

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA SUBESTACIÓN GRANITO LOS BOJOS, S.C.

Haina, San Cristóbal, República Dominicana

Referencia	50030
Cliente	EDESUR Dominicana
Fecha	15/02/2022

Preparado por: Dr. Jaruselsky Pérez Cuevas
Codia: 26626



Ing. Julio Mundaray
Codia: 41590



Índice general

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	7
2. ALCANCE Y METODOLOGÍA.....	8
2.1 Trabajos de campo y ensayos realizados.....	8
2.1.1 Trabajos de campo	8
3. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	10
3.1 Detalles de la Edificación por realizar.....	10
3.2 Detalles de las estructuras adyacentes o colindantes.....	12
3.3 Topografía: Referencias Altimétricas y Planimetrías del solar del proyecto. Curvas de Nivel del solar.	13
3.4 Localización y Ubicación del proyecto	15
3.5 Ubicación de los Sondeos	15
3.5.1.1 Sondeo 1	16
3.5.1.2 Sondeo 2	16
3.5.1.3 Sondeo 3	17
3.5.1.4 Sondeo 4	17
3.5.1.5 Sondeo 5	17
3.5.1.6 Sondeo 6	18
3.5.1.7 Sondeo 7	18
3.5.1.8 Sondeo 8	18
3.6 Climatología: General y Local	31
3.7 Nivel freático e Hidrología e Hidrogeología: General y Local	33
3.8 Geomorfología: Regional y Local	35
3.9 Geología: Regional y Local.....	35
3.10 Aspectos Sísmicos	38
3.10.1 Campo Cercano	39
4. DESCRIPCION PROCEDIMENTAL Y RESULTADOS	42
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
ANEXO I. Fichas Técnicas del Proyecto Subestación Granitos Bojos, S.C.....	49
ANEXO II. Ensayos de laboratorio a muestras tomadas en campo	58

ANEXO III. Determinación de la capacidad de carga admisible en cimentaciones superficiales (Memoria de Cálculo)	95
ANEXO IV. Determinación de la capacidad de carga admisible en Cimentaciones profundas (Memoria de Cálculo)	114
ANEXO V. Estudio de Clasificación Sísmica del Suelo (Método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) y método de la razón espectral (H/V)	136
ANEXO VI. Estudio de Resistividad Eléctrica	168
ANEXO VII. Estudio de GPR	182
ANEXO VIII. ANÁLISIS DE LICUEFACCIÓN	190
ANEXO IX. JUSTIFICACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAMIENTO	197
ANEXO X. Reporte fotográfico Proyecto Subestación Granito Bojos, S.C.	203
a. Sondeos	204
Sondeo 1	204
Sondeo 2	205
Sondeo 3	206
Sondeo 4	207
Sondeo 5	208
Sondeo 6	209
Sondeo 7	210
Sondeo 8	211
ANEXO XI. Perfiles Estratigráficos del Proyecto Granito Bojos S.C.	212

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Ubicación del proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.- República Dominicana.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2. Estructura proyectada que será levantada en la zona de estudio.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3. Edificaciones adyacentes a la zona objeto de estudio. (a) Nave Almacén de ETED (Empresas de Transmisión Eléctrica Dominicana) y subestación Granitos Bojos, (b) límite Oeste (Carretera Sánchez Vieja) y (c) mercado Municipal de Haina.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4. Perfiles para definir la altimetría y clasificación topográfica de la zona de estudio.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Topografía planimétrica y altimétrica de la zona de estudio.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Ubicación de Puntos de Exploración: Sondeos.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7. Temperaturas máximas y mínimas en San Cristóbal tomada de NCDC.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8. Precipitación Anual en San Cristóbal tomada de NCDC.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9. Ubicación de arroyos en Haina.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 10. Esquema geológico de las plataformas plio-cuaternarias del sector oriental de Rep. Dom. Tomada memoria geológica 6271-III (2010).</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11. Esquema geológico del sector oriental de la Cordillera Central y situación de la Zona de Falla de La Española.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12. Esquema geológico del sector oriental de la Cordillera Central y situación de la Zona de Falla de La Española.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13. Principales fallas sísmicas isla La Hispaniola (Tomada de Llanes & Granja, 2011).</i>	<i>38</i>
<i>Figura 14. Mapa de zonación Sísmica. Tomado del R001(2011).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15. Mapa de campo cercano. Tomado del R001.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16. Potencial Licuable en correlación con el PGA y la Vs. Tomado de Youd e Idriss, (1997).</i>	<i>41</i>
<i>Figura 17. Potencial Licuable en correlación con el PGA y la Vs. Tomado de Holzer et al., 1988.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 18. Determinación de asentamientos.....</i>	<i>45</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Presentación de las coordenadas geográficas y la profundidad de los sondeos.</i>	16
<i>Tabla 2. Características geomecánicas del sondeo 1</i>	19
<i>Tabla 3. Características geomecánicas del sondeo 2</i>	20
<i>Tabla 4. Características geomecánicas del sondeo 3</i>	22
<i>Tabla 5. Características geomecánicas del sondeo 4</i>	23
<i>Tabla 6. Características geomecánicas del sondeo 5</i>	24
<i>Tabla 7. Características geomecánicas del sondeo 6</i>	26
<i>Tabla 8. Características geomecánicas del sondeo 7</i>	28
<i>Tabla 9. Características geomecánicas del sondeo 8</i>	29
<i>Tabla 10. Descripción geotécnica de la Unidad Geológica 1.....</i>	31
<i>Tabla 11. Descripción geotécnica de la Unidad Geológica 2.....</i>	31
<i>Tabla 12. Descripción geotécnica de la Unidad Geológica 3.....</i>	31
<i>Tabla 13. Cuadro-resumen de la unidad correspondiente a la zona de estudio.</i>	33
<i>Tabla 14. Composición geológica de la República Dominicana</i>	35
<i>Tabla 15. Valores de la aceleración espectral de referencia S_S y S_I.....</i>	39
<i>Tabla 16. Relación entre N_{spt}, el ángulo de fricción (ϕ) y el módulo de rigidez (E). Tomada de Crespo-Villalaz (2004).....</i>	43
<i>Tabla 17. Propiedades (Módulo de Young y Relación de Poisson) para suelos.</i>	44
<i>Tabla 18. Relación de vacíos, contenido de agua y peso específico seco, típicos para algunos suelos.....</i>	44
<i>Tabla 19. Resumen de tipos de Capacidad soporte vs. las propiedades del suelo</i>	45

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Por petición de EDESUR Dominicana S.A, se ha realizado el presente informe geotécnico, cuyo objetivo es determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos para propósitos de cimentación del proyecto "Subestación Granito Los Bojos, S.C.", el cual se encuentra ubicado en el punto de coordenadas geográficas $18^{\circ}24'31.0''\text{N}$ $70^{\circ}01'51.7''\text{W}$. Este solar tiene un área aproximada 2550 m^2 y se encuentra ubicado en la Zona Industrial de Haina, Bajos de Haina 91000, San Cristóbal, República Dominicana. En cuanto a los límites del emplazamiento, el mismo limita al Norte con el mercado Municipal de Haina, al Sur se encuentra el Almacén ETED (Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana), al Este limita con la carretera Sánchez Vieja, y al Oeste, a 1 km aproximadamente, se encuentra la avenida de la Refinería.

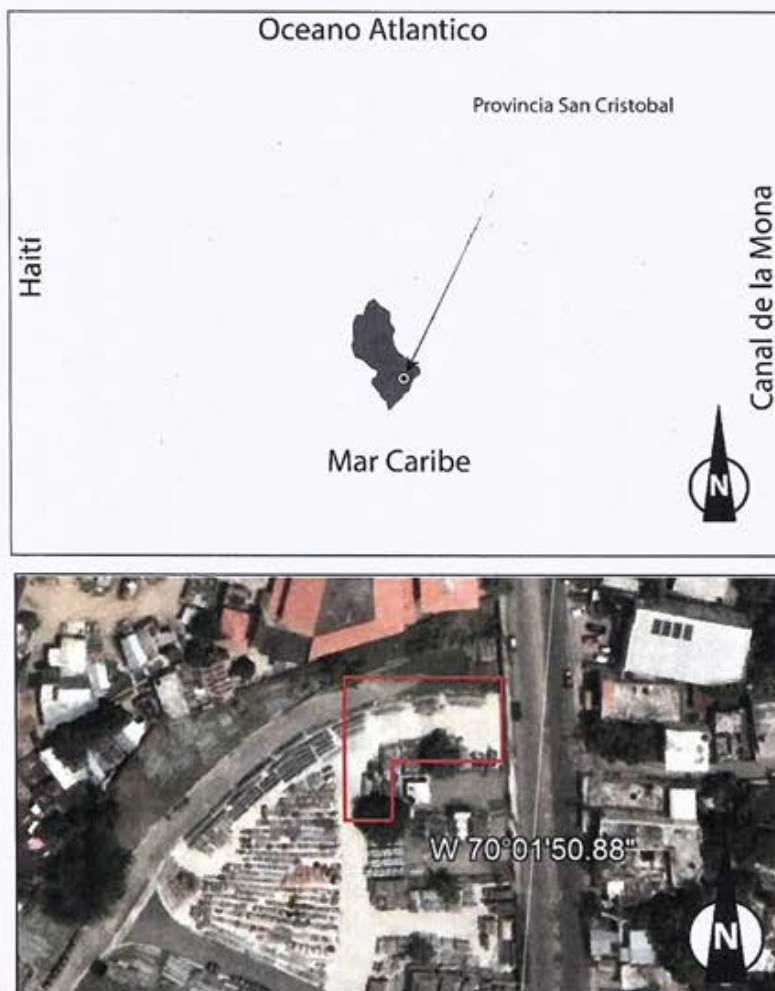


Figura 1. Ubicación del proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.- República Dominicana

2. ALCANCE Y METODOLOGÍA

Este informe geotécnico se ha estructurado siguiendo las pautas y procedimientos que se describen a continuación: inicia con una introducción en donde se destacan la ubicación y las características del proyecto. Además, se describen los trabajos y ensayos realizados, indicando las normativas internacionales y locales que fueron utilizadas. Por otra parte, se presentan las características del proyecto, en donde se destacan la descripción de las propiedades geológicas y geotécnicas del subsuelo objeto de estudio, así como la climatología, hidrología y geomorfología del emplazamiento. De igual forma, se presentan las recomendaciones para la construcción de la cimentación del proyecto y las conclusiones más importantes. Finalmente, se muestran las fichas técnicas y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras tomadas durante los trabajos de campo (Anexo I y Anexo II), también se incluyen la memoria de cálculo, en donde se describe paso a paso el procedimiento para determinar la capacidad portante del suelo, el módulo de reacción y los asentamientos máximos de las cimentaciones superficiales y profundas (Anexo III y IV), la clasificación sísmica del emplazamiento y el período predominante del suelo (Anexo V) y los ensayos de resistividad eléctrica y Georradar llevados a cabo para la detección de cavernas (Anexo VI y Anexo VII), el análisis de licuefacción de suelos (Anexo VIII), la justificación de los parámetros geotécnicos propuestos para mejoramiento (Anexo IX), la memoria fotográfica de los trabajos realizados en campo (Anexo X) y finalmente los perfiles estratigráficos del subsuelo (Anexo XI).

2.1 Trabajos de campo y ensayos realizados

La investigación que se ha llevado a cabo para la confección del presente informe geotécnico ha consistido en la realización de trabajos de campo, los cuales se pasan a describir a continuación.

2.1.1 Trabajos de campo

Estos trabajos han consistido en el reconocimiento de la naturaleza y características del subsuelo. Esto se ha realizado mediante 8 sondeos para obtener datos in situ sobre la litología y la capacidad portante del terreno. Así mismo, estos datos se han contrastado con la interpretación de los cortes y propiedades de los materiales reflejados en la Hoja Geológica de San Cristóbal proporcionada por IGME-BRGM-INYPSA (2010).

-Sondeo ejecutado a percusión

El ensayo de penetración estándar (SPT, por sus siglas en inglés) se llevó a cabo según la norma ASTM-D-1586, haciendo penetrar en el suelo un tomamuestras tubular de acero (toma muestras tipo partido), con 51 mm de diámetro exterior y 35 mm de diámetro interior, mediante el golpeo de una maza de 63.5 kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm. El valor del ensayo se obtuvo a partir de los golpes efectuados para hincar tres tramos de 0.15

m. Para reducir posibles alteraciones del terreno durante la maniobra únicamente se consideraron la suma de los dos últimos tramos (golpeo N). Si el valor obtenido en alguno de los tramos es superior a 50 golpes se considera que se ha alcanzado rechazo (R). Al extraer la cuchara tomamuestras se obtienen muestras del suelo ensayado que conservan la naturaleza (incluida la humedad) pero no la estructura del suelo. Dichas muestras se utilizaron para realizar los ensayos de laboratorio.

-Sondeo ejecutado a rotación

Los sondeos a rotación se llevaron a cabo según la norma ASTM D-2113, y consistió en la ejecución de una perforación mediante el avance por rotación de una corona circular hueca, unida a una batería igualmente hueca, en cuyo interior se aloja el testigo o las muestras granulares. La perforación se interrumpe periódicamente para realizar la toma de muestras específicas. Este tipo de sondeo a rotación se realiza con extracción de testigo continuo mediante la máquina perforadora montada sobre unas ruedas. Se utilizaron baterías sencillas de diámetros de 63.5 mm; la longitud del varillaje fue de 1.5 m.

Una vez extraído los testigos del tubo del sondeo, se saca y se coloca en una caja preparada para tal efecto, disponiendo separadores entre las diferentes maniobras realizadas e identificando el sondeo y profundidad.

-Ensayos de laboratorio

La preparación de las muestras para llevar a cabo los ensayos de suelos en el laboratorio se realizó conforme a las normativas ASTM D-6913, ASTM D-4318; D-4319 y ASTM D-2216. Con el fin de determinar las características y parámetros del suelo se llevaron a cabo una serie de ensayos de laboratorio descritos a continuación.

-Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-6913)

A partir de este ensayo se cuantifican los diferentes tamaños de partículas del suelo, así como la distribución en tamaños. Consiste en hacer pasar una muestra de suelo por un conjunto de tamices apilados, con tamaño de malla decreciente hacia abajo, hasta un tamaño de apertura de 0,075 mm, obteniéndose el peso retenido en cada uno de ellos. Los resultados se expresan en tanto por ciento (en peso) que pasa por cada tamiz y se representa en una curva granulométrica. La denominación de los diferentes tamaños de las partículas se efectúa mediante diversas clasificaciones.

Se consideran gravas a aquellas partículas mayores de 4.75 mm; arenas cuando los tamaños se sitúan entre 4.75 y 0,075 mm; y finos (limos y arcillas) los que tienen tamaños menores que 0,075 mm.

-Límites de Atterberg (ASTM D-4318; D-4319)

Se calcula el límite líquido y el límite plástico de un suelo, así como su índice de plasticidad caracterizando el comportamiento plástico del suelo. Los valores de los límites

de Atterberg definen la frontera entre los estados semisólido-plástico (límite plástico) y plástico-semilíquido (límite líquido) de un suelo arcilloso. Estos valores se expresan como cantidad de humedad necesaria para que se verifiquen determinadas condiciones normalizadas en los ensayos correspondientes.

El límite líquido se determina conforme a la norma ASTM D-4318 (determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande). Se amasa la fracción de suelo inferior a 0,4 mm con agua, se coloca en la cuchara de Casagrande y con un acanalador se realiza un surco, mediante una manivela se levanta y cae la cuchara con una cadencia determinada, si las paredes del surco se unen en una longitud de unos 12 mm, con 25 vueltas de manivela, el suelo tiene el contenido en humedad correspondiente al límite líquido.

El límite plástico se determina conforme a la norma ASTM D-4319. Consiste en formar elipsoides con una masa de suelo, entre la palma de la mano y una superficie que no absorba mucha humedad, hasta llegar a una humedad tal que se pueda conseguir trozos de unos 6 mm de longitud y un diámetro de 3 mm, coincidiendo con el inicio del cuarteamiento del suelo, teniendo en ese momento el contenido en humedad correspondiente al límite plástico.

El índice de plasticidad corresponde al intervalo de humedades comprendido entre el límite líquido y el límite plástico. A partir de los ensayos de granulometría y de los ensayos para determinar los límites de Atterberg se identifican las muestras según las clasificaciones USCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (ASTM- D-2287-90).

-Contenido de Agua (Humedad) (ASTM D-2216)

El contenido de agua o humedad de un suelo es la relación entre el peso del agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida. Suele representarse en porcentaje. Esta propiedad física es de sencilla obtención y de una gran utilidad, pues la resistencia y el comportamiento de los suelos ligados a la construcción están regido, en gran parte, por la cantidad de agua que contienen.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

3.1 Detalles de la Edificación por realizar

La estructura que se va a realizar en el emplazamiento donde se ha llevado a cabo el presente estudio de investigación geotécnica, consiste en una Subestación de Transmisión Eléctrica, con una área aproximada de 2550 m². Los detalles de la estructura se describen a continuación:

3.1.1 Edificios de Mando y Control

(AT) Alta Tensión:	MT (Media Tensión)
Módulos GIS 138 KV	Sala de Celdas de MT
Tableros Control GIS 138 KV	Sala de Protecciones
Tableros de Comunicación	Sala de Cargadores
Puente Grúa para movimiento de Módulos GIS	Sala de Baterías
	Sala de Comunicaciones
	Sala de Grupo Electrógeno

3.1.2 Verja Perimetral

Está conformado por Zapata corrida, Muros de Bloques de Hormigón, columnas de H.A. c/ 3.00 m. y Viga de Amarre de H.A., muro de H.A. y de contención si la condición del terreno así lo requiere.

3.1.3 Área de Transformadores

- Bases de H.A. para Transformadores de Potencia / de 71,000 kgs (2 Bases TL.)
- Celdas de Distribución / de 900 kgs (19 en TL.)
- Módulos GIS 145 KV / de 4,000 kgs (6 en TL.)
- Base de H.A. para pórticos
- Registros de bloques de hormigón
- Postes Eléctricos de H.A.
- Bases de H.A. para transformadores de TWASC.
- Bases Cond. De H.A.
- Bases para soporte de TI S
- Torres Metálicas de Apantallamiento
- Muro de corta Fuego de H.A.
- Acceso Vehicular

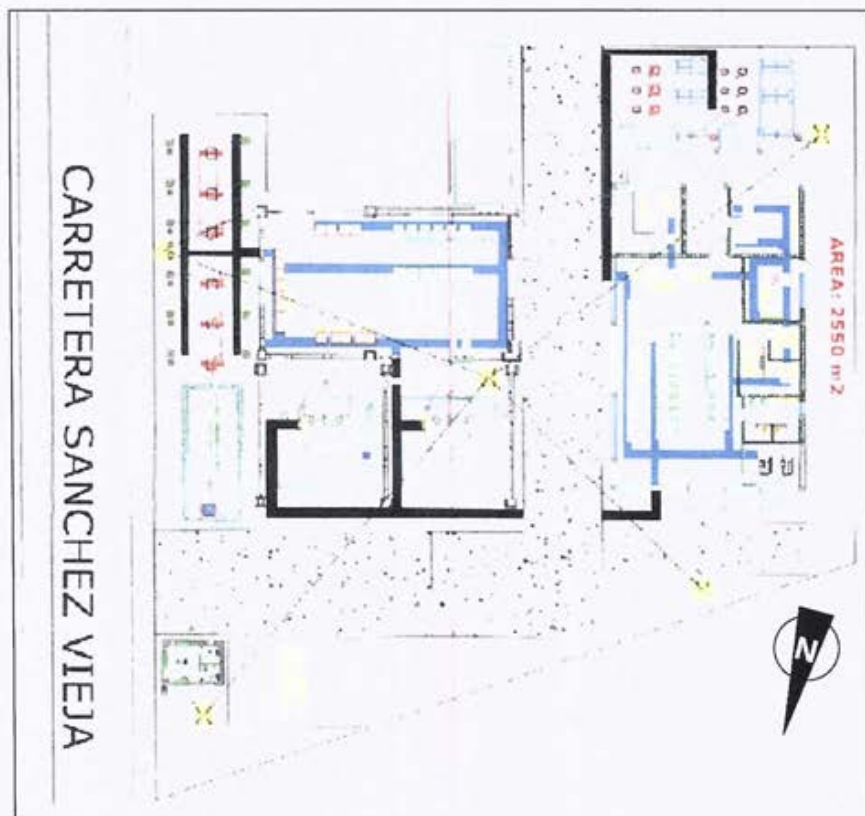


Figura 2. Estructura proyectada que será levantada en la zona de estudio.

3.2 Detalles de las estructuras adyacentes o colindantes

El terreno en estudio tiene una edificación de poca altura en su límite Norte (Figura 3c). En cuanto a su límite Oeste se encuentra la Carretera Sánchez Vieja (Figura 3b), finalmente en su límite sur se encuentra la Subestación Granitos Bojos (Figura 3a). De todas maneras, para todos los casos, no se compromete ni la estabilidad ni la capacidad soporte del terreno de edificaciones y estructuras colindantes siempre y cuando se respeten los linderos previamente definidos en el plano arquitectónico y por las autoridades del ayuntamiento.



Figura 3. Edificaciones adyacentes a la zona objeto de estudio. (a) Nave Almacén de ETED (Empresas de Transmisión Eléctrica Dominicana) y subestación Granitos Bojos, (b) límite Oeste (Carretera Sánchez Vieja) y (c) mercado Municipal de Haina.

3.3 Topografía: Referencias Altimétricas y Planimetrías del solar del proyecto. Curvas de Nivel del solar.

Las curvas de nivel del solar que se muestran en la figura 4 fueron determinadas de manera preliminar mediante las cartas topográficas escala 1:50000 desarrolladas en el proyecto Sysmin II de IGME-BRGM-INYPSA (2010).



Figura 4. Perfiles para definir la altimetría y clasificación topográfica de la zona de estudio.

Para la identificación de la altura se utilizaron aplicaciones de información global con la que fue posible trazar 6 perfiles topográficos en el emplazamiento estudiado, lo que permitió

identificar que la zona presenta un desnivel máximo de 2 m, con una pendiente comprendida entre 1% y 4%, y que pudiese clasificarse como una zona llana. De todas maneras, se recomienda realizar un levantamiento topográfico con equipos de alta precisión como GPS diferencial.

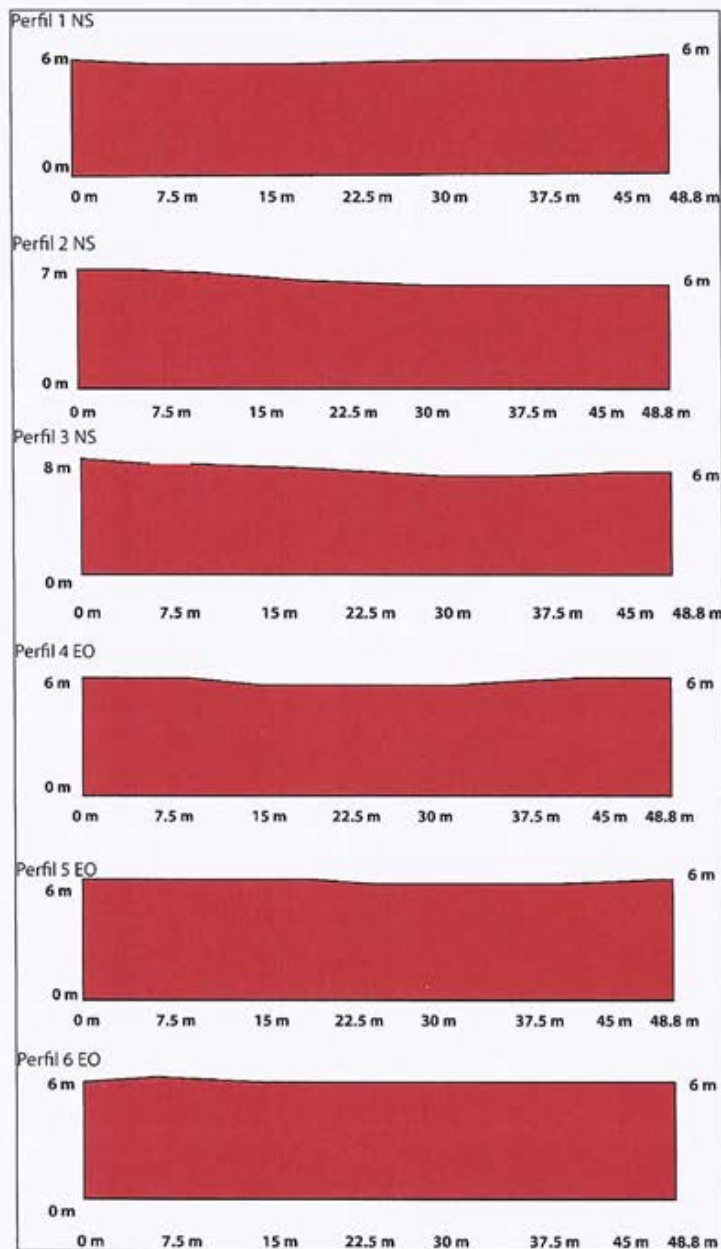


Figura 5. Topografía planimétrica y altimétrica de la zona de estudio.

3.4 Localización y Ubicación del proyecto

Ver en el acápite de introducción del informe (Página 7)

3.5 Ubicación de los Sondeos

La ubicación de los sondeos (Figura 6) ejecutados en la zona de estudio ha sido seleccionada en base a la localización de los elementos estructurales más importantes de las edificaciones y siguiendo las recomendaciones establecidas por el R-024 (2006) (Reglamento para Estudios Geotécnicos en Edificaciones).

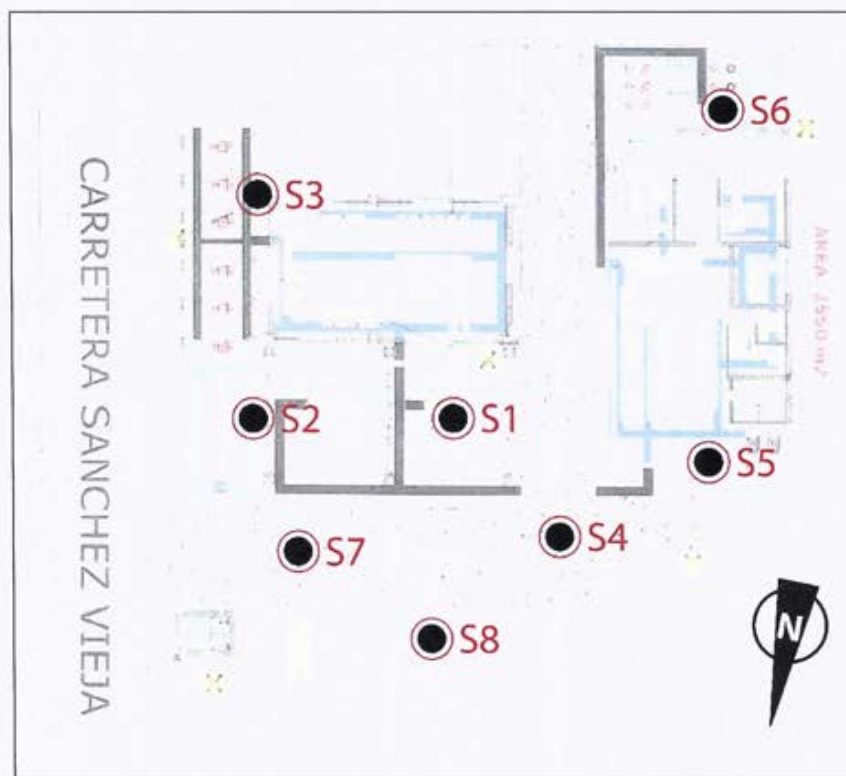


Figura 6. Ubicación de Puntos de Exploración: Sondeos

3.5.1 Coordenadas de los sondeos realizados

Tal y como se comentó al inicio de este informe, se llevaron a cabo un total de 8 sondeos para los que se muestran las coordenadas geográficas tomadas con un GPS Garmin eTrex y la profundidad alcanzada para cada uno de estos (Tabla 1).

Tabla 1. Presentación de las coordenadas geográficas y la profundidad de los sondeos

Coordenadas geográficas			Profundidad del sondeo (m)
Sondeo	Latitud	Longitud	
Sondeo 1	18°24'30.92"	-70°01'51.94"	15.3
Sondeo 2	18°24'31.02"	-70°01'51.39"	10.8
Sondeo 3	18°24'30.80"	-70°01'51.25"	12.6
Sondeo 4	18°24'31.02"	-70°01'52.52"	9.90
Sondeo 5	18°24'30.76"	-70°01'52.82"	15.3
Sondeo 6	18°24'30.43"	-70°01'52.31"	13.5
Sondeo 7	18°24'31.41"	-70°01'51.67"	12.5
Sondeo 8	18°24'31.28"	-70°01'52.21"	6.30

Se han resumido los resultados de los ensayos geotécnicos para cada uno de los sondeos realizados. Se especifican en las tablas que se presentan a continuación (desde la Tabla 2 hasta la Tabla 9), para cada sondeo, la numeración de los horizontes, sus espesores, profundidad, la designación de la calidad de los materiales, las respectivas descripciones de estos y las características geomecánicas inferidas a partir del NSPT obtenido en cada uno de los sondeos.

3.5.1.1 Sondeo 1

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.35 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 6.30 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 34° y 40° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.25 kg/cm^2 y 1.42 kg/cm^2 . Finalmente se presenta un tercer estrato, el cual se caracteriza por ser un Grava Limosa, con una consistencia de compacta a muy compacta, un ángulo de fricción en el rango de 39° y 42° y el valor obtenido de peso específico promedio fue de 1.54 kg/cm^2 .

3.5.1.2 Sondeo 2

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.35 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 7.20 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 35° y 42° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.28 kg/cm^2 y 1.70 kg/cm^2 . Finalmente se presenta un tercer estrato, el cual se

caracteriza por ser un Grava Limosa, con una consistencia de compacta a muy compacta, un ángulo de fricción en el rango de 40° y 42° y el valor obtenido de peso específico promedio fue de 1.63 kg/cm^2 .

3.5.1.3 Sondeo 3

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.80 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 7.65 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 34° y 42° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.29 kg/cm^2 y 1.35 kg/cm^2 . Finalmente se presenta un tercer estrato, el cual se caracteriza por ser un Grava Limosa, con una consistencia de compacta a muy compacta, un ángulo de fricción en el rango de 35° y 42° y el valor obtenido de peso específico promedio fue de 1.39 kg/cm^2 .

3.5.1.4 Sondeo 4

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.35 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 8.55 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 35° y 41° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.29 kg/cm^2 y 1.70 kg/cm^2 . Finalmente se presenta un tercer estrato, el cual se caracteriza por ser un Grava Limosa, con una consistencia de compacta a muy compacta, un ángulo de fricción en el rango de 40° y 42° y el valor obtenido de peso específico promedio fue de 1.70 kg/cm^2 .

3.5.1.5 Sondeo 5

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.35 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 9.00 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 35° y 42° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.29 kg/cm^2 y 1.70 kg/cm^2 . Finalmente se presenta un tercer estrato, el cual se caracteriza por ser un Grava Limosa, con una consistencia de compacta a muy compacta, un ángulo de fricción en el rango de 37° y 42° y el valor obtenido de peso específico promedio fue de 1.59 kg/cm^2 .

3.5.1.6 Sondeo 6

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.35 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 7.65 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 35° y 37° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.27 kg/cm^2 y 1.31 kg/cm^2 . Finalmente se presenta un tercer estrato, el cual se caracteriza por ser un Grava Limosa, con una consistencia de compacta a muy compacta, un ángulo de fricción en el rango de 35° y 42° y el valor obtenido de peso específico promedio fue de 1.48 kg/cm^2 .

3.5.1.7 Sondeo 7

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.35 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 7.65 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 35° y 42° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.27 kg/cm^2 y 1.70 kg/cm^2 . Finalmente se presenta un tercer estrato, el cual se caracteriza por ser un Grava Limosa, con una consistencia de compacta a muy compacta, un ángulo de fricción en el rango de 38° y 43° y el valor obtenido de peso específico promedio fue de 1.55 kg/cm^2 .

3.5.1.8 Sondeo 8

Para la profundidad que varía desde 0 hasta 1.35 m se encontró una Arena Limosa con presencia de materia orgánica de consistencia que va de suave a suelta. Este material no debe ser utilizado como suelo de cimentación ni de mejoramiento ya que no presenta condiciones para soportar la cimentación de la estructura propuesta. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.35 m y 6.30 m, se encontró una Arena Limosa que presenta una consistencia de suelta a media. Para dicho estrato el ángulo de fricción presenta variaciones entre 34° y 36° , y cuenta con un valor de peso específico comprendido entre 1.25 kg/cm^2 y 1.30 kg/cm^2 .

	10.35	10.80	14	19	16	35	28	Grava Limosa con Arena (GM)	Media										
	10.80	11.25	20	20	18	38	30	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta										
	11.25	11.70	17	33	34	67	53	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Compacta										
	11.70	12.15	14	24	32	56	44	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta										
	12.15	12.60	31	30	38	68	54	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Compacta										
	12.60	13.05	18	16	30	46	37	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta										
	13.05	13.50	43	27	25	52	41	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta										
	13.50	13.95	18	15	32	47	37	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta										
	13.95	14.40	26	23	38	61	48	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta										
	14.40	14.85	48	39	50	89	71	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Compacta										
	14.85	15.30	R					Grava Limosa con Arena (GM)											

E Módulo de Elasticidad
φ Ángulo de fricción
v Relación de Poisson
e Relación de vacíos
γs Peso específico seco

Tabla 3. Características geomecánicas del sondeo 2

Sondeo no. 2		Profundidad 11.3 metros											
Profundidad (m)		Golpes		N SPT	N60	Clasificación (SUCS)	Compacidad	Compacidad Relativa (%)	E (kg/cm2)	φ	v	e	ys (kg/cm3)
Desde	Hasta	N1	N2	N3									
0.00	0.45	8	9	9	18	14	Suelta	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32
0.45	0.90	7	8	8	16	13		30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
0.90	1.35	8	7	8	15	12	Suelta	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29
1.35	1.80	6	6	8	14	11	Media	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28

1.80	2.25	8	7	9	16	13	Arena limosa (SM)	Media	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
2.25	2.70	8	8	6	14	11	Arena limosa (SM)	Media	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
2.70	3.15	11	10	11	21	17	Arena limosa (SM)	Media	37	695.43	38	0.3	1.06	1.35
3.15	3.60	8	8	10	18	14	Arena limosa (SM)	Media	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32
3.60	4.05	14	14	15	29	23	Arena limosa (SM)	Media	47	862.25	40	0.3	0.92	1.44
4.05	4.50	13	13	14	27	21	Arena limosa (SM)	Media	45	823.68	40	0.3	0.95	1.42
4.50	4.95	15	16	19	35	28	Arena limosa (SM)	Suelta	55	965.41	41	0.3	0.60	1.70
4.95	5.40	10	11	12	23	18	Arena limosa (SM)	Suelta	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37
5.40	5.85	12	11	12	23	18	Arena limosa (SM)	Media	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37
5.85	6.30	20	23	37	60	48	Arena limosa (SM)	Suelta	88	1192.79	42	0.3	0.60	1.70
6.30	6.75	43	48	18	66	52	Arena limosa (SM)	Media	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
6.75	7.20	13	14	27	41	33	Arena limosa (SM)	Media	63	1049.77	42	0.3	0.60	1.70
7.20	7.65	22	20	20	40	32	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	62	1037.02	42	0.3	0.60	1.70
7.65	8.10	19	13	13	26	21	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	43	803.61	39	0.3	0.97	1.41
8.10	8.55	16	20	17	37	29	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	58	995.62	42	0.3	0.60	1.70
8.55	9.00	16	14	14	28	22	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	46	843.23	40	0.3	0.93	1.43
9.00	9.45	10	29	19	48	38	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	72	1124.41	43	0.3	0.60	1.70
9.45	9.90	11	10	30	40	32	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	62	1037.02	42	0.3	0.60	1.70
9.90	10.35	10	29	19	48	38	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	72	1124.41	43	0.3	0.60	1.70
10.35	10.80	48	35	50	85	68	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
10.80	11.25	R			0		Grava Limosa con Arena (GM)							

E Módulo de Elasticidad
 ϕ Ángulo de fricción
 ν Relación de Poisson
 e Relación de vacíos
 γ_s Peso específico seco

Tabla 4. Características geomecánicas del sondeo 3

Sondeo no.		3	Profundidad		13.1 metros											
Profundidad (m)		Golpes		N SPT	N60	Clasificación (SUCS)	Compacidad	Compacidad Relativa (%)	E (kg/cm2)	φ	v	e	ys (kg/cm3)			
Desde	Hasta	N1	N2											N3		
0.00	0.45	10	12	13	25	20	Arena limosa (SM) y MO	Suelta	42	783.02	39	0.3	0.99	1.40		
0.45	0.90	10	15	15	30	24	Arena limosa (SM) y MO	Media	49	880.75	40	0.3	0.90	1.45		
0.90	1.35	10	15	18	33	26	Arena limosa (SM) y MO	Suelta	53	933.12	41	0.3	0.60	1.70		
1.35	1.80	9	7	9	16	13	Arena limosa (SM) y MO	Media	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30		
1.80	2.25	9	7	14	21	17	Arena limosa (SM)	Media	37	695.43	38	0.3	1.06	1.35		
2.25	2.70	10	10	14	24	19	Arena limosa (SM)	Media	41	761.91	39	0.3	1.01	1.39		
2.70	3.15	13	11	12	23	18	Arena limosa (SM)	Media	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37		
3.15	3.60	25	24	35	59	47	Arena limosa (SM)	Media	86	1189.97	42	0.3	0.60	1.70		
3.60	4.05	10	6	14	20	16	Arena limosa (SM)	Media	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34		
4.05	4.50	15	19	22	41	33	Arena limosa (SM)	Media	63	1049.77	42	0.3	0.60	1.70		
4.50	4.95	29	18	17	35	28	Arena limosa (SM)	Suelta	55	965.41	41	0.3	0.60	1.70		
4.95	5.40	17	19	17	36	29	Arena limosa (SM)	Suelta	56	980.78	41	0.3	0.60	1.70		
5.40	5.85	11	9	8	17	14	Arena limosa (SM)	Media	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31		
5.85	6.30	8	7	8	15	12	Arena limosa (SM)	Suelta	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29		
6.30	6.75	8	7	5	12	10	Arena limosa (SM)	Media	25	467.80	34	0.3	1.22	1.26		
6.75	7.20	8	5	6	11	9	Arena limosa (SM)	Media	24	439.89	34	0.3	1.24	1.25		
7.20	7.65	8	8	6	14	11	Arena limosa (SM)	Media	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28		
7.65	8.10	5	7	8	15	12	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29		
8.10	8.55	6	4	5	9	7	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	21	382.51	33	0.3	1.27	1.22		
8.55	9.00	8	8	7	15	12	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29		
9.00	9.45	6	8	7	15	12	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29		
9.45	9.90	10	11	8	19	15	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	34	648.51	37	0.3	1.10	1.33		
9.90	10.35	10	9	8	17	14	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31		

10.35	10.80	16	13	15	28	22	Grava Limosa con Arena (GM)	Media	46	843.23	40	0.3	0.93	1.43
10.80	11.25	14	14	9	23	18	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37
11.25	11.70	14	13	13	26	21	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Compacta	43	803.61	39	0.3	0.97	1.41
11.70	12.15	19	32	31	63	50	Grava Limosa con Arena (GM)	Compacta	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
12.15	12.60	19	35	50	85	68	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Compacta	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
12.60	13.05	R												

E Módulo de Elasticidad
 ϕ Ángulo de fricción
 v Relación de Poisson
 e Relación de vacíos
 γ_s Peso específico seco

Tabla 5. Características geomecánicas del sondeo 4

Sondeo no.	4	Profundidad	10.4 metros
------------	---	-------------	-------------

Profundidad (m)	Hasta	N1	Golpes	N2	N3	N SPT	N60	Clasificación (SUCS)	Consistencia	Compacidad Relativa (%)	E (kg/cm ²)	ϕ	v	e	γ_s (kg/cm ³)
Desde															
0.00	0.45	10	10	10	20	16	16	Arena limosa (SM) y MO	Muy Firme	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34
0.45	0.90	10	7	9	16	13	13	Arena limosa (SM) y MO	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
0.90	1.35	7	7	7	14	11	11	Arena limosa (SM) y MO	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
1.35	1.80	8	10	10	20	16	16	Arena limosa (SM)	Muy Firme	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34
1.80	2.25	6	7	6	13	10	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27
2.25	2.70	8	7	9	16	13	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
2.70	3.15	4	6	4	10	8	8	Arena limosa (SM)	Firme	23	411.46	33	0.3	1.26	1.24
3.15	3.60	7	7	7	14	11	11	Arena limosa (SM)	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
3.60	4.05	4	9	6	15	12	12	Arena limosa (SM)	Firme	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29

