

DATOS GEOTÉCNICOS DE CAPACIDAD SOPORTANTE O DE CIMENTACION PARA LA OBRA CIVIL

PROYECTO: Módulo de alojamiento en el CAI Calle Real Liberia

LOCALIZACIÓN: Provincia: 05 Guanacaste Cantón: 01 Liberia Distrito: 01 Liberia

DESARROLLADOR: MINISTERIO DE JUSTICIA

**PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional en Ingeniería Civil o de
Geología con especialidad en Geotecnia**

Nombre del profesional: Danilo Andrés Jiménez Ugalde

Número de cédula: 1-1196-0672 **Número de colegiado:** IC-19214

Registro SETENA: CI-297-17 Vigencia: 22/12/2021

DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El suscrito Danilo Andrés Jiménez Ugalde, portador(a) de la cédula de identidad número 1-1196-0672, profesional en Ingeniería Civil (IC-19214), manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Módulo de alojamiento en el CAI Calle Real Liberia, que se desarrollará en el plano catastrado número: 5-1052159-2006.

En virtud de ello, someto los Datos Geotécnicos de Capacidad de Soporte o de Cimentación para la Obra Civil, al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sean analizados y se constate que los mismos han cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida de estos datos, se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada y a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que en caso contrario pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

Atentamente,

Ing. Danilo A. Jiménez Ugalde, M.Sc.
IC-19214
CI-297-17

Fecha de emisión: 07/05/2020

Contenido

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Resumen..... | 3 |
| 2. | Introducción..... | 4 |
| 3. | Trabajo realizado | 6 |
| 4. | Resultados geotécnicos obtenidos | 8 |
| 5. | Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas | 9 |
| 6. | Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio | 12 |
| 7. | Referencias Bibliográficas | 13 |
| 8. | Anexos | 14 |

1. Resumen

1.1. Resumen de resultados

Con base en las perforaciones SPT y los ensayos geofísicos ejecutados, se logró caracterizar geotécnicamente el sitio de estudio. Se identificó una unidad geotécnica:

- UG-1: Suelo rígido / Roca blanda.

En las prospecciones realizadas no se detectó la presencia del nivel freático. Debe aclararse que esta condición puede variar en función de la precipitación acumulada durante la estación lluviosa a lo largo del año.

Los materiales de la UG-1 clasifican con base en los ensayos de laboratorio como arenas bien graduadas con limo de baja plasticidad (SW-ML) y presentan una humedad natural que varía entre 6.9% y 12.4%.

1.2. Resumen de conclusiones técnicas

Con base en los análisis realizados, se determinó lo siguiente:

- La capacidad de soporte admisible es superior de 135 kPa.
- No se identificó la presencia de nivel freático.
- No se identificó la presencia de materiales blandos, presencia de arcillas expansivas, limos colapsables o arenas con potencia de licuación.
- Para efectos del cálculo de la sollicitación sísmica el sitio se clásica como S_2 , zona III.
- No se identificaron problemas asociados a estabilidad de taludes.

2. Introducción

2.1. Datos sobre la finca estudiada

El terreno se encuentra ubicado en el distrito 01 Liberia, cantón 01 Liberia, provincia 05 Guanacaste; con plano catastrado inscrito bajo el número 5-1052159-2006; la Figura 1 muestra la localización geográfica. El terreno es plano de fácil acceso, con presencia de algunos árboles, cubierto con vegetación de baja altura.

