1.56	32	40	23.65	10033.33	6602	0.49	5912.81	7947.38												
FLUJO DE LODOS		1.5	SPT-16	2.5	3	3	48	22	13	17.00	54.40	15.00	39.40	35	72	0.49	0.40	1.40	1.43	15	32	24.89	5133.33	3378	0.49	2860.84	3794.10												
FLUJO DE LODOS		1.5	SPT-16	3.55	4	4	27	21	12	17.00	71.40	25.00	46.40	35	72	0.49	0.47	1.33	1.36	14	31	28.38	4900.00	3224	0.49	2720.24	3603.49												



REGRESIÓN LINEAL			
	m	ϕ^2	C, kPa
<i>fi med</i>	0,609	31,3	0,0

PARAMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL SPT:



Proyecto: 25118 - CARMELO RESERVADO-VEENCIA-ANT

Metodologia de Alvaro J. Gonzales G, 1999

25118-Carmelo Reservado																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

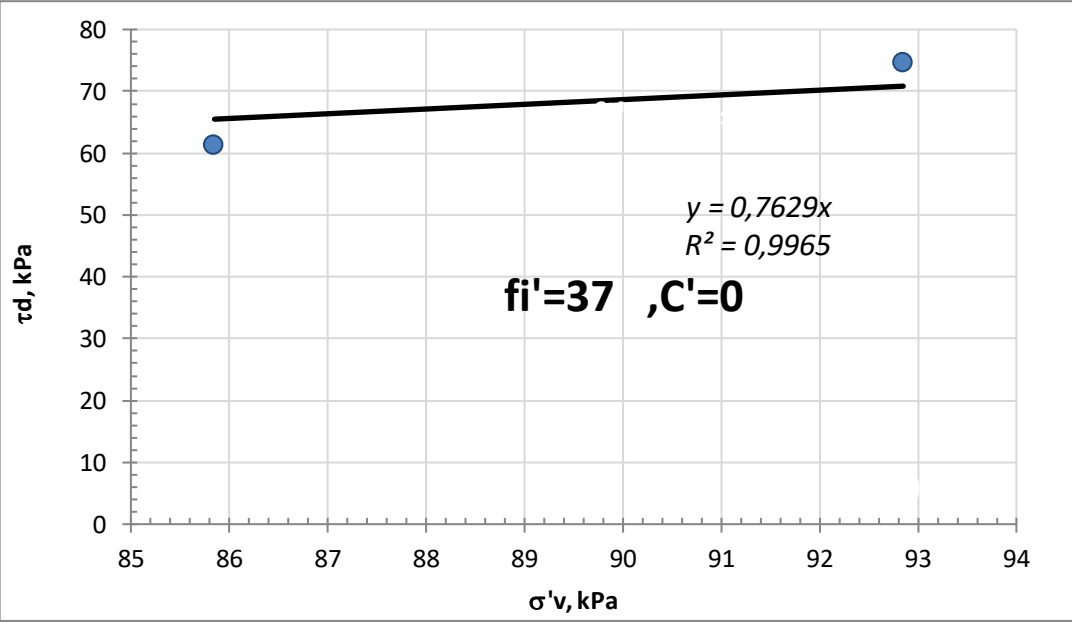
PARAMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL SPT:



Proyecto:

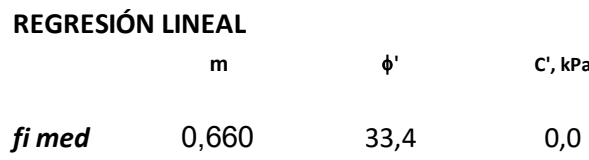
Metodología de Alvaro J. Gonzales G, 1999