4.05	4.50	6	6	7	13	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27
4.50	4.95	5	6	6	12	10	Arena limosa (SM)	Firme	25	467.80	34	0.3	1.22	1.26
4.95	5.40	6	9	9	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32
5.40	5.85	7	6	9	15	12	Arena limosa (SM)	Firme	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29
5.85	6.30	6	13	17	30	24	Arena limosa (SM)	Muy Firme	49	880.75	40	0.3	0.90	1.45
6.30	6.75	5	7	9	16	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
6.75	7.20	10	16	16	32	25	Arena limosa (SM)	Dura	51	916.18	41	0.3	0.60	1.70
7.20	7.65	4	5	13	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32
7.65	8.10	18	13	19	32	25	Arena limosa (SM)	Dura	51	916.18	41	0.3	0.60	1.70
8.10	8.55	18	11	13	24	19	Arena limosa (SM)	Muy Firme	41	761.91	39	0.3	1.01	1.39
8.55	9.00	14	12	33	45	36	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	68	1095.55	42	0.3	0.60	1.70
9.00	9.45	21	29	31	60	48	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	88	1192.79	42	0.3	0.60	1.70
9.45	9.90	40	35	50	85	68	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
9.90	10.35	R												

E Módulo de Elasticidad
 ϕ Ángulo de fricción
 v Relación de Poisson
 e Relación de vacíos
 γ_s Peso específico seco

Tabla 6. Características geomecánicas del sondeo 5

Sondeo no.	5	Profundidad	15.3 metros
------------	---	-------------	-------------

Profundidad (m)		Golpes		N SPT	N60	Clasificación (SUCS)	Consistencia	Compacidad Relativa (%)	E (kg/cm2)	ϕ	v	e	γ_s (kg/cm3)	
Desde	Hasta	N1	N2	N3										
0.00	0.45	7	13	11	24	19	Arena limosa (SM) y MO	Muy Firme	41	761.91	39	0.3	1.01	1.39

0.45	0.90	8	9	8	17	14	Arena limosa (SM) y MO	Muy Firme	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31
0.90	1.35	7	7	8	15	12	Arena limosa (SM) y MO	Firme	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29
1.35	1.80	8	9	8	17	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31
1.80	2.25	6	8	7	15	12	Arena limosa (SM)	Firme	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29
2.25	2.70	7	12	6	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32
2.70	3.15	6	6	6	12	10	Arena limosa (SM)	Firme	25	467.80	34	0.3	1.22	1.26
3.15	3.60	7	7	7	14	11	Arena limosa (SM)	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
3.60	4.05	7	7	6	13	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27
4.05	4.50	8	6	8	14	11	Arena limosa (SM)	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
4.50	4.95	12	16	17	33	26	Arena limosa (SM)	Dura	53	933.12	41	0.3	0.60	1.70
4.95	5.40	19	20	22	42	33	Arena limosa (SM)	Dura	64	1062.00	42	0.3	0.60	1.70
5.40	5.85	6	8	12	20	16	Arena limosa (SM)	Muy Firme	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34
5.85	6.30	13	25	33	58	46	Arena limosa (SM)	Dura	85	1186.62	42	0.3	0.60	1.70
6.30	6.75	7	11	11	22	17	Arena limosa (SM)	Muy Firme	38	718.11	38	0.3	1.04	1.36
6.75	7.20	18	15	20	35	28	Arena limosa (SM)	Dura	55	965.41	41	0.3	0.60	1.70
7.20	7.65	9	12	11	23	18	Arena limosa (SM)	Muy Firme	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37
7.65	8.10	10	9	14	23	18	Arena limosa (SM)	Muy Firme	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37
8.10	8.55	13	12	17	29	23	Arena limosa (SM)	Muy Firme	47	862.25	40	0.3	0.92	1.44
8.55	9.00	18	12	13	25	20	Arena limosa (SM)	Muy Firme	42	783.02	39	0.3	0.99	1.40
9.00	9.45	11	20	30	50	40	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	75	1141.03	43	0.3	0.60	1.70
9.45	9.90	30	30	30	60	48	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	88	1192.79	42	0.3	0.60	1.70
9.90	10.35	27	40	56	96	76	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
10.35	10.80	40	24	20	44	35	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	67	1084.89	42	0.3	0.60	1.70
10.80	11.25	9	10	11	21	17	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	37	695.43	38	0.3	1.06	1.35
11.25	11.70	12	10	10	20	16	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34
11.70	12.15	9	15	14	29	23	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	47	862.25	40	0.3	0.92	1.44
12.15	12.60	4	15	15	30	24	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	49	880.75	40	0.3	0.90	1.45
12.60	13.05	8	17	16	33	26	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	53	933.12	41	0.3	0.60	1.70
13.05	13.50	14	10	10	20	16	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34

13.50	13.95	7	24	24	48	38	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	72	1124.41	43	0.3	0.60	1.70
13.95	14.40	11	14	30	44	35	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	67	1084.89	42	0.3	0.60	1.70
14.40	14.85	32	48	36	84	67	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
14.85	15.30	R	28	39	67	53	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70

E Módulo de Elasticidad
 ϕ Ángulo de fricción
 ν Relación de Poisson
 e Relación de vacíos
 γ_s Peso específico seco

Tabla 7. Características geomecánicas del sondeo 6

Sondeo no.	6	Profundidad	13.1 metros
------------	---	-------------	-------------

Profundidad (m)	Hasta	N1	N2	N3	N SPT	N60	Clasificación (SUCS)	Consistencia	Compacidad Relativa (%)	E (kg/cm ²)	ϕ	ν	e	γ_s (kg/cm ³)
Desde														
0.00	0.45	4	3	5	8	6	Arena limosa (SM) y MO	Media	20	353.04	32	0.3	1.29	1.21
0.45	0.90	6	5	5	10	8	Arena limosa (SM) y MO	Firme	23	411.46	33	0.3	1.26	1.24
0.90	1.35	2	4	5	9	7	Arena limosa (SM) y MO	Firme	21	382.51	33	0.3	1.27	1.22
1.35	1.80	6	7	6	13	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27
1.80	2.25	7	8	10	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32
2.25	2.70	10	10	9	19	15	Arena limosa (SM)	Muy Firme	34	648.51	37	0.3	1.10	1.33
2.70	3.15	7	8	8	16	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
3.15	3.60	6	8	5	13	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27
3.60	4.05	10	16	8	24	19	Arena limosa (SM)	Muy Firme	41	761.91	39	0.3	1.01	1.39
4.05	4.50	11	11	11	22	17	Arena limosa (SM)	Muy Firme	38	718.11	38	0.3	1.04	1.36
4.50	4.95	5	7	6	13	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27

4.95	5.40	6	9	9	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32
5.40	5.85	7	6	5	11	9	Arena limosa (SM)	Firme	24	439.89	34	0.3	1.24	1.25
5.85	6.30	5	5	6	11	9	Arena limosa (SM)	Firme	24	439.89	34	0.3	1.24	1.25
6.30	6.75	12	10	9	19	15	Arena limosa (SM)	Muy Firme	34	648.51	37	0.3	1.10	1.33
6.75	7.20	7	7	7	14	11	Arena limosa (SM)	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
7.20	7.65	4	9	8	17	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31
7.65	8.10	8	7	8	15	12	Grava Limosa con Arena (GM)	Firme	29	548.38	35	0.3	1.17	1.29
8.10	8.55	8	6	6	12	10	Grava Limosa con Arena (GM)	Firme	25	467.80	34	0.3	1.22	1.26
8.55	9.00	9	9	7	16	13	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
9.00	9.45	8	11	10	21	17	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	37	695.43	38	0.3	1.06	1.35
9.45	9.90	11	9	10	19	15	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	34	648.51	37	0.3	1.10	1.33
9.90	10.35	10	10	10	20	16	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34
10.35	10.80	16	20	18	38	30	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	59	1009.94	42	0.3	0.60	1.70
10.80	11.25	15	10	14	24	19	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	41	761.91	39	0.3	1.01	1.39
11.25	11.70	16	19	22	41	33	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	63	1049.77	42	0.3	0.60	1.70
11.70	12.15	23	24	33	57	45	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	84	1182.75	42	0.3	0.60	1.70
12.15	12.60	19	32	44	76	60	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70
12.60	13.05	20	46	45	91	72	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	100	1000.00	42	0.3	0.60	1.70

Rechazo

E Módulo de Elasticidad
 ϕ Ángulo de fricción
 ν Relación de Poisson
 e Relación de vacíos
 γ_s Peso específico seco

Tabla 8. Características geomecánicas del sondeo 7

Sondeo no.		7		Profundidad		13.5 metros																						
Profundidad (m)		Hasta		N1		Golpes		N SPT		N60		Clasificación (SUCS)		Consistencia		Compacidad Relativa (%)		E (kg/cm2)		φ		v		e		γs (kg/cm3)		
Desde							N2		N3																			
0.00	0.45	11		11	16	27	21	Arena limosa (SM) y MO	Muy Firme	45	823.68	40	0.3	0.95	1.42													
0.45	0.90	16		13	15	28	22	Arena limosa (SM) y MO	Muy Firme	46	843.23	40	0.3	0.93	1.43													
0.90	1.35	10		13	10	23	18	Arena limosa (SM) y MO	Muy Firme	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37													
1.35	1.80	8		7	11	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32													
1.80	2.25	7		7	11	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32													
2.25	2.70	10		9	7	16	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30													
2.70	3.15	7		9	9	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32													
3.15	3.60	7		8	9	17	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31													
3.60	4.05	8		7	6	13	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27													
4.05	4.50	8		8	10	18	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	33	624.26	37	0.3	1.11	1.32													
4.50	4.95	9		11	13	24	19	Arena limosa (SM)	Muy Firme	41	761.91	39	0.3	1.01	1.39													
4.95	5.40	8		8	8	16	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30													
5.40	5.85	10		10	13	23	18	Arena limosa (SM)	Muy Firme	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37													
5.85	6.30	10		12	14	26	21	Arena limosa (SM)	Muy Firme	43	803.61	39	0.3	0.97	1.41													
6.30	6.75	19		20	20	40	32	Arena limosa (SM)	Dura	62	1037.02	42	0.3	0.60	1.70													
6.75	7.20	29		10	7	17	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31													
7.20	7.65	8		11	9	20	16	Arena limosa (SM)	Muy Firme	36	672.23	37	0.3	1.08	1.34													
7.65	8.10	13		12	11	23	18	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37													
8.10	8.55	9		19	14	33	26	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	53	933.12	41	0.3	0.60	1.70													
8.55	9.00	14		13	15	28	22	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	46	843.23	40	0.3	0.93	1.43													
9.00	9.45	10		10	13	23	18	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	40	740.27	38	0.3	1.02	1.37													
9.45	9.90	8		12	35	47	37	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	71	1115.31	43	0.3	0.60	1.70													
9.90	10.35	21		30	19	49	39	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	73	1132.98	43	0.3	0.60	1.70													

10.35	10.80	10	13	22	35	28	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	55	965.41	41	0.3	0.60	1.70
10.80	11.25	18	22	27	49	39	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	73	1132.98	43	0.3	0.60	1.70
11.25	11.70	13	13	13	26	21	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	43	803.61	39	0.3	0.97	1.41
11.70	12.15	20	13	13	26	21	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	43	803.61	39	0.3	0.97	1.41
12.15	12.60	16	17	13	30	24	Grava Limosa con Arena (GM)	Muy Firme	49	880.75	40	0.3	0.90	1.45
12.60	13.05	17	29	22	51	41	Grava Limosa con Arena (GM)	Dura	76	1148.56	43	0.3	0.60	1.70
13.05	13.50	Rechazo					Grava Limosa con Arena (GM)							

E Módulo de Elasticidad
 ϕ Ángulo de fricción
 v Relación de Poisson
 e Relación de vacíos
 γ_s Peso específico seco

Tabla 9. Características geomecánicas del sondeo 8

Sondeo no.	8	Profundidad	7	metros
------------	---	-------------	---	--------

Profundidad (m)	Hasta	N1	Golpes	N2	N3	N SPT	N60	Clasificación (SUCS)	Consistencia	Compacidad Relativa (%)	E (kg/cm2)	ϕ	v	e	γ_s (kg/cm3)
Desde															
0.00	0.45	6	5	5	10	8	8	Arena limosa (SM) y MO	Firme	23	411.46	33	0.3	1.26	1.24
0.45	0.90	7	5	6	11	9	9	Arena limosa (SM) y MO	Firme	24	439.89	34	0.3	1.24	1.25
0.90	1.35	7	7	7	14	11	11	Arena limosa (SM) y MO	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
1.35	1.80	7	5	6	11	9	9	Arena limosa (SM)	Firme	24	439.89	34	0.3	1.24	1.25
1.80	2.25	8	7	7	14	11	11	Arena limosa (SM)	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
2.25	2.70	8	5	8	13	10	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27
2.70	3.15	8	9	7	16	13	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30

3.15	3.60	7	6	5	11	9	Arena limosa (SM)	Firme	24	439.89	34	0.3	1.24	1.25
3.60	4.05	5	7	7	14	11	Arena limosa (SM)	Firme	28	522.04	35	0.3	1.19	1.28
4.05	4.50	5	7	6	13	10	Arena limosa (SM)	Firme	27	495.18	35	0.3	1.20	1.27
4.50	4.95	8	9	8	17	14	Arena limosa (SM)	Muy Firme	32	599.49	36	0.3	1.13	1.31
4.95	5.40	9	9	7	16	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
5.40	5.85	8	9	7	16	13	Arena limosa (SM)	Muy Firme	30	574.19	36	0.3	1.15	1.30
5.85	6.30	6	7	5	12	10	Arena limosa (SM)	Firme	25	467.80	34	0.3	1.22	1.26

E Módulo de Elasticidad

ϕ Ángulo de fricción

ν Relación de Poisson

e Relación de vacíos

γ_s Peso específico seco

Después de analizar los resultados obtenidos a partir de los 8 sondeos realizados en el terreno de estudio (Anexo I-V) se ha determinado que la característica geotécnica identificada se describe en tres grupos generales:

- **Unidad Geotécnica 1** concerniente a un suelo consistente y un espesor promedio de 1.80 metros (ver Perfil Estratigráfico).

Tabla 10. Descripción geotécnica de la Unidad Geológica 1

Suelo	Valor "N"	Tipo de suelo
Arena Limosa con Materia Orgánica/ Rellenos antrópicos	14	SM

- **Unidad Geotécnica 2** concerniente a un suelo consistente y un espesor promedio de 7 metros (ver Perfil Estratigráfico).

Tabla 11. Descripción geotécnica de la Unidad Geológica 2

Suelo	Valor "N"	Tipo de suelo
Arena Limosa	21	SM

- **Unidad Geotécnica 3** concerniente a un suelo consistente y un espesor promedio superior a los 8 metros (ver Perfil Estratigráfico).

Tabla 12. Descripción geotécnica de la Unidad Geológica 3

Suelo	Valor "N"	Tipo de suelo
Grava Limosa	35	GM

3.6 Climatología: General y Local

De acuerdo con la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) el emplazamiento se destaca por presentar clima tropical con temperaturas anuales promedios que varían entre un rango de 25 ° C y 27° C, y que presenta promedios máximos que van desde 30 ° C hasta 34°C y promedios mínimos entre 20-22°C (Figura 7).

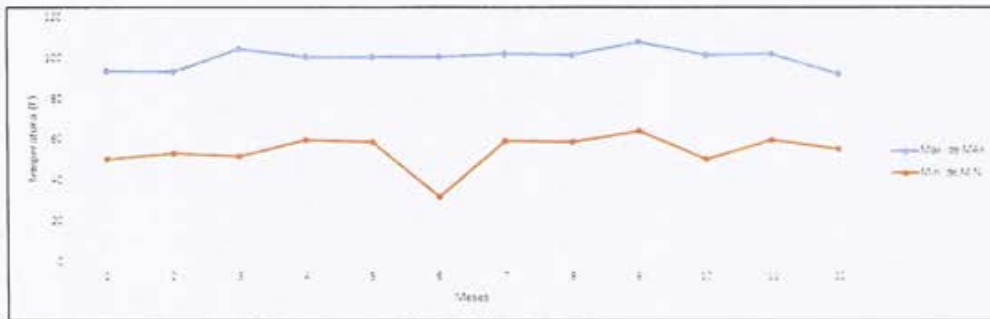


Figura 7. Temperaturas máximas y mínimas en San Cristóbal tomada de NCDC.

Por otra parte, se recolectaron datos de estaciones meteorológicas del Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC, por sus siglas en inglés) – NOAA y ONAMET. Esto fue posible a través del programa con el que cuenta NCDC, la cual posee una red de estaciones distribuidas a través del planeta, recolectando información meteorológica de temperatura, temperatura de rocío y/o humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, entre otras variables atmosféricas. Los datos de precipitación fueron determinados gracias a tres estaciones meteorológicas del proyecto NCDC.

La precipitación promedio anual (Figura 8) para la zona de estudio varía en un rango entre 1400 hasta 1700 mm/año. IGME-BRGM-INYPSA (2010) destaca que la llegada anual de la temporada ciclónica puede producir lluvias torrenciales que causan importantes variaciones en los valores promedios ofrecidos.

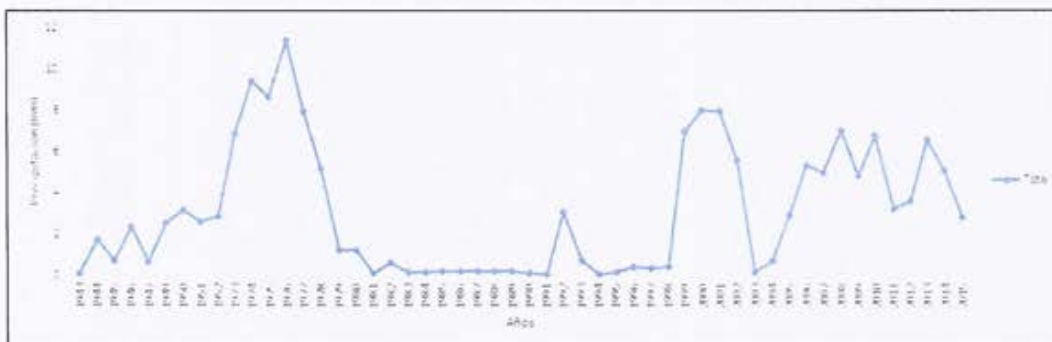


Figura 8. Precipitación Anual en San Cristóbal tomada de NCDC.

De acuerdo con el estudio de IGME-BRGM-INYPSA (2010), toda la zona de San Cristóbal, la red de drenaje está marcada por la fracturación preexistente, tiene una densidad alta y su morfología muestra una tendencia ortogonal. Así los cauces predominantes son de arroyos de tipo estacional, rectos o con una sinuosidad baja y muestran un fuerte

encajamiento, discurriendo por valles estrechos y con ausencia de depósitos fluviales importantes.

IGME-BRGM-INYPSA (2010) agrega que es frecuente la llegada de tormentas tropicales y huracanes, especialmente concentrados entre septiembre y octubre, observándose variaciones estacionales ligeras, siendo algo más acusadas las diarias. La estación de lluvias se extiende de marzo a diciembre y la seca, de diciembre a marzo.

3.7 Nivel freático e Hidrología e Hidrogeología: General y Local

No se ha detectado la presencia del nivel de freático en el interior de los sondeos en la fecha de realización de estos.

En cuanto a la Hidrología, IGME-BRGM-INYPSA (2010) destaca que las elevadas precipitaciones se resuelven principalmente mediante escorrentía superficial, a favor de una densa red de drenaje articulada en torno a los ríos Nigua y Haina, que están muy contaminados por vertidos de aguas residuales y abundantes flotantes de residuos urbanos. Los ríos Nigua y Haina se disponen en dirección NO-SE principalmente y siguiendo líneas de fracturación de gran entidad, mientras que los cauces menores se orientan de preferencia en sentido NE-SO.

En el emplazamiento se aprecian zonas con una clara tendencia endorreica, siendo frecuentes los encharcamientos e inundaciones rápidas.

Las unidades y agrupaciones consideradas se ajustan a las siguientes tipologías:

- La formación San Cristóbal está constituida principalmente por arcilla verdosa. En la base de la formación se observan arcillas verdosas de baja plasticidad que pasan gradualmente hacia techo a gravas redondeadas o subangulosas con centiles importantes (de 10 a 20 cm). La edad de esta unidad es Mioceno Superior y se interpreta como una zona de abanicos aluviales distales que desembocan en una plataforma marina somera de ambiente restringido.

Tabla 13. Cuadro-resumen de la unidad correspondiente a la zona de estudio.

Edad	Unidad o agrupación hidrogeológica	Unidades cartográficas	Litologías	Grado/tipo de permeabilidad	Tipos de acuíferos y observaciones
Mioceno superior	Fm San Cristóbal	4.5	arcilla verdosa	Zona de abanicos aluviales distales que desembocan en una plataforma marina somera de ambiente restringido	No aplica

En cuanto a lo que tiene que ver con la hidrología local, se destaca en el margen Este de la zona de estudio el río Nigua y en el margen Norte se encuentra el río Blanco (río Yubazo)

(Figura 8). Debido a la altura donde se encuentra ubicado la zona de estudio se descarta posibles inundaciones producto de las crecidas de dicho arroyo.

De acuerdo con el estudio de Microzonificación Sísmica realizado por el Servicio Geológico Nacional (SGN) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), destacan que, en toda la zona de San Cristóbal, la red de drenaje está marcada por la fracturación preexistente, tiene una densidad alta y su morfología muestra una tendencia ortogonal. Así los cauces predominantes son de arroyos de tipo estacional, rectos o con una sinuosidad baja y muestran un fuerte encajamiento, discurrendo por valles estrechos y con ausencia de depósitos fluviales importantes. Los cauces de los ríos principales son permanentes, ríos Nigua y Haina, que están muy contaminados por vertidos de aguas residuales y abundantes flotantes de residuos urbanos. Los ríos Nigua y Haina se disponen en dirección NO-SE principalmente y siguiendo líneas de fracturación de gran entidad, mientras que los cauces menores se orientan de preferencia en sentido NE-SO.

Agregan, además, que los ríos principales tienen un claro carácter consecuente, discurriendo a favor de la máxima pendiente regional. En la vertiente septentrional de la Superficie Superior de la Llanura Costera del Caribe, entre Arroyo Hondo y la Base de San Isidro, son frecuentes los elementos de la red secundaria de carácter obsecuente, discurriendo en sentido contrario a la pendiente regional.

En cuanto a lo que tiene que ver con la hidrología local, se destaca la presencia de los arroyos. Debido a la altura donde se encuentra ubicado la zona de estudio se descarta posibles inundaciones producto de las crecidas de dichos arroyos.



Figura 9. Ubicación de arroyos en Haina

3.8 Geomorfología: Regional y Local

Terrazas fluviales

El estudio de Microzonificación Sísmica realizado por el Servicio Geológico Nacional (SGN) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), afirma que, en sentido estricto, no se trata de una Formación Geológica, pero se han querido destacar bajo este epígrafe a los diferentes niveles de terrazas aluviales medias y bajas de los cauces de los principales ríos de la zona de estudio (Ozama, Isabela, Nigua y Haina). Se trata de una unidad geológica-geomorfológica reciente, activa, con un predominio de conglomerados polimícticos de naturaleza diversa con una matriz de tipo arenosa suelta en su mayor parte, si bien en algunos casos puede haber bancos de arena y arcillas asociados a los procesos fluviales. Asociada a los cauces principales, esta unidad puede tener potencias importantes (superiores a 20 m) y debido tanto a la climatología con altas precipitaciones acumuladas anuales, como a la alta transmisividad hidráulica y su proximidad a masas de agua permanentes, en esta unidad se esperan niveles freáticos altos.

3.9 Geología: Regional y Local

La República Dominicana cuenta con una variada geología debido a la naturaleza de las rocas y el ambiente geodinámico de su asentamiento. En ella se encuentran rocas magmáticas, metamórficas y sedimentarias de edades que van desde el jurásico al cretáceo (Tabla 14):

Tabla 14. Composición geológica de la República Dominicana

Región	Sedimentaria	Metamórfica	Ígnea
Norte	Limolitas calcáreas, caliza, caliza margosa, abanico aluvional, arenisca y conglomerado, margas, depósito cuaternarios y melange tectónico	Esquisto y mármol	Gabro y roca vulcano
Suroeste	Caliza arrecifal, caliza, caliza margosa, conglomerado y depósito cuaternario, dunas, arenisca, margas, abanico aluvional, depósito cuaternario indiferenciados y sedimentos lacustres	Mármol	Basalto, riolita y gabro
Este	Caliza, caliza arrecifal, conglomerado, depósito cuaternario indiferenciados, margas depósito fluviales, melange tectónico y abanico aluvional	Mármol y esquisto	Gabro y riolita

IGME-BRGM-INYPSA (2010) ubica la zona de estudio en La Hoja San Cristóbal, localiza en la confluencia entre la Cordillera Central y Llanura Costera del Caribe (Figura 10 y 11).

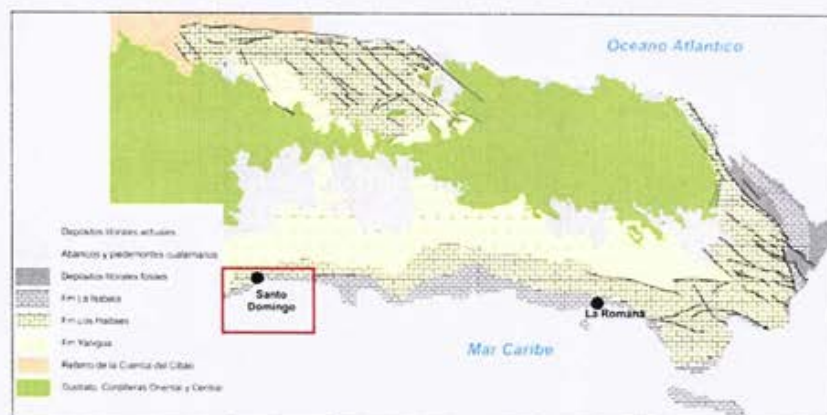


Figura 10. Esquema geológico de las plataformas plio-cuaternarias del sector oriental de Rep. Dom. Tomada memoria geológica 6271-III (2010).

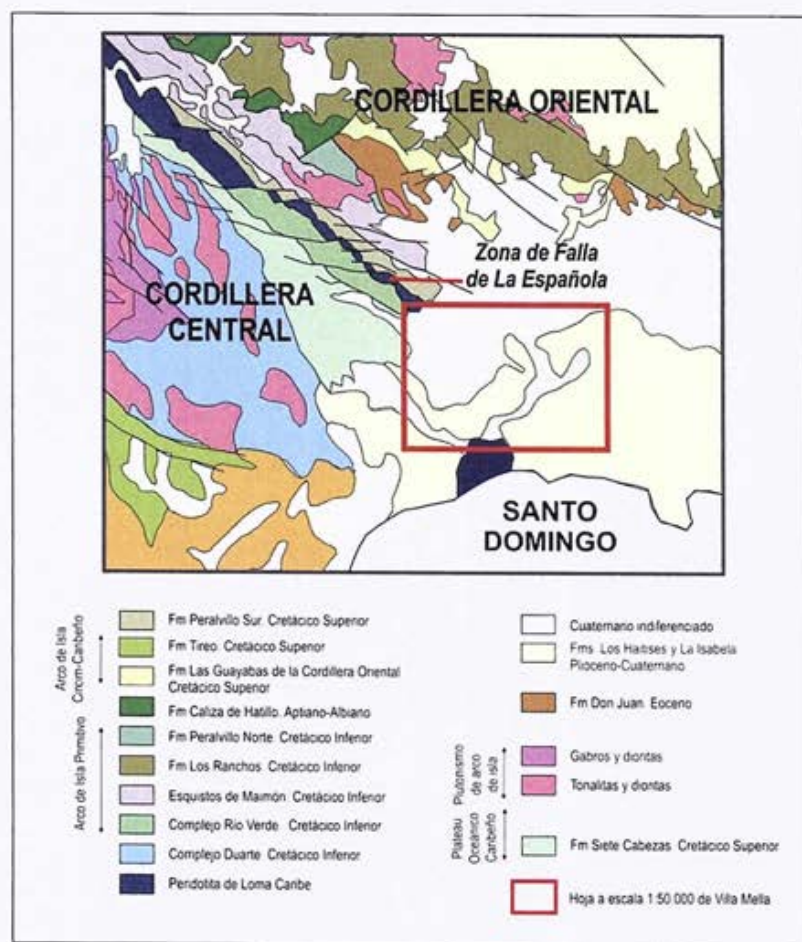


Figura 11. Esquema geológico del sector oriental de la Cordillera Central y situación de la Zona de Falla de La Española

En San Cristóbal, los materiales más antiguos, son depósitos del Plioceno, afloran en el sector nororiental, corresponden a los materiales margosos calcáreos de la Formación Yanigua, depositada en un contexto lagunoso, que pasan hacia el sur a los materiales calcáreos arrecifales de la Formación Los Haitises. Encajada y formando escalonamientos laterales, que descienden del mar Caribe, aflora la Formación La Isabela, formada por rocas arrecifales costeras, depositada en el Pleistoceno. En el área de estudio sucedieron movimientos diatróficos, que produjeron ascensos (evento que tuvo lugar en el Cuaternario), produciendo la retirada marina, y dando lugar a los nuevos arrecifales, encajados hacia el Sur (Formación La Isabela) y posteriormente y con la emersión del dispositivo Plioceno, se desarrolla la Formación Los Haitises – Yanigua (combinación arrecifal – lagoon).

Gravas y arenas rojizas afloran exclusivamente en el sector occidental, en el ámbito del arroyo Guajimia, si bien su depósito está relacionado con el río Haina, que discurre por San Cristóbal. No existe corte alguno que permita establecer las características detalladas de la unidad, sino tan sólo asomos puntuales donde observar su aspecto general. Se trata de gravas polimícticas en matriz arenosa, de tonos rojizos, con cantos redondeados de composición ígneo-metamórfica predominante cuyo diámetro está comprendido frecuentemente entre 5 y 10 cm. Su potencia alcanza 15 m (Figura 12).

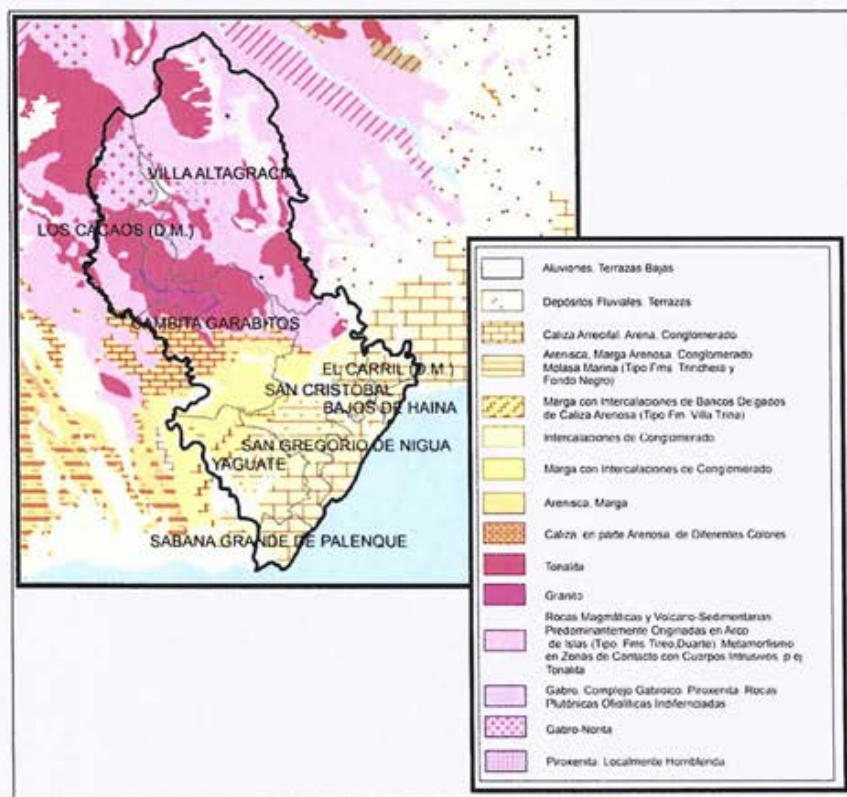


Figura 12. Esquema geológico del sector oriental de la Cordillera Central y situación de la Zona de Falla de La Española

3.10 Aspectos Sísmicos

La Isla de la Española se encuentra en una zona sísmicamente activa por estar en el límite de interacción entre las placas Norteamérica y del Caribe. A lo largo de la historia, en esta isla han ocurrido varios terremotos de magnitudes relevantes, ex.: magnitud momento (Mw) mayor a 6.0, ocasionando daños económicos y pérdidas humanas.

La zona Norte de la isla se caracteriza por poseer la falla Septentrional, siendo esta una fuente sismogénica de gran importancia, pues allí han sido los epicentros de terremotos históricos como el terremoto que destruyó La Vega Vieja en 1562. En esa misma línea, el terremoto más grande en magnitud del que se tiene registros también fue en la zona norte, próximo a Nagua y Samaná, en el 1946 con una magnitud de 8.1 Mb.

Otras fallas importantes (Figura 13) que cruzan el territorio de la isla son: Enriquillo Plantain-Garden al Oeste, donde fue el epicentro del terremoto de Haití del 2010 con 7.0 Mw; Fosa de la Hispaniola al Norte y la Trinchera de los Muertos al Sur, entre otras. Esta última, debido a su localización, es una de las que podrían presentar mayor peligro para la ciudad de Santo Domingo, en donde se encuentra ubicada la zona de estudio.

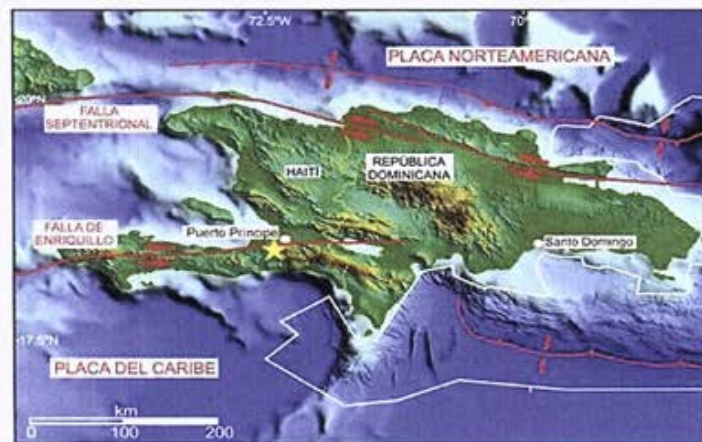


Figura 13. Principales fallas sísmicas isla La Hispaniola (Tomada de Llanes & Granja, 2011).

La zona de estudio está bajo riesgo si se llega a producir la ruptura tanto de la Trinchera de los muertos, como de la Fosa de la Hispaniola. Debido a esto y a la sismicidad histórica propia de la isla, la ciudad forma parte de la zona II de la zonificación encontrada en el reglamento R-001 (2011) de diseño sismo-resistente (Figura 14).

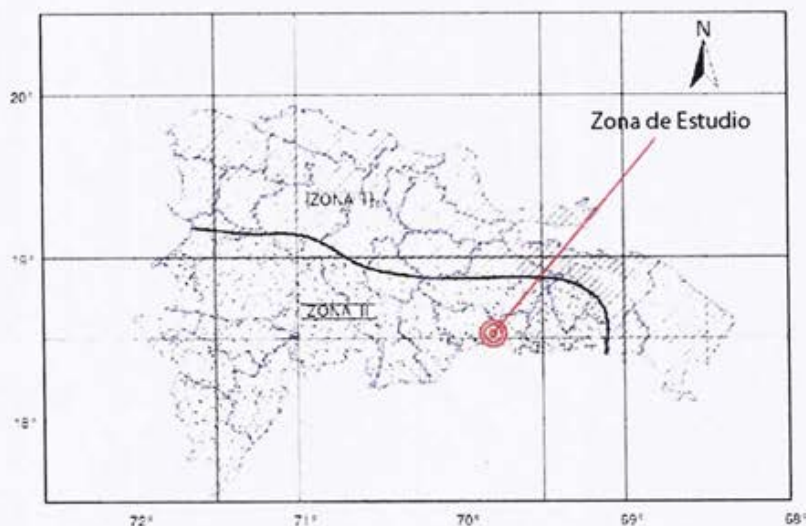


Figura 14. Mapa de zonación Sísmica. Tomado del R001(2011)

De acuerdo con la zonificación sísmica establecida en el Artículo 8 del R001 (descrito en el párrafo anterior), los valores de la aceleración espectral de referencia para periodos cortos (S_s) y para periodos largos (S_l) serán los indicados en la tabla siguiente:

Tabla 15. Valores de la aceleración espectral de referencia S_s y S_l

Zona	S_s	S_l
I	1.55 g	0.75 g
II	0.95 g	0.55 g

Es por lo que, a la zona de estudio le corresponde un valor de aceleración espectral para periodos cortos (S_s) = 0.95 g y una aceleración espectral para periodos largos (S_l) = 0.55 g.

3.10.1 Campo Cercano

De acuerdo con el R001, el campo cercano se define como los efectos sísmicos causados a estructuras localizadas a una distancia menor o igual a 5 kilómetros a ambos lados de la falla. En cuanto a localización del proyecto se pudo determinar que no existe hasta el momento una falla geológica en un radio de 5 km del proyecto (Figura 15).

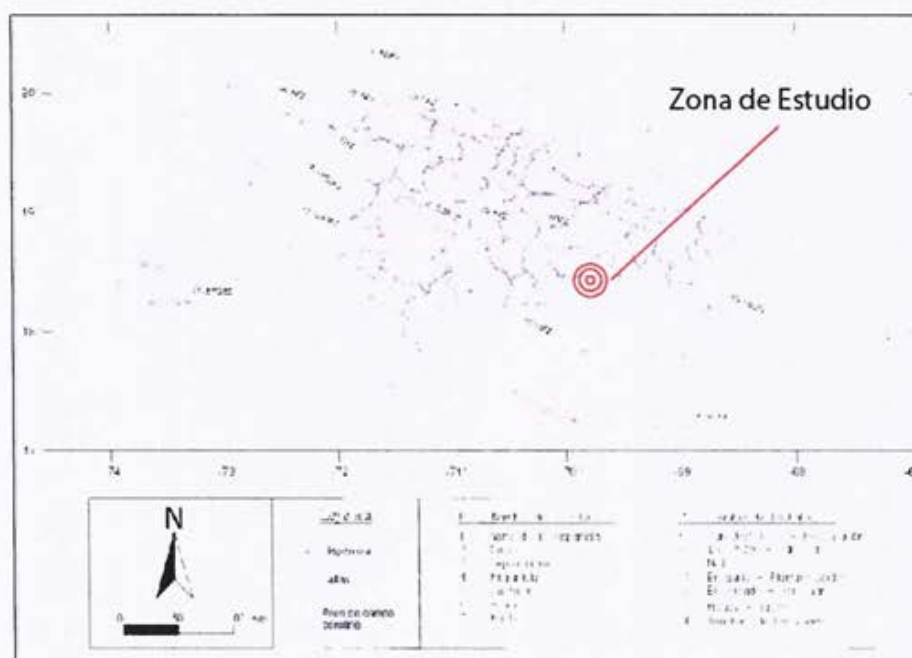


Figura 15. Mapa de campo cercano. Tomado del R001

3.10.2 Clasificación sísmica del suelo

En el presente informe se realizó el cálculo de la Velocidad Promedio de Ondas de Corte utilizando métodos de exploración sísmica (Ver Anexo V- Clasificación sísmica del suelo)

3.10.2 Potencial Licuable

La caracterización de la zona en estudio, en términos de su geología superficial, así como sus características hidrogeológicas, acompañadas con la amenaza sísmica del emplazamiento, da indicios iniciales de características con susceptibilidad a licuación.

Cuando se agrega la información local, se evidencia la combinación de factores físicos, escorrentía superficial de agua, franja en profundidad de suelo compuesto por partículas tamaño limo de baja plasticidad, con baja compacidad y bajas velocidades de onda de corte. A este respecto, a continuación, se analizan comparativamente, en función del número de golpes, de las velocidades de onda de corte (V_s), así como la amenaza sísmica en función de la aceleración máxima del suelo en el sitio (PGA), las potencialidades de licuefacción según cada combinación de los parámetros mencionados.