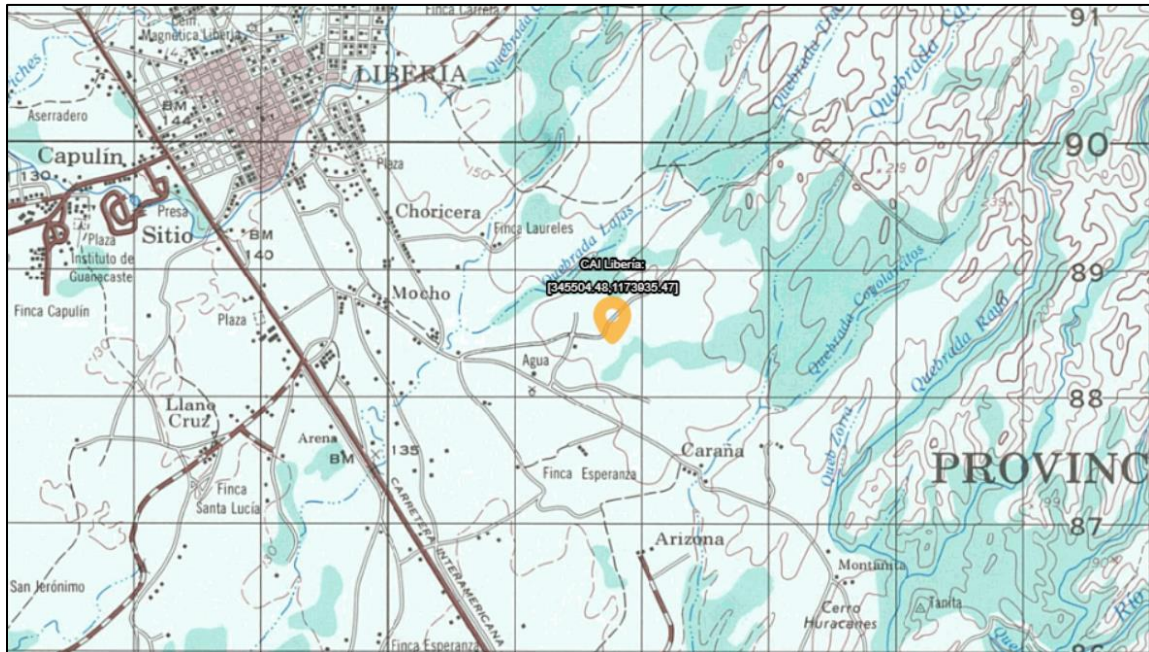


Figura 1. Localización geográfica. Fuente: Hoja 1:50.000 Monteverde.

2.2. Coordinación profesional realizada

La coordinación de los trabajos presentados en este informe estuvo a cargo del Ing. Danilo Andrés Jiménez Ugalde, inscrito en el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (IC-19214) y el registro de consultores de Setena (CI-297-17).

2.3. Objetivos del estudio

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de construcción prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.

2.4. Metodología aplicada para llevarlo a cabo

Los trabajos de campo y laboratorio, así como todos los análisis geotécnicos fueron ejecutados siguiendo los lineamientos y metodologías presentados en el Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental, el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009) y el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (ACG, 2015).

La exploración del subsuelo se realizó por medio de cinco perforaciones utilizando el método de ensayo SPT (ASTM D1586), dos perfiles de refracción sísmica (ASTM D5777) y dos ensayos MASW. Los ensayos de caracterización de laboratorio fueron ejecutados por medio de las normas AASHTO T265, AASHTO T90 y T89, ASTM C117 y ASTM C136

3. Trabajo realizado

3.1. Trabajo de campo

En el sitio de estudio se realizaron cinco sondeos exploratorios utilizando el método SPT (ASTM D1586), con una profundidad máxima de prospección de 1.45 m, dos perfiles geofísicos (ASTM D5777 y MASW) (ver Tabla 1, Tabla 2 y Figura 2).

Conviene mencionar que inicialmente se tenía proyectado que todas las perforaciones alcanzaran una profundidad mínima de 5.00 m, sin embargo, no fue posible alcanzar esta profundidad en la totalidad de los sondeos debido a la presencia de bloques de consistencia rígida.

Tabla 1. Ubicación de las perforaciones SPT.

| Identificación | Profundidad (m) | Nivel freático (m) | Coordenadas | |
|----------------|-----------------|--------------------|-------------|----------|
| | | | Latitud | Longitud |
| P-1 | 1.45 | - | 1174056 | 345550 |
| P-2 | 1.45 | - | 1174067 | 345543 |
| P-3 | 1.45 | - | 1174076 | 345558 |
| P-4 | 1.45 | - | 1174087 | 345567 |
| P-5 | 1.00 | - | 1174094 | 345566 |

Tabla 2. Ubicación de ensayos geofísicos.

| Identificación | Longitud (m) | Coordenada inicio | | Azimut |
|----------------|--------------|-------------------|----------|--------|
| | | Latitud | Longitud | |
| S-1 | 55.00 | 1174095 | 345571 | 218 |
| S-2 | 55.00 | 1174080 | 345537 | 121 |



Figura 2. Ubicación de las prospecciones.

