# CONSORCIO INTER-PALMAS

Bucaramanga, agosto 03 de 2023

Oficio No.IT-006-2023
(al responder citar este número)

Doctor
**FABIAN ANDRÉS VARGAS PORRAS**
**Jefe de Oficina de Gestión de Riesgo**

Ingeniero
**EDUARD NEIRA**
**Supervisor**
Oficina para la Gestión del Riesgo de Desastres Departamental

**Asunto:** Aval de estudios y diseños - Contrato de Obra pública No. CO1.PCCNTR.4941028 DE 2023

**REF:** REALIZAR OBRAS DE INTERVENCION CORRECTIVA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE GAVIONES PARA MITIGAR EL RIESGO POR DESLIZAMIENTO Y MOVIMIENTO EN MASA EN LA VEREDA LA CHAPA Y LA VEREDA LA ENSILLADA, ZONA DEL MUNICIPIO DE PALMAS DEL SOCORRO SANTANDER EN EL MARCO DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA 013 DEL MARZO 02 DE 2023, EN DESARROLLO DEL PLAN DE ACCIÓN ESPECÍFICO PARA REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS AFECTADA

Cordial saludo,

En las labores de revisión y ajuste de diseños ejecutados por el contratista de obra del contrato en referencia, se les solicitó las siguientes observaciones:

1. Los datos de insumo para el análisis de estabilidad de los gaviones son confusos, se encuentran abreviados en tablas y en otro idioma diferente al español. Se solicito al diseñador presentar un esquema que permita apreciar los estratos de suelo y su ubicación respecto al gavión de diseño.
2. En el numeral 3.4 del informe correspondiente al estudio de suelos, se menciona que existen dos tipos de deslizamientos uno activo y otro inactivo, y en el capitulo 12, se resume que la solución son los muros de contención de gravedad. Se solicito aclaración en el informe respectivo, puesto que un muro de contención de gravedad es viable para una falla inactiva.

Teniendo en cuenta lo anterior y de conformidad con lo aclarado y plasmado en el informe por el diseñador del contratista de obra, certifico haber revisado y aprobado en lo referente a lo estructural, los estudios y diseños del contrato de Obra pública No. CO1.PCCNTR.4941028 DE 2023.

Sin otro en particular,

**SERGIO ANDRES SUAREZ PUENTES**
RL. CONSORCIO INTER-PALMAS
INTERVENTOR

**LUIS CARLOS CALDERON**
ASESOR ESPECIALISTA ESTRUCTURAL
INTERVENTOR

INTERVENTORIAS, CONSULTORIAS Y OBRAS CIVILES DE SANTANDER S.A.S.
NIT. NO. 901.019.135-8
CALLE 51 NO. 35 - 28, OFICINA 219
BUCARAMANGA
6076176117
ICOSAN.SAS@GMAIL.COM

OCINSA
OBRAS CIVILES E INGENIERIA DE SANTANDER S.A.S.
NIT. NO. 900.997.848-1

Bucaramanga, Julio 24 de 2023

Oficio No.004-2023
(al responder citar este número)

Ingeniero
**SERGIO ANDRÉS SUAREZ PUENTES**
INTERVENTOR

**REF:** Solicitud de revisión de los estudios y diseños - Contrato de Obra pública No. CO1.PCCNTR.4941028 DE 2023

**ASUNTO:** REALIZAR OBRAS DE INTERVENCION CORRECTIVA MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE GAVIONES PARA MITIGAR EL RIESGO POR DESLIZAMIENTO Y MOVIMIENTO EN MASA EN LA VEREDA LA CHAPA Y LA VEREDA LA ENSILLADA, ZONA DEL MUNICIPIO DE PALMAS DEL SOCORRO SANTANDER EN EL MARCO DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA 013 DEL MARZO 02 DE 2023, EN DESARROLLO DEL PLAN DE ACCIÓN ESPECÍFICO PARA REHABILITACIÓN Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS AFECTADA"

Respetuoso saludo,

En cumplimiento de la CLAUSULA SEGUNDA: ALCANCE, Inciso No.1 El Contratista deberá realizar el ajuste a los estudios y diseños para la construcción de gaviones ubicado en el Municipio de Palmas del Socorro., Se adjunta informe y planos de los ajustes y diseños realizados para el contrato de la referencia.

Agradecemos su revisión y posterior aprobación.

Sin otro en particular,

**DIANA MARCELA GALVIS CARDENA**
Representante Legal OCINSA S.A.S

TRANSVERSAL 93 NO. 34 - 180
CONJUNTO TORRES DE MONTERREY TORRE 6 APTO 101 BUCARAMANGA.
OCINSA.SAS@GMAIL.COM
3183090665

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERÍA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORIA

# CONSTRUCCIÓN DE GAVIONES VEREDA LA CHAPA Y LA ENSILLADA, MUNICIPIO DE PALMAS DEL SOCORRO - SANTANDER

## INFORME DE AJUSTES AL DISEÑO INICIAL

CONSULTOR
LUIS ALBERTO CERVERA TERÁN

JULIO DE 2023.

| REV | FECHA | DESCRIPCIÓN DE | ELABORÓ | REVISÓ | APROBÓ | INTERV. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 07/24/2023 | DOCUMENTO | LACT | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

cerverateran@hotmail.com
+57 311 811 9124

# TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN ..... 7
2. OBJETIVOS ..... 7
3. GENERALIDADES ..... 7
3.1. Normatividad aplicable ..... 7
3.2. Ubicación geográfica ..... 8
3.3. Clima ..... 10
3.4. Reconocimiento de campo ..... 11
4. GEOLOGÍA ..... 14
4.1. Marco geológico regional ..... 14
4.2. Estratigrafía ..... 15
4.3. Formación Simití (Kis) ..... 15
5. SISMICIDAD ..... 17
6. EXPLORACIÓN GEOTECNICA Y CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA ..... 18
6.1. SONDEOS SPT ..... 19
6.1.1. Sondeo 1 ..... 21
6.1.2. Sondeo 2 ..... 23
6.1.3. Sondeo 3 ..... 24
6.1.4. Sondeo 4 ..... 26
6.2. Exploración Geofísica ..... 27
6.2.1. Resultados exploración geofísica ..... 28
6.2.2. Análisis y Correlación de los resultados ..... 32
6.2.2.1. Correlaciones Sector La Chapa ..... 34
6.2.2.2. Correlaciones Sector La Ensillada ..... 35
7. RESUMEN RESULTADOS DE LABORATORIO ..... 37
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS ENSAYOS SPT ..... 38
9. CARACTERIZACION SISMICA DEL SITIO ..... 40
9.1. Tipo de perfil de suelo ..... 40
9.1.1. Clasificación de perfil de suelo según Vs ..... 40
9.2. Amenaza sísmica según la Norma CCP-14. ..... 41
9.3. Factores de sitio ..... 44
9.4. Espectro de diseño ..... 45



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

10. PARAMETROS GEOMECANICOS PARA DISEÑO ..... 46
11. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ..... 47
11.1. Sector La Chapa ..... 47
11.1.1. Modelo Estático ..... 47
11.1.2. Modelo Pseudo estático ..... 47
11.2. Sector La Ensillada ..... 48
11.2.1. Modelo Estático ..... 48
11.2.2. Modelo Pseudo estático ..... 48
12. DISEÑO ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN ..... 49
12.1. Descripción de la solución propuesta ..... 50
12.1.1. Cálculo de capacidad portante ..... 51
12.2. Chequeo de diseño sección tipo ..... 51
13. CHEQUEO DE ESTABILIDAD GLOBAL ..... 56
13.1. Revisión local del conjunto muro – suelo ..... 56
13.2. Análisis de estabilidad taludes intervenidos ..... 56
13.2.1. Análisis de estabilidad talud sector la chapa ..... 56
13.2.2. Análisis de estabilidad talud sector la ensillada ..... 57
14. RECOMENDACIÓN EXCAVACIONES ..... 57
15. CONCLUSIONES ..... 58
16. RECOMENDACIONES ..... 58
16.1. Disposición de sobrantes ..... 58
16.2. Recomendaciones generales ..... 58
17. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... 60



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

# LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Normatividad aplicable ..... 8
Tabla 2: Registro de perforación Sondeo 1 ..... 22
Tabla 3: Registro de perforación Sondeo 2 ..... 23
Tabla 4: Registro de perforación Sondeo 3 ..... 25
Tabla 5: Registro de perforación Sondeo 2 ..... 27
Tabla 6: Determinación de velocidades de onda cortante Vs La Chapa ..... 30
Tabla 7: Determinación de velocidades de onda cortante Vs La Ensillada ..... 32
Tabla 8: Caracterización típica de suelos según las velocidades de onda cortante obtenidas – Fuente NEHRP - National Earthquake Hazards Reduction Program ..... 32
Tabla 9: Correlaciones para obtener parámetros geomecánicos – Fuente: Autor ..... 33
Tabla 10: Clasificación del perfil de suelo ..... 40
Tabla 11: Valores del factor de sitio, F PGA, en el periodo de vibración cero del espectro de aceleraciones ..... 44
Tabla 12: Valores del factor de Sitio, Fa, en el Intervalo de períodos de vibración cortos del Espectro de Aceleraciones ..... 45
Tabla 13: Valores del factor de Sitio, Fv, en el Intervalo de períodos de vibración largos del Espectro de Aceleraciones ..... 45
Tabla 14: Parámetros para diseño geotécnico ..... 46

cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

# LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación geográfica del municipio de Palmas del Socorro. (Santander) ..... 9
Ilustración 2:Departamento de Santander ..... 9
Ilustración 3: Imagen satelital ubicación sitios del proyecto. ..... 9
Ilustración 4: Imagen satelital ubicación Sector La Chapa. ..... 10
Ilustración 5: Imagen satelital ubicación Sector la ensillada ..... 10
Ilustración 6: Imágenes Sector La Chapa. ..... 11
Ilustración 7: Imágenes Sector La Chapa, zona posterior al deslizamiento, costado sur. ..... 12
Ilustración 8: Imágenes Sector La Ensillada. ..... 13
Ilustración 9: Terrenos geológicos de Colombia. ..... 14
Ilustración 10: Mapa de actividad sísmica en Colombia ..... 17
Ilustración 11: Actividad sísmica histórica en Colombia. ..... 17
Ilustración 12: Actividad sísmica principal en Santander. ..... 18
Ilustración 13: Ubicación Sondeos S1-S3 SPT (La Chapa) ..... 19
Ilustración 14: Ubicación Sondeo S4 SPT (La Ensillada) ..... 19
Ilustración 15: Equipo ensayo SPT – Standard Penetration Test ..... 20
Ilustración 16: Muestras Sondeo 1 ..... 22
Ilustración 17: Muestras Sondeo 2 ..... 23
Ilustración 18: Muestras Sondeo 1 ..... 25
Ilustración 19: Muestras Sondeo 4 ..... 26
Ilustración 20: Imagen Satelital Líneas de exploración geofísica, La Chapa y La Ensillada ..... 28
Ilustración 21: Ensayo de refracción sísmica La chapa ..... 28
Ilustración 22: Ensayo tomografía 2D La Chapa ..... 29
Ilustración 23: Ensayo MASW 1D La Chapa ..... 29
Ilustración 24: Ensayo de refracción sísmica La Ensillada ..... 30
Ilustración 25: Ensayo tomografía 2D La Ensillada ..... 31
Ilustración 26: Ensayo MASW 1D La Ensillada ..... 31
Ilustración 27: Valores típicos Vs, en diferentes tipos de suelo, Fuente NEHRP - National Earthquake Hazards Reduction Program ..... 33
Ilustración 28: Imágenes laboratorio de suelos ensayo de compresión inconfinada, muestra de lutita, subyacente en ambas zonas a intervenir ..... 37
Ilustración 29: Diagramas de N SPT ..... 39
Ilustración 30: Mapa de Valores de PGA Fuente: CCP-14 ..... 41
Ilustración 31: Mapa de Valores de $S_s$ Fuente: CCP-14 ..... 42
Ilustración 32: Mapa de Valores de $S_1$ Fuente: CCP-14 ..... 43
Ilustración 33: Amenaza sísmica y valor de PGA, para Palmas del Socorro. Fuente: Servicio Geológico Colombiano. ..... 44
Ilustración 34: Espectro de aceleración de diseño para 5% de amortiguamiento ..... 45
Ilustración 35: Espectro Elástico de aceleraciones CCP-14 3.10.4.1 ..... 46
Ilustración 36: Sección típica Sector La Chapa, modelo de análisis estático inicial ..... 47
Ilustración 37: Sección típica Sector La Chapa, modelo de análisis Pseudo estático inicial ..... 47
Ilustración 38: Sección típica Sector La Ensillada, modelo de análisis estático inicial ..... 48



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

Ilustración 39: Sección típica Sector La Ensillada, modelo de análisis Pseudo estático inicial ..... 48
Ilustración 40: Prueba de carga en gaviones. Fuente: De Almeida Barros Persio - Maccaferri ..... 49
Ilustración 41: Gaviones tipo caja. Fuente: De Almeida Barros Persio - Maccaferri ..... 50
Ilustración 42: Sección muro en gavión propuesta. Fuente: Autor ..... 50
Ilustración 43: Chequeo muro de gaviones típico – Chequeo falla profunda – Condición pseudo estática ..... 56
Ilustración 44: Chequeo Talud intervenido La Chapa – Condición pseudo estática ..... 56
Ilustración 45: Chequeo Talud intervenido La Ensillada – Condición pseudo estática ..... 57
Ilustración 46: Esquema de apuntalamiento lateral ..... 57



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la ejecución del proyecto referido, en lo que respecta a la verificación y ajuste de los diseños de la obra, con el ánimo de mejorar la alternativa previamente diseñada, y de la misma forma lograr el ajuste a la normativa aplicable.

# 2. OBJETIVOS

- Determinar un perfil estratigráfico medio mediante exploraciones de suelo, útil para el diseño de estructuras de contención y cimentaciones.
- Verificar y realizar la caracterización sísmica, los movimientos sísmicos y efectos locales para el diseño sismo - resistente de la estructura.
- Recomendar la profundidad y el sistema de cimentación más apropiado de acuerdo con las características de la estructura, de la geología y geotecnia del sitio.
- Calcular la capacidad de soporte del terreno al nivel de la cimentación.
- Obtener los parámetros que se requieren para el diseño de cimentaciones, estructuras enterradas, muros de contención y otras obras de infraestructura.
- Recomendar las obras geotécnicas que se requieren para mitigar los efectos de los problemas geotécnicos que lleguen a ser identificados.

# 3. GENERALIDADES

Este estudio geotécnico contiene el total de las actividades que permiten definir la viabilidad del proyecto, los parámetros y las recomendaciones para el diseño y construcción de las cimentaciones y otras obras geotécnicas complementarias, de acuerdo con los requerimientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10 y la normativa nacional de vías y puentes CCP-14.

Para la elaboración del estudio se realizaron entre otras las siguientes actividades:

- Reconocer el sitio de la obra con el fin de identificar todos los aspectos que inciden directa o indirectamente en el proyecto, se establecieron los predios de construcciones vecinas con el fin de analizar características tales como: pendientes, humedad del suelo superficial, altura al nivel del mar, presencia de rocas en la superficie, evidencias de erosión y/o formación de cárcavas, drenaje, vegetación y otras.
- Análisis de las características geomorfológicas y geológicas del lugar.

## 3.1. Normatividad aplicable

Para la ejecución del presente estudio geotécnico se tiene en cuenta la siguiente información existente:



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

| | |
|---|---|
| NTC 1967 | Suelos. Determinación de las propiedades de consolidación unidimensional, (ASTM D 2435) |
| NTC 1974 | Suelos. Determinación de la densidad relativa de los sólidos (ASTM D854). |
| NTC 2121 | Suelos. Obtención de muestras para probetas de ensayo. Método para tubos de pared delgada. (ASTMD1537). |
| NTC 2122 | Suelos. Ensayo de la relación de soporte. Suelos compactados. (ASTM1833). |
| NTC 4630 | Método de ensayo para la determinación de límite líquido, de límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos. |
| ASTM D 2166-05 | Suelos. Ensayos para determinar la resistencia a la comprensión inconfinada. |
| ASTM D 6066-95(2004) | Práctica estándar para determinar la resistencia de arenas a la penetración normalizada para evaluación del potencial de licuación. |

*Tabla 1: Normatividad aplicable*

- Las categorizaciones de las licencias (ART. 2.2.6, 1.2.1.4), establecidas en el decreto son independientes a las categorías técnicas de unidad de construcción definidas en el Titulo H de la NSR – 10.
- Normas INVIAS (I.N.V.E.) y/o ASTM para la realización de ensayos de campo y laboratorio.
- Normas de Ensayos para Suelos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC. 2002.

## 3.2. Ubicación geográfica

El proyecto se ubica en las veredas La Chapa y La Ensillada del Municipio de Palmas del Socorro – Santander.




*Ilustración 1: Ubicación geográfica del municipio de Palmas del Socorro. (Santander)*




*Ilustración 2:Departamento de Santander*




*Ilustración 3: Imagen satelital ubicación sitios del proyecto.*

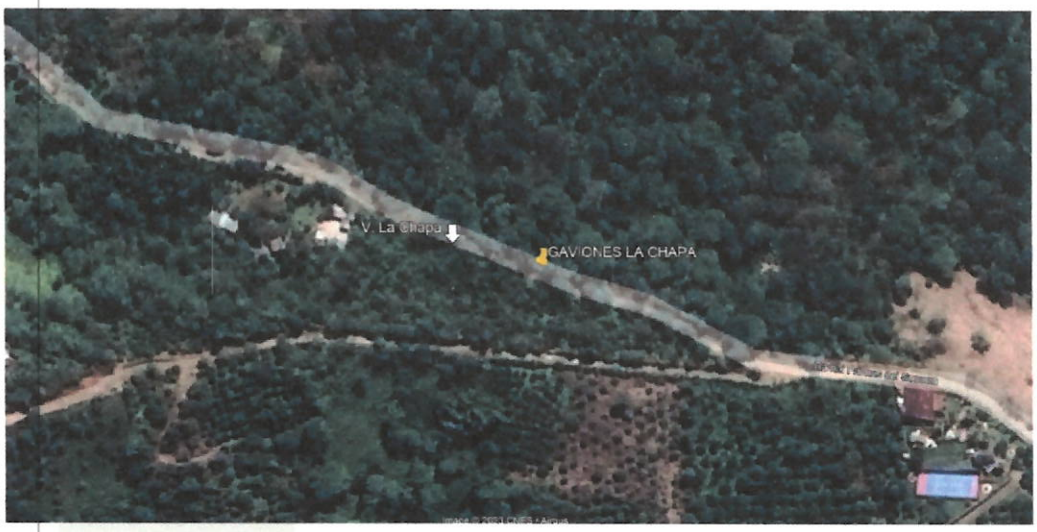



*Ilustración 4: Imagen satelital ubicación Sector La Chapa.*




*Ilustración 5: Imagen satelital ubicación Sector la ensillada.*

### 3.3. Clima

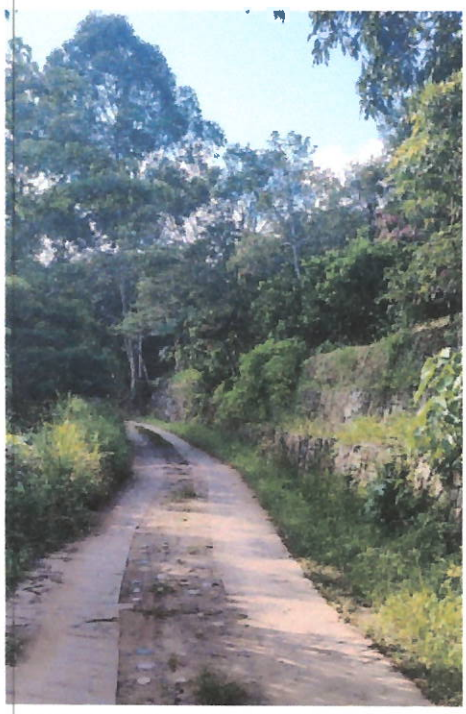
Palmas del Socorro tiene un clima ecuatorial. Suele ser (muy) caluroso, húmedo y lluvioso durante todo el año. La temperatura media anual en Palmas del Socorro es 28° y la precipitación media anual es 3106 mm. No llueve durante 6 días por año, la humedad media es del 77%.



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

## 3.4. Reconocimiento de campo.

En el sector la Chapa se encuentra un deslizamiento activo y otro inactivo, en el primero se diseñarán las obras necesarias para estabilizar el talud y mitigar el riesgo de movimiento en masa, en el segundo se reemplazaran los gaviones por la solución adoptada en este sector, ya que presentan fallas, fuertes deformaciones y un comportamiento que no es el adecuado para este tipo de estructuras.



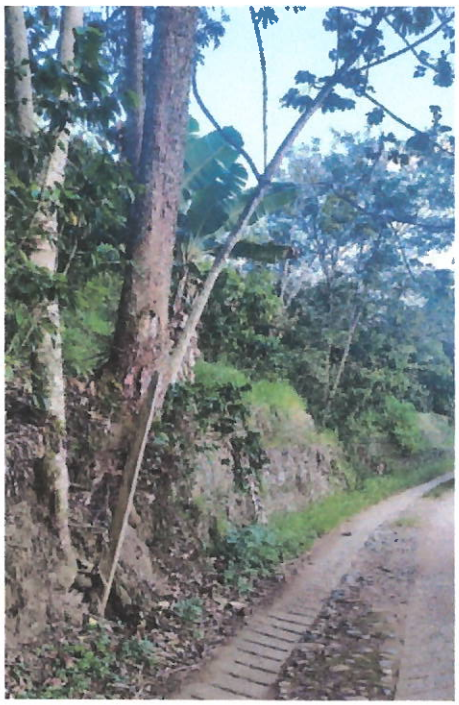




*Ilustración 6: Imágenes Sector La Chapa.*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

En este sector se observa que el movimiento en masa abarca una zona aledaña en la parte posterior donde se encuentra una vía de menor tráfico, más adelante se mostrará en este informe como ese movimiento involucra un gran volumen de material, que presenta un alto riesgo de deslizamiento.



*Ilustración 7: Imágenes Sector La Chapa, zona posterior al deslizamiento, costado sur.*

Se observa que el movimiento se origina en la corona de ambos taludes donde se encuentra un tanque de almacenamiento del acueducto rural, el cual se ve en muy mal



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

estado, por información obtenida en la zona, es un tanque construido en mampostería simple y claramente es detonante del movimiento en masa que se presenta en la zona.

Si este factor no se controla la inestabilidad persistirá en el sector, es importante mencionar que la formación geológica encontrada es muy susceptible al movimiento ante la presencia de agua debido a las características de las lutitas, las cuales presentan fisilidad, y discontinuidades que contribuyen a la pérdida de resistencia al corte, derivando en un deslizamiento.



*Ilustración 8: Imágenes Sector La Ensillada.*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

# 4. GEOLOGÍA

En la zona de estudio la mayoría de las rocas expuestas son de edad cretácica, se observa la representación de ciclos transgresivos y regresivos (Figura 8). La subsidencia de la cuenca fue rápida, y la predominancia de facies de aguas marinas poco profundas sugiere que la deposición fue igualmente rápida (Cooper et al., 1995; Sarmiento-Rojas, Van Wess y Cloeting, 2006).

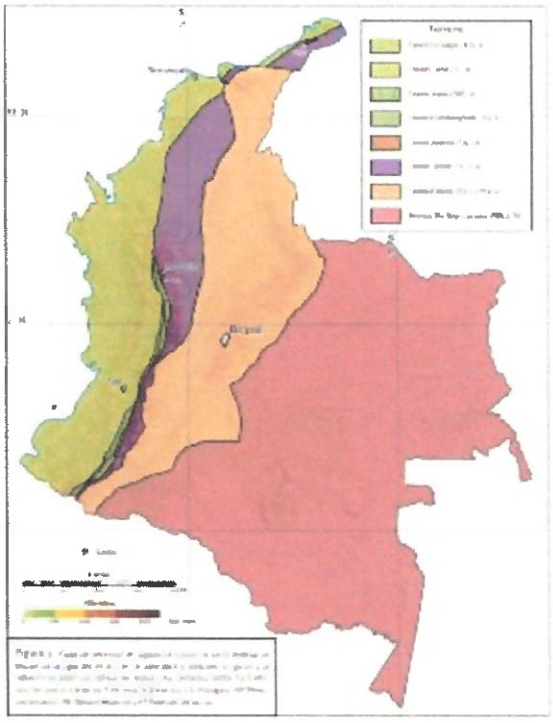


*Ilustración 9: Terrenos geológicos de Colombia.*

## 4.1. Marco geológico regional

En un marco geológico regional, la zona se encuentra al Este del casco urbano del municipio de Palmas del Socorro, sobre un suelo residual, afectando a unos depósitos más antiguos correspondientes al Cretácico superior correlacionable con la Formación Simití.

La morfología presente en general es denudacional estructural con un relieve plano a onduloso. Estas rocas presentan en términos generales exposición aceptable, meteorización avanzada, observable a lo largo de las vías de comunicación y cañadas, dentro y fuera del área.



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

## 4.2. Estratigrafia

En este capítulo se desea ilustrar las características litológicas y sedimentológicas de las unidades de roca del subsuelo que están comprometidas en la amplitud de investigación de la herramienta de exploración Sísmica, además de evaluar y comprender las propiedades geomecánicas, nos interesa detallar la estratigrafía de las capas de roca que están incluidas en la futura obra civil. Se entiende que, a profundidades mayores a las realizadas en la investigación del subsuelo, existen diferentes unidades de roca que para nuestro objetivo exploratorio no implican repercusiones importantes en la viabilidad del proyecto constructivo y por eso no se describen en el presente informe.

## 4.3. Formación Simití (Kis)

El nombre se debe a los geólogos de Intercol (1953) en Morales, et. al. (1958), refiriéndose a una sucesión de shales de color gris a gris oscuro, localmente calcárea y con concreciones. Su nombre deriva de las orillas meridionales de la Ciénaga de Simití y su espesor en la localidad tipo es de 410 metros, aunque en otras áreas varía entre 250 y 650 metros. Hubach (1953), utiliza el término "Conjunto San Gil Superior" para designar "esquistos arcillosos franjeados, piríticos y arenisca arcillosa", que suprayace al Conjunto San Gil, y que corresponde según Julivert (1958, p.494) "a la parte baja de la Formación Simití.

El nombre Formación Simití, es utilizado en el presente informe teniendo en cuenta que con dicho término se denomina una sucesión litológica que aflora en la región, norte (cuadrángulo H-12), similar a la observada en el área de estudio. Es posible que mediante estudios posteriores que hagan referencia a esta unidad se defina mejor si el término "Simití" es conveniente, o por el contrario sea aplicable el nombre "Formación San Gil Superior", en el sentido de Etayo (1968, p, 34), con el cual describe en la región de Villa de Leiva, al sur de la zona de estudio, una secuencia litológica correlacionable con la descrita en este trabajo.

En el área de estudio la unidad aflora en las partes altas de la región de Mesas y Cuestas, donde forma superficies suavemente onduladas correspondiendo en su mayoría a los núcleos de los sinclinales de Suaita-Chima, Simacota y El Páramo.

Hacía el este del municipio de Charalá, la formación es particularmente más arenosa. En la mayoría de los afloramientos la unidad aparece incompleta debido a la intensa meteorización y erosión a que ha estado sometida. Sobre la Quebrada La Pava, se midió una secuencia completa de esta formación, obteniéndose un espesor total de 301 m. Esta secuencia está constituida de base a techo por: 90 m de shales de color gris a crema, micáceos, con nódulos lutíticos ferruginosos e intercalaciones de areniscas arcillosas, grises a pardas, de grano fino, micáceas, las cuales se presentan en bancos delgados con nódulos ferruginosos y esporádicos lentejones de caliza arcillosa y margas hasta de 2m de espesor; 10m de calizas rojizas fosilíferas, con nódulos calcáreos en bancos de 1,5 m de espesor, alternando con mar gas grises a pardo rojizas micáceas; 74 m de shales de color gris a amarillo-rojizo, micáceo, fosilífero, estratificación maciza, con nódulos lutíticos



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

ferruginosos y costras de óxido de hierro e intercalaciones de capas de calizas grises a pardas, fosilíferas, algo micáceas y margosas, de espesor variable. La parte superior tiene un espesor de 127 metros y está compuesta por shales grises, micáceos, con abundantes nódulos calcáreos ferruginosos e intercalaciones de calizas arenosas fosilíferas en bancos de 1,5 m y areniscas amarillentas con óxidos de hierro en la matriz. Los shales superiores presentan mayor contenido arenoso.

La unidad infrayace en concordancia a la Formación Chiquinquirá y descansa conformemente al Tablazo. Su edad es considerada Albiana Inferior, Medio y Superior, en base a amonitas halladas en la sección tipo. Etayo (1968), le asigna edad Albiana Media a Superior en la región de Villa de Leiva.

La Formación Simití muestra características de un ambiente de depositación marina poco profunda de facies más litoral. Ulloa y Rodriguez, 1979, la correlacionan con la Formación Une.

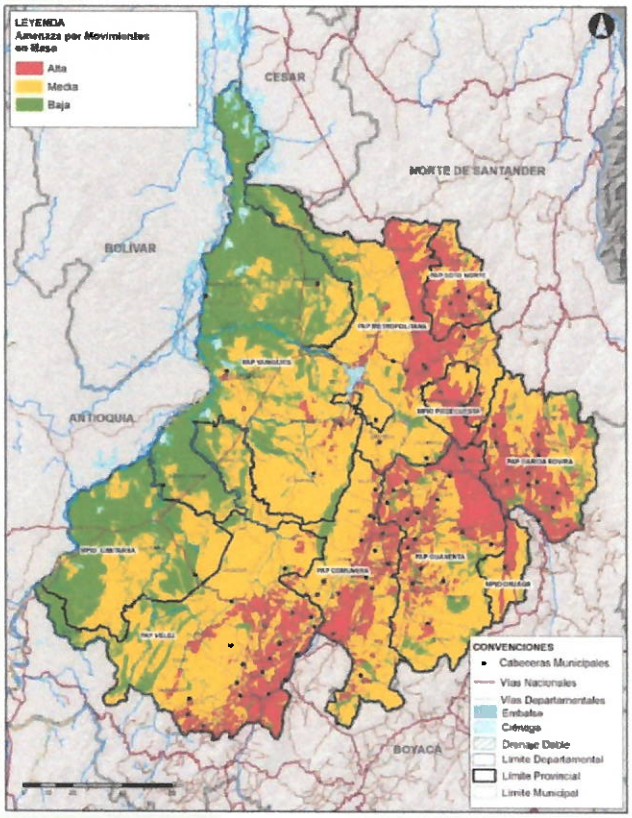



*Ilustración 10: Mapa de susceptibilidad a fenómenos de movimientos en masa en el departamento de Santander. cartografía Amenaza Departamental para los Principales Escenarios de Riesgo (2019). Fuente: DGRD*

El proyecto se encuentra en una zona de amenaza alta de movimientos en masa, debido a la formación geológica presente, la cual es susceptible a este tipo de fenómenos.



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

# 5. SISMICIDAD

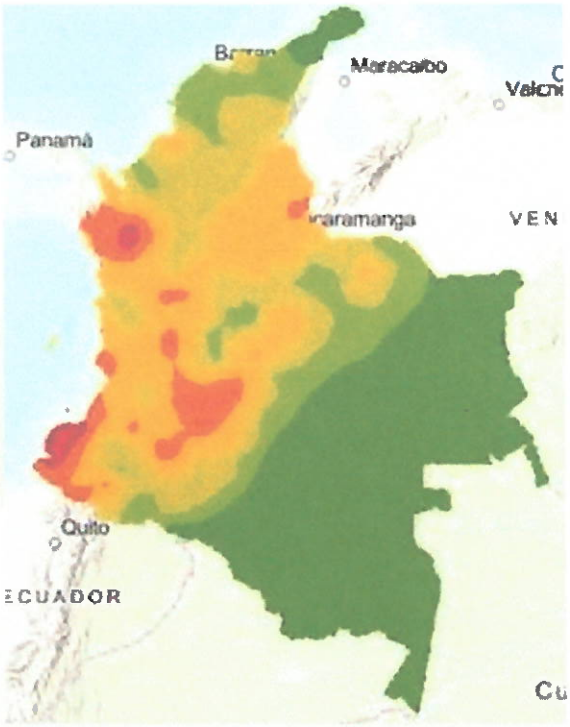



*Ilustración 11: Mapa de actividad sísmica en Colombia.*

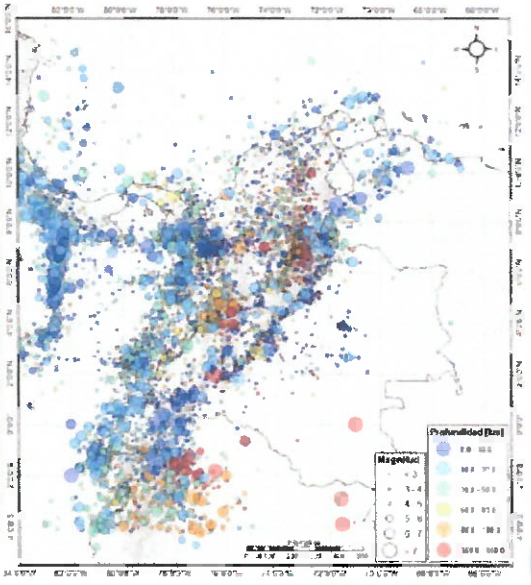


*Ilustración 12: Actividad sísmica histórica en Colombia.*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

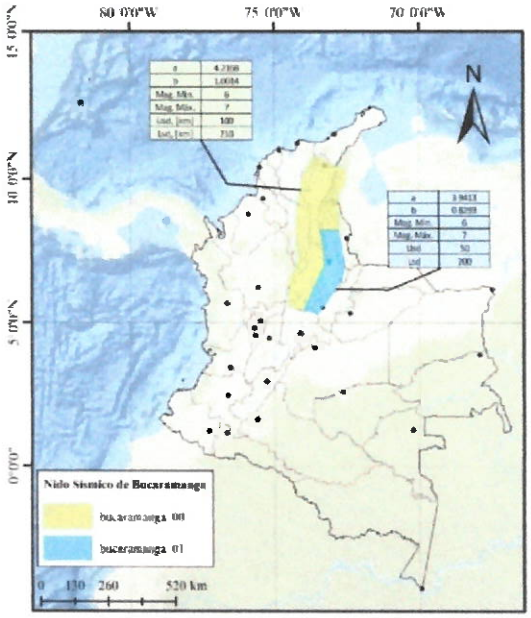



*Ilustración 13: Actividad sísmica principal en Santander.*

El área se encuentra localizada cerca al denominado Nido Sísmico de Bucaramanga, región que se destaca por eventos sísmicos diarios concentrados en esta zona. Este se reconoce por concentraciones de sismos muy profundos entre los 100 y 200 km de profundidad y es reconocido mundialmente por ser una de las regiones con más eventos sísmicos localizada al norte del continente americano. Es por esta razón que los municipios cercanos como Málaga y Concepción presentan una amenaza alta y sumado a esto la alta complejidad estructural que domina el Macizo de Santander en la Cordillera Oriental gracias a la interacción de las placas Nazca, Caribe y Continental.