En la figura 16a se muestra que los estratos, con las características encontradas, con V_s mayores de 200 m/s, y número de golpes menores de 30, expuestos a un evento sísmico de 7.5 magnitud momento, no son susceptibles a licuación. Además, la figura 16b evidencia que

para suelos con V_s mayores de 200 m/s, se indica que el suelo no es susceptible de licuefacción, para PGA que son mayores de 0.30g.

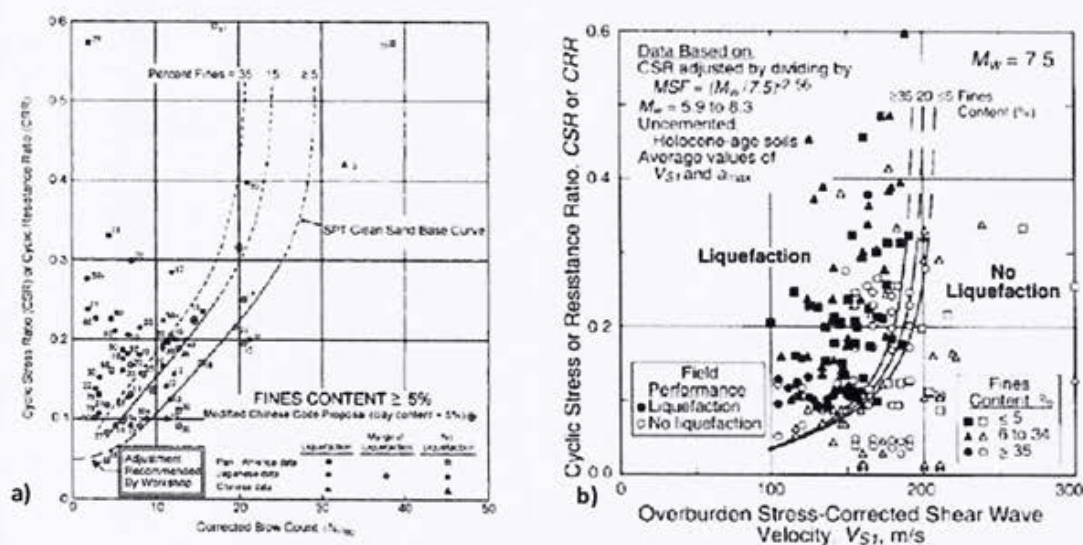


Figura 16. Potencial Licuable en correlación con el PGA y la V_s . Tomado de Youd e Idriss, (1997).



Figura 17. Potencial Licuable en correlación con el PGA y la V_s . Tomado de Holzer et al., 1988

Aun cuando la consideración de la magnitud del evento de las referencias anteriores, planteada de manera determinista, son más desfavorables, ya que exceden el sismo de diseño probable en la ciudad de San Cristóbal, esto a juzgar por los resultados de los estudios de amenaza del Gran Santo Domingo y la Ciudad de Santiago; y que además el PGA para el sismo de diseño, asociado con una amenaza de 10% en 50 años, es de 0.25g; se asumirá la condición susceptibilidad de licuefacción hasta una profundidad de 23 m, tomando en cuenta la cantidad de golpes menores y velocidades de corte, que de acuerdo con el perfil 2D de velocidades, en la figura 11 del Anexo V, éstas se mantienen por debajo de dicho valor de velocidad, hasta los 30 m.

Adicionalmente a este análisis cualitativo de potencial de licuefacción, también se realizó un análisis cuantitativo en base a la velocidad de onda de corte fundamentado en las publicaciones de Tokimatsu et al (1991), quien propuso un procedimiento para evaluar la resistencia a la licuefacción utilizando el enfoque de esfuerzo desarrollado por Seed et al. (1971,1983,1985); confirmándose la clasificación de suelo no potencialmente licuable realizado mediante el procedimiento cualitativo (ver Anexo VII).

En este caso no es requerido un estudio de sitio para respuesta específica, como lo señala el R-001; ya que el período de las obras de infraestructuras de las instalaciones eléctricas está conforme con lo establecido en el artículo 20.3.1 del código ASCE 7.

4. DESCRIPCION PROCEDIMENTAL Y RESULTADOS

Valores preliminares

4.1 Descripción Metodológica

Inicialmente, a partir de los datos cualitativos extraídos de la descripción en campo, así como de los datos cuantitativos obtenidos con el ensayo SPT y los resultados preliminares de límites de Atterberg; se procedió a determinar parámetros y recomendaciones de manera preliminar que sirvieran como datos de partida para el prediseño de la estructura.

Con antelación se realizó una tabla resumen de todos los datos útiles, como se muestra en los encabezados, para la determinación de los parámetros de resistencia asociados a cada estrato y tipo de suelo.

Sondeo	Estrato	Espesor (m)	N-SPT	Descripción	Consistencia/compacidad
--------	---------	-------------	-------	-------------	-------------------------

Utilizando las referencias que se presentan más abajo, a continuación, se procedió a determinar las propiedades que se incluyen en el siguiente encabezado:

Peso Específico Saturado (gr/cm^3)	Ángulo de fricción no confinado	U_c (kPa)	E (kg/cm^2)
--	---------------------------------	-------------	---------------------------------

1. Se contrastaron los resultados de las Investigaciones de Crespo-Villalaz (2004), en determinación el ángulo de fricción (ϕ) y el módulo de rigidez (E) en arenas de acuerdo con la Tabla 18:

Tabla 16. Relación entre N_{spt} , el ángulo de fricción (ϕ) y el módulo de rigidez (E). Tomada de Crespo-Villalaz (2004)

N	En arenas		ϕ Ángulo de fricción interna	E (kg/cm ²)
	Descripción	Compacidad relativa		
0-4	Muy floja	0-15%	28°	100
5-10	Floja	16-35%	28°-30°	100-250
11-30	Media	36-65%	30°-36°	250-500
31-50	Densa	66-85%	36°-41°	500-1000
>50	Muy densa	86-100%	>41°	>1000

Además, se identificaron las propiedades (Tabla 4-2) de los suelos de acuerdo con la publicación de Casagrande (1948):

2. A partir de la tabla resumen, en base a referencias de Casagrande (1948) y ACI (1992); se extrajo una tabla de propiedades promedio y se determinó estadísticamente el espesor representativo de cada estrato, para la posterior cuantificación de la capacidad soporte y el asentamiento total (preliminares) asociado a los asentamientos elástico y por consolidación, respectivamente.

Los encabezados de esta tabla de propiedades promedio son:

Estrato	Espesor (m)	N-SPT	Descripción	Consistencia/compacidad	Peso Específico Efectivo (g/cm ³)
---------	-------------	-------	-------------	-------------------------	---

Ángulo de fricción	Cohesión (kg/cm ²)	Uc (kg/cm ²)	E(kg/cm ²)	Relación de Poisson	Relación de vacíos
--------------------	--------------------------------	--------------------------	------------------------	---------------------	--------------------

Además, se incluyeron otras propiedades necesarias para el cálculo de los asentamientos elásticos, basado en Casagrande (1948).

Tabla 17. Propiedades (Módulo de Young y Relación de Poisson) para suelos.

Material	Módulo de Young-E (Mpa)	Razón de Poisson (v)
Arcilla suave	2-4	
Arcilla firme a dura	4-8	0.40-0.50
Arcilla muy dura	8-20	
Limo	8-20	0.30-0.35
Arena fina suelta	8-12	
Arena fina medio densa	12-20	0.25
Arena fina densa	20-30	
Arena suelta	10-30	0.20-0.35
Arena medio densa	30-50	
Arena densa	50-80	0.30-0.40
Grava suelta	30-80	
Grava medio densa	80-100	
Grava densa	100-200	

y contrastado Braja M. Das (1983):

Tabla 18. Relación de vacíos, contenido de agua y peso específico seco, típicos para algunos suelos.

Tipo de suelo	Relación de vacíos	Contenido de agua natural en condición saturada (%)	Peso específico seco, γ_d	
			Lb/pe ³	Kn/m ³
Arena uniforme suelta	0.8	30	92	14.5
Arena uniforme densa	0.45	16	115	18
Arena limosa suelta de grano anguloso	0.65	25	102	16
Arena limosa densa de grano anguloso	0.4	15	120	19
Arcilla dura	0.6	21	108	17
Arcilla suave	0.9-1.4	30-50	73-92	11.5-14.5
Loes	0.9	25	86	13.5
Arcilla orgánica suave	2.5-3.2	90-120	38-51	6-8
Morrena Glacial	0.3	10	134	21

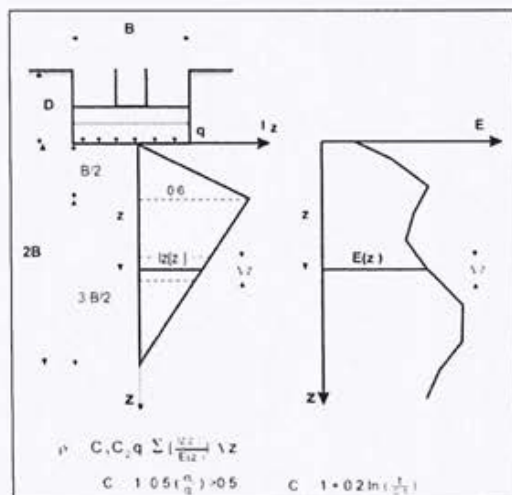


Figura 18. Determinación de asentamientos

Conforme a los resultados de los ensayos y el número de golpes obtenido para el primer y segundo estrato, el potencial de expansión para el suelo es bajo, conforme con las referencias: Chen (1988), US. Army Corps of Engineers (1983) y Nelson y Miller (1992).

Tabla 19. Resumen de tipos de Capacidad soporte vs. las propiedades del suelo

Potencial de Expansión	Muy baja	Baja	Mediana	Alta	Muy Alta
Índice de Plasticidad, PI	0-10	10-15	15-25	25-35	>35
Límite Líquido, LL	< 30		30-40	40-60	>60
Relación Contenido de Humedad Límite Líquido	< 0.5		0.5-0.4	0.4-0.3	< 0.3
Resistencia a la Penetración Estándar (N golpes/0.30 m)	< 10		10-20	20-30	>30

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El terreno estudiado presenta unas características particulares, a partir de las cuales, junto a las observaciones de campo, los perfiles obtenidos de los sondeos (Anexo XI), el análisis de las muestras obtenidas (Anexo II) y mediante las memorias de cálculos (Anexo III), se puede deducir lo siguiente:

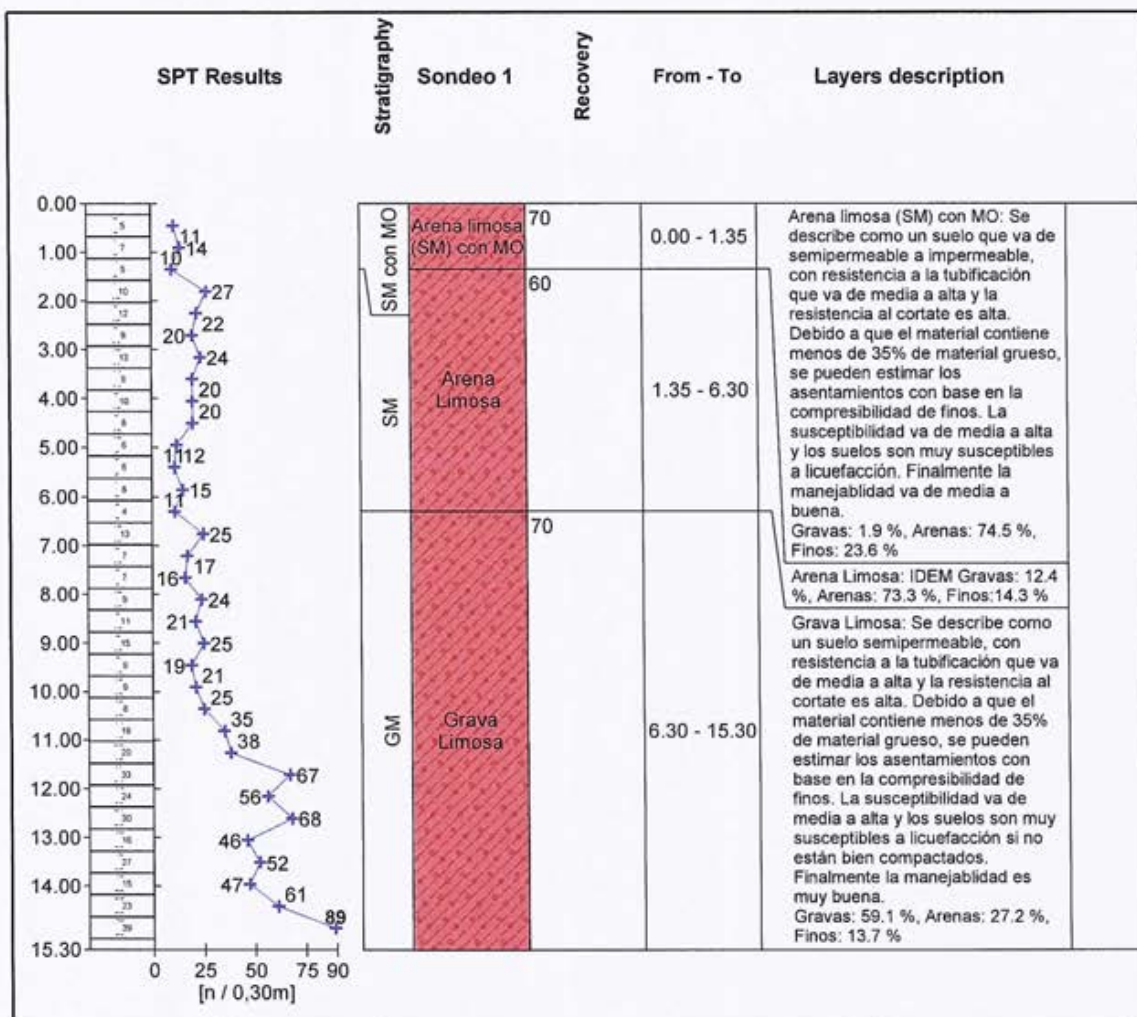
1. Debe removerse toda la capa vegetal y cualquier material antrópico del emplazamiento de la fundación de la estructura.
2. **Utilizar una capacidad soporte de 2.0 kg/cm^2 y un módulo de reacción de 2.4 Kg/cm^3 para zapata aislada y zapata corrida para una profundidad de desplante mínima de 1.20 metros. Para losa de fundación utilizar una capacidad soporte de 2.5 kg/cm^2 y un módulo de reacción de 3.0 kg/cm^3 , considerando una profundidad mínima de desplante de 0.30 metros.**
3. Se recomienda utilizar zapatas arriostradas en dos direcciones a una profundidad de desplante mínima de 1.20 metros, toda vez que el sistema estructural de la superestructura sea en base a pórticos. Si dicho sistema estructural está realizado con muros se puede prescindir del uso de Vigas arriostrada.
4. Si se escoge losa de fundación puede fundarse directamente encajonando la losa en el terreno, después de haber realizado el mejoramiento de 1.40 metros. Para dicho mejoramiento, se recomienda la colocación de una capa de material granular competente (A la AASHTO 1993) de 1.40 metros, compactado por capas de no más de 20 cm, con un nivel de compactación del 100% del Proctor Modificado de dicho material (ver anexo IX).
5. El relleno compactado debe cumplir con las condiciones granulométricas establecidas en el anexo IX. Para fines de diseño se establece una capacidad soporte de 2 kg/cm^2 y un módulo de reacción de 2.4 Kg/cm^3 .
6. El relleno de material granular competente, de 1.40 metros, debe tener un nivel de compactación del 100% del Proctor Modificado de dicho material, cuyo nivel de densidad relativa tendrá que ser verificado en campo mediante un control de compactación in situ, como se indica en el anexo VIII.
7. La construcción de las cimentaciones se llevará a cabo en dos fases. En la primera de ellas se excavará, encofrará y hormigonará hasta la cota del nivel de terreno explanado, dejando embebidos los pernos de anclaje, a los que se atornillarán los soportes metálicos de los diferentes aparatos. También en esa primera fase, y en aquellas cimentaciones que así lo requieran, se dejarán instalados los tubos previstos para el paso de cables eléctricos y del cable de puesta a tierra, según la cantidad y calidad indicadas en los planos constructivos. En la segunda fase de hormigonado, se alcanzará la cota de coronación. El diseñador estructural deberá velar por determinar los efectos en la resistencia debido de la presencia de tuberías instaladas internamente en las zapatas.

8. Aunque el potencial de expansión del suelo es bajo, se recomienda control de la humedad y socavación del suelo circundante de las zapatas (Tabla 19).
9. La clasificación sísmica, realizada en la zona de estudio, ofreció valores de V_{s30} comprendidos en un rango entre 360 y 760 m/s, por lo que se determina que la clasificación sísmica de sitio para la zona de estudio es un tipo de suelo C (suelo denso) (R001, 2011).
10. A la zona de estudio le corresponde un valor de aceleración espectral para periodos cortos (S_s) = 0.95 g y una aceleración espectral para periodos largos (S_1) = 0.55 g. En su defecto el diseñador estructural tiene la opción de utilizar las pseudoaceleraciones de: Mapa de isoaceleraciones espectrales S_s para un 10% de Probabilidad de ser excedida en 50 años (Mapa no. 4) y el mapa de isoaceleraciones espectrales S_s para un 2% de Probabilidad de ser excedida en 50 años (Mapa no.5) del R001.
11. El riesgo de resonancia es bajo (frecuencia teórica del suelo similar a la frecuencia de las obras de infraestructura propuestas) en la zona de estudio (Anexo V). En todo caso, siempre se verificará que, para el emplazamiento en cuestión con un periodo fundamental de 3 segundos, las infraestructuras construidas sobre este no deberán alcanzar un periodo de vibración similar.
12. El diseñador estructural deberá prever una transmisión uniforme de la carga de tal manera que se eviten distorsiones estructurales durante la vida útil de la infraestructura que excedan las distorsiones estructurales reglamentarias, establecidas en el R-024.
13. Basados en los ensayos geofísicos de resistividad eléctrica realizados en la zona de estudio fue posible clasificar la agresividad corrosiva de los suelos como Moderada (de 100 a 200 Ohm.m) (Anexo VI). Por otra parte, los ensayos con GPR permitieron identificar que no hay cavernas en los primeros 6 metros de profundidad del emplazamiento (Anexo VII).
14. En circunstancias normales la excavación se mantendrá abierta el mínimo tiempo posible, para evitar la alteración de la capa de apoyo.
15. No deberán colocarse tuberías en el relleno que soporte directamente las zapatas.
16. Se determinó que el potencial de licuefacción es bajo siempre que se mantenga control sobre las escorrentías superficiales (Anexo VIII).
17. Tomar medidas de control de aguas lluvias, potable y residual; evitando escorrentías frecuentes en el emplazamiento que contribuyan con el socavamiento del suelo de fundación.
18. Se recomienda realizar un estudio hidrológico en la zona de estudio, ya que durante las campañas de exploración se identificó un pequeño cauce natural durante la ocurrencia de una lluvia moderada, lo cual coincide con la descripción de la carta geológica del emplazamiento. Este estudio debe recomendar las obra de protección y desvío pluvial.

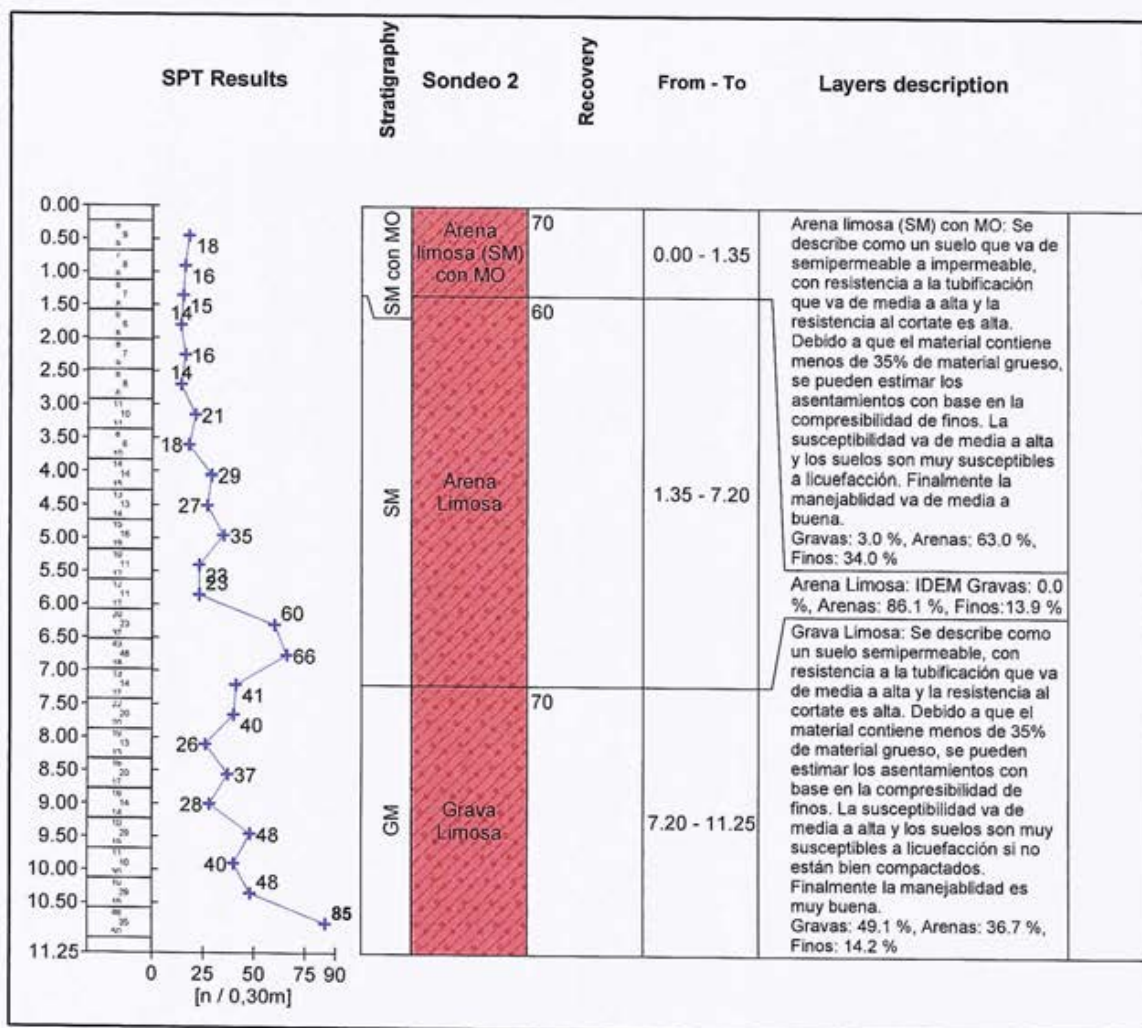
19. Evitar la siembra de árboles de raíces potentes en las proximidades de la construcción, localizándolas a más de 4 metros de la cimentación.
20. Si durante la ejecución de la excavación y cimentación, se detectara alguna anomalía o diferencia entre el terreno excavado y los resultados obtenidos en el reconocimiento geotécnico, se deberá informar al consultor geotécnico para evaluar su importancia.

ANEXO I. Fichas Técnicas del Proyecto Subestación Granitos Bojos, S.C.

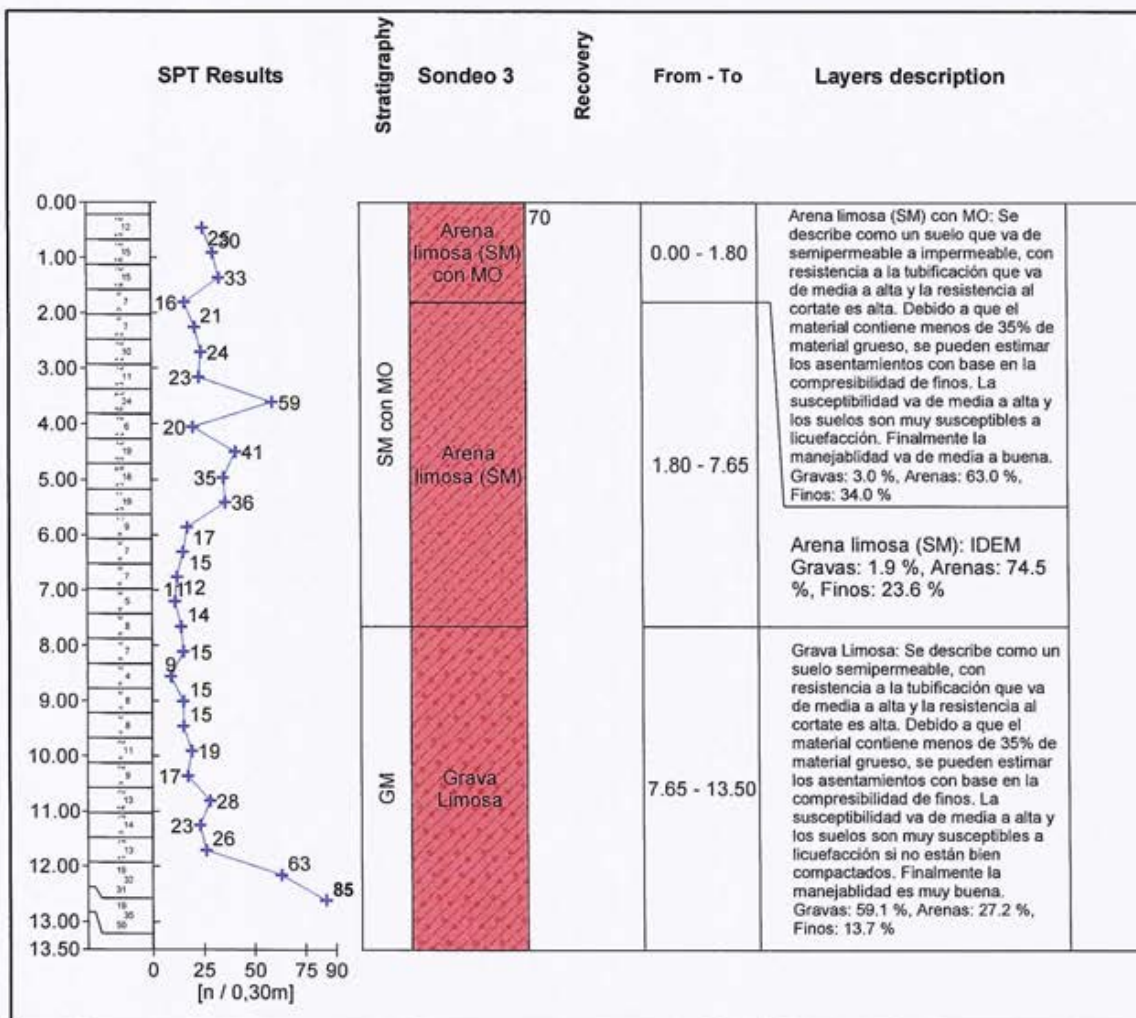
BOZZ Av. Independencia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 1	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment: Acker montada sobre un camión			
Location: Bajos de Haina, San Cristobal				Method of drilling: Percusión			
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth: 15.30 m		Coordinate X: 391095.00	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate Y: 2035701.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:130		GWT steady:		Coordinate Z:	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size: 1.5 metros			
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight: 63.50 kg		Drop: 0.76 m	



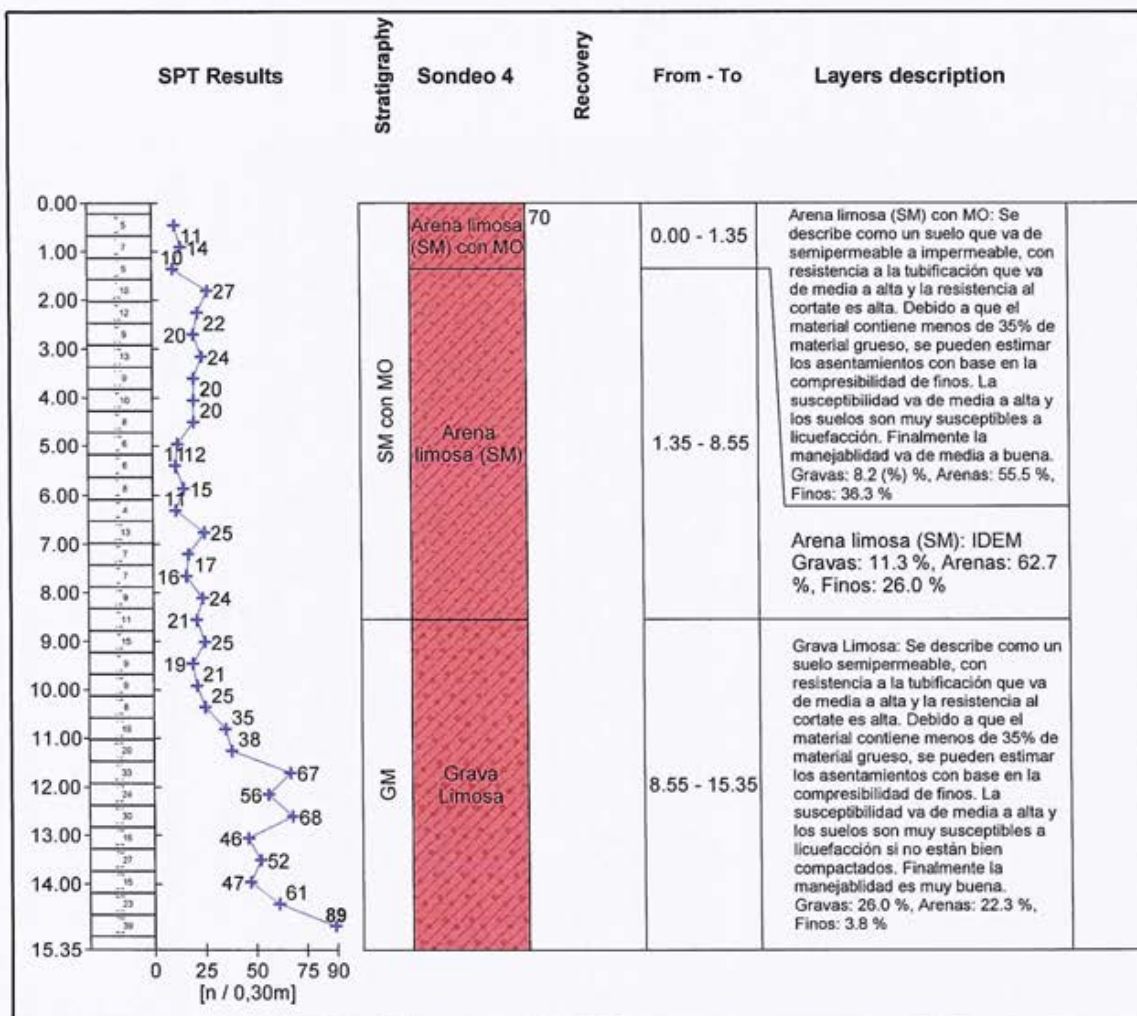
BOZZ Av. Independencia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 2	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment: Acker montada sobre un camión			
Location: Bajos de Haina, San Cristobal		Method of drilling: Percusión					
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth: 11.25 m		Coordinate X: 391111.00	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate Y: 2035704.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:95.6		GWT steady:		Coordinate Z:	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size: 1.5 metros			
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight: 63.50 kg		Drop: 0.76 m	



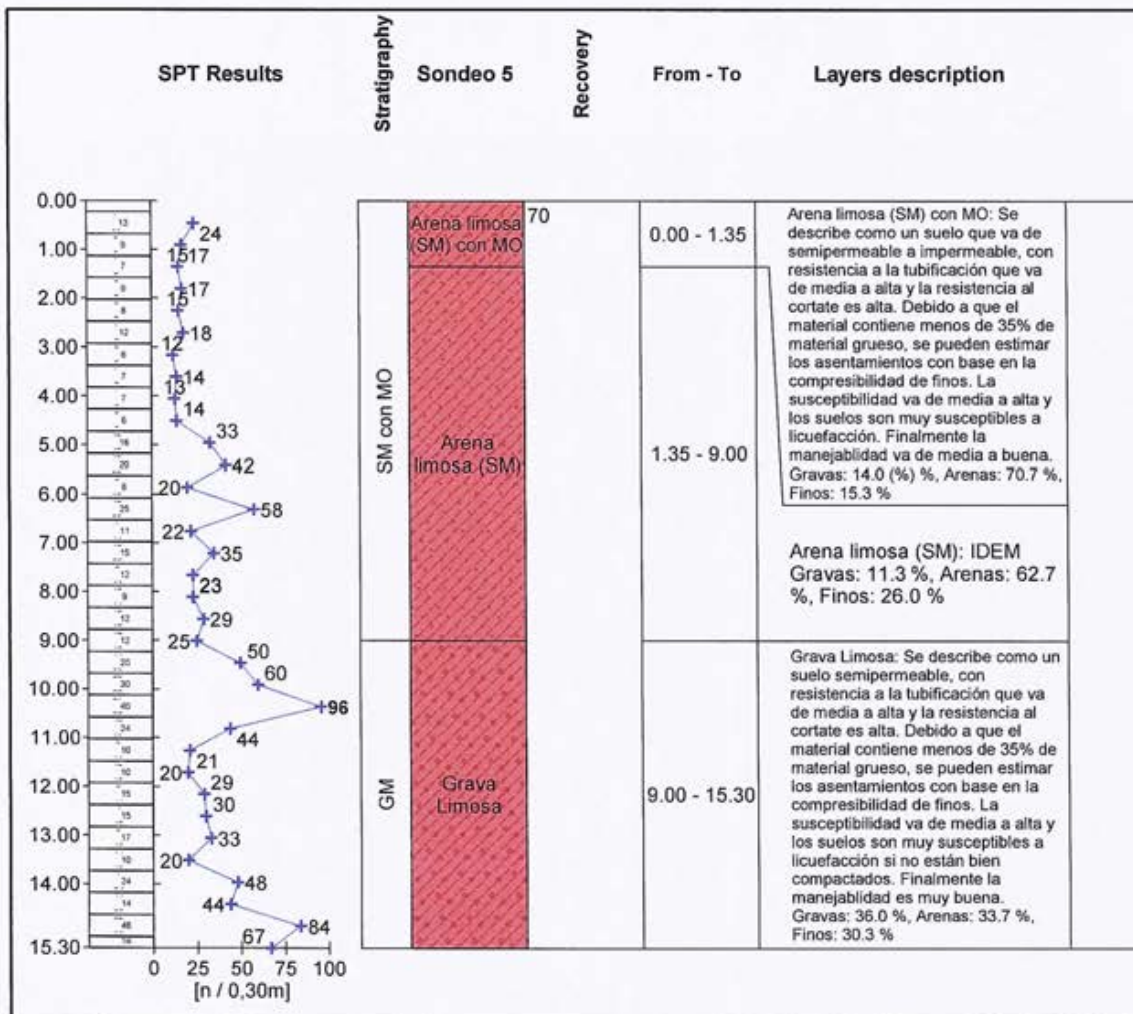
BOZZ Av. Independecia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 3	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment:		Acker montada sobre un camión	
Location: Bajos de Haina, San Critobal				Method of drilling:		Percusión	
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth:		13.50 m	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate X: 391115.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:114.7		GWT steady:		Coordinate Y: 2035697.00	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size:		1.5 metros	
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight:		63.50 kg	
				Drop:		0.76 m	



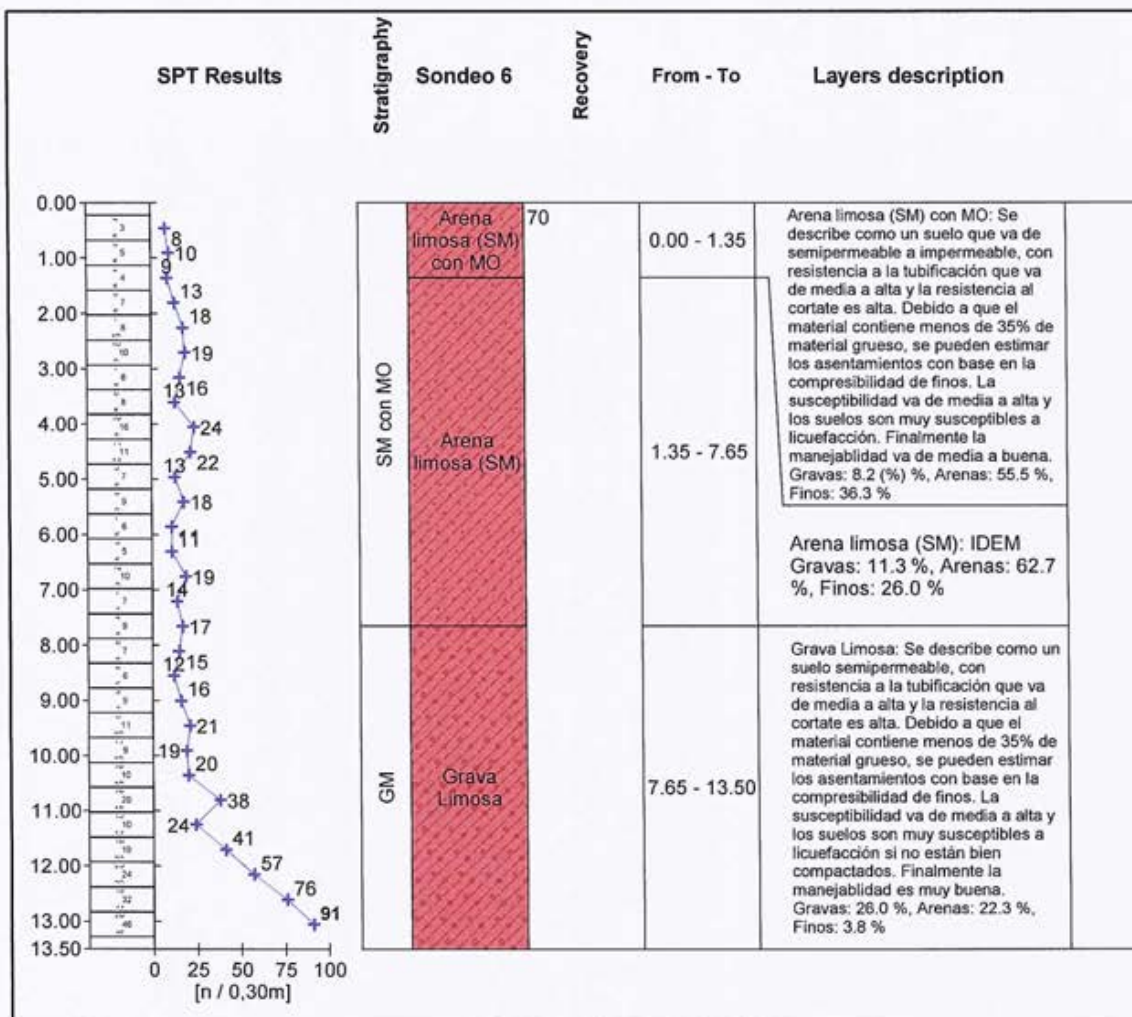
BOZZ Av. Independecia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 4	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment: Acker montada sobre un camión			
Location: Bajos de Haina, San Critobal				Method of drilling: Percusión			
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth: 15.35 m		Coordinate X: 391078.00	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate Y: 2035704.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:130.4		GWT steady:		Coordinate Z:	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size: 1.5 metros			
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight: 63.50 kg		Drop: 0.76 m	