3.2. Ensayos de laboratorio

En la Tabla 3 se presentan los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras alteradas extraídas durante la campaña de exploración.

Tabla 3. Ensayos de laboratorio.

| Ensayo | Norma |
|-------------------------|------------------|
| Humedad natural | AASHTO T265 |
| Límites de Atterberg | AASHTO T90 y T89 |
| Análisis granulométrico | ASTM C117 y C136 |

3.3. Correlación e interacción con datos de geología del terreno.

Con base en el mapa geológico de Costa Rica, escala 1:400.000 (Denyer & Alvarado, 2007), el sitio donde se ubica el terreno corresponde con materiales a la Fm. Liberia (ver Figura 3). Dicha formación está compuesta por ignimbritas y tobas del Pleistoceno (α_8).

Del mapa geológico no se observa que la finca estudiada este afectada por fallas. La estructura geológica más cercana que se reporta en el mapa geológico corresponde con una falla inferida localizada al norte del área de estudio.

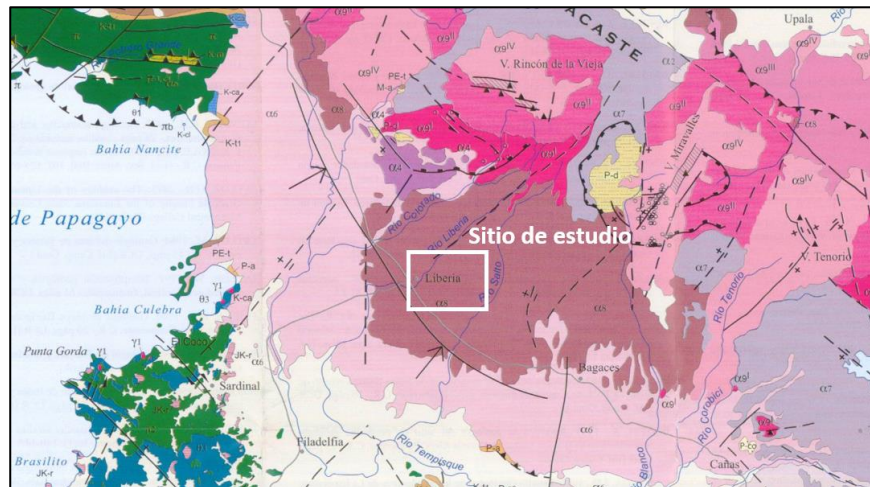


Figura 3. Geología del área de estudio. Fuente: Denyer y Alvarado (2007).

Desde el punto de vista sísmico, en CFIA (2014) se cataloga el sitio como Zona III, por lo que se pueden esperar aceleraciones pico efectivas entre 0.30g y 0.36g, según el tipo de suelo presente en la cimentación de la obra.

4. Resultados geotécnicos obtenidos

Con base en la información de las prospecciones de campo y resultados de laboratorio ejecutados, se puede concluir que el perfil estratigráfico típico del terreno está conformado por una unidad geotécnica (UG), la cual se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. Perfil estratigráfico del terreno.

| Unidad geotécnica | Descripción |
|--------------------------|--|
| UG-1 | Suelo rígido / Roca blanda. Valores típicos de N_{SPT} sobre 25. Tobas alteradas a sanas, clásicas según SUCS como SW-ML, profundidad máxima desconocida, $V_p = 1000$ m/s y $V_s = 400$ m/s. El material presente se puede clasificar según el sistema CRIEPI como CM-CL. |

Con base en los resultados de las prospecciones y las observaciones de campo, no fue identificada la presencia de nivel freático en el sitio estudiado.

5. Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas

5.1. Capacidad soportante y de cimentación

En la Tabla 5 se presentan la variación de la capacidad soportante admisible calculada con base en el valor N_{SPT} en cada una de las perforaciones. Por otra parte, en la T 6 se presenta la variación de la capacidad de soporte calculada a partir de los ensayos MASW.

Tabla 5. Variación de la capacidad de soporte admisible neta (kPa) con la profundidad (FS=3).

| Profundidad (m) | Capacidad de soporte admisible (kPa) | | | | |
|---|--------------------------------------|------|------|------|------|
| | P-01 | P-02 | P-03 | P-04 | P-05 |
| 0.50 | 390 | 150 | 200 | 200 | 285 |
| 1.35 | 285 | 370 | 265 | 140 | 530 |
| En rojo: capacidad de soporte menor a 100 kPa (10 ton/m ²) (R): Rebote SPT | | | | | |

Tabla 6. Variación de la capacidad de soporte admisible neta (kPa) con la profundidad (FS=3).

| Profundidad (m) | Capacidad de soporte admisible (kPa) | |
|--------------------|--------------------------------------|---------|
| | MASW-01 | MASW-02 |
| 0 - 5 | 135 | 150 |
| 5 - 10 | 240 | 255 |
| 10 - 15 | 270 | 285 |
| 15 - 20 | 300 | 285 |
| 20 - 30 | 345 | 330 |

Considerando la estratigrafía en los sondeos, se recomienda a los encargados del diseño estructural de la cimentación lo siguiente:

- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema cimentación convencional, constituido por placas aisladas o cimientos corridos. Se sugiere rigidizar el sistema de cimentación utilizando vigas de amarre en el caso de usar placas aisladas.
- El diseño estructural de cualquier solución de cimentación debe garantizar una capacidad de soporte admisible (FS=3) de 150 kPa.

5.2. Asentamientos

Con base en la calidad de los materiales presentes en el sitio de proyecto y siguiendo las recomendaciones asociadas a la cimentación de las obras dadas en este informe, se considera que los asentamientos esperados en las estructuras que se pretenden construir (edificaciones de hasta 3 niveles) serán despreciables (menores de 2.5 cm).

5.3. Licuación, limos colapsables y arcillas expansivas

No se encontró en el sitio evidencias de la presencia de arenas licuables, limos colapsables o arcillas con potencial expansivo.

5.4. Coeficiente sísmico según el Código Sísmico de Costa Rica.

El proyecto se ubica en Zona Sísmica III, según establece la sección 2.1 del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CFIA, 2014). Por otro lado, la caracterización geofísica dio como resultado un $V_{s,30}=410$ m/s, por lo que le sitio clasifican como tipo S_2 y la aceleración pico efectiva de diseño (a_{ef}) para un período de retorno de 475 años, tendrá un valor de 0.33.

5.5. Conclusiones sobre cimentaciones para las obras.

Con base en los resultados de la investigación geotécnica, se concluye lo siguiente:

- El perfil geotécnico típico del sitio está constituido por una única unidad geotécnica: UG-1: Suelo rígido / Roca blanda, con valores de N_{SPT} sobre 25 golpes, $V_p = 1000$ m/s, $V_s = 400$ m/s. Se desconoce su profundidad total.
- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema cimentación convencional, constituido por placas aisladas o cimientos corridos. En caso de utilizar placas aisladas se sugiere rigidizar el sistema utilizando vigas de amarre.
- El diseño estructural de cualquier solución de cimentación debe garantizar una capacidad de soporte admisible ($FS=3$) de 150 kPa.
- Se debe indicar que las consideraciones expuestas han sido deducidas de ensayos puntuales, constituyendo una extrapolación al conjunto del terreno de estudio en las condiciones actuales del subsuelo; por ello, se recomienda la inspección en obra durante la excavación y la construcción de los cimientos, con el fin de verificar las características aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a estas recomendaciones.
- Siguiendo las recomendaciones dadas en este informe, se considera que los asentamientos esperados en las estructuras que se pretenden construir (edificaciones de hasta 3 niveles) serán despreciables (menores de 2.5 cm).
- Para la profundidad y el área cubiertas por este estudio, no se ha detectado la presencia de limos colapsables, arcillas expansivas o arenas licuables.
- La estructura se deberá diseñar y construir siguiendo las normas y especificaciones indicadas en el "Código de Cimentaciones de Costa Rica" y el "Código Sísmico de Costa Rica", considerando el terreno como tipo S_2 en zona III por lo que el coeficiente de aceleración a_{ef} debe ser tomado como 0.33.
- Durante el proceso constructivo deberá darse una inspección adecuada para verificar la capacidad de soporte de diseño.