El centro del nido se encuentra a unos 50 km de Bucaramanga, en el corazón del Cañón del Río Chicamocha entre los poblados de Umpala y Cepitá, cuyo hipocentro se ubica aproximadamente a 150 km de profundidad.

## 6. EXPLORACIÓN GEOTECNICA Y CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

La exploración realizada para confirmar los resultados previos se hizo de dos formas diferentes, mediante equipo de SPT, ensayo de penetración estándar SPT de acuerdo con la norma I.N.V.E-111-13, de igual manera se realizó exploración geofísica consistente en ensayos de refracción sísmica y MASW, a fin de confirmar los resultados obtenidos con anterioridad.



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

De tal manera que se realizaron cuatro sondeos SPT, tres en una zona con poca exploración anterior en la vereda la chapa y uno en la vereda La Ensillada, así como una línea de prospección geofísica en cada sitio critico orientadas de manera perpendicular a la vía.

## 6.1. SONDEOS SPT

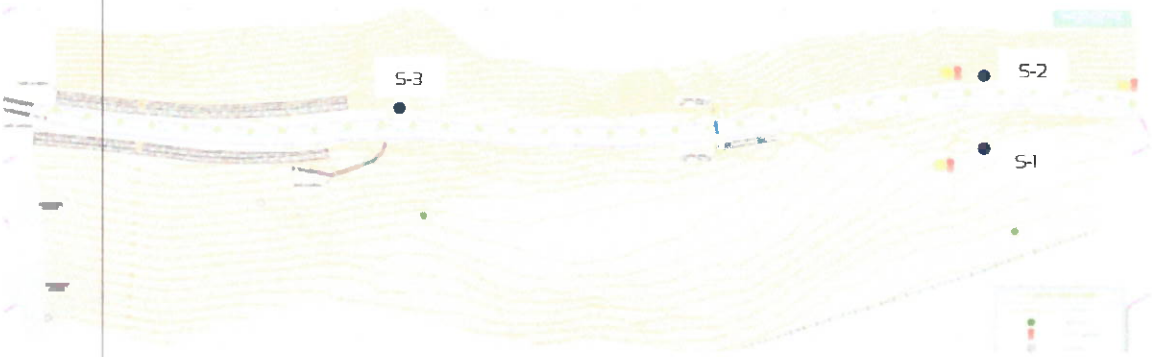



*Ilustración 14: Ubicación Sondeos S1-S3 SPT (La Chapa)*

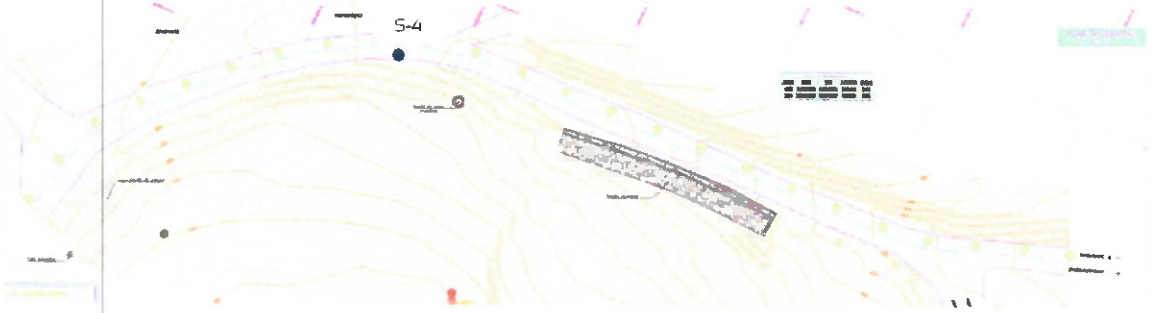



*Ilustración 15: Ubicación Sondeo S4 SPT (La Ensillada)*

Para la realización de la exploración se usó un equipo manual de muestreo en el sitio, ensayo de penetración estándar SPT de acuerdo con la norma I.N.V.E-111-13.

Esta técnica se emplea para recuperar muestras alteradas de suelo, las cuales permiten identificar tipos de suelo y definir estratigrafía; ya en el laboratorio, se logra la identificación de propiedades índice como contenido de humedad, límites de Atterberg, entre otros.

El muestreador de tubo partido consiste en un tramo de acero en cuyo extremo se acopla una zapata afilada del mismo material. El tubo está cortado longitudinalmente para facilitar la observación y recuperación de la muestra.



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

Las dimensiones del muestreador utilizado para el sondeo SPT se muestran en la Figura

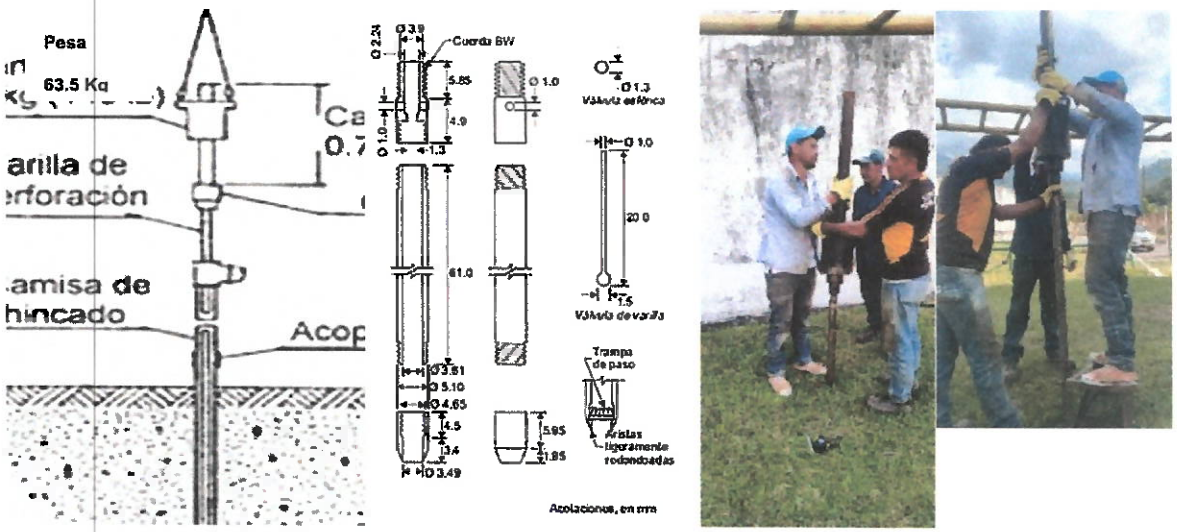



Ilustración 16: Equipo ensayo SPT – Standard Penetration Test

Aparte del muestreador estándar, la ejecución de un SPT requiere la utilización del siguiente equipo:

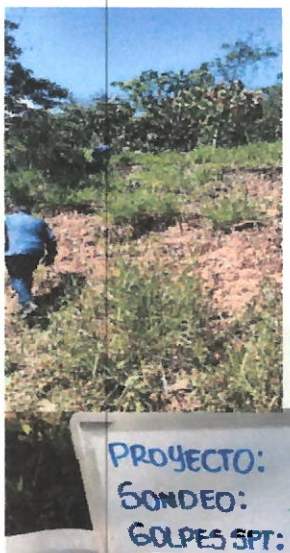
1. Columna de Barras: El muestreador se acopla en la parte inferior de una columna de barras de acero AW.
2. Pesa de Golpeo: El muestreador se hinca mediante el golpeo de una pesa estandarizada de 63.5 Kg con una caída de 76 centímetros. Tiene además una varilla guía por medidas de seguridad.

En caso de que se alcancen 45 golpes o más sumando las dos últimas lecturas, se debe suspender la prueba, pues en teoría se altera demasiado el suelo, y dicho valor se encuentra por fuera de rango en las correlaciones más usadas, por lo tanto, se considera rechazo.



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

### 6.1.1. Sondeo 1





















cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182




Ilustración 17: Muestras Sondeo 1

**REGISTRO DE PERFORACIÓN SONDEOS**
**STANDARD PENETRATION TEST - NORMA I.N.V. E-111-13**

**PROYECTO** GAVIONES LA CHAPA

**FECHA** jul-23

**SONDEO #** 1

LUIS ALBERTO CERVERA TERÁN
Ingeniero Civil
MSc Ingeniería Estructural
Esp Geotecnia Ambiental
Movil +57 311 8119124

| N.F. | PROF[m] | | RECUP[cm] | GOLPES ENSAYO SPT | | | | DESCRIPCIÓN | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0" - 6" | 6" - 12" | 12" - 18" | N | | |
| | 0.00 | 0.45 | 25 | 1 | 1 | 3 | 4 | | Limo arenoso |
| | 0.45 | 0.90 | 35 | 1 | 2 | 2 | 4 | | Limo arenoso |
| | 0.90 | 1.35 | 45 | 2 | 3 | 3 | 6 | | Limo arenoso |
| | 1.35 | 1.80 | 45 | 2 | 2 | 3 | 5 | | Limo arenoso |
| | 1.80 | 2.25 | 45 | 3 | 3 | 3 | 6 | | Limo arenoso |
| | 2.25 | 2.70 | 45 | 4 | 4 | 4 | 8 | | Limo arenoso |
| | 2.70 | 3.15 | 45 | 3 | 4 | 11 | 15 | | Limo arenoso / Lutita |
| | 3.15 | 3.60 | 45 | 10 | 26 | R | 50 | | Lutita |
| | | | | | | | | | |

*Tabla 2: Registro de perforación Sondeo 1*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

### 6.1.2.Sondeo 2




*Ilustración 18: Muestras Sondeo 2*

**STANDARD PENETRATION TEST - NORMA I.N.V. E-111-13**

**PROYECTO** GAVIONES LA CHAPA

**FECHA** jul-23

**SONDEO #** 2

LUIS ALBERTO CERVERA TERÁN
Ingeniero Civil
MSc. Ingeniería Estructural
Esp. Geotecnia Ambiental
Movil +57-311-8119124

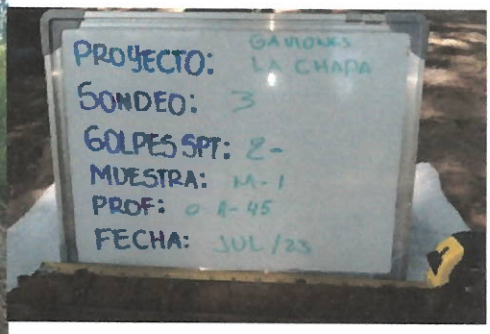
| N.F. | PROF[m] | | RECUP[cm] | GOLPES ENSAYO SPT | | | | DESCRIPCIÓN | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0" - 6" | 6" - 12" | 12" - 18" | N | | |
| | 0.00 | 0.45 | 45 | 6 | 8 | 10 | 18 | | Limo arenoso |
| | 0.45 | 0.90 | 45 | 6 | 9 | 12 | 21 | | Limo arenoso |
| | 0.90 | 1.35 | 35 | 17 | 22 | R | 50 | | Limo arenoso Lutita |
| | | | | | | | | | |

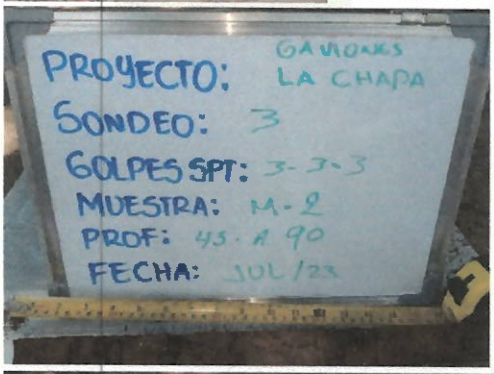
*Tabla 3: Registro de perforación Sondeo 2*

### 6.1.3. Sondeo 3

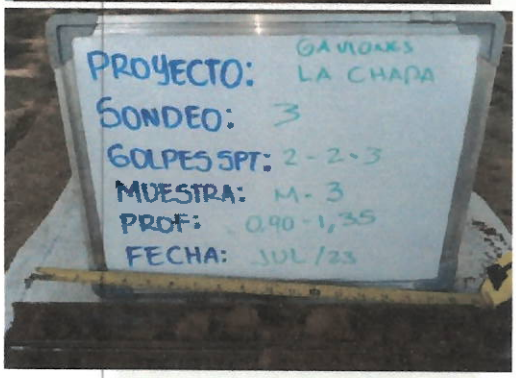





PROYECTO: GAVIONES LA CHAPA
SONDEO: 3
GOLPES SPT: 2-
MUESTRA: M-1
PROF: 0 A 45
FECHA: JUL/23


PROYECTO: GAVIONES LA CHAPA
SONDEO: 3
GOLPES SPT: 3-3-3
MUESTRA: M-2
PROF: 45 A 90
FECHA: JUL/23


PROYECTO: GAVIONES LA CHAPA
SONDEO: 3
GOLPES SPT: 2-3-5
MUESTRA: M-3
PROF: 1.35 -A 18
FECHA: JUL/23


PROYECTO: GAVIONES LA CHAPA
SONDEO: 3
GOLPES SPT: 2-2-3
MUESTRA: M-3
PROF: 0,90-1,35
FECHA: JUL/23

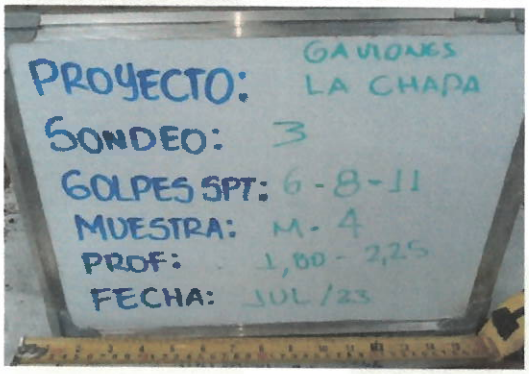

PROYECTO: GAVIONES LA CHAPA
SONDEO: 3
GOLPES SPT: 6-8-11
MUESTRA: M-4
PROF: 1,80 - 2,25
FECHA: JUL/23




*Ilustración 19: Muestras Sondeo 1*

**STANDARD PENETRATION TEST - NORMA I.N.V. E-111-13**

**PROYECTO** GAVIONES LA CHAPA

**FECHA** jul-23

**SONDEO #** 3

LUIS ALBERTO CERVERA TERÁN
Ingeniero Civil
MSc. Ingeniería Estructural
Esp. Geotecnia Ambiental
Movil: +57 316 8119124

| N.F. | PROF[m] | | RECUP[cm] | GOLPES ENSAYO SPT | | | | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0" - 6" | 6" - 12" | 12" - 18" | N | |
| | 0.00 | 0.45 | 45 | 2 | 2 | 2 | 4 | Relleno Antrópico |
| | 0.45 | 0.90 | 45 | 3 | 3 | 3 | 6 | Relleno Antrópico |
| | 0.90 | 1.35 | 45 | 2 | 2 | 3 | 5 | Relleno Antrópico |
| | 1.35 | 1.80 | 45 | 2 | 3 | 5 | 8 | Relleno Antrópico |
| | 1.80 | 2.25 | 45 | 6 | 8 | 11 | 19 | Relleno Antrópico |
| | 2.25 | 2.70 | 45 | 10 | 10 | 11 | 21 | Limo arenoso |
| | 2.70 | 3.15 | 45 | 12 | 16 | 22 | 38 | Limo arenoso |
| | 3.15 | 3.60 | 46 | 12 | 14 | 20 | 34 | Limo arenoso |
| | 3.60 | 4.30 | 47 | 12 | 14 | 26 | 40 | Limo arenoso / Lutita |
| | | | | | | | | |

*Tabla 4: Registro de perforación Sondeo 3*

### 6.1.4. Sondeo 4




Ilustración 20: Muestras Sondeo 4



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

**STANDARD PENETRATION TEST - NORMA I.N.V. E-111-13**

**PROYECTO** GAVIONES LA ENSILLADA

**FECHA** jul-23

**SONDEO #** 4

LUIS ALBERTO CERVERA TERÁN
Ingeniero Civil
MSc Ingeniería Estructural
Esp Geotecnia Ambiental
Movil +57 311 8119124

| N.F. | PROF[m] | | RECUP[cm] | GOLPES ENSAYO SPT | | | | DESCRIPCIÓN | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0" - 6" | 6" - 12" | 12" - 18" | N | | |
| | 0.00 | 0.45 | 45 | 2 | 2 | 5 | 7 | | Limo arenoso |
| | 0.45 | 0.90 | 45 | 8 | 8 | 8 | 16 | | Limo arenoso |
| | 0.90 | 1.35 | 45 | 8 | 8 | 8 | 16 | | Limo arenoso |
| | 1.35 | 1.80 | 45 | 4 | 11 | 11 | 22 | | Limo arenoso |
| | 1.80 | 2.25 | 45 | 8 | 10 | 10 | 20 | | Limo arenoso / Lutita |
| | 2.25 | 2.70 | 45 | 18 | 25 | R | 50 | | Lutita |
| | | | | | | | | | |

*Tabla 5: Registro de perforación Sondeo 2*

## 6.2. Exploración Geofísica

Se realizaron ensayos de geofísica en las dos zonas, para determinar caracterización del suelo y parámetros geomecánicos del material presente, la importancia de esta exploración se centra en verificar el espesor de los estratos y obtener una estimación de la compacidad que ayudará a evidenciar la naturaleza del movimiento que se presenta en el sitio.

Los ensayos realizados fueron: Refracción sísmica (2), Tomografía sísmica (2), Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM 1D (2).

El trabajo de campo para los ensayos MASW-MAM 1D se utilizó con un sismógrafo de última generación y 24 geófonos, sin embargo, la cantidad de geófonos puede variar dependiendo de la profundidad de estudio que se requiera. Mediante un equipo procesador electrónico digital se registran las diferentes frecuencias generadas por los elementos vibradores, y se obtiene la curva de dispersión que asocia la velocidad con la frecuencia y la longitud de onda, la cual refleja las condiciones de rigidez del sitio, la estratigrafía y posibles anomalías en la compactación del suelo.

Después de obtener la curva de dispersión característica del sitio se calculan los perfiles de velocidad de onda de corte (Vs30) derivados del proceso de inversión de las curvas de dispersión, los cuales se utilizarán como complemento a la exploración geotécnica realizada y permitirán definir el tipo de perfil de suelo de acuerdo con el criterio definido por la norma CCP-14.

Conocidas las velocidades de corte (Vs), calculadas las compresionales (Vp) y las densidades (d) de los diferentes estratos que componen el subsuelo (los cuales se pueden obtener de ensayos de laboratorio o a partir de las velocidades compresionales) y dadas las



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

relaciones matemáticas expresadas a continuación es posible calcular los módulos de Elasticidad (E), de Corte máximo (Go), de deformación Volumétrica (K).




*Ilustración 21: Imagen Satelital Líneas de exploración geofísica, La Chapa y La Ensillada*

### 6.2.1. Resultados exploración geofísica

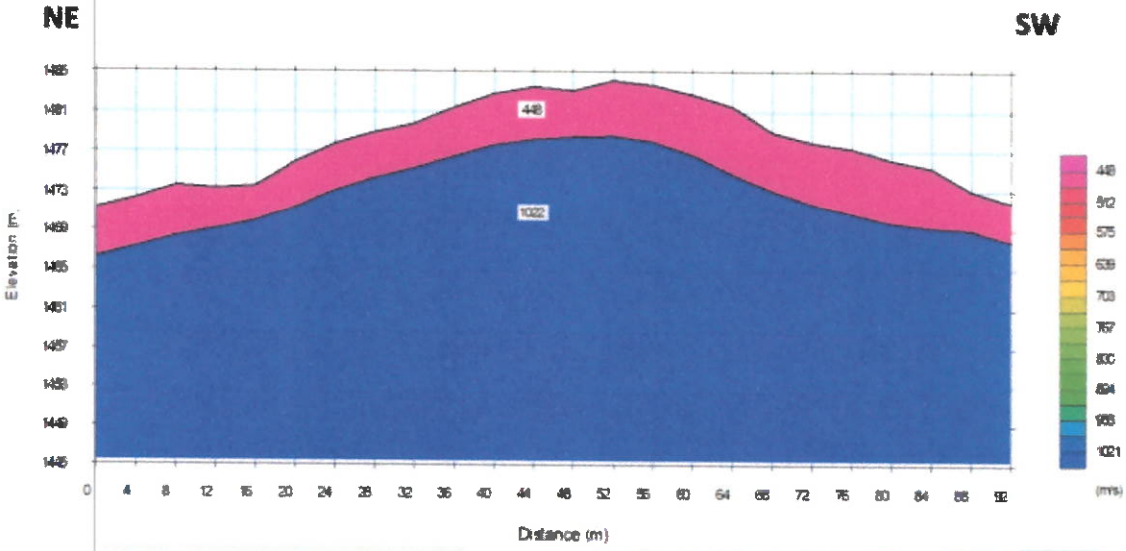



*Ilustración 22: Ensayo de refracción sísmica La chapa*

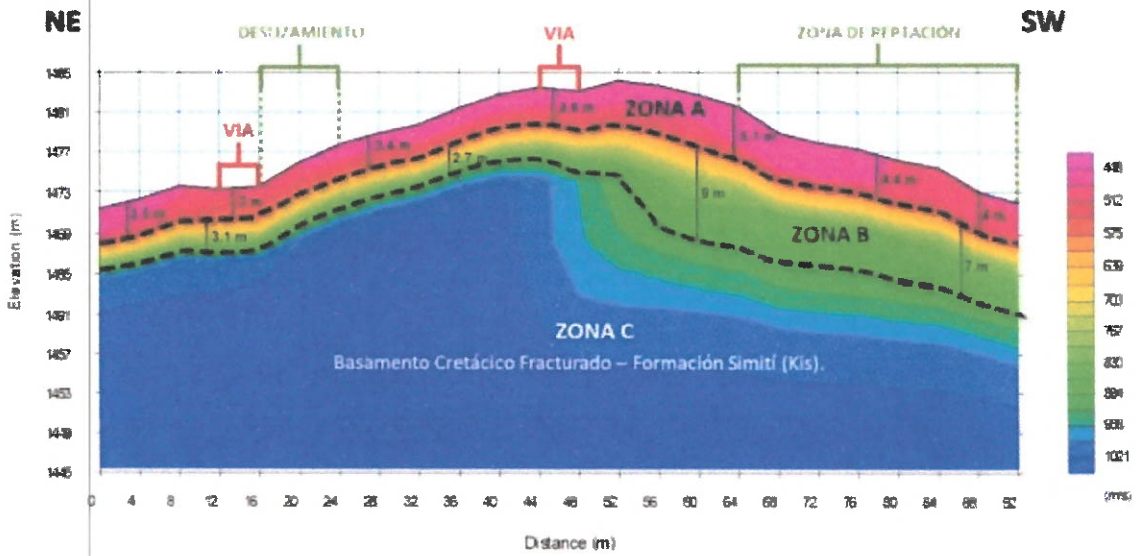



*Ilustración 23: Ensayo tomografía 2D La Chapa*

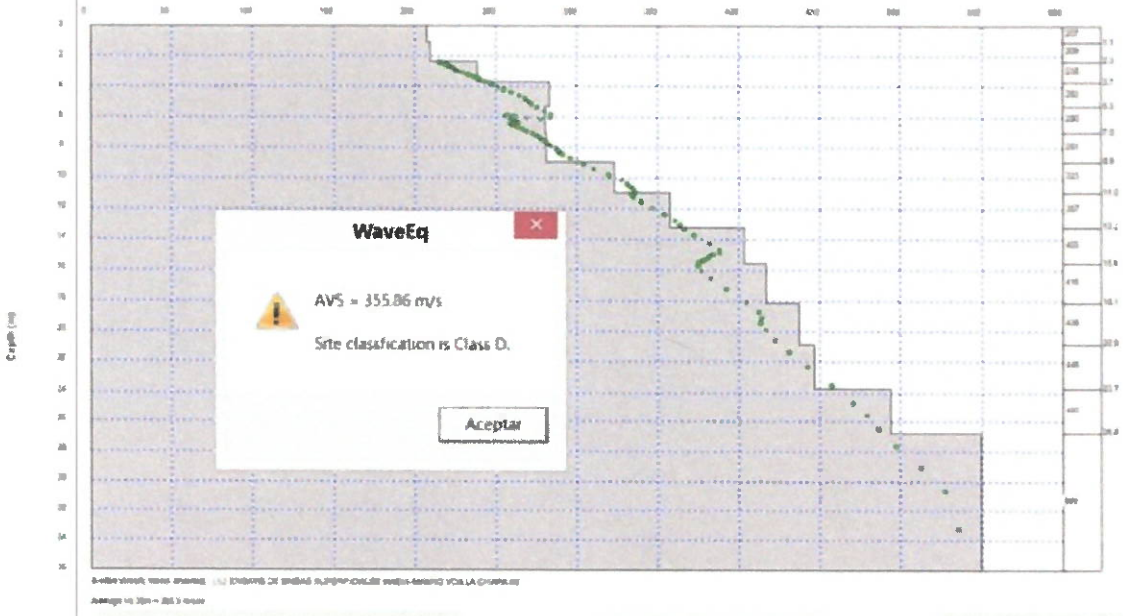



*Ilustración 24: Ensayo MASW 1D La Chapa*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

| TABLA DE DATOS - ENSAYO DE ONDAS SUPERCIALES MASW-MAM 1D - LS2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Depth (m) | S-wave velocity (m/s) | P-wave velocity (m/s) | Density (Ton/m3) | N | Relacion de Poisson v | Mòdulo de Corte G (MPa) | Mòdulo de Elasticidad Ed (MPa) | Deformación K (MPa) | Qadm (Ton/m2) |
| 0.00 | 207.28 | 414.57 | 1.41 | 11.23 | 0.33 | 61 | 161 | 161 | 7.30 |
| 1.07 | 209.35 | 418.69 | 1.41 | 11.59 | 0.33 | 62 | 165 | 165 | 7.38 |
| 2.31 | 238.49 | 476.99 | 1.43 | 17.55 | 0.33 | 81 | 217 | 217 | 8.54 |
| 3.71 | 283.41 | 566.81 | 1.47 | 30.40 | 0.33 | 118 | 314 | 314 | 10.38 |
| 5.27 | 280.42 | 560.84 | 1.46 | 29.40 | 0.33 | 115 | 307 | 307 | 10.26 |
| 7.01 | 281.08 | 562.16 | 1.46 | 29.62 | 0.33 | 116 | 308 | 308 | 10.29 |
| 8.90 | 323.32 | 646.65 | 1.49 | 46.26 | 0.33 | 156 | 417 | 417 | 12.08 |
| 10.96 | 357.22 | 714.44 | 1.52 | 63.54 | 0.33 | 194 | 517 | 517 | 13.57 |
| 13.19 | 403.33 | 806.66 | 1.55 | 93.54 | 0.33 | 253 | 674 | 674 | 15.66 |
| 15.58 | 416.67 | 833.34 | 1.56 | 103.75 | 0.33 | 271 | 723 | 723 | 16.27 |
| 18.13 | 436.67 | 873.35 | 1.58 | 120.46 | 0.33 | 301 | 802 | 802 | 17.21 |
| 20.85 | 446.01 | 892.02 | 1.58 | 128.86 | 0.33 | 315 | 840 | 840 | 17.65 |
| 23.74 | 493.33 | 986.66 | 1.62 | 177.65 | 0.33 | 393 | 1049 | 1049 | 19.93 |
| 26.79 | 549.39 | 1098.77 | 1.65 | 250.28 | 0.33 | 499 | 1332 | 1332 | 22.73 |
| 36.43 | 602.54 | 1958.82 | 1.93 | 335.86 | 0.45 | 701 | 2029 | 6470 | 29.07 |

*Tabla 6: Determinación de velocidades de onda cortante Vs La Chapa*

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales MASW-MAMID LS2 el suelo presenta superficialmente una velocidad de onda de corte (Vs) de 207.28 m/s, las cuales varían a medida que su profundidad es mayor hasta alcanzar una velocidad de Onda de Corte (Vs) de 602.54 m/s a 36.43 metros de profundidad.

La velocidad de onda de corte promedio (Vs30) para el perfil sísmico LS2 es de 355.86 m/s, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante (Vs30) (perfil TIPO D).

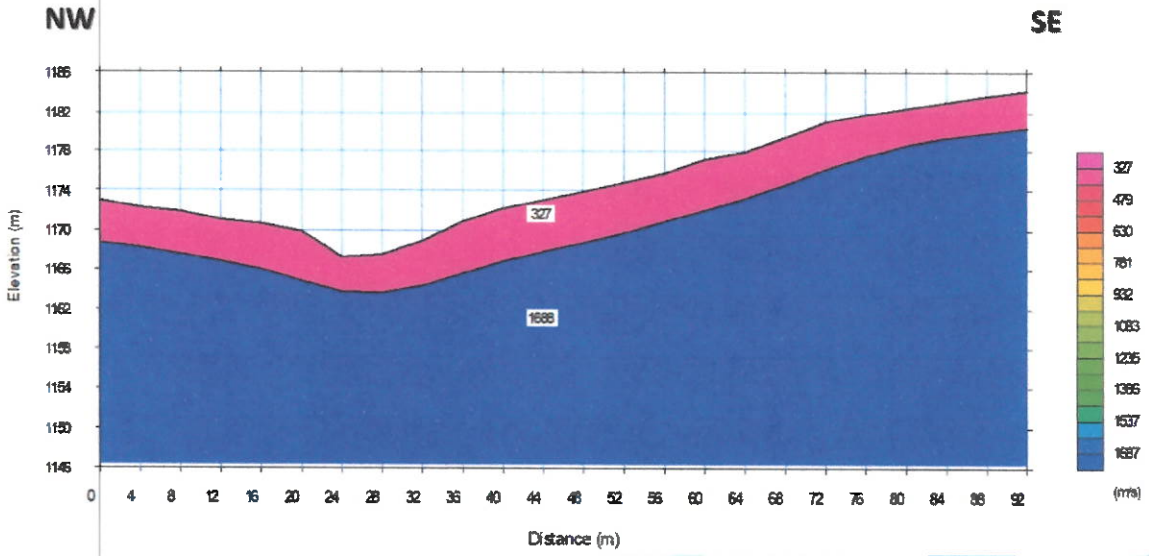



*Ilustración 25: Ensayo de refracción sísmica La Ensillada*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

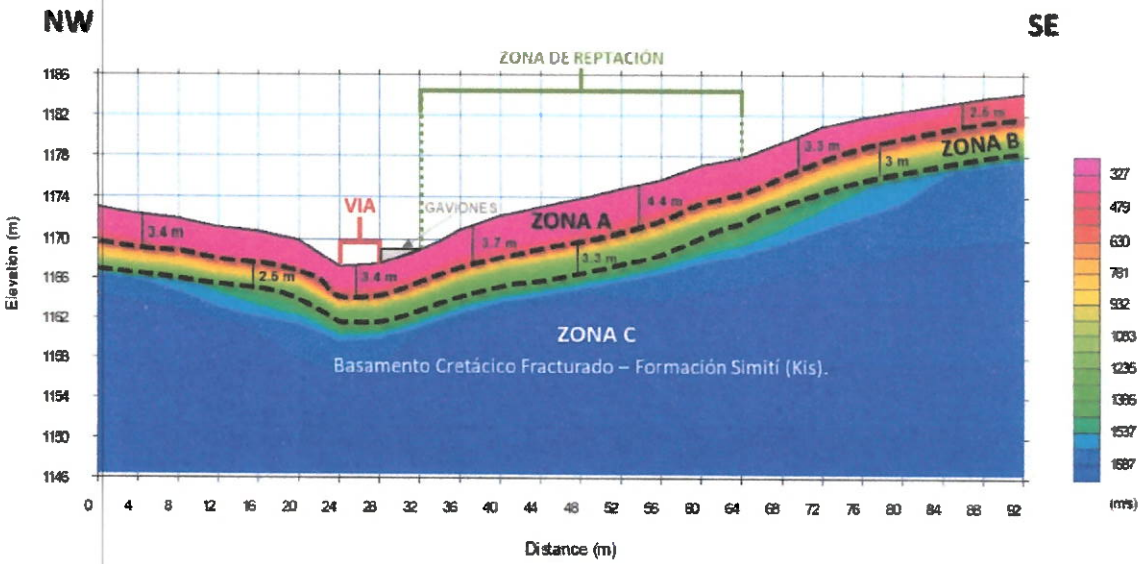



*Ilustración 26: Ensayo tomografía 2D La Ensillada*

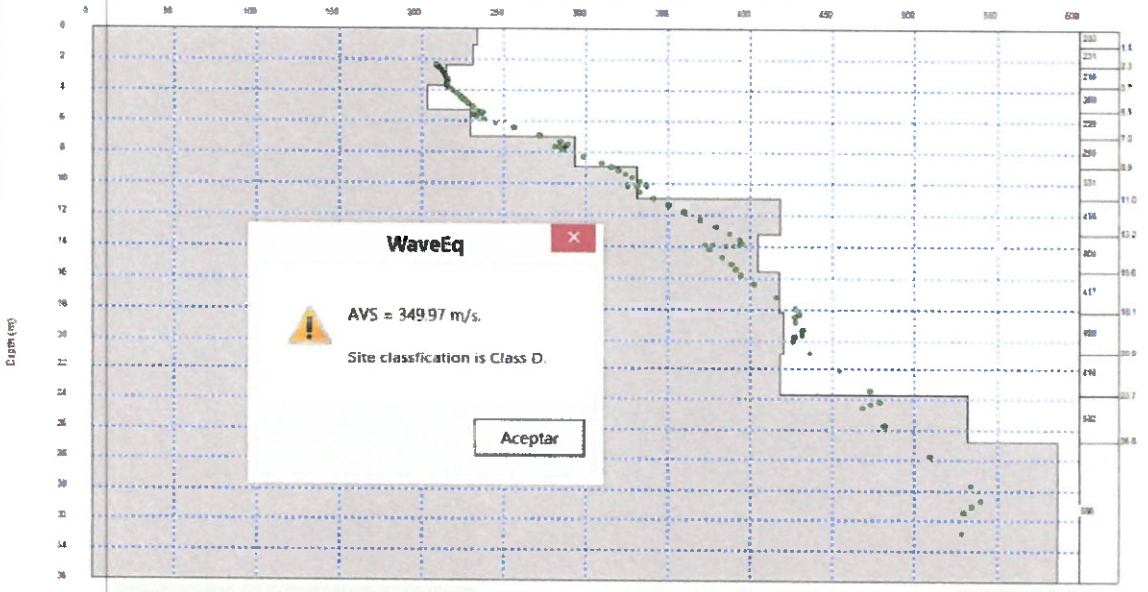



*Ilustración 27: Ensayo MASW 1D La Ensillada*

| TABLA DE DATOS - ENSAYO DE ONDAS SUPERCIALES MASW-MAM 1D - LS1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Depth (m) | S-wave velocity (m/s) | P-wave velocity (m/s) | Density (Ton/m3) | N | Relacion de Poisson v | Mòdulo de Corte G (MPa) | Mòdulo de Elasticidad Ed (MPa) | Deformación K (MPa) | qadm (Ton/m2) |
| 0.00 | 233.58 | 467.16 | 1.43 | 16.42 | 0.33 | 78 | 208 | 208 | 8.34 |
| 1.07 | 231.48 | 462.95 | 1.43 | 15.96 | 0.33 | 76 | 204 | 204 | 8.26 |
| 2.31 | 215.21 | 430.42 | 1.41 | 12.65 | 0.33 | 66 | 175 | 175 | 7.61 |
| 3.71 | 203.43 | 406.85 | 1.41 | 10.58 | 0.33 | 58 | 155 | 155 | 7.15 |
| 5.27 | 229.89 | 459.78 | 1.43 | 15.61 | 0.33 | 75 | 201 | 201 | 8.19 |
| 7.01 | 293.63 | 587.27 | 1.47 | 34.04 | 0.33 | 127 | 339 | 339 | 10.81 |
| 8.90 | 331.03 | 662.06 | 1.50 | 49.86 | 0.33 | 164 | 438 | 438 | 12.42 |
| 10.96 | 418.13 | 836.27 | 1.56 | 104.92 | 0.33 | 273 | 729 | 729 | 16.34 |
| 13.19 | 404.43 | 808.85 | 1.55 | 94.35 | 0.33 | 254 | 678 | 678 | 15.71 |
| 15.58 | 417.16 | 834.33 | 1.56 | 104.14 | 0.33 | 272 | 725 | 725 | 16.30 |
| 18.13 | 420.25 | 840.50 | 1.56 | 106.62 | 0.33 | 276 | 737 | 737 | 16.44 |
| 20.85 | 418.45 | 836.90 | 1.56 | 105.17 | 0.33 | 274 | 730 | 730 | 16.35 |
| 23.74 | 532.31 | 1064.62 | 1.64 | 226.34 | 0.33 | 466 | 1241 | 1241 | 21.87 |
| 26.79 | 586.53 | 1173.06 | 1.68 | 308.26 | 0.33 | 578 | 1541 | 1541 | 24.63 |
| 36.43 | 639.83 | 2000.21 | 1.94 | 406.64 | 0.44 | 795 | 2294 | 6709 | 31.06 |

*Tabla 7: Determinación de velocidades de onda cortante Vs La Ensillada*

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales MASW-MAMID LSI el suelo presenta superficialmente una velocidad de onda de corte (Vs) de 233.58 m/s, las cuales varían a medida que su profundidad es mayor hasta alcanzar una velocidad de Onda de Corte (Vs) de 639.83 m/s a 36.43 metros de profundidad.