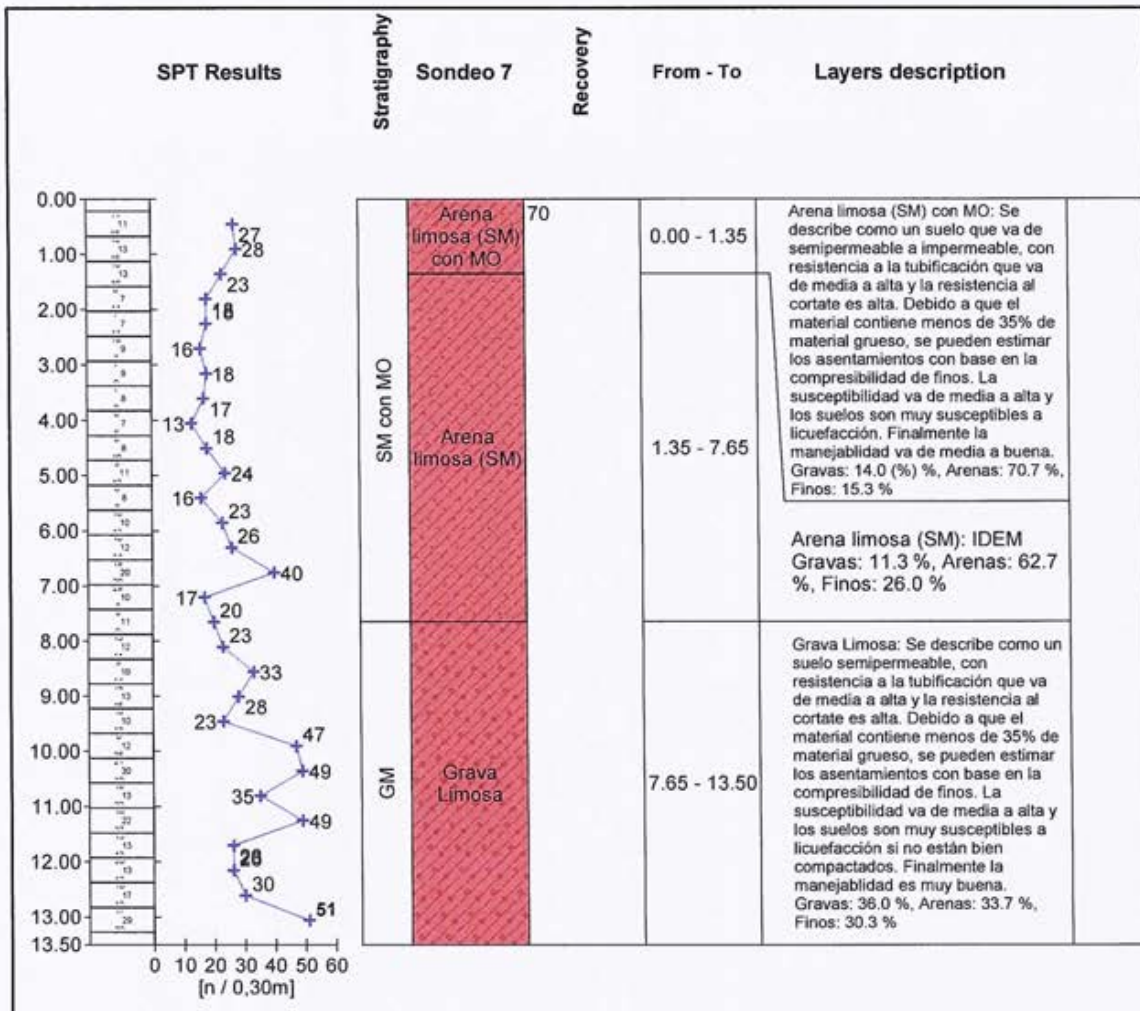
BOZZ Av. Independecia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 5	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment: Acker montada sobre un camión			
Location: Bajos de Haina, San Critobal				Method of drilling: Percusión			
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth: 15.30 m		Coordinate X: 391069.00	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate Y: 2035696.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:130		GWT steady:		Coordinate Z:	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size: 1.5 metros			
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight: 63.50 kg		Drop: 0.76 m	



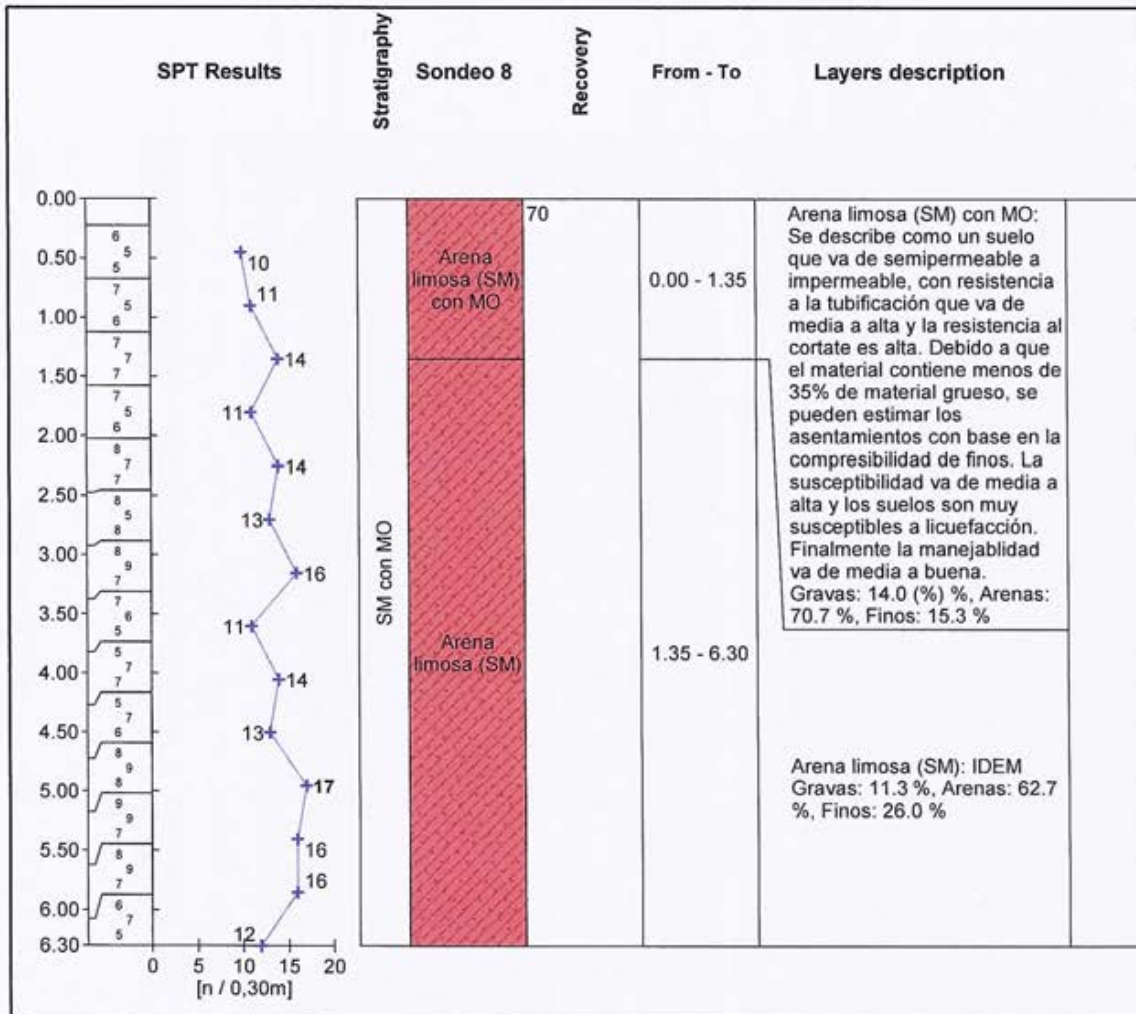
BOZZ Av. Independecia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 6	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment: Acker montada sobre un camión			
Location: Bajos de Haina, San Critobal				Method of drilling: Percusión			
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth: 13.50 m		Coordinate X: 391084.00	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate Y: 2035686.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:114.7		GWT steady:		Coordinate Z:	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size: 1.5 metros			
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight: 63.50 kg		Drop: 0.76 m	



BOZZ Av. Independecia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 7	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment:		Acker montada sobre un camión	
Location: Bajos de Haina, San Critobal				Method of drilling:		Percusión	
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth:		13.50 m	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate X: 391103.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:114.7		GWT steady:		Coordinate Y: 2035716.00	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size:		1.5 metros	
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight:		63.50 kg	
				Drop:		0.76 m	



BOZZ Av. Independecia #304, Santo Domingo,		Bozzetto		Standard penetration test (SPT)		Sondeo 8	
Project: Proyecto Subestacion Bojos Granito							
Project ID: 001		Annex no.: 1		Drilling equipment:		Acker montada sobre un camión	
Location: Bajos de Haina, San Critobal				Method of drilling:		Percusión	
Foreman:		Date start: 7/2/2022		Overall depth:		6.30 m	
Operator: Operador Ramón		Date end: 7/2/2022		GWT bored:		Coordinate X: 391087.00	
Documented: Julio Mundaray		Scale: 1:53.5		GWT steady:		Coordinate Y: 2035712.00	
Processed: J. Pérez				Bit - type, size:		1.5 metros	
Drilling:				Casing:			
Sampler: Toma Muestra Partido		Sampler hammer:		Weight:		63.50 kg	
				Drop:		0.76 m	



ANEXO II. Ensayos de laboratorio a muestras tomadas en campo



Ensayos de laboratorios

Límites de Atterberg (ASTM D4318)	Contenido de humedad (ASTM D2216)
Granulometría de los materiales (ASTM D 6913)	Clasificación de los materiales de acuerdo con el sistema unificado suelos (SUCS) (ASTM D2487)

Revisado y supervisado por:

Dr. Jaruselsky Pérez Cuevas
Codia: 26626




Ing. Julio Leonardo Amin Mundaray Bautista.
Codia: 41590

Por petición de EDESUR DOMINICANA, se han llevado a cabo las exploraciones y los ensayos de laboratorio con el objetivo de determinar la capacidad portante del suelo, el módulo de reacción y los asentamientos máximos en el emplazamiento del Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C. A continuación, se presentan los análisis llevados a cabo, por el laboratorio Bozzetto SRL, a las muestras extraídas en dicho proyecto, el cual se encuentra ubicado Bajos de Haina, San Cristóbal.

Los análisis a las muestras, las cuales se describen brevemente en el apartado de Trabajos de Campo y Ensayos realizados (páginas 8-10) fueron las siguientes:

1. Clasificación de los materiales de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (ASTM D2487)
2. Límites de Atterberg (ASTM D-4318; D-4319)
3. Granulometría de los materiales (ASTM D 6913)
4. Contenido de Agua (Humedad) (ASTM D-2216)

LABORATORIO DE MATERIALES																																
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																																
	Fecha:	11-Feb-22																														
	Cliente:	EDESUR																														
	Proyecto:	Subestación Granito																														
	Dirección:	San Cristobal																														
	Procedencia:	S1 (M1)																														
	Material:	Arena limosa SM																														
	Uso:	Estudio Geotécnico																														
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Grava</td> <td style="text-align: center;">1.9</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Arena</td> <td style="text-align: center;">74.5</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Finos</td> <td style="text-align: center;">23.6</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Limite Liquido</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Limite Plastico</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Indice de Plasticidad</td> <td style="text-align: center;">N. P.</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="text-align: center;">(Kg/m³)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	1.9	(%)	Arena	74.5	(%)	Finos	23.6	(%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	-	(%)	Limite Plastico	-	(%)	Indice de Plasticidad	N. P.	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m ³)	Humedad Optima			
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																																
Grava	1.9	(%)																														
Arena	74.5	(%)																														
Finos	23.6	(%)																														
LIMITES DE CONSISTENCIA																																
Limite Liquido	-	(%)																														
Limite Plastico	-	(%)																														
Indice de Plasticidad	N. P.	(%)																														
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																																
Densidad Maxima Seca	(Kg/m ³)																															
Humedad Optima																																
CLASIFICACION DE MATERIAL	AASHTO	A-2-4 Grava y arena limosa o arcillosa																														
	S.U.C.S.	Arena limosa SM																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td style="width: 60%;">Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias																												
Preparado por:	Ing. Edili Arias																															

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 40%;">No. 1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="2">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="2">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="2">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="2">SI (MI)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="2">Arena limosa SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="2">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>				Fecha:	11-Feb-22	No. 1322-A	Cliente:	EDESUR		Proyecto:	Subestación Granito		Dirección:	San Cristobal		Procedencia:	SI (MI)		Material:	Arena limosa SM		Uso:	Estudio Geotécnico	
Fecha:	11-Feb-22	No. 1322-A																						
Cliente:	EDESUR																							
Proyecto:	Subestación Granito																							
Dirección:	San Cristobal																							
Procedencia:	SI (MI)																							
Material:	Arena limosa SM																							
Uso:	Estudio Geotécnico																							
LABORATORIO DE MATERIALES																								
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)																								
Muestra no. 1																								
		Peso seco (gr): 1020.06																						
Tamiz	Tamiz (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje																					
No.			Retenido, Acum. Retenido, Pasante																					
3 1/2"																								
3"	75.00		0.00 0.00 100.00																					
2 1/2"	63.00		0.00 0.00 100.00																					
2"	50.00		0.00 0.00 100.00																					
1 1/2"	37.50		0.00 0.00 100.00																					
1"	25.00		0.00 0.00 100.00																					
3/4"	19.00		0.00 0.00 100.00																					
1/2"	12.50		0.00 0.00 100.00																					
3/8"	9.50	2.4	0.23 0.23 99.77																					
No. 4	4.75	17.5	1.71 1.95 98.05																					
No. 10	2.00	34.7	3.40 5.35 94.65																					
No. 20	0.85	84.4	8.28 13.63 86.37																					
No. 40	0.43	314.4	30.82 44.45 55.55																					
No. 60	0.25	252.3	24.73 69.18 30.82																					
No. 100	0.15	40.0	3.93 73.11 26.89																					
No. 200	0.075	33.7	3.31 76.42 23.58																					
Pan																								

CURVA GRANULOMETRICA

Díámetro de granos (mm)

— Curva del Material

← Tamices

100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

100 10 1 0.1 0.01

Porcentaje retenido

RESUMEN DEL ENSAYO			
Porcentaje de grava	1.9	Clasificación	
Porcentaje de arena	74.5		AASHTO A-2-4 Grava y arena limosa o arcillosa
Porcentaje de finos	23.6		S.U.C.S. Arena limosa SM
D10			
D30			
D60		Observaciones:	
Cu			
Cc			

Preparado por:
Ing. Edili Arias

Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B
Cliente:	EDESUR		
Proyecto:	Subestación Granito		
Dirección:	San Cristobal		
Procedencia:	S1 (M1)		
Material:	Arena limosa SM		
Uso:	Estudio Geotécnico		

LABORATORIO DE MATERIALES						
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)						

Límite Líquido (LL)						
Número de Ensayo	1	2	3	4	5	
A) Número de Golpes	0	0	0	0	0	
B) Número del recipiente	0	0	0	0	0	
C) Peso recipiente	0	0	0	0	0	
D) Peso del recip. + suelo húmedo	0	0	0	0	0	
E) Peso del recip. + suelo seco	0	0	0	0	0	
F) Peso agua (D-E)	0	0	0	0	0	
G) Peso suelo seco (E-C)	0	0	0	0	0	
H) Contenido de Humedad (F/G) %	0	0	0	0	0	

Límite Plástico (LP)						
Número de Ensayo	1	2	3	4	5	
A) Número del recipiente	0	0	0			
B) Peso recipiente	0	0	0			
C) Peso del recip. + suelo húmedo	0	0	0			
D) Peso del recip. + suelo seco	0	0	0			
E) Peso agua (C-D)	0	0	0			
F) Peso suelo seco (D-B)	0	0	0			
G) Contenido de Humedad (E/F) %	0	0	0			

Curva de Flujo

Humedad a 25 golpes: -

Resumen del Ensayo	
Límite líquido (%)	-
Límite plástico (%)	-
Índice de plasticidad (%)	N. P.

Preparado por:	Ing. Edili Arias
-----------------------	------------------

LABORATORIO DE MATERIALES																															
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																															
	Fecha:	11-Feb-22																													
	Cliente:	EDESUR																													
	Proyecto:	Subestación Granito																													
	Dirección:	San Cristobal																													
	Procedencia:	SI (M2)																													
	Material:	Arena limosa SM																													
	Uso:	Estudio Geotécnico																													
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Grava</td> <td style="width: 30%;">12.4</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>73.3</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Finos</td> <td>14.3</td> <td>(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Limite Liquido</td> <td style="width: 30%;">-</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td>-</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td>N. P.</td> <td>(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="width: 60%;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="width: 40%;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td>Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	12.4	(%)	Arena	73.3	(%)	Finos	14.3	(%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	-	(%)	Limite Plastico	-	(%)	Indice de Plasticidad	N. P.	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima		
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																															
Grava	12.4	(%)																													
Arena	73.3	(%)																													
Finos	14.3	(%)																													
LIMITES DE CONSISTENCIA																															
Limite Liquido	-	(%)																													
Limite Plastico	-	(%)																													
Indice de Plasticidad	N. P.	(%)																													
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																															
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																														
Humedad Optima																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 70%;">AASHTO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S.U.C.S.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Arena limosa SM</td> </tr> </table>	CLASIFICACION DE MATERIAL			AASHTO		A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena		S.U.C.S.		Arena limosa SM																					
CLASIFICACION DE MATERIAL																															
	AASHTO																														
	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																														
	S.U.C.S.																														
	Arena limosa SM																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td style="width: 60%;">Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias																											
Preparado por:	Ing. Edili Arias																														

Fecha: 11-Feb-22 No. 1322-A Cliente: EDESUR Proyecto: Subestación Granito Dirección: San Cristobal Procedencia: S1 (M2) Material: Arena limosa SM Uso: Estudio Geotécnico			
LABORATORIO DE MATERIALES			
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)			
Muestra no. 1			
		Peso seco (gr): 505.92	
Tamiz No.	Tamaño Tamiz (mm)	Peso material retenido (g)	Porcentaje Retenido
3 1/2"			
3"	75.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00
2"	50.00	0.00	0.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00
1"	25.00	41.4	8.18
3/4"	19.00	0.0	0.00
1/2"	12.50	5.9	1.17
3/8"	9.50	9.1	1.80
No. 4	4.75	6.2	1.23
No. 10	2.00	5.8	1.15
No. 20	0.85	10.7	2.11
No. 40	0.43	244.7	48.37
No. 60	0.25	98.4	19.45
No. 100	0.15	8.0	1.58
No. 200	0.075	3.5	0.69
Pan			

CURVA GRANULOMETRICA

Porcentaje pasante vs Diámetro de granos (mm)

← Tamices

Porcentaje retenido

RESUMEN DEL ENSAYO			
Porcentaje de grava	12.4	Clasificación	AASHTO A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena S.U.C.S. Arena limosa SM
Porcentaje de arena	73.3		
Porcentaje de finos	14.3		
D10		Observaciones:	
D30			
D60			
Cu			
Cc			
Preparado por: Ing. Edili Arias			


		Fecha: 11-Feb-22 No. 1322-B Cliente: EDESUR Proyecto: Subestación Granito Dirección: San Cristobal Procedencia: S1 (M2) Material: Arena limosa SM Uso: Estudio Geotécnico			
LABORATORIO DE MATERIALES					
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)					
Límite Líquido (LL)					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
A) Número de Golpes	0	0	0	0	0
B) Número del recipiente	0	0	0	0	0
C) Peso recipiente	0	0	0	0	0
D) Peso del recip. + suelo húmedo	0	0	0	0	0
E) Peso del recip. + suelo seco	0	0	0	0	0
F) Peso agua (D-E)	0	0	0	0	0
G) Peso suelo seco (E-C)	0	0	0	0	0
H) Contenido de Humedad (F/G) %	0	0	0	0	0
Límite Plástico (LP)					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
A) Número del recipiente	0	0	0		
B) Peso recipiente	0	0	0		
C) Peso del recip. + suelo húmedo	0	0	0		
D) Peso del recip. + suelo seco	0	0	0		
E) Peso agua (C-D)	0	0	0		
F) Peso suelo seco (D-B)	0	0	0		
G) Contenido de Humedad (E/F) %	0	0	0		

Curva de Flujo

Resumen del Ensayo	
Límite líquido (%)	-
Límite plástico (%)	-
Índice de plasticidad (%)	N. P.

Humedad a 25 golpes: -

Preparado por: Ing. Edili Arias

LABORATORIO DE MATERIALES																															
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																															
	Fecha:	11-Feb-22																													
	Cliente:	EDESUR																													
	Proyecto:	Subestación Granito																													
	Dirección:	San Cristobal																													
	Procedencia:	S1 (M3)																													
	Material:	Grava limosa con arena GM																													
	Uso:	Estudio Geotécnico																													
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Grava</td> <td style="width: 30%;">59.1</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>27.2</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Finos</td> <td>13.7</td> <td>(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITE DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Limite Liquido</td> <td style="width: 30%;">27.4%</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td>23.5%</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td>3.9%</td> <td>(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="width: 60%;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="width: 40%;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td>Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	59.1	(%)	Arena	27.2	(%)	Finos	13.7	(%)	LIMITE DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	27.4%	(%)	Limite Plastico	23.5%	(%)	Indice de Plasticidad	3.9%	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima		
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																															
Grava	59.1	(%)																													
Arena	27.2	(%)																													
Finos	13.7	(%)																													
LIMITE DE CONSISTENCIA																															
Limite Liquido	27.4%	(%)																													
Limite Plastico	23.5%	(%)																													
Indice de Plasticidad	3.9%	(%)																													
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																															
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																														
Humedad Optima																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">AASHTO</td> <td style="width: 70%;">A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td>Grava limosa con arena GM</td> </tr> </table>	CLASIFICACION DE MATERIAL		AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																									
CLASIFICACION DE MATERIAL																															
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																														
S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td style="width: 60%;">Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias																											
Preparado por:	Ing. Edili Arias																														

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 10%;">No.</td> <td style="width: 30%;">1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">SJ (M3)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Grava limosa con arena GM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>				Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	SJ (M3)			Material:	Grava limosa con arena GM			Uso:	Estudio Geotécnico		
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A																												
Cliente:	EDESUR																														
Proyecto:	Subestación Granito																														
Dirección:	San Cristobal																														
Procedencia:	SJ (M3)																														
Material:	Grava limosa con arena GM																														
Uso:	Estudio Geotécnico																														
LABORATORIO DE MATERIALES																															
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)																															
Muestra no. 1																															
		Peso seco (gr): 1345.24																													
Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso mat. retenido (g)	Porcentaje Retenido Acum. Retenido Pasante																												
3 1/2"																															
3"	75.00		0.00 0.00 100.00																												
2 1/2"	63.00		0.00 0.00 100.00																												
2"	50.00		0.00 0.00 100.00																												
1 1/2"	37.50	77.5	5.76 5.76 94.24																												
1"	25.00	306.5	22.78 28.54 71.46																												
3/4"	19.00	65.5	4.87 33.41 66.59																												
1/2"	12.50	151.1	11.23 44.64 55.36																												
3/8"	9.50	81.7	6.07 50.71 49.29																												
No. 4	4.75	112.5	8.37 59.07 40.93																												
No. 10	2.00	91.8	6.82 65.90 34.10																												
No. 20	0.85	82.4	6.13 72.02 27.98																												
No. 40	0.43	63.0	4.68 76.71 23.29																												
No. 60	0.25	67.6	5.02 81.73 18.27																												
No. 100	0.15	31.3	2.33 84.06 15.94																												
No. 200	0.075	29.6	2.20 86.26 13.74																												
Pan																															

CURVA GRANULOMETRICA

Diámetro de granos (mm)

— Curva del Material

← Tamices

100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

100 10 1 0.1 0.01

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Porcentaje pasante

Porcentaje retenido

RESUMEN DEL ENSAYO			
Porcentaje de grava	59.1	Clasificación	
Porcentaje de arena	27.2		AASHTO S.U.C.S.
Porcentaje de finos	13.7		
D10			Grava limosa con arena GM
D30			
D60			
Cu		Observaciones:	
Cc			
Preparado por: Ing. Edili Arias			


	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 10%;">No.</td> <td style="width: 30%;">1322-B</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S1 (M3)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Grava limosa con arena GM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>	Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S1 (M3)			Material:	Grava limosa con arena GM			Uso:	Estudio Geotécnico		
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B																										
Cliente:	EDESUR																												
Proyecto:	Subestación Granito																												
Dirección:	San Cristobal																												
Procedencia:	S1 (M3)																												
Material:	Grava limosa con arena GM																												
Uso:	Estudio Geotécnico																												
LABORATORIO DE MATERIALES																													
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)																													
Límite Líquido (LL)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número de Golpes	34	24	17																										
B) Número del recipiente	4	754	753																										
C) Peso recipiente	11.36	8.31	8.79																										
D) Peso del recip. + suelo húmedo	25.68	25.36	23.60																										
E) Peso del recip. + suelo seco	22.78	21.74	20.19																										
F) Peso agua (D-E)	2.9	3.62	3.41																										
G) Peso suelo seco (E-C)	11.42	13.43	11.4																										
H) Contenido de Humedad (F/G) %	25.4%	27.0%	29.9%																										
Límite Plástico (LP)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número del recipiente	1	X																											
B) Peso recipiente	4.31	4.30																											
C) Peso del recip. + suelo húmedo	7.15	7.19																											
D) Peso del recip. + suelo seco	6.62	6.63																											
E) Peso agua (C-D)	0.53	0.56																											
F) Peso suelo seco (D-B)	2.31	2.33																											
G) Contenido de Humedad (E/F) %	22.9%	24.0%																											

Curva de Flujo

Humedad a 25 golpes: 27.4%

Resumen del Ensayo	
Límite líquido (%)	27.4%
Límite plástico (%)	23.5%
Índice de plasticidad (%)	3.9%

Preparado por:	Ing. Edili Arias
----------------	------------------

LABORATORIO DE MATERIALES																															
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																															
	Fecha:	11-Feb-22																													
	Cliente:	EDESUR																													
	Proyecto:	Subestación Granito																													
	Dirección:	San Cristobal																													
	Procedencia:	S2 (M1)																													
	Material:	Arena limosa SM																													
	Uso:	Estudio Geotécnico																													
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; padding: 2px;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Grava</td> <td style="padding: 2px;">3.0</td> <td style="padding: 2px;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Arena</td> <td style="padding: 2px;">63.0</td> <td style="padding: 2px;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Finos</td> <td style="padding: 2px;">34.0</td> <td style="padding: 2px;">(%)</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; padding: 2px;">LIMITE DE CONSISTENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Limite Liquido</td> <td style="padding: 2px;">23.3%</td> <td style="padding: 2px;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Limite Plastico</td> <td style="padding: 2px;">20.7%</td> <td style="padding: 2px;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Indice de Plasticidad</td> <td style="padding: 2px;">2.6%</td> <td style="padding: 2px;">(%)</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 2px;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="padding: 2px;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	3.0	(%)	Arena	63.0	(%)	Finos	34.0	(%)	LIMITE DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	23.3%	(%)	Limite Plastico	20.7%	(%)	Indice de Plasticidad	2.6%	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima		
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																															
Grava	3.0	(%)																													
Arena	63.0	(%)																													
Finos	34.0	(%)																													
LIMITE DE CONSISTENCIA																															
Limite Liquido	23.3%	(%)																													
Limite Plastico	20.7%	(%)																													
Indice de Plasticidad	2.6%	(%)																													
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																															
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																														
Humedad Optima																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 2px;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">AASHTO</td> <td style="padding: 2px;">A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">S.U.C.S.</td> <td style="padding: 2px;">Arena limosa SM</td> </tr> </tbody> </table>	CLASIFICACION DE MATERIAL		AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Arena limosa SM																									
CLASIFICACION DE MATERIAL																															
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																														
S.U.C.S.	Arena limosa SM																														
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias																											
Preparado por:	Ing. Edili Arias																														

Fecha: 11-Feb-22 No. 1322-A																																																																															
Cliente: EDESUR																																																																															
Proyecto: Subestación Granito																																																																															
Dirección: San Cristobal																																																																															
Procedencia: S2 (M1)																																																																															
Material: Arena limosa SM																																																																															
Uso: Estudio Geotécnico																																																																															
LABORATORIO DE MATERIALES ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Muestra no. 1</td> <td colspan="2">Peso seco (gr): 898.44</td> </tr> <tr> <th>Tamiz No.</th> <th>Tamiz (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>Porcentaje</th> </tr> <tr> <td>3 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>75.00</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>63.00</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50.00</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.50</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.00</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.00</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.50</td> <td>19.7</td> <td>2.19</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.50</td> <td>0.0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>No. 4</td> <td>4.75</td> <td>6.9</td> <td>0.77</td> </tr> <tr> <td>No. 10</td> <td>2.00</td> <td>11.8</td> <td>1.31</td> </tr> <tr> <td>No. 20</td> <td>0.85</td> <td>31.2</td> <td>3.47</td> </tr> <tr> <td>No. 40</td> <td>0.43</td> <td>146.3</td> <td>16.29</td> </tr> <tr> <td>No. 60</td> <td>0.25</td> <td>301.5</td> <td>33.56</td> </tr> <tr> <td>No. 100</td> <td>0.15</td> <td>40.0</td> <td>4.46</td> </tr> <tr> <td>No. 200</td> <td>0.075</td> <td>35.6</td> <td>3.96</td> </tr> <tr> <td>Pan</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Muestra no. 1		Peso seco (gr): 898.44		Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje	3 1/2"				3"	75.00		0.00	2 1/2"	63.00		0.00	2"	50.00		0.00	1 1/2"	37.50		0.00	1"	25.00		0.00	3/4"	19.00		0.00	1/2"	12.50	19.7	2.19	3/8"	9.50	0.0	0.00	No. 4	4.75	6.9	0.77	No. 10	2.00	11.8	1.31	No. 20	0.85	31.2	3.47	No. 40	0.43	146.3	16.29	No. 60	0.25	301.5	33.56	No. 100	0.15	40.0	4.46	No. 200	0.075	35.6	3.96	Pan			
Muestra no. 1		Peso seco (gr): 898.44																																																																													
Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje																																																																												
3 1/2"																																																																															
3"	75.00		0.00																																																																												
2 1/2"	63.00		0.00																																																																												
2"	50.00		0.00																																																																												
1 1/2"	37.50		0.00																																																																												
1"	25.00		0.00																																																																												
3/4"	19.00		0.00																																																																												
1/2"	12.50	19.7	2.19																																																																												
3/8"	9.50	0.0	0.00																																																																												
No. 4	4.75	6.9	0.77																																																																												
No. 10	2.00	11.8	1.31																																																																												
No. 20	0.85	31.2	3.47																																																																												
No. 40	0.43	146.3	16.29																																																																												
No. 60	0.25	301.5	33.56																																																																												
No. 100	0.15	40.0	4.46																																																																												
No. 200	0.075	35.6	3.96																																																																												
Pan																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">CURVA GRANULOMETRICA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>				CURVA GRANULOMETRICA																																																																											
CURVA GRANULOMETRICA																																																																															
RESUMEN DEL ENSAYO																																																																															
Porcentaje de grava	3.0	Clasificación	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																																																																											
Porcentaje de arena	63.0																																																																														
Porcentaje de finos	34.0																																																																														
D10																																																																															
D30																																																																															
D60																																																																															
Cu		Observaciones:																																																																													
Cc																																																																															
Preparado por: Ing. Edili Arias																																																																															

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Fecha:</td> <td style="width: 25%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 25%;">No.</td> <td style="width: 25%;">1322-B</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S2 (M1)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Arena lúnea SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>	Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S2 (M1)			Material:	Arena lúnea SM			Uso:	Estudio Geotécnico		
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B																										
Cliente:	EDESUR																												
Proyecto:	Subestación Granito																												
Dirección:	San Cristobal																												
Procedencia:	S2 (M1)																												
Material:	Arena lúnea SM																												
Uso:	Estudio Geotécnico																												
LABORATORIO DE MATERIALES																													
ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)																													
Límite Líquido (LL)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número de Golpes	35	26	15																										
B) Número del recipiente	1	2	3																										
C) Peso recipiente	11.33	11.32	11.22																										
D) Peso del recip. + suelo húmedo	23.88	23.61	22.97																										
E) Peso del recip. + suelo seco	21.63	21.3	20.64																										
F) Peso agua (D-E)	2.25	2.31	2.33																										
G) Peso suelo seco (E-C)	10.3	9.98	9.42																										
H) Contenido de Humedad (F/G) %	21.8%	23.1%	24.7%																										
Límite Plástico (LP)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número del recipiente	A	B																											
B) Peso recipiente	4.30	4.29																											
C) Peso del recip. + suelo húmedo	7.37	7.93																											
D) Peso del recip. + suelo seco	6.84	7.31																											
E) Peso agua (C-D)	0.53	0.62																											
F) Peso suelo seco (D-B)	2.54	3.02																											
G) Contenido de Humedad (E/F) %	20.9%	20.5%																											

Curva de Flujo

Número de golpes

Humedad a 25 golpes: 23.3%


Resumen del Ensayo	
Límite líquido (%)	23.3%
Límite plástico (%)	20.7%
Índice de plasticidad (%)	2.6%

Preparado por:	Ing. Edili Arias
----------------	------------------

LABORATORIO DE MATERIALES																																
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																																
	Fecha:	11-Feb-22																														
	Cliente:	EDESUR																														
	Proyecto:	Subestación Granito																														
	Dirección:	San Cristobal																														
	Procedencia:	S2 (M2)																														
	Material:	Arena limosa SM																														
	Uso:	Estudio Geotécnico																														
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">Grava</td> <td style="width: 30%;">0.0</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>86.1</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Finos</td> <td>13.9</td> <td>(%)</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">Limite Liquido</td> <td style="width: 30%;">-</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td>-</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td>N. P.</td> <td>(%)</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 70%;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="width: 30%;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td>Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	0.0	(%)	Arena	86.1	(%)	Finos	13.9	(%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	-	(%)	Limite Plastico	-	(%)	Indice de Plasticidad	N. P.	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima	
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																																
Grava	0.0	(%)																														
Arena	86.1	(%)																														
Finos	13.9	(%)																														
LIMITES DE CONSISTENCIA																																
Limite Liquido	-	(%)																														
Limite Plastico	-	(%)																														
Indice de Plasticidad	N. P.	(%)																														
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																																
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																															
Humedad Optima																																
																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">AASHTO</td> <td style="width: 70%;">A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td>Arena limosa SM</td> </tr> </tbody> </table>			CLASIFICACION DE MATERIAL		AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Arena limosa SM																								
CLASIFICACION DE MATERIAL																																
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																															
S.U.C.S.	Arena limosa SM																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td style="width: 60%;">Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias																												
Preparado por:	Ing. Edili Arias																															

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 10%;">No.</td> <td style="width: 30%;">1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S2 (M2)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Arena limosa SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>						Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S2 (M2)			Material:	Arena limosa SM			Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																								
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A																																																																																																																				
Cliente:	EDESUR																																																																																																																						
Proyecto:	Subestación Granito																																																																																																																						
Dirección:	San Cristobal																																																																																																																						
Procedencia:	S2 (M2)																																																																																																																						
Material:	Arena limosa SM																																																																																																																						
Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																																																						
LABORATORIO DE MATERIALES																																																																																																																							
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D #613)																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Muestra no. 1</td> <td colspan="2">Peso seco (gr):</td> <td colspan="2">412.35</td> </tr> <tr> <th>Tamiz No.</th> <th>Tamiz (mm)</th> <th>Peso suc. retenido (g)</th> <th>Retenido</th> <th>Acum. Retenido</th> <th>Pasante</th> </tr> <tr><td>3 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>75.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.50</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.50</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.75</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.00</td><td>0.8</td><td>0.20</td><td>0.20</td><td>99.80</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.85</td><td>10.6</td><td>2.58</td><td>2.78</td><td>97.22</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.43</td><td>199.8</td><td>48.46</td><td>51.23</td><td>48.77</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.25</td><td>114.7</td><td>27.83</td><td>79.06</td><td>20.94</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.15</td><td>16.7</td><td>4.05</td><td>83.11</td><td>16.89</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>12.3</td><td>2.97</td><td>86.09</td><td>13.91</td></tr> <tr><td>Pan</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Muestra no. 1		Peso seco (gr):		412.35		Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso suc. retenido (g)	Retenido	Acum. Retenido	Pasante	3 1/2"						3"	75.00		0.00	0.00	100.00	2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00	2"	50.00		0.00	0.00	100.00	1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00	1"	25.00		0.00	0.00	100.00	3/4"	19.00		0.00	0.00	100.00	1/2"	12.50		0.00	0.00	100.00	3/8"	9.50		0.00	0.00	100.00	No. 4	4.75		0.00	0.00	100.00	No. 10	2.00	0.8	0.20	0.20	99.80	No. 20	0.85	10.6	2.58	2.78	97.22	No. 40	0.43	199.8	48.46	51.23	48.77	No. 60	0.25	114.7	27.83	79.06	20.94	No. 100	0.15	16.7	4.05	83.11	16.89	No. 200	0.075	12.3	2.97	86.09	13.91	Pan					
Muestra no. 1		Peso seco (gr):		412.35																																																																																																																			
Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso suc. retenido (g)	Retenido	Acum. Retenido	Pasante																																																																																																																		
3 1/2"																																																																																																																							
3"	75.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2"	50.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1"	25.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
3/4"	19.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1/2"	12.50		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
3/8"	9.50		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
No. 4	4.75		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
No. 10	2.00	0.8	0.20	0.20	99.80																																																																																																																		
No. 20	0.85	10.6	2.58	2.78	97.22																																																																																																																		
No. 40	0.43	199.8	48.46	51.23	48.77																																																																																																																		
No. 60	0.25	114.7	27.83	79.06	20.94																																																																																																																		
No. 100	0.15	16.7	4.05	83.11	16.89																																																																																																																		
No. 200	0.075	12.3	2.97	86.09	13.91																																																																																																																		
Pan																																																																																																																							
RESUMEN DEL ENSAYO																																																																																																																							
Porcentaje de grava		0.0	Clasificación	AASHTO S.U.C.S.	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena Arena limosa SM																																																																																																																		
Porcentaje de arena		86.1																																																																																																																					
Porcentaje de finos		13.9																																																																																																																					
D10			Observaciones:																																																																																																																				
D30																																																																																																																							
D60																																																																																																																							
Cu																																																																																																																							
Cc																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Preparado por:</td> <td>Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>						Preparado por:	Ing. Edili Arias																																																																																																																
Preparado por:	Ing. Edili Arias																																																																																																																						

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 20%;">No.</td> <td style="width: 20%;">1322-B</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S2 (M2)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Arena limosa SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>	Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S2 (M2)			Material:	Arena limosa SM			Uso:	Estudio Geotécnico		
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B																										
Cliente:	EDESUR																												
Proyecto:	Subestación Granito																												
Dirección:	San Cristobal																												
Procedencia:	S2 (M2)																												
Material:	Arena limosa SM																												
Uso:	Estudio Geotécnico																												
LABORATORIO DE MATERIALES																													
ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)																													
Límite Líquido (LL)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número de Golpes	0	0	0	0	0																								
B) Número del recipiente	0	0	0	0	0																								
C) Peso recipiente	0	0	0	0	0																								
D) Peso del recip. + suelo húmedo	0	0	0	0	0																								
E) Peso del recip. + suelo seco	0	0	0	0	0																								
F) Peso agua (D-E)	0	0	0	0	0																								
G) Peso suelo seco (E-C)	0	0	0	0	0																								
H) Contenido de Humedad (F/G) %	0	0	0	0	0																								
Límite Plástico (LP)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número del recipiente	0	0	0	0	0																								
B) Peso recipiente	0	0	0	0	0																								
C) Peso del recip. + suelo húmedo	0	0	0	0	0																								
D) Peso del recip. + suelo seco	0	0	0	0	0																								
E) Peso agua (C-D)	0	0	0	0	0																								
F) Peso suelo seco (D-B)	0	0	0	0	0																								
G) Contenido de Humedad (E/F) %	0	0	0	0	0																								
Curva de Flujo																													
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">Contenido de humedad (%)</div> <div style="margin-left: 10px;"> <p style="text-align: center;">Número de golpes</p> <p style="text-align: center;">1 10 100</p> </div> </div>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Resumen del Ensayo</th> </tr> <tr> <td style="width: 70%;">Límite líquido (%)</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td style="text-align: center;">N. P.</td> </tr> </table>						Resumen del Ensayo		Límite líquido (%)	-	Límite plástico (%)	-	Índice de plasticidad (%)	N. P.																
Resumen del Ensayo																													
Límite líquido (%)	-																												
Límite plástico (%)	-																												
Índice de plasticidad (%)	N. P.																												
<p>Humedad a 25 golpes: -</p>																													
<p>Preparado por: Ing. Edili Arias</p>																													

LABORATORIO DE MATERIALES																															
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td>11-Feb-22</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td>EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td>Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td>San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td>S2 (M3)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td>Grava limosa con arena GM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td>Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>	Fecha:	11-Feb-22	Cliente:	EDESUR	Proyecto:	Subestación Granito	Dirección:	San Cristobal	Procedencia:	S2 (M3)	Material:	Grava limosa con arena GM	Uso:	Estudio Geotécnico																
Fecha:	11-Feb-22																														
Cliente:	EDESUR																														
Proyecto:	Subestación Granito																														
Dirección:	San Cristobal																														
Procedencia:	S2 (M3)																														
Material:	Grava limosa con arena GM																														
Uso:	Estudio Geotécnico																														
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Grava</td> <td style="width: 30%;">49.1</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>36.7</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Finos</td> <td>14.2</td> <td>(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Limite Liquido</td> <td style="width: 30%;">27.5%</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td>22.9%</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td>4.7%</td> <td>(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="width: 70%;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="width: 30%;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td>Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	49.1	(%)	Arena	36.7	(%)	Finos	14.2	(%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	27.5%	(%)	Limite Plastico	22.9%	(%)	Indice de Plasticidad	4.7%	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima		
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																															
Grava	49.1	(%)																													
Arena	36.7	(%)																													
Finos	14.2	(%)																													
LIMITES DE CONSISTENCIA																															
Limite Liquido	27.5%	(%)																													
Limite Plastico	22.9%	(%)																													
Indice de Plasticidad	4.7%	(%)																													
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																															
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																														
Humedad Optima																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td>Grava limosa con arena GM</td> </tr> </table>	CLASIFICACION DE MATERIAL		AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																									
CLASIFICACION DE MATERIAL																															
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																														
S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td>Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>		Preparado por:	Ing. Edili Arias																												
Preparado por:	Ing. Edili Arias																														