5.6. Evaluación de estabilidad de taludes

El terreno en el que se ubica el AP presenta una topografía plana, con una pendiente menor del 15%, por lo que no se considera necesario realizar un estudio de estabilidad de taludes para el proyecto.

5.7. Parámetros para obras de retención y estructuras enterradas

Se recomienda utilizar los parámetros presentados en la Tabla 7 para el diseño de obras de retención y estructuras enterradas; para el cálculo de dichos coeficientes se utilizó la teoría desarrollada por Rankine.

Tabla 7. Estimación de parámetros de empuje.

| Parámetro | UG-1 | Relleno de lastre |
|--|------|-------------------|
| Peso unitario, γ (kN/m ³) | 18.5 | 20.0 |
| Ángulo de fricción efectivo, ϕ | 35.0 | 35.0 |
| Coeficiente de presión activa, K_a | 0.27 | 0.27 |
| Coeficiente de presión pasiva, K_p | 3.69 | 3.69 |
| Cohesión efectiva, c' (kPa) | 0.0 | 0.0 |

Se señala también la necesidad de construir drenajes en la parte posterior de estructuras de retención, con el fin de evitar que las mismas puedan ser cargadas por presiones hidrostáticas generadas por aguas provenientes desde los terrenos adyacentes.

Para el diseño de la cimentación de estructuras de retención se deberá verificar que la carga transmitida al terreno no sobrepase la capacidad de soporte admisible de 150 kPa.

6. Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio

6.1. Aplicabilidad de los resultados.

Los resultados presentados en el presente informe pueden utilizarse en las etapas de factibilidad, diseño básico y diseño final de la cimentación de la obra civil que se proyecta construir en el área de proyecto.

6.2. Tareas pendientes para fases posteriores del proyecto.

Tanto la elección de la cota de cimentación como la verificación de la tensión admisible considerada e idoneidad del tipo de cimentación deberán ser aprobadas en último término por el diseñador de la obra.

El nivel de apoyo de la cimentación deberá ser supervisado por un profesional especialista en geotecnia. Se debe verificar durante la construcción que la cimentación se apoye en condiciones homogéneas, alcanzando como mínimo en el nivel geotécnico considerado. Se recomienda realizar una verificación con ensayos mediante penetrómetros manuales ejecutados directamente sobre el fondo de las excavaciones para las cimentaciones.

6.3. Incertidumbres no resueltas.

Las perforaciones obtienen información puntual sobre la profundidad de las distintas capas de materiales, por lo que no se puede descartar que los espesores de los materiales encontrados puedan variar en otros puntos del terreno. Debido a lo anterior, se recomienda ejecutar una inspección en obra durante la construcción de la cimentación, con el fin de verificar que las características aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a este informe.

6.4. Conclusión general sobre la viabilidad geotécnica del terreno en virtud de la obra a desarrollar.

Con base en los resultados de las prospecciones, ensayos de campo y laboratorio, así como los análisis realizados, se concluye que es viable desde el punto de vista geotécnico desarrollar la obra en el sitio estudiado, siempre y cuando se cumplan con las recomendaciones presentadas en este informe técnico.

7. Referencias Bibliográficas

- Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG). 2009. Código de cimentaciones de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- ACG. 2015. Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA). 2014. Código sísmico de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- CFIA. 2017. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Denyer, P. Alvarado, G.E. 2007. Mapa Geológico de Costa Rica – Escala 1:400.000. Librería Francesa, San José, Costa Rica.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). 1991. Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan. Japan: Ports and Harbours Bureau, Ministry of Transport.

