

BIOCHILE INGENIERÍA S.A.



ESTUDIO GEOTÉCNICO GALERA EN MILLA 9
Informe Geotécnico r01



**3P Sociedad Limitada
Ingeniería Civil**

Geotecnia Topografía Vialidad Fundaciones

Ing. Eduardo Silva Santisteban A.

Lic. 82-006-021

Proyecto N° 3345

15 de marzo de 2023

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. ASPECTOS GENERALES | 6 |
| LIMITACIONES | 7 |
| | |
| 2. CARACTERISTICAS DEL SITIO | 7 |
| TOPOGRAFÍA..... | 7 |
| GEOLOGÍA..... | 8 |
| GEOFISICA | 9 |
| Estudio de las ondas S (Análisis multicanal de ondas superficiales) | 9 |
| | |
| 3. SISMICIDAD DE LA ZONA..... | 11 |
| | |
| 4. TRABAJOS REALIZADOS DE CAMPO Y LABORATORIO | 12 |
| RESULTADO DE LOS ENSAYOS | 15 |
| DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS..... | 15 |
| ENSAYOS EN SITIO | 15 |
| NIVEL FREÁTICO | 15 |
| SPT | 16 |
| ENSAYOS DE LABORATORIO | 18 |
| HUMEDAD NATURAL | 18 |
| GRANULOMETRÍA | 19 |
| PESOS UNITARIOS DE LOS SUELOS | 19 |
| | |
| 5. RESULTADOS DE LA ROCA | 20 |
| DENSIDAD | 20 |
| RQD..... | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 6. CONDICIONES DE CIMENTACIÓN | 22 |
| CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA ROCA | 22 |
| 7. ESTRATIGRAFÍA Y ZONA GEOTÉCNICA | 23 |
| 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 26 |
| 9. ANEXOS | 27 |
| Fotos de laboratorio | 27 |
| Ensayos | 27 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 1: Geología General | 8 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 2: Clasificación de tipo de perfil de suelo del IBC y REP 2014. | 10 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 3: Clasificación de tipo de perfil de suelo | 11 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 4: Clasificación del sitio..... | 12 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 5: Coordenadas de los sondeos | 13 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 6: Coordenadas de la línea sísmica | 13 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 7: Normas utilizadas en el estudio geotécnico | 14 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 8: Número de ensayos realizados en sitio y laboratorio | 15 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 9: Medición de los Niveles freáticos en sondeos | 16 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 10: Relación del tipo de suelo y el número de golpes (N) | 17 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 11: Capacidad de soporte del suelo ensayo de SPT..... | 17 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 12: Clasificación del contenido de humedad..... | 18 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 13: Contenido natural de agua de los suelos | 18 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 14: Resultados de Granulometría..... | 19 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 15: Pesos unitarios | 19 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 16: Resultados de los ensayos realizados de densidad. | 20 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 17: Resultados de los ensayos realizados de compresión simple..... | 21 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 18: Resultados de los ensayos realizados de RQD..... | 21 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 19: Resultados de los ensayos realizados de compresión simple..... | 22 |
| Cuadro N° 3345 EGIBCH- 20: Estratigrafía del suelo | 23 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N° 3345 EGIBCH- 1: Topografía del terreno..... | 7 |
| Figura N° 3345 EGIBCH- 2: Mapa geológico | 8 |
| Figura N° 3345 EGIBCH- 3: Distribución de los 16 geófonos de 4,5 Hz (triángulos invertidos en color rojo) a lo largo de un perfil..... | 9 |
| Figura N° 3345 EGIBCH- 4: Perfil sísmico..... | 10 |
| Figura N° 3345 EGIBCH- 5: Ubicación de los sondeos y línea sísmica | 13 |
| Figura N° 3345 EGIBCH- 6: Densidad vs profundidad..... | 20 |
| Figura N° 3345 EGIBCH- 7: Perfil horizontal Nº1 | 24 |
| Figura N° 3345 EGIBCH- 8: Perfil Horizontal Nº2..... | 25 |

1. ASPECTOS GENERALES

El presente informe contiene Investigaciones, metodología, resultados, conclusiones y recomendaciones, obtenidos en el Estudio Geotécnico Galera Milla 9, solicitada por BIOCHILE INGENIERÍA S.A.

El objetivo principal del trabajo ha sido determinar las propiedades geotécnicas: geología, Identificación, espesores, y otras propiedades geomecánicas.

El contenido del informe se ha estructurado en 9 capítulos:

- 1.- Aspectos Generales,
- 2.- Características del sitio,
- 3.- Exploración del suelo,
- 4.- Resultados de los ensayos,
- 5.- Análisis de los Resultados,
- 6.- Capacidad de carga,
- 7.- Unidad Geotécnica,
- 8.- Conclusiones y Recomendaciones.
- 9.- Anexos.

El capítulo de Anexos contiene gráficas, fotografías de las muestras obtenidas y los ensayos realizados.

LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, así como la descripción del Perfil de Suelo que se presenta, están limitadas, se encuentran sustentadas en la información proporcionada por el cliente acerca de las características de las estructuras previstas y en el Programa de Trabajo descrito en la sección correspondiente.

Dicho programa de trabajo es del todo compatible con el carácter y alcances del estudio y con lo recomendado por la práctica usual de la Ingeniería de Cimentaciones, tanto en los aspectos relativos al tipo y cantidad de sondeos efectuados, como en lo relacionado con las profundidades alcanzadas, según el tipo de estructuras previstas la ubicación y extensión del terreno involucrado.

2. CARACTERISTICAS DEL SITIO

TOPOGRAFÍA

La topografía de la zona presenta irregularidades en el área frontal donde se observan variaciones de elevaciones de 2 a 8m en cuanto a la geomorfología está determinada por los agentes atmosféricos, lluvia y vientos, que han erosionado el suelo lo cual ha creado la topografía o Morfometría actual. Ver figura N°1.

Figura N° 3345 EGIBCH- 1: Topografía del terreno



Zona central con mira al área frontal del lote.



Zona suroeste del lote.