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 10%;">No.</td> <td style="width: 30%;">1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S2 (M3)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Grava limosa con arena GM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>						Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S2 (M3)			Material:	Grava limosa con arena GM			Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																								
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A																																																																																																																				
Cliente:	EDESUR																																																																																																																						
Proyecto:	Subestación Granito																																																																																																																						
Dirección:	San Cristobal																																																																																																																						
Procedencia:	S2 (M3)																																																																																																																						
Material:	Grava limosa con arena GM																																																																																																																						
Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																																																						
LABORATORIO DE MATERIALES																																																																																																																							
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Muestra no. 1</td> <td colspan="2">Peso seco (gr): 1222.80</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <th>Tamiz No.</th> <th>Tamiz (mm)</th> <th>Peso retenido (g)</th> <th>Porcentaje Retenido</th> <th>Porcentaje Pasante</th> <th>Pasante</th> </tr> <tr> <td>3 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>75.00</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>63.00</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50.00</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.50</td> <td></td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.00</td> <td>99.2</td> <td>8.11</td> <td>8.11</td> <td>91.89</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.00</td> <td>201.1</td> <td>16.45</td> <td>24.56</td> <td>75.44</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.50</td> <td>119.0</td> <td>9.73</td> <td>34.29</td> <td>65.71</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.50</td> <td>68.8</td> <td>5.63</td> <td>39.92</td> <td>60.08</td> </tr> <tr> <td>No. 4</td> <td>4.75</td> <td>111.9</td> <td>9.15</td> <td>49.07</td> <td>50.93</td> </tr> <tr> <td>No. 10</td> <td>2.00</td> <td>89.9</td> <td>7.35</td> <td>56.42</td> <td>43.58</td> </tr> <tr> <td>No. 20</td> <td>0.85</td> <td>198.0</td> <td>16.19</td> <td>72.61</td> <td>27.39</td> </tr> <tr> <td>No. 40</td> <td>0.43</td> <td>71.0</td> <td>5.81</td> <td>78.42</td> <td>21.58</td> </tr> <tr> <td>No. 60</td> <td>0.25</td> <td>67.9</td> <td>5.55</td> <td>83.97</td> <td>16.03</td> </tr> <tr> <td>No. 100</td> <td>0.15</td> <td>10.4</td> <td>0.85</td> <td>84.81</td> <td>15.19</td> </tr> <tr> <td>No. 200</td> <td>0.075</td> <td>12.2</td> <td>1.00</td> <td>85.81</td> <td>14.19</td> </tr> <tr> <td>Pan</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Muestra no. 1		Peso seco (gr): 1222.80				Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Pasante	Pasante	3 1/2"						3"	75.00		0.00	0.00	100.00	2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00	2"	50.00		0.00	0.00	100.00	1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00	1"	25.00	99.2	8.11	8.11	91.89	3/4"	19.00	201.1	16.45	24.56	75.44	1/2"	12.50	119.0	9.73	34.29	65.71	3/8"	9.50	68.8	5.63	39.92	60.08	No. 4	4.75	111.9	9.15	49.07	50.93	No. 10	2.00	89.9	7.35	56.42	43.58	No. 20	0.85	198.0	16.19	72.61	27.39	No. 40	0.43	71.0	5.81	78.42	21.58	No. 60	0.25	67.9	5.55	83.97	16.03	No. 100	0.15	10.4	0.85	84.81	15.19	No. 200	0.075	12.2	1.00	85.81	14.19	Pan					
Muestra no. 1		Peso seco (gr): 1222.80																																																																																																																					
Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Pasante	Pasante																																																																																																																		
3 1/2"																																																																																																																							
3"	75.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2"	50.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1"	25.00	99.2	8.11	8.11	91.89																																																																																																																		
3/4"	19.00	201.1	16.45	24.56	75.44																																																																																																																		
1/2"	12.50	119.0	9.73	34.29	65.71																																																																																																																		
3/8"	9.50	68.8	5.63	39.92	60.08																																																																																																																		
No. 4	4.75	111.9	9.15	49.07	50.93																																																																																																																		
No. 10	2.00	89.9	7.35	56.42	43.58																																																																																																																		
No. 20	0.85	198.0	16.19	72.61	27.39																																																																																																																		
No. 40	0.43	71.0	5.81	78.42	21.58																																																																																																																		
No. 60	0.25	67.9	5.55	83.97	16.03																																																																																																																		
No. 100	0.15	10.4	0.85	84.81	15.19																																																																																																																		
No. 200	0.075	12.2	1.00	85.81	14.19																																																																																																																		
Pan																																																																																																																							
RESUMEN DEL ENSAYO																																																																																																																							
Porcentaje de grava		49.1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Clasificación</td> <td style="text-align: center;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S.U.C.S.</td> <td>Grava limosa con arena GM</td> </tr> </table>	Clasificación	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																																																																																																															
Clasificación	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																																																																																																																					
	S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																																																																																																																					
Porcentaje de arena		36.7																																																																																																																					
Porcentaje de finos		14.2																																																																																																																					
D10			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Observaciones:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 40px;"></td> </tr> </table>	Observaciones:																																																																																																																			
Observaciones:																																																																																																																							
D30																																																																																																																							
D60																																																																																																																							
Cu																																																																																																																							
Cc																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Preparado por:</td> <td>Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>						Preparado por:	Ing. Edili Arias																																																																																																																
Preparado por:	Ing. Edili Arias																																																																																																																						

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Fecha:</td> <td style="width: 25%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 25%;">No.</td> <td style="width: 25%;">1322-B</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S2 (M3)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Grava limosa con arena GM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>	Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S2 (M3)			Material:	Grava limosa con arena GM			Uso:	Estudio Geotécnico		
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B																										
Cliente:	EDESUR																												
Proyecto:	Subestación Granito																												
Dirección:	San Cristobal																												
Procedencia:	S2 (M3)																												
Material:	Grava limosa con arena GM																												
Uso:	Estudio Geotécnico																												
LABORATORIO DE MATERIALES																													
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)																													
Límite Líquido (LL)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número de Golpes	33	24	18																										
B) Número del recipiente	5	6	7																										
C) Peso recipiente	11.3	11.32	11.3																										
D) Peso del recip. + suelo húmedo	23.41	23.46	23.25																										
E) Peso del recip. + suelo seco	20.95	20.86	20.5																										
F) Peso agua (D-E)	2.46	2.6	2.75																										
G) Peso suelo seco (E-C)	9.65	9.54	9.2																										
H) Contenido de Humedad (F/G) %	25.5%	27.3%	29.9%																										
Límite Plástico (LP)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número del recipiente	G	H																											
B) Peso recipiente	4.31	4.32																											
C) Peso del recip. + suelo húmedo	6.85	7.58																											
D) Peso del recip. + suelo seco	6.38	6.97																											
E) Peso agua (C-D)	0.47	0.61																											
F) Peso suelo seco (D-B)	2.07	2.65																											
G) Contenido de Humedad (E/F) %	22.7%	23.0%																											

Curva de Flujo

Humedad a 25 golpes: 27.5%

Resumen del Ensayo

Límite líquido (%)	27.5%
Límite plástico (%)	22.9%
Índice de plasticidad (%)	4.7%

Preparado por:	Ing. Edili Arias
----------------	------------------

LABORATORIO DE MATERIALES										
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL										
	Fecha:	11-Feb-22								
	Cliente:	EDESUR								
	Proyecto:	Subestación Granito								
	Dirección:	San Cristobal								
	Procedencia:	S4 (M1)								
	Material:	Arena limosa SM								
	Uso:	Estudio Geotécnico								
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA										
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Grava</td> <td style="width: 30%;">8.2</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>55.5</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Finos</td> <td>36.3</td> <td>(%)</td> </tr> </table>	Grava	8.2	(%)	Arena	55.5	(%)	Finos	36.3	(%)	 <p style="font-family: cursive; font-size: 1.2em;">Sub Estación Granito Bojos de Haina Sondeo #4 (m1)</p>
Grava	8.2	(%)								
Arena	55.5	(%)								
Finos	36.3	(%)								
LIMITES DE CONSISTENCIA <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Limite Liquido</td> <td style="width: 30%;">28.2%</td> <td style="width: 40%;">(%)</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td>22.9%</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td>5.3%</td> <td>(%)</td> </tr> </table>	Limite Liquido	28.2%	(%)	Limite Plastico	22.9%	(%)	Indice de Plasticidad	5.3%	(%)	
Limite Liquido	28.2%	(%)								
Limite Plastico	22.9%	(%)								
Indice de Plasticidad	5.3%	(%)								
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="width: 40%;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td>Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima							
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)									
Humedad Optima										
CLASIFICACION DE MATERIAL	AASHTO	A-4 Suelos limosos								
	S.U.C.S.	Arena limosa SM								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div>Preparado por:</div> <div>Ing. Edili Arias</div> </div>										

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 20%;">No.</td> <td style="width: 20%;">1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S4 (M1)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Arena limosa SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>						Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S4 (M1)			Material:	Arena limosa SM			Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																								
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A																																																																																																																				
Cliente:	EDESUR																																																																																																																						
Proyecto:	Subestación Granito																																																																																																																						
Dirección:	San Cristobal																																																																																																																						
Procedencia:	S4 (M1)																																																																																																																						
Material:	Arena limosa SM																																																																																																																						
Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																																																						
LABORATORIO DE MATERIALES																																																																																																																							
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Muestra no. 1</td> <td colspan="2">Peso seco (gr):</td> <td colspan="2">209.3</td> </tr> <tr> <th>Tamiz No.</th> <th>Tamiz (mm)</th> <th>Peso retenido (gr)</th> <th>Retenido</th> <th>Acum. Retenido</th> <th>Porcentaje Pasante</th> </tr> <tr><td>3 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>75.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.50</td><td>11.8</td><td>5.65</td><td>5.65</td><td>94.35</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.50</td><td>2.3</td><td>1.11</td><td>6.76</td><td>93.24</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.75</td><td>3.0</td><td>1.46</td><td>8.22</td><td>91.78</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.00</td><td>9.6</td><td>4.58</td><td>12.79</td><td>87.21</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.85</td><td>9.6</td><td>4.58</td><td>17.38</td><td>82.62</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.43</td><td>14.9</td><td>7.10</td><td>24.47</td><td>75.53</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.25</td><td>64.1</td><td>30.61</td><td>55.09</td><td>44.91</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.15</td><td>8.2</td><td>3.91</td><td>58.99</td><td>41.01</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>9.9</td><td>4.73</td><td>63.73</td><td>36.27</td></tr> <tr><td>Pan</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Muestra no. 1		Peso seco (gr):		209.3		Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido	Acum. Retenido	Porcentaje Pasante	3 1/2"						3"	75.00		0.00	0.00	100.00	2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00	2"	50.00		0.00	0.00	100.00	1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00	1"	25.00		0.00	0.00	100.00	3/4"	19.00		0.00	0.00	100.00	1/2"	12.50	11.8	5.65	5.65	94.35	3/8"	9.50	2.3	1.11	6.76	93.24	No. 4	4.75	3.0	1.46	8.22	91.78	No. 10	2.00	9.6	4.58	12.79	87.21	No. 20	0.85	9.6	4.58	17.38	82.62	No. 40	0.43	14.9	7.10	24.47	75.53	No. 60	0.25	64.1	30.61	55.09	44.91	No. 100	0.15	8.2	3.91	58.99	41.01	No. 200	0.075	9.9	4.73	63.73	36.27	Pan					
Muestra no. 1		Peso seco (gr):		209.3																																																																																																																			
Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido	Acum. Retenido	Porcentaje Pasante																																																																																																																		
3 1/2"																																																																																																																							
3"	75.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2"	50.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1"	25.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
3/4"	19.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1/2"	12.50	11.8	5.65	5.65	94.35																																																																																																																		
3/8"	9.50	2.3	1.11	6.76	93.24																																																																																																																		
No. 4	4.75	3.0	1.46	8.22	91.78																																																																																																																		
No. 10	2.00	9.6	4.58	12.79	87.21																																																																																																																		
No. 20	0.85	9.6	4.58	17.38	82.62																																																																																																																		
No. 40	0.43	14.9	7.10	24.47	75.53																																																																																																																		
No. 60	0.25	64.1	30.61	55.09	44.91																																																																																																																		
No. 100	0.15	8.2	3.91	58.99	41.01																																																																																																																		
No. 200	0.075	9.9	4.73	63.73	36.27																																																																																																																		
Pan																																																																																																																							
RESUMEN DEL ENSAYO																																																																																																																							
Porcentaje de grava		8.2	Clasificación	AASHTO	A-4 Suelos limosos																																																																																																																		
Porcentaje de arena		55.5			S.U.C.S.	Arena limosa SM																																																																																																																	
Porcentaje de finos		36.3																																																																																																																					
D10			Observaciones:																																																																																																																				
D30																																																																																																																							
D60																																																																																																																							
Cu																																																																																																																							
Cc																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Preparado por:</td> <td>Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>						Preparado por:	Ing. Edili Arias																																																																																																																
Preparado por:	Ing. Edili Arias																																																																																																																						

Fecha: 11-Feb-22 No. 1322-B Cliente: EDESUR Proyecto: Subestación Granito Dirección: San Cristobal Procedencia: S4 (M1) Material: Arena limosa SM Uso: Estudio Geotécnico					
LABORATORIO DE MATERIALES ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)					
Límite Líquido (LL)					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
A) Número de Golpes	35	26	15		
B) Número del recipiente	13	14	15		
C) Peso recipiente	11.28	11.3	11.29		
D) Peso del recip. + suelo húmedo	23.08	22.1	21.28		
E) Peso del recip. + suelo seco	20.59	19.74	18.99		
F) Peso agua (D-E)	2.49	2.36	2.29		
G) Peso suelo seco (E-C)	9.31	8.44	7.7		
H) Contenido de Humedad (F/G) %	26.7%	28.0%	29.7%		
Límite Plástico (LP)					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
A) Número del recipiente	C	J			
B) Peso recipiente	4.31	4.30			
C) Peso del recip. + suelo húmedo	7.57	7.10			
D) Peso del recip. + suelo seco	6.95	6.59			
E) Peso agua (C-D)	0.62	0.51			
F) Peso suelo seco (D-B)	2.64	2.29			
G) Contenido de Humedad (E/F) %	23.5%	22.3%			

Curva de Flujo

Humedad a 25 golpes: 28.2%

Resumen del Ensayo


Límite líquido (%)	28.2%
Límite plástico (%)	22.9%
Índice de plasticidad (%)	5.3%

Preparado por: Ing. Edili Arias

LABORATORIO DE MATERIALES														
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL														
	Fecha:	11-Feb-22												
	Cliente:	EDESUR												
	Proyecto:	Subestación Granito												
	Dirección:	San Cristobal												
	Procedencia:	S4 (M2)												
	Material:	Arena limosa SM												
	Uso:	Estudio Geotécnico												
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Grava</td> <td style="text-align: center;">11.3</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Arena</td> <td style="text-align: center;">62.7</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Finos</td> <td style="text-align: center;">26.0</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	11.3	(%)	Arena	62.7	(%)	Finos	26.0	(%)		
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)														
Grava	11.3	(%)												
Arena	62.7	(%)												
Finos	26.0	(%)												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITE DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Limite Liquido</td> <td style="text-align: center;">25.5%</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Limite Plastico</td> <td style="text-align: center;">21.6%</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Indice de Pasticidad</td> <td style="text-align: center;">3.9%</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> </table>	LIMITE DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	25.5%	(%)	Limite Plastico	21.6%	(%)	Indice de Pasticidad	3.9%	(%)		
LIMITE DE CONSISTENCIA														
Limite Liquido	25.5%	(%)												
Limite Plastico	21.6%	(%)												
Indice de Pasticidad	3.9%	(%)												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="text-align: right;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima									
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)														
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)													
Humedad Optima														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: right;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">S.U.C.S.</td> <td>Arena limosa SM</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	CLASIFICACION DE MATERIAL			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: right;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">S.U.C.S.</td> <td>Arena limosa SM</td> </tr> </table>	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Arena limosa SM						
CLASIFICACION DE MATERIAL														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: right;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">S.U.C.S.</td> <td>Arena limosa SM</td> </tr> </table>	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Arena limosa SM									
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena													
S.U.C.S.	Arena limosa SM													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td>Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias										
Preparado por:	Ing. Edili Arias													

		Fecha: 11-Feb-22 No. 1322-A Cliente: EDESUR Proyecto: Subestación Granito Dirección: San Cristobal Procedencia: S4 (M2) Material: Arena limosa SM Uso: Reporte Geotécnico																																																																																	
LABORATORIO DE MATERIALES																																																																																			
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Muestra no. 1</td> <td colspan="2">Peso seco (gr): 426.3</td> </tr> <tr> <th>Tamaño No.</th> <th>Tamaño (mm)</th> <th>Peso pasante (g)</th> <th>Porcentaje</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Retenido Acum. Retenido Pasante</td> </tr> <tr><td>3 1/2"</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>75.00</td><td></td><td>0.00 0.00 100.00</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.00</td><td></td><td>0.00 0.00 100.00</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.00</td><td></td><td>0.00 0.00 100.00</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td></td><td>0.00 0.00 100.00</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.00</td><td>31.0</td><td>7.28 7.28 92.72</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.00</td><td>0.0</td><td>0.00 7.28 92.72</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.50</td><td>0.0</td><td>0.00 7.28 92.72</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.50</td><td>7.1</td><td>1.67 8.95 91.05</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.75</td><td>10.0</td><td>2.35 11.30 88.70</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.00</td><td>7.6</td><td>1.78 13.08 86.92</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.85</td><td>10.1</td><td>2.38 15.46 84.54</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.43</td><td>136.5</td><td>32.01 47.47 52.53</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.25</td><td>100.0</td><td>23.45 70.92 29.08</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.15</td><td>6.3</td><td>1.48 72.40 27.60</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>6.9</td><td>1.62 74.02 25.98</td></tr> <tr><td>Pan</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				Muestra no. 1		Peso seco (gr): 426.3		Tamaño No.	Tamaño (mm)	Peso pasante (g)	Porcentaje				Retenido Acum. Retenido Pasante	3 1/2"				3"	75.00		0.00 0.00 100.00	2 1/2"	63.00		0.00 0.00 100.00	2"	50.00		0.00 0.00 100.00	1 1/2"	37.50		0.00 0.00 100.00	1"	25.00	31.0	7.28 7.28 92.72	3/4"	19.00	0.0	0.00 7.28 92.72	1/2"	12.50	0.0	0.00 7.28 92.72	3/8"	9.50	7.1	1.67 8.95 91.05	No. 4	4.75	10.0	2.35 11.30 88.70	No. 10	2.00	7.6	1.78 13.08 86.92	No. 20	0.85	10.1	2.38 15.46 84.54	No. 40	0.43	136.5	32.01 47.47 52.53	No. 60	0.25	100.0	23.45 70.92 29.08	No. 100	0.15	6.3	1.48 72.40 27.60	No. 200	0.075	6.9	1.62 74.02 25.98	Pan			
Muestra no. 1		Peso seco (gr): 426.3																																																																																	
Tamaño No.	Tamaño (mm)	Peso pasante (g)	Porcentaje																																																																																
			Retenido Acum. Retenido Pasante																																																																																
3 1/2"																																																																																			
3"	75.00		0.00 0.00 100.00																																																																																
2 1/2"	63.00		0.00 0.00 100.00																																																																																
2"	50.00		0.00 0.00 100.00																																																																																
1 1/2"	37.50		0.00 0.00 100.00																																																																																
1"	25.00	31.0	7.28 7.28 92.72																																																																																
3/4"	19.00	0.0	0.00 7.28 92.72																																																																																
1/2"	12.50	0.0	0.00 7.28 92.72																																																																																
3/8"	9.50	7.1	1.67 8.95 91.05																																																																																
No. 4	4.75	10.0	2.35 11.30 88.70																																																																																
No. 10	2.00	7.6	1.78 13.08 86.92																																																																																
No. 20	0.85	10.1	2.38 15.46 84.54																																																																																
No. 40	0.43	136.5	32.01 47.47 52.53																																																																																
No. 60	0.25	100.0	23.45 70.92 29.08																																																																																
No. 100	0.15	6.3	1.48 72.40 27.60																																																																																
No. 200	0.075	6.9	1.62 74.02 25.98																																																																																
Pan																																																																																			
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center;">CURVA GRANULOMETRICA</p> <p style="text-align: center;">Diámetro de granos (mm)</p> <p style="text-align: center;">— Curva del Material</p> </div> <div style="flex: 0.5; text-align: right; font-size: small;"> <p>← Trazar</p> <p>Porcentaje retenido</p> </div> </div>																																																																																			
RESUMEN DEL ENSAYO																																																																																			
Porcentaje de grava	11.3	Clasificación <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;">AASHTO</td> <td style="text-align: center;">A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S.U.C.S.</td> <td style="text-align: center;">Arena limosa SM</td> </tr> </table>	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Arena limosa SM																																																																													
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																																																																																		
S.U.C.S.	Arena limosa SM																																																																																		
Porcentaje de arena	62.7																																																																																		
Porcentaje de finos	26.0																																																																																		
D10		Observaciones:																																																																																	
D30																																																																																			
D60																																																																																			
Cu																																																																																			
Cc																																																																																			
Preparado por: Ing. Edili Arias																																																																																			

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td>11-Feb-22</td> <td style="width: 20%;">No.</td> <td>1322-B</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S4 (M2)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Arena limosa SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Reporte Geotécnico</td> </tr> </table>	Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S4 (M2)			Material:	Arena limosa SM			Uso:	Reporte Geotécnico			
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B																										
Cliente:	EDESUR																												
Proyecto:	Subestación Granito																												
Dirección:	San Cristobal																												
Procedencia:	S4 (M2)																												
Material:	Arena limosa SM																												
Uso:	Reporte Geotécnico																												
LABORATORIO DE MATERIALES																													
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)																													
Límite Líquido (LL)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número de Golpes	34	26	17																										
B) Número del recipiente	16	17	18																										
C) Peso recipiente	11.3	11.28	11.31																										
D) Peso del recip. + suelo húmedo	26.03	25.17	26.3																										
E) Peso del recip. + suelo seco	23.19	22.37	23.11																										
F) Peso agua (D-E)	2.84	2.8	3.19																										
G) Peso suelo seco (E-C)	11.89	11.09	11.8																										
H) Contenido de Humedad (F/G) %	23.9%	25.2%	27.0%																										
Límite Plástico (LP)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número del recipiente	K	L																											
B) Peso recipiente	4.31	4.31																											
C) Peso del recip. + suelo húmedo	8.22	7.53																											
D) Peso del recip. + suelo seco	7.51	6.97																											
E) Peso agua (C-D)	0.71	0.56																											
F) Peso suelo seco (D-B)	3.20	2.66																											
G) Contenido de Humedad (E/F) %	22.2%	21.1%																											
Resumen del Ensayo																													
Límite líquido (%)	25.5%																												
Límite plástico (%)	21.6%																												
Índice de plasticidad (%)	3.9%																												
Preparado por:	Ing. Edili Arias																												

LABORATORIO DE MATERIALES																															
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																															
	Fecha:	11-Feb-22																													
	Cliente:	EDESUR																													
	Proyecto:	Subestación Granito																													
	Dirección:	San Cristobal																													
	Procedencia:	S4 (M3)																													
	Material:	Grava limosa con arena GM																													
	Uso:	Estudio Geotécnico																													
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Grava</td> <td style="text-align: center;">35.8</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Arena</td> <td style="text-align: center;">33.4</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Finos</td> <td style="text-align: center;">30.8</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Limite Liquido</td> <td style="text-align: center;">26.0%</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Limite Plastico</td> <td style="text-align: center;">22.3%</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Indice de Plasticidad</td> <td style="text-align: center;">3.8%</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="text-align: center;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	35.8	(%)	Arena	33.4	(%)	Finos	30.8	(%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	26.0%	(%)	Limite Plastico	22.3%	(%)	Indice de Plasticidad	3.8%	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima		
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																															
Grava	35.8	(%)																													
Arena	33.4	(%)																													
Finos	30.8	(%)																													
LIMITES DE CONSISTENCIA																															
Limite Liquido	26.0%	(%)																													
Limite Plastico	22.3%	(%)																													
Indice de Plasticidad	3.8%	(%)																													
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																															
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																														
Humedad Optima																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td>Grava limosa con arena GM</td> </tr> </table>	CLASIFICACION DE MATERIAL		AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																									
CLASIFICACION DE MATERIAL																															
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																														
S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td>Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias																											
Preparado por:	Ing. Edili Arias																														

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 40%;">No. 1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="2">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="2">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="2">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="2">S4 (M3)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="2">Grava limosa con arena GM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="2">Reporte Geotécnico</td> </tr> </table>						Fecha:	11-Feb-22	No. 1322-A	Cliente:	EDESUR		Proyecto:	Subestación Granito		Dirección:	San Cristobal		Procedencia:	S4 (M3)		Material:	Grava limosa con arena GM		Uso:	Reporte Geotécnico																																																																																														
Fecha:	11-Feb-22	No. 1322-A																																																																																																																					
Cliente:	EDESUR																																																																																																																						
Proyecto:	Subestación Granito																																																																																																																						
Dirección:	San Cristobal																																																																																																																						
Procedencia:	S4 (M3)																																																																																																																						
Material:	Grava limosa con arena GM																																																																																																																						
Uso:	Reporte Geotécnico																																																																																																																						
LABORATORIO DE MATERIALES ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D #913)																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3">Muestra no. 1</td> <td colspan="3">Peso seco (gr): 1037.9</td> </tr> <tr> <th>Tamiz No.</th> <th>Tamaño Tamiz (mm)</th> <th>Peso material retenido (g)</th> <th>Retenido</th> <th>Acum. Retenido</th> <th>Porcentaje Pasante</th> </tr> <tr><td>3 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>75.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.00</td><td>57.5</td><td>5.54</td><td>5.54</td><td>94.46</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.00</td><td>96.1</td><td>9.26</td><td>14.80</td><td>85.20</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.50</td><td>76.9</td><td>7.41</td><td>22.21</td><td>77.79</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.50</td><td>50.0</td><td>4.82</td><td>27.03</td><td>72.97</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.75</td><td>90.7</td><td>8.74</td><td>35.77</td><td>64.23</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.00</td><td>91.6</td><td>8.83</td><td>44.59</td><td>55.41</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.85</td><td>95.2</td><td>9.17</td><td>53.77</td><td>46.23</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.43</td><td>56.9</td><td>5.49</td><td>59.25</td><td>40.75</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.25</td><td>61.1</td><td>5.88</td><td>65.14</td><td>34.86</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.15</td><td>17.0</td><td>1.64</td><td>66.78</td><td>33.22</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>25.3</td><td>2.44</td><td>69.21</td><td>30.79</td></tr> <tr><td>Pan</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Muestra no. 1			Peso seco (gr): 1037.9			Tamiz No.	Tamaño Tamiz (mm)	Peso material retenido (g)	Retenido	Acum. Retenido	Porcentaje Pasante	3 1/2"						3"	75.00		0.00	0.00	100.00	2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00	2"	50.00		0.00	0.00	100.00	1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00	1"	25.00	57.5	5.54	5.54	94.46	3/4"	19.00	96.1	9.26	14.80	85.20	1/2"	12.50	76.9	7.41	22.21	77.79	3/8"	9.50	50.0	4.82	27.03	72.97	No. 4	4.75	90.7	8.74	35.77	64.23	No. 10	2.00	91.6	8.83	44.59	55.41	No. 20	0.85	95.2	9.17	53.77	46.23	No. 40	0.43	56.9	5.49	59.25	40.75	No. 60	0.25	61.1	5.88	65.14	34.86	No. 100	0.15	17.0	1.64	66.78	33.22	No. 200	0.075	25.3	2.44	69.21	30.79	Pan					
Muestra no. 1			Peso seco (gr): 1037.9																																																																																																																				
Tamiz No.	Tamaño Tamiz (mm)	Peso material retenido (g)	Retenido	Acum. Retenido	Porcentaje Pasante																																																																																																																		
3 1/2"																																																																																																																							
3"	75.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
2"	50.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00																																																																																																																		
1"	25.00	57.5	5.54	5.54	94.46																																																																																																																		
3/4"	19.00	96.1	9.26	14.80	85.20																																																																																																																		
1/2"	12.50	76.9	7.41	22.21	77.79																																																																																																																		
3/8"	9.50	50.0	4.82	27.03	72.97																																																																																																																		
No. 4	4.75	90.7	8.74	35.77	64.23																																																																																																																		
No. 10	2.00	91.6	8.83	44.59	55.41																																																																																																																		
No. 20	0.85	95.2	9.17	53.77	46.23																																																																																																																		
No. 40	0.43	56.9	5.49	59.25	40.75																																																																																																																		
No. 60	0.25	61.1	5.88	65.14	34.86																																																																																																																		
No. 100	0.15	17.0	1.64	66.78	33.22																																																																																																																		
No. 200	0.075	25.3	2.44	69.21	30.79																																																																																																																		
Pan																																																																																																																							
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center;">CURVA GRANULOMETRICA</p> </div> <div style="flex: 0.2; text-align: center;"> <p>← Tamiz</p> </div> </div>																																																																																																																							
RESUMEN DEL ENSAYO																																																																																																																							
Porcentaje de grava		35.8	Clasificación	AASHTO S.U.C.S.	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena Grava limosa con arena GM																																																																																																																		
Porcentaje de arena		33.4																																																																																																																					
Porcentaje de finos		30.8																																																																																																																					
D10			Observaciones:																																																																																																																				
D30																																																																																																																							
D60																																																																																																																							
Cu																																																																																																																							
Cc																																																																																																																							
Preparado por: Ing. Edili Arias																																																																																																																							

Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B
Cliente:	EDESUR		
Proyecto:	Subestación Granito		
Dirección:	San Cristobal		
Procedencia:	S4 (M3)		
Material:	Grava limosa con arena GM		
Uso:	Reporte Geotécnico		

LABORATORIO DE MATERIALES					
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)					

Límite Líquido (LL)					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
A) Número de Golpes	30	21	15		
B) Número del recipiente	8	9	755		
C) Peso recipiente	11.33	11.22	8.45		
D) Peso del recip. + suelo húmedo	24.42	25.07	25.1		
E) Peso del recip. + suelo seco	21.8	22.19	21.33		
F) Peso agua (D-E)	2.62	2.88	3.77		
G) Peso suelo seco (E-C)	10.47	10.97	12.88		
H) Contenido de Humedad (F/G) %	25.0%	26.3%	29.3%		


Límite Plástico (LP)					
Número de Ensayo	1	2	3	4	5
A) Número del recipiente	D	E			
B) Peso recipiente	4.30	4.29			
C) Peso del recip. + suelo húmedo	7.86	7.76			
D) Peso del recip. + suelo seco	7.23	7.11			
E) Peso agua (C-D)	0.63	0.65			
F) Peso suelo seco (D-B)	2.93	2.82			
G) Contenido de Humedad (E/F) %	21.5%	23.0%			

Curva de Flujo

Humedad a 25 golpes: 26.0%


Resumen del Ensayo	
Límite líquido (%)	26.0%
Límite plástico (%)	22.3%
Índice de plasticidad (%)	3.8%

Preparado por: Ing. Edili Arias

LABORATORIO DE MATERIALES																																
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																																
	Fecha:	11-Feb-22																														
	Cliente:	EDESUR																														
	Proyecto:	Subestación Granito																														
	Dirección:	San Cristobal																														
	Procedencia:	S5 (M1)																														
	Material:	Arena limosa SM																														
	Uso:	Estudio Geotécnico																														
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Grava</td> <td style="text-align: center;">14.0</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Arena</td> <td style="text-align: center;">70.7</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Finos</td> <td style="text-align: center;">15.3</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Limite Liquido</td> <td style="text-align: center;">23.4%</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Limite Plastico</td> <td style="text-align: center;">21.1%</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Indice de Plasticidad</td> <td style="text-align: center;">2.3%</td> <td style="text-align: center;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="text-align: center;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	14.0	(%)	Arena	70.7	(%)	Finos	15.3	(%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	23.4%	(%)	Limite Plastico	21.1%	(%)	Indice de Plasticidad	2.3%	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima			
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																																
Grava	14.0	(%)																														
Arena	70.7	(%)																														
Finos	15.3	(%)																														
LIMITES DE CONSISTENCIA																																
Limite Liquido	23.4%	(%)																														
Limite Plastico	21.1%	(%)																														
Indice de Plasticidad	2.3%	(%)																														
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																																
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																															
Humedad Optima																																
CLASIFICACION DE MATERIAL	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																														
	S.U.C.S.	Arena limosa SM																														
Preparado por: Ing. Edili Arias																																

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 40%;">No. 1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="2">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="2">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="2">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="2">S5 (M1)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="2">Arena limosa SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="2">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>						Fecha:	11-Feb-22	No. 1322-A	Cliente:	EDESUR		Proyecto:	Subestación Granito		Dirección:	San Cristobal		Procedencia:	S5 (M1)		Material:	Arena limosa SM		Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																																	
Fecha:	11-Feb-22	No. 1322-A																																																																																																																								
Cliente:	EDESUR																																																																																																																									
Proyecto:	Subestación Granito																																																																																																																									
Dirección:	San Cristobal																																																																																																																									
Procedencia:	S5 (M1)																																																																																																																									
Material:	Arena limosa SM																																																																																																																									
Uso:	Estudio Geotécnico																																																																																																																									
LABORATORIO DE MATERIALES																																																																																																																										
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D #913)																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Muestra no. 1</td> <td colspan="2">Peso seco (gr): 329.65</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <th rowspan="2">Tamiz No.</th> <th rowspan="2">Tamizado (mm)</th> <th rowspan="2">Peso retenido (g)</th> <th colspan="3">Porcentaje</th> </tr> <tr> <th>Retenido</th> <th>Acum. Retenido</th> <th>Pasante</th> </tr> <tr><td>3 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>75.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.00</td><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.50</td><td>18.5</td><td>5.63</td><td>5.63</td><td>94.37</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.50</td><td>8.4</td><td>2.56</td><td>8.18</td><td>91.82</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.75</td><td>19.2</td><td>5.82</td><td>14.00</td><td>86.00</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.00</td><td>21.5</td><td>6.53</td><td>20.53</td><td>79.47</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.85</td><td>47.6</td><td>14.45</td><td>34.98</td><td>65.02</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.43</td><td>47.3</td><td>14.34</td><td>49.32</td><td>50.68</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.25</td><td>76.4</td><td>23.18</td><td>72.50</td><td>27.50</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.15</td><td>24.9</td><td>7.57</td><td>80.06</td><td>19.94</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>15.4</td><td>4.66</td><td>84.73</td><td>15.27</td></tr> <tr><td>Pan</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						Muestra no. 1		Peso seco (gr): 329.65				Tamiz No.	Tamizado (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje			Retenido	Acum. Retenido	Pasante	3 1/2"						3"	75.00		0.00	0.00	100.00	2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00	2"	50.00		0.00	0.00	100.00	1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00	1"	25.00		0.00	0.00	100.00	3/4"	19.00		0.00	0.00	100.00	1/2"	12.50	18.5	5.63	5.63	94.37	3/8"	9.50	8.4	2.56	8.18	91.82	No. 4	4.75	19.2	5.82	14.00	86.00	No. 10	2.00	21.5	6.53	20.53	79.47	No. 20	0.85	47.6	14.45	34.98	65.02	No. 40	0.43	47.3	14.34	49.32	50.68	No. 60	0.25	76.4	23.18	72.50	27.50	No. 100	0.15	24.9	7.57	80.06	19.94	No. 200	0.075	15.4	4.66	84.73	15.27	Pan					
Muestra no. 1		Peso seco (gr): 329.65																																																																																																																								
Tamiz No.	Tamizado (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje																																																																																																																							
			Retenido	Acum. Retenido	Pasante																																																																																																																					
3 1/2"																																																																																																																										
3"	75.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																					
2 1/2"	63.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																					
2"	50.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																					
1 1/2"	37.50		0.00	0.00	100.00																																																																																																																					
1"	25.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																					
3/4"	19.00		0.00	0.00	100.00																																																																																																																					
1/2"	12.50	18.5	5.63	5.63	94.37																																																																																																																					
3/8"	9.50	8.4	2.56	8.18	91.82																																																																																																																					
No. 4	4.75	19.2	5.82	14.00	86.00																																																																																																																					
No. 10	2.00	21.5	6.53	20.53	79.47																																																																																																																					
No. 20	0.85	47.6	14.45	34.98	65.02																																																																																																																					
No. 40	0.43	47.3	14.34	49.32	50.68																																																																																																																					
No. 60	0.25	76.4	23.18	72.50	27.50																																																																																																																					
No. 100	0.15	24.9	7.57	80.06	19.94																																																																																																																					
No. 200	0.075	15.4	4.66	84.73	15.27																																																																																																																					
Pan																																																																																																																										
RESUMEN DEL ENSAYO																																																																																																																										
Porcentaje de grava	14.0	Clasificación	AASHTO S.U.C.S.	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena Arena limosa SM																																																																																																																						
Porcentaje de arena	70.7																																																																																																																									
Porcentaje de finos	15.3																																																																																																																									
D10		Observaciones:																																																																																																																								
D30																																																																																																																										
D60																																																																																																																										
Cu																																																																																																																										
Cc																																																																																																																										
Preparado por: Ing. Edili Arias																																																																																																																										

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Fecha:</td> <td style="width: 25%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 25%;">No.</td> <td style="width: 25%;">1322-B</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S5 (M1)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Arena limosa SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>	Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S5 (M1)			Material:	Arena limosa SM			Uso:	Estudio Geotécnico		
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-B																										
Cliente:	EDESUR																												
Proyecto:	Subestación Granito																												
Dirección:	San Cristobal																												
Procedencia:	S5 (M1)																												
Material:	Arena limosa SM																												
Uso:	Estudio Geotécnico																												
LABORATORIO DE MATERIALES																													
ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)																													
Límite Líquido (LL)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número de Golpes	35	26	15																										
B) Número del recipiente	10	11	12																										
C) Peso recipiente	11.33	11.32	11.22																										
D) Peso del recip. + suelo húmedo	23.88	23.61	22.97																										
E) Peso del recip. + suelo seco	21.63	21.29	20.62																										
F) Peso agua (D-E)	2.25	2.32	2.35																										
G) Peso suelo seco (E-C)	10.3	9.97	9.4																										
H) Contenido de Humedad (F/G) %	21.8%	23.3%	25.0%																										
Límite Plástico (LP)																													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5																								
A) Número del recipiente	F	M																											
B) Peso recipiente	4.30	4.29																											
C) Peso del recip. + suelo húmedo	7.73	7.39																											
D) Peso del recip. + suelo seco	7.13	6.85																											
E) Peso agua (C-D)	0.6	0.54																											
F) Peso suelo seco (D-B)	2.83	2.56																											
G) Contenido de Humedad (E/F) %	21.2%	21.1%																											
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Curva de Flujo</p> <p style="text-align: center;">Humedad a 25 golpes: 23.4%</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Resumen del Ensayo</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>23.4%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>21.1%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>2.3%</td> </tr> </table> </div> </div>						Límite líquido (%)	23.4%	Límite plástico (%)	21.1%	Índice de plasticidad (%)	2.3%																		
Límite líquido (%)	23.4%																												
Límite plástico (%)	21.1%																												
Índice de plasticidad (%)	2.3%																												
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Preparado por:</div> <div style="margin-left: 10px;">Ing. Edili Arias</div> </div>																													