8. Anexos

8.1. Registro fotográfico

P-01



P-02



P-03



P-04



P-05



S-01



S-02



8.2. Registros Laboratorio

a. Sondeo 1

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 11,6% | 33,6% | 23 | 8 | 15 |
| 2 | 1,00 | 9,9% | 33,6% | 23 | 8 | 15 |
| 3 | 1,45 | 10,1% | 33,6% | 23 | 8 | 15 |

b. Sondeo 2

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 12,4% | 25,6% | 38 | 28 | 10 |
| 2 | 1,00 | 11,2% | 27,6% | 38 | 28 | 10 |
| 3 | 1,45 | 12,3% | 29,7% | 38 | 28 | 10 |

c. Sondeo 3

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 11,9% | 28,2% | 23 | 12 | 11 |
| 2 | 1,00 | 10,8% | 28,2% | 23 | 12 | 11 |
| 3 | 1,45 | 8,6% | 28,2% | 23 | 12 | 11 |

d. Sondeo 4

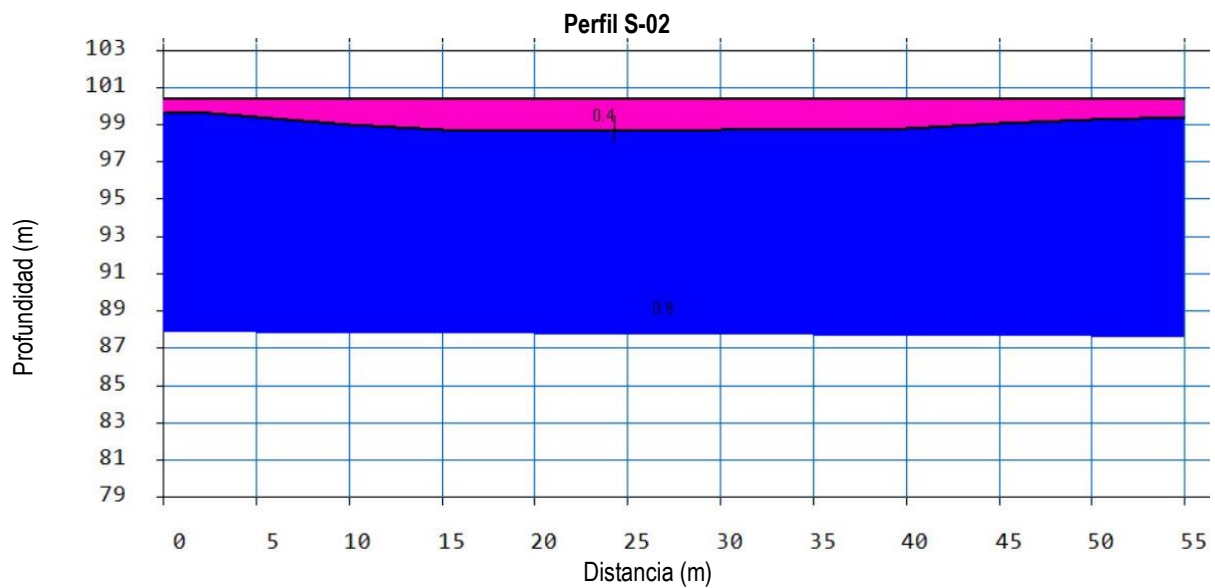
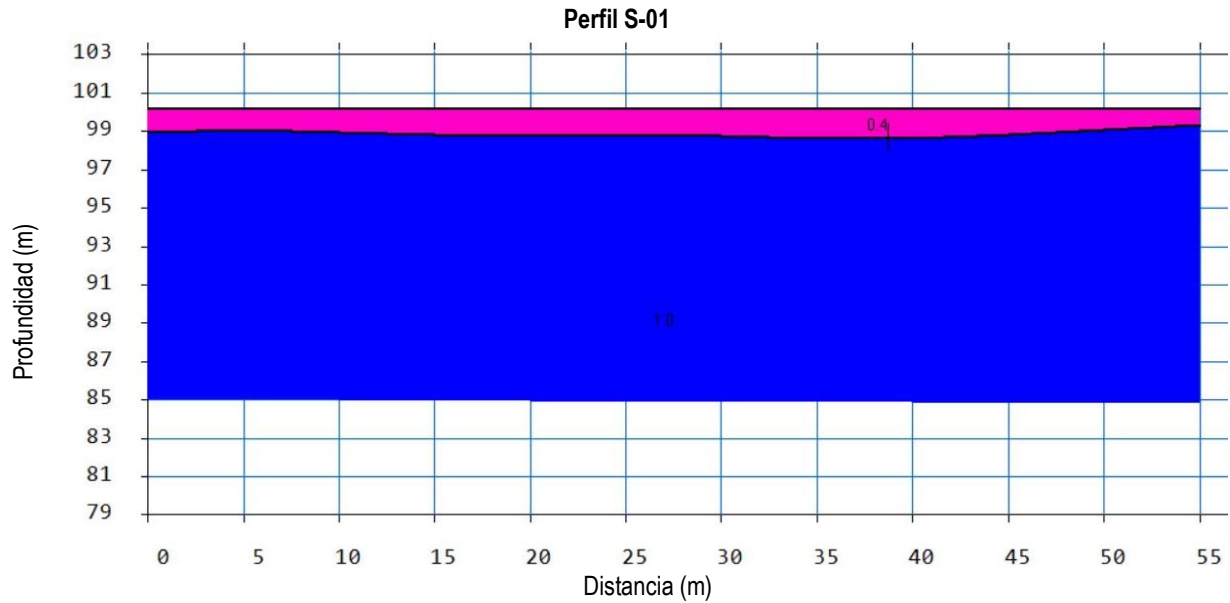
| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 10,3% | 28,3% | 41 | 13 | 28 |
| 2 | 1,00 | 8,6% | 28,3% | 41 | 13 | 28 |
| 3 | 1,45 | 6,9% | 28,3% | 41 | 13 | 28 |