Fuente: propia

GEOLOGÍA

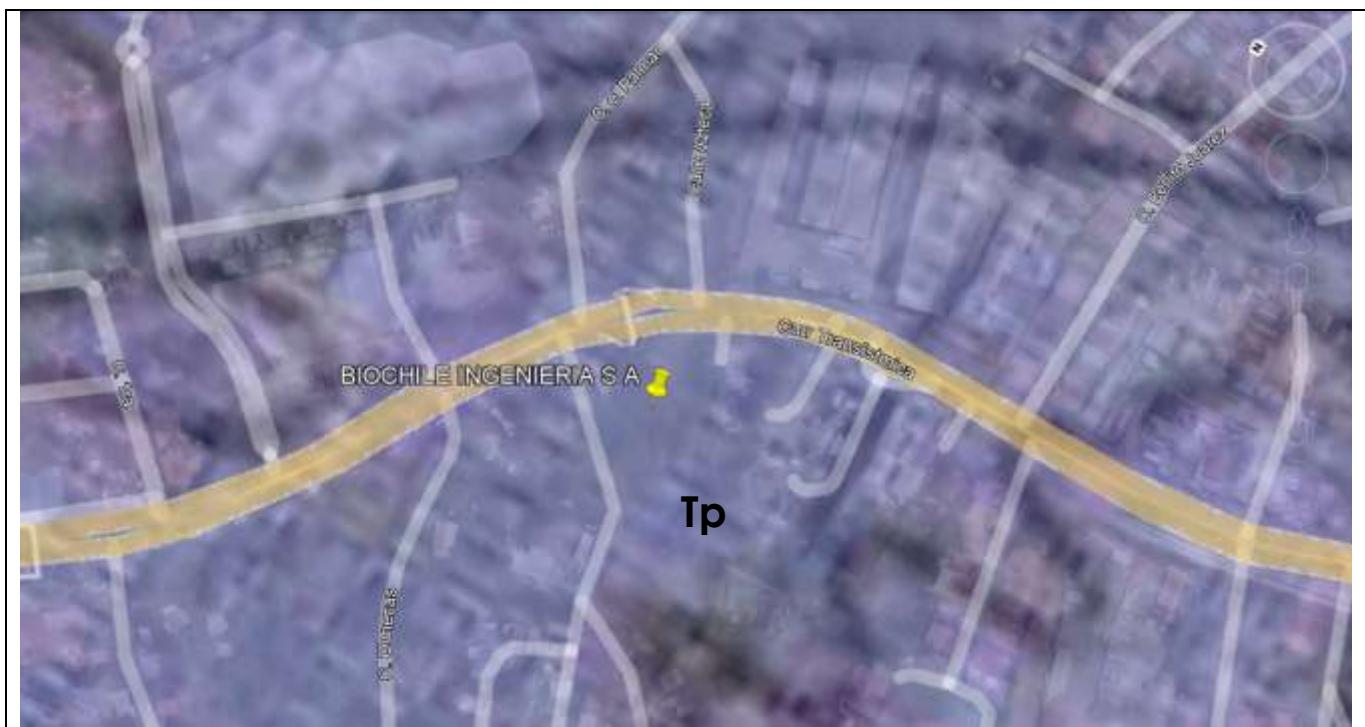
Como se observa en la Figura N° 3345 EGIBCH-2 y el cuadro N° 3345 EGIBCH-1, describe la formación geológica encontrada en la zona de estudio basados en el "Mapa Geológico del Canal de Panamá y sus Alrededores", Compilado por R H y J L Stewart en colaboración de W P Woodring.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 1: Geología General

| Formación geológica (Símbolo) | Descripción |
|-------------------------------|---|
| Tp | Formación Panamá, oligoceno inferior a superior. Principalmente aglomerado general andesítico en tobas de grano fino. Incluye conglomerado depositado por corrientes. |

Fuente: Mapa Geológico del Canal de Panamá y sus alrededores Compilado por R H y J L Stewart en colaboración de W P Woodring.

Figura N° 3345 EGIBCH- 2: Mapa geológico



Fuente: Mapa Geológico del Canal de Panamá y sus alrededores Compilado por R H y J L Stewart en colaboración de W P Woodring.

GEOFISICA

El uso de prospecciones de ondas de corte S por el método ReMi, nos permite conocer en este caso hasta una profundidad de 22.50 m y establecer los perfiles sísmicos, los niveles de cimentación y los espesores de suelos meteorizados, además comparativamente la capacidad de soporte por el valor de N, según la clasificación del IBC.

ESTUDIO DE LAS ONDAS S (ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES)

Este método considera el estudio de las ondas S, siendo las mismas un parámetro muy importante en la evaluación del comportamiento dinámico de los suelos a poca profundidad. La caracterización de un sitio en el cálculo de riesgos sísmicos se encuentra usualmente basado en los valores de velocidad de onda S que se propagan cerca de la superficie. De acuerdo a [Park et al., \(2002\)](#) de todos los tipos de ondas sísmicas, las ondas de superficie poseen una energía superior por lo que tienen la más alta señal-ruido (S/N), hecho que potencializa este método como herramienta para la caracterización sub-superficial. En los suelos estratificados, la velocidad de propagación de una onda de superficie depende de la frecuencia de la onda debido a la dispersión geométrica ([Karl et al., 2006](#)); siguiendo a algunos autores ([Dorman y Ewing, 1962; Aki y Richards, 1980](#)) la velocidad de onda S se puede derivar a través de una inversión de la velocidad de fase de las ondas de superficie.

En el mismo perfil en donde se desarrolló la tomografía de refracción sísmica para estudios de onda P, y con la misma distancia entre los geófonos, se distribuyeron un total de 16 sensores de 4,5 Hz de frecuencia. El sistema fue programado para llevar a cabo la aplicación del método ReMi donde se obtuvo el registro de 20 datos en un tiempo de 32s cada uno.

Muestra la metodología desarrollada para obtener un modelo de subsuelo 1D de onda S en función de la profundidad.

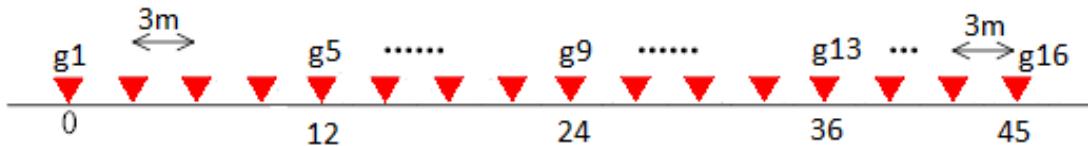
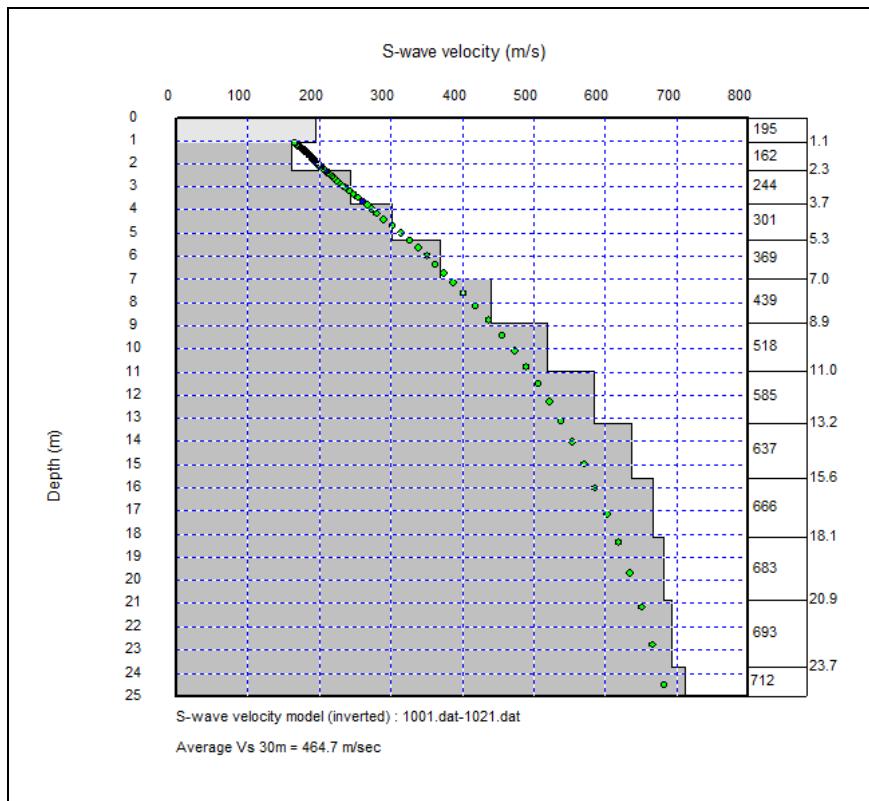