La velocidad de onda de corte promedio (Vs30) para el perfil sísmico LSI es de 349.97 m/s, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante (Vs30) (perfil TIPO D).

### 6.2.2. Análisis y Correlación de los resultados

| Soil and Rock type | $V_P$ m/s | $V_S$ m/s | ρ g/cm³ | $q_a$ kg/cm² |
|---|---|---|---|---|
| Gabro | 4500-6000 | 2700-4000 | 3.2-3.5 | 51.4-93 |
| Granite | 3300-5640 | 2000-3760 | 2.9-3.4 | 36-86 |
| Schist | 3200-5200 | 1454-3500 | 2.7-3.4 | 18-67 |
| Limestone | 1200-6190 | 600-3350 | 2.2-3.33 | 65-60 |
| Mudstone | 600-1900 | 300-700 | 1.8-2.26 | 2.8-5.8 |
| Dilluvial gravel | 900-2200 | 250-600 | 1.75-2.2 | 1.2-3.6 |
| Gravel.dry sand | 500-1000 | 200-300 | 1.7-1.8 | 1.3-1.6 |
| Loose sand | 600-1800 | 150-500 | 1.5-2 | 0.6-2.9 |
| Aluvial gravel | 400-1900 | 100-430 | 1.4-2 | 0.4-1.9 |
| Dilluvial clay | 500-1800 | 100-350 | 1.4-1.9 | 0.3-1.3 |
| Alluvial clay | 210-600 | 70-150 | 1.3-1.5 | 0.3-0.6 |

*Tabla 8: Caracterización típica de suelos según las velocidades de onda cortante obtenidas – Fuente NEHRP - National Earthquake Hazards Reduction Program*

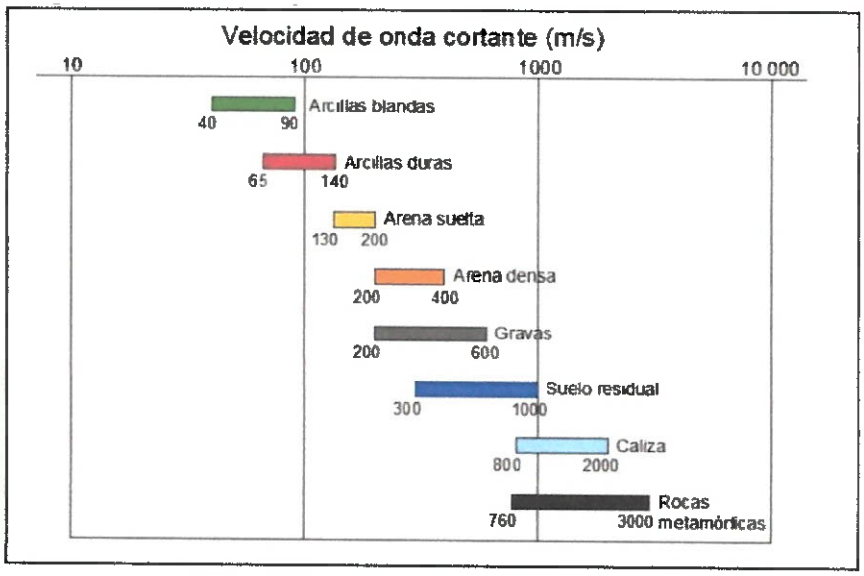



*Ilustración 28: Valores típicos Vs, en diferentes tipos de suelo, Fuente NEHRP - National Earthquake Hazards Reduction Program*

| Parámetro geomecánico | Autor | Unidad | Correlación | Tipo de subsuelo |
|---|---|---|---|---|
| Peso unitario (Yt) | Kaptan (2014) | (KN/m³) | $\gamma = 4.3(V_s^{0.25})$ | Granular |
| | Gomez y Tobón (2017) | (KN/m³) | $\gamma = \frac{875.91 + (V_s)}{67.683}$ | Todo tipo |
| | Larriva & Muñoz (2018) | (Kg/m³) | $\gamma = 1.854(V_s) + 1125.4$ | Cohesivo |
| Ángulo de fricción (ϕ) | I.G. Mindel (2002) (Ref. Naranjo H. 2010) | Grados (°) | $\varphi = \frac{9.17}{\sqrt{\frac{V_P}{V_S} - 1.41}} + 16$ | Todo tipo |
| | Gomez y Tobón (2017) | | $\varphi = \frac{(V_s) - 102.64}{4.3339}$ | Todo tipo |
| | Aristizábal J. et al. (2017) | | $\varphi = 50.866\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^{-1.35}$ | Todo tipo |
| Cohesión (c) | I.G. Mindel (2002) (Ref. Naranjo H. 2010) | (Kg/cm²) | $c = \frac{0.554}{\sqrt{\frac{V_P}{V_S} - 1.41}} - 0.073$ | Todo tipo |
| | Gomez y Tobón (2017) | KPa | $c = \frac{(V_s) - 181.59}{3.9265}$ | Todo tipo |
| | Aristizábal J. et al. (2017) | (Kg/cm²) | $c = 1.1395\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^{-2.383}$ | Todo tipo |
| Módulo de elasticidad (E) | Kramer (1996) | Mpa | $E = \left(\frac{\gamma}{g}\right)\left[3(V_P)^2 - \frac{(V_P)^4}{(V_P - V_S)^2}\right]$ | Todo tipo |
| | I.G. Mindel (2002) (Ref. Naranjo H. 2010) | (Kg/cm²) | $E = 1.5175 * V_s - 189$ | Todo tipo |
| | Perez I. et al. (2012) | Mpa | $E = 1.8(10^{-3})(Vs^{2.17})$ | Todo tipo |
| | Pereira M. et al. (2018) | Mpa | $E = 0.2(V_P)^{0.25}(V_S)^2\left[\frac{3(V_P)^2 - 4(V_S)^2}{(V_P)^2 - (V_S)^2}\right]$ | Todo tipo |

*Tabla 9: Correlaciones para obtener parámetros geomecánicos – Fuente: Autor*

### 6.2.2.1. Correlaciones Sector La Chapa

**PARA EL MANTO 1 PROF = 0 - 3.5 m**

$Vs := 207.28$ m/s  $Vp := 2 \cdot Vs = 414.56$ m/s  $\gamma := \frac{(875.21 + Vs)}{67.683} = 15.994$ kN/m3

Densidad  $\rho := \frac{\gamma}{9.81} = 1.63$  $G := \frac{\rho}{1000} \cdot Vs^2 = 70.047$ mPa

$\phi := \frac{(Vs - 102.64)}{4.3339} = 24.1$  $c := \frac{(Vs - 181.59)}{3.9265} = 6.54$ kN/m2

$$\nu := \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2 \cdot \left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2} \quad \nu = 0.333$$

$E := 2\,G \cdot (1 + \nu) = 186.8$ mPa

$Eoed := \frac{(1+\nu) \cdot E}{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot (1 + \nu)} = 560.377$ mPa  $qa := (0.0025 \cdot \gamma \cdot Vs) = 8.288$ Ton/m2

**PARA EL MANTO 2 PROF = 3.5 - 6.5 m**

$Vs := 280.42$ m/s  $Vp := 2 \cdot Vs = 560.84$ m/s  $\gamma := \frac{(875.21 + Vs)}{67.683} = 17.074$ kN/m3

Densidad  $\rho := \frac{\gamma}{9.81} = 1.74$  $G := \frac{\rho}{1000} \cdot Vs^2 = 136.864$ mPa

$\phi := \frac{(Vs - 102.64)}{4.3339} = 41$  $c := \frac{(Vs - 181.59)}{3.9265} = 25.17$ kN/m2

$$\nu := \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2 \cdot \left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2} \quad \nu = 0.333$$

$E := 2\,G \cdot (1 + \nu) = 365$ mPa

$Eoed := \frac{(1+\nu) \cdot E}{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot (1 + \nu)} = 1094.909$ mPa  $qa := (0.0025 \cdot \gamma \cdot Vs) = 11.97$ Ton/m2

**PARA EL MANTO 3 PROF = > 6.5 m**

$Vs := 447$ m/s $\quad Vp := 2 \cdot Vs = 894$ m/s $\quad \gamma := \frac{(875.21 + Vs)}{67.683} = 19.535$ kN/m3

Densidad $\rho := \frac{\gamma}{9.81} = 1.991$ $\quad G := \frac{\rho}{1000} \cdot Vs^2 = 397.894$ mPa

$\phi := \frac{(Vs - 102.64)}{4.3339} = 79.5$ $\quad c := \frac{(Vs - 181.59)}{3.9265} = 67.59$ kN/m2

$\nu := \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2 \cdot \left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}$ $\quad \nu = 0.333$ $\quad E := 2\,G \cdot (1 + \nu) = 1.1 \cdot 10^3$ mPa

$Eoed := \frac{(1+\nu) \cdot E}{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot (1 + \nu)} = 3183.148$ mPa $\quad qa := (0.0025 \cdot \gamma \cdot Vs) = 21.831$ Ton/m2

### 6.2.2.2. Correlaciones Sector La Ensillada

**PARA EL MANTO 1 PROF = 0 - 4.0 m**

$Vs := 203$ m/s $\quad Vp := 2 \cdot Vs = 406$ m/s $\quad \gamma := \frac{(875.21 + Vs)}{67.683} = 15.93$ kN/m3

Densidad $\rho := \frac{\gamma}{9.81} = 1.624$ $\quad G := \frac{\rho}{1000} \cdot Vs^2 = 66.919$ mPa

$\phi := \frac{(Vs - 102.64)}{4.3339} = 23.2$ $\quad c := \frac{(Vs - 181.59)}{3.9265} = 5.45$ kN/m2

$\nu := \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2 \cdot \left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}$ $\quad \nu = 0.333$ $\quad E := 2\,G \cdot (1 + \nu) = 178.4$ mPa

$Eoed := \frac{(1+\nu) \cdot E}{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot (1 + \nu)} = 535.349$ mPa $\quad qa := (0.0025 \cdot \gamma \cdot Vs) = 8.085$ Ton/m2



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

## PARA EL MANTO 2 PROF = 4 - 7 m

$Vs := 270$ m/s $\quad Vp := 2 \cdot Vs = 540$ m/s $\quad \gamma := \frac{(875.21 + Vs)}{67.683} = 16.92$ kN/m3

Densidad $\rho := \frac{\gamma}{9.81} = 1.725$ $\quad G := \frac{\rho}{1000} \cdot Vs^2 = 125.737$ mPa

$$\phi := \frac{(Vs - 102.64)}{4.3339} = 38.6 \qquad c := \frac{(Vs - 181.59)}{3.9265} = 22.52 \text{ kN/m2}$$

$$\nu := \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2 \cdot \left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2} \quad \nu = 0.333 \qquad E := 2\,G \cdot (1 + \nu) = 335.3 \text{ mPa}$$

$$Eoed := \frac{(1+\nu) \cdot E}{(1-2\cdot\nu)\cdot(1+\nu)} = 1005.898 \text{ mPa} \qquad qa := (0.0025 \cdot \gamma \cdot Vs) = 11.421 \text{ Ton/m2}$$

## PARA EL MANTO 3 PROF = > 7 m

$Vs := 446$ m/s $\quad Vp := 2 \cdot Vs = 892$ m/s $\quad \gamma := \frac{(875.21 + Vs)}{67.683} = 19.521$ kN/m3

Densidad $\rho := \frac{\gamma}{9.81} = 1.99$ $\quad G := \frac{\rho}{1000} \cdot Vs^2 = 395.816$ mPa

$$\phi := \frac{(Vs - 102.64)}{4.3339} = 79.2 \qquad c := \frac{(Vs - 181.59)}{3.9265} = 67.34 \text{ kN/m2}$$

$$\nu := \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2 \cdot \left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2} \quad \nu = 0.333 \qquad E := 2\,G \cdot (1 + \nu) = 1.1 \cdot 10^3 \text{ mPa}$$

$$Eoed := \frac{(1+\nu) \cdot E}{(1-2\cdot\nu)\cdot(1+\nu)} = 3166.525 \text{ mPa} \qquad qa := (0.0025 \cdot \gamma \cdot Vs) = 21.765 \text{ Ton/m2}$$



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

# 7. RESUMEN RESULTADOS DE LABORATORIO

**PARAMETROS GEOMECANICOS DE LABORATORIO**

**PROYECTO** GAVIONES LA CHAPA

**FECHA** jul-23

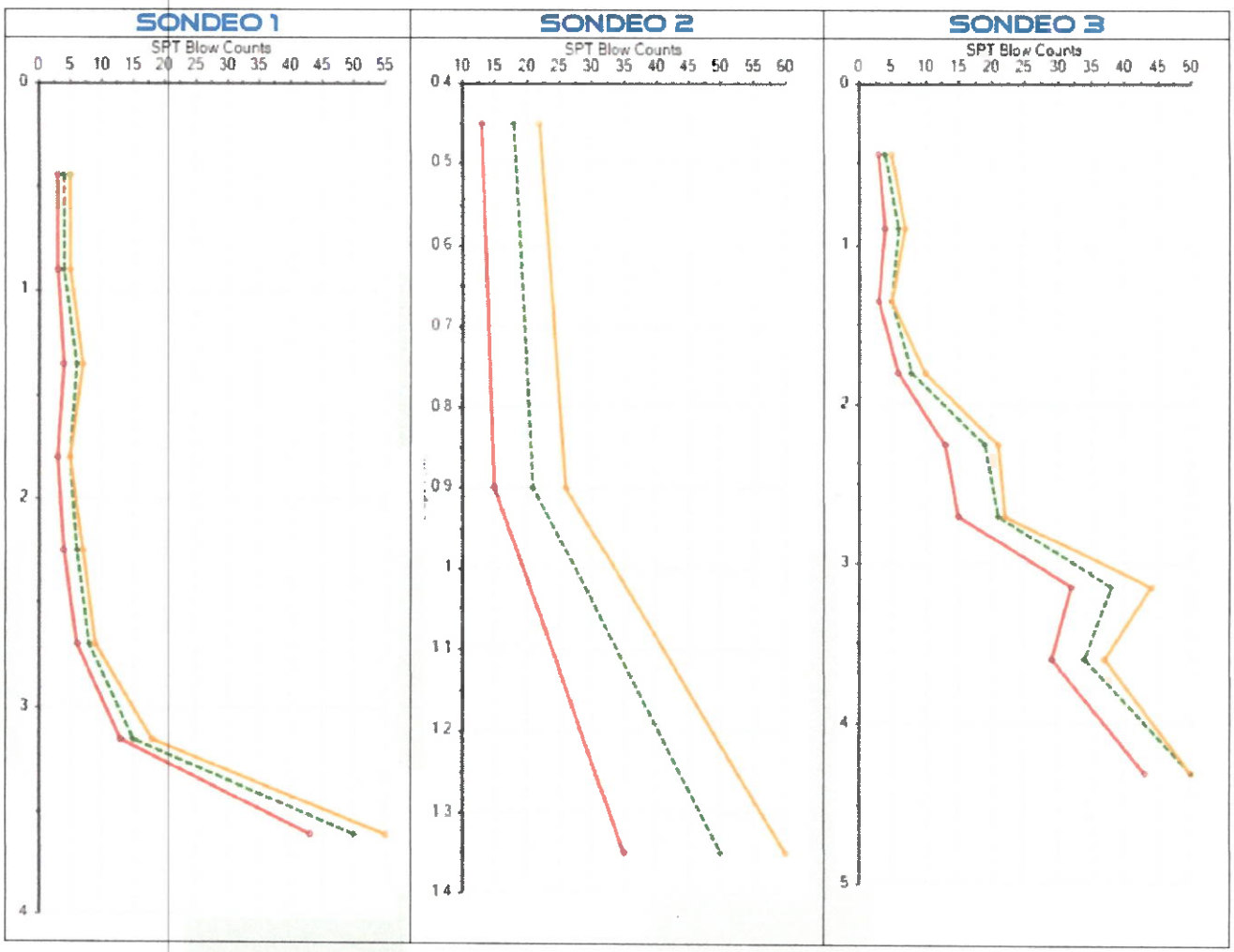
LUIS ALBERTO CERVERA TERÁN
Ingeniero Civil
MSc Ingeniería Estructural
Esp. Geotecnia Ambiental
Movil: +57 311 8316124

| | ENSAYOS DE LABORATORIO | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PROF [m] | W % | GRAVAS % | ARENAS % | FINOS % | LL % | LP % | IP % | SUCS | Φ | C kPa | qu kPa | | DESCRIPCIÓN |
| | 0 | 19.2% | 2.2% | 27.0% | 70.8% | 42.1% | 32.7% | 9.4% | ML | | | | | LIMO CON ARENA DE COLOR NARANJA Y BAJA PLASTICIDAD |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 19.9% | 3.6% | 36.3% | 60.1% | 37.1% | 27.3% | 9.8% | ML | | | | | LIMO CON ARENA DE COLOR NARANJA Y BAJA PLASTICIDAD |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 20.1% | 0.4% | 14.8% | 84.8% | 36.8% | 27.5% | 9.4% | ML | | | | | LIMO CON ARENA DE COLOR NARANJA Y BAJA PLASTICIDAD |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | KIS | | 271.5 | 542.9 | | LUTITA |
| | 3.6 | | | | | | | | | | | | | |



Ilustración 29: Imágenes laboratorio de suelos ensayo de compresión inconfinada, muestra de lutita, subyacente en ambas zonas a intervenir.

# 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS ENSAYOS SPT



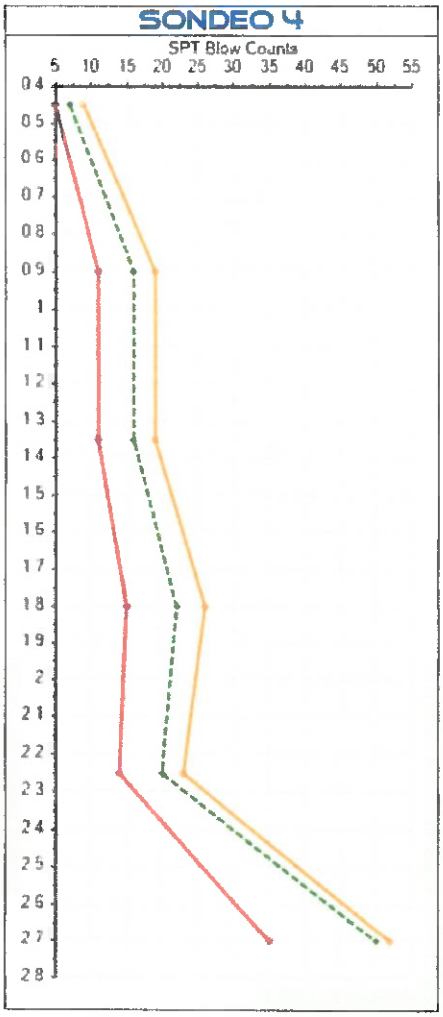



*Ilustración 30: Diagramas de N SPT*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

# 9. CARACTERIZACION SISMICA DEL SITIO

## 9.1. Tipo de perfil de suelo

El tipo de perfil de suelo sitio debe clasificarse como A a F de acuerdo con la definición de los tipos de perfil de suelo de la tabla mostrada. Los tipos de perfil de suelo deben clasificarse de acuerdo con la rigidez del suelo determinada por medio de mediciones de la velocidad de onda de cortante en el suelo medida en los 30 m superiores del perfil. También puede utilizarse el número de golpes determinado por medio del Ensayo de Penetración Estándar (SPT), y por medio de las resistencias al corte no drenado de muestras de suelo obtenidas de las perforaciones, para clasificar los tipos de perfil de suelo como se indica en la Tabla.

### 9.1.1. Clasificación de perfil de suelo según Vs

| Tipo de Perfil de Suelo | Características del perfil |
|---|---|
| A | Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $v_S \geq 1500$ m/s. |
| B | Perfil de roca de rigidez media con $v_S$ en el intervalo 1500 m/s $\geq v_S \geq$ 760 m/s. |
| C | Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, $V_S$ en el intervalo 760 m/s $\geq v_S \geq$ 360 m/s, o |
| | Perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: N > 50 golpes/pie, o $s_u$ > 100 KPa ($\cong$ 1 kgf/cm$^2$). |
| D | Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante $V_S$ en el intervalo 360 m/s > $V_S \geq$ 180 m/s, o |
| | Perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: N en el intervalo 50 golpes/pie > $N \geq$ 15 golpes/pie, o $s_u$ en el intervalo 100 KPa ($\cong$1 kgf/cm$^2$) > $s_u \geq$ 50 KPa ($\cong$0.5 kgf/cm$^2$). |
| E | Perfil de suelo con velocidad medida de onda de cortante, $v_S$ < 180 m/s, o |
| | Perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $N$ < 15 golpes/pie, o $s_u$ < 50 KPa ($\cong$0.5 kgf/cm$^2$ ), o |
| | Cualquier perfil con $H$ > 3 m de arcilla blanda, definida como un suelo con $IP$ > 20, $w$ > 40% y $s_u$ < 25 KPa ( 0.25 kgf/cm$^2$) . |
| F | Suelos que requieren evaluación particular de sitio, tales como:<br>• Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.<br>• Turbas o arcillas altamente orgánicas ( $H$ > 3 m de turba o arcillas altamente orgánicas donde $H$ = espesor del suelo)<br>• Arcillas de alta plasticidad ( $H$ > 7.5 m con $IP$ > 75)<br>• Estratos de arcillas con rigidez de media a blanda de gran espesor ( $H$>36 m) |

FUENTE: Código Colombiano de Puentes CCP-14 Sección 3 Tabla 3.10.3.1-1

*Tabla 10: Clasificación del perfil de suelo*

## 9.2. Amenaza sísmica según la Norma CCP-14.

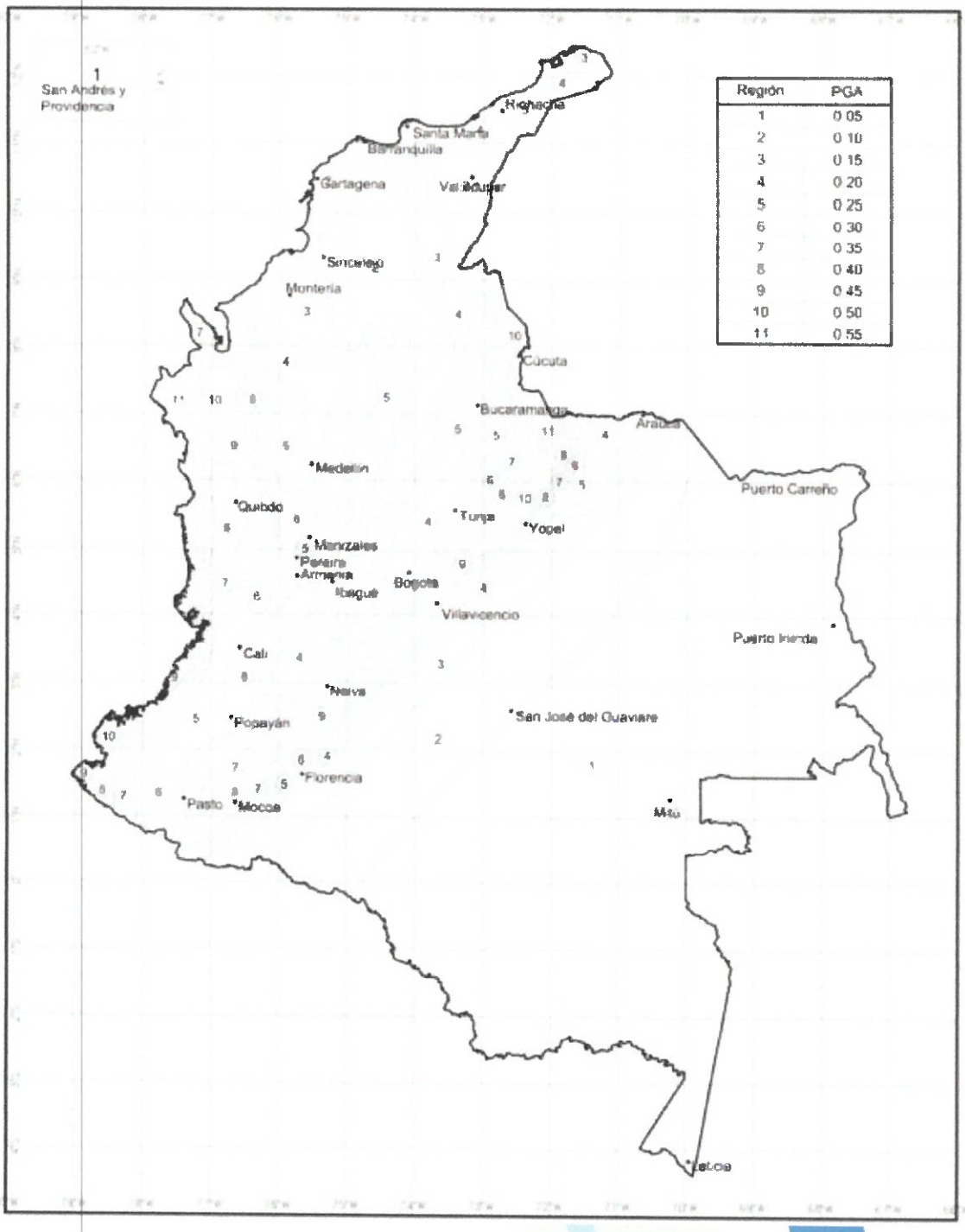
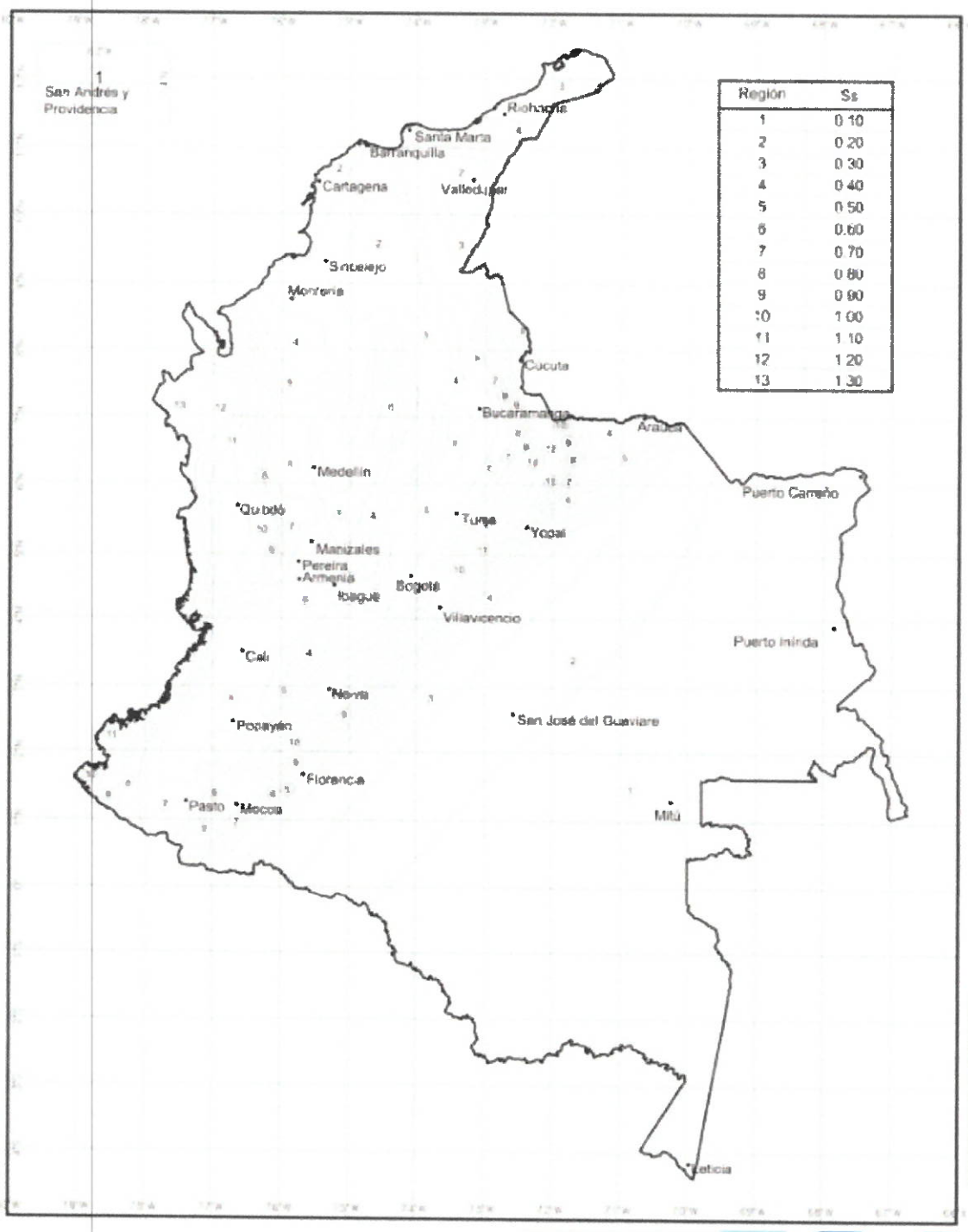



*Ilustración 31: Mapa de Valores de PGA Fuente: CCP-14*

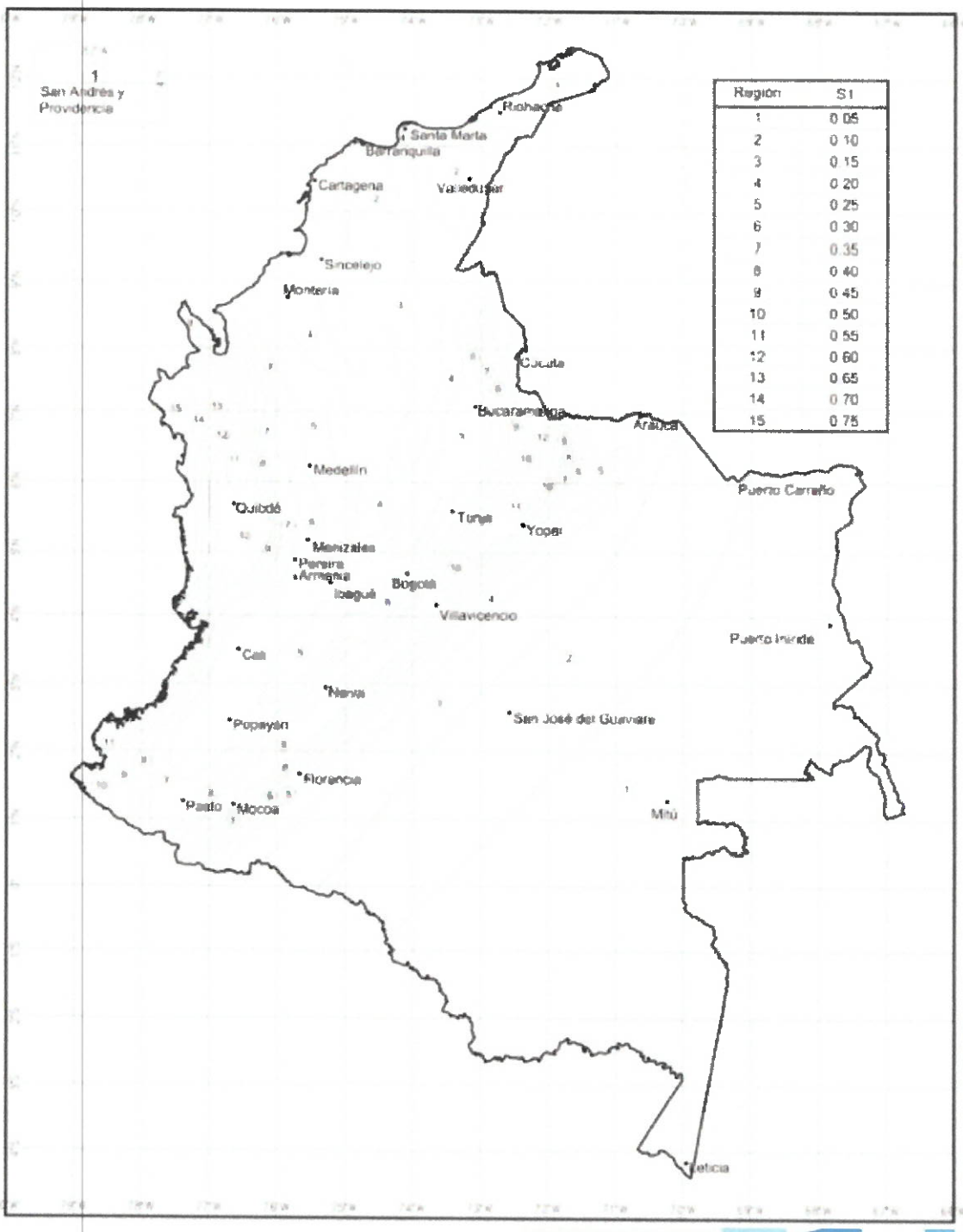


cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182




| Región | Ss |
|---|---|
| 1 | 0 10 |
| 2 | 0 20 |
| 3 | 0 30 |
| 4 | 0 40 |
| 5 | 0 50 |
| 6 | 0.60 |
| 7 | 0 70 |
| 8 | 0 80 |
| 9 | 0 90 |
| 10 | 1 00 |
| 11 | 1 10 |
| 12 | 1 20 |
| 13 | 1 30 |

*Ilustración 32: Mapa de Valores de $S_s$ Fuente: CCP-14*




| Region | $S_1$ |
|---|---|
| 1 | 0.05 |
| 2 | 0.10 |
| 3 | 0.15 |
| 4 | 0.20 |
| 5 | 0.25 |
| 6 | 0.30 |
| 7 | 0.35 |
| 8 | 0.40 |
| 9 | 0.45 |
| 10 | 0.50 |
| 11 | 0.55 |
| 12 | 0.60 |
| 13 | 0.65 |
| 14 | 0.70 |
| 15 | 0.75 |

*Ilustración 33: Mapa de Valores de $S_1$ Fuente: CCP-14*

Según el Servicio Geológico Colombiano la amenaza sísmica que caracteriza al municipio es como sigue:

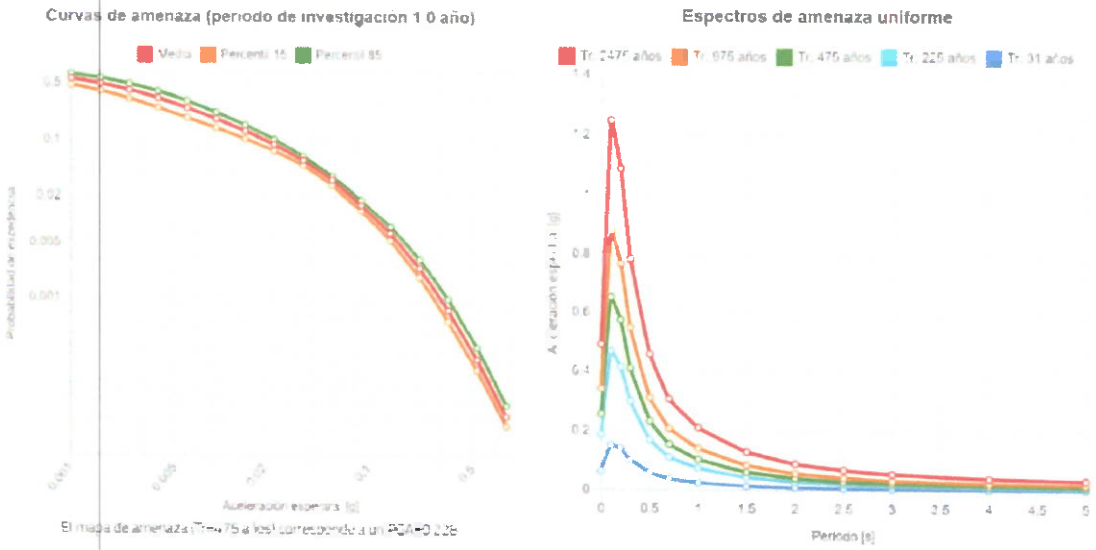



*Ilustración 34: Amenaza sísmica y valor de PGA, para Palmas del Socorro. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.*

Según estos datos el valor de PGA esperado es de: 0.228, para calcular el valor del coeficiente de aceleración sísmica se toma como base lo contenido en CCP-14 11.6.5.2.1, donde:

$$k_{ho} = F_{pga} PGA = A_s \qquad K_{ho} = 0.306$$

$K_h = 0.5 * K_{ho}$ ⇨ $K_h = 0.153$ La aceleración vertical se desprecia tal como lo indica la norma.