25118-Carmelo Reservado						TIPO DE AVANCE		SPT Y HUMEDAD		ESFUERZOS EN EL SUELO Y CORRECCIONES DEL SPT POR ENERGÍA Y CONFINAMIENTO EFECTIVO														MOD. ELÁSTICO Y COEF. REACCIÓN VERTICAL CON SPT		MODULOS DE REACCIÓN HORIZONTAL			
DESCRIPCIÓN Y CLASIF. UNIFICADA			PROFUNDIDADES																							B (m)		0.22	
																										E _p (kPa)		1,79E+07	
																										Ip (mPa)		0.000115	
Ocultable																													
Pa (kPa) 98.07																													
Descripción			NF, m	Sondeo	Zi	Zf	Muestra	Humedad	Nspt	N60	gt. kN/m3 Diseño	σv (kPa)	U (kPa)	σ'v (kPa)	Ecampo	Eteo	η1	RS	Cn Gonzales	Cn Skempton	Ncr	φ' (bushida)	τ' (kPa) spt	Es, kPa	Ks, kPa/m	v	k _h , kPa/m 1961	k _h , kPa/m Biot, 1937	
RESIDUAL IV			5	SPT-09	4,55	5	5	27	41	24	17,0	85,85	0,00	85,85	35	72	0,49	0,88	1,06	1,07	21	36	61,31	9566,67	6295	0,49	5615,46	7562,56	
RESIDUAL IV			5	SPT-09	5,55	6	6	12	57	33	17,0	102,85	10,00	92,85	35	72	0,49	0,95	1,02	1,03	28	39	74,70	13300,00	8751	0,49	8024,18	10894,66	



REGRESIÓN LINEAL	m	ϕ'	C', kPa
<i>fi med</i>	0.763	37,3	0,0

Metodologia de Alvaro J. Gonzales G, 1999



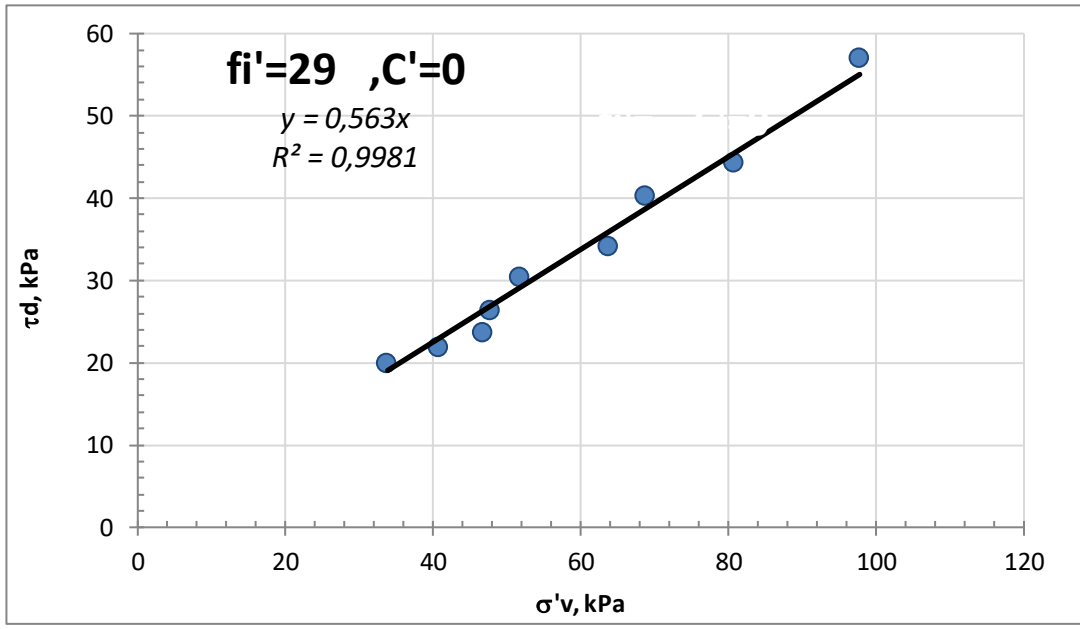
PARAMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL SPT:



Proyecto:

Metodología de Alvaro J. Gonzales G, 1999

25118-Carmelo Reservado							TIPO DE AVANCE Y		SPT Y HUMEDAD		ESFUERZOS EN EL SUELO Y CORRECCIONES DEL SPT POR ENERGÍA Y CONFINAMIENTO EFECTIVO															MOD. ELÁSTICO Y COEF. REACCIÓN VERTICAL CON SPT				MODULOS DE REACCIÓN HORIZONTAL										
DESCRIPCIÓN Y CLASIF. UNIFICADA							PROFUNDIDADES																																	
Ocultable																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								
Pa (kPa) 98.07																																								



REGRESIÓN LINEAL			
	m	φ	C, kPa
f med	0,563	29,4	0,0