Figura N° 3345 EGIBCH- 3: Distribución de los 16 geófonos de 4,5 Hz (triángulos invertidos en color rojo) a lo largo de un perfil.

En este trabajo se utilizó un sismógrafo ES-3000 de Geometrics de 16 canales; la resolución del problema inverso para el modelado 1D mediante el análisis multicanal de ondas S, se llevó a cabo con el programa Surface Wave Analysis Wizard de SeisImager 2D (Geometrics). Los parámetros de adquisición en el programa Seismodule Controller de esta misma casa, fueron definidos como por ejemplo el intervalo de muestreo, el cual fue de 2 ms; la longitud de la traza, fijada a 32 s y el delay que fue de 0 s.

Los resultados obtenidos del procesamiento de la data de campo se muestran a continuación.

Figura N° 3345 EGIBCH- 4: Perfil sísmico



Fuente: propia

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 2: Clasificación de tipo de perfil de suelo del IBC y REP 2014.

| Velocidad de onda S m/s | | | | |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 180 | 370 | 600 | 700 |
| Profundidad metros | | | | |
| 2.30 | 162-195 | - | - | |
| 7.00 | | 244-369 | | |
| 13.20 | | | 439-585 | |
| 23.70 | | | | 637-693 |

Fuente: propia 3P SDAD LTDA

Los resultados obtenidos de la prospección sísmica son complementarios a los encontrados en las investigaciones geotécnicas, la formación geológica define muchas características del suelo.

Con el uso de las ondas S, las cuales están relacionadas directamente con capacidad del suelo, como lo indica la clasificación de sitio mostrado en el Cuadro N° 3345 EGIBCH- 2: Clasificación de tipo de perfil de suelo del IBC y REP 2014.

3. SISMICIDAD DE LA ZONA

Diferentes aspectos geotécnicos son de gran importancia para el diseño y construcción de una obra civil. La sismicidad es uno de estos, sin dejar de lado a las pruebas in situ y laboratorio. La amenaza sísmica es la posibilidad de que un parámetro como la aceleración, velocidad o el desplazamiento del subsuelo iguale o supere un nivel de energía de una obra civil. En otras palabras, con la amenaza sísmica se busca obtener que las edificaciones no sufran ningún tipo de daño al ser impactados por la energía de un terremoto, ya que están correspondidos el nivel de estructura con el tipo de suelo donde están ubicados.

La importancia del estudio de la amenaza sísmica local radica en que los sismos no pueden predecirse cuando ocurrirán (esto por ser fenómenos aleatorios), lo que sí se pueden predecir son las características típicas del sitio, lo cual puede ayudar a prever los posibles comportamientos presentes entre una estructura y un sismo.

Los procesos para obtener estos valores están basados en el método sísmico, donde por medio del estudio del comportamiento de ondas sísmicas inducidas en la superficie, se pueden medir y registrar comportamientos del suelo en estratos mucho más profundos.

La manera en la que se pueden establecer las características de los estratos es mediante las clasificaciones de sitio. Estas clasificaciones están dispuestas para correlacionar los valores de aceleración, velocidad o el desplazamiento del medio transmisor, con los tipos de suelos presentes en la zona. Las clasificaciones que se deben usar para el diseño y construcción de una obra civil están tipificadas en el reglamento estructural panameño REP-2014. Los valores de las aceleraciones espectrales para períodos largos S1 y períodos cortos Ss indican que para la provincia de Panamá se encuentran para Ss entre (0.95 y 1.18) y para el S1 entre (0.39 y 0.40), según el mapa de aceleración del máximo sismo considerado S1-5 y Ss-5 páginas 127 y 131 Rep-2014.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 3: Clasificación de tipo de perfil de suelo

| Tabla 4.1.4.2 | | | |
|--|------------------------------|--|--|
| Clasificación de tipo de perfil de suelo | | | |
| Tipo de perfil de Suelo | Descripción | Vs (m/s) | N (SPT) |
| A | Roca dura | >1500 | No es aplicable |
| B | Roca | 760 a 1500 | No es aplicable |
| C | Suelo muy denso o roca suave | 370 a 760 | >50 |
| D | Suelo firme | 180 a 370 | 15 a 50 |
| E | Suelo | <180 | <15 |
| F | Suelo | Requiere evaluación específica del sitio | Requiere evaluación específica del sitio |

Fuente: IBC, Reglamento Estructural Panameño 2014

Los sismos representan uno de los factores que ocasionan mayor número de problemas que deben resolver los profesionales de la ingeniería civil, esto se debe por su componente mortífero sobre la población, donde muchas veces se ven envueltas en catástrofes los urbanismos o estructuras con deficiencias o mal diseñados frente a los terremotos. El presente apartado de este trabajo se realiza con la finalidad de indicar algunas recomendaciones mínimas que deben ser tomadas en cuenta tanto por ingenieros como por arquitectos, para lograr un mejor desempeño de las edificaciones de concreto armado ante la presencia de sismos en la zona de Colón, provincia de Panamá.