LABORATORIO DE MATERIALES																															
RESUMEN CARACTERIZACION MATERIAL																															
	Fecha:	11-Feb-22																													
	Cliente:	EDESUR																													
	Proyecto:	Subestación Granito																													
	Dirección:	San Cristobal																													
	Procedencia:	S5 (M2)																													
	Material:	Arena limosa con grava SM																													
	Uso:	Estudio Geotécnico																													
RESULTADOS DE MUESTRA ANALIZADA																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Grava</td> <td style="text-align: center;">34.0</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Arena</td> <td style="text-align: center;">35.7</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Finos</td> <td style="text-align: center;">30.3</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Limite Liquido</td> <td style="text-align: center;">32.2%</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Limite Plastico</td> <td style="text-align: center;">23.9%</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Indice de Plasticidad</td> <td style="text-align: center;">8.3%</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Densidad Maxima Seca</td> <td style="text-align: right;">(Kg/m3)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Humedad Optima</td> <td></td> </tr> </table>	COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)			Grava	34.0	(%)	Arena	35.7	(%)	Finos	30.3	(%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			Limite Liquido	32.2%	(%)	Limite Plastico	23.9%	(%)	Indice de Plasticidad	8.3%	(%)	PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)		Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)	Humedad Optima		
COMPOSICION GRANULOMETRICA (%)																															
Grava	34.0	(%)																													
Arena	35.7	(%)																													
Finos	30.3	(%)																													
LIMITES DE CONSISTENCIA																															
Limite Liquido	32.2%	(%)																													
Limite Plastico	23.9%	(%)																													
Indice de Plasticidad	8.3%	(%)																													
PROCTOR MODIFICADO (KG/M3)																															
Densidad Maxima Seca	(Kg/m3)																														
Humedad Optima																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; background-color: #f2f2f2;">CLASIFICACION DE MATERIAL</th> </tr> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: right;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">S.U.C.S.</td> <td>Arena limosa con grava SM</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	CLASIFICACION DE MATERIAL			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: right;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">S.U.C.S.</td> <td>Arena limosa con grava SM</td> </tr> </table>	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Arena limosa con grava SM																							
CLASIFICACION DE MATERIAL																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: right;">AASHTO</td> <td>A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">S.U.C.S.</td> <td>Arena limosa con grava SM</td> </tr> </table>	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena	S.U.C.S.	Arena limosa con grava SM																										
AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena																														
S.U.C.S.	Arena limosa con grava SM																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Preparado por:</td> <td style="width: 60%;">Ing. Edili Arias</td> </tr> </table>			Preparado por:	Ing. Edili Arias																											
Preparado por:	Ing. Edili Arias																														

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fecha:</td> <td style="width: 30%;">11-Feb-22</td> <td style="width: 20%;">No.</td> <td style="width: 20%;">1322-A</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="3">EDESUR</td> </tr> <tr> <td>Proyecto:</td> <td colspan="3">Subestación Granito</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td colspan="3">San Cristobal</td> </tr> <tr> <td>Procedencia:</td> <td colspan="3">S5 (M2)</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="3">Arena limosa con grava SM</td> </tr> <tr> <td>Uso:</td> <td colspan="3">Estudio Geotécnico</td> </tr> </table>				Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A	Cliente:	EDESUR			Proyecto:	Subestación Granito			Dirección:	San Cristobal			Procedencia:	S5 (M2)			Material:	Arena limosa con grava SM			Uso:	Estudio Geotécnico		
Fecha:	11-Feb-22	No.	1322-A																												
Cliente:	EDESUR																														
Proyecto:	Subestación Granito																														
Dirección:	San Cristobal																														
Procedencia:	S5 (M2)																														
Material:	Arena limosa con grava SM																														
Uso:	Estudio Geotécnico																														
LABORATORIO DE MATERIALES																															
ENSAYO GRANULOMETRICO (ASTM D 6913)																															
Muestra no. 1 Peso seco (gr): 666.24																															
Tamiz No.	Tamiz (mm)	Peso mat. retenido (g)	Porcentaje Retenido Acum. Retenido Pasante																												
3 1/2"																															
3"	75.00		0.00 0.00 100.00																												
2 1/2"	63.00		0.00 0.00 100.00																												
2"	50.00		0.00 0.00 100.00																												
1 1/2"	37.50		0.00 0.00 100.00																												
1"	25.00	51.1	7.67 7.67 92.33																												
3/4"	19.00	35.9	5.39 13.06 86.94																												
1/2"	12.50	42.8	6.43 19.49 80.51																												
3/8"	9.50	21.4	3.22 22.71 77.29																												
No. 4	4.75	75.3	11.30 34.01 65.99																												
No. 10	2.00	66.1	9.93 43.93 56.07																												
No. 20	0.85	72.8	10.93 54.86 45.14																												
No. 40	0.43	32.8	4.92 59.78 40.22																												
No. 60	0.25	29.9	4.49 64.27 35.73																												
No. 100	0.15	14.2	2.14 66.40 33.60																												
No. 200	0.075	21.8	3.28 69.68 30.32																												
Pan																															

RESUMEN DEL ENSAYO

Porcentaje de grava	34.0	Clasificación	AASHTO	A-2-4 Limo o grava arcillosa y arena
Porcentaje de arena	35.7		S.U.C.S.	Arena limosa con grava SM
Porcentaje de finos	30.3			
D10				
D30				
D60				
Cu				
Cc				
Observaciones:				

Preparado por:	Ing. Edili Arias
----------------	------------------

Fecha:		11-Feb-22		No. 1322-B									
Cliente:		EDESUR											
Proyecto:		Subestación Granito											
Dirección:		San Cristobal											
Procedencia:		S5 (M2)											
Material:		Arena limosa con grava SM											
Uso:		Estudio Geotécnico											
LABORATORIO DE MATERIALES													
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D - 4318)													
Límite Líquido (LL)													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5								
A) Número de Golpes	34	24	17										
B) Número del recipiente	19	20	21										
C) Peso recipiente	11.3	11.32	11.31										
D) Peso del recip. + suelo húmedo	23.52	23.89	23.74										
E) Peso del recip. + suelo seco	20.77	20.83	20.50										
F) Peso agua (D-E)	2.75	3.06	3.24										
G) Peso suelo seco (E-C)	9.47	9.51	9.19										
H) Contenido de Humedad (F/G) %	29.0%	32.2%	35.3%										
Límite Plástico (LP)													
Número de Ensayo	1	2	3	4	5								
A) Número del recipiente	N	O											
B) Peso recipiente	4.30	4.31											
C) Peso del recip. + suelo húmedo	7.52	6.89											
D) Peso del recip. + suelo seco	6.89	6.4											
E) Peso agua (C-D)	0.63	0.49											
F) Peso suelo seco (D-B)	2.59	2.09											
G) Contenido de Humedad (E/F) %	24.3%	23.4%											
Curva de Flujo		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Resumen del Ensayo</th> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%)</td> <td>32.2%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico (%)</td> <td>23.9%</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td>8.3%</td> </tr> </table>				Resumen del Ensayo		Límite líquido (%)	32.2%	Límite plástico (%)	23.9%	Índice de plasticidad (%)	8.3%
Resumen del Ensayo													
Límite líquido (%)	32.2%												
Límite plástico (%)	23.9%												
Índice de plasticidad (%)	8.3%												
Humedad a 25 golpes: 32.2%													
Preparado por:		Ing. Edili Arias											

Conclusiones

Realizados todos los ensayos pertinentes de laboratorio a todas las muestras tomadas en campo, se presenta como conclusión que el suelo del terreno estudiado presenta homogeneidad y que los estratos encontrados son consistentes. A una profundidad con rango entre 0.00 y 1.35 metros se identificaron suelos consistentes en Arena Limosa (SM) con alto contenido de materia orgánica y rellenos antrópicos. Para el estrato 2, el cual tiene una profundidad comprendida entre 1.80 m y 7.80 m aproximadamente, se encontró una Arena Limosa (SM) que presenta una humedad que va desde 9 % hasta 13.98 %. Para ese mismo estrato el Límite Líquido promedio es de 26%, el Límite Plástico de 22% y el Índice de Plasticidad de 4%. Finalmente, a una profundidad comprendida entre 7.80 y 15.50 metros, se identificó una Grava Limosa (GM) que presenta una humedad que va desde 9 % hasta 20 %. Para ese mismo estrato el Límite Líquido promedio es de 24%, el Límite Plástico de 20% y el Índice de Plasticidad de 4%.



ING. JARUSELSKY PÉREZ

Gerente de proyectos

www.bozzettord.com

ANEXO III. Determinación de la capacidad de carga admisible en cimentaciones superficiales (Memoria de Cálculo)

Memoria de Cálculos del Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE EN FUNDACIONES SUPERFICIALES

La presente memoria de cálculo tiene por finalidad determinar la capacidad de carga admisible y asentamientos para el proyecto "Subestación Granito Los Bojos, S.C"

LEYENDA;

γ_d = *Peso específico del material*

S_{eR} = *Asiento Elástico*

E_{sL} = *Módulo Elástico*

ϕ = *Ángulo de fricción interno*

c = *Relación de Poisson*

B = *Dimensión menor de la zapata*

D_f = *Profundidad de desplante*

$\begin{pmatrix} N_{q1M} \\ N_{\gamma1M} \\ N_{c1M} \end{pmatrix}$ = *Factores de capacidad de carga propuestos por Meyerhof (1963)*
 FSE = *Factor de seguridad Estático*

q_{ul1M} = *Capacidad de carga última*

q_{admME} = *Capacidad de carga admisible Estática*

q_{admMD} = *Capacidad de carga admisible dinámica*

K_{e1E} = *Módulo de reacción o coeficiente de Balasto*

c = *Cohesión*

PARAMETROS GENERALES DEL SUELO

-Datos obtenidos de los ensayos de laboratorio (ver anexos I al II de Resultados de Laboratorio)

1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura

- Espesor del Estrato: $H_1 := 7.8 \cdot m$
- Humedad: $w_1 := 20\%$
- Relación de Vacíos: $e_1 := 1.11$
- Densidad Seca: $\gamma_{d1} := 1.28 \cdot \frac{tonne}{m^3}$
- Ángulo de fricción: $\phi_1 := 28^\circ$
- Cohesión: $c_1 := 0.10 \cdot \frac{kg}{cm^2}$

2. Unidad 2. Grava Limosa, GM, Consistencia Muy Firme a Dura

- Espesor del Estrato: $H_2 := 8.50 \cdot m$
- Humedad: $w_2 := 19.0\%$
- Relación de Vacíos: $e_2 := 1.11$
- Densidad Seca: $\gamma_{d2} := 1.39 \cdot \frac{tonne}{m^3}$
- Ángulo de fricción: $\phi_2 := 30^\circ$
- Cohesión: $c_2 := 0.10 \cdot \frac{kg}{cm^2}$

Parámetros de diseño**· Datos para Zapata cuadrada**

$$B := 1.0 \cdot m$$

$$L := 1.0 \cdot m$$

$$D_{f1} := 1.2 \cdot m$$

· Datos para Zapata continua

$$L_c := 5 \cdot m$$

$$B_c := 1.0 \cdot m$$

$$D_{f2} := 1.2 \cdot m$$

97

· Datos para Platea

$$L_p := 10 \cdot m$$

$$B_p := 5 \cdot m$$

$$D_{f3} := 0.30 \cdot m$$

$$FSE := 3 \quad (\text{Factor de seguridad Estático})$$

NOTA: No se detectó presencia del nivel freático

FACTORES DE CAPACIDAD POR MEYERHOF

Los factores de capacidad de carga se determinan mediante las ecuaciones propuestas por **Meyerhof (1963)**:

1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura

Corte general

$$N_{q1M} := \tan \left(45^\circ + \frac{\phi_1}{2} \right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\phi_1)} = 14.72$$

$$N_{\gamma 1M} := 2 \cdot (N_{q1M} + 1) \cdot \tan(\phi_1) = 16.717$$

$$N_{c1M} := \frac{(N_{q1M} - 1)}{\tan(\phi_1)} = 25.803$$

Caso de Zapata Cuadrada $B := L$

· Factores de Forma Unidad 1 Propuesto por **De Beer (1970)** :

$$F_{cs11} := 1 + B \cdot \frac{N_{q1M}}{L \cdot N_{c1M}} = 1.57 \quad F_{qs11} := 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan(\phi_1) = 1.532 \quad F_{\gamma s11} := 1 - \frac{0.4 \cdot B}{L} = 0.6$$

· Factores de Profundidad Unidad 1 Propuestos por **Hansen (1970)**:

$$F_{cd11}(D_f, B) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_f}{B} \leq 1 \\ \quad \left| 1 + \frac{0.4 \cdot D_f}{L} \right| \\ \text{else} \\ \quad \left| \left(1 + 0.4 \cdot \tan\left(\frac{D_f}{B}\right) \right) \right| \end{cases}$$

$$F_{qd11}(D_f, B) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_f}{B} \leq 1 \\ \left\| 1 + 2 \cdot \tan(\phi_1) \cdot (1 - \sin(\phi_1))^2 \cdot \frac{D_f}{B} \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left(1 + 2 \cdot \tan(\phi_1) \cdot (1 - \sin(\phi_1))^2 \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{D_f}{B}\right) \right) \right\| \end{cases}$$

$$F_{cd11}(D_{f1}, B) = 1.35$$

$$F_{qd11}(D_{f1}, B) = 1.262$$

$$F_{\gamma d11} := 1$$

Factores de Inclinación Unidad 1 propuestos por **Meyerhof (1953)**

Para la inclinación de carga $\beta := 0$

$$F_{ci11} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ}\right)^2 = 1$$

$$F_{qi11} := F_{ci11} = 1$$

$$F_{\gamma i11} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi_1}\right)^2 = 1$$

Caso de Zapata Corrida

Factores de Forma Unidad 1 Propuesto por **De Beer (1970)** :

$$F_{cs12} := 1 + Bc \cdot \frac{N_{q1M}}{Lc \cdot N_{c1M}} = 1.114 \quad F_{qs12} := 1 + \frac{Bc}{Lc} \cdot \tan(\phi_1) = 1.106 \quad F_{\gamma s12} := 1 - \frac{0.4 \cdot Bc}{Lc} = 0.92$$

Factores de Profundidad Unidad 1 Propuestos por **Hanzen (1970)**:

$$F_{cd12}(D_f, Bc) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_f}{Bc} \leq 1 \\ \left\| 1 + \frac{0.4 \cdot D_f}{Lc} \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left(1 + 0.4 \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{D_f}{Bc}\right) \right) \right\| \end{cases}$$

$$F_{qd12}(D_f, B_c) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_f}{B_c} \leq 1 \\ \left\| \left\| 1 + 2 \cdot \tan(\phi_1) \cdot (1 - \sin(\phi_1))^2 \cdot \frac{D_f}{B_c} \right\| \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left\| \left(1 + 2 \cdot \tan(\phi_1) \cdot (1 - \sin(\phi_1))^2 \cdot \text{atan}\left(\frac{D_f}{B_c}\right) \right) \right\| \right\| \end{cases}$$

$$F_{cd12}(D_{f2}, B_c) = 1.35$$

$$F_{qd12}(D_{f2}, B_c) = 1.262$$

$$F_{\gamma d12} := 1$$

Factores de Inclinación Unidad 1 propuestos por **Meyerhof (1953)**

Para la inclinación de carga $\beta := 0$

$$F_{ci12} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2 = 1$$

$$F_{qi12} := F_{ci12} = 1$$

$$F_{\gamma i12} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi_1} \right)^2 = 1$$

Caso Platea

Factores de Forma Unidad 1 Propuesto por **De Beer (1970)** :

$$F_{cs13} := 1 + B_p \cdot \frac{N_{q1M}}{L_p \cdot N_{c1M}} = 1.285 \quad F_{qs13} := 1 + \frac{B_p}{L_p} \cdot \tan(\phi_1) = 1.266 \quad F_{\gamma s13} := 1 - \frac{0.4 \cdot B_p}{L_p} = 0.8$$

Factores de Profundidad Unidad 1 Propuestos por **Hanzen (1970)**:

$$F_{cd13}(D_{f3}, B_p) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f3}}{B_p} \leq 1 \\ \left\| \left\| 1 + \frac{0.4 \cdot D_{f3}}{L_p} \right\| \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left\| \left(1 + 0.4 \cdot \text{atan}\left(\frac{D_{f3}}{B_p}\right) \right) \right\| \right\| \end{cases}$$

$$F_{qd13}(D_{f3}, B_p) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f3}}{B_p} \leq 1 \\ \left\| \left\| 1 + 2 \cdot \tan(\phi_1) \cdot (1 - \sin(\phi_1))^2 \cdot \frac{D_{f3}}{B_p} \right\| \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left\| \left(1 + 2 \cdot \tan(\phi_1) \cdot (1 - \sin(\phi_1))^2 \cdot \text{atan}\left(\frac{D_{f3}}{B_p}\right) \right) \right\| \right\| \end{cases}$$

$$F_{cd13}(D_{f3}, B_p) = 1.012$$

$$F_{qd13}(D_{f3}, B_p) = 1.018$$

$$F_{\gamma d13} := 1$$

Factores de Inclinación Unidad 1 propuestos por **Meyerhof (1953)**

Para la inclinación de carga $\beta := 0$

$$F_{ci13} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ}\right)^2 = 1$$

$$F_{qi13} := F_{ci13} = 1$$

$$F_{\gamma i13} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi_1}\right)^2 = 1$$

2. Unidad 2. Grava Limosa, GM, Consistencia Muy Firme a Dura

Corte general

$$N_{q2M} := \tan\left(45^\circ + \frac{\phi_2}{2}\right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\phi_2)} = 18.401$$

$$N_{\gamma 2M} := 2 \cdot (N_{q2M} + 1) \cdot \tan(\phi_2) = 22.402$$

$$N_{c2M} := \frac{(N_{q2M} - 1)}{\tan(\phi_2)} = 30.14$$

Caso de Zapata Cuadrada

$$B := L$$

Factores de Forma Unidad 2 Propuesto por **De Beer (1970)** :

$$F_{cs21} := 1 + B \cdot \frac{N_{q2M}}{L \cdot N_{c2M}} = 1.611$$

$$F_{qs21} := 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan(\phi_2) = 1.577$$

$$F_{\gamma s21} := 1 - \frac{0.4 \cdot B}{L} = 0.6$$

Factores de Profundidad Unidad 2 Propuestos por **Hanzen (1970)**:

$$F_{cd21}(D_{f1}, B) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f1}}{B} \leq 1 \\ \left\| 1 + \frac{0.4 \cdot D_{f1}}{L} \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left(1 + 0.4 \cdot \tan\left(\frac{D_{f1}}{B}\right) \right) \right\| \end{cases}$$

$$F_{qd21}(D_{f1}, B) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f1}}{B} \leq 1 \\ \left\| \left\| 1 + 2 \cdot \tan(\phi_2) \cdot (1 - \sin(\phi_2))^2 \cdot \frac{D_{f1}}{B} \right\| \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left\| \left(1 + 2 \cdot \tan(\phi_2) \cdot (1 - \sin(\phi_2))^2 \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{D_{f1}}{B}\right) \right) \right\| \right\| \end{cases}$$

$$F_{cd21}(D_{f1}, B) = 1.35$$

$$F_{qd21}(D_{f1}, B) = 1.253$$

$$F_{\gamma d21} := 1$$

- Factores de Inclinación Unidad 2 propuestos por **Meyerhof (1953)**

Para la inclinación de carga $\beta := 0$

$$F_{ci21} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ}\right)^2 = 1$$

$$F_{qi21} := F_{ci21} = 1$$

$$F_{\gamma i21} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi_2}\right)^2 = 1$$

Caso de Zapata Corrida

- Factores de Forma Unidad 2 Propuesto por **De Beer (1970)** :

$$F_{cs22} := 1 + Bc \cdot \frac{N_{q2M}}{Lc \cdot N_{c2M}} = 1.122 \quad F_{qs22} := 1 + \frac{Bc}{Lc} \cdot \tan(\phi_2) = 1.115 \quad F_{\gamma s22} := 1 - \frac{0.4 \cdot Bc}{Lc} = 0.92$$

- Factores de Profundidad Unidad 2 Propuestos por **Hanzen (1970)**:

$$F_{cd22}(D_{f2}, Bc) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f2}}{Bc} \leq 1 \\ \left\| \left\| 1 + \frac{0.4 \cdot D_{f2}}{Lc} \right\| \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left\| \left(1 + 0.4 \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{D_{f2}}{Bc}\right) \right) \right\| \right\| \end{cases}$$

$$F_{qd22}(D_{f2}, Bc) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f2}}{B} \leq 1 \\ \left\| \left\| 1 + 2 \cdot \tan(\phi_2) \cdot (1 - \sin(\phi_2))^2 \cdot \frac{D_{f2}}{Bc} \right\| \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left\| \left(1 + 2 \cdot \tan(\phi_2) \cdot (1 - \sin(\phi_2))^2 \cdot \text{atan}\left(\frac{D_{f2}}{Bc}\right) \right) \right\| \right\| \end{cases}$$

$$F_{cd22}(D_{f2}, Bc) = 1.35$$

$$F_{qd22}(D_{f2}, Bc) = 1.253$$

$$F_{\gamma d22} := 1$$

- Factores de Inclinación Unidad 2 propuestos por **Meyerhof (1953)**

Para la inclinación de carga $\beta := 0$

$$F_{ci22} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ}\right)^2 = 1$$

$$F_{qi22} := F_{ci22} = 1$$

$$F_{\gamma i22} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi_1}\right)^2 = 1$$

Caso Platea

- Factores de Forma Unidad 1 Propuesto por **De Beer (1970)** :

$$F_{cs23} := 1 + B_p \cdot \frac{N_{q1M}}{L_p \cdot N_{c1M}} = 1.285 \quad F_{qs23} := 1 + \frac{B_p}{L_p} \cdot \tan(\phi_2) = 1.289 \quad F_{\gamma s23} := 1 - \frac{0.4 \cdot B_p}{L_p} = 0.8$$

- Factores de Profundidad Unidad 1 Propuestos por **Hanzen (1970)**:

$$F_{cd23}(D_{f3}, B_p) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f3}}{B_p} \leq 1 \\ \left\| \left\| 1 + \frac{0.4 \cdot D_{f3}}{L_p} \right\| \right\| \\ \text{else} \\ \left\| \left\| \left(1 + 0.4 \cdot \text{atan}\left(\frac{D_{f3}}{B_p}\right) \right) \right\| \right\| \end{cases}$$

$$F_{qd23}(D_{f3}, B_p) := \begin{cases} \text{if } \frac{D_{f3}}{B_p} \leq 1 \\ \left(1 + 2 \cdot \tan(\phi_2) \cdot (1 - \sin(\phi_2)) \right)^2 \cdot \frac{D_{f3}}{B_p} \\ \text{else} \\ \left(1 + 2 \cdot \tan(\phi_2) \cdot (1 - \sin(\phi_2)) \right)^2 \cdot \text{atan}\left(\frac{D_{f3}}{B_p}\right) \end{cases}$$

$$F_{cd13}(D_{f3}, B_p) = 1.012$$

$$F_{qd13}(D_{f3}, B_p) = 1.018$$

$$F_{\gamma d13} := 1$$

Factores de Inclinación Unidad 1 propuestos por Meyerhof (1953)

Para la inclinación de carga $\beta := 0$

$$F_{ci23} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2 = 1$$

$$F_{qi23} := F_{ci23} = 1$$

$$F_{\gamma i23} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi_2} \right)^2 = 1$$

CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO

Se determina la capacidad soporte del suelo para todas las unidades siguiendo el caso de falla por corte general propuesto por Terzaghi (1943)

1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata cuadrada está dada por:

$$q_{ul11T} := 1.3 \cdot N_{c1M} \cdot c_1 + \gamma_{d1} \cdot D_{f1} \cdot N_{q1M} + 0.4 \cdot \gamma_{d1} \cdot B \cdot N_{\gamma1M} = 6.471 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admMCT11} := \frac{q_{ul11T}}{FSE} = 2.157 \frac{kg}{cm^2} \quad (\text{Estático})$$

$$q_{admMDT11} := 1.3 \cdot q_{admMCT11} = 2.804 \frac{kg}{cm^2} \quad (\text{Sísmico})$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata corrida, está dada por:

$$q_{ul12T} := N_{c1M} \cdot c_1 + \gamma_{d1} \cdot D_{f2} \cdot N_{q1M} + 0.5 \cdot \gamma_{d1} \cdot Bc \cdot N_{\gamma1M} = 5.911 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admMCT12} := \frac{q_{ul12T}}{FSE} = 1.97 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMDT12} := 1.3 \cdot q_{admMCT12} = 2.562 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para el caso de Platea, **está dada por:**

$$q_{ul13T} := N_{c1M} \cdot c_1 + \gamma_{d1} \cdot D_{f3} \cdot N_{q1M} + 0.5 \cdot \gamma_{d1} \cdot B_p \cdot N_{\gamma1M} = 8.495 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admMCT13} := \frac{q_{ul13T}}{FSE} = 2.832 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMDT13} := 1.3 \cdot q_{admMCT13} = 3.681 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

2. Unidad 2. Grava Limosa, GM, Consistencia Muy Firme a Dura

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata cuadrada **está dada por:**

$$q_{ul21T} := 1.3 \cdot N_{c2M} \cdot c_2 + \gamma_{d2} \cdot D_{f1} \cdot N_{q2M} + 0.4 \cdot \gamma_{d2} \cdot B \cdot N_{\gamma2M} = 8.233 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admMCT21} := \frac{q_{ul21T}}{FSE} = 2.744 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMDT21} := 1.3 \cdot q_{admMCT21} = 3.568 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata corrida, **está dada por:**

$$q_{ul22T} := N_{c2M} \cdot c_2 + \gamma_{d2} \cdot D_{f2} \cdot N_{q2M} + 0.5 \cdot \gamma_{d2} \cdot B_c \cdot N_{\gamma2M} = 7.64 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admMCT22} := \frac{q_{ul22T}}{FSE} = 2.547 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMDT22} := 1.3 \cdot q_{admMCT22} = 3.311 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para el caso de Platea, **está dada por:**

$$q_{ul23T} := N_{c2M} \cdot c_1 + \gamma_{d2} \cdot D_{f3} \cdot N_{q2M} + 0.5 \cdot \gamma_{d2} \cdot B_p \cdot N_{\gamma2M} = 11.566 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admMCT13} := \frac{q_{ul13T}}{FSE} = 2.832 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMDT13} := 1.3 \cdot q_{admMCT13} = 3.681 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

Se determina la capacidad soporte para todas las unidades siguiendo el caso de falla por corte general propuesto por Meyerhof (1953)

1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata cuadrada siguiendo la expresión propuesta por Meyerhof (1953), está dada por:

$$q_{ul11M} := F_{c11} \cdot F_{cd11} (D_{f1}, B) \cdot F_{c11} \cdot N_{c1M} \cdot c_1 + F_{q11} \cdot F_{qd11} (D_{f1}, B) \cdot F_{q11} \cdot \gamma_{d1} \cdot D_{f1} \cdot N_{q1M} + F_{\gamma11} \cdot F_{\gamma d11} \cdot F_{\gamma11} \cdot \gamma_{d1} \cdot B \cdot N_{\gamma1M} = 11.127 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admME11} := \frac{q_{ul11M}}{FSE} = 3.709 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMD11} := 1.3 \cdot q_{admME11} = 4.822 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata corrida siguiendo la expresión propuesta por Meyerhof (1953), está dada por:

$$q_{ul12M} := F_{c12} \cdot F_{cd12} (D_{f2}, Bc) \cdot F_{c12} \cdot N_{c1M} \cdot c_1 + F_{q12} \cdot F_{qd12} (D_{f2}, Bc) \cdot F_{q12} \cdot \gamma_{d1} \cdot D_{f1} \cdot N_{q1M} + F_{\gamma12} \cdot F_{\gamma d12} \cdot F_{\gamma12} \cdot \gamma_{d1} \cdot Bc \cdot N_{\gamma1M} = 9.008 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admME12} := \frac{q_{ul12M}}{FSE} = 3.003 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMD12} := 1.3 \cdot q_{admME12} = 3.903 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la platea siguiendo la expresión propuesta por Meyerhof (1953), está dada por:

$$q_{ul13M} := F_{c13} \cdot F_{cd13} (D_{f3}, B_p) \cdot F_{c13} \cdot N_{c1M} \cdot c_1 + F_{q13} \cdot F_{qd13} (D_{f3}, B_p) \cdot F_{q13} \cdot \gamma_{d1} \cdot D_{f3} \cdot N_{q1M} + F_{\gamma13} \cdot F_{\gamma d13} \cdot F_{\gamma13} \cdot \gamma_{d1} \cdot B_p \cdot N_{\gamma1M} = 12.644 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admME13} := \frac{q_{ul13M}}{FSE} = 4.215 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{admMD13} := 1.3 \ q_{admME13} = 5.479 \frac{kg}{cm^2} \quad (S\acute{ismico})$$

2. Unidad 2. Grava Limosa, GM, Consistencia Muy Firme a Dura

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata cuadrada siguiendo la expresi3n propuesta por Meyerhof (1953), est3 dada por:

$$q_{ul21M} := F_{c21} \cdot F_{cd21}(D_{f1}, B) \cdot F_{c21} \cdot N_{c2M} \cdot c_2 + F_{q21} \cdot F_{qd21}(D_{f1}, B) \cdot F_{q21} \cdot \gamma_{d2} \cdot D_{f1} \cdot N_{q2M} + F_{\gamma21} \cdot F_{\gamma d21} \cdot F_{\gamma21} \cdot \gamma_{d2} \cdot B \cdot N_{\gamma2M} = 14.489 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admME21} := \frac{q_{ul21M}}{FSE} = 4.83 \frac{kg}{cm^2} \quad (Est\acute{atico})$$

$$q_{admMD21} := 1.3 \cdot q_{admME21} = 6.279 \frac{kg}{cm^2} \quad (S\acute{ismico})$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la zapata corrida siguiendo la expresi3n propuesta por Meyerhof (1953), est3 dada por:

$$q_{ul22M} := F_{c22} \cdot F_{cd22}(D_{f2}, Bc) \cdot F_{c22} \cdot N_{c2M} \cdot c_2 + F_{q22} \cdot F_{qd22}(D_{f2}, Bc) \cdot F_{q22} \cdot \gamma_{d2} \cdot D_{f2} \cdot N_{q2M} + F_{\gamma22} \cdot F_{\gamma d22} \cdot F_{\gamma22} \cdot \gamma_{d2} \cdot Bc \cdot N_{\gamma2M} = 11.722 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admME22} := \frac{q_{ul22M}}{FSE} = 3.907 \frac{kg}{cm^2} \quad (Est\acute{atico})$$

$$q_{admMD22} := 1.3 \ q_{admME22} = 5.079 \frac{kg}{cm^2} \quad (S\acute{ismico})$$

La capacidad soporte para el caso de Falla por corte general para la platea siguiendo la expresi3n propuesta por Meyerhof (1953), est3 dada por:

$$q_{ul23M} := F_{c23} \cdot F_{cd23}(D_{f3}, B_p) \cdot F_{c23} \cdot N_{c2M} \cdot c_3 + F_{q23} \cdot F_{qd23}(D_{f3}, B_p) \cdot F_{q23} \cdot \gamma_{d2} \cdot D_{f3} \cdot N_{q2M} + F_{\gamma23} \cdot F_{\gamma d23} \cdot F_{\gamma23} \cdot \gamma_{d2} \cdot B_p \cdot N_{\gamma2M} = 17.382 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q_{admME23} := \frac{q_{ul23M}}{FSE} = 5.794 \frac{kg}{cm^2} \quad (Est\acute{atico})$$

$$q_{admMD23} := 1.3 \ q_{admME23} = 7.532 \frac{kg}{cm^2} \quad (S\acute{ismico})$$

VALORES MINIMOS DE CAPACIDAD DE CARGA**1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura****Para Zapata cuadrada**

$$q_{adm11E} := \min(q_{admMCT11}, q_{admME11}) = 2.157 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{adm11D} := \min(q_{admMDT11}, q_{admMD11}) = 2.804 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

Para Zapata corrida

$$q_{adm12E} := \min(q_{admMCT12}, q_{admME12}) = 1.97 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{adm12D} := \min(q_{admMDT12}, q_{admMD12}) = 2.562 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

Para Platea

$$q_{adm13E} := \min(q_{admMCT13}, q_{admME13}) = 2.832 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{adm13D} := \min(q_{admMDT13}, q_{admMD13}) = 3.681 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura**Para Zapata cuadrada**

$$q_{adm21E} := \min(q_{admMCT21}, q_{admME21}) = 2.744 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{adm21D} := \min(q_{admMDT21}, q_{admMD21}) = 3.568 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

Para Zapata corrida

$$q_{adm22E} := \min(q_{admMCT22}, q_{admME22}) = 2.547 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{adm22D} := \min(q_{admMDT22}, q_{admMD22}) = 3.311 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

Para Platea

$$q_{adm23E} := \min(q_{admMCT13}, q_{admME23}) = 2.832 \frac{kg}{cm^2} \quad (Estático)$$

$$q_{adm23D} := \min(q_{admMDT13}, q_{admMD23}) = 3.681 \frac{kg}{cm^2} \quad (Sísmico)$$

Utilizar capacidad admisible para zapata Cuadrada $q_{adu} := 2.0 \frac{kg}{cm^2}$

Utilizar capacidad admisible para zapata Corrida $q_{adu} := 2.0 \frac{kg}{cm^2}$

Utilizar capacidad admisible para Platea $q_{adu} := 2.5 \frac{kg}{cm^2}$

Cálculo de Asentamiento Elástico

$$H_{1d} := 5.30 \text{ m}$$

Para Zapata cuadrada

$$h_1 := 2 \cdot B = 2 \text{ m}$$

$$z_1 := H_{1d} - D_{f1} = 4.1 \text{ m}$$

$$z_1 > 2 B$$

Estrato finito

$$\frac{D_{f1}}{B} = 1.2$$

$$v_1 := 71 \text{ tonne}$$

$$q_1 := \frac{v_1}{5 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}} = 1.42 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Presión neta aplicada sobre la Cimentación}$$

$$\text{Módulo de Young} \quad E := 439 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\text{Relación de Poisson } \nu := 0.30$$

$$B_{11} := \frac{B}{2} = 0.5 \text{ m}$$

Para determinar a Is y If

$$MR_{LB} := \frac{L}{B} = 1 \quad NR_{DB} := \frac{z_1}{\frac{B}{2}} = 8.2 \quad \alpha := 4$$

Tomado de la tabla 5.8 y 5.9 del libro de Cimentaciones superficiales de Braja M Das

$$f_{11} := 0.484 \quad f_{12} := 0.019$$

$$I_s := f_{11} + \frac{(1 - 2 \cdot \nu)}{1 - \nu} \cdot f_{12} = 0.495$$

De la tabla 5.10 del libro de Cimentaciones superficiales de Braja M Das

$$I_f := 0.65$$

$$Se_{11} := q_1 \cdot \alpha \cdot B_{11} \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{E} \cdot I_s \cdot I_f = 0.189 \text{ cm}$$

Para Zapata corrida

$$h_2 := 2 \cdot B_c = 2 \text{ m} \quad z_2 := H_{1d} - D_{f2} = 4.1 \text{ m}$$

$$\text{Estrato finito} \quad \frac{D_{f2}}{B_c} = 1.2$$

$$z_2 \leq 2 B_c$$

$$v_2 := 96 \text{ tonne}$$

$$q_2 := \frac{v_2}{B_c \cdot L_c} = 1.92 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{Presión neta aplicada sobre la Cimentación}$$

$$\text{Relación de Poisson } \nu := 0.30$$

$$B_{22} := \frac{B_c}{2} = 0.5 \text{ m}$$

Para determinar a Is y If

$$MR_{LB} := \frac{L_c}{B_c} = 5 \quad 110 \quad NR_{DB} := \frac{z_2}{\frac{B_c}{2}} = 8.2 \quad \alpha := 4$$

Tomado de la tabla 5.8 y 5.9 del libro de Cimentaciones superficiales de Braja M Das

$$f_{21} := 0.777$$

$$f_{22} := 0.083$$

$$I_s := f_{21} + \frac{(1 - 2 \cdot \nu)}{1 - \nu} \cdot f_{22} = 0.824$$

De la tabla 5.10 del libro de Cimentaciones superficiales de Braja M Das

$$I_f := 0.78$$

$$Se_{12} := q_2 \cdot \alpha \cdot B_{22} \frac{(1 - \nu^2)}{E} \cdot I_s \cdot I_f = 0.512 \text{ cm}$$

Para Platea

$$h_2 := 2 \cdot B_p = 10 \text{ m}$$

$$z_3 := H_{1d} - D_{f3} = 5 \text{ m}$$

Estrato finito

$$\frac{D_{f3}}{B_p} = 0.06$$

$$z_2 \leq 2 B_c$$

$$v_2 := 4800 \text{ tonne}$$

$$q_2 := \frac{v_2}{B_p \cdot L_p} = 9.6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Presión neta aplicada sobre la Cimentación

Relación de Poisson $\nu := 0.30$

$$B_{33} := \frac{B_p}{2} = 2.5 \text{ m}$$

Para determinar a I_s y I_f

$$MR_{LB} := \frac{L_p}{B_p} = 2$$

$$NR_{DB} := \frac{z_3}{\frac{B_p}{2}} = 2 \quad \alpha := 4$$

Tomado de la tabla 5.8 y 5.9 del libro de Cimentaciones superficiales de Braja M Das

$$f_{21} := 0.125$$

111

$$f_{22} := 0.109$$

$$I_s := f_{21} + \frac{(1 - 2 \cdot \nu)}{1 - \nu} \cdot f_{22} = 0.187$$

De la tabla 5.10 del libro de Cimentaciones superficiales de Braja M Das

$$I_f := 0.93$$

$$Se_{12} := q_2 \cdot \alpha \cdot B_{33} \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{E} \cdot I_s \cdot I_f = 3.466 \text{ cm}$$

Cálculo de Asentamiento por Consolidación

Estrato 1

$$\gamma_{dz} := 1.27 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \quad dz := 0.90 \text{ m} \quad dz_1 := 1.35 \text{ m} \quad dz_2 := 1.35 \text{ m}$$

$$\sigma_{01} := \gamma_{dz} \cdot dz + \gamma_{d1} \cdot \frac{dz_1}{2} = 0.19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$LL_1 := 24$$

$$Sc_1 := 0.009 \cdot \frac{(LL_1 - 10)}{1 + e_1} \cdot \log \left(1 + 0.2 \cdot \frac{q_1}{\sigma_{01}} \right) \cdot \frac{z_1}{2} = 4.859 \text{ cm}$$

Estrato 2

$$dz := 1 \text{ m} \quad dz_1 := 1.35 \text{ m} \quad dz_2 := 1.35 \text{ m}$$

$$\sigma_{02} := \gamma_{d1} \cdot dz_1 + \gamma_{d2} \cdot \frac{dz_2}{2} = 0.267 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$LL_2 := 25$$

$$Sc_2 := 0.009 \cdot \frac{(LL_2 - 10)}{1 + e_2} \cdot \log \left(1 + 0.2 \cdot \frac{q_2}{\sigma_{02}} \right) \cdot \frac{z_1}{2} = 11.986 \text{ cm}$$

Módulo de Reacción

Módulos de Reacción de acuerdo con Bowless (1982) Zapata aislada

$$K_{elE} := 0.40 \cdot FSE \cdot \frac{2.0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{112 \text{ cm}} = 2.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Utilizar un módulo de reacción de $2.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

· **Módulos de Reacción de acuerdo con Bowless (1982) Zapata corrida**

$$K_{e1E} := 0.40 \cdot FSE \cdot \frac{2.0 \frac{kg}{cm^2}}{1 \text{ cm}} = 2.4 \frac{kg}{cm^3}$$

Utilizar un módulo de reacción de $2.4 \frac{kg}{cm^3}$

· **Módulos de Reacción de acuerdo con Bowless (1982) Zapata corrida**

$$K_{e1E} := 0.40 \cdot FSE \cdot \frac{2.5 \frac{kg}{cm^2}}{1 \text{ cm}} = 3 \frac{kg}{cm^3}$$

Utilizar un módulo de reacción de $3.0 \frac{kg}{cm^3}$

ANEXO IV. Determinación de la capacidad de carga admisible en Cimentaciones profundas (Memoria de Cálculo)

1. INTRODUCCIÓN:

Las cimentaciones profundas se utilizan cuando el suelo donde se va a llevar cabo la construcción no tiene la capacidad para resistir el peso que le va a transmitir la estructura, por lo tanto, se debe transmitir la carga a capas más profundas del suelo que sean más resistentes por medio de otras cimentaciones. Es decir que, cuando los suelos de los cimientos son problemáticos (baja capacidad de carga, altamente compresivos, tener un alto potencial de hinchamiento/contracción, etc.), las cimentaciones superficiales no se pueden usar de manera efectiva.

Existen varios tipos de cimientos profundos: pilotes, pilas, pozos perforados, cajones, etc. Las diferencias básicas entre estos tipos de cimientos profundos son sus diámetros y las técnicas de instalación. Todos estos se insertan en el suelo a una cierta profundidad suficiente y se apoyan parcialmente por la resistencia de la punta y parcialmente por la resistencia del Fuste.