## 9.3. Factores de sitio.

| Tipo de Perfil | Intensidad de los movimientos sísmicos (VÉASE LA NOTA 1) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | PGA ≤ 0.1 | PGA ≤ 0.2 | PGA ≤ 0.3 | PGA ≤ 0.4 | PGA ≤ 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 2 | véase nota 2 | véase nota 2 | véase nota 2 | véase nota 2 |

FUENTE: Código Colombiano de Puentes CCP-14 Sección 3 Tabla C3.10.3.2-1

**Notas:**

1. **Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA**
2. **Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio articular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.**

*Tabla 11: Valores del factor de sitio, F PGA, en el periodo de vibración cero del espectro de aceleraciones*

| Tipo de Perfil | Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de 0.2s (Véase la Nota 1) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $S_S \leq 0.25$ | $S_S \leq 0.50$ | $S_S \leq 0.75$ | $S_S \leq 1.00$ | $S_S \leq 1.25$ |
| 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 2 | véase nota 2 | véase nota 2 | véase nota 2 | véase nota 2 |

FUENTE: Código Colombiano de Puentes CCP-14 Sección 3 Tabla C3.10.3.2-2

*Tabla 12: Valores del factor de Sitio, Fa, en el Intervalo de períodos de vibración cortos del Espectro de Aceleraciones*

| Tipo de Perfil | Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de 1.0s (Véase la Nota 1) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $S_1 \leq 0.10$ | $S_1 \leq 0.20$ | $S_1 \leq 0.30$ | $S_1 \leq 0.40$ | $S_1 \leq 0.50$ |
| A | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| B | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 |
| D | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 |
| E | 3.5 | 3.2 | 2.8 | 2.4 | 2.4 |
| F | véase nota 2 | véase nota 2 | véase nota 2 | véase nota 2 | véase nota 2 |

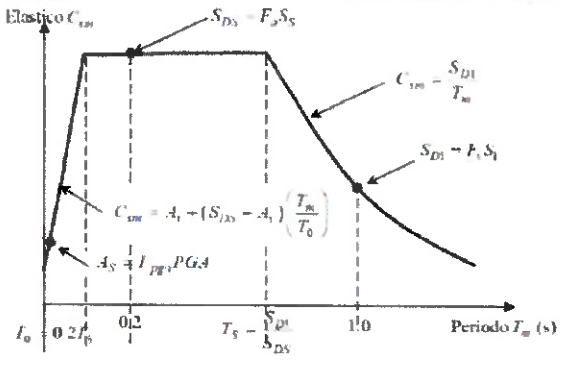
FUENTE: Código Colombiano de Puentes CCP-14 Sección 3 Tabla C3.10.3.2-3

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de $S_1$
2. Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

*Tabla 13: Valores del factor de Sitio, Fv, en el Intervalo de períodos de vibración largos del Espectro de Aceleraciones*

## 9.4. Espectro de diseño.




FUENTE: Código Colombiano de Puentes CCP-14 Sección 3 Figura 3.10.4.1-1

*Ilustración 35: Espectro de aceleración de diseño para 5% de amortiguamiento*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

| | |
|---|---|
| PGA | 0.228 |
| $S_s$ | 0.50 |
| $S_1$ | 0.25 |
| $F_{PGA}$ | 1.344 |
| Fa | 1.4 |
| Fv | 1.9 |
| As | 0.3 |
| $S_{DS}$ | 0.700 |
| $S_{D1}$ | 0.475 |
| $T_0$ | 4.56 |
| $T_S$ | 0.68 |

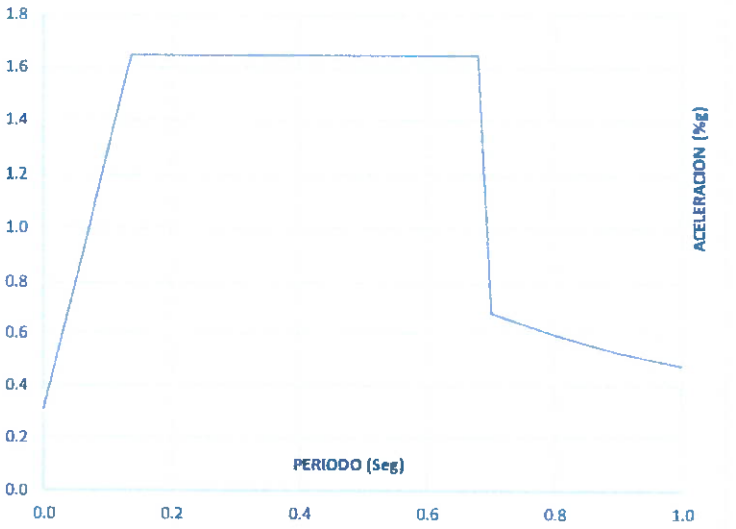



*Ilustración 36: Espectro Elástico de aceleraciones CCP-14 3.10.4.1*

## 10. PARAMETROS GEOMECANICOS PARA DISEÑO

Las propiedades mecánicas fueron estimadas considerando cargas y condiciones típicas para cada caso, teniendo en cuenta cada una de las capas homogéneas de suelo encontradas en el sitio de exploración.

De conformidad con la comparación realizada se adoptan los parámetros calculados con base en la velocidad de onda cortante Vs, para cada sitio, ya que los obtenidos por SPT son similares pero la geofísica toma en cuenta muchas más variables y no es una exploración puntual como en el otro caso, los valores usados se encuentran en el mismo orden de magnitud que los calculados con SPT.

| PARAMETROS DE DISEÑO - LA CHAPA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PARAMETROS RESIST. | | PROF [m] 0-3.5 | PROF [m] 3.5-6.5 | PROF [m] >6.5 |
| Clasf. SUCS | | ML | ML | LUTITA |
| $\gamma$ | $kN/m^3$ | 16.0 | 17.07 | 19.54 |
| gsat | $kN/m^3$ | 24.1 | 41.0 | 79.46 |
| $\Phi$ | ° | 186.79 | 364.97 | 1061.05 |
| Vs | m/s | 70.05 | 136.86 | 397.89 |
| c | $kN/m^2$ | 12.43 | 17.95 | 32.75 |
| $q_a$ | $T/m^2$ | 8.29 | 11.97 | 21.83 |
| $\upsilon$ | | 0.33 | 0.33 | 0.33 |

| PARAMETROS DE DISEÑO - LA ENSILLADA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PARAMETROS RESIST. | | PROF [m] 0-3.5 | PROF [m] 3.5-6.5 | PROF [m] >6.5 |
| Clasf. SUCS | | ML | ML | LUTITA |
| $\gamma$ | $kN/m^3$ | 15.9 | 16.92 | 19.52 |
| gsat | $kN/m^3$ | 23.2 | 38.6 | 79.23 |
| $\Phi$ | ° | 178.45 | 335.30 | 1055.51 |
| Vs | m/s | 66.92 | 125.74 | 395.82 |
| c | $kN/m^2$ | 12.13 | 17.13 | 32.65 |
| $q_a$ | $T/m^2$ | 8.08 | 11.42 | 21.77 |
| $\upsilon$ | | 0.33 | 0.33 | 0.45 |

*Tabla 14: Parámetros para diseño geotécnico*



cverarateran@hotmail.com
+57 3005278182

# II. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

## 11.1. Sector La Chapa

### 11.1.1. Modelo Estático

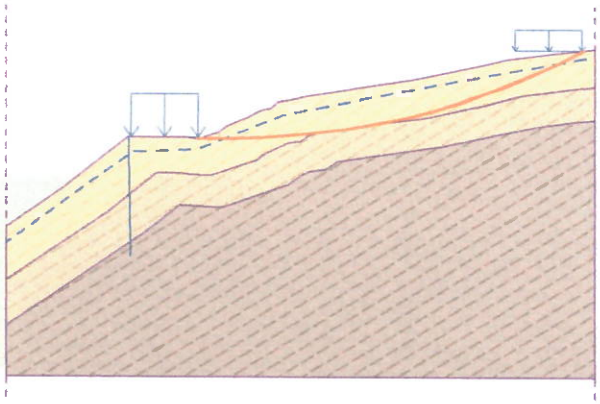


*Ilustración 37: Sección típica Sector La Chapa, modelo de análisis estático inicial*

**Slope stability verification (Morgenstern-Price)**
Utilization : 109.0 %

CDR CDR: 0.917
**Slope stability NOT ACCEPTABLE**

### 11.1.2. Modelo Pseudo estático

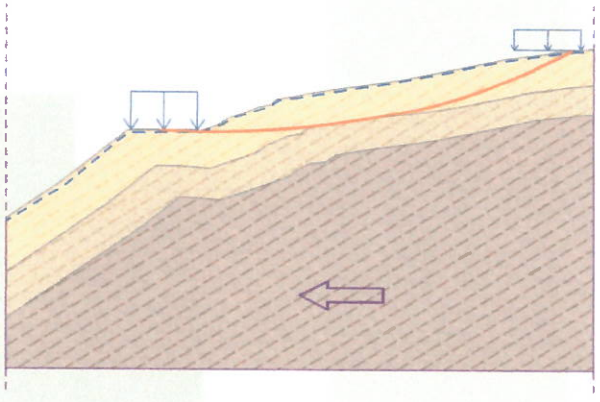


*Ilustración 38: Sección típica Sector La Chapa, modelo de análisis Pseudo estático inicial*

**Slope stability verification (Morgenstern-Price)**
Utilization : 151.2 %

CDR CDR: 0.661
**Slope stability NOT ACCEPTABLE**

## 11.2. Sector La Ensillada

### 11.2.1. Modelo Estático

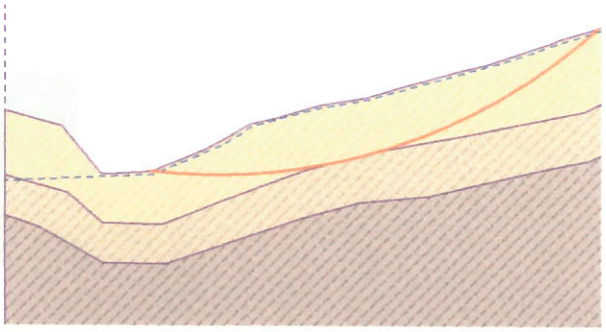


*Ilustración 39: Sección típica Sector La Ensillada, modelo de análisis estático inicial*

**Slope stability verification (Morgenstern-Price)**
Utilization : 129.9 %

CDR CDR: 0.770
**Slope stability NOT ACCEPTABLE**

### 11.2.2. Modelo Pseudo estático

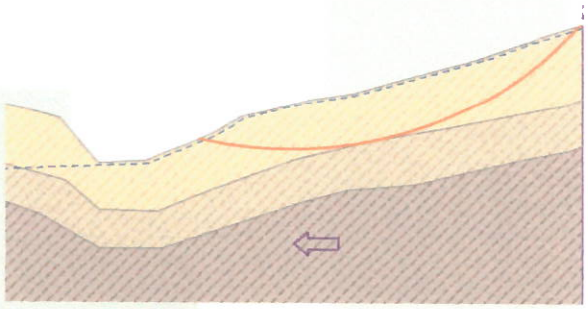


*Ilustración 40: Sección típica Sector La Ensillada, modelo de análisis Pseudo estático inicial*

**Slope stability verification (Morgenstern-Price)**
Utilization : 166.4 %

CDR CDR: 0.601
**Slope stability NOT ACCEPTABLE**

# 12. DISEÑO ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN

Dadas las características de los sitios críticos y la baja capacidad de soporte esperada en el estrato superior, se propone el diseño de muros de contención de gravedad.

La principal ventaja de un muro de gravedad es su simplicidad de ejecución. Para su construcción no se requiere, en general, mano de obra especializada. Sin embargo, para vencer desniveles muy altos el consumo de material es muy elevado, lo que restringe su utilización a estructuras de pequeño y mediano tamaño.

Un análisis general de los beneficios y límites de cada alternativa disponible permite concluir que las soluciones que utilizan mallas metálicas, como las estructuras de gravedad en gaviones, presentan características de construcción, comportamiento y costos que las tornan ventajosas para una gran gama de posibilidades.

Las estructuras de gravedad en gaviones ya son un tradicional sistema de contención. Su origen es italiano y fueron empleadas, por primera vez en su versión moderna, al final del siglo XIX. Desde entonces su utilización es creciente y los campos de utilización son más amplios cada día. En América Latina esta solución comenzó a ser utilizada al inicio de los años 70.

Los Gaviones Permiten la adaptación de las estructuras a las deformaciones y movimientos del terreno, sin perder su estabilidad y eficiencia. Debido a su flexibilidad es el único tipo de estructura que no requiere fundaciones profundas, aun cuando son construidas sobre suelos con baja capacidad de soporte. Esa característica también permite, en la mayoría de los casos, que la estructura se deforme mucho antes del colapso permitiendo la detección anticipada del problema y dando oportunidad de realizar intervenciones de recuperación, minimizando gastos y evitando accidentes de proporciones trágicas.

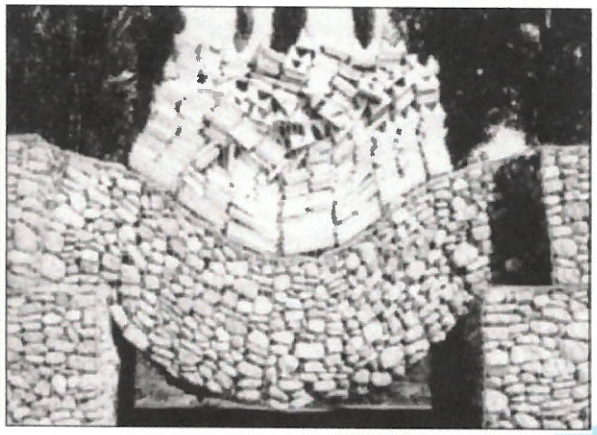


*Ilustración 41: Prueba de carga en gaviones. Fuente: De Almeida Barros Persio - Maccaferri*

Las contenciones en gaviones, por las características de los materiales que las componen, son totalmente permeables y, por lo tanto autodrenantes, aliviando por completo el empuje hidrostático sobre la estructura. Es necesario comentar que los problemas con drenaje son la causa más común de inestabilidad de estructuras de contención.

Debido a su composición no interponen una barrera impermeable para las aguas de infiltración y percolación. Con eso, principalmente en obras de protección hidráulica, las líneas de flujo no son alteradas y el impacto para la flora y fauna local es el mínimo posible. Se integran rápidamente al medio circundante, posibilitando que el ecosistema, anterior a la obra, se recupere casi totalmente, por lo tanto son las estructuras de contención de menor impacto ambiental.

El gavión tipo caja es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, producida a partir de un único paño de malla hexagonal de doble torsión, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y trasera. A este paño base son unidos, durante la fabricación, paneles que formarán las dos paredes de las extremidades y los diafragmas.

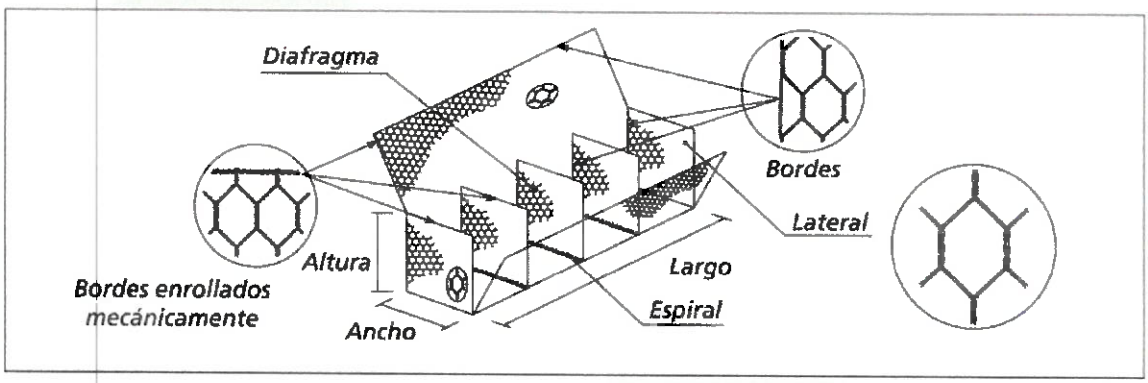



*Ilustración 42: Gaviones tipo caja. Fuente: De Almeida Barros Persio - Maccaferri*

La solución para la estabilidad de la obra será diseñada con base en los criterios de la sección 11 de CCP-14, considerando las variables y criterios de diseño allí especificadas.

## 12.1. Descripción de la solución propuesta

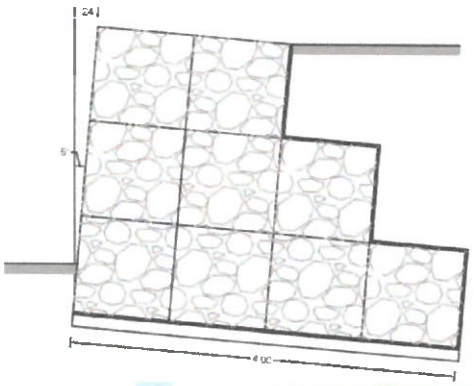


*Ilustración 43: Sección muro en gavión propuesta. Fuente: Autor*



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

Muro de 3m de altura, con material seleccionado en el trasdós, cubierto con geotextil, apoyado en una capa de sub-base granular de 30 cm de espesor.

### 12.1.1. Cálculo de capacidad portante

Según las especificaciones de INVIAS, la sub base granular debe tener un CBR mínimo de 30, lo cual equivale transformando el valor con correlaciones de N, y CBR, a un $q_{adm}$= 541kPa

## 12.2. Chequeo de diseño sección tipo

**Wall analysis**

| | |
|---|---|
| Active earth pressure calculation : | Coulomb |
| Passive earth pressure calculation : | Coulomb |
| Earthquake analysis : | Mononobe-Okabe |
| Shape of earth wedge : | Calculate as skew |
| Allowable eccentricity : | 0.333 |
| Verification methodology : | according to LRFD |

**Material of blocks - filling**

| No. | Name | γ [kN/m³] | φ [°] | c [kPa] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Material No. 1 | 18.00 | 30.00 | 0.00 |

**Material of blocks - mesh**

| No. | Name | Strength overh. $R_t$ [kN/m] | Spacing of vert. meshes v [m] | Bear.cap. of front joint $R_s$ [kN/m] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Material No. 1 | 40.00 | 1.00 | 40.00 |

**Geometry of structure**

| No. | Width b [m] | Height h [m] | Offset a [m] | Material |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 2.00 | 1.00 | 0.00 | Material No. 1 |
| 2 | 3.00 | 1.00 | 0.00 | Material No. 1 |
| 1 | 4.00 | 1.00 | - | Material No. 1 |

Gabion slope = 5.00 °
Overall height = 2.99 m
Overall wall volume = 9.00 m³/m

**Soil parameters**

**MH**
Unit weight : $\gamma$ = 16.00 kN/m³



cverarateran@hotmail.com
+57 3005278182

| | | | |
|---|---|---|---|
| Stress-state : | effective | | |
| Angle of internal friction : | $\varphi_{ef}$ = | 24.10 | ° |
| Cohesion of soil : | $c_{ef}$ = | 6.54 | kPa |
| Angle of friction struc.-soil : | $\delta$ = | 16.06 | ° |
| Soil : | cohesionless | | |
| Saturated unit weight : | $\gamma_{sat}$ = | 17.50 | kN/m³ |

**MH2**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Unit weight : | $\gamma$ = | 17.07 | kN/m³ |
| Stress-state : | effective | | |
| Angle of internal friction : | $\varphi_{ef}$ = | 41.00 | ° |
| Cohesion of soil : | $c_{ef}$ = | 25.17 | kPa |
| Angle of friction struc.-soil : | $\delta$ = | 27.30 | ° |
| Soil : | cohesionless | | |
| Saturated unit weight : | $\gamma_{sat}$ = | 18.00 | kN/m³ |

**LUT**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Unit weight : | $\gamma$ = | 19.52 | kN/m³ |
| Stress-state : | effective | | |
| Angle of internal friction : | $\varphi_{ef}$ = | 79.20 | ° |
| Cohesion of soil : | $c_{ef}$ = | 6734.00 | kPa |
| Angle of friction struc.-soil : | $\delta$ = | 52.80 | ° |
| Soil : | cohesionless | | |
| Saturated unit weight : | $\gamma_{sat}$ = | 20.00 | kN/m³ |

**Silty sand (SM)**

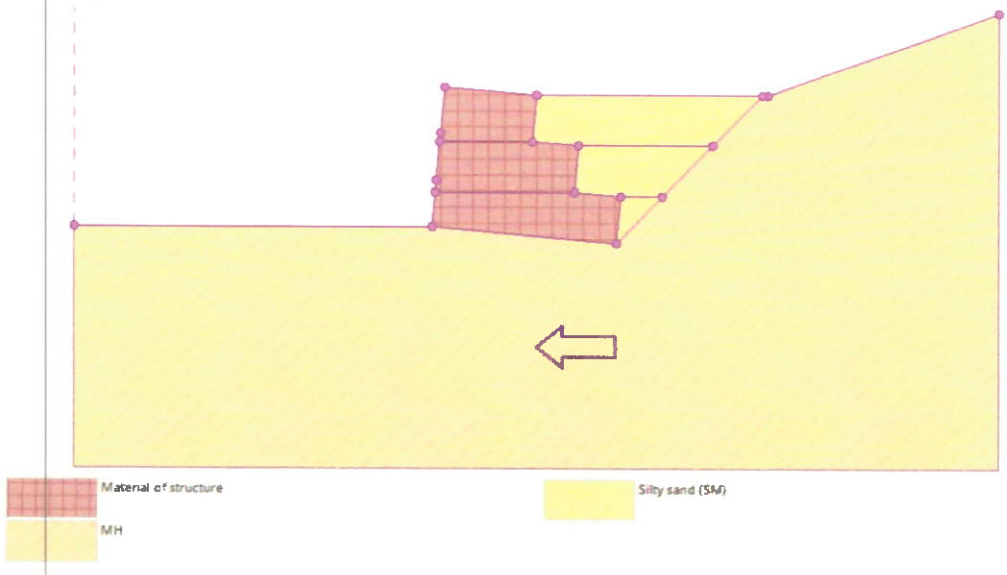
| | | | |
|---|---|---|---|
| Unit weight : | $\gamma$ = | 18.00 | kN/m³ |
| Stress-state : | effective | | |
| Angle of internal friction : | $\varphi_{ef}$ = | 29.00 | ° |
| Cohesion of soil : | $c_{ef}$ = | 5.00 | kPa |
| Angle of friction struc.-soil : | $\delta$ = | 10.00 | ° |
| Soil : | cohesionless | | |
| Saturated unit weight : | $\gamma_{sat}$ = | 18.00 | kN/m³ |

### Backfill

Assigned soil : Silty sand (SM)
Slope = 45.00 °

### Geological profile and assigned soils

| No. | Thickness of layer t [m] | Depth z [m] | Assigned soil | Pattern |
|---|---|---|---|---|
| 1 | - | 0.00 .. ∞ | MH | |




## Foundation

Type of foundation : input parameters of contact base-soil

**Parameters**

Angle of friction base-soil $\psi$ = 20.00 °

Cohesion base-soil a = 5.00 kPa

## Terrain profile

| No. | Coordinates x [m] | Depth z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 5.00 | 0.00 |
| 3 | 28.80 | -8.53 |
| 4 | 29.80 | -8.53 |

Origin [0,0] is located in upper right edge of construction.

Positive coordinate +z has downward direction.

## Earthquake

Factor of horizontal acceleration $K_h$ = 0.1530

Factor of vertical acceleration $K_v$ = 0.0000

Water below the GWT is free.

Solid unit weight $G_s$ = 2.50

# Verification No. 1

## Forces acting on construction

| Name | $F_{hor}$ [kN/m] | App.Pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | App.Pt. x [m] | Coeff. overtur. | Coeff. sliding | Coeff. stress |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weight - wall | 0.00 | -1.13 | 162.00 | 1.70 | 0.900 | 0.900 | 1.250 |
| Earthq.- constr. | 24.79 | -1.13 | 0.00 | 1.70 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| Name | $F_{hor}$ [kN/m] | App.Pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | App.Pt. x [m] | Coeff. overtur. | Coeff. sliding | Coeff. stress |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weight - earth wedge | 0.00 | -1.77 | 28.56 | 3.00 | 1.000 | 1.000 | 1.350 |
| Earthquake - soil wedge | 4.37 | -1.77 | 0.00 | 3.00 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Active pressure | 20.44 | -0.76 | 18.10 | 3.73 | 0.900 | 1.500 | 1.500 |
| Earthq.- act.pressure | 10.93 | -1.78 | 17.03 | 3.33 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

### Verification of complete wall

**Check for overturning stability**

Resisting moment $M_{res}$ = 451.11 kNm/m

Overturning moment $M_{ovr}$ = 69.17 kNm/m

CDR CDR = 6.52

**Wall for overturning is SATISFACTORY**

**Check for slip**

Resisting horizontal force $H_{res}$ = 99.94 kN/m

Active horizontal force $H_{act}$ = 51.43 kN/m

CDR CDR = 1.94

**Wall for slip is SATISFACTORY**

**Overall check - WALL is SATISFACTORY**

Maximum stress in footing bottom : 78.10 kPa

## Bearing capacity of foundation soil

**Design load acting at the center of footing bottom**

| No. | Moment [kNm/m] | Norm. force [kN/m] | Shear Force [kN/m] | Eccentricity [–] | Stress [kPa] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 41.05 | 290.33 | 45.17 | 0.035 | 78.10 |
| 2 | 42.05 | 213.06 | 51.90 | 0.050 | 58.83 |

**Service load acting at the center of footing bottom**

| No. | Moment [kNm/m] | Norm. force [kN/m] | Shear Force [kN/m] |
|---|---|---|---|
| 1 | 45.54 | 230.11 | 40.24 |

### Verification of foundation soil

Stress in the footing bottom : rectangle

**Eccentricity verification**

Max. eccentricity of normal force e = 0.050

Maximum allowable eccentricity $e_{alw}$ = 0.333

**Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY**

**Verification of bearing capacity**

Bearing capacity of foundation soil R = 541.00 kPa

Partial factor on bearing capacity $\gamma_{Rv}$ = 0.80

Max. stress at footing bottom $\sigma$ = 78.10 kPa

Bearing capacity of foundation soil $R_d$ = 432.80 kPa

cerverateran@hotmail.com
+57 311 611 9124

CDR CDR = 5.54

**Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY**

**Overall verification - bearing capacity of found. soil is SATISFACTORY**

## Dimensioning No. 1

### Forces acting on construction

| Name | $F_{hor}$ [kN/m] | App.Pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | App.Pt. x [m] | Coeff. overtur. | Coeff. sliding | Coeff. stress |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weight - wall | 0.00 | -0.78 | 90.00 | 1.37 | 0.900 | 0.900 | 1.250 |
| Earthq.- constr. | 13.77 | -0.78 | 0.00 | 1.37 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Weight - earth wedge | 0.00 | -1.20 | 11.64 | 2.47 | 1.000 | 1.000 | 1.350 |
| Earthquake - soil wedge | 1.78 | -1.20 | 0.00 | 2.47 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Active pressure | 7.96 | -0.44 | 3.03 | 2.94 | 0.900 | 1.500 | 1.500 |
| Earthq.- act.pressure | 4.64 | -1.15 | 6.35 | 2.72 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

### Verification of the most stressed construction joint - above the block No. 1

**Check for overturning stability**

Resisting moment $M_{res}$ = 165.29 kNm/m

Overturning moment $M_{ovr}$ = 21.43 kNm/m

CDR CDR = 7.71

**Joint for overturning stability is SATISFACTORY**

**Check for slip**

Resisting horizontal force $H_{res}$ = 61.17 kN/m

Active horizontal force $H_{act}$ = 22.99 kN/m

CDR CDR = 2.66

**Joint for slip is SATISFACTORY**

Maximum pressure on the bottom block = 49.87 kPa

Red.Coeff. by offset of top block = 1.00

Average value of pressure on face = 24.52 kPa

Shear force transferred by friction = 81.63 kN/m

**Bearing capacity against transverse pressure:**

Joint bear.capacity = 34.00 kN/m

Computed stress-state = 12.21 kN/m

**Transverse pressure check is SATISFACTORY**

**Joint btw. blocks check:**

Mesh material bear.capacity = 34.00 kN/m

Computed stress-state = 12.21 kN/m

**Joint between blocks is SATISFACTORY**

# 13. CHEQUEO DE ESTABILIDAD GLOBAL

## 13.1. Revisión local del conjunto muro – suelo

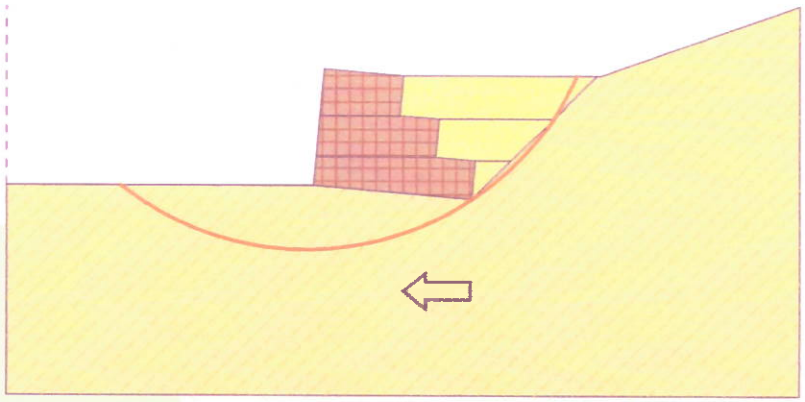


*Ilustración 44: Chequeo muro de gaviones típico – Chequeo falla profunda – Condición pseudo estática*

**Slope stability verification (Morgenstern-Price)**
Utilization : 79.2 %

CDR CDR: 1.263
**Slope stability ACCEPTABLE**

## 13.2. Análisis de estabilidad taludes intervenidos

### 13.2.1. Análisis de estabilidad talud sector la chapa

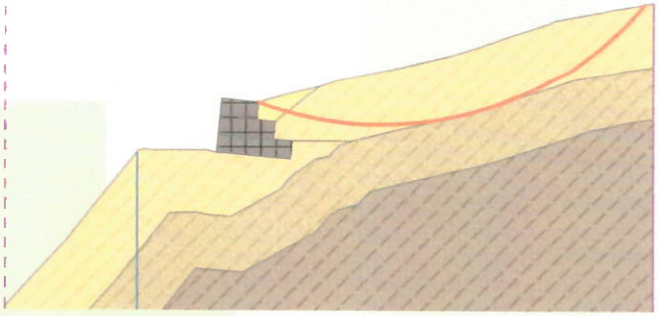


*Ilustración 45: Chequeo Talud intervenido La Chapa – Condición pseudo estática*

**Slope stability verification (Morgenstern-Price)**
Utilization : 79.8 %

CDR CDR: 1.253
**Slope stability ACCEPTABLE**

### 13.2.2. Análisis de estabilidad talud sector la ensillada

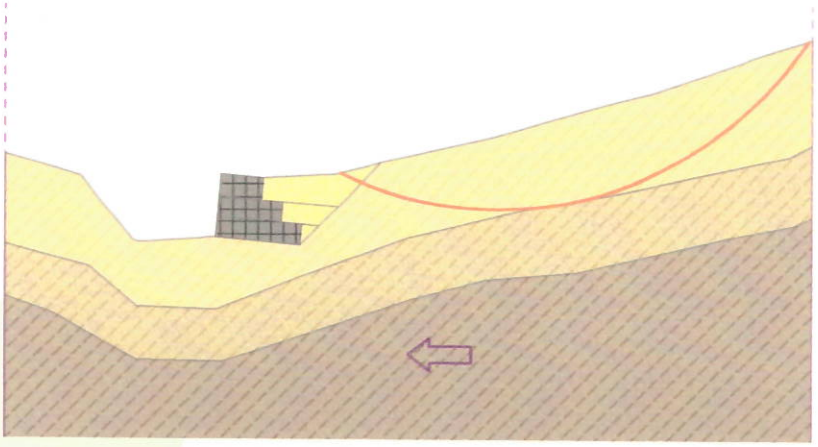


*Ilustración 46: Chequeo Talud intervenido La Ensillada – Condición pseudo estática*

**Slope stability verification (Morgenstern-Price)**
Utilization : 86.6 %

CDR CDR: 1.154
**Slope stability ACCEPTABLE**

Se adopta este diseño de muro en gaviones para los dos sectores estudiados (La Chapa y La Ensillada), tanto para la intervención nueva como para el reemplazo de gaviones en mal estado que corresponde a las zonas con deslizamientos inactivos.