En la zona del proyecto se realizaron estudios sísmicos para la obtención in situ de los valores de V_{s30} . Se encontraron perfiles sísmicos que fueron analizados y descritos en el cuadro N° 3345 EGIBCH-4.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 4: Clasificación del sitio

| Denominación del suelo | $V_{s22.50}$ (m/s) | Tipo de suelo | Error (%) |
|------------------------------|--------------------|---------------|-----------|
| Suelo muy denso o roca suave | 464.7 | C | 0.43 |

Fuente: Propia

4. TRABAJOS REALIZADOS DE CAMPO Y LABORATORIO

En el programa de investigación geotécnico consideró la ejecución inicial de 3 sondeos de 6 metros, o hasta el rechazo, no obstante, por los resultados obtenidos se anexaron dos sondeos más con el objetivo de determinar la superficie de la roca, (Ver Cuadro N°3345 EGIBCH- N° 1). Así mismo se realizaron las pruebas de laboratorio requeridas.

Con las actividades de campo y laboratorio se determinaron las características geológicas y geomecánicas del subsuelo. Como resultado se elaboró este documento que incluye un resumen de las actividades realizadas, análisis de los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones del caso.

De las pruebas de penetración estándar se obtuvieron muestras alteradas, que fueron envasadas y enviadas al laboratorio para la realización de las pruebas índices que permiten clasificar los suelos: humedad natural de los suelos, granulometría y peso unitario.

La metodología de perforación en el estrato de suelo se extrae muestras de los ensayos de penetración normalizados (SPT), hasta rechazo.

El siguiente cuadro muestra las coordenadas de los sondeos realizados y la línea de prospección sísmica.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 5: Coordenadas de los sondeos

| Sondeo | Este (m) | Norte (m) | Sondeo | Este (m) | Norte (m) |
|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|
| S-1 | 661717 | 1004557 | S-4A | 661686 | 1004546 |
| S-2 | 661672 | 1004560 | S-4B | 661677 | 1004533 |
| S-3 | 661651 | 1004528 | S-5 | 661644 | 1004546 |

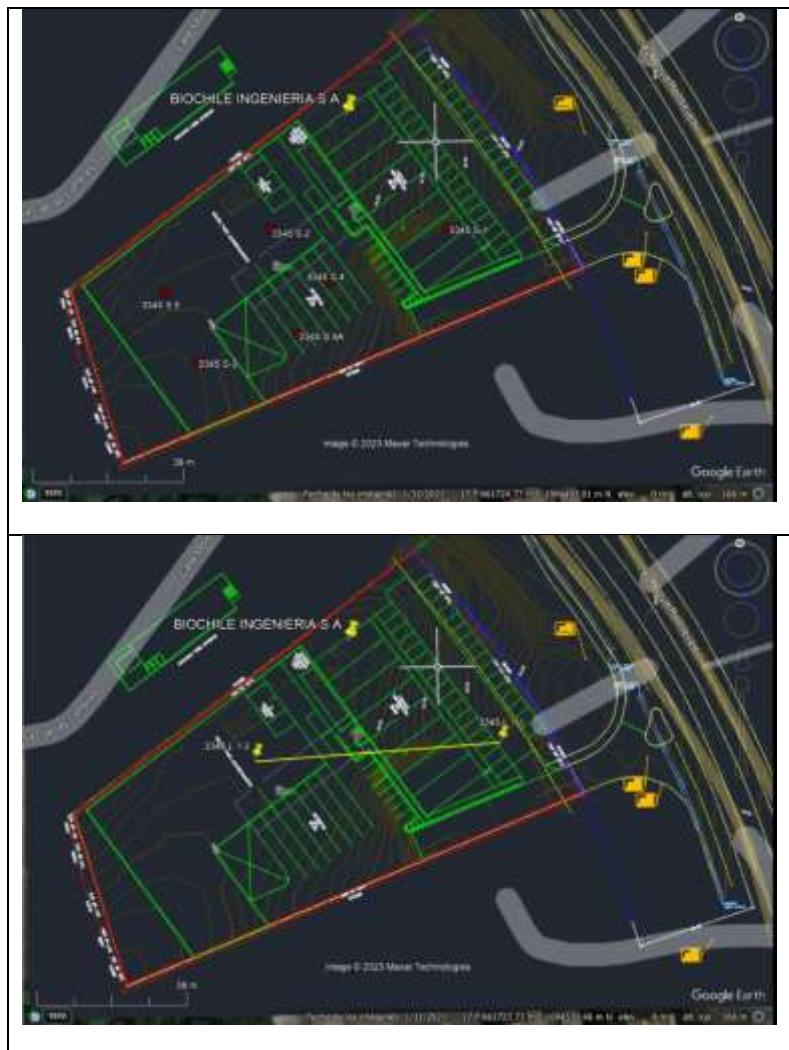
Fuente: Propia

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 6: Coordenadas de la línea sísmica

| Línea | Este (m) | Norte (m) | Línea | Este (m) | Norte (m) |
|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| L1-1 | 661730 | 1004559 | L1-2 | 661667 | 1004559 |

Fuente: Propia

Figura N° 3345 EGIBCH- 5: Ubicación de los sondeos y línea sísmica



Fuente: propia.

En la realización del estudio se utilizaron las Normas ASTM, como se indican en la lista del Cuadro N°3345 EGIBCH-7.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 7: Normas utilizadas en el estudio geotécnico

| DESCRIPCIÓN | NORMA |
|--|----------------------------|
| Métodos de prueba estándar para la determinación de agua (humedad) en laboratorio. Contenido en suelos y rocas. | ASTM D 2216 - 05 |
| Práctica estándar para la preparación de muestras de suelo en estado seco para análisis de tamaño de partícula y constantes del suelo. | ASTM D 421 – 85 (2007) |
| Método de prueba estándar para análisis por tamiz de agregados finos y gruesos. | ASTM C136 - 06 |
| Práctica estándar para la descripción e identificación de suelos (Manual de Procedimiento Visual). | ASTM D2488 - 09a |
| Método de prueba estándar para la determinación de agua (humedad). Contenido del suelo por calentamiento por horno de microondas. | ASTM D 4643 – 08 |
| Métodos de prueba Estándar: Límite Plástico e índice de plasticidad. Métodos de Prueba Estándar: Límite Líquido. | ASTM D4318 – 05 BS 1377 |
| Práctica estándar para la clasificación de los suelos para fines de Ingeniería (SUCS). | ASTM D2487 - 06e1 |
| Métodos de Prueba Estándar para ensayo de penetración estándar (SPT) y de muestreo de suelos con muestreador partido. | ASTM D1586 - 08a |
| Método para determinar la resistividad de los suelos. | ASTM G57 Y AASHTO T-288-91 |
| Método estándar para determinar el pH del suelo para su uso en pruebas de corrosión. | AASHTO T 289-91 |
| Método estándar para determinar la densidad específica. Suelos finos. | ASTM C-854 |
| Método de pruebas para determinar densidad y humedad óptima de los suelos. (Harvard miniatura). | ASTM D 4609-A1 |
| Materia orgánica | AASHTO T 267-86 |
| Ensayo de corte directo | ASTM 3080 |

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

De las pruebas de penetración estándar se obtuvieron muestras alteradas, que fueron analizadas, a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

En este tipo de estudios se hicieron **62** ensayos en total, dividido en los realizados en el sitio y en laboratorio. En el Cuadro N°3345 EGIBCH-8 se presenta la cantidad.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 8: Número de ensayos realizados en sitio y laboratorio

| Ítem | Ensayos | Cant. |
|-------|----------------------|----------|
| 1 | SPT | 15 |
| 2 | Nivel freático | 6 |
| 3 | Humedad natural | 15 |
| 4 | Granulometría | 15 |
| 5 | Peso unitario | 2 |
| 6 | Densidad | 6 |
| 7 | Compresión simple | 2 |
| 8 | Línea de prospección | 1, L=45m |
| TOTAL | | 62 |

Fuente: Elaboración propia.