e. Sondeo 5

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 9,2% | 30,4% | 45 | 10 | 35 |
| 2 | 1,00 | 9,7% | 30,4% | 45 | 10 | 35 |

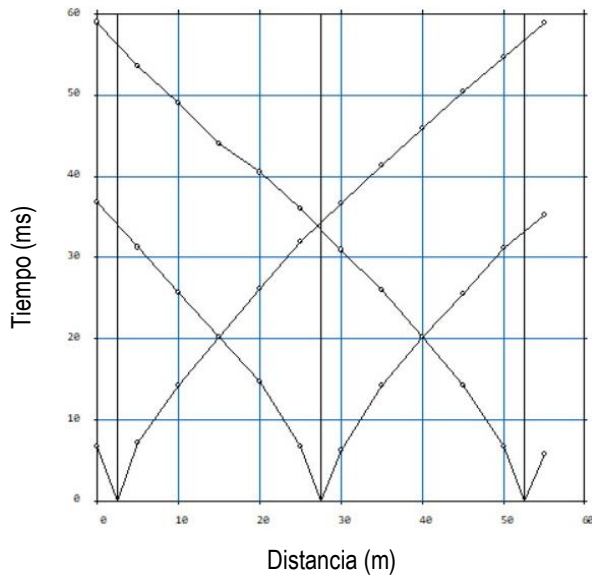
8.3. Resultados de las prospecciones geofísicas