## 14. RECOMENDACIÓN EXCAVACIONES

La excavación debe ser apuntalada en todo momento durante la obra. El Apuntalamiento se utiliza para prevenir el derrumbe de los costados de una excavación, consistente en marcos de madera o acero con entablado estrecho entre ellos. La excavación e instalación de soportes deberá continuar entonces por etapas, hasta llegar a la profundidad necesaria.

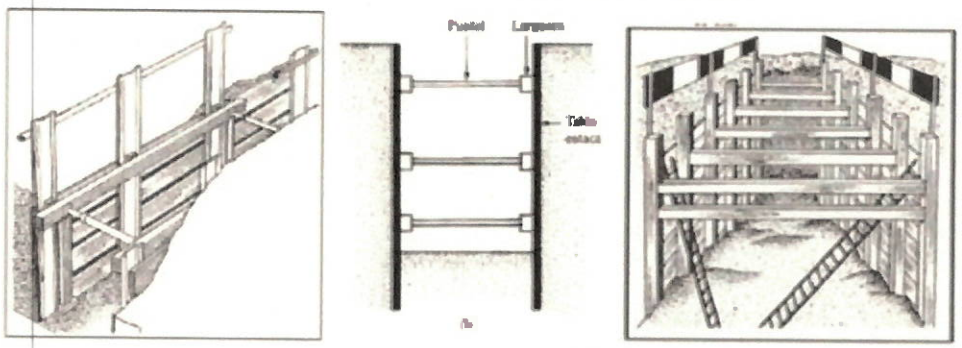


*Ilustración 47: Esquema de apuntalamiento lateral*

# 15. CONCLUSIONES

- Se lograron ajustes importantes al proyecto inicial, contando con una mejor exploración del subsuelo, encontrando una alternativa más seguras y económica.
- Se encontraron factores de seguridad que justifican la construcción de las obras de contención.
- Se pudo evidenciar que existen factores condicionantes y desencadenantes en la zona de estudio, claramente la formación geológica es un perfil que resulta muy desfavorable, especialmente cuando hay presencia de humedad, el comportamiento de las lutitas es cada vez más frágil ante la presencia de agua subsuperficial o de infiltración.
- Es imperativo resolver la problemática en el sector la chapa, derivada del tanque de almacenamiento en muy mal estado que causa infiltración y contribuye a desestabilizar los taludes.
- De acuerdo con la caracterización físico mecánica realizada, en campo se evidencia un alto contenido de material Granular con presencia de limos con baja plasticidad.
- Las características del suelo encontradas en las diferentes exploraciones del terreno, fueron coincidentes, por tanto, constituyeron una muestra representativa del perfil estratigráfico que nos interesaba en desarrollo del presente proyecto.

# 16. RECOMENDACIONES

## 16.1. Disposición de sobrantes

La norma exige que en el estudio geotécnico se indique la forma y sitio de disposición de sobrantes.

Se recomienda los sobrantes de las excavaciones transportarlos y depositarlos en un botadero que tenga la respectiva licencia ambiental para su funcionamiento.

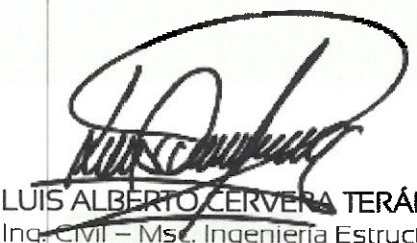
## 16.2. Recomendaciones generales

- Se recomienda revegetalizar las zonas que tengan pendientes bajas posterior al movimiento de tierras.
- Se recomienda que el llenado de los gaviones se realice con piedra bolo o cantos rodados, para facilitar la ejecución la cual es urgente.
- Chequear que el proceso y etapas de excavación se estén realizando de acuerdo con las recomendaciones del presente estudio.



cerverateran@hotmail.com
+57 3005278182

- Debido a que la zona no es segura y en toda la región se presentan problemas de amenaza por riesgo de movimientos en masa, se recomienda la instalación de inclinómetros ya que en esta área es de esperarse que la formación siga moviéndose, como ha ocurrido antes.
- Se deben construir cunetas y estructuras de disipación para mantener aislado el cuerpo del talud del agua de escorrentía, se recomienda que se hagan hacia la corona de cada pendiente, para mitigar la amenaza ya presente. La forma más económica y adecuada para este proyecto son los sacos de suelo cemento para ejecutar estas actividades.
- DERECHOS DE AUTOR ® Todos los derechos de autor reservados, prohibida su reproducción y/o su aprovechamiento total o en parte en otra construcción diferente a la aquí mencionada. El contenido de este informe está protegido por las leyes sobre derechos de autor. En relación con estos valores jurídicos agregados, se encuentra prohibido por la normativa vigente su uso o publicación, con fines comerciales, incluidas -pero no únicamente- la copia, adaptación, transformación, reproducción, utilización y divulgación masiva, así como cualquier otro uso que requiera autorización expresa y escrita del autor. El contenido de este documento y sus anexos es propiedad intelectual privada, no podrá ser copiado o alterado en su contenido sin autorización previa y auténtica por parte del ingeniero geotecnista, Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Ley 1915 de 201



LUIS ALBERTO CERVERA TERÁN
Ing. Civil – Msc. Ingeniería Estructural
Esp. Geotecnia Ambiental
M.P. 68202-72037 STD

## 17. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. (2010). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- SUAREZ D, Jaime. Cimientos, Universidad Industrial de Santander. Segunda Edición. Abril de 1992
- BOWLES, Joseph E. Foundation Analysis and Design. Fourth Edition. McGraw-Hill Book Company. Singapore, 1988.
- CRESPO V, Carlos. Mecánica de suelos y Cimentaciones. Editorial Limusa. México, 1998.
- TERZAGHI, Karl; PECK Ralph B. Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica. Segunda edición. Cuarta reimpresión. Editorial El Ateneo S.A. España, 1980.
- PECK, Ralph, HANSON, Walter E. THORNBURN, Thomas H.Ingeniería de cimentaciones. Talleres de imprenta técnica de Azafrán. México, Enero de 1982.
- ASTM D6429-99. (2011). Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.
- Standard penetration test". Proceedings ISC=2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca y Mayne (eds).
- Principios de Ingenieria de Cimentataciones " Braja M. Das
- Bard, P. Y. ves. (1999). Microtremor Measurements: A Tool for Site Effect Estimation. En: The Effects of Surface Geology on Seismic Motion. Eds. Irikura, K., Kudo, K. Okada, H. Satasini, T. Balkema, Rotterdam, 3(9058090302), 1251–1279.
- Dikmen, Ü. (2010). Reply to comment on "Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils." Journal of Geophysics and Engineering, 7(1), 803–804. doi:10.1088/1742-2132/7/1/N02
- Louie, J. N. (2001). Faster, Better: Shear-Wave Velocity to 100 Meters Depth From Refraction Microtremor Arrays. Bulletin of the Seismological Society of America., vol. 91, n, 347–364. Retrieved from http://www.seismo.unr.edu/
- Mayne, P. W. (2001). Stress-strain-strength-flow parameters from enhanced in-situ tests. Measurement, 27–48.
- Park, C. B., Miller, R. D., & Xia, J. (1999). Multichannel analysis of surface waves. Geophysics, 64(3), 800. doi:10.1190/1.1444590
- Pérez, I. (2012). Caracterización geotécnica de los suelos de madrid mediante la técnica ReMi (Refraction Microtremor). UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.
- Delgado Vargas, Manuel (2008) INGENIERIA DE FUNDACIONES "Fundamentos e Introducción al análisis geotécnico " Quinta Edición.
- De Almeida Barros, Pérsio Leister, Obras De Contención, Maccaferri 2016

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION E INTERVENTORIA

# ANEXO Nº1

# ENSAYOS DE LABORATORIO

cerverateran@hotmail.com

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION E INTERVENTORIA

# ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
## I.N.V E - 122 - E - 123 - E - 125 - E - 126

*GIC-FT-001*

**PROYECTO:** Gaviones La Chapa

**SITIO/ABSC**

**SONDEO** 1

**MUESTRA** 2

**CLIENTE:**

**PROF.**

**LOCALIZACION:** Palmas del Socorro - Santander

**FECHA:** 20/07/2023

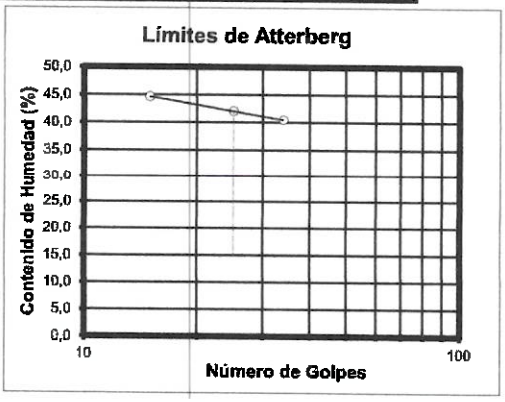
**CON. DE HUMEDAD**

| PROFUNDIDAD | 1,0-2,00 |
|---|---|
| PESO DE RECIP. + S.H. | 654,00 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 559,20 |
| PESO RECIPIENTE | 65,00 |
| PESO AGUA | 94,80 |
| PESO SUELO SECO | 494,20 |
| % HUMEDAD | 19,18 |

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

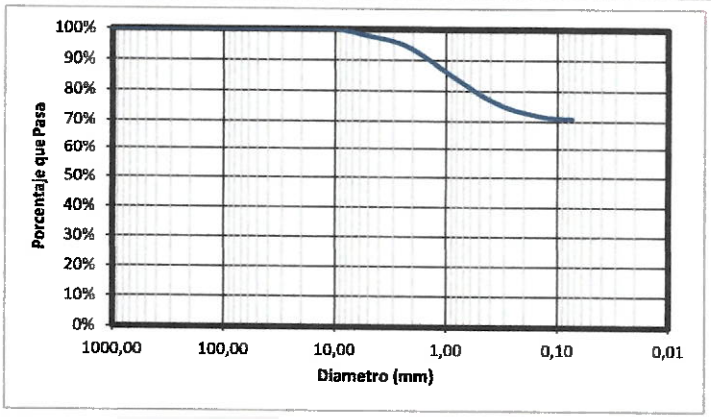
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|---|---|---|---|
| Determinación No | 1 | 2 | 3 |
| No GOLPES | 34 | 25 | 15 |
| RECIP. No. | 10 | 25 | 282 |
| PESO DE RECIP. + S.H. | 33,08 | 29,71 | 31,17 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 26 | 23,36 | 24,2 |
| PESO RECIPIENTE | 8,52 | 8,28 | 8,61 |
| PESO AGUA | 7,08 | 6,35 | 6,97 |
| PESO SUELO SECO | 17,48 | 15,08 | 15,59 |
| % HUMEDAD | 40,50 | 42,11 | 44,71 |

| LÍMITE PLÁSTICO | | |
|---|---|---|
| RECIP. No. | 27 | 21 |
| PESO DE RECIP. + S.H. | 43,75 | 34,21 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 35,00 | 28,00 |
| PESO RECIPIENTE | 8,29 | 8,97 |
| PESO AGUA | 8,75 | 6,21 |
| PESO SUELO SECO | 26,71 | 19,03 |
| % HUMEDAD | 32,76 | 32,63 |




## GRADACIÓN

| Peso inicial: | 305,00 | gr | Peso final: | 89,10 | gr |
|---|---|---|---|---|---|
| Tamiz (plg) | Tamiz (mm) | Peso (gr) | % Reten. | % Ret.Acum | % Pasa |
| 3" | 76,10 | | | | |
| 2 ½" | 64,00 | | | | 100,0% |
| 2" | 50,80 | | | | 100,0% |
| 1 ½" | 38,10 | | | | 100,0% |
| 1" | 25,40 | | | | 100,0% |
| 3/4" | 19,00 | | | | 100,0% |
| 1/2" | 12,70 | | | | |
| 3/8" | 9,51 | | | | 100,0% |
| 4 | 4,76 | 6,7 | 2,2% | 2,2% | 97,8% |
| 8 | 2,38 | 9,8 | 3,2% | 5,4% | |
| 10 | 2,00 | 3,1 | 1,0% | 6,4% | 93,6% |
| 12 | 1,68 | | | 6,4% | |
| 16 | 1,19 | 11,2 | 3,7% | 10,1% | |
| 30 | 0,59 | 38,0 | 12,5% | 22,6% | |
| 40 | 0,42 | 0,7 | 0,2% | 22,8% | 77,2% |
| 50 | 0,30 | 5,6 | 1,8% | 24,6% | |
| 80 | 0,18 | 6,4 | 2,1% | 26,7% | |
| 100 | 0,15 | 4,5 | | 28,2% | |
| 200 | 0,07 | 3,1 | 1,0% | 29,2% | 70,8% |
| | | 215,9 | 70,8% | 100,0% | 0% |
| Total | | 305,0 | | | |




## RESULTADOS

| | | |
|---|---|---|
| Límite Líquido | 42,1 | % |
| Límite Plástico | 32,7 | % |
| Índice Plastico | 9,4 | % |
| Gravas | 2,2% | |
| Arenas | 27,0% | |
| Finos | 70,8% | |

## CLASIFICACIÓN

| | |
|---|---|
| Índice de Grupo | 7 |
| A.A.S.H.T.O. | A - 5 |
| U.S.C | ML |

**OBSERVACIONES:**

CLASE DE SUELO LIMO CON ARENA DE COLOR NARANJA AMARILLENTO CON MARRON CLARO DE PLASTICIDAD MEDIA

NELSON E. FLOREZ
*Laboratorista*
Realizó

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION E INTERVENTORIA

# ENSAYO DE CLASIFICACIÓN
## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
## I.N.V E - 122 - E - 123 - E - 125 - E - 126

*GIC-FT-001*

**PROYECTO:** Gaviones La Chapa

**CLIENTE:**

**LOCALIZACION:** Palmas del Socorro - Santander

**SITIO/ABSC**

**SONDEO** 1

**MUESTRA** 5

**PROF.**

**FECHA:** 20/07/2023

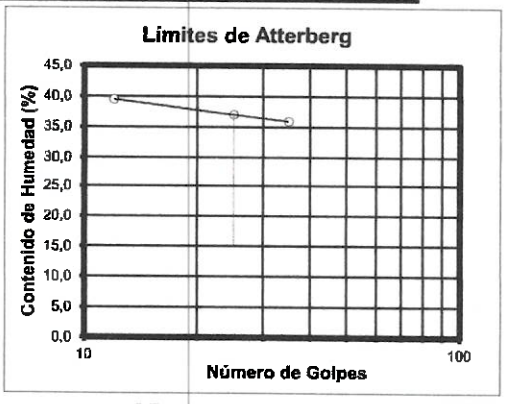
**CON. DE HUMEDAD**

| PROFUNDIDAD | |
|---|---|
| PESO DE RECIP. + S.H. | 567,80 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 484,00 |
| PESO RECIPIENTE | 63,00 |
| PESO AGUA | 83,80 |
| PESO SUELO SECO | 421,00 |
| % HUMEDAD | 19,90 |

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

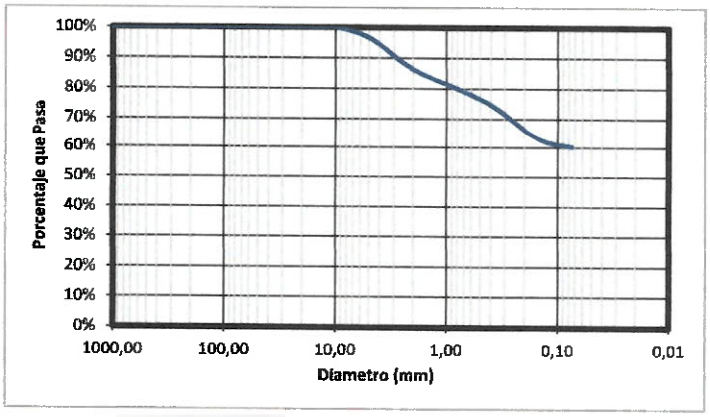
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|---|---|---|---|
| Determinación No | 1 | 2 | 3 |
| No GOLPES | 35 | 25 | 12 |
| RECIP. No. | 75 | 17 | 104 |
| PESO DE RECIP. + S.H. | 34,99 | 30,17 | 30,76 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 28 | 24,3 | 24,4 |
| PESO RECIPIENTE | 8,57 | 8,46 | 8,32 |
| PESO AGUA | 6,99 | 5,87 | 6,36 |
| PESO SUELO SECO | 19,43 | 15,84 | 16,08 |
| % HUMEDAD | 35,98 | 37,06 | 39,55 |

| LÍMITE PLÁSTICO | | |
|---|---|---|
| RECIP. No. | 14 | 32 |
| PESO DE RECIP. + S.H. | 38,40 | 35,00 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 32,00 | 29,34 |
| PESO RECIPIENTE | 8,48 | 8,67 |
| PESO AGUA | 6,40 | 5,66 |
| PESO SUELO SECO | 23,52 | 20,67 |
| % HUMEDAD | 27,21 | 27,38 |




## GRADACIÓN

| Peso inicial: | 342,00 | gr | Peso final: | 136,50 | gr |
|---|---|---|---|---|---|
| Tamiz (plg) | Tamiz (mm) | Peso (gr) | % Reten. | % Ret.Acum | % Pasa |
| 3" | 76,10 | | | | |
| 2 ½" | 64,00 | | | | 100,0% |
| 2" | 50,80 | | | | 100,0% |
| 1 ½" | 38,10 | | | | 100,0% |
| 1" | 25,40 | | | | 100,0% |
| 3/4" | 19,00 | | | | 100,0% |
| 1/2" | 12,70 | | | | |
| 3/8" | 9,51 | | | | 100,0% |
| 4 | 4,76 | 12,2 | 3,6% | 3,6% | 96,4% |
| 8 | 2,38 | 28,1 | 8,2% | 11,8% | |
| 10 | 2,00 | 6,1 | 1,8% | 13,6% | 86,4% |
| 12 | 1,68 | | | 13,6% | |
| 16 | 1,19 | 12,9 | 3,8% | 17,3% | |
| 30 | 0,59 | 8,0 | 2,3% | 19,7% | |
| 40 | 0,42 | 18,0 | 5,3% | 24,9% | 75,1% |
| 50 | 0,30 | 16,8 | 4,9% | 29,9% | |
| 80 | 0,18 | 18,0 | 5,3% | 35,1% | |
| 100 | 0,15 | 6,7 | | 37,1% | |
| 200 | 0,07 | 9,7 | 2,8% | 39,9% | 60,1% |
| | | 205,5 | 60,1% | 100,0% | 0% |
| Total | | 342,0 | | | |




### RESULTADOS

| | | |
|---|---|---|
| Límite Líquido | 37,1 | % |
| Límite Plástico | 27,3 | % |
| Índice Plastico | 9,8 | % |
| Gravas | 3,6% | |
| Arenas | 36,3% | |
| Finos | 60,1% | |

### CLASIFICACIÓN

| | |
|---|---|
| Índice de Grupo | 5 |
| A.A.S.H.T.O. | A - 4 |
| U.S.C | ML |

**OBSERVACIONES:**

CLASE DE SUELO LIMO CON ARENA DE COLOR NARANJA AMARILLENTO CON GRIS CLARO DE PLASTICIDAD MEDIA

NELSON E. FLOREZ
*Laboratorista*
Realizó

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION E INTERVENTORIA

# ENSAYO DE CLASIFICACION
## LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN
## I.N.V E - 122 - E - 123 - E - 125 - E - 126

*GIC-FT-001*

**PROYECTO:** Gaviones La Chapa

**SITIO/ABSC**

**APIQUE** 1

**MUESTRA** 7

**CLIENTE:**

**LOCALIZACION:** Palmas del Socorro - Santander

**PROF.**

**FECHA:** 20/07/2023

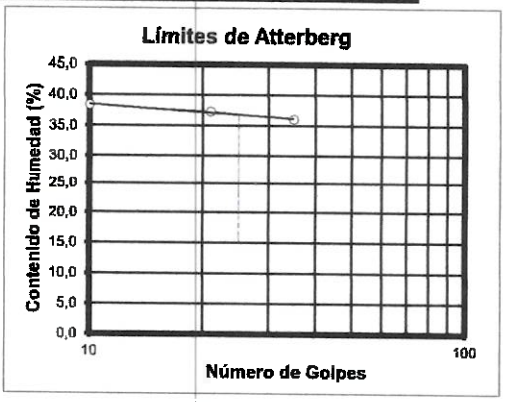
**CON. DE HUMEDAD**

| | |
|---|---|
| **PROFUNDIDAD** | 6,00-7,00 |
| PESO DE RECIP. + S.H. | 996,90 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 839,70 |
| PESO RECIPIENTE | 59,00 |
| PESO AGUA | 157,20 |
| PESO SUELO SECO | 780,70 |
| % HUMEDAD | 20,14 |

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

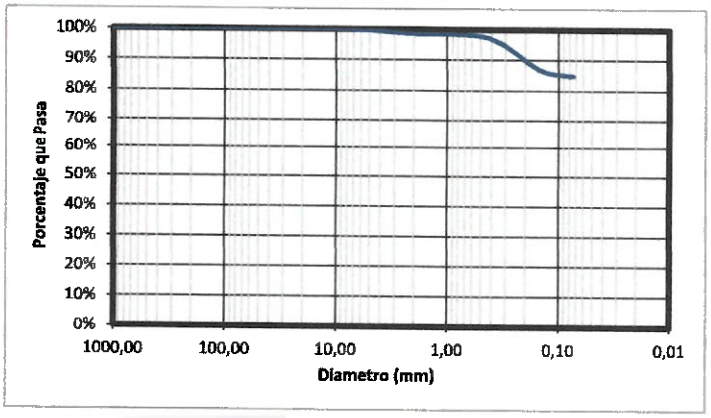
| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|---|---|---|---|
| Determinación No | 1 | 2 | 3 |
| No GOLPES | 35 | 21 | 10 |
| RECIP. No. | 18 | 12 | 207 |
| PESO DE RECIP. + S.H. | 32,67 | 35,84 | 33,7 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 26,31 | 28,31 | 27,08 |
| PESO RECIPIENTE | 8,7 | 8,15 | 9,84 |
| PESO AGUA | 6,36 | 7,53 | 6,62 |
| PESO SUELO SECO | 17,61 | 20,16 | 17,24 |
| % HUMEDAD | 36,12 | 37,35 | 38,40 |

| LÍMITE PLÁSTICO | | |
|---|---|---|
| RECIP. No. | 84 | 45 |
| PESO DE RECIP. + S.H. | 46,11 | 39,77 |
| PESO DE RECIP. + S.S. | 38,33 | 33,00 |
| PESO RECIPIENTE | 9,91 | 8,45 |
| PESO AGUA | 7,78 | 6,77 |
| PESO SUELO SECO | 28,42 | 24,55 |
| % HUMEDAD | 27,38 | 27,58 |




## GRADACIÓN

| Peso inicial: | 413,00 | gr | Peso final: | 62,90 | gr |
|---|---|---|---|---|---|
| Tamiz (plg) | Tamiz (mm) | Peso (gr) | % Reten. | % Ret.Acum | % Pasa |
| 3" | 76,10 | | | | |
| 2 ½" | 64,00 | | | | 100,0% |
| 2" | 50,80 | | | | 100,0% |
| 1 ½" | 38,10 | | | | 100,0% |
| 1" | 25,40 | | | | 100,0% |
| 3/4" | 19,00 | | | | 100,0% |
| 1/2" | 12,70 | | | | |
| 3/8" | 9,51 | | | | 100,0% |
| 4 | 4,76 | 1,6 | 0,4% | 0,4% | 99,6% |
| 8 | 2,38 | 3,2 | 0,8% | 1,2% | |
| 10 | 2,00 | 0,8 | 0,2% | 1,4% | 98,6% |
| 12 | 1,68 | | | 1,4% | |
| 16 | 1,19 | 1,8 | 0,4% | 1,8% | |
| 30 | 0,59 | 2,4 | 0,6% | 2,4% | |
| 40 | 0,42 | 1,6 | 0,4% | 2,8% | 97,2% |
| 50 | 0,30 | 15,9 | 3,8% | 6,6% | |
| 80 | 0,18 | 15,8 | 3,8% | 10,4% | |
| 100 | 0,15 | 11,0 | 2,7% | 13,1% | |
| 200 | 0,07 | 8,6 | 2,1% | 15,2% | 84,8% |
| | | 350,1 | 84,8% | 100,0% | 0% |
| Total | | 413,0 | | | |




## RESULTADOS

| | | |
|---|---|---|
| Límite Líquido | 36,8 | % |
| Límite Plástico | 27,5 | % |
| Índice Plastico | 9,4 | % |
| Gravas | 0,4% | |
| Arenas | 14,8% | |
| Finos | 84,8% | |

## CLASIFICACIÓN

| | |
|---|---|
| Índice de Grupo | 9 |
| A.A.S.H.T.O. | A - 4 |
| U.S.C | ML |

**OBSERVACIONES:**

CLASE DE SUELO LIMO CON ARENA DE COLOR ROJO CON GRIS OSCURO Y VETAS OXIDADAS DE PLASTICIDAD MEDIA

**NELSON E. FLOREZ**
*Laboratorista*
Realizó

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION E INTERVENTORIA

## ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA
### RESULTADOS DE LABORATORIO
### INVE 152 - 13

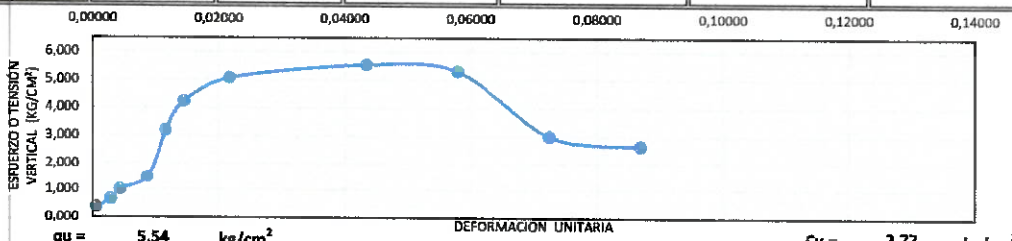
| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Gaviones La Chapa | SPT/MUESTRA | 1,00 |
| LOCALIZACIÓN: | Palmas del Socorro - Santander | FECHA DE ENSAYO: | 20/07/2023 |

| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | |
|---|---|
| Diam. Prom[cm] | 3,70 |
| Altura [cm] | 6,90 |
| Peso Humedo [gramos] | 147,5 |
| Area [cm²] | 10,75 |
| Volumen [ cm³] | 74,19 |
| Humedad % | 18,3 |
| | |
| | |

| PESO UNITARIO (g/cm³) | |
|---|---|
| Húmedo | 1,99 |
| Seco | 1,68 |

| RESUMEN DE RESULTADOS | | |
|---|---|---|
| Resistencia a compresión inconfinada (qu) | 5,54 | kg/cm2 |
| Resistencia al corte (Cu) | 2,77 | kg/cm2 |
| Carga axial de rotura (Nr) | 39,51 | kg |

| LECTUR No. | CARGA AXIAL [Kg] | DEFORM . [mm] | ALTURA-DEFORM [cm] | DEFORMACIÓN UNITARIA | AREA CORREGIDA [cm²] | ESFUERZO O TENSIÓN VERTICAL [kg/cm²] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,82 | 0,004 | 6,89600 | 0,00058 | 10,758 | 0,355 |
| 2 | 6,97 | 0,020 | 6,88000 | 0,00290 | 10,783 | 0,646 |
| 3 | 10,83 | 0,030 | 6,87000 | 0,00435 | 10,799 | 1,003 |
| 4 | 15,84 | 0,060 | 6,84000 | 0,00870 | 10,846 | 1,460 |
| 5 | 34,64 | 0,080 | 6,82000 | 0,01159 | 10,878 | 3,184 |
| 6 | 46,12 | 0,100 | 6,80000 | 0,01449 | 10,910 | 4,227 |
| 7 | 55,68 | 0,150 | 6,75000 | 0,02174 | 10,991 | 5,066 |
| 8 | 62,23 | 0,300 | 6,60000 | 0,04348 | 11,241 | 5,536 |
| 9 | 60,52 | 0,400 | 6,50000 | 0,05797 | 11,414 | 5,302 |
| 10 | 34,62 | 0,500 | 6,40000 | 0,07246 | 11,592 | 2,987 |
| 11 | 31,14 | 0,600 | 6,30000 | 0,08696 | 11,776 | 2,644 |
| | | | | | | |




qu = 5,54 kg/cm² = 542,90 Kpa

Cu = 2,77 kg/cm² = 271,45 Kpa

OBSERVACIONES:

Aprobó

NELSON FLÓREZ
*Laboratorista*
Realizó

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION E INTERVENTORIA

# ANEXO Nº2

## INFORMES DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

cerverateran@hotmail.com

IngeoExploraciones
geología, geofísica y geotecnia

SGS CO18/8131 SGS CO18/8132 SGS CO18/8133

# EXPLORACION GEOFISICA MEDIANTE ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y ONDAS SUPERFICIALES MASW1D, REALIZADO PARA EL DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO EN EL PUNTO CRITICO PUNTO CRÍTICO VEREDA LA ENSILLADA DEL MUNICIPIO DE PALMAS DEL SOCORRO, DEPARTAMENTO DE SANTANDER



Presentado a:

**ING. LUIS ALBERTO CERVERA**

Realizado por:

**INGEOEXPLORACIONES S.A.S**

Geología, Geofísica y Geotecnia

**BUCARAMANGA, JULIO DE 2023**

Carrera 3 No. 2-165 Zona Industrial Chimitá Tel: (7)/6890500 Móvil: 3163431821
Website: www.ingeoexploraciones.com – www.tomografiaselectricas.com
Bucaramanga - Colombia

# CONTENIDO

Página


1. **INTRODUCCIÓN** ..... **1**
1.1 MARCO TEORICO ..... 1
1.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica ..... 1
1.1.2 Ensayo de Ondas Superficiales ..... 4
1.1.3 Parámetros Geomecánicos ..... 5
1.1.4 Clasificación del suelo según NSR-10 ..... 6

2. **2. GEOLOGÍA** ..... **6**
2.1 ESTRATIGRAFIA ..... 7
2.1.1 Formación Simití (Kis) ..... 7

3. **METODOLOGÍA DE TRABAJO** ..... **10**

4. **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS** ..... **13**
4.1 LINEA SISMICA LS1 ..... 13
4.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica LS1 ..... 14
4.1.2 Ensayo de Tomografía Sísmica LS1 ..... 15
4.1.3 Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM1D LS1 ..... 16

5. **CONCLUSIONES** ..... **17**
5.1 CONCLUSIONES REFRACCIÓN SÍSMICA ..... 17
5.2 CONCLUSIONES TOMOGRAFÍA SÍSMICA ..... 17
5.3 CONCLUSIONES ONDAS SUPERFICIALES MASW-MAM1D ..... 18

**BILIOGRAFÍA** ..... **19**

**ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO** ..... **20**

# LISTA DE FIGURAS

**Página**

Figura No. 1. Mapa de Localización geográfica del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS1 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander ..... 2

Figura No. 2. Esquema de las Ondas Generadas por medio de un Martillo ..... 3

Figura No. 3. Arreglo Característico de los componentes fundamentales empleados en los ensayos de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D. ..... 4

Figura No 4. Mapa Geológico regional y de Localización del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS1 en el punto crítico vereda La Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander ..... 8

Figura No. 5. Imagen satelital con la ubicación de la Línea de Refracción Sísmica LS1 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander ..... 11

Figura No. 6. Sismógrafo GEODE 24CH Ultra-Light utilizado para la ejecución de la línea de Refracción Sísmica. Fabricado por la compañía GEOMETRICS - EEUU. .... 12

Figura No. 7. Geófonos con frecuencia de 14,0 Hertz para refracción (Color Azul) y de 4.5 Hertz para ondas superficiales MASW1D (Color Rojo). Fabricados por la compañía GEOSPACE. EEUU. ..... 12

Figura No. 8. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo simplificado de 2 capas. 14

Figura No. 9. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D..... 15

Figura No. 10. Resultado Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM 1D LS1..... 16

Figura No. 11. Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS1 ..... 21

Figura No. 12. Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS1. ..... 21

Figura No. 13. Demarcación del área e instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS1. ..... 22

Figura No. 14. Detalle de la instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS1. ..... 22

Figura No. 15. Detalle de la generación de energía por medio de una porra de 22Lb para el registro de las velocidades de onda compresional y de corte. ..... 23

Figura No. 16. Detalle de la conexión de los geófonos SPACE al multicable, utilizados para la realización de los ensayos de refracción y Ondas superficiales. ..... 23

## LISTA DE TABLAS

**Página**

Tabla 1. Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10. Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo. ..... 6

Tabla 2. Datos de Refracción Sísmica y Configuración de los puntos de tiro ..... 13

Tabla 3. Determinación Velocidades de Onda de Corte (Vs) – Ensayo MASW-MAM1D ..... 16

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene el resultado de la investigación geofísica por medio de un ensayo de Refracción Sísmica y Ondas superficiales realizada por la empresa **INGEOEXPLORACIONES S.A.S** para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander (Figura 1).

El estudio de exploración Geofísica se realiza mediante Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D, para determinar la profundidad del basamento rocoso, espesores y/o capas de contacto basados en los registros de las respuestas sísmicas tales como las velocidades Compresionales (Vp) y Velocidades de Corte (Vs).

Con los valores de Vs, se obtienen los parámetros geomecánicos del subsuelo como el módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de Poisson.

Para la toma de datos se efectúa la visita correspondiente el día 18 de julio de 2023, día en el cual se ejecuta un (1) ensayo de refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D, en el sector de interés geotécnico y geológico, seleccionado previamente y en común acuerdo con el Ingeniero Luis Alberto Cervera y a su vez donde las condiciones locales y en general de carácter logístico lo permiten.