ENSAYOS EN SITIO

Se realizaron dos tipos de ensayos:

NIVEL FREÁTICO

En campo no se detectó el nivel del agua después de terminada la perforación.

Dentro de este método de medición, la forma más usual se realiza mediante una sonda o cinta métrica que detecta la presencia de agua y mide su profundidad respecto de la cota de perforación. La medida se realiza con el suficiente espacio de tiempo. En el Cuadro N° 3345 EGIBCH-9 se muestran los resultados.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 9: Medición de los Niveles freáticos en sondeos

| Ítem | Sondeo | Fecha Fin | Prof. (m) perforación | Medición | Nivel freático (m) |
|------|--------|-----------|--------------------------|----------|--------------------|
| 1 | S-1 | 11-3-23 | -4.95 | 5:30 pm | N.D. |
| 2 | S-2 | 11-3-23 | -1.60 | 5:30 pm | N.D. |
| 3 | S-3 | 11-3-23 | -0.82 | 5:30 pm | N.D |
| 4 | S-4A | 13-3-23 | -1.15 | 5:30 pm | N.D |
| 5 | S-4B | 13-3-23 | -1.65 | 5:30 pm | N.D |
| 6 | S-5 | 13-3-23 | -3.12 | 5:30 pm | N.D |

Fuente: propia, No detectado

SPT

El ensayo de penetración estándar es uno de los ensayos más difundidos y utilizados para conocer la capacidad de soporte o resistencia del suelo.

La prueba consiste en penetrar un muestreador hueco de 18 pulgadas en tramos de 6 pulgadas mediante un martillo de 140 lbs desde una altura de 30 pulgadas, la suma de golpes utilizados para penetrar las 12 pulgadas últimas recibe el nombre de "**N**", número de golpes.

En los estudios realizados a través de los años por distintas instituciones se ha logrado determinar los ajustes o correcciones necesarias al valor de N.

$$N_{corr} = N_c \times n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \text{ donde:}$$

N_c = Corrección por confinamiento

$$N_c = 0.77 \log (20/\rho) \leq 2.0 \text{ (ecuación recomendada por R. Peck)}$$

Siendo ρ = esfuerzo vertical en k/cm², esta expresión es válida siempre y cuando ρ sea igual o mayor a 0.25 k/cm².

n_1 = Factor de corrección por energía del martillo ($0.45 \leq n_1 \leq 1.0$)

n_2 = Factor de corrección por longitud de barras ($0.75 \leq n_2 \leq 1.0$)

n_3 = Factor de corrección por revestimiento interno ($0.8 \leq n_3 \leq 1.0$)

n_4 = Factor de corrección por diámetro del sondeo ($1 \geq n_4 \leq 1.15$)

n_5 = Factor de corrección peso del cabezal ($0.90 \geq n_5 \leq 0.70$)

n_6 = Factor de corrección por frecuencia de los golpes por minuto ($0.95 \geq n_6 \leq 1.05$)

En el Cuadro N°3345 EGIBCH-10 se muestra la relación del tipo de suelo con el SPT. Los resultados de la prueba de penetración estándar (SPT) se muestran en el Cuadro N° 3345 EGIBCH-11, también se presenta la capacidad de soporte del suelo encontrada. En los perfiles se muestran los valores de **N₆₀** corregido.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 10: Relación del tipo de suelo y el número de golpes (N)

| Tipo básico de suelo | Compacidad y consistencia | N | |
|--|---------------------------|--------------------|---------|
| No Cohesivo Arena, Grava, | Compacidad | Muy suelta | < 4 |
| | | Suelta | 4 a 10 |
| | | Medianamente densa | 10 a 30 |
| | | Densa | 30 a 50 |
| | | Muy densa | > 50 |
| Cohesivo Arcilla (CH), Limo (MH), (ML) | Consistencia | Muy suave | < 2 |
| | | Suave | 2 a 4 |
| | | Medianamente firme | 4 a 8 |
| | | Firme | 8 a 15 |
| | | Muy firme | 15 a 30 |
| | | Dura | > 30 |

Fuente: Terzaghi Karl, "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica".

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 11: Capacidad de soporte del suelo ensayo de SPT

| Sondeo | Prof.(m) | Golpes (SPT) | N | N ₆₀ | q _d (MPa) | Compacidad / Consistencia |
|--------|-----------|--------------|-----|-----------------|----------------------|---------------------------|
| S-1 | 0.00-0.60 | 3-5-8-9 | 13 | 10 | 0.13 | Firme |
| | 1.50-2.10 | 3-5-9-11 | 14 | 10 | 0.13 | Firme |
| | 3.00-3.60 | 4-8-10-11 | 18 | 17 | 0.22 | Muy firme |
| | 4.50-4.95 | 23-32-50 | >50 | 47 | >0.40 | Muy densa |
| S-2 | 0.00-0.60 | 3-6-6-9 | 12 | 9 | 0.12 | Med. densa |
| | 1.50-1.60 | 50 | >50 | 38 | >0.40 | Dura |
| S-3 | 0.00-0.60 | 3-9-12-13 | 21 | 16 | 0.20 | Med. densa |
| | 0.70-0.82 | 50 | >50 | 38 | >0.40 | Muy densa |
| S-4A | 0.00-0.60 | 4-6-8-11 | 14 | 10 | 0.13 | Med. densa |
| | 1.00-1.15 | 50 | >50 | 38 | >0.40 | Muy densa |
| S-4B | 0.00-0.60 | 4-5-5-6 | 10 | 8 | 0.10 | Med. densa |
| | 1.50-1.65 | 50 | 50 | 38 | >0.40 | Muy densa |
| S-5 | 0.00-0.60 | 11-24-30-30 | 50 | 38 | >0.40 | Muy densa |
| | 1.50-2.10 | 16-21-24-24 | 45 | 34 | >0.40 | Densa |
| | 3.00-3.12 | 50 | 50 | 47 | >0.40 | Muy densa |

Fuente: propia

ENSAYOS DE LABORATORIO

Es importante recalcar que la realización de las pruebas índices, permiten clasificar los suelos y los cuales se describen en la próxima sección.