Refracción sísmica

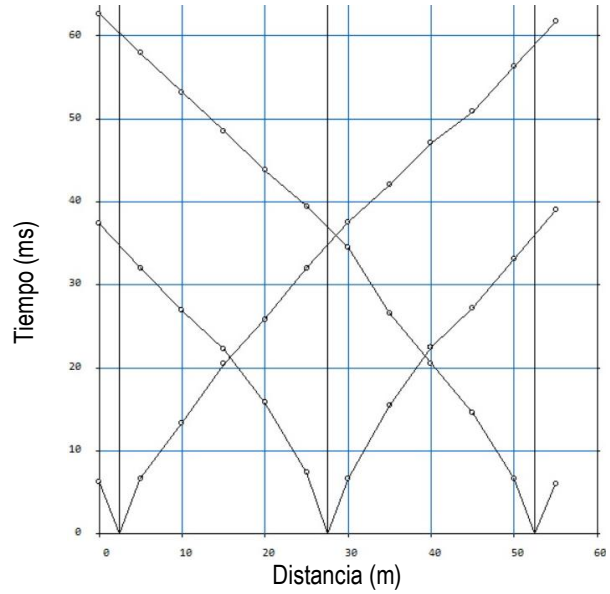


Refracción sísmica - Dromocrónicas

Perfil S-01

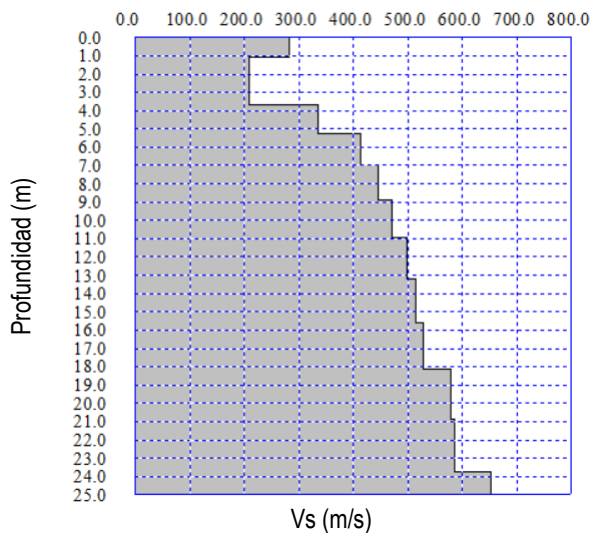


Perfil S-02

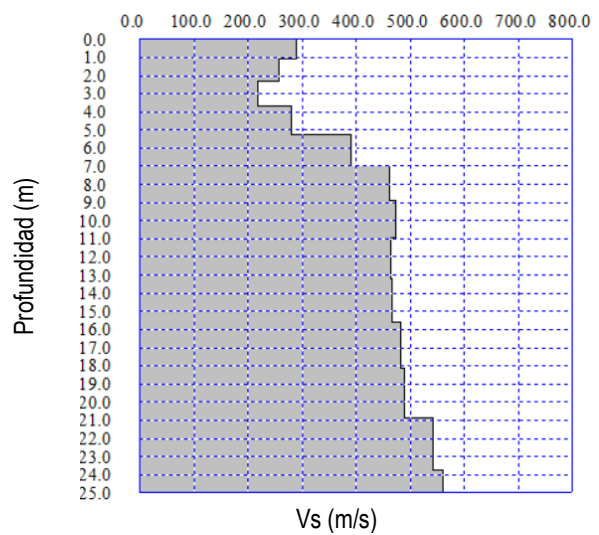


Ensayos MASW

MASW-01



MASW-02



Correlación MASW - N_{SPT}

MASW-01

| Profundidad (m) | Vs (m/s) | N _{SPT} |
|-----------------|----------|------------------|
| 0,0 | 282 | 30 |
| 1,1 | 209 | 12 |
| 2,3 | 209 | 12 |
| 3,7 | 336 | 52 |
| 5,3 | 414 | 102 |
| 7,0 | 445 | 128 |
| 8,9 | 471 | 153 |
| 11,0 | 499 | 184 |
| 13,2 | 515 | 203 |
| 15,6 | 528 | 220 |
| 18,1 | 578 | 295 |
| 20,9 | 586 | 308 |
| 23,7 | 653 | 433 |
| 26,8 | 756 | 693 |

MASW-02

| Profundidad (m) | Vs (m/s) | N _{SPT} |
|-----------------|----------|------------------|
| 0,0 | 291 | 33 |
| 1,1 | 258 | 23 |
| 2,3 | 219 | 13 |
| 3,7 | 280 | 29 |
| 5,3 | 390 | 84 |
| 7,0 | 460 | 142 |
| 8,9 | 474 | 156 |
| 11,0 | 464 | 146 |
| 13,2 | 466 | 148 |
| 15,6 | 483 | 166 |
| 18,1 | 490 | 173 |
| 20,9 | 542 | 240 |
| 23,7 | 560 | 266 |
| 26,8 | 690 | 518 |