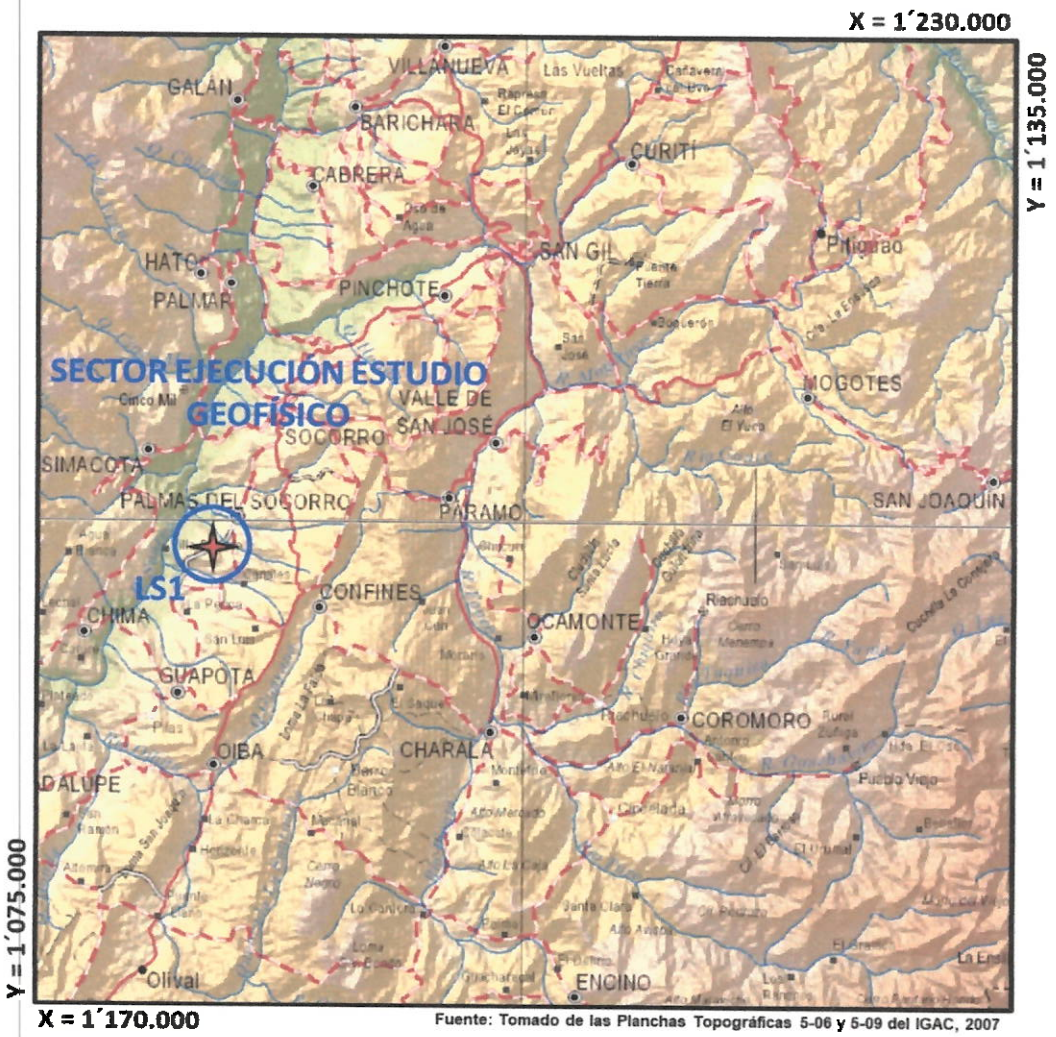
Para la localización de la Línea Sísmica se utilizó un GPS (Global Positioning System) Map 60CSx Garmin, que es un sistema de localización por satélite, el cual determina la posición de un punto en relación a un grupo de satélites que orbitan la tierra y envían continuamente señales de radio con la posición y el tiempo exactos de cada uno de ellos. Conociendo tres o más de estos satélites y calculando las diferencias en tiempo entre señales transmitidas, el GPS determina su posición en coordenadas geodésicas WGS84 con una precisión de 2 m.

En este informe técnico se consignan los resultados del estudio y se describen las características geotécnicas del subsuelo, manifestando la litología asociada, espesores, su estado y conductas de velocidad de onda.

## 1.1 MARCO TEORICO

### 1.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica

La sísmica de refracción constituye uno de los métodos de prospección más tradicionales de la geofísica. Su principio fundamental se basa en la medición de los tiempos de viaje de ondas sísmicas generadas por una fuente impulsiva en la superficie del subsuelo (o cercana a ella) y que son refractadas en las interfaces entre medios (refractores) con propiedades físicas (i.e. impedancias acústicas) diferentes.




Fuente: Tomado de las Planchas Topográficas 5-06 y 5-09 del IGAC, 2007

**Figura No. 1.** Mapa de Localización geográfica del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS1 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander

El análisis de dichos tiempos de viaje, bajo ciertas hipótesis definidas y siguiendo las leyes de la propagación de ondas, permite en principio obtener un perfil en profundidad de la distribución geométrica de los diferentes refractores, con las correspondientes velocidades a las cuales la onda sísmica se propaga a través de ellos (Redpath, 1973).

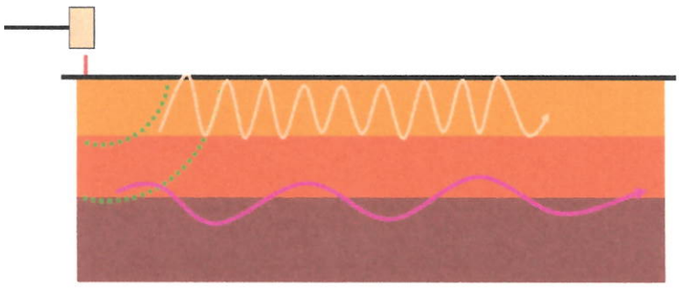


**Figura No. 2.** Esquema de las Ondas Generadas por medio de un Martillo

La fuente a emplear puede ser un martillo, una fuente de caída de peso o cargas explosivas. El objetivo en todos los casos es generar un pulso de ondas compresionales que será detectado en la superficie, luego de viajar en profundidad y refractarse en los diferentes estratos del subsuelo, por un arreglo lineal de receptores (geófonos con una frecuencia de 14,0 Hertz para refracción o de 4.5 Hertz para ondas superficiales) ubicados a distancias conocidas que transmitirán la señal eléctrica generada por las vibraciones del subsuelo hasta un equipo de grabación (sismógrafo), donde ésta será digitalizada y guardada para su posterior análisis e interpretación . Los datos adquiridos serán entonces sismogramas de los cuales pueden interpretarse los tiempos de recorrido en función de la distancia entre los receptores. Esta información luego debe ser procesada e interpretada por medio de un software para poder obtener la de velocidades de onda en el subsuelo.

Es importante destacar, que una de las limitaciones del método sísmico de refracción es su incapacidad para modelar inversiones de velocidad en el subsuelo, puesto que la presencia de tal característica anula la posibilidad de que se produzca la refracción a ángulo crítico (paralela a la interfaz entre los dos medios) que es fundamental para que la onda pueda ser detectada de nuevo en la superficie (Redpath, 1973). Por lo tanto, una de las condiciones para la aplicación de la refracción sísmica es que exista un aumento monótono de la velocidad con la profundidad en el subsuelo.

Asimismo, la existencia de una capa delgada (o varías) también representa un problema en este método, puesto que la refracción correspondiente a la misma no alcanzará la superficie como una primera llegada, ya que será enmascarada por la refracción de la capa infrayacente, aunque más profunda, se ve compensada por su mayor velocidad. La existencia de este problema no puede conocerse *a priori:* se necesitaría información complementaria a partir de otros métodos o técnicas *(e.g.* perforaciones en el área).

### 1.1.2 Ensayo de Ondas Superficiales

Las ondas Superficiales se conocen como la energía que viaja a lo largo o cerca de la superficie de la tierra la cual decrece rápidamente con la profundidad. Se Caracterizan por su relativa baja velocidad, bajas frecuencias, y alta amplitud.

Estas ondas son generadas fácilmente por fuentes activas (Martillo) y fuentes pasivas como ruido ambiental, micro-tremores. Las ondas superficiales se presentan como movimientos elípticos verticales en la superficie, donde la dirección de las ondas varía de un lado a otro de la elipse.




**Figura No. 3.** Arreglo Característico de los componentes fundamentales empleados en los ensayos de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D.

El principio fundamental del análisis de ondas superficiales, se basa en que las ondas Rayleigh, viajan a una velocidad independiente de su longitud de onda en suelos uniformes y homogéneos, por ejemplo, para un mismo estrato la velocidad de la onda Rayleigh es de 0.919 Vs, que terminaría siendo la misma velocidad Vs para efectos prácticos. Por esta razón el análisis MASW (***MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves***) es una técnica utilizada con mucha frecuencia para definir la velocidad de onda cortante in situ de modo Activo y de modo pasivo se utiliza en el ensayo MAM (***MAM: Microtremor Array Measurement***).

El trabajo de campo para los ensayos MASW-MAM 1D se utilizó con un sismógrafo de última generación y 24 geófonos, sin embargo, la cantidad de geófonos puede variar dependiendo de la profundidad de estudio que se requiera. Mediante un equipo procesador electrónico digital se registran las diferentes frecuencias generadas por los elementos vibradores, y se obtiene la curva de dispersión que asocia la velocidad con la frecuencia y la longitud de onda, la cual refleja las condiciones de rigidez del sitio, la

estratigrafía y posibles anomalías en la compactación del suelo.

Después de obtener la curva de dispersión característica del sitio se calculan los perfiles de velocidad de onda de corte ($Vs_{30}$) derivados del proceso de inversión de las curvas de dispersión, los cuales se utilizarán como complemento a la exploración geotécnica realizada y permitirán definir el tipo de perfil de suelo de acuerdo con el criterio definido por la norma **NSR-10.**

### 1.1.3 Parámetros Geomecánicos

Conocidas las velocidades de corte (Vs), calculadas las compresionales (Vp) y las densidades (d) de los diferentes estratos que componen el subsuelo (los cuales se pueden obtener de ensayos de laboratorio o a partir de las velocidades compresionales) y dadas las relaciones matemáticas expresadas a continuación es posible calcular los módulos de Elasticidad (E), de Corte máximo (Go), de deformación Volumétrica (K).

| | | |
|---|---|---|
| **P-Wave Velocity** | $Vp = 1.11Vs + 1290$ | (Kitsunezaki, 1990) |
| **d = Density** | $d = 1.2475 + 0.399Vp - 0.026Vp^2$ | (Ludwig, 1970) |
| **Poisson's Ratio** | $v = \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}$ | |
| **Shear Modulus** | $G = dVs^2$ | |
| **Young's Modulus** | $E = 2G(1+v)$ | |
| **Bulk Modulus** | $K = \frac{1}{3}\frac{E}{1-2v}$ | |
| **Capacidad de Carga** | $q_a = 0.025\,\gamma\,V_s\,\beta$ | ($\gamma$=KN/m³, $V_s$= m/s, $\beta$=1. S.S.Tezcan 2011) |

En las anteriores expresiones, Vp es la velocidad compresional en m/seg (Kitsunezaki , 1990), Vs la velocidad de corte en m/seg y d es la densidad o peso un unitario en g/cm$^3$ (Ludwig, 1970, Vp= Km/s; d=g/cm$^3$).

Según la teoría elástica, el módulo de elasticidad dinámico **E**, viene dado en función de la velocidad de propagación de ondas longitudinales (Ondas P) y ondas transversales (Ondas S), las ondas longitudinales son siempre más rápidas de las transversales, lo que hace que la detección de estas últimas sea más complicada en campo, y lo que suele hacerse para hallar el **E** es estimar la relación de Poisson como se enunció anteriormente.

El módulo dinámico E tiene un valor mayor que el estático, ya que se obtiene para incrementos tensionales pequeños como son los producidos por ondas sísmicas. La

relación entre el módulo dinámico y el estático se considera normalmente de 4 (v. Link, 1969; Mayer, 1963), pero el rango puede estar entre 1 y 19.6. (Jiménez Salas, De Justo Alpañes, 1981). De acuerdo con lo anterior se realizaron dos cálculos diferentes de la velocidad de onda compresional Vp, el primero tomado directamente en campo por medio del ensayo de refracción, y el segundo aplicando la fórmula de Kitsunezaki (1990), con respecto a las velocidades Vs determinadas con el ensayo MASW-MAM1D.

El geotecnista encargado del proyecto, deberá escoger que velocidades Vp que considere más convenientes para el diseño, dependiendo de la cantidad de información adicional del suelo que se tenga en el proyecto.

### 1.1.4 Clasificación del suelo según NSR-10

De acuerdo con la clasificación de los perfiles de suelo según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, los suelos son clasificados de la siguiente forma:

**Tabla 1.** Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10. Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo.

| Tipo de perfil | Descripción | Definición |
|---|---|---|
| A | Perfil de roca competente | $\bar{v}_s \geq 1500$ m/s |
| B | Perfil de roca de rigidez media | 1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s |
| C | Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s |
| | perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios | $\bar{N} \geq 50$, o<br>$\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²) |
| D | Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s |
| | perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones | 50 > $\bar{N} \geq 15$, o<br>100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²) |
| E | Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 180 m/s > $\bar{v}_s$ |
| | perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas | IP > 20<br>w ≥ 40%<br>50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$ |
| 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:<br>$F_1$ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.<br>$F_2$ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).<br>$F_3$ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75)<br>$F_4$ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m) | |

# 2. GEOLOGÍA

En un marco geológico regional, la zona se encuentra al Nor-este del casco urbano del municipio de Palmas del Socorro, sobre un suelo residual, afectando a unos depósitos más antiguos correspondientes al Cretácico superior correlacionable con la Formación Simití. (Ver Figura 3).

La morfología presente en general es denudacional estructural con un relieve plano a onduloso. Estas rocas presentan en términos generales exposición aceptable, meteorización avanzada, observable a lo largo de las vías de comunicación y cañadas, dentro y fuera del área.

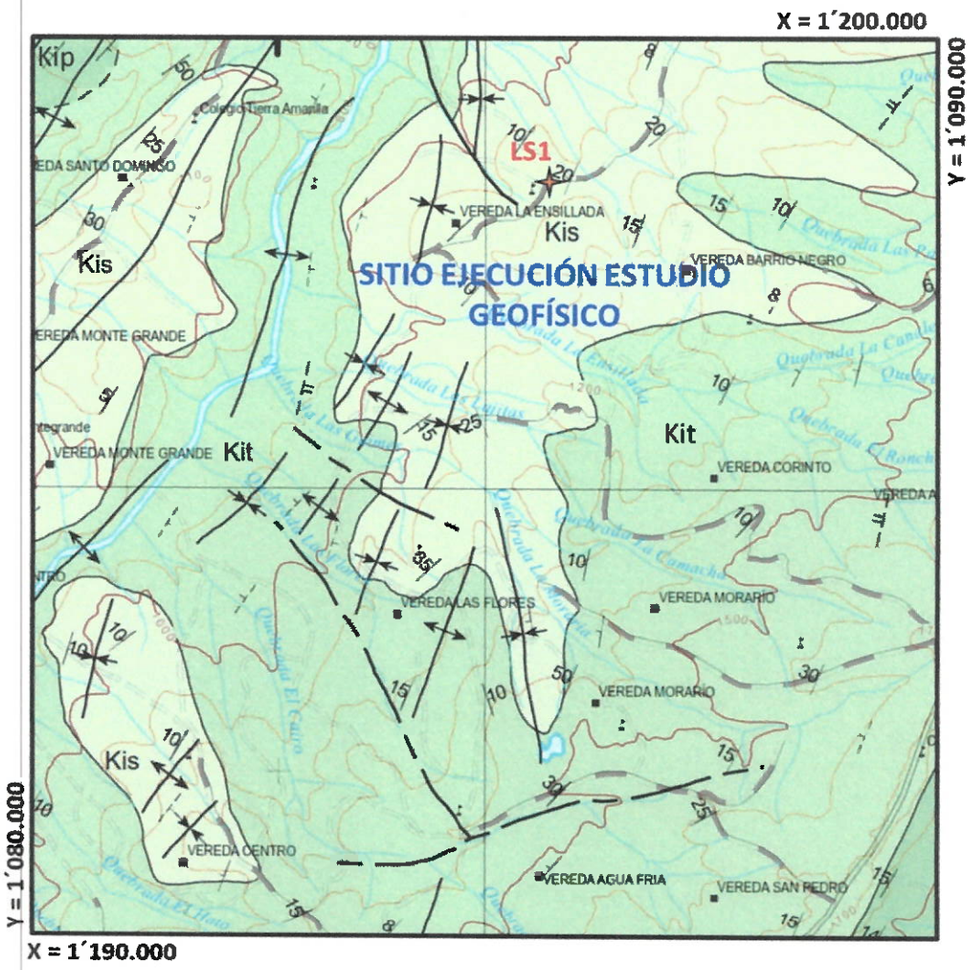
## 2.1 ESTRATIGRAFIA

En este capítulo se desea ilustrar las características litológicas y sedimentológicas de las unidades de roca del subsuelo que están comprometidas en la amplitud de investigación de la herramienta de exploración Sísmica, además de evaluar y comprender las propiedades geomecánicas, nos interesa detallar la estratigrafía de las capas de roca que están incluidas en la futura obra civil. Se entiende que a profundidades mayores a las realizadas en la investigación del subsuelo, existen diferentes unidades de roca que para nuestro objetivo exploratorio no implican repercusiones importantes en la viabilidad del proyecto constructivo y por eso no se describen en el presente informe.

### 2.1.1 Formación Simití (Kis)

El nombre se debe a los geólogos de Intercol (1953) en Morales, et. al. (1958), refiriéndose a una sucesión de shales de color gris a gris oscuro, localmente calcárea y con concreciones. Su nombre deriva de las orillas meridionales de la Ciénaga de Simití y su espesor en la localidad tipo es de 410 metros, aunque en otras áreas varía entre 250 y 650 metros. Hubach (1953), utiliza el término "Conjunto San Gil Superior" para designar "esquistos arcillosos franjeados, piríticos y arenisca arcillosa", que suprayace al Conjunto San Gil, y que corresponde según Julivert (1958, p.494) "a la parte baja de la Formación Simití.

El nombre Formación Simití, es utilizado en el presente informe teniendo en cuenta que con dicho término se denomina una sucesión litológica que aflora en la región, norte (cuadrángulo H-12), similar a la observada en el área de estudio. Es posible que mediante estudios posteriores que hagan referencia a esta unidad se defina mejor si el término "Simití" es conveniente, o por el contrario sea aplicable el nombre "Formación San Gil Superior", en el sentido de Etayo (1968, p, 34), con el




**LEYENDA**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kis | Formación Simití | Kip | Formación Paja |
| Kit | Formación Tablazo | ✦ | Sitio Estudio Geofísico |

**Fuente: Adaptado del Mapa Geológico de la Plancha 136-Charalá, Ingeominas, 2009**

**Figura No 4.** Mapa Geológico regional y de Localización del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS1 en el punto crítico vereda La Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander

cual describe en la región de Villa de Leiva, al sur de la zona de estudio, una secuencia litológica correlacionable con la descrita en este trabajo.

En el área de estudio la unidad aflora en las partes altas de la región de Mesas y Cuestas, donde forma superficies suavemente onduladas correspondiendo en su mayoría a los núcleos de los sinclinales de Suaita-Chima, Simacota y El Páramo. Hacía el este del municipio de Charalá, la formación es particularmente más arenosa. En la mayoría de los afloramientos la unidad aparece incompleta debido a la intensa meteorización y erosión a que ha estado sometida. Sobre la Quebrada La Pava, se midió una secuencia completa de esta formación, obteniéndose un espesor total de 301 m. Esta secuencia está constituida de base a techo por: 90 m de shales de color gris a crema, micáceos, con nódulos lutíticos ferruginosos e intercalaciones de areniscas arcillosas, grises a pardas, de grano fino, micáceas, las cuales se presentan en bancos delgados con nódulos ferruginosos y esporádicos lentejones de caliza arcillosa y margas hasta de 2m de espesor; 10m de calizas rojizas fosilíferas, con nódulos calcáreos en bancos de 1,5 m de espesor, alternando con mar gas grises a pardo rojizas micáceas; 74 m de shales de color gris a amarillo-rojizo, micáceo, fosilífero, estratificación maciza, con nódulos lutíticos ferruginosos y costras de óxido de hierro e intercalaciones de capas de calizas grises a pardas, fosilíferas, algo micáceas y margosas, de espesor variable. La parte superior tiene un espesor de 127 metros y está compuesta por shales grises, micáceos, con abundantes nódulos calcáreos ferruginosos e intercalaciones de calizas arenosas fosilíferas en bancos de 1,5 m y areniscas amarillentas con óxidos de hierro en la matriz. Los shales superiores presentan mayor contenido arenoso.

La unidad infrayace en concordancia a la Formación Chiquinquirá y descansa conformemente al Tablazo. Su edad es considerada Albiana Inferior, Medio y Superior, en base a amonitas halladas en la sección tipo. Etayo (1968), le asigna edad Albiana Media a Superior en la región de Villa de Leiva.

La Formación Simití muestra características de un ambiente de depositación marina poco profunda de facies más litoral. Ulloa y Rodríguez, 1979, la correlacionan con la Formación Une.

## 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la ejecución del Estudio Geofísico se efectuaron cuatro (4) fases o etapas de trabajo que incluyeron las siguientes actividades:

i. **Fase de Reconocimiento Lito-Estratigráfico y Estructural:** Realizada en los alrededores del área del proyecto, con el fin de reconocer la geología local, estratigrafía, geomorfología, inclinación (actitud) de las capas de roca en superficie.

ii. **Fase de Adquisición de Datos**: Efectuada con la visita puntual en al sitio de interés geotécnico, para planear la ubicación y ejecución de una (1) Línea de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D (Figura 5) con 24 Geófonos separados cada 4,0 m para la LS1 obteniendo longitud de 92 m para tratar de lograr una profundidad aproximada de investigación Geofísica de 30,60 m.

iii. **Fase de Valoración de Información:** Revisión bibliográfica y análisis de la Información geológica existente de superficie y subsuelo, para el sector del estudio.

iv. **Fase de Procesamiento e Interpretación:** Con los datos adquiridos de las fases anteriores y utilizando los softwares de inversión y modelización SEISIMAGER 2D Y SEISIMAGER/SW de la compañía Geometrics Inc., se realizó el procesamiento e interpretación de los datos.

Para el ensayo sísmico se utilizó la Estación Portátil de Prospección Sísmica de última generación GEODE 24-CH (Figuras 6 y 7), de la empresa Geometrics INC, el cual contiene 24 canales de registro y cables con espaciamiento de hasta 10.0 m. Se empleó una computadora portátil para almacenar los registros. Para la generación de Ondas o impactos para el registro sísmico, se utilizó una porra de 22 Lb con su respectivo sensor de Impacto.

La distribución de los **Puntos de Disparo** o **Shot Point** se realizaron de forma equitativa a lo largo de los tendidos sísmicos. En esta ocasión de realizaron 8 Shot Point para cada ensayo de refracción sísmica, para el Ensayos de ondas superficiales MASW1D se utilizó 3 Shot Point de modo Activo (MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves,) y se utilizaron las vibraciones Naturales de Modo Pasivo (MAM: Microtremor Array Measurement), logrando así un buen registro de estas velocidades de onda compresional (Vp) y velocidades de onda de corte (Vs).




**Figura No. 5.** Imagen satelital con la ubicación de la Línea de Refracción Sísmica LS1 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander




**Figura No. 6.** Sismógrafo GEODE 24CH Ultra-Light utilizado para la ejecución de la línea de Refracción Sísmica. Fabricado por la compañía GEOMETRICS - EEUU.



**Figura No. 7.** Geófonos con frecuencia de 14,0 Hertz para refracción (Color Azul) y de 4.5 Hertz para ondas superficiales MASW1D (Color Rojo). Fabricados por la compañía GEOSPACE. EEUU.

# 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

## 4.1 LINEA SISMICA LS1

LOCALIZACIÓN: Punto Crítico en la vereda la Ensillada (ver figuras 1, 4 y 5).
RUMBO: NE-SW
LONGITUD DEL TENDIDO: 92 metros
ESPACIAMIENTO ENTRE GEOFONOS: 4 metros
PROFUNDIDAD INVESTIGADA: 30 m

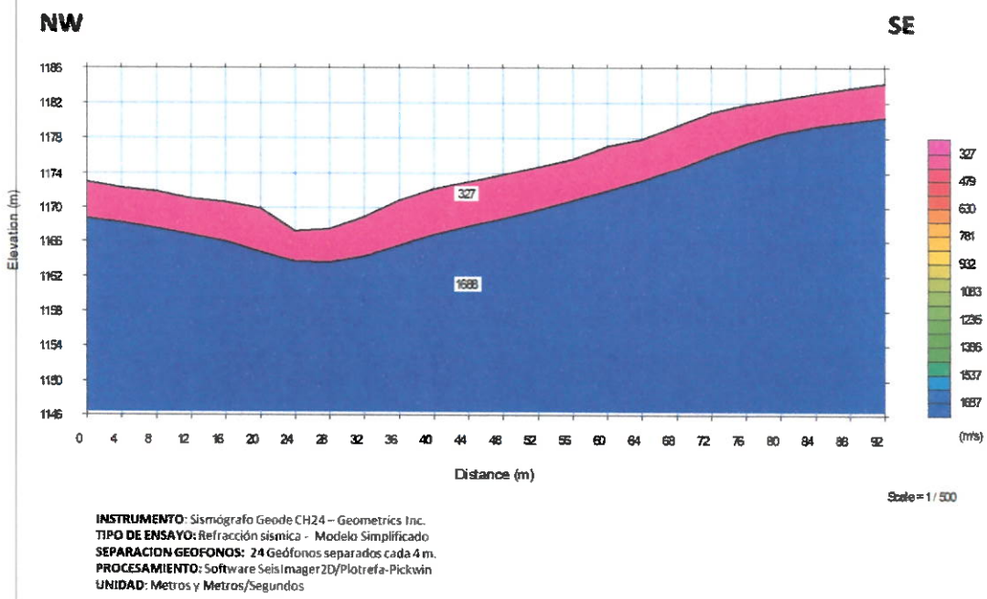
**COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ MAGNA SIRGAS:**
Geófono No 1 = X= 1´198.474, Y= 1´085.695, Z= 1173 msnm
Geófono No 24 = X= 1´198.389, Y= 1´085.710, Z= 1181 msnm

Tabla 2. Datos de Refracción Sísmica y Configuración de los puntos de tiro

| LOCALIZACION DE PUNTO DE TIRO O SHOT POINT | | | |
|---|---|---|---|
| PUNTO DE TIRO | LOCALIZACION (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros) |
| 1 | -10 | 0 | N/A |
| 2 | -5 | 0 | N/A |
| 3 | 14 | 4.43 | N/A |
| 4 | 30 | 4.26 | N/A |
| 5 | 46 | 5.25 | N/A |
| 6 | 62 | 4.94 | N/A |
| 7 | 78 | 4.14 | N/A |
| 8 | 97 | 0 | N/A |

| ENSAYO DE REFRACCION SISMICA LS1 | | | |
|---|---|---|---|
| GEÓFONOS | LOCALIZACION (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros) |
| 1 | 0 | 4.3 | N/A |
| 2 | 4 | 4.1 | N/A |
| 3 | 8 | 4.39 | N/A |
| 4 | 12 | 4.25 | N/A |
| 5 | 16 | 4.61 | N/A |
| 6 | 20 | 5.15 | N/A |
| 7 | 24 | 3.56 | N/A |
| 8 | 28 | 3.9 | N/A |
| 9 | 32 | 4.62 | N/A |
| 10 | 36 | 5.3 | N/A |
| 11 | 40 | 5.38 | N/A |
| 12 | 44 | 5.26 | N/A |
| 13 | 48 | 5.24 | N/A |
| 14 | 52 | 5.17 | N/A |
| 15 | 56 | 4.93 | N/A |
| 16 | 60 | 5.15 | N/A |
| 17 | 64 | 4.72 | N/A |
| 18 | 68 | 4.77 | N/A |
| 19 | 72 | 4.77 | N/A |
| 20 | 76 | 4.35 | N/A |
| 21 | 80 | 3.93 | N/A |
| 22 | 84 | 3.82 | N/A |
| 23 | 88 | 3.91 | N/A |
| 24 | 92 | 3.91 | N/A |

### 4.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica LS1




**INSTRUMENTO:** Sismógrafo Geode CH24 – Geometrics Inc.
**TIPO DE ENSAYO:** Refracción sísmica - Modelo Simplificado
**SEPARACION GEOFONOS:** 24 Geófonos separados cada 4 m.
**PROCESAMIENTO:** Software SeisImager2D/Plotrefa-Pickwin
**UNIDAD:** Metros y Metros/Segundos

**Figura No. 8.** Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo simplificado de 2 capas.

### Observaciones Refracción Sísmica LS1

El perfil sísmico mostrado en la figura 8 corresponde a la línea de refracción sísmica **LS1**, presenta un modelo de dos capas:

La primera con **velocidad de onda compresional (Vp) de 327 m/s** corresponde a un suelo residual con fragmentos de roca y la segunda capa con **velocidad de onda compresional (Vp) de 1688 m/s,** corresponde a un basamento Cretácico fracturado compuesto por arcillolitas arenosas con nódulos ferruginosos, areniscas arcillosas de grano fino, areniscas calcáreas y ocasionalmente calizas arcillosas correlacionables con la Formación Simití (Kis).

En el general el perfil de refracción sísmica **LS1** presenta mayor espesor de suelo arenoso hacia el centro del perfil sísmico, según Tabla 2.

### 4.1.2 Ensayo de Tomografía Sísmica LS1

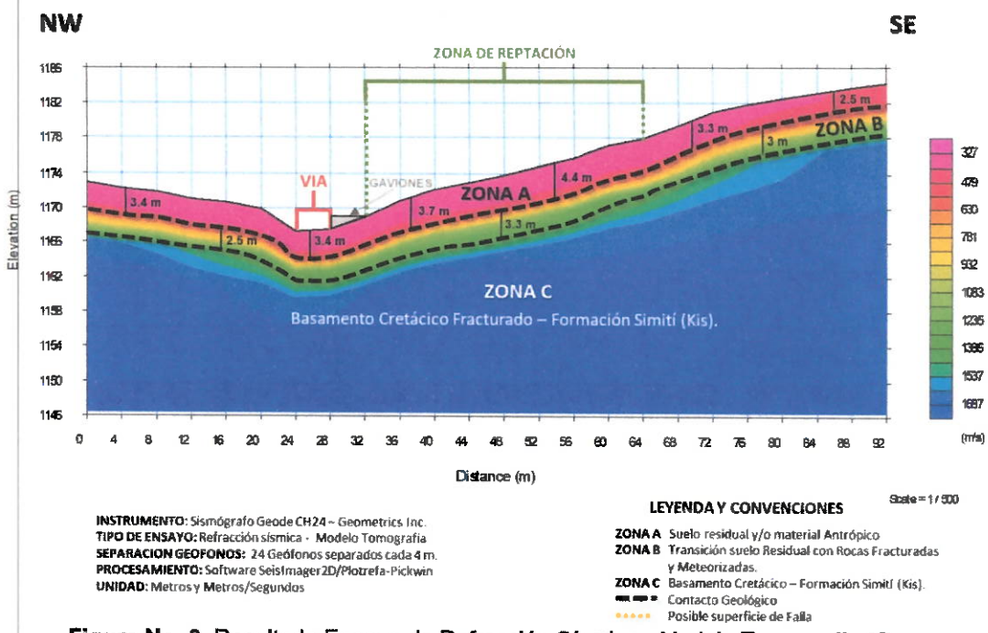



**Figura No. 9.** Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.

### Observaciones Tomografía Sísmica LS1

La imagen de Tomografía Sísmica **LS1** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 15 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

De acuerdo a los resultados de la tomografía sísmica **LS1** se identifica tres zonas:

La **ZONA A** corresponde a un suelo residual con un espesor que varía entre **2.5 y 4.4 metros** aproximadamente a lo largo del perfil sísmico, la **ZONA B** corresponde a una zona de transición entre el suelo residual y rocas fracturadas y meteorizadas con un espesor que varía entre **2.5 y 3.3 metros** aproximadamente. La **ZONA C** corresponde a un basamento Cretácico, su comportamiento a lo largo del perfil es homogéneo, sus propiedades Geomecánicas van mejorando a medida que su profundidad es mayor.

No se evidencia anomalías significativas.

### 4.1.3 Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM1D LS1

Tabla 3. Determinación Velocidades de Onda de Corte (Vs) – Ensayo MASW-MAM1D

| TABLA DE DATOS - ENSAYO DE ONDAS SUPERCIALES MASW-MAM 1D - LS1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Depth (m) | S-wave velocity (m/s) | P-wave velocity (m/s) | Density (Ton/m3) | N | Relacion de Poisson v | Mòdulo de Corte G (MPa) | Mòdulo de Elasticidad Ed (MPa) | Deformación K (MPa) | Qadm (Ton/m2) |
| 0.00 | 233.58 | 467.16 | 1.43 | 16.42 | 0.33 | 78 | 208 | 208 | 8.34 |
| 1.07 | 231.48 | 462.95 | 1.43 | 15.96 | 0.33 | 76 | 204 | 204 | 8.26 |
| 2.31 | 215.21 | 430.42 | 1.41 | 12.65 | 0.33 | 66 | 175 | 175 | 7.61 |
| 3.71 | 203.43 | 406.85 | 1.41 | 10.58 | 0.33 | 58 | 155 | 155 | 7.15 |
| 5.27 | 229.89 | 459.78 | 1.43 | 15.61 | 0.33 | 75 | 201 | 201 | 8.19 |
| 7.01 | 293.63 | 587.27 | 1.47 | 34.04 | 0.33 | 127 | 339 | 339 | 10.81 |
| 8.90 | 331.03 | 662.06 | 1.50 | 49.86 | 0.33 | 164 | 438 | 438 | 12.42 |
| 10.96 | 418.13 | 836.27 | 1.56 | 104.92 | 0.33 | 273 | 729 | 729 | 16.34 |
| 13.19 | 404.43 | 808.85 | 1.55 | 94.35 | 0.33 | 254 | 678 | 678 | 15.71 |
| 15.58 | 417.16 | 834.33 | 1.56 | 104.14 | 0.33 | 272 | 725 | 725 | 16.30 |
| 18.13 | 420.25 | 840.50 | 1.56 | 106.62 | 0.33 | 276 | 737 | 737 | 16.44 |
| 20.85 | 418.45 | 836.90 | 1.56 | 105.17 | 0.33 | 274 | 730 | 730 | 16.35 |
| 23.74 | 532.31 | 1064.62 | 1.64 | 226.34 | 0.33 | 466 | 1241 | 1241 | 21.87 |
| 26.79 | 586.53 | 1173.06 | 1.68 | 308.26 | 0.33 | 578 | 1541 | 1541 | 24.63 |
| 36.43 | 639.83 | 2000.21 | 1.94 | 406.64 | 0.44 | 795 | 2294 | 6709 | 31.06 |

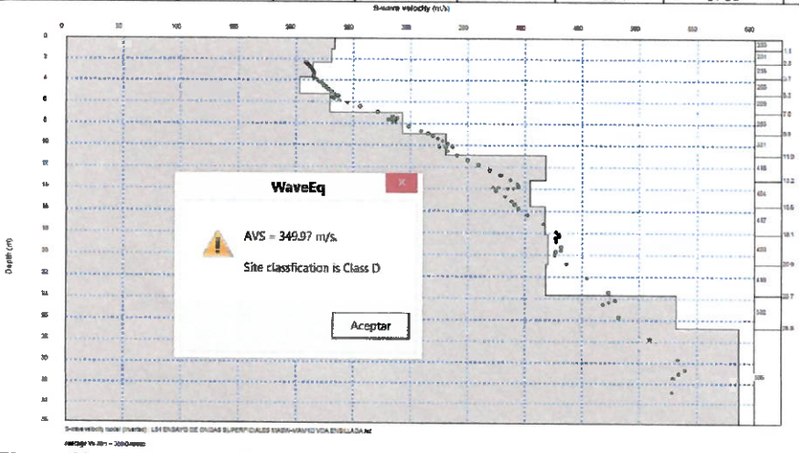



**Figura No. 10.** Resultado Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM 1D LS1

### Observaciones Ondas Superficiales MASW-MAM1D LS1

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales **MASW-MAM1D LS1** el suelo presenta superficialmente una **velocidad de onda de corte (Vs) de 233.58 m/s**, las cuales varían a medida que su profundidad es mayor hasta alcanzar una **velocidad de Onda de Corte (Vs) de 639.83 m/s** a 36.43 metros de profundidad.