HUMEDAD NATURAL

Los resultados de las humedades encontradas en las muestras se agruparon según el criterio de U.S. Army Corps of Engineers, en cuadro N° 3345 EGIBCH-12, que será usado en la descripción de los perfiles.

Los resultados de los ensayos de humedad natural se muestran en el cuadro N° 3345 EGIBCH-12.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 12: Clasificación del contenido de humedad

| Condición | H. N. (%) | Observaciones |
|------------|-----------|--|
| Seca | 0-10 | Ausencia de humedad en especial para suelos finos bajo la H_{opt} . |
| Húmeda | 10-30 | En suelos finos, observable para humedades cercanas a la H_{opt} , en suelos gruesos agua no observable. |
| Muy Húmeda | 30-70 | En suelos finos, humedad observable para $H > H_{opt}$, en suelos gruesos, agua visible. |
| Saturada | >70 | Flujo de agua bajo el nivel freático. |

Fuente: US Army Corps of Engineers.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 13: Contenido natural de agua de los suelos

| Sondeo | Prof.(m) | H N, % | Clasificación | Sondeo | Prof.(m) | H N, % | Clasificación |
|--------|-----------|--------|---------------|--------|-----------|--------|---------------|
| S-1 | 0.00-0.60 | 35.97 | Muy húmeda | S-4A | 0.00-0.60 | 29.94 | Húmeda |
| | 1.50-2.10 | 35.36 | Muy húmeda | | 1.00-1.15 | 8.86 | Seca |
| | 3.00-3.60 | 32.04 | Muy húmeda | S-4B | 0.00-0.60 | 26.99 | Húmeda |
| | 4.50-4.95 | 14.19 | Húmeda | | 1.50-1.65 | 15.74 | Húmeda |
| S-2 | 0.00-0.60 | 30.48 | Muy húmeda | S-5 | 0.00-0.60 | 17.18 | Húmeda |
| | 1.50-1.60 | 8.70 | Seca | | 1.50-2.10 | 24.99 | Húmeda |
| S-3A | 0.00-0.60 | 20.45 | Húmeda | | 3.00-3.12 | 17.23 | Húmeda |
| | 0.70-0.82 | 16.32 | Húmeda | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

La humedad natural del suelo indica que son húmedos con algunos muy húmedos a seco.

GRANULOMETRÍA

Las muestras obtenidas en campo se sometieron a ensayos de granulometría con la finalidad de conocer los tamaños de partículas presentes en el suelo. En el cuadro N° 3345 EGIBCH-14, se observan los resultados obtenidos de los ensayos.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 14: Resultados de Granulometría

| Sondeo N° | Prof. (m) | Grava (%) | Arena (%) | Finos (%) | SUCS |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| S-1 | 0.00-0.60 | 0.82 | 24.24 | 74.94 | (ML)s |
| | 1.50-2.10 | 0.17 | 37.41 | 62.42 | s(ML) |
| | 3.00-3.60 | 0.39 | 49.03 | 50.58 | s(ML) |
| | 4.50-4.95 | 0.00 | 60.40 | 39.60 | SM |
| S-2 | 0.00-0.60 | 16.51 | 54.88 | 28.62 | (SM)g |
| | 1.50-1.60 | 9.10 | 23.69 | 67.21 | (ML)s |
| S-3A | 0.00-0.60 | 11.06 | 44.77 | 44.17 | SM |
| | 0.70-0.82 | 17.86 | 54.45 | 27.69 | (SM)g |
| S-4A | 0.00-0.60 | 42.52 | 52.81 | 4.66 | g(SM)-SP |
| | 1.00-1.15 | 26.90 | 49.50 | 23.60 | (SM)g-SP |
| S-4B | 0.00-0.60 | 3.15 | 73.55 | 23.30 | SM |
| | 1.50-1.65 | 1.96 | 68.66 | 29.37 | SM |
| S-5 | 0.00-0.60 | 2.96 | 59.75 | 37.29 | SM |
| | 1.50-2.10 | 1.22 | 64.05 | 34.73 | SM |
| | 3.00-3.12 | 0.89 | 58.37 | 40.74 | SM |

Fuente: propia

El resultado del ensayo muestra que son suelos tipo limo y arena.

PESOS UNITARIOS DE LOS SUELOS

De las muestras de los sondeos se determinaron sus pesos unitarios húmedo y seco.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 15: Pesos unitarios

| Sondeo N° | Prof. (m) | Humedad natural % | Peso Unitario húmedo Kg/m ³ | Peso Unitario seco Kg/m ³ |
|-----------|-----------|-------------------|--|--------------------------------------|
| S-1 | 4.50-4.95 | 14.19 | 17.52 | 15.34 |
| S-2 | 0.00-0.60 | 30.48 | 18.29 | 14.01 |

Fuente: Elaboración propia

5. RESULTADOS DE LA ROCA

De las muestras obtenidas de la perforación se muestran a continuación los resultados de los ensayos aplicados a cada muestra de roca.

DENSIDAD

Los testigos de roca obtenidos en las perforaciones realizadas se muestran los resultados en el cuadro N°16.

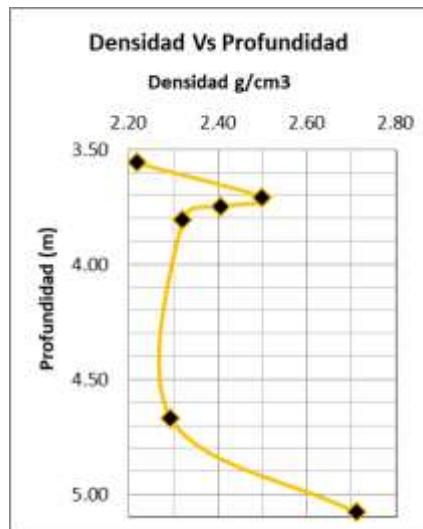
Cuadro N° 3345 EGIBCH- 16: Resultados de los ensayos realizados de densidad.

Sondeo: N° 5

| Muestra N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Profundidad m. | 3.56 | 3.71 | 3.75 | 3.81 | 4.67 | 5.08 |
| Densidad gr/cm ³ | 2.22 | 2.50 | 2.41 | 2.32 | 2.29 | 2.71 |

Fuente: propia

Figura N° 3345 EGIBCH- 6: Densidad vs profundidad



Fuente: propia

El gráfico muestra la calidad de roca vemos que la meteorización afecta directamente su densidad tal es el caso que para valores inferiores a 2.2 g/cm³ la calidad de la roca es muy mala y de dureza muy suave, la densidad de 2.20 a 2.40 g/cm³ indican que la roca es fracturada de calidad mala y para valores mayor a 2.50 g/cm³ la calidad va de media a buena la roca tiene dureza suave.