En resumen, Los pilotes son elementos estructurales en forma de columnas que transmiten la carga de la estructura al suelo o roca o estrato firme. Se extiende a varios metros por debajo de la estructura permitiendo construir en lugares donde las condiciones de los estratos superficiales no son lo suficientemente resistente.

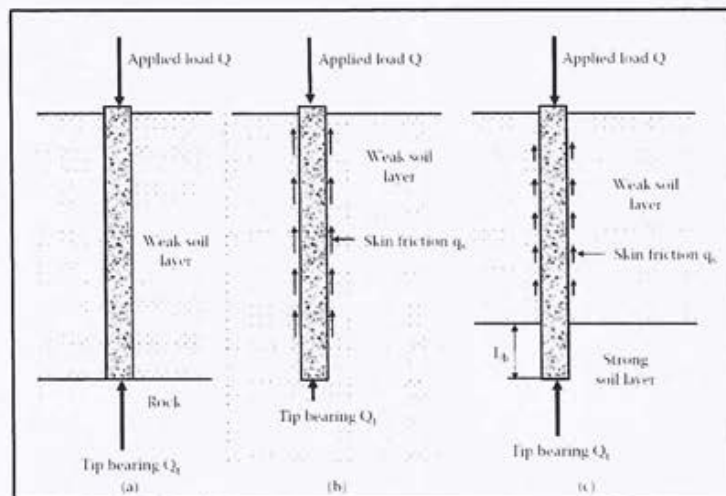


Figura 1. Pilotes por punta, por fricción, combinado

A continuación, se presenta la estratigrafía del sondeo 5, por ser el que más características desfavorables

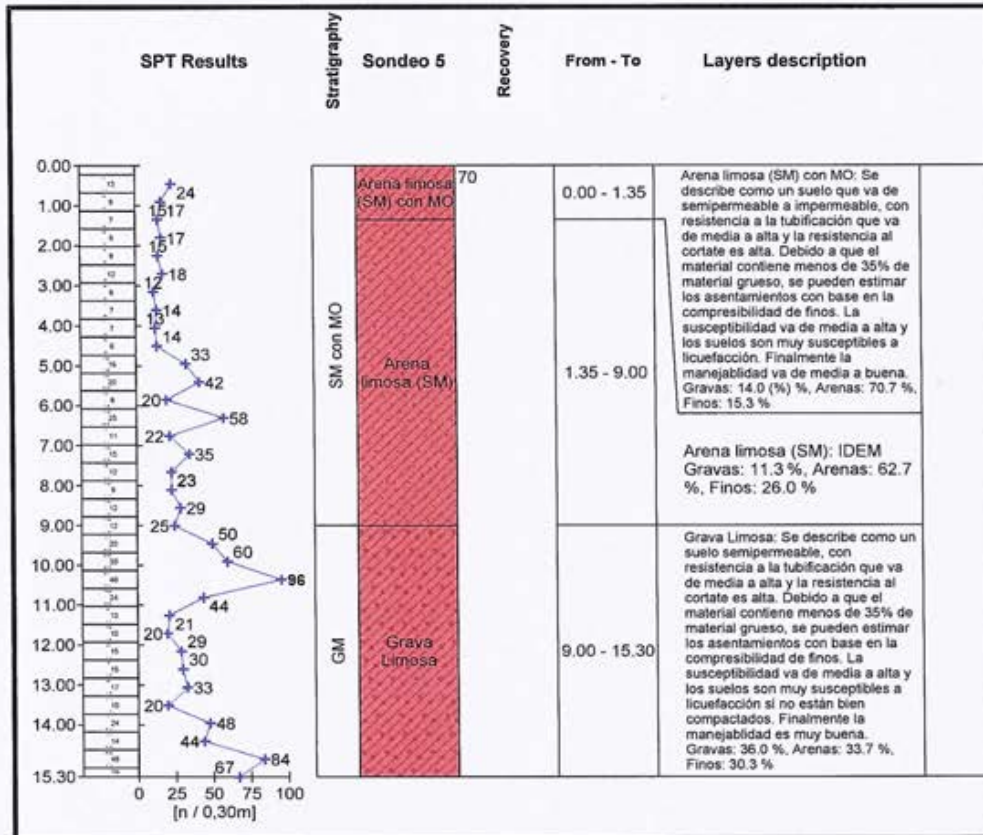


Figura 2. Estratigrafía del sondeo 5 (S5), ver Anexo I

2. CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES

La carga vertical aplicada en la parte superior del pilote Q es soportada parcialmente por la capacidad de soporte de la punta (Qt) y parcialmente por la fricción del cuerpo o fuste del pilote Qs

$$Q = Q_t + Q_s$$

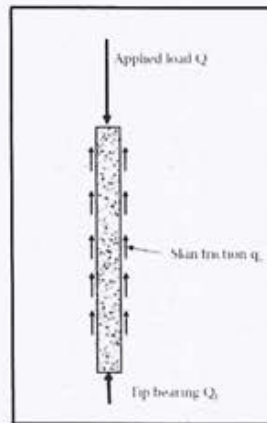


Figura 2. Carga total de pilote combinado

La resistencia por punta de un pilote puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{t,u} = A_p q_u = A_p \left[cN_c^* + \gamma_1 D_f N_q^* \left(+ \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma^* \right) \right]$$

Donde;

A_p es el área de la sección transversal del pilote en la punta

Cuando se utiliza la ecuación anterior en cimientos de pilotes, la profundidad del pilote L es grande en comparación con la profundidad de desplante D_f . De esa manera la zona de falla que se desarrollará alrededor de la punta en casos de cimientos poco profundos será como se ve en la Figura siguiente:

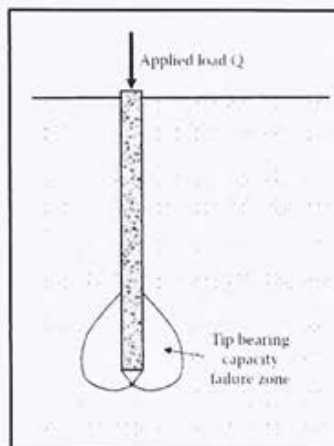


Figura 3. Falla de capacidad de carga de pilote por punta

Además, con frecuencia el 3er término de la ecuación anterior se ignora ya que el ancho (o diámetro) del pilote B es mucho menor que la profundidad del pilote Df.

$$+ \frac{1}{2} \gamma_2 B N_{\gamma}^*$$

A continuación, se presentan los valores semi-empíricos de los factores de capacidad de carga modificada N_c^* y N_q^* en la Figura siguiente (Meyerhof 1976), donde L_b es la longitud incrustada del pilote.

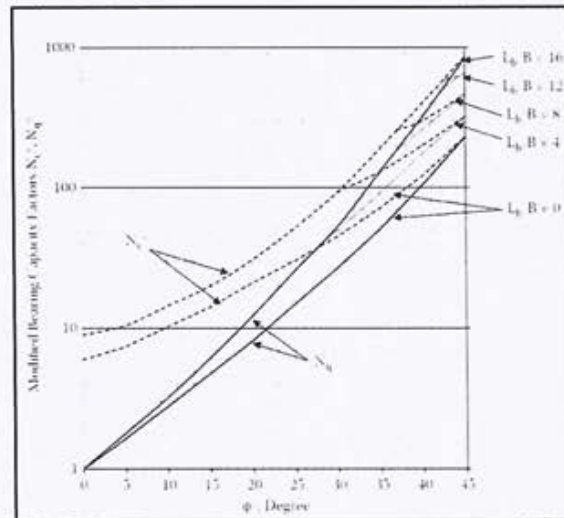


Figura 4. Factores de capacidad de Carga modificados (Pilotes)

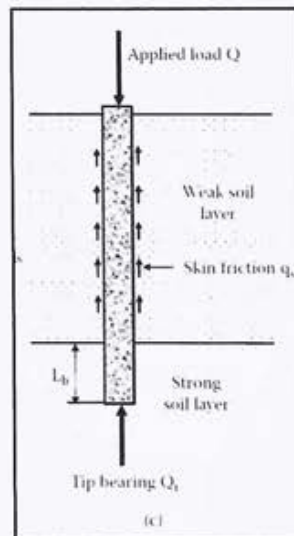


Figura 6. Identificación de L_b

La resistencia por fricción de un pilote se determina mediante la ecuación siguiente:

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

Donde;

$q_f = f \cdot p$: resistencia por fricción del cuerpo por profundidad del pilote (kN/m)

f : resistencia unitaria por fricción del cuerpo del pilote (kN / m²)

p : perímetro del pilote (m)

ΔL : longitud incremental del pilote (m)

Los valores de "f" y "p" pueden cambiar a lo largo de la longitud del pilote y, por lo tanto, la resistencia total debe ser una suma de esos valores para profundidades individuales. El valor de la unidad de resistencia "f" depende de la profundidad, el tipo de suelo (adhesión para suelos arcillosos y la fricción para suelos arenosos), material del pilote, método de instalación (conducido, perforado, fundido en el lugar, etc.). No es una tarea fácil determinar un valor apropiado para cada caso. Esa es la razón principal por la que hay tantos métodos diferentes y parámetros de diseño disponibles para realizar el diseño de pilotes.

2.1 Capacidad de Carga de Pilotes en Suelos Arenosos

- **Resistencia por Punta**

La estimación de la resistencia de la punta Q_t en suelos arenosos ($c = 0$) usa la ecuación siguiente, ya que se elimina el tercer término debido a que el valor de B es mucho menor que el valor de D_f en el segundo término en pilas. Tenga en cuenta que D_f en la ecuación se reemplaza con L (longitud total de la pila):

$$Q_t = A_p \cdot \left(\gamma_1 L N_q^* \right) = A_p \cdot \sigma_v' \cdot N_q^* \leq A_p \cdot q_l = Q_l$$

El valor N_q * puede leerse en la figura 6. A_p se describe en la sección anterior. En suelos arenosos, las observaciones de campo mostraron que, para pilotes de poca profundidad, Q_t aumenta con el aumento de la profundidad del pilote L . Sin embargo, a medida que la profundidad del pilote se hace mayor, Q_t no aumenta más linealmente con el aumento de L , y hay un cierto valor límite llamado Q_l . Meyerhof (1976) sugirió el siguiente valor límite q_l ($= Q_l / A_p$):

$$q_l \left(\text{kN/m}^2 \right) = 50 N_q^* \tan \varphi'$$

- **Resistencia por Fricción**

Para determinar la resistencia unitaria por fricción del pilote en suelo arenoso se requiere la estimación de la resistencia a la fricción del cuerpo del pilote " f ". De manera similar a la resistencia por punta en el suelo arenoso, la fricción también aumenta con la profundidad z hasta una profundidad límite L_f y permanece constante a partir esa profundidad. La profundidad límite L_f es aproximadamente de $15B$ a $20B$, donde B es el diámetro (o ancho) del pilote. En consecuencia, la resistencia unitaria por fricción del cuerpo del pilote " f " se expresa por

$$f = K \cdot \sigma'_v \cdot \tan \delta \leq f_l$$

donde K es el coeficiente de presión de tierra lateral, σ'_v es el esfuerzo efectivo para la profundidad z , y δ es el ángulo de fricción entre el suelo y la superficie del pilote. Meyerhof (1976) sugirió los siguientes valores f_l basados en observaciones de campo:

$$f_l \left(\text{kN/m}^2 \right) = 1.91 N_{avg} \quad \text{Pilotes Hincados}$$

$$f_l \left(\text{kN/m}^2 \right) = 0.955 N_{avg}$$

Pilotes Perforados

donde N_{avg} es el valor de penetración estándar promedio medido.

La determinación de K y δ en la ecuación anterior no es fácil. Los valores típicos del ángulo de fricción δ en relación con el ángulo de fricción interna efectiva del suelo ϕ' se muestran en la siguiente tabla:

TABLE 15.2

Typical δ/ϕ' Values

Pile Shaft Surface Material	δ/ϕ' Ratio
Rough concrete	1.0
Smooth concrete	0.8–1.0
Rough steel	0.7–0.9
Smooth steel	0.5–0.7
Timber	0.8–0.9

Source: After *Kulhawy, F. H. et al. (1983)*, report no. EL-2870, Electrical Power Research Institute, Palo Alto, CA.

El coeficiente de presión de tierra lateral K depende de varios parámetros: tipo de método de instalación de pilotes (hincado o perforado), pilotes de alto desplazamiento versus pilotes de bajo desplazamiento, pilotes finales versus pilotes H), densidad del suelo, etc. En la tabla siguiente se muestran los valores típicos de K en relación con K_0 , que es el coeficiente de presión lateral de la tierra en reposo.

$$K_0 = 1 - \sin\phi'$$

TABLE 15.3

Typical K/K_0 Values

Pile Type and Installation Method	K/K_0 Ratio
Jettied piles	0.5–0.67
Driven piles, small displacement	0.75–1.25
Driven piles, large displacement	1.0–2.0

Source: After *Kulhawy, F. H. et al., 1983*, report no. EL-2870, Electrical Power Research Institute, Palo Alto, CA.

Memoria de Cálculos del Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE EN FUNDACIONES PROFUNDAS

La presente memoria de cálculo tiene por finalidad determinar la capacidad de carga admisible y asentamientos para el proyecto "Subestación Granito Los Bojos, S.C"

LEYENDA;

γ_d = *Peso específico del material*

S_{eR} = *Asiento Elástico*

ϕ = *Ángulo de fricción interno*

B = *Dimensión menor de la zapata*

D_f = *Profundidad de desplante*

E_{sL} = *Módulo Elástico*

FSE = *Factor de seguridad Estático*

$\begin{pmatrix} N_{q1M} \\ N_{\gamma1M} \\ N_{c1M} \end{pmatrix}$ = *Factores de capacidad de carga propuestos por Meyerhof (1963)*

q_{ul1M} = *Capacidad de carga última*

q_{admME} = *Capacidad de carga admisible Estática*

c = *Relación de Poisson*

q_{admMD} = *Capacidad de carga admisible dinámica*

K_{e1E} = *Módulo de reacción o coeficiente de Balasto*

c = *Cohesión*

PARAMETROS GENERALES DEL SUELO

-Datos obtenidos de los ensayos de laboratorio (ver anexos I al II de Resultados de Laboratorio)

1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura

- Espesor del Estrato: 122 $H_1 := 7.8 \cdot m$
- Humedad: $w_1 := 20\%$
- Relación de Vacíos: $e_1 := 1.11$

- Densidad Seca: $\gamma_{d1} := 1.28 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^3}$
- Ángulo de fricción: $\phi_1 := 34^\circ$
- Cohesión: $c_1 := 0 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

2. Unidad 2. Grava Limosa, GM, Consistencia Muy Firme a Dura

- Espesor del Estrato: $H_2 := 8.50 \cdot \text{m}$
- Humedad: $w_2 := 19.0\%$
- Relación de Vacíos: $e_2 := 1.11$
- Densidad Seca: $\gamma_{d2} := 1.39 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^3}$
- Ángulo de fricción: $\phi_2 := 35^\circ$
- Cohesión: $c_2 := 0 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

2. Unidad 3. Roca, GM, Consistencia Muy Firme a Dura

- Espesor del Estrato: $H_3 := \infty \cdot \text{m}$
- Humedad: $w_3 := 19.0\%$
- Relación de Vacíos: $e_3 := 1.11$
- Densidad Seca: $\gamma_{d3} := 2.00 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^3}$
- Ángulo de fricción: $\phi_3 := 35^\circ$
- Cohesión: $c_3 := 0 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Parámetros de diseño

· Diámetro de 30 cm

$$D_1 := 0.3 \cdot \text{m} \quad L_1 := H_1 + H_2 + 6 \cdot D_1 = 18.1 \text{ m} \quad A_{p1} := \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = 0.071 \text{ m}^2$$

· Diámetro de 40 cm

$$D_2 := 0.4 \cdot \text{m} \quad L_2 := H_1 + H_2 + 6 \cdot D_2 = 18.7 \text{ m} \quad A_{p2} := \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = 0.126 \text{ m}^2$$

· Diámetro de 60 cm

$$D_3 := 0.6 \cdot \text{m} \quad L_3 := H_1 + H_2 + 6 \cdot D_3 = 19.9 \text{ m} \quad A_{p3} := \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} = 0.283 \text{ m}^2$$

Diámetro de 80 cm

$$D_4 := 0.8 \cdot m \quad L_4 := H_1 + H_2 + 6 \cdot D_4 = 21.1 \text{ m} \quad A_{p4} := \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} = 0.503 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{v1} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot H_2 + \gamma_{d3} \cdot 6 \cdot D_1 = 25.399 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{v2} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot H_2 + \gamma_{d3} \cdot 6 \cdot D_2 = 26.599 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{v3} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot H_2 + \gamma_{d3} \cdot 6 \cdot D_3 = 28.999 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{v4} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot H_2 + \gamma_{d3} \cdot 6 \cdot D_4 = 31.399 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$FSE := 3 \quad (\text{Factor de seguridad Estático})$$

NOTA: No se detectó presencia del nivel freático

FACTORES DE CAPACIDAD POR MEYERHOF

Los factores de capacidad de carga se determinan mediante las ecuaciones propuestas por **Meyerhof (1963)**:

1. Unidad 1. Arena Limosa, SM, Consistencia Muy Firme a Dura

$$N_{q1M} := \tan \left(45^\circ + \frac{\phi_1}{2} \right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\phi_1)} = 29.44$$

$$N_{\gamma 1M} := 2 \cdot (N_{q1M} + 1) \cdot \tan(\phi_1) = 41.064$$

$$N_{c1M} := \frac{(N_{q1M} - 1)}{\tan(\phi_1)} = 42.164$$

2. Unidad 2. Grava Limosa, GM, Consistencia Muy Firme a Dura

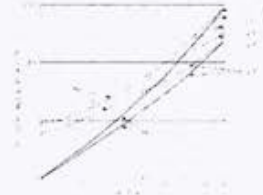
$$N_{q2M} := \tan \left(45^\circ + \frac{\phi_2}{2} \right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\phi_2)} = 33.296$$

$$N_{\gamma 2M} := 2 \cdot (N_{q2M} + 1) \cdot \tan(\phi_2) = 48.029$$

$$N_{c2M} := \frac{(N_{q2M} - 1)}{\tan(\phi_2)} = 46.124$$

La carga vertical aplicada en la parte superior del pilote Q es soportada parcialmente por la capacidad de soporte de la punta (Qt) y parcialmente por la fricción del cuerpo o fuste del pilote Qs

$$Q = Q_1 + Q_s$$



Determinación de QP

$$q_1 := 50 \frac{kN}{m^2} \cdot 150 \cdot \tan(\phi_2) = (5.252 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

Diámetro de 30 cm

$$Q_{p1} := A_{p1} \cdot \sigma_{v1} \cdot N_{q2M} = 59.778 \text{ tonne}$$

$$Q_{p11} := A_{p1} \cdot q_1 = 371.211 \text{ kN}$$

Diámetro de 40 cm

$$Q_{p2} := A_{p2} \cdot \sigma_{v2} \cdot N_{q2M} = 111.293 \text{ tonne}$$

$$Q_{p22} := A_{p2} \cdot q_1 = 659.93 \text{ kN}$$

Diámetro de 60 cm

$$Q_{p3} := A_{p3} \cdot \sigma_{v3} \cdot N_{q2M} = 273.004 \text{ tonne}$$

$$Q_{p33} := A_{p3} \cdot q_1 = (1.485 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Diámetro de 80 cm

$$Q_{p4} := A_{p4} \cdot \sigma_{v4} \cdot N_{q2M} = 525.508 \text{ tonne}$$

$$Q_{p43} := A_{p4} \cdot q_1 = (2.64 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Valores Finales de Qp

Diámetro de 30 cm

$$Q_{p1} := 37.12 \cdot \text{tonne}$$

Diámetro de 40 cm

$$Q_{p2} := 65.99 \cdot \text{tonne}$$

Diámetro de 60 cm

$$Q_{p2} := 148.5 \cdot \text{tonne}$$

Diámetro de 80 cm

$$Q_{p2} := 264.0 \cdot \text{tonne}$$

Determinación de QS

Los valores típicos del ángulo de fricción δ en relación con el ángulo de fricción interna efectiva del suelo ϕ' se muestran en la siguiente tabla:

TABLE 15.2

Typical δ/ϕ' Values

Pile Shaft Surface Material	δ/ϕ' Ratio
Rough concrete	1.0
Smooth concrete	0.8-1.0
Rough steel	0.7-0.9
Smooth steel	0.5-0.7
Timber	0.8-0.9

Source: After Kulhawy, F. H. et al. (1983), report no. EL-2870, Electrical Power Research Institute, Palo Alto, CA.

TABLE 15.3

Typical K/K_0 Values

Pile Type and Installation Method	K/K_0 Ratio
Jettied piles	0.5-0.67
Driven piles, small displacement	0.75-1.25
Driven piles, large displacement	1.0-2.0

Source: After Kulhawy, F. H. et al., 1983, report no. EL-2870, Electrical Power Research Institute, Palo Alto, CA.

De la tabla 15.2 se obtiene que:

$$\delta := \phi_2 = 0.611$$

De la tabla 15.3 se obtiene que:

$$K_0 := 1 - \sin(\phi_2)$$

$$K := 1.5 \cdot K_0 = 0.64$$

Diámetro de 30 cm

Profundidad de 0 a 5 metros

$$\sigma_{v15} := \gamma_{d1} \cdot 5 \text{ m} = 6.4 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v15} \cdot \tan(\phi_2) = 2.866 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 5 a 10 metros

$$\sigma_{v110} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 6.3 \text{ m}) = 13.042 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v110} \cdot \tan(\phi_2) = 5.841 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$L_{11} := 15 \cdot D_1 = 4.5 \text{ m}$$

Profundidad de 10 a 15 metros $\sigma_{v115} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 1.3 \text{ m}) = 19.992 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v115} \cdot \tan(\phi_2) = 8.954 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 15 a 20 metros $\sigma_{v120} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 + 1.9 \text{ m}) = 24.44 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v120} \cdot \tan(\phi_2) = 10.946 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Diámetro de 40 cm

Profundidad de 0 a 5 metros

$$f1 := K \cdot \sigma_{v15} \cdot \tan(\phi_2) = 2.866 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 5 a 10 metros $\sigma_{v110} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 6.3 \text{ m}) = 13.042 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v110} \cdot \tan(\phi_2) = 5.841 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 10 a 15 metros $\sigma_{v115} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 1.3 \text{ m}) = 19.992 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v115} \cdot \tan(\phi_2) = 8.954 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \quad 127$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 15 a 20 metros $\sigma_{v120} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 + 2.5 \text{ m}) = 25.274 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v120} \cdot \tan(\phi_2) = 11.32 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Diámetro de 60 cm

Profundidad de 0 a 5 metros

$$f1 := K \cdot \sigma_{v15} \cdot \tan(\phi_2) = 2.866 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 5 a 10 metros $\sigma_{v110} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 6.3 \text{ m}) = 13.042 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v110} \cdot \tan(\phi_2) = 5.841 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 10 a 15 metros $\sigma_{v115} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 1.3 \text{ m}) = 19.992 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v115} \cdot \tan(\phi_2) = 8.954 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 15 a 20 metros $\sigma_{v120} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 + 3.7 \text{ m}) = 26.942 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v120} \cdot \tan(\phi_2) = 12.067 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \quad 128$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Diámetro de 80 cm

Profundidad de 0 a 5 metros

$$f1 := K \cdot \sigma_{v15} \cdot \tan(\phi_2) = 2.866 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 5 a 10 metros $\sigma_{v110} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 6.3 \text{ m}) = 13.042 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v110} \cdot \tan(\phi_2) = 5.841 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 10 a 15 metros $\sigma_{v115} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 - 1.3 \text{ m}) = 19.992 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v115} \cdot \tan(\phi_2) = 8.954 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Profundidad de 15 a 22 metros $\sigma_{v120} := \gamma_{d1} \cdot H_1 + \gamma_{d2} \cdot (H_2 + 4.9 \text{ m}) = 28.61 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$

$$f1 := K \cdot \sigma_{v120} \cdot \tan(\phi_2) = 12.814 \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}$$

$$f1a := 1.91 \cdot 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 40.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Lc := \left(\frac{4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}}{K \cdot \tan(\phi_2) \cdot \gamma_{d1}} \right) + 5 \text{ m} = 11.995 \text{ m}$$

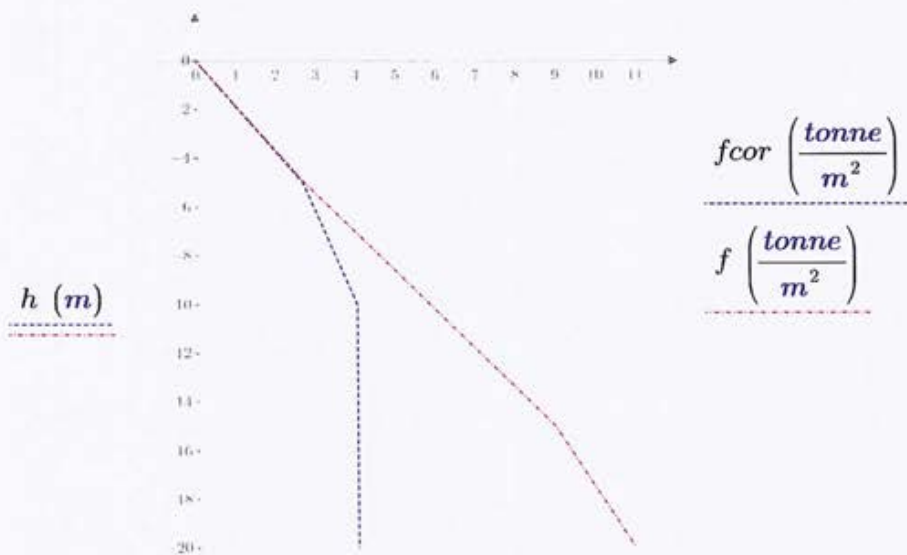
$$f_1 = 57.3 =$$

From Equ

Diámetro de 30 cm

$$L_{11} := 15 \cdot D_1 = 4.5 \text{ m}$$

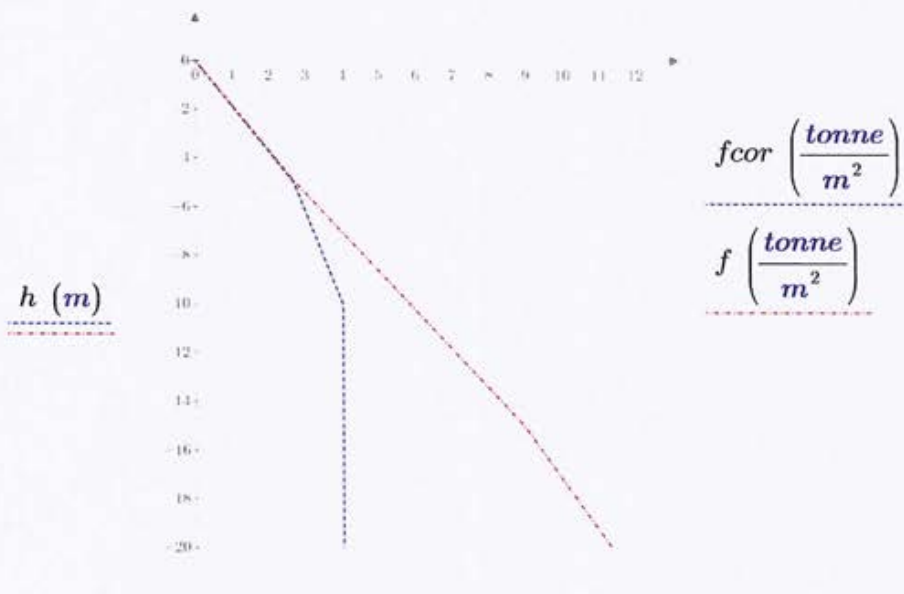
h (m)	σ $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	f $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	f_{cor} $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$
0	0	0	0
-5	6.4	2.71	2.67
-10	13.042	5.84	4.01
-15	19.992	8.954	4.01
-20	24.44	10.946	4.01



Diámetro de 40 cm

$$L_{22} := 15 \cdot D_2 = 6 \text{ m}$$

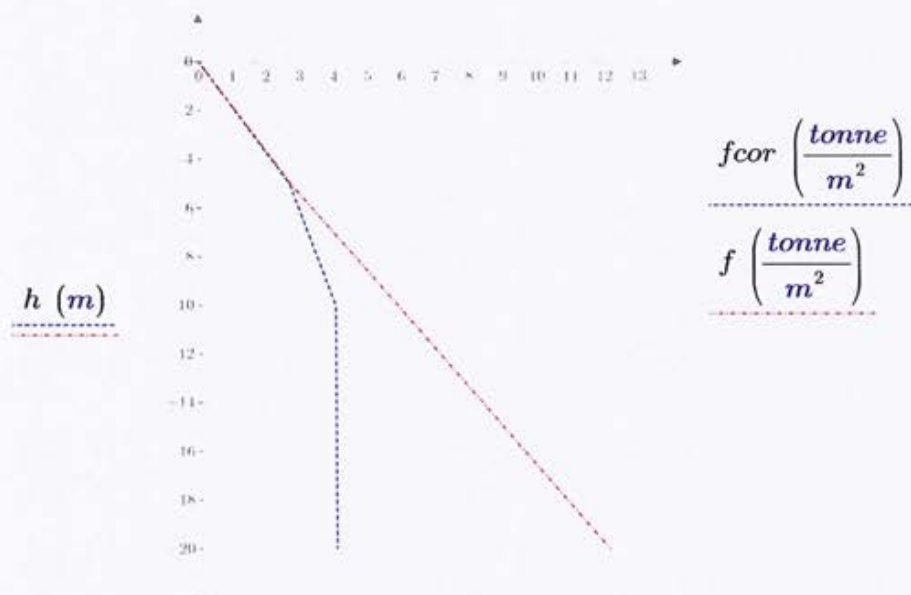
Profundidad (m)	σ $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	f $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	$f_{\text{corregida}}$ $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$
0	0	0	0
5	6.4	2.71	2.67
10	13.042	5.84	4.01
15	19.992	8.954	4.01
20	24.44	11.32	4.01



Diámetro de 60 cm

$$L_{33} := 15 \cdot D_3 = 9 \text{ m}$$

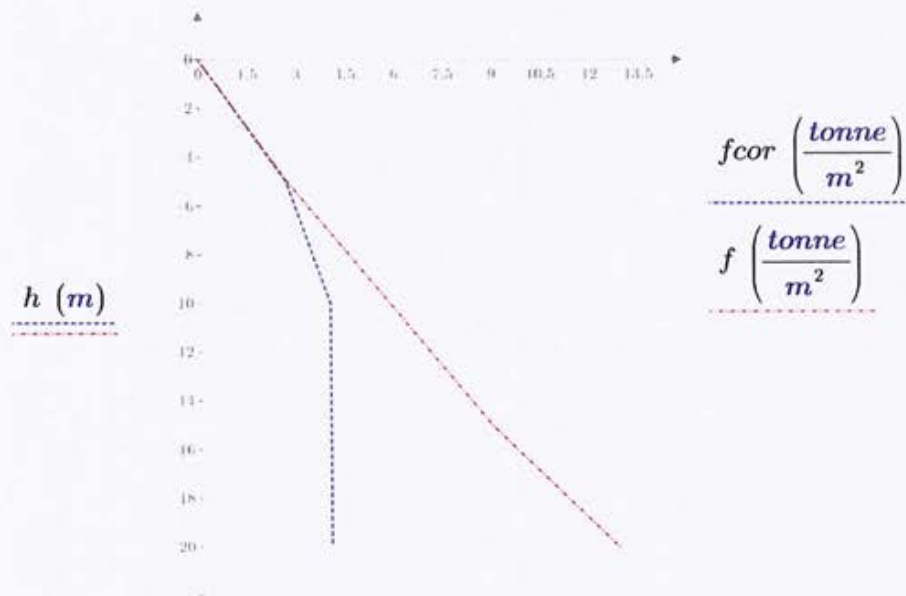
<i>Profundidad</i> (m)	σ $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	f $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	$f_{\text{corregida}}$ $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$
0	0	0	0
5	6.4	2.71	2.71
10	13.042	5.84	4.01
15	19.992	8.954	4.01
20	24.44	12.06	4.01



Diámetro de 80 cm

$$L_{33} := 15 \cdot D_4 = 12 \text{ m}$$

Profundidad (m)	σ $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	f $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$	$f_{\text{corregida}}$ $\left(\frac{\text{tonne}}{\text{m}^2}\right)$
0	0	0	0
5	6.4	2.71	2.71
10	13.042	5.84	4.01
15	19.992	8.954	5.73
20	24.44	12.814	9.55

**Diámetro de 30 cm**

$$Q_{s1} := \pi \cdot D_1 \cdot \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot \frac{5}{2} \text{ m} + \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} + 4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{12}{2} \text{ m} + \left(4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot (18.1 \text{ m} - 12 \text{ m}) \right) \right) = 67.44 \text{ tonne}$$

Diámetro de 40 cm

$$Q_{s2} := \pi \cdot D_2 \cdot \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot \frac{5}{2} \text{ m} + \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} + 4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{12}{2} \text{ m} + \left(4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot (19 \text{ m} - 12 \text{ m}) \right) \right) = 94.455 \text{ tonne}$$

Diámetro de 60 cm

$$Q_{s3} := \pi \cdot D_3 \cdot \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot \frac{5}{2} \text{ m} + \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} + 4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{12}{2} \text{ m} + \left(4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot (20 \text{ m} - 12 \text{ m}) \right) \right) = 149.241 \text{ tonne}$$

Diámetro de 80 cm

$$Q_{s4} := \pi \cdot D_4 \cdot \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot \frac{5}{2} \text{ m} + \left(2.71 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} + 4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{12}{2} \text{ m} + \left(4.01 \cdot \frac{\text{tonne}}{\text{m}^2} \cdot (22 \text{ m} - 12 \text{ m}) \right) \right) = 219.145 \text{ tonne}$$

Diámetro de 30 cm

$$Q_{t1} := \frac{Q_{p1} + Q_{s1}}{FSE} = 34.853 \text{ tonne}$$

Diámetro de 40 cm

$$Q_{t2} := \frac{Q_{p2} + Q_{s2}}{FSE} = 119.485 \text{ tonne}$$

Diámetro de 60 cm

$$Q_{t3} := \frac{Q_{p3} + Q_{s3}}{FSE} = 140.748 \text{ tonne}$$

Diámetro de 80 cm

$$Q_{t4} := \frac{Q_{p4} + Q_{s4}}{FSE} = 248.217 \text{ tonne}$$

Capacidad de carga a tracción del pilote**Diámetro de 30 cm**

$$Q_{tr1} := 0.7 \cdot \frac{Q_{s1}}{3} = 15.736 \text{ tonne}$$

Diámetro de 40 cm

$$Q_{tr2} := 0.7 \cdot \frac{Q_{s2}}{3} = 22.04 \text{ tonne}$$

Diámetro de 60 cm

$$Q_{tr3} := 0.7 \cdot \frac{Q_{s3}}{3} = 34.823 \text{ tonne}$$

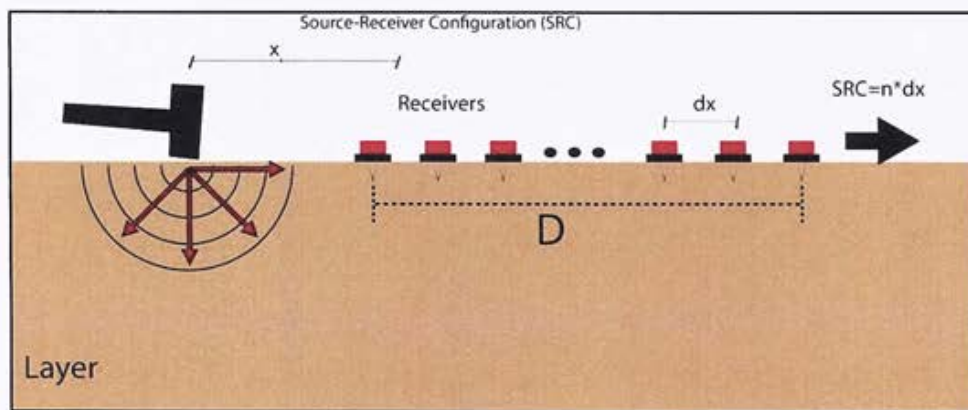
Diámetro de 80 cm

$$Q_{tr4} := 0.7 \cdot \frac{Q_{s4}}{3} = 51.134 \text{ tonne}$$

<i>Diámetro</i>	<i>Q_{p1}</i>	<i>Q_{s1}</i>	<i>Qtadm</i>	<i>Qtrad</i>
<i>(m)</i>	<i>(tonne)</i>	<i>(tonne)</i>	<i>(tonne)</i>	<i>(tonne)</i>
0.30	37.12	67.44	34.85	15.73
0.40	65.99	94.45	119.48	22.04
0.60	148.5	149.24	140.75	34.82
0.80	264.0	219.14	248.7	51.13

ANEXO V. Estudio de Clasificación Sísmica del Suelo (Método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) y método de la razón espectral (H/V))

Clasificación sísmica de sitio mediante el método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) en el proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.



Revisado por: Dr. Jaruselsky Pérez-Cuevas

**Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.
República Dominicana
15 de febrero de 2022**

**Clasificación sísmica de sitio mediante método MASW
Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C**

ESTUDIO GEOFÍSICO

1. Fundamentos de los métodos sísmicos

La Geofísica Aplicada es una tecnología relativamente experimentada en ámbitos muy concretos para los cuales fue desarrollada como es la exploración de minerales estratégicos y de hidrocarburos. Sin embargo, desde hace unas pocas décadas, se está redescubriendo estas técnicas dentro de otros campos de actuación como son el medioambiente, la hidrogeología, la geotecnia, la investigación forense, ingeniería civil, etc., y todo ello debido al desarrollo de los equipos electrónicos, el avance tanto del hardware como del software para el tratamiento de los datos obtenidos en campo, el abaratamiento de los equipos, hasta ahora prohibitivos, y también debido a la aparición de nuevas técnicas y equipos que están proporcionando unos datos más fiables y a la vez obtenidos sobre el terreno a un menor coste.

Dentro de la amplia gama de equipos y técnicas disponibles para el estudio y análisis de los problemas relacionados a los campos descritos en el párrafo anterior, sobresalen, por la característica física que van a medir, su versatilidad, fiabilidad en los resultados, rapidez de puesta en el terreno, etc., los equipos encuadrados en los métodos de exploración sísmica, más concretamente el método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW, por sus siglas en inglés) (Park et al. 1999). Esta técnica empleada para la adquisición de ondas superficiales puede describirse como la aplicación de las ciencias físicas al estudio de la parte más superficial de la corteza terrestre. Con la aplicación del método MASW se tratan ondas superficiales con frecuencia entre 3 y 50 Hz que se registran mediante un sistema de grabación multicanal o sismógrafo y un conjunto de geófonos (12 o más) desplegados a una separación determinada (Figura 1). Este método permite determinar la distribución de la velocidad de cizalla a partir de la captación de las ondas superficiales asociadas a cada tipo de material, obteniendo un perfil de velocidades de ondas S (V_s) (Park et al. 2001).

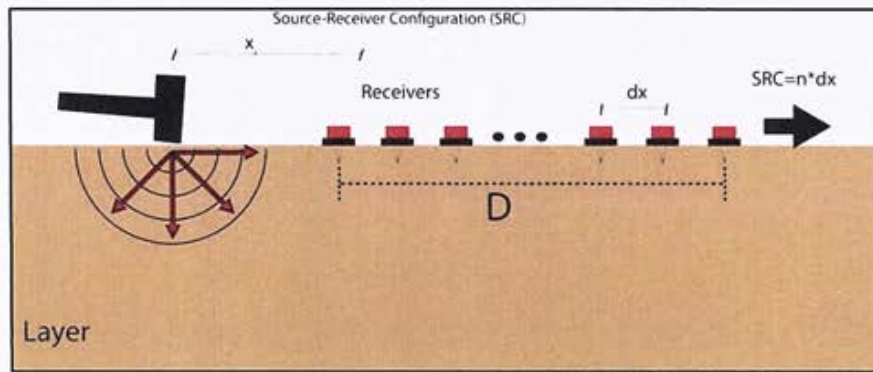


Figura 1. Configuración del método MASW en su forma activa

El método MASW permite medir la velocidad de las ondas Rayleigh, las cuales presentan mayor eficacia, en términos de energía sísmica. Estas ondas representan, aproximadamente, el 70 % de la energía sísmica total producida por la fuente sísmica y, además, cuenta con una propiedad física importante denominada dispersión, la cual viene definida como la variación del valor de la velocidad de propagación de las ondas superficiales en función de la longitud de onda (λ), o de la frecuencia (f) (Figura 2). Así, a la variación del valor de la velocidad de propagación de dichas ondas para cada longitud de onda se la conoce como velocidad de fase (C_f). El fenómeno de la dispersión se manifiesta cuando el medio no es homogéneo verticalmente en términos de la distribución de los valores de V_s con la profundidad.