**La velocidad de onda de corte promedio ($Vs_{30}$) para el perfil sísmico LS1 es de 349.97 m/s**, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como **Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante ($Vs_{30}$)** (perfil **TIPO D**).

# 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con las observaciones de campo y a la interpretación de la Línea de Refracción Sísmica **LS1** para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico de la vereda la Ensillada del municipio de Palmas del Socorro, departamento de Santander, es posible obtener las siguientes conclusiones:

La expresión Geomorfológica de origen denudacional-estructural de pendientes moderadas a fuertes en estratos cretácicos y algunos depósitos cuaternarios locales. Superficialmente se tienen suelos residuales cubiertos por pastos y rastrojos.

En un marco geológico regional y local la zona de interés geofísico, se identifica una litología particular por tener niveles del Cretácico principalmente compuesto por arcillolitas arenosas con nódulos ferruginosos, areniscas arcillosas de grano fino, areniscas calcáreas y ocasionalmente calizas arcillosas correlacionables con la Formación Simití (Kis) suprayaciendo a un basamento cretácico correlacionable con la Formación Tablazo (Kit) compuesto por calizas, fosilíferas, localmente glauconíticas y arcillosas, con niveles intercalados de arcillolitas, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de areniscas, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas.

## 5.1 CONCLUSIONES REFRACCIÓN SÍSMICA

La línea de refracción sísmica **LS1** presenta un modelo de dos capas, los cuales registran variaciones en sus velocidades de onda compresionales (Vp) debido a las condiciones presentes en cada sector de estudio, como lo es su fracturamiento, grado de meteorización, humedad, cambios laterales de facies, cobertura, etc.

A continuación, se presenta una tabla resumen de los resultados de la velocidad de onda compresionales (Vp), obtenidos en los ensayos de refracción Sísmica.

| **LÍNEA SÍSMICA** | **CAPA 1** Suelo Residual y/o Coluvión | **CAPA 2** Rocas Cretácicas Fracturadas Fm. Simití (Kis) |
|---|---|---|
| LS1 | 327 m/s | 1688 m/s |

## 5.2 CONCLUSIONES TOMOGRAFÍA SÍSMICA

La imagen de Tomografía Sísmica del perfil sísmico **LS1**, presenta un modelo detallado y calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 15 capas que muestran la variación de las velocidades con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes y una buena interpretación.

De acuerdo a los resultados de la tomografía sísmica se identifican tres zonas, las cuales presentan los siguientes espesores:

| LÍNEA SÍSMICA | ZONA A Suelo Residual y/o coluvión | ZONA B Transición suelo Residual con Rocas Fracturadas y Meteorizadas | ZONA C Rocas Cretácicas Fracturadas Fm. Simití (Kis) |
|---|---|---|---|
| LS1 | 2.5 a 4.4 m | 2.5 a 3.3 m | - |

**Nota:** El espesor de la **ZONA C** es indeterminado por lo tanto no tiene valor.

## 5.3 CONCLUSIONES ONDAS SUPERFICIALES MASW-MAM1D

De acuerdo al ensayo de ondas superficiales MASW-MAM 1D del perfil sísmico **LS1**, se presenta a continuación tabla resumen con la velocidad de onda de corte promedio ($Vs_{30}$), para el perfil sísmico y la clasificación del suelo según tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10.

| LÍNEA SÍSMICA | VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE PROMEDIO $Vs_{30}$ | CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES NSR-10 |
|---|---|---|
| LS1 | 349.97 m/s | TIPO D |

# BILIOGRAFÍA

**ASTM D5777.** 2018. Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.

**Burger, H.R.** 1992. Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface: Prentice Hall.

**Geometrics.** 2009. SeisImager/2DTM Manual Versión 3.3

**Gonzales de Vallejo I.** 2004. Ingeniería Geológica, Pearson Pretince Hall

**IGAC.** 2007. Planchas Topográficas 5-06 y 5-09, escala 1:500000

**Ingeominas,** 1976. Mapa Geológico de Colombia, 1 plano.

**Ingeominas.** 1998. Mapa Geológico y Memorias explicativas del departamento de Santander.

**Ingeominas.** 2009. Mapa Geológico y memorias explicativas de la Plancha 135-Sangil.

**Ingeominas,** 2009. Mapa Geológico y Memorias explicativas de la Plancha 151 – Charalá, Departamento de Santander.

**IngeoExploraciones.** 2014. Procedimiento establecido para la ejecución del Ensayo de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D bajo el Norma ASTM D5777.

**Kearey, P. and Brooks, M.** 1991. An Introduction to Geophysical Exploration, 2nd Edition: Blackwell Science.

# ANEXO 1

## ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO



**Figura No. 11.** Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS1



**Figura No. 12.** Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS1.



**Figura No. 13.** Demarcación del área e instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS1.



**Figura No. 14.** Detalle de la instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS1.



**Figura No. 15.** Detalle de la generación de energía por medio de una porra de 22Lb para el registro de las velocidades de onda compresional y de corte.



**Figura No. 16.** Detalle de la conexión de los geófonos SPACE al multicable, utilizados para la realización de los ensayos de refracción y Ondas superficiales.

IngeoExploraciones
geología, geofísica y geotecnia

SGS CO18/8131 SGS CO18/8132 SGS CO18/8133

# EXPLORACION GEOFISICA MEDIANTE ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y ONDAS SUPERFICIALES MASW-MAM1D, REALIZADO PARA EL DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO EN EL PUNTO CRITICO PUNTO CRÍTICO VEREDA LA CHAPA DEL MUNICIPIO DE PALMAS DEL SOCORRO, DEPARTAMENTO DE SANTANDER



Presentado a:

**ING. LUIS ALBERTO CERVERA**

Realizado por:

**INGEOEXPLORACIONES S.A.S**

Geología, Geofísica y Geotecnia

**BUCARAMANGA, JULIO DE 2023**

Carrera 3 No. 2-165 Zona Industrial Chimitá Tel: (7)/6890500 Móvil: 3163431821
Website: www.ingeoexploraciones.com – www.tomografiaselectricas.com
Bucaramanga - Colombia

# CONTENIDO

Página

**1. INTRODUCCIÓN ..... 1**
1.1 MARCO TEORICO ..... 1
1.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica ..... 1
1.1.2 Ensayo de Ondas Superficiales ..... 4
1.1.3 Parámetros Geomecánicos ..... 5
1.1.4 Clasificación del suelo según NSR-10 ..... 6

**2. 2. GEOLOGÍA ..... 6**
2.1 ESTRATIGRAFIA ..... 7
2.1.1 Formación Simití (Kis) ..... 7

**3. METODOLOGÍA DE TRABAJO ..... 10**

**4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ..... 13**
4.1 LINEA SISMICA LS2 ..... 13
4.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica LS2 ..... 14
4.1.2 Ensayo de Tomografía Sísmica LS2 ..... 15
4.1.3 Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM1D LS2 ..... 16

**5. CONCLUSIONES ..... 17**
5.1 CONCLUSIONES REFRACCIÓN SÍSMICA ..... 17
5.2 CONCLUSIONES TOMOGRAFÍA SÍSMICA ..... 17
5.3 CONCLUSIONES ONDAS SUPERFICIALES MASW-MAM1D ..... 18

**BILIOGRAFÍA ..... 19**

**ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO ..... 20**

# LISTA DE FIGURAS

**Página**

Figura No. 1. Mapa de Localización geográfica del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS2 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Chapa del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander ..... 2

Figura No. 2. Esquema de las Ondas Generadas por medio de un Martillo ..... 3

Figura No. 3. Arreglo Característico de los componentes fundamentales empleados en los ensayos de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D. ..... 4

Figura No 4. Mapa Geológico regional y de Localización del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS2 en el punto crítico vereda La Chapa del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander ..... 8

Figura No. 5. Imagen satelital con la ubicación de la Línea de Refracción Sísmica LS2 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Chapa del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander ..... 11

Figura No. 6. Sismógrafo GEODE 24CH Ultra-Light utilizado para la ejecución de la línea de Refracción Sísmica. Fabricado por la compañía GEOMETRICS - EEUU. .... 12

Figura No. 7. Geófonos con frecuencia de 14,0 Hertz para refracción (Color Azul) y de 4.5 Hertz para ondas superficiales MASW1D (Color Rojo). Fabricados por la compañía GEOSPACE. EEUU. ..... 12

Figura No. 8. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo simplificado de 2 capas. 14

Figura No. 9. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D..... 15

Figura No. 10. Resultado Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM 1D LS2..... 16

Figura No. 11. Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS2 ..... 21

Figura No. 12. Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS2. ..... 21

Figura No. 13. Demarcación del área e instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS2. ..... 22

Figura No. 14. Detalle de la instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS2. ..... 22

Figura No. 15. Detalle de la generación de energía por medio de una porra de 22Lb para el registro de las velocidades de onda compresional y de corte. ..... 23

Figura No. 16. Detalle de la conexión de los geófonos SPACE al multicable, utilizados para la realización de los ensayos de refracción y Ondas superficiales. ..... 23

## LISTA DE TABLAS

**Página**

Tabla 1. Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10. Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo. ..... 6

Tabla 2. Datos de Refracción Sísmica y Configuración de los puntos de tiro ..... 13

Tabla 3. Determinación Velocidades de Onda de Corte (Vs) – Ensayo MASW-MAM1D ..... 16

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene el resultado de la investigación geofísica por medio de un ensayo de Refracción Sísmica y Ondas superficiales realizada por la empresa **INGEOEXPLORACIONES S.A.S** para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Chapa del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander (Figura 1).

El estudio de exploración Geofísica se realiza mediante Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D, para determinar la profundidad del basamento rocoso, espesores y/o capas de contacto basados en los registros de las respuestas sísmicas tales como las velocidades Compresionales (Vp) y Velocidades de Corte (Vs).

Con los valores de Vs, se obtienen los parámetros geomecánicos del subsuelo como el módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de Poisson.

Para la toma de datos se efectúa la visita correspondiente el día 18 de julio de 2023, día en el cual se ejecuta un (1) ensayo de refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D, en el sector de interés geotécnico y geológico, seleccionado previamente y en común acuerdo con el Ingeniero Luis Alberto Cervera y a su vez donde las condiciones locales y en general de carácter logístico lo permiten.

Para la localización de la Línea Sísmica se utilizó un GPS (Global Positioning System) Map 60CSx Garmin, que es un sistema de localización por satélite, el cual determina la posición de un punto en relación a un grupo de satélites que orbitan la tierra y envían continuamente señales de radio con la posición y el tiempo exactos de cada uno de ellos. Conociendo tres o más de estos satélites y calculando las diferencias en tiempo entre señales transmitidas, el GPS determina su posición en coordenadas geodésicas WGS84 con una precisión de 2 m.

En este informe técnico se consignan los resultados del estudio y se describen las características geotécnicas del subsuelo, manifestando la litología asociada, espesores, su estado y conductas de velocidad de onda.

## 1.1 MARCO TEORICO

### 1.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica

La sísmica de refracción constituye uno de los métodos de prospección más tradicionales de la geofísica. Su principio fundamental se basa en la medición de los tiempos de viaje de ondas sísmicas generadas por una fuente impulsiva en la superficie del subsuelo (o cercana a ella) y que son refractadas en las interfaces entre medios (refractores) con propiedades físicas (i.e. impedancias acústicas) diferentes.

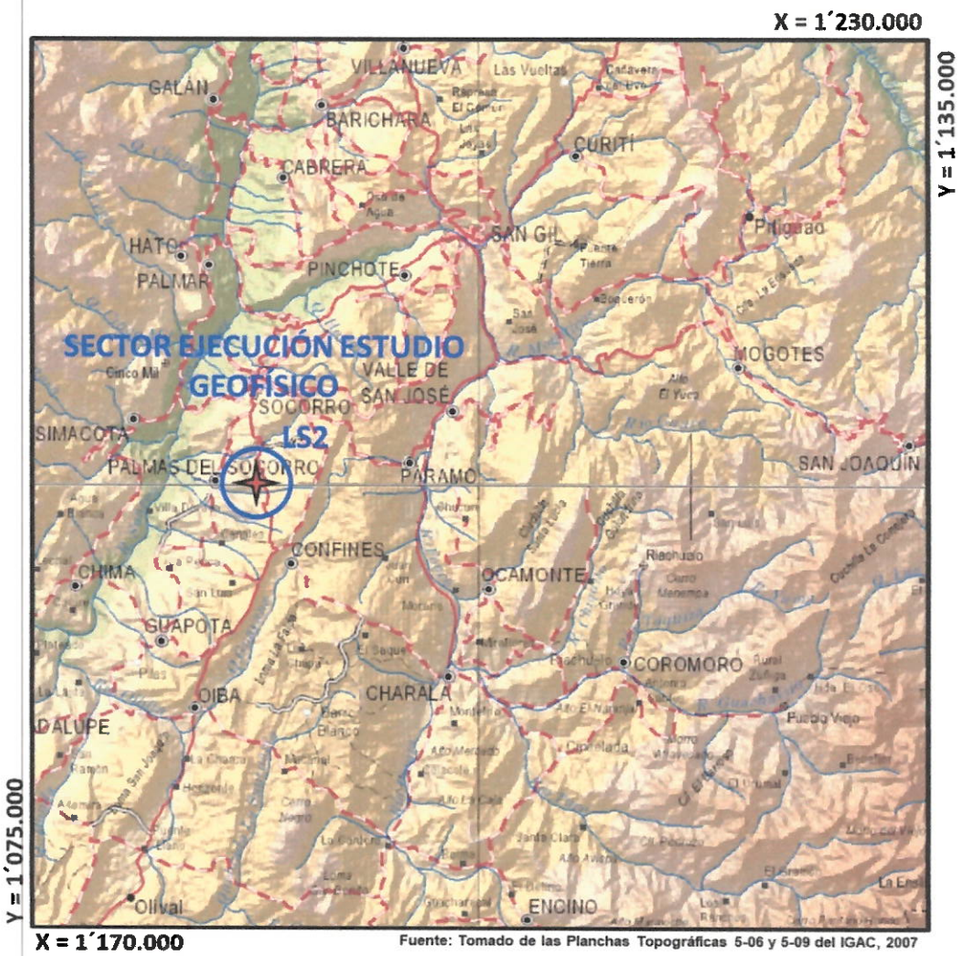



**Figura No. 1.** Mapa de Localización geográfica del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS2 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Chapa del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander

El análisis de dichos tiempos de viaje, bajo ciertas hipótesis definidas y siguiendo las leyes de la propagación de ondas, permite en principio obtener un perfil en profundidad de la distribución geométrica de los diferentes refractores, con las correspondientes velocidades a las cuales la onda sísmica se propaga a través de ellos (Redpath, 1973).

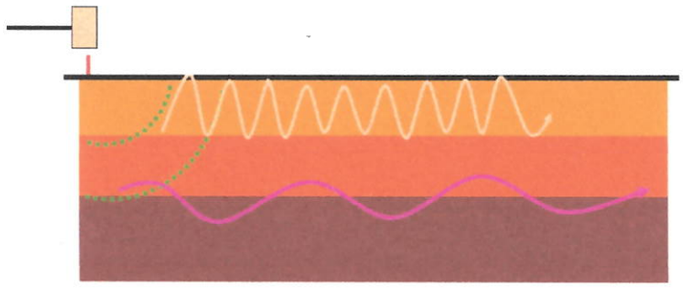


**Figura No. 2.** Esquema de las Ondas Generadas por medio de un Martillo

La fuente a emplear puede ser un martillo, una fuente de caída de peso o cargas explosivas. El objetivo en todos los casos es generar un pulso de ondas compresionales que será detectado en la superficie, luego de viajar en profundidad y refractarse en los diferentes estratos del subsuelo, por un arreglo lineal de receptores (geófonos con una frecuencia de 14,0 Hertz para refracción o de 4.5 Hertz para ondas superficiales) ubicados a distancias conocidas que transmitirán la señal eléctrica generada por las vibraciones del subsuelo hasta un equipo de grabación (sismógrafo), donde ésta será digitalizada y guardada para su posterior análisis e interpretación . Los datos adquiridos serán entonces sismogramas de los cuales pueden interpretarse los tiempos de recorrido en función de la distancia entre los receptores. Esta información luego debe ser procesada e interpretada por medio de un software para poder obtener la de velocidades de onda en el subsuelo.

Es importante destacar, que una de las limitaciones del método sísmico de refracción es su incapacidad para modelar inversiones de velocidad en el subsuelo, puesto que la presencia de tal característica anula la posibilidad de que se produzca la refracción a ángulo crítico (paralela a la interfaz entre los dos medios) que es fundamental para que la onda pueda ser detectada de nuevo en la superficie (Redpath, 1973). Por lo tanto, una de las condiciones para la aplicación de la refracción sísmica es que exista un aumento monótono de la velocidad con la profundidad en el subsuelo.

Asimismo, la existencia de una capa delgada (o varías) también representa un problema en este método, puesto que la refracción correspondiente a la misma no alcanzará la superficie como una primera llegada, ya que será enmascarada por la refracción de la capa infrayacente, aunque más profunda, se ve compensada por su mayor velocidad. La existencia de este problema no puede conocerse *a priori:* se necesitaría información complementaria a partir de otros métodos o técnicas *(e.g.* perforaciones en el área).

### 1.1.2 Ensayo de Ondas Superficiales

Las ondas Superficiales se conocen como la energía que viaja a lo largo o cerca de la superficie de la tierra la cual decrece rápidamente con la profundidad. Se Caracterizan por su relativa baja velocidad, bajas frecuencias, y alta amplitud.

Estas ondas son generadas fácilmente por fuentes activas (Martillo) y fuentes pasivas como ruido ambiental, micro-tremores. Las ondas superficiales se presentan como movimientos elípticos verticales en la superficie, donde la dirección de las ondas varía de un lado a otro de la elipse.




**Figura No. 3.** Arreglo Característico de los componentes fundamentales empleados en los ensayos de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D.

El principio fundamental del análisis de ondas superficiales, se basa en que las ondas Rayleigh, viajan a una velocidad independiente de su longitud de onda en suelos uniformes y homogéneos, por ejemplo, para un mismo estrato la velocidad de la onda Rayleigh es de 0.919 Vs, que terminaría siendo la misma velocidad Vs para efectos prácticos. Por esta razón el análisis MASW (***MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves***) es una técnica utilizada con mucha frecuencia para definir la velocidad de onda cortante in situ de modo Activo y de modo pasivo se utiliza en el ensayo MAM (***MAM: Microtremor Array Measurement***).

El trabajo de campo para los ensayos MASW-MAM 1D se utilizó con un sismógrafo de última generación y 24 geófonos, sin embargo, la cantidad de geófonos puede variar dependiendo de la profundidad de estudio que se requiera. Mediante un equipo procesador electrónico digital se registran las diferentes frecuencias generadas por los elementos vibradores, y se obtiene la curva de dispersión que asocia la velocidad con la frecuencia y la longitud de onda, la cual refleja las condiciones de rigidez del sitio, la

estratigrafía y posibles anomalías en la compactación del suelo.

Después de obtener la curva de dispersión característica del sitio se calculan los perfiles de velocidad de onda de corte promedio ($Vs_{30}$) derivados del proceso de inversión de las curvas de dispersión, los cuales se utilizarán como complemento a la exploración geotécnica realizada y permitirán definir el tipo de perfil de suelo de acuerdo con el criterio definido por la norma **NSR-10.**

### 1.1.3 Parámetros Geomecánicos

Conocidas las velocidades de corte (Vs), calculadas las compresionales (Vp) y las densidades (d) de los diferentes estratos que componen el subsuelo (los cuales se pueden obtener de ensayos de laboratorio o a partir de las velocidades compresionales) y dadas las relaciones matemáticas expresadas a continuación es posible calcular los módulos de Elasticidad (E), de Corte máximo (Go), de deformación Volumétrica (K).

| | | |
|---|---|---|
| **P-Wave Velocity** | $Vp = 1.11Vs + 1290$ | (Kitsunezaki, 1990) |
| **d = Density** | $d = 1.2475 + 0.399Vp - 0.026Vp^2$ | (Ludwig, 1970) |
| **Poisson's Ratio** | $v = \frac{\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{Vp}{Vs}\right)^2 - 2}$ | |
| **Shear Modulus** | $G = dVs^2$ | |
| **Young's Modulus** | $E = 2G(1 + v)$ | |
| **Bulk Modulus** | $K = \frac{1}{3}\frac{E}{1-2v}$ | |
| **Capacidad de Carga** | $q_a = 0.025\,\gamma\,V_s\,\beta$ | ($\gamma$=KN/m³, $V_s$= m/s, $\beta$=1, S.S. Tezcan 2011) |

En las anteriores expresiones, Vp es la velocidad compresional en m/seg (Kitsunezaki , 1990), Vs la velocidad de corte en m/seg y d es la densidad o peso un unitario en g/cm³ (Ludwig, 1970, Vp= Km/s; d=g/cm³).

Según la teoría elástica, el módulo de elasticidad dinámico **E**, viene dado en función de la velocidad de propagación de ondas longitudinales (Ondas P) y ondas transversales (Ondas S), las ondas longitudinales son siempre más rápidas de las transversales, lo que hace que la detección de estas últimas sea más complicada en campo, y lo que suele hacerse para hallar el **E** es estimar la relación de Poisson como se enunció anteriormente.

El módulo dinámico E tiene un valor mayor que el estático, ya que se obtiene para incrementos tensionales pequeños como son los producidos por ondas sísmicas. La

relación entre el módulo dinámico y el estático se considera normalmente de 4 (v. Link, 1969; Mayer, 1963), pero el rango puede estar entre 1 y 19.6. (Jiménez Salas, De Justo Alpañes, 1981). De acuerdo con lo anterior se realizaron dos cálculos diferentes de la velocidad de onda compresional Vp, el primero tomado directamente en campo por medio del ensayo de refracción, y el segundo aplicando la fórmula de Kitsunezaki (1990), con respecto a las velocidades Vs determinadas con el ensayo MASW-MAM1D.

El geotecnista encargado del proyecto, deberá escoger que velocidades Vp que considere más convenientes para el diseño, dependiendo de la cantidad de información adicional del suelo que se tenga en el proyecto.

### 1.1.4 Clasificación del suelo según NSR-10

De acuerdo con la clasificación de los perfiles de suelo según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, los suelos son clasificados de la siguiente forma:

**Tabla 1.** Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10. Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo.

| Tipo de perfil | Descripción | Definición |
|---|---|---|
| A | Perfil de roca competente | $\overline{v}_s \geq 1500$ m/s |
| B | Perfil de roca de rigidez media | 1500 m/s > $\overline{v}_s \geq 760$ m/s |
| C | Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 760 m/s> $\overline{v}_s \geq 360$ m/s |
| | perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios | $\overline{N} \geq 50$, o<br>$\overline{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²) |
| D | Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 360 m/s > $\overline{v}_s \geq 180$ m/s |
| | perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones | 50 > $\overline{N} \geq 15$, o<br>100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\overline{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²) |
| E | Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | 180 m/s > $\overline{v}_s$ |
| | perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas | IP > 20<br>w ≥ 40%<br>50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\overline{s}_u$ |
| F | Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases:<br>$F_1$ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.<br>$F_2$ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).<br>$F_3$ — Arcillas de muy alta plasticidad ( H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)<br>$F_4$ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ( H > 36 m) | |

# 2. GEOLOGÍA

En un marco geológico regional, la zona se encuentra al Este del casco urbano del municipio de Palmas del Socorro, sobre un suelo residual, afectando a unos depósitos más antiguos correspondientes al Cretácico superior correlacionable con la Formación Simití. (Ver Figura 3).

La morfología presente en general es denudacional estructural con un relieve plano a onduloso. Estas rocas presentan en términos generales exposición aceptable, meteorización avanzada, observable a lo largo de las vías de comunicación y cañadas, dentro y fuera del área.

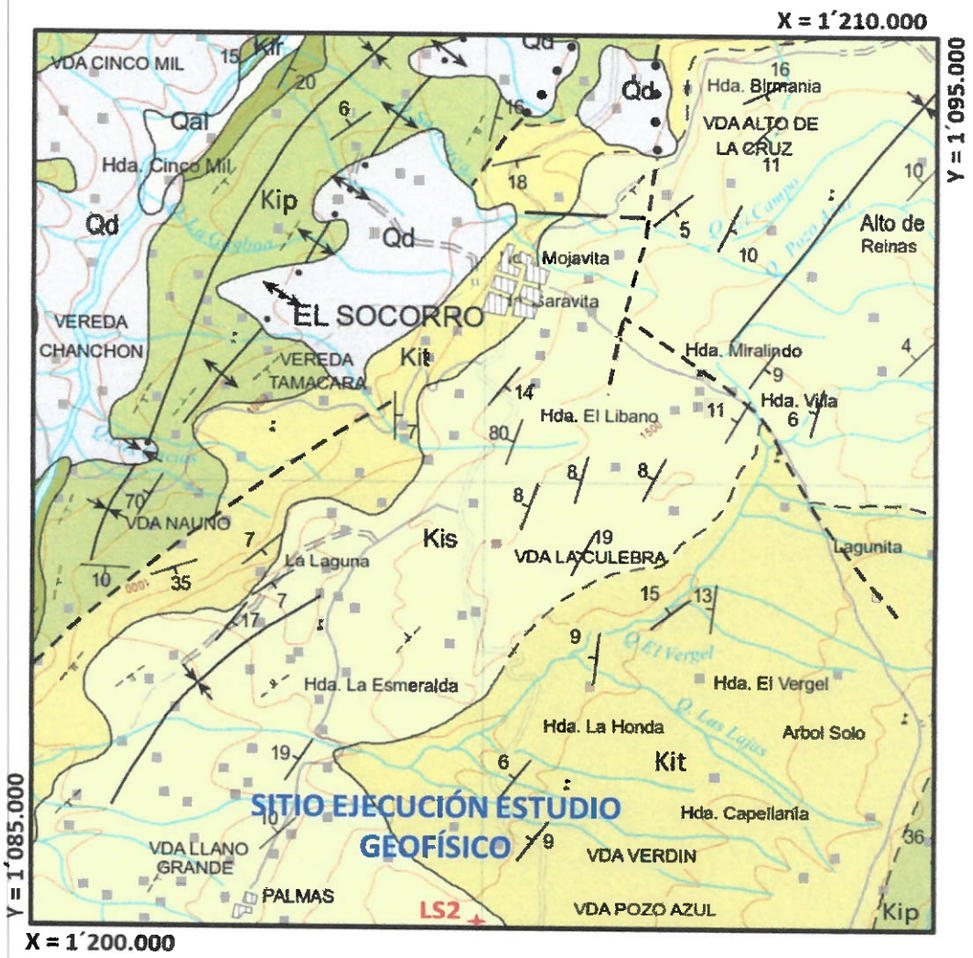
## 2.1 ESTRATIGRAFIA

En este capítulo se desea ilustrar las características litológicas y sedimentológicas de las unidades de roca del subsuelo que están comprometidas en la amplitud de investigación de la herramienta de exploración Sísmica, además de evaluar y comprender las propiedades geomecánicas, nos interesa detallar la estratigrafía de las capas de roca que están incluidas en la futura obra civil. Se entiende que, a profundidades mayores a las realizadas en la investigación del subsuelo, existen diferentes unidades de roca que para nuestro objetivo exploratorio no implican repercusiones importantes en la viabilidad del proyecto constructivo y por eso no se describen en el presente informe.

### 2.1.1 Formación Simití (Kis)

El nombre se debe a los geólogos de Intercol (1953) en Morales, et. al. (1958), refiriéndose a una sucesión de shales de color gris a gris oscuro, localmente calcárea y con concreciones. Su nombre deriva de las orillas meridionales de la Ciénaga de Simití y su espesor en la localidad tipo es de 410 metros, aunque en otras áreas varía entre 250 y 650 metros. Hubach (1953), utiliza el término "Conjunto San Gil Superior" para designar "esquistos arcillosos franjeados, piríticos y arenisca arcillosa", que suprayace al Conjunto San Gil, y que corresponde según Julivert (1958, p.494) "a la parte baja de la Formación Simití.

El nombre Formación Simití, es utilizado en el presente informe teniendo en cuenta que con dicho término se denomina una sucesión litológica que aflora en la región, norte (cuadrángulo H-12), similar a la observada en el área de estudio. Es posible que mediante estudios posteriores que hagan referencia a esta unidad se defina mejor si el término "Simití" es conveniente, o por el contrario sea aplicable el nombre "Formación San Gil Superior", en el sentido de Etayo (1968, p, 34), con el




**LEYENDA**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Qd | Depósito Coluvial | Kip | Formación Paja |
| Kis | Formación Simití | Kir | Formación Rosablanca |
| Kit | Formación Tablazo | ✦ | Sitio Estudio Geofísico |

**Fuente: Adaptado del Mapa Geológico de la Plancha 135-San Gil, Ingeominas, 2009**

**Figura No 4.** Mapa Geológico regional y de Localización del sitio de ejecución de la Línea de Refracción Sísmica LS2 en el punto crítico vereda La Chapa del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander

cual describe en la región de Villa de Leiva, al sur de la zona de estudio, una secuencia litológica correlacionable con la descrita en este trabajo.

En el área de estudio la unidad aflora en las partes altas de la región de Mesas y Cuestas, donde forma superficies suavemente onduladas correspondiendo en su mayoría a los núcleos de los sinclinales de Suaita-Chima, Simacota y El Páramo. Hacía el este del municipio de Charalá, la formación es particularmente más arenosa. En la mayoría de los afloramientos la unidad aparece incompleta debido a la intensa meteorización y erosión a que ha estado sometida. Sobre la Quebrada La Pava, se midió una secuencia completa de esta formación, obteniéndose un espesor total de 301 m. Esta secuencia está constituida de base a techo por: 90 m de shales de color gris a crema, micáceos, con nódulos lutíticos ferruginosos e intercalaciones de areniscas arcillosas, grises a pardas, de grano fino, micáceas, las cuales se presentan en bancos delgados con nódulos ferruginosos y esporádicos lentejones de caliza arcillosa y margas hasta de 2m de espesor; 10m de calizas rojizas fosilíferas, con nódulos calcáreos en bancos de 1,5 m de espesor, alternando con mar gas grises a pardo rojizas micáceas; 74 m de shales de color gris a amarillo-rojizo, micáceo, fosilífero, estratificación maciza, con nódulos lutíticos ferruginosos y costras de óxido de hierro e intercalaciones de capas de calizas grises a pardas, fosilíferas, algo micáceas y margosas, de espesor variable. La parte superior tiene un espesor de 127 metros y está compuesta por shales grises, micáceos, con abundantes nódulos calcáreos ferruginosos e intercalaciones de calizas arenosas fosilíferas en bancos de 1,5 m y areniscas amarillentas con óxidos de hierro en la matriz. Los shales superiores presentan mayor contenido arenoso.

La unidad infrayace en concordancia a la Formación Chiquinquirá y descansa conformemente al Tablazo. Su edad es considerada Albiana Inferior, Medio y Superior, en base a amonitas halladas en la sección tipo. Etayo (1968), le asigna edad Albiana Media a Superior en la región de Villa de Leiva.

La Formación Simití muestra características de un ambiente de depositación marina poco profunda de facies más litoral. Ulloa y Rodríguez, 1979, la correlacionan con la Formación Une.

## 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la ejecución del Estudio Geofísico se efectuaron cuatro (4) fases o etapas de trabajo que incluyeron las siguientes actividades:

i. **Fase de Reconocimiento Lito-Estratigráfico y Estructural:** Realizada en los alrededores del área del proyecto, con el fin de reconocer la geología local, estratigrafía, geomorfología, inclinación (actitud) de las capas de roca en superficie.

ii. **Fase de Adquisición de Datos**: Efectuada con la visita puntual en al sitio de interés geotécnico, para planear la ubicación y ejecución de una (1) Línea de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D (Figura 5) con 24 Geófonos separados cada 4,0 m para la LS2 obteniendo longitud de 92 m para tratar de lograr una profundidad aproximada de investigación Geofísica de 30,60 m.

iii. **Fase de Valoración de Información:** Revisión bibliográfica y análisis de la Información geológica existente de superficie y subsuelo, para el sector del estudio.

iv. **Fase de Procesamiento e Interpretación:** Con los datos adquiridos de las fases anteriores y utilizando los softwares de inversión y modelización SEISIMAGER 2D Y SEISIMAGER/SW de la compañía Geometrics Inc., se realizó el procesamiento e interpretación de los datos.

Para el ensayo sísmico se utilizó la Estación Portátil de Prospección Sísmica de última generación GEODE 24-CH (Figuras 6 y 7), de la empresa Geometrics INC, el cual contiene 24 canales de registro y cables con espaciamiento de hasta 10.0 m. Se empleó una computadora portátil para almacenar los registros. Para la generación de Ondas o impactos para el registro sísmico, se utilizó una porra de 22 Lb con su respectivo sensor de Impacto.

La distribución de los **Puntos de Disparo** o **Shot Point** se realizaron de forma equitativa a lo largo de los tendidos sísmicos. En esta ocasión de realizaron 8 Shot Point para cada ensayo de refracción sísmica, para el Ensayos de ondas superficiales MASW1D se utilizó 3 Shot Point de modo Activo (MASW: Multichannel Analysis of Surface Waves,) y se utilizaron las vibraciones Naturales de Modo Pasivo (MAM: Microtremor Array Measurement), logrando así un buen registro de estas velocidades de onda compresional (Vp) y velocidades de onda de corte (Vs).




**Figura No. 5.** Imagen satelital con la ubicación de la Línea de Refracción Sísmica LS2 para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico vereda La Chapa del municipio de Palmas del Socorro, Departamento De Santander




**Figura No. 6.** Sismógrafo GEODE 24CH Ultra-Light utilizado para la ejecución de la línea de Refracción Sísmica. Fabricado por la compañía GEOMETRICS - EEUU.



**Figura No. 7.** Geófonos con frecuencia de 14,0 Hertz para refracción (Color Azul) y de 4.5 Hertz para ondas superficiales MASW1D (Color Rojo). Fabricados por la compañía GEOSPACE. EEUU.