RQD

Se calculó el índice de calidad de la roca perforada, en el cuadro N° 17 se indica la clasificación (Clayton et al., 1995) y los resultados en el cuadro N° 18.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 17: Resultados de los ensayos realizados de compresión simple.

| RQD % | Calidad |
|--------|-----------|
| <25 | Muy Mala |
| 25-50 | Mala |
| 50-75 | Media |
| 75-90 | Buena |
| 90-100 | Muy buena |

Fuente: propia

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 18: Resultados de los ensayos realizados de RQD.

| Corrida N° | Rec. (m) | Testigo >0.10m | RQD (%) | Clasificación |
|------------|----------|----------------|---------|---------------|
| S-5 | | | | |
| 3.12-3.40 | 0.23 | 0.00 | 0 | Muy Mala |
| 3.40-3.90 | 0.50 | 0.10 | 20 | Muy Mala |
| 3.90-5.30 | 1.38 | 0.74 | 54 | Media |

Fuente: propia

La calidad de la roca se encuentra entre muy mala a media con valores de 20 a 54%. No se observaron ángulos en las juntas y las fracturas están oxidadas.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 19: Resultados de los ensayos realizados de compresión simple.

| Descripción | 1 | 2 |
|-----------------------------------|--------------|--------------|
| Sondeo N° | | S-5 |
| Muestra N° | M1 | M2 |
| Profundidad m. | 3.90-4.12 | 4.12-4.42 |
| Densidad gr/cm ³ | 2.346 | 2.456 |
| Humedad % | 9.09 | 7.14 |
| q _u kg/cm ² | 102 | 70 |
| q _{ult} MPa | 10 | 7 |
| Q _{adm} MPa | 5 | 3.5 |
| Dureza | RH-1 | RH-1 |

Fuente: propia

El material del sitio está formado por la roca muy meteorizada y la roca sana tipo aglomerado de textura fina, estructura estratificada con densidad de 2.2 a 2.50 g/cm³, dureza suave (RH-1), de resistencia débil.

6. CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

La cimentación está limitada por la capacidad de soporte del estrato meteorizado de suelo, por lo cual se recomienda que la cimentación sea sobre la roca sana.

No se debe considerar el afloramiento de la roca uniforme, debido a que existen zonas donde la roca está superficialmente y otras donde aparece después de los 5m de profundidad.

CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA ROCA

La capa de la roca sana tipo Aglomerado de origen sedimentario tiene un RQD de 20 a 53% y posee una capacidad admisible de 4.25MPa clasificando la roca como RH-1 de dureza suave y resistencia muy débil a una profundidad de 3.90 a 5.30m.

7. ESTRATIGRAFÍA Y ZONA GEOTÉCNICA

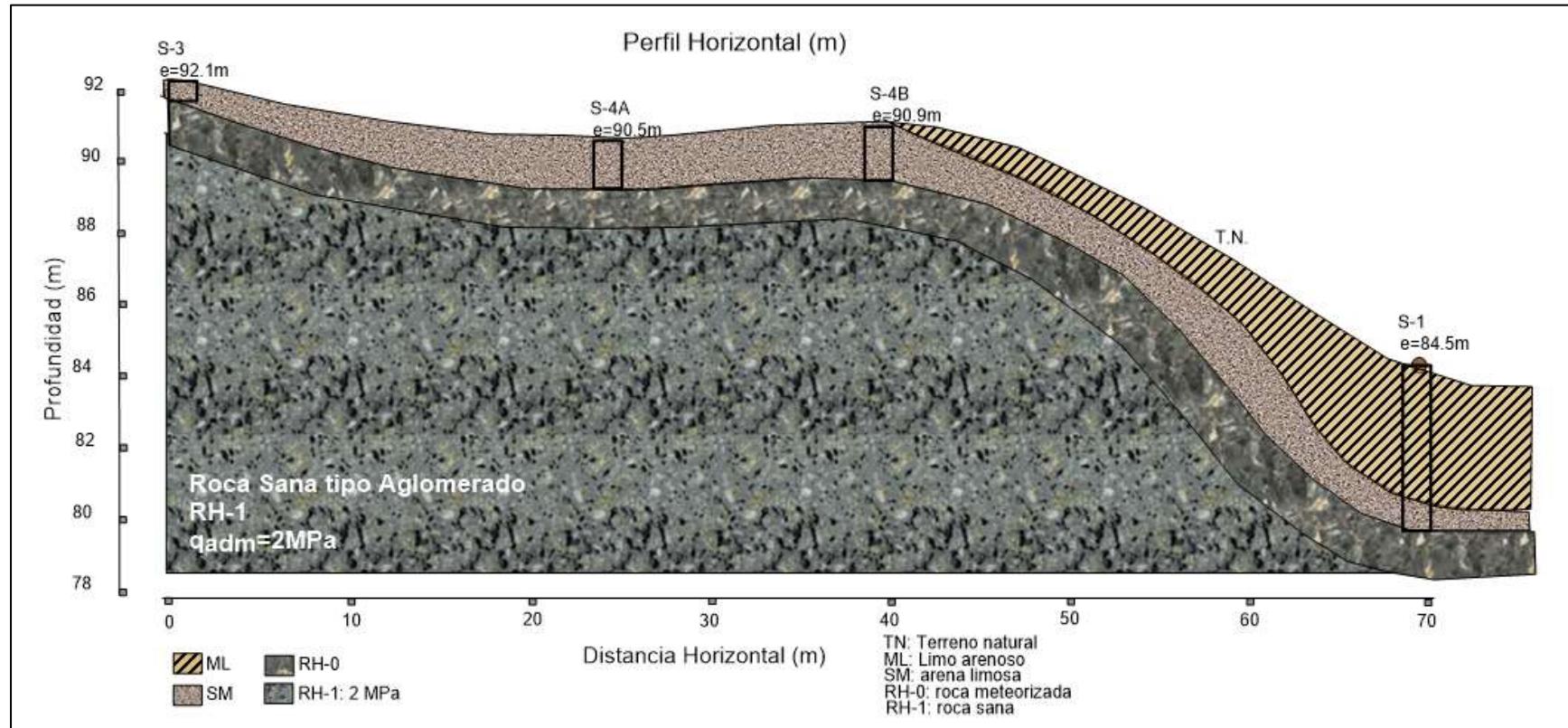
Se encontraron suelos finos (limos arenosos). En el cuadro N° 3345 EGIBCH-20 y los perfiles que aparecen en el anexo se pueden observar las profundidades de los estratos encontrados y su respectiva descripción.

Cuadro N° 3345 EGIBCH- 20: Estratigrafía del suelo

| Sondeos | Prof. (m) | Descripción de la muestra | SUCS | Zona Geotécnica |
|---------|-----------|---|------|-----------------|
| S1 | 0.00-4.50 | Limo con arena con variaciones en los porcentajes de arena a medida que profundizamos, muy húmedo de consistencia firme a muy firme. | ML | Tp |
| | 4.50-4.95 | Arena limosa húmeda de compacidad muy densa. | SM | |
| S2 | 0.00-1.50 | Arena con limo y grava muy húmeda de compacidad medianamente densa | SM | |
| | 1.50-1.60 | Limo con arena seca de consistencia dura. | ML | |
| S-3 | 0.00-0.60 | Limo arenoso húmeda de consistencia firme. | ML | |
| S-3A | 0.00-0.82 | Arena limosa con grava húmeda de compacidad medianamente densa a muy densa. | SM | |
| S-4A | 0.00-1.15 | Arena mal gradada con grava y limo húmeda a seca de compacidad medianamente densa a muy densa. | SM | |
| S-4B | 0.00-1.65 | Arena con limo húmeda de compacidad medianamente densa a muy densa. | SM | |
| S-5 | 0.00-3.12 | Arena limosa húmeda de compacidad medianamente densa, densa a muy densa. | SM | |
| | 3.12-5.30 | Roca meteorizada de 3.12 a 3.90m, a esta le subyace la roca sana tipo aglomerado de origen sedimentario color gris claro de densidad 2.20 a 2.50 g/cm ³ , inicia a los 3.12m con un RQD muy malo hasta la profundidad de 3.90m, luego mejora a los 3.90m hasta los 5.30m con un RQD de media su capacidad admisible es de 4.25MPa, (RH-1) dureza suave de resistencia débil. | RH-1 | |

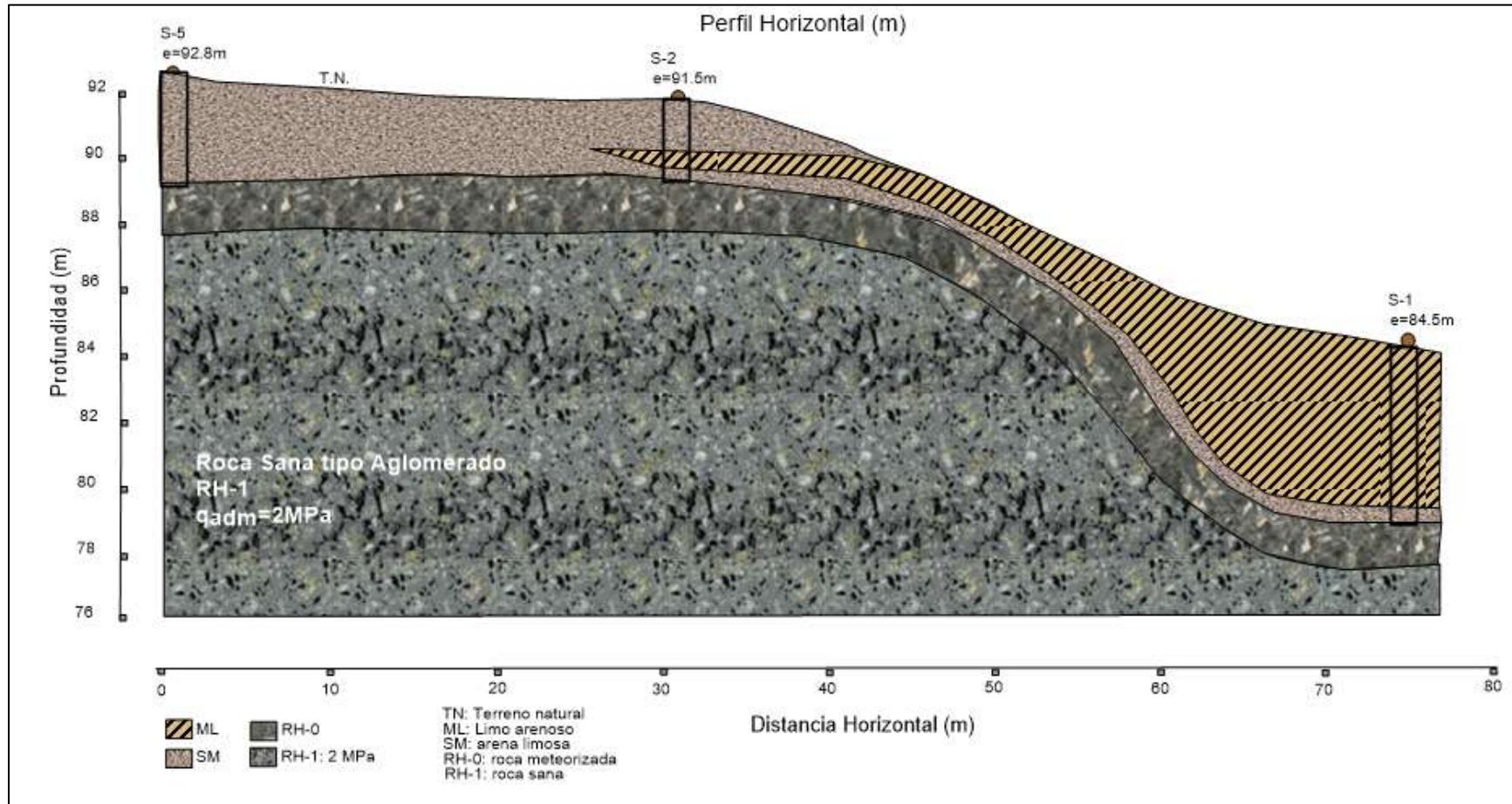
Fuente: propia

Figura N° 3345 EGIBCH- 7: Perfil horizontal N°1



El nivel freático no fue detectado.

Figura N° 3345 EGIBCH- 8: Perfil Horizontal N°2



El nivel freático no fue detectado.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La zona del proyecto se encuentra en la formación Panamá **Tp** de origen sedimentario clasificada como aglomerado de color gris claro a medio y de dureza suave RH-1 y resistencia débil, capacidad admisible promedio de 4.25MPa a una profundidad de 3.90 a 5.30m.

La capa de suelo está conformada por arenas y limos con presencia de grava en la zona de contacto con la roca meteorizada tiene una consistencia de firme a duro y compacidad de medianamente denso a muy denso, de humedad muy húmedo a húmedo sin presencia de nivel freático.

Se recomienda una cimentación apoyada en la roca sana, tomando en cuenta que existen zonas donde la roca tiene afloramientos superficiales y otras zonas donde la roca aparece después de los 5m de profundidad, zona frontal del lote.

9. ANEXOS

FOTOS DE LABORATORIO

ENSAYOS