# 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

## 4.1 LINEA SISMICA LS2

LOCALIZACIÓN: Punto Crítico en la vereda la Chapa (ver figuras 1, 4 y 5).
RUMBO: NE-SW
LONGITUD DEL TENDIDO: 92 metros
ESPACIAMIENTO ENTRE GEOFONOS: 4 metros
PROFUNDIDAD INVESTIGADA: 30 m

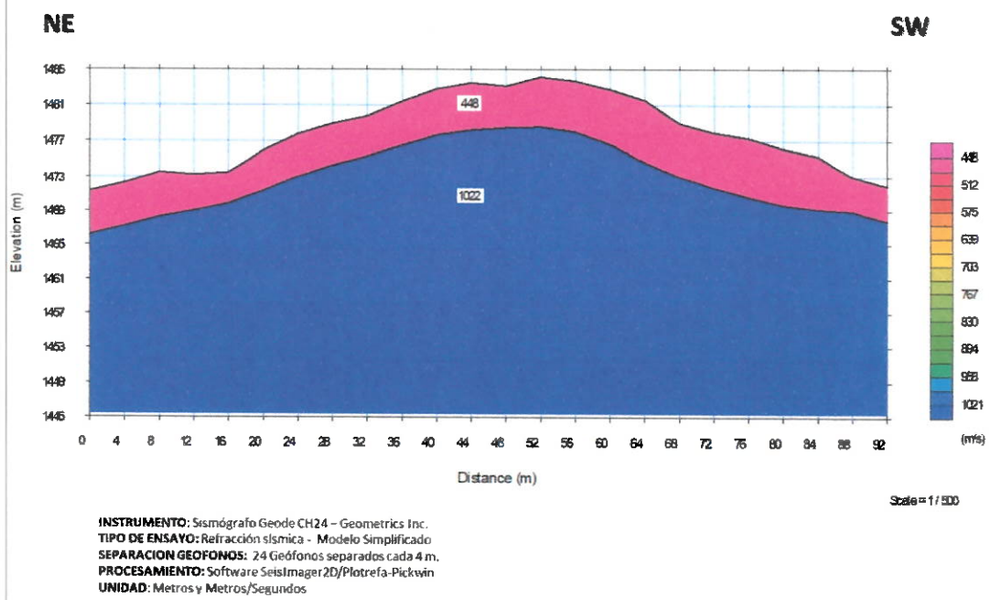
**COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ MAGNA SIRGAS:**
Geófono No 1 = X= 1´200.098, Y= 1´089.956, Z= 1476 msnm
Geófono No 24 = X= 1´200.011, Y= 1´089.937, Z= 1472 msnm

Tabla 2. Datos de Refracción Sísmica y Configuración de los puntos de tiro

| LOCALIZACION DE PUNTO DE TIRO O SHOT POINT | | | |
|---|---|---|---|
| PUNTO DE TIRO | LOCALIZACION (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros) |
| 1 | 2 | 5.18 | N/A |
| 2 | 14 | 4.02 | N/A |
| 3 | 30 | 4.48 | N/A |
| 4 | 46 | 4.98 | N/A |
| 5 | 62 | 6.44 | N/A |
| 6 | 78 | 6.59 | N/A |
| 7 | 97 | 0 | N/A |
| 8 | 102 | 0 | N/A |

| ENSAYO DE REFRACCION SISMICA LS2 | | | |
|---|---|---|---|
| GEÓFONOS | LOCALIZACION (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros) | PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros) |
| 1 | 0 | 5.2 | N/A |
| 2 | 4 | 5.16 | N/A |
| 3 | 8 | 5.39 | N/A |
| 4 | 12 | 4.33 | N/A |
| 5 | 16 | 3.71 | N/A |
| 6 | 20 | 4.61 | N/A |
| 7 | 24 | 4.71 | N/A |
| 8 | 28 | 4.6 | N/A |
| 9 | 32 | 4.37 | N/A |
| 10 | 36 | 4.86 | N/A |
| 11 | 40 | 5.15 | N/A |
| 12 | 44 | 5.28 | N/A |
| 13 | 48 | 4.68 | N/A |
| 14 | 52 | 5.61 | N/A |
| 15 | 56 | 5.72 | N/A |
| 16 | 60 | 6.1 | N/A |
| 17 | 64 | 6.79 | N/A |
| 18 | 68 | 5.91 | N/A |
| 19 | 72 | 6.17 | N/A |
| 20 | 76 | 6.69 | N/A |
| 21 | 80 | 6.5 | N/A |
| 22 | 84 | 6.25 | N/A |
| 23 | 88 | 4.19 | N/A |
| 24 | 92 | 4.19 | N/A |

### 4.1.1 Ensayo de Refracción Sísmica LS2




**INSTRUMENTO:** Sismógrafo Geode CH24 – Geometrics Inc.
**TIPO DE ENSAYO:** Refracción sísmica - Modelo Simplificado
**SEPARACION GEOFONOS:** 24 Geófonos separados cada 4 m.
**PROCESAMIENTO:** Software SeisImager2D/Plotrefa-Pickwin
**UNIDAD:** Metros y Metros/Segundos

**Figura No. 8.** Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo simplificado de 2 capas.

### Observaciones Refracción Sísmica LS2

El perfil sísmico mostrado en la figura 8 corresponde a la línea de refracción sísmica **LS2**, presenta un modelo de dos capas:

La primera con **velocidad de onda compresional (Vp) de 448 m/s** corresponde a un suelo residual con fragmentos de roca y la segunda capa con **velocidad de onda compresional (Vp) de 1022 m/s,** corresponde a un basamento Cretácico fracturado compuesto por arcillolitas arenosas con nódulos ferruginosos, areniscas arcillosas de grano fino, areniscas calcáreas y ocasionalmente calizas arcillosas correlacionables con la Formación Simití (Kis).

En el general el perfil de refracción sísmica **LS2** presenta mayor espesor de suelo arenoso hacia el final del perfil sísmico, según Tabla 2.

### 4.1.2 Ensayo de Tomografía Sísmica LS2

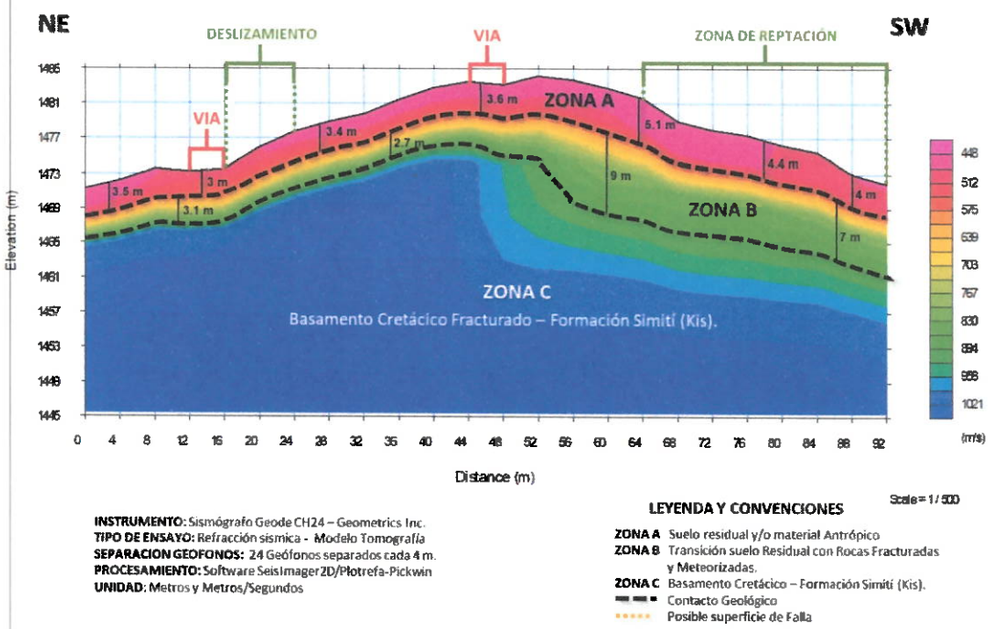



**Figura No. 9.** Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.

### Observaciones Tomografía Sísmica LS2

La imagen de Tomografía Sísmica **LS2** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 15 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

De acuerdo a los resultados de la tomografía sísmica **LS2** se identifica tres zonas:

La **ZONA A** corresponde a un suelo residual con un espesor que varía entre **3.0 y 5.1 metros** aproximadamente a lo largo del perfil sísmico, la **ZONA B** corresponde a una zona de transición entre el suelo residual y rocas fracturadas y meteorizadas con un espesor que varía entre **2.7 y 9.0 metros** aproximadamente. La **ZONA C** corresponde a un basamento Cretácico Fracturado, su comportamiento a lo largo del perfil es homogéneo, sus propiedades Geomecánicas van mejorando a medida que su profundidad es mayor.

No se evidencia anomalías significativas.

### 4.1.3 Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM1D LS2

Tabla 3. Determinación Velocidades de Onda de Corte (Vs) – Ensayo MASW-MAM1D

| TABLA DE DATOS - ENSAYO DE ONDAS SUPERCIALES MASW-MAM 1D - LS2 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Depth (m) | S-wave velocity (m/s) | P-wave velocity (m/s) | Density (Ton/m3) | N | Relacion de Poisson v | Mòdulo de Corte G (MPa) | Mòdulo de Elasticidad Ed (MPa) | Deformación K (MPa) | Qadm (Ton/m2) |
| 0.00 | 207.28 | 414.57 | 1.41 | 11.23 | 0.33 | 61 | 161 | 161 | 7.30 |
| 1.07 | 209.35 | 418.69 | 1.41 | 11.59 | 0.33 | 62 | 165 | 165 | 7.38 |
| 2.31 | 238.49 | 476.99 | 1.43 | 17.55 | 0.33 | 81 | 217 | 217 | 8.54 |
| 3.71 | 283.41 | 566.81 | 1.47 | 30.40 | 0.33 | 118 | 314 | 314 | 10.38 |
| 5.27 | 280.42 | 560.84 | 1.46 | 29.40 | 0.33 | 115 | 307 | 307 | 10.26 |
| 7.01 | 281.08 | 562.16 | 1.46 | 29.62 | 0.33 | 116 | 308 | 308 | 10.29 |
| 8.90 | 323.32 | 646.65 | 1.49 | 46.26 | 0.33 | 156 | 417 | 417 | 12.08 |
| 10.96 | 357.22 | 714.44 | 1.52 | 63.54 | 0.33 | 194 | 517 | 517 | 13.57 |
| 13.19 | 403.33 | 806.66 | 1.55 | 93.54 | 0.33 | 253 | 674 | 674 | 15.66 |
| 15.58 | 416.67 | 833.34 | 1.56 | 103.75 | 0.33 | 271 | 723 | 723 | 16.27 |
| 18.13 | 436.67 | 873.35 | 1.58 | 120.46 | 0.33 | 301 | 802 | 802 | 17.21 |
| 20.85 | 446.01 | 892.02 | 1.58 | 128.86 | 0.33 | 315 | 840 | 840 | 17.65 |
| 23.74 | 493.33 | 986.66 | 1.62 | 177.65 | 0.33 | 393 | 1049 | 1049 | 19.93 |
| 26.79 | 549.39 | 1098.77 | 1.65 | 250.28 | 0.33 | 499 | 1332 | 1332 | 22.73 |
| 36.43 | 602.54 | 1958.82 | 1.93 | 335.86 | 0.45 | 701 | 2029 | 6470 | 29.07 |

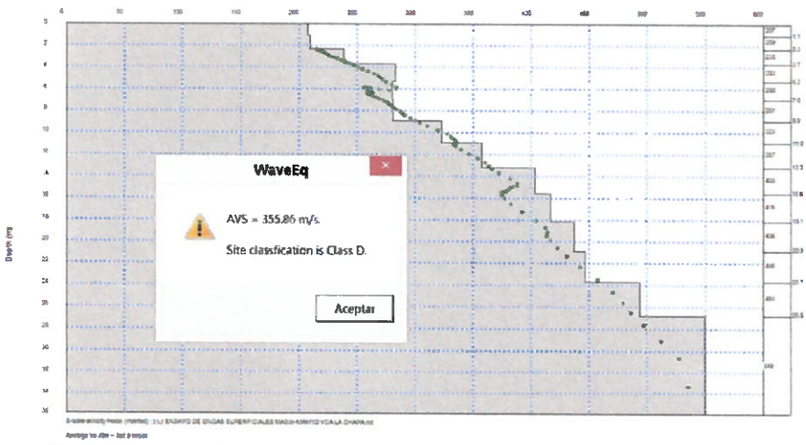



**Figura No. 10.** Resultado Ensayo de Ondas Superficiales MASW-MAM 1D LS2

### Observaciones Ondas Superficiales MASW-MAM1D LS2

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales **MASW-MAM1D LS2** el suelo presenta superficialmente una **velocidad de onda de corte (Vs) de 207.28 m/s**, las cuales varían a medida que su profundidad es mayor hasta alcanzar una **velocidad de Onda de Corte (Vs) de 602.54 m/s** a 36.43 metros de profundidad.

**La velocidad de onda de corte promedio ($Vs_{30}$) para el perfil sísmico LS2 es de 355.86 m/s**, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como **Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante ($Vs_{30}$)** (perfil **TIPO D**).

# 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con las observaciones de campo y a la interpretación de la Línea de Refracción Sísmica **LS2** para el diagnóstico Geotécnico en el punto crítico de la vereda la Chapa del municipio de Palmas del Socorro, departamento de Santander, es posible obtener las siguientes conclusiones:

La expresión Geomorfológica de origen denudacional-estructural de pendientes moderadas a fuertes en estratos cretácicos y algunos depósitos cuaternarios locales. Superficialmente se tienen suelos residuales cubiertos por pastos y rastrojos.

En un marco geológico regional y local la zona de interés geofísico, se identifica una litología particular por tener niveles del Cretácico principalmente compuesto por arcillolitas arenosas con nódulos ferruginosos, areniscas arcillosas de grano fino, areniscas calcáreas y ocasionalmente calizas arcillosas correlacionables con la Formación Simití (Kis) suprayaciendo a un basamento cretácico correlacionable con la Formación Tablazo (Kit) compuesto por calizas, fosilíferas, localmente glauconíticas y arcillosas, con niveles intercalados de arcillolitas, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de areniscas, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas.

## 5.1 CONCLUSIONES REFRACCIÓN SÍSMICA

La línea de refracción sísmica **LS2** presenta un modelo de dos capas, los cuales registran variaciones en sus velocidades de onda compresionales (Vp) debido a las condiciones presentes en cada sector de estudio, como lo es su fracturamiento, grado de meteorización, humedad, cambios laterales de facies, cobertura, etc.

A continuación, se presenta una tabla resumen de los resultados de la velocidad de onda compresionales (Vp), obtenidos en los ensayos de refracción Sísmica.

| **LÍNEA SÍSMICA** | **CAPA 1** Suelo Residual y/o Coluvión | **CAPA 2** Rocas Cretácicas Fracturadas Fm. Simití (Kis) |
|---|---|---|
| LS2 | 448 m/s | 1022 m/s |

## 5.2 CONCLUSIONES TOMOGRAFÍA SÍSMICA

La imagen de Tomografía Sísmica del perfil sísmico **LS2**, presenta un modelo detallado y calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 15 capas que muestran la variación de las velocidades con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes y una buena interpretación.

De acuerdo a los resultados de la tomografía sísmica se identifican tres zonas, las cuales presentan los siguientes espesores:

| LÍNEA SÍSMICA | ZONA A Suelo Residual y/o coluvión | ZONA B Transición suelo Residual con Rocas Fracturadas y Meteorizadas | ZONA C Rocas Cretácicas Fracturadas Fm. Simití (Kis) |
|---|---|---|---|
| LS2 | 3.0 a 5.1 m | 2.7 a 9.0 m | - |

**Nota:** El espesor de la **ZONA C** es indeterminado por lo tanto no tiene valor.

## 5.3 CONCLUSIONES ONDAS SUPERFICIALES MASW-MAM1D

De acuerdo al ensayo de ondas superficiales MASW-MAM 1D del perfil sísmico **LS2,** se presenta a continuación tabla resumen con la velocidad de onda de corte promedio (**$Vs_{30}$**), para el perfil sísmico y la clasificación del suelo según tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10.

| LÍNEA SÍSMICA | VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE PROMEDIO $Vs_{30}$ | CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES NSR-10 |
|---|---|---|
| LS2 | 355.86 m/s | TIPO D |

# BILIOGRAFÍA

**ASTM D5777.** 2018. Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.

**Burger, H.R.** 1992. Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface: Prentice Hall.

**Geometrics.** 2009. SeisImager/2DTM Manual Versión 3.3

**Gonzales de Vallejo I.** 2004. Ingeniería Geológica, Pearson Pretince Hall

**IGAC.** 2007. Planchas Topográficas 5-06 y 5-09, escala 1:500000

**Ingeominas,** 1976. Mapa Geológico de Colombia, 1 plano.

**Ingeominas.** 1998. Mapa Geológico y Memorias explicativas del departamento de Santander.

**Ingeominas.** 2009. Mapa Geológico y memorias explicativas de la Plancha 135-Sangil.

**Ingeominas,** 2009. Mapa Geológico y Memorias explicativas de la Plancha 151 – Charalá, Departamento de Santander.

**IngeoExploraciones.** 2014. Procedimiento establecido para la ejecución del Ensayo de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales MASW-MAM1D bajo el Norma ASTM D5777.

**Kearey, P. and Brooks, M.** 1991. An Introduction to Geophysical Exploration, 2nd Edition: Blackwell Science.

# ANEXO 1

## ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO



**Figura No. 11.** Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS2



**Figura No. 12.** Centro de adquisición de datos en el sector de inicio de la Línea Sísmica LS2.



**Figura No. 13.** Demarcación del área e instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS2.



**Figura No. 14.** Detalle de la instalación de geófonos y cables para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS2.



**Figura No. 15.** Detalle de la generación de energía por medio de una porra de 22Lb para el registro de las velocidades de onda compresional y de corte.



**Figura No. 16.** Detalle de la conexión de los geófonos SPACE al multicable, utilizados para la realización de los ensayos de refracción y Ondas superficiales.

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION E INTERVENTORIA

# ANEXO Nº3

## MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD Y COPNIA

cerverateran@hotmail.com
+57 3118119124

# MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ing. **LUIS ALBERTO CERVERA TERAN**, identificado con la cédula de ciudadanía No. 91.295.503 de Bucaramanga, Ingeniero Civil con Matrícula Profesional No. 68202-72037 STD del Consejo Profesional de Ingeniería y Arquitectura,

## CERTIFICO:

Que realicé el estudio de suelos y geotecnia del Proyecto PARQUE BUENOS AIRES, Casco urbano Municipio de San Vicente de Chucurí.

Declaro que todos los Cálculos y Diseños geotécnicos, están realizados cumpliendo con la Norma CCP-14 y NSR -10, así mismo que me responsabilizo por los Estudios, Diseños y Cálculos, siempre y cuando la Construcción se ejecute con apego a los Planos y/o memorias, toda la normativa vigente y las Directrices Técnicas hechas por el diseñador y aprobadas por los revisores e interventores, al tenor de la legislación vigente en la materia.

El presente memorial se expide para dar cumplimiento a un requisito de aprobación solicitado al contratante.

Dado en Bucaramanga, a los veinticuatro (24) días del mes de julio de 2023

LUIS ALBERTO CERVERA TERAN
Ingeniero CIVIL – Msc Ingeniería Estructural
Esp. Geotecnia Ambiental
M.P. 68202-72037 STD



cerverateran@hotmail.com
+57 3118119124

REPUBLICA DE COLOMBIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería y Arquitectura



MATRICULA No. 68202720375TO
INGENIERO CIVIL
DE FECHA 14/05/98
APELLIDOS
CERVERA TERAN
NOMBRES
LUIS ALBERTO
C.C 91,295,503
UNIV. INDUSTRIAL DE S/DER

Presidente del Consejo

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2023-2165247

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA**
**COPNIA**

**EL DIRECTOR GENERAL**

**CERTIFICA:**

1. Que LUIS ALBERTO CERVERA TERAN, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 91295503, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 68202-72037 desde el 14 de Mayo de 1998, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1217.

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

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

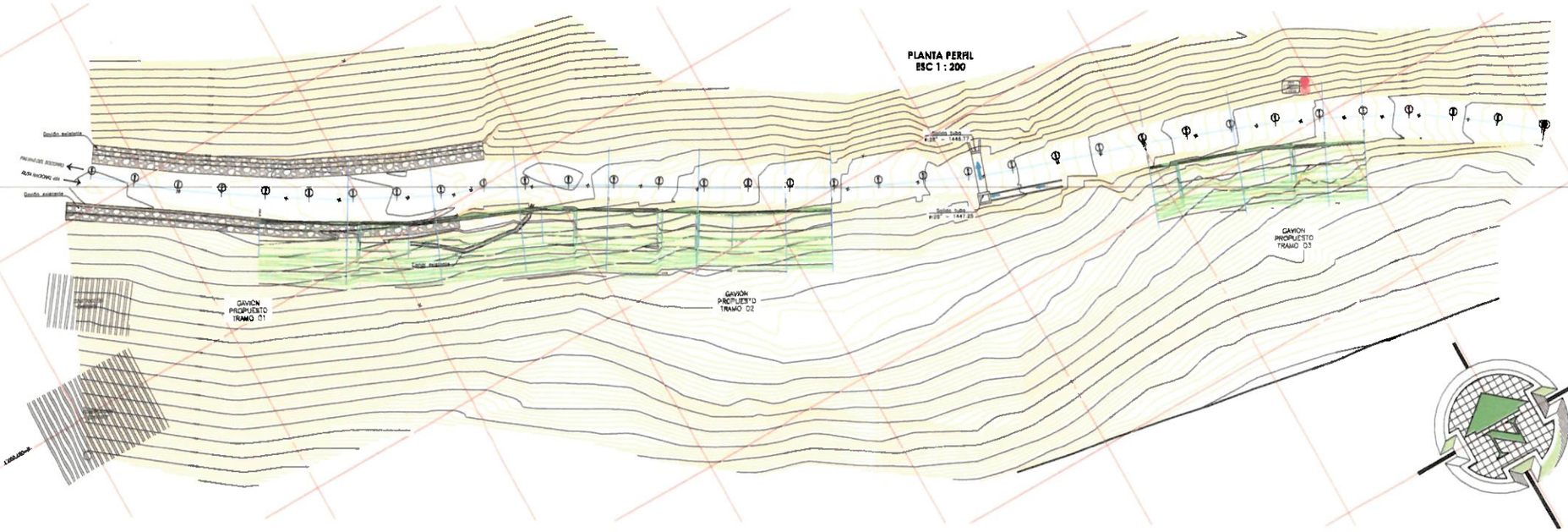
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

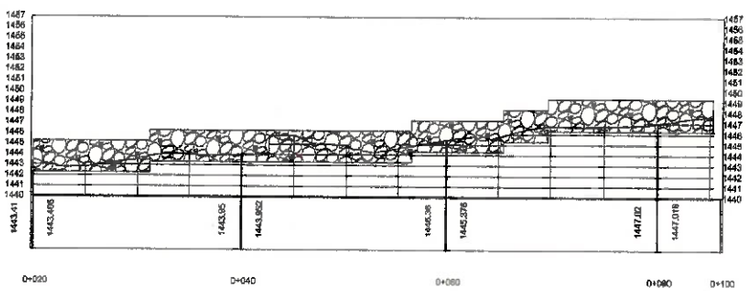
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veinticuatro (24) días del mes de Julio del año dos mil veintitres (2023).

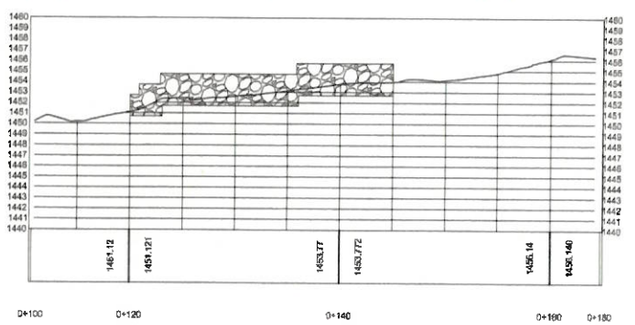
**Rubén Dario Ochoa Arbeláez**

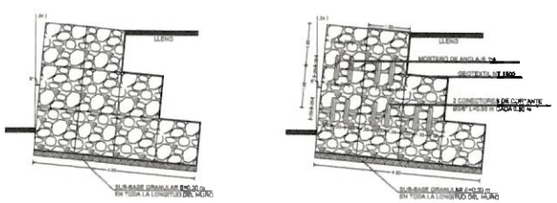
Firma del titular (*)

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

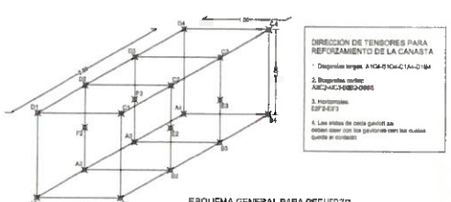


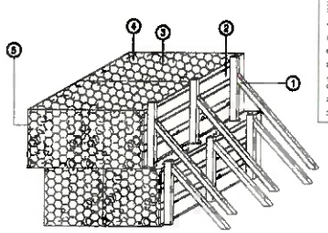

MURO EN GAVIONES
H = 3.00 m
ESCALA 1:50



ESQUEMA GENERAL PARA REFUERZO DE LAS CANASTAS
ESCALA 1:25

DIRECCION DE TENSORES PARA REFORZAMIENTO DE LA CANASTA

- Diagonales largas: A1C2-A1C3-B2C3-B3C4
2. Diagonales cortas: A2C2-A2C3-B2C2-B3C3
3. Horizontales: E2F3-E3F3
4. Las mallas de cada gavión se deben coser con los gaviones con las mallas puesta en contacto



ESPECIFICACIONES MURO EN GAVIONES

1. Lleden en mallaros de 3cm x 6cm
2. Tiesto en mallaros 3cm x 3cm x 3m
3. Malla galvanizada en alambre de hierro de triple torsión cal. 10 con huecos Rectangulares, con aberturas de 7.5cm x 7.5cm
4. Relleno con piedra de rana o cantera rolladas con dimensiones variables entre 10 y 30cm
5. Alambre galvanizado cal. 13 para unión entre mallas y bordes de al menos cuatro o mas.
6. Presidores en acero corrugado fy=420 kg/cm² (420 mpa)

SUELO DE LLENO:

1. Peso especifico suelo de llenos 1900 kg/m³ Bien material estabilizado compactado al 97% del proctor standar
2. Kh=0.180 y Kv=0.00
3. Todos los muros se encuentran inclinados 5° con respecto a la vertical

DERECHOS DE AUTOR ©
Todos los derechos de autor reservados, prohibida su reproducción y/o almacenamiento en otro medio sin autorización. Diseños y su uso: Diseños: El contenido de estos diseños, incluyendo los planos, modelos, y cualquier otro material relacionado con el proyecto, son propiedad intelectual privada, no podrán ser copiados o utilizados en su totalidad o parte sin autorización previa y publicados por parte del Ingeniero consultado, Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Ley 1915 de 2018

**CONSTRUCCIÓN GAVIONES SECTORES LA CHAPA Y LA ENSILLADA**

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERIA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION
INTERVENTORIA

UBICACIÓN:
Municipio de Palmas del Socorro Santander

CONTRATISTA:
OCINSA

CONTIENE :
- PLANTA PERFIL GAVIONES SECTOR LA CHAPA
- DETALLES MURO EN GAVIONES
- ESPECIFICACIONES

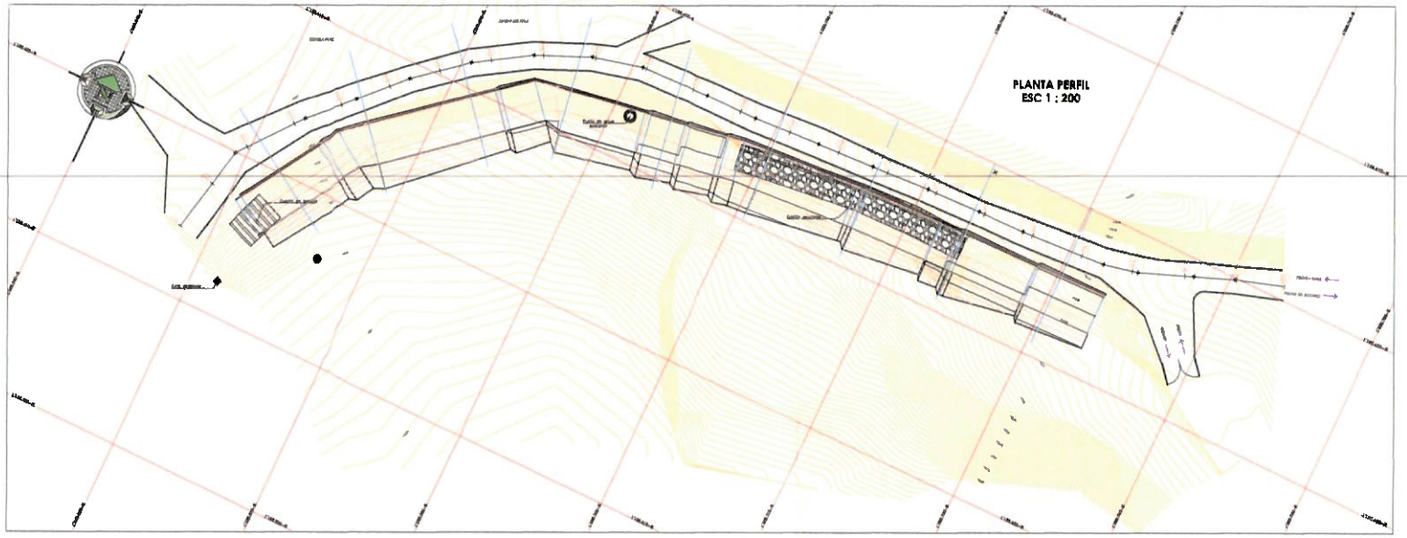
REVISIONES

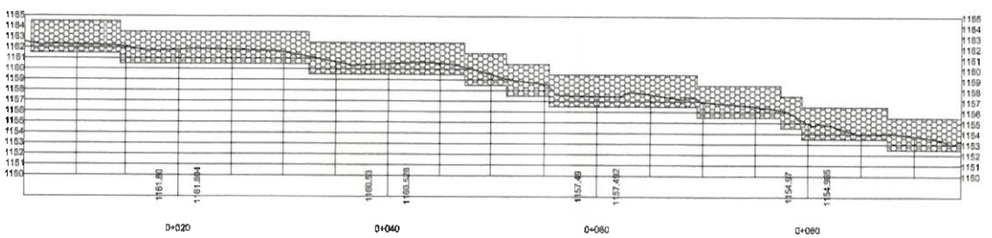
| Número | Descripción | Fecha |
|---|---|---|
| 1 | VERSION 1 | 24/07/2023 |
| 2 | | |
| 3 | | |

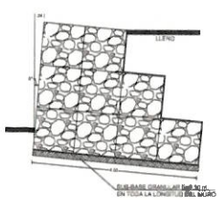
CALCULÓ:
Ing. LUIS ALBERTO CERVERA TERAN

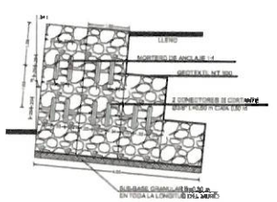
| DIBUJO: | ESCALA: | FECHA: |
|---|---|---|
| CERVCON S.A.S | INDICADAS | 24/07/2023 |

PLANO:
GTC.1/2 - GAVIONES SECTOR LA CHAPA

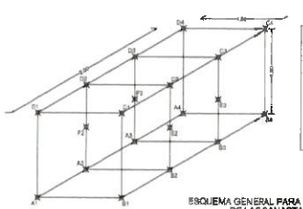


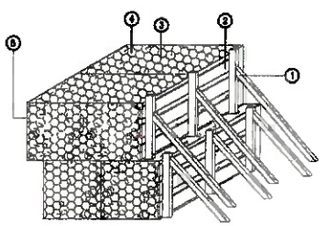

MURO EN GAVIONES
H = 3,00 m
ESCALA 1:50



ESQUEMA GENERAL PARA REFUERZO DE LAS CANASTAS
ESCALA: 1:25

**DIRECCIÓN DE TENSORES PARA REFORZAMIENTO DE LA CANASTA**

1. Diagonales largas: A-D-E-B-H-D-I-A-G-I-H-B-I
2. Diagonales cortas: A-B-C-D-E-B-C-F-G-H-B-I-D
3. Horizontales: B-D-F-H-B-I
4. Las piedras de cada gavión se deben colocar con los gaviones con los cuales queda en contacto




**ESPECIFICACIONES MURO EN GAVIONES**

1. Ladon en madera de 6cm x 8cm
2. Tirilla en madera 3cm x 20cm x 5m.
3. Malla galvanizada en doble torsión de triple torsión cal. 10 con huecos hexagonales, con aberturas de 7 8cm x 7 9cm
4. Relleno con fragmentos de roca o cantos rodados con dimensiones variables entre 10 y 30cms.
5. Apoyará gaviones con 7 pies sobre cribe arcilla y bordes de la carretera existente o nueva
6. Flejadores en acero corrugado: fy=4200 kg/cm² (420 mpa)

**REALIZAR LLENO:**

1. Para pequeñas áreas en forma manual: 1050 kg/m³, bien mezclado y apisonado, correspondiente al 97% del proctor estándar
2. 1m=3.154 y 1m=1.00
3. Todos los muros se encuentran inclinados 8° con respecto a la vertical

**DERECHOS DE AUTOR ©**

Todos los derechos de autor reservados, prohibida su reproducción ya sea almacenamiento en otra construcción diferente a la aquí diseñada. El contenido de estos planos está protegido por las leyes sobre derechos de autor. El material con estos derechos jurídicos apropiados, es encuentra prohibido por la normativa vigente su uso y publicación con fines comerciales, incluidas pero no limitadas a la copia, adaptación, transformación, reconstrucción, utilización y divulgación masiva, así como cualquier otro uso que requiera autorización expresa y escrita del autor. El contenido de este documento y sus anexos no constituyen material privado, no podrá ser vendido o alterado en su contenido sin autorización previa del autor. Las violaciones serán del régimen colombiano Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Ley 1915 de 2018

**CONSTRUCCIÓN GAVIONES SECTORES LA CHAPA Y LA ENSILLADA**

**UBICACIÓN:**
Municipio de Palmas del Socorro Santander

**CONTRATISTA:**
OCINSA

**CONTIENE**

- PLANTA PERFIL GAVIONES SECTOR LA ENSILLADA
- DETALLES MURO EN GAVIONES
- ESPECIFICACIONES

LUIS ALBERTO CERVERA
INGENIERÍA ESTRUCTURAL
GEOTECNIA Y SUELOS
CONSTRUCCION
INTERVENTORIA

**REVISIONES**

| NUMERO | DESCRIPCION | FECHA |
|---|---|---|
| 1 | VERSION 1 | 24/07/2023 |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

**CALCULÓ:**
Ing. LUIS ALBERTO CERVERA TERAN

| DIBUJO: | ESCALA: | FECHA: |
|---|---|---|
| CENTAUR S.A.S | INDICADA | 24/07/2023 |

**PLANO:**
GTC-2/2 - GAVIONES SECTOR LA ENSILLADA