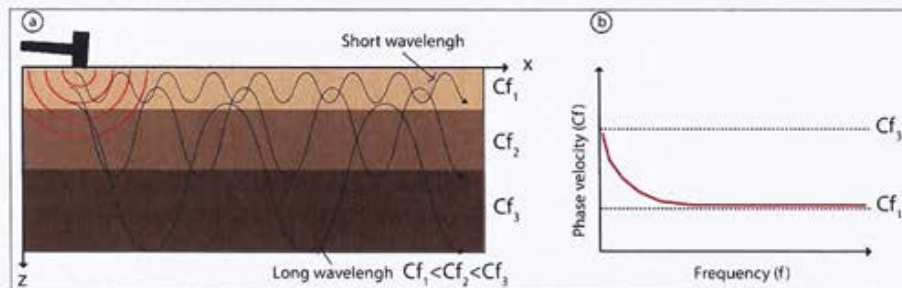


Figura 2. (a) Dispersión de ondas Rayleigh en medios heterogéneos, (b) Concepto de dispersión en la transmisión de ondas Rayleigh

La V_s viene dada principalmente por el valor promedio de la velocidad de fase, por lo que, cuando hay una variación vertical de la velocidad de propagación de los materiales que forman el medio, las ondas de corte se propagarán de forma dispersiva atenuándose más rápidamente aquellas ondas, caracterizadas por longitudes de onda pequeña, con la profundidad (Ivanov et al. 2001). Esto es importante porque efectivamente las ondas caracterizadas por pequeñas longitudes de onda se propagarán por las zonas más superficiales poniendo de manifiesto las propiedades sísmicas de los materiales propios de dichas zonas y, por el contrario, las ondas con mayores longitudes

de onda podrán propagarse a través de zonas más profundas permitiendo obtener las propiedades sísmicas de dichos horizontes (Figura 2a). Es importante destacar que además de la velocidad de ondas S (V_s), la velocidad de fase (C_f) es función de la frecuencia y de los siguientes parámetros: la densidad (ρ), el espesor de las capas (H) y en menor medida del valor de la velocidad a compresión de las ondas P (V_p).

La velocidad de fase para diferentes longitudes de ondas la define la ecuación de ondas para el tratamiento de los suelos superficiales. Esto permite que mediante el análisis de dispersión de los datos sísmicos se pueda construir la velocidad de la onda de cizalla cuando se conoce el módulo de cizalla (μ) y la densidad de los materiales (ρ) (Park 1995).

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (1.1)$$

Físicamente, cuando se aplica el método MASW, lo que ocurre es que las ondas que viajan horizontalmente por la superficie (ondas superficiales) son registradas por los geófonos, los cuales tienen un Inter espaciado (dx) y una separación entre el punto de disparo y el primer geófono llamada *offset* (x) (Figura 1). Estas ondas se analizan a diferentes frecuencias para las velocidades de fase en base a la diferencia (Δt_f) del tiempo de llegada de las ondas superficiales a los geófonos.

$$C_f = \frac{x}{\Delta t_f} \quad (1.2)$$

Las diferentes frecuencias de las ondas Rayleigh para una velocidad de fase dada es conocida como modos. El modo que está en el rango de menor velocidad se conoce como modo fundamental y los que aparecen en el rango de mayor velocidad se conocen como modos superiores (Figura 3b) (Ivanov et al. 2001). Los modos superiores son independientes de la velocidad de fase de los modos fundamentales y se presentan bajo una condición de frecuencia determinada.

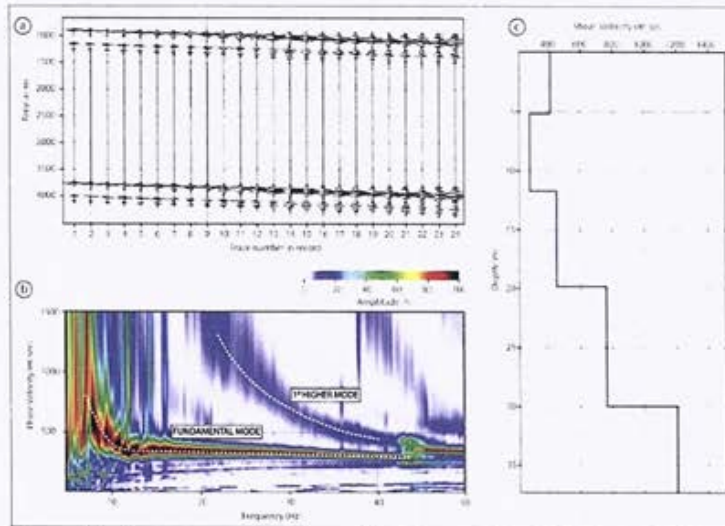


Figura 3. Procedimiento para la obtención de perfiles 1-D de velocidad de cizalla, a) Registro de las ondas sísmicas en un sismograma, b) Extracción de las curvas de dispersión del modo fundamental y del primer modo superior y c) Modelo 1D de la velocidad de corte vs. profundidad.

Para el cálculo de la curva de dispersión Park et al. (1998) propuso que se aplicara la transformada de Fourier a las señales registradas en cada geófono $u(x, \Delta t_f)$ (variables tiempo y espacio) para obtener $U(x, \omega)$:

$$U(x, \omega) = \int u(x, \Delta t_f) e^{i\omega t} dt \quad (1.3)$$

Donde, ω es la frecuencia y angular y $U(x, \omega)$ representa el producto entre su espectro de fase $P(x, \omega)$ y su amplitud $A(x, \omega)$. El espectro de fase contiene toda la información sobre las propiedades dispersivas del sitio y puede expresarse en términos del número de onda para el modo m .

$$K_m(\omega) = \frac{\omega}{C_f} \quad (1.4)$$

La amplitud está relacionada con la atenuación y la divergencia esférica sufrida por cada señal. Consiguientemente $U(x, \omega)$ puede ser expresada de la siguiente manera:

$$U(x, \omega) = P(x, \omega)A(x, \omega) = e^{-iK_m(\omega)x} A(x, \omega) \quad (1.5)$$

Para cuantificar la respuesta del dispositivo sísmico a las distintas combinaciones de frecuencia y número de onda, Park et al. (1998) formula la siguiente expresión:

$$V(\omega, k) = \int e^{ikx} \frac{U(x, \omega)}{|U(x, \omega)|} dx = \int e^{-i(K_m(\omega) - k)x} \frac{A(x, \omega)}{|A(x, \omega)|} dx \quad (1.6)$$

Para una frecuencia dada, existirán máximos cuando $K_m(\omega) = k$ para los distintos modos de propagación, permitiendo así la identificación de la curva de dispersión. Cuando el máximo es identificado en el dominio $f-k$ (frecuencia-número de onda) se calculan las velocidades de fase con la siguiente expresión:

$$C_f = \frac{2\pi f}{k} \quad (1.7)$$

Finalmente, la tercera etapa (inversión matemática de los datos contenidos en la curva de dispersión) consiste en mostrar la sensibilidad de las velocidades de fase de las ondas Rayleigh y producir modelos de Vs que respondan adecuadamente a los diferentes materiales presentes en el subsuelo; considerando un modelo horizontalmente estratificado (Figura 3c).

1.1. Zona de estudio

El solar de estudio se encuentra en el punto de coordenadas geográficas 18°24'31.0"N 70°01'51.7"W. Este solar tiene un área aproximada 2550 m² y se encuentra ubicado en la Zona Industrial de Haina, Bajos de Haina 91000, San Cristóbal, República Dominicana. En cuanto a los límites del emplazamiento, el mismo limita al Norte con el mercado Municipal de Haina, al Sur se encuentra el Almacén ETED (Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana), al Este limita con la carretera Sánchez Vieja, y al Oeste, a 1 km aproximadamente, se encuentra la avenida de la Refinería.

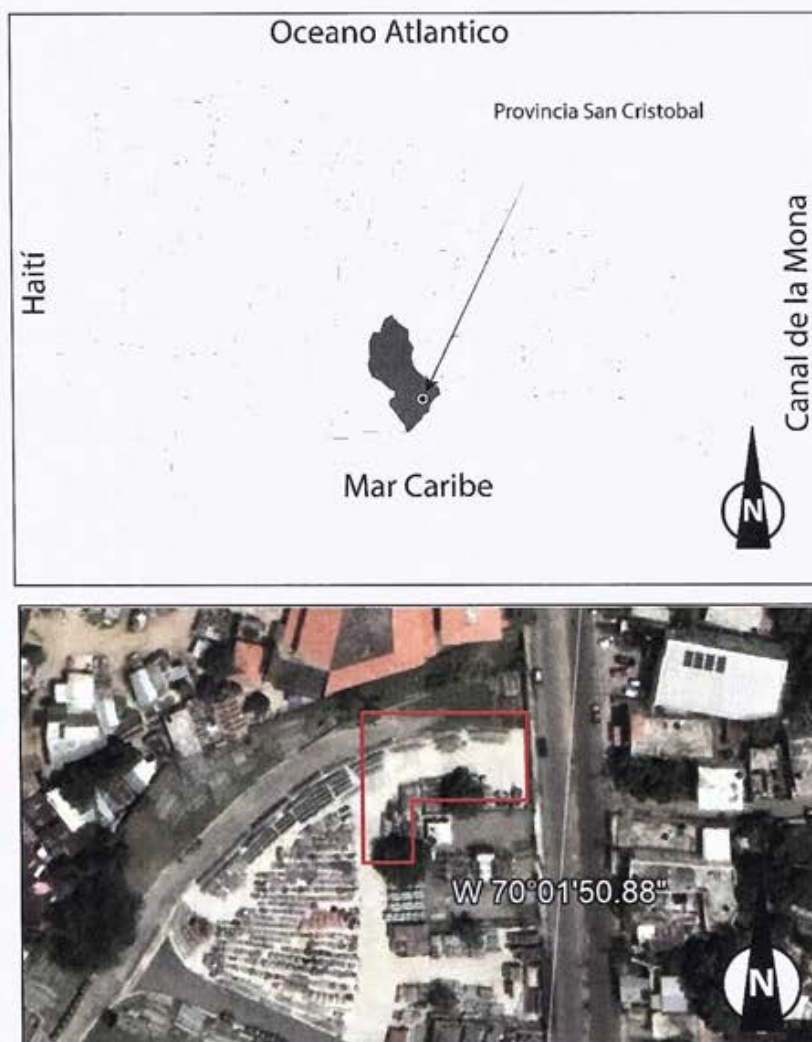


Figura 4. Ubicación de la zona de estudio

2. Metodología

La metodología que se ha seguido para la clasificación de sitio de la zona de estudio consistió, por un lado, en una etapa de campo donde se llevó a cabo un perfil sísmico sobre la zona de estudio y, por otro, una etapa de gabinete que ha consistido en el procesado de la información recogida sobre el terreno y su interpretación.

En la etapa de campo los arreglos que se han desplegados han seguido los siguientes criterios:

- Número adecuado de arreglos de forma que los resultados sean representativos de la zona de estudio.

- Orientaciones más idóneas con el fin de que el área investigada cubran la totalidad de la superficie de la zona donde se pretende construir.
- Situación del perfil sobre aquellas zonas donde está previsto llevar a cabo otros estudios complementarios o muestreos (sondeos), de forma que se puedan contrastar resultados.

De acuerdo con Park (1995), es recomendable un amplio número de geófonos distribuidos, con el fin de poder identificar claramente en las curvas de dispersión los valores correspondientes al modo fundamental, evitando errores de picado con los valores pertenecientes a los modos superiores; y así obtener unos resultados fiables y libres de errores. Para la configuración de campo empleada en este estudio se utilizaron 9 geófonos de 4.5 Hz frecuencia natural (Figura 5).

Es recomendable que el espaciado de los geófonos (dx), el cual se relaciona con la resolución del perfil de velocidades V_s , debe ser inferior al valor de la decimoava parte de la profundidad máxima de investigación. Para este estudio se adoptó una separación entre geófonos de 2 m.

$$dx \leq 0.1 Z_{max} \quad (1.8)$$

La longitud de propagación total (D) de los receptores (distancia entre el primer geófono y el último) debe ser determinada en base a la siguiente condición.

$$D \geq Z_{max}. \quad (1.9)$$

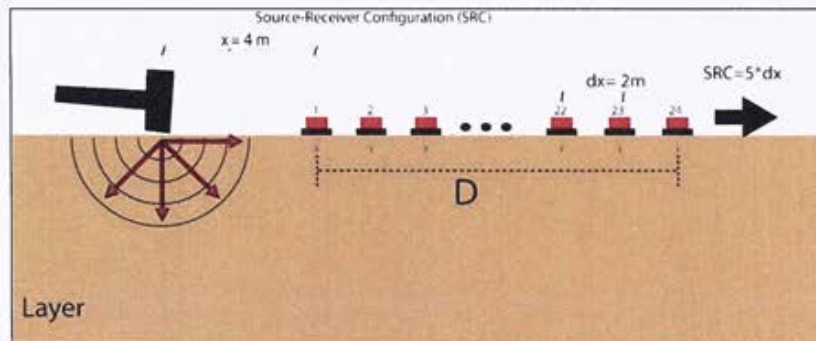


Figura 5. Configuración de medidas de campo adoptadas. Se presenta una separación entre la fuente de golpeo y el primer geófono de 4 m y una separación entre los geófonos de 2 m, cumpliendo así con los requisitos propuestos por Park (1995) y Stokoe II et al. (1994).

Para escoger la distancia entre la fuente de golpeo y el primer geófono (x), mejor conocido como *Offset*, fue necesario tener en cuenta las recomendaciones ofrecidas por Stokoe II et al. (1994). De acuerdo con la experiencia de campo y con los diferentes experimentos llevados a cabo con la utilización de varios *offset*, se optó por elegir una separación de 4 m. En este mismo sentido, Park et al. (1999) recomienda que la distancia que debe moverse la fuente y los geófonos (SRC) esté en el intervalo de $1 * dx$ y $12 * dx$, en nuestro dispositivo se eligió $2 * dx$, debido nuevamente a las experimentaciones con diferentes *offset* llevadas a cabo y por las limitaciones ofrecidas por la zona de estudio en cuanto a espacio disponible para desplegar el arreglo.

Para la caracterización de la estructura del suelo se utilizó como fuente de golpeo no explosiva un martillo de 10 kg. El golpeo se repitió tres veces para una posterior combinación (*stacking*), con el objetivo de reducir los efectos de las vibraciones ambientales. El tiempo de registro utilizado fue de 1968 ms (aprox. 2 segundos) el cual es tiempo suficiente para registrar el paso de la onda desde el primer geófono hasta el último, el tiempo de muestreo fue 0.1 ms.

La etapa de gabinete ha consistido en el preprocesado de las medidas almacenadas en ficheros (datos sísmicos). Tanto la configuración de la secuencia sísmica empleada, como la captación de las ondas superficiales se realizó con un sismógrafo DoReMi de la casa SARA Instruments (Italia) (Figura 6), el cual tiene la particularidad de estar conectado a un ordenador portátil permitiendo así la visualización en tiempo real de los sismogramas y poder decidir la repetición de los disparos si los registros no son adecuados.



Figura 6. Sismógrafo DoReMi de la casa SARA Instrument

Los registros obtenidos con el sismógrafo se importaron al programa SurfSeis, el cual permitió que, mediante el proceso de dispersión, definido anteriormente, se obtuviera la curva de dispersión para el modo fundamental o modos superiores, en caso de presentarse estos últimos, para cada punto de disparo. Una vez obtenidas todas las curvas de

dispersión pertenecientes a un mismo perfil MASW, estas se someten de forma individual al proceso matemático de inversión con el fin de obtener los perfiles de Vs en dos dimensiones (2D), con los cuales fue posible calcular el valor de velocidad de ondas S para los primeros 30 metros de profundidad (Vs30) mediante la siguiente expresión:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}} \quad (1.10)$$

Donde h_i representa la potencia del estrato, V_i la velocidad en cada uno de los niveles y N es el número de estratos considerado en los 30 primeros metros.

Con los valores de Vs30 fue posible clasificar los suelos de acuerdo con los rangos propuesto por el Reglamento para el análisis y el diseño sísmico de estructuras (R001, 2011), considerando los tipos de suelos A, B, C, D y E, y sin tener en cuenta los tipos S1 y S2, debido a la ausencia en la zona de estudio de las condiciones especiales en las que estos tipos de suelos se presentan (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de sitio de acuerdo con R001 (2011)

Clasificación De sitio	Designación	Vs30 (m/s)
A	Roca fuerte	>1500
B	Roca	760-1500
C	Suelo muy denso O roca blanda	360-760
D	Suelo rígido	180-360
E	Suelo blando	<180

3. Resultados

En la Figura siguiente, se señala la situación del perfil sísmicos llevado a cabo sobre la zona de estudio.

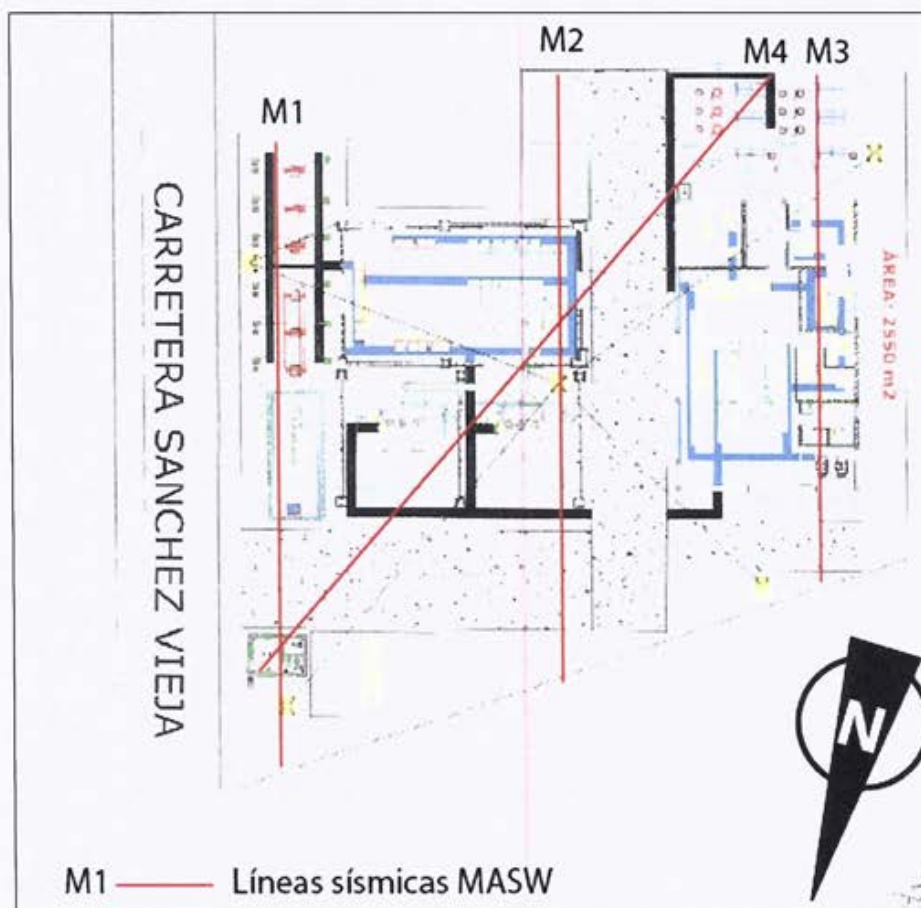


Figura 7. Ubicación del perfil sísmico en la zona de estudio: (i) indica el inicio del perfil y (f) se refiere al final del perfil.

3.1. Descripción del perfil en la zona de estudio

Perfil 1 (M1)

Este perfil estuvo formado por 15 geófonos con una separación entre geófonos de 2 metros. En la fotografía se observa el perfil 1 visualizándolo desde el geófono 1 hacia el geófono 15, donde se encuentra el sistema de medida y registro de datos.



Figura 8. Perfil 1 visualizándolo desde el geófono 1 hacia el geófono 15, donde se encuentra el sistema de medida y registro de datos.

En la siguiente figura se presentan las trazas sísmicas de cada uno de los geófonos. En esta figura se identifican un total de 15 trazas correspondiente a los 15 geófonos utilizados en el arreglo, un tiempo de adquisición de 4 segundos, un periodo de muestreo de un 1 msec y una separación entre geófonos de 2 metros.

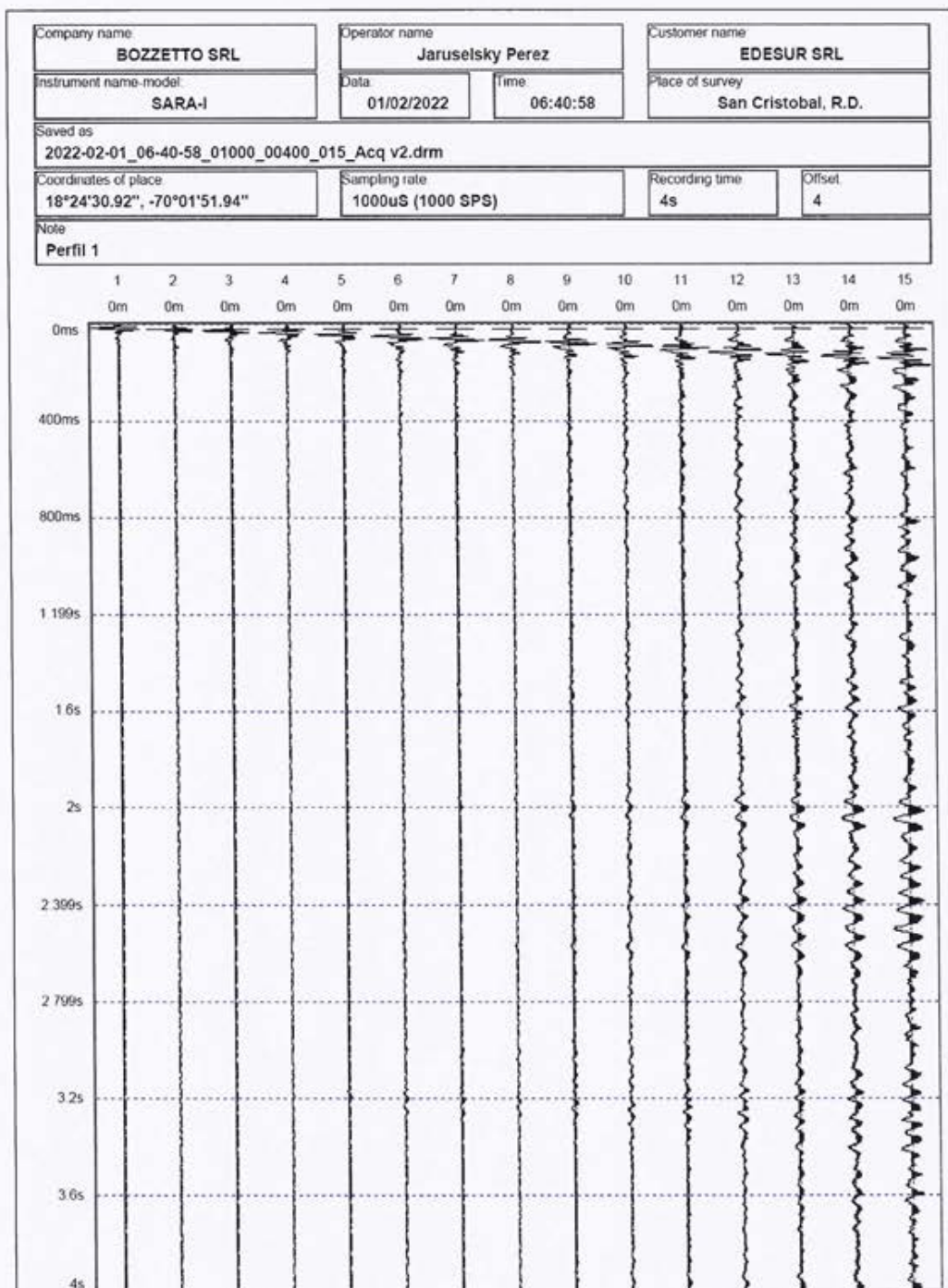


Figura 9. Registro de las ondas superficiales del perfil 1.

A estas trazas sísmicas les fue aplicada la transformada de Fourier con el fin de identificar la curva de dispersión (Figura 10). Dicha curva de dispersión fue sometida a

un proceso de inversión matemática con el objetivo de determinar los perfiles de V_s del suelo.

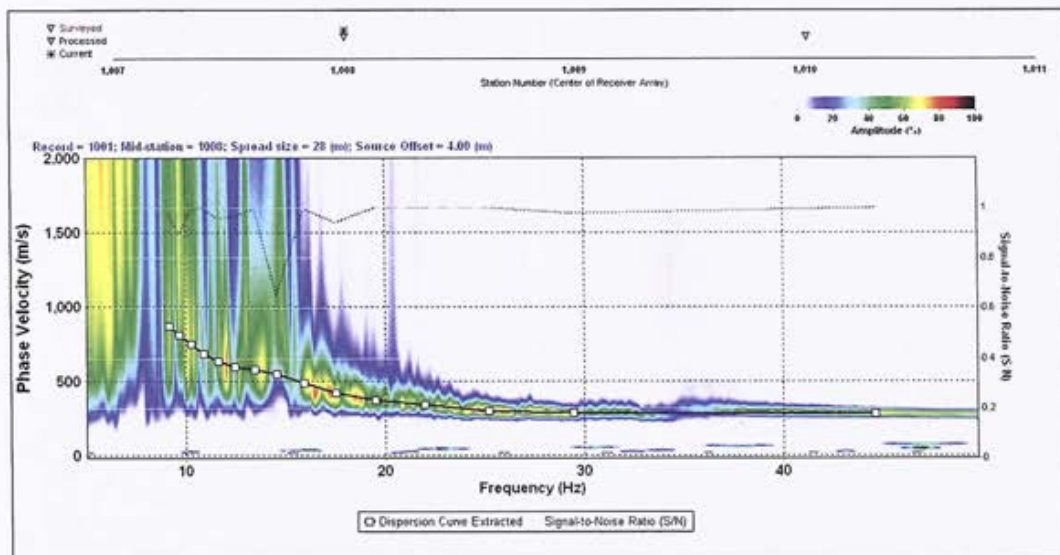


Figura 10. Picado de la curva de dispersión

Como resultado se obtuvo un perfil 2D de velocidad de corte del terreno con una profundidad superior a los 30 metros (Figura 11). Este modelo presenta una distribución heterogénea de valores de velocidad de corte, en la que destacan valores de V_s comprendidos entre 269 y 370 m/s para los primeros 5 metros de profundidad. Entre 10 y 15 m de profundidad el valor de velocidad V_s del terreno presenta valores comprendidos entre 370 y 500 m/s, y para profundidades superiores a los 15 metros los valores de V_s alcanzan valores por encima de 800 m/s.

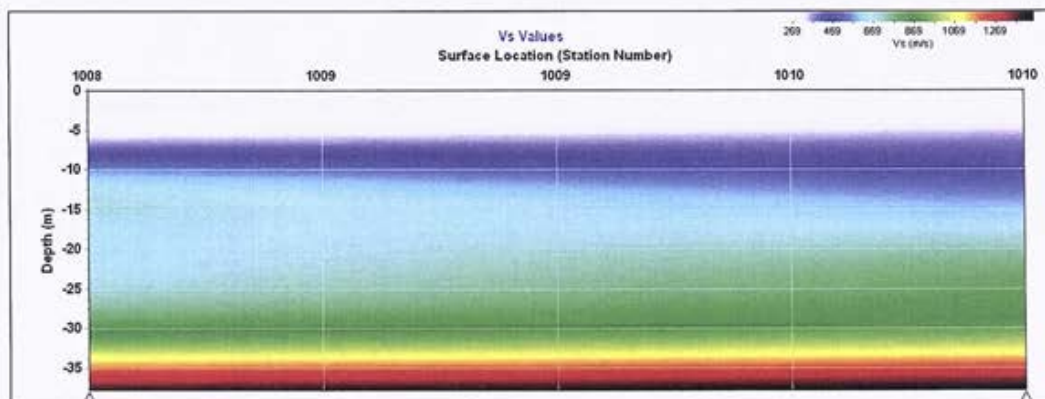


Figura 11. Perfil 2D de velocidad de corte vs profundidad

El valor de V_{s30} del perfil de velocidad obtenido en la zona de estudio correspondiente al perfil 1 se encuentra en un rango de velocidad entre 506.1 m/s y 506.9 m/s, estos valores están comprendido entre 360 y 760 m/s (Figura 12), lo que corresponde a un tipo de suelo C (Suelo muy denso) (R001, 2011).

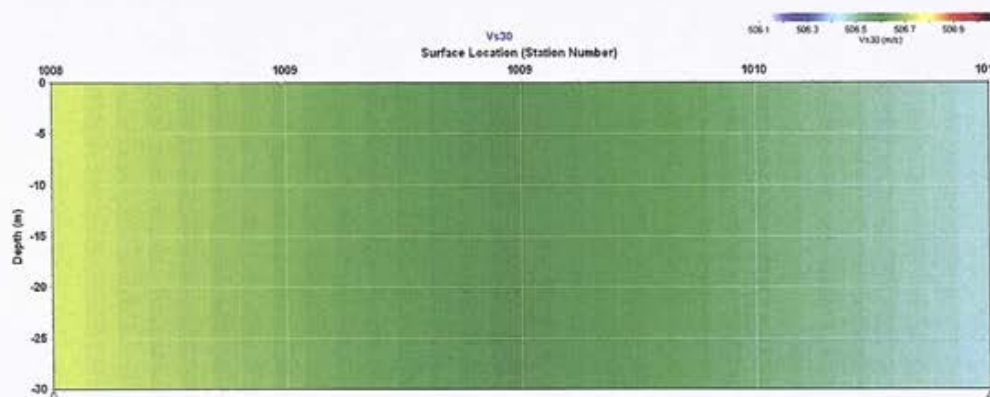


Figura 12. Valores de velocidad V_{s30} del suelo del perfil 1

Perfil 2 (M2)

Este perfil estuvo formado por 15 geófonos con una separación entre geófonos de 2 metros. En la fotografía se observa el perfil 2 visualizándolo desde el geófono 1 hacia el geófono 15, donde se encuentra el sistema de medida y registro de datos.



Figura 13. Perfil 2 visualizándolo desde el geófono 1 hacia el geófono 15, donde se encuentra el sistema de medida y registro de datos.

En la siguiente figura se presentan las trazas sísmicas de cada uno de los geófonos. En esta figura se identifican un total de 15 trazas correspondiente a los 15 geófonos utilizados en el arreglo, un tiempo de adquisición de 4 segundos, un periodo de muestreo de un 1 msec y una separación entre geófonos de 2 metros.

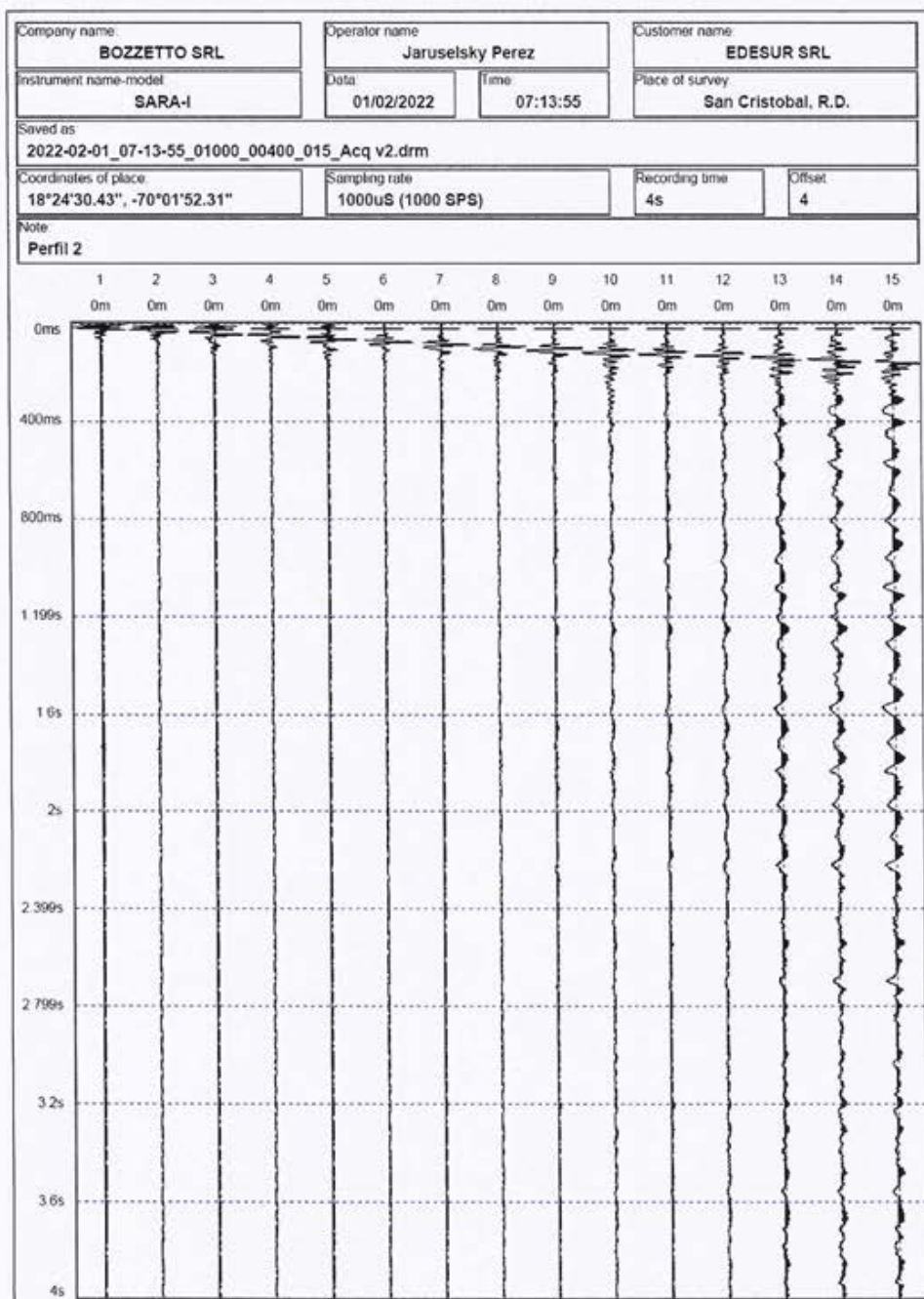


Figura 14. Registro de las ondas superficiales del perfil 2.

A estas trazas sísmicas les fue aplicada la transformada de Fourier con el fin de identificar la curva de dispersión (Figura 15). Dicha curva de dispersión fue sometida a un proceso de inversión matemática con el objetivo de determinar los perfiles de V_s del suelo.

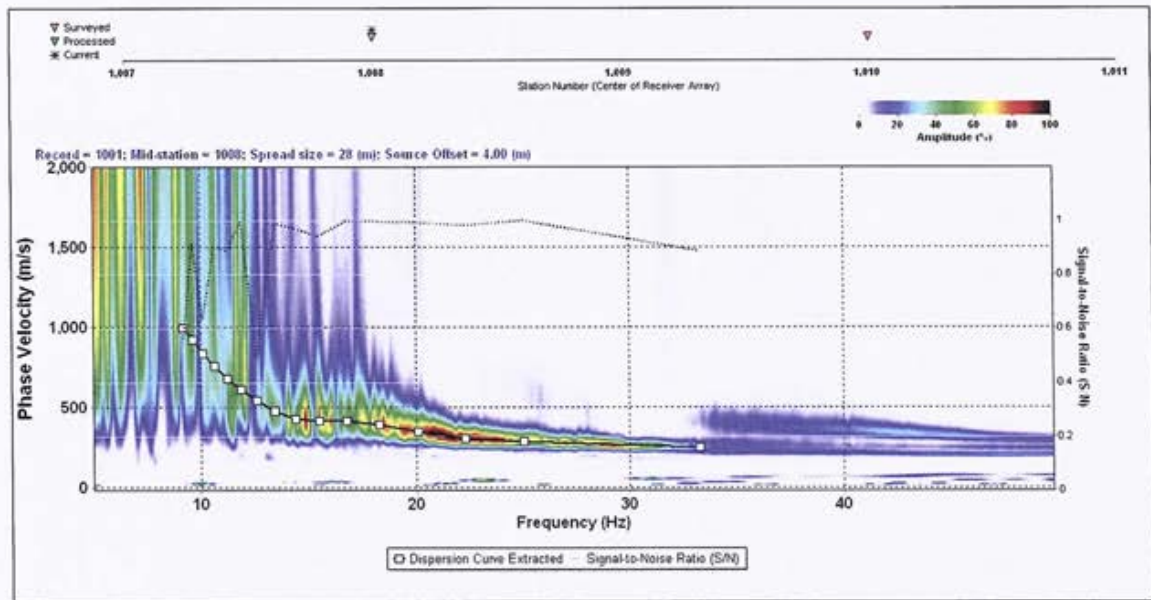


Figura 15. Picado de la curva de dispersión

Como resultado se obtuvo un perfil 2D de velocidad de corte del terreno con una profundidad superior a los 30 metros (Figura 16). Este modelo presenta una distribución heterogénea de valores de velocidad de corte, en la que destacan valores de V_s comprendidos entre 205 y 605 m/s para los primeros 15 metros de profundidad. Entre 15 y 30 m de profundidad el valor de velocidad V_s del terreno alcanzan valores que se encuentran por encima de 1100 m/s.

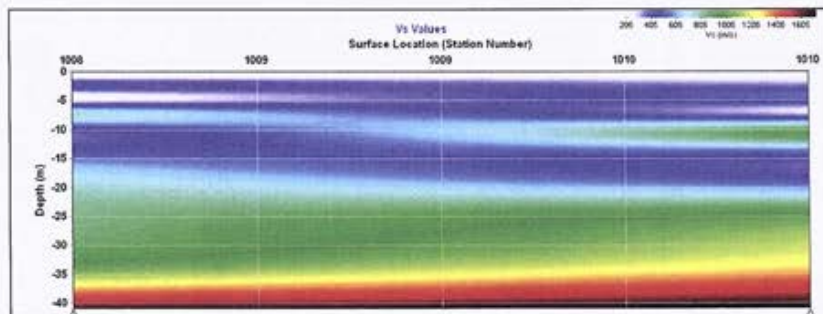


Figura 16. Perfil 2D de velocidad de corte vs profundidad

El valor de Vs30 del perfil de velocidad obtenido en la zona de estudio correspondiente al perfil 2 se encuentra en un rango de velocidad entre 490 m/s y 512 m/s, estos valores están comprendido entre 360 y 760 m/s (Figura 17), lo que corresponde a un tipo de suelo C (Suelo muy denso) (R001, 2011).

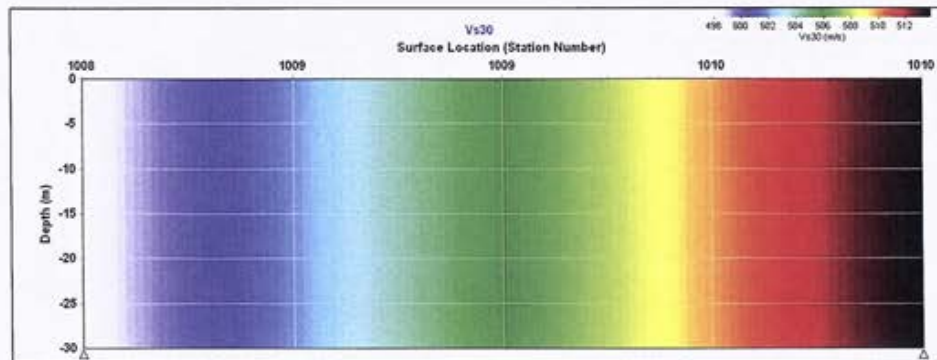


Figura 17. Valores de velocidad Vs30 del suelo del perfil 2

Perfil 3

Este perfil estuvo formado por 15 geófonos con una separación entre geófonos de 2 metros. En la siguiente figura se presentan las trazas sísmicas de cada uno de los geófonos. En esta figura se identifican un total de 15 trazas correspondiente a los 15 geófonos utilizados en el arreglo, un tiempo de adquisición de 4 segundos, un periodo de muestreo de un 1 msec y una separación entre geófonos de 2 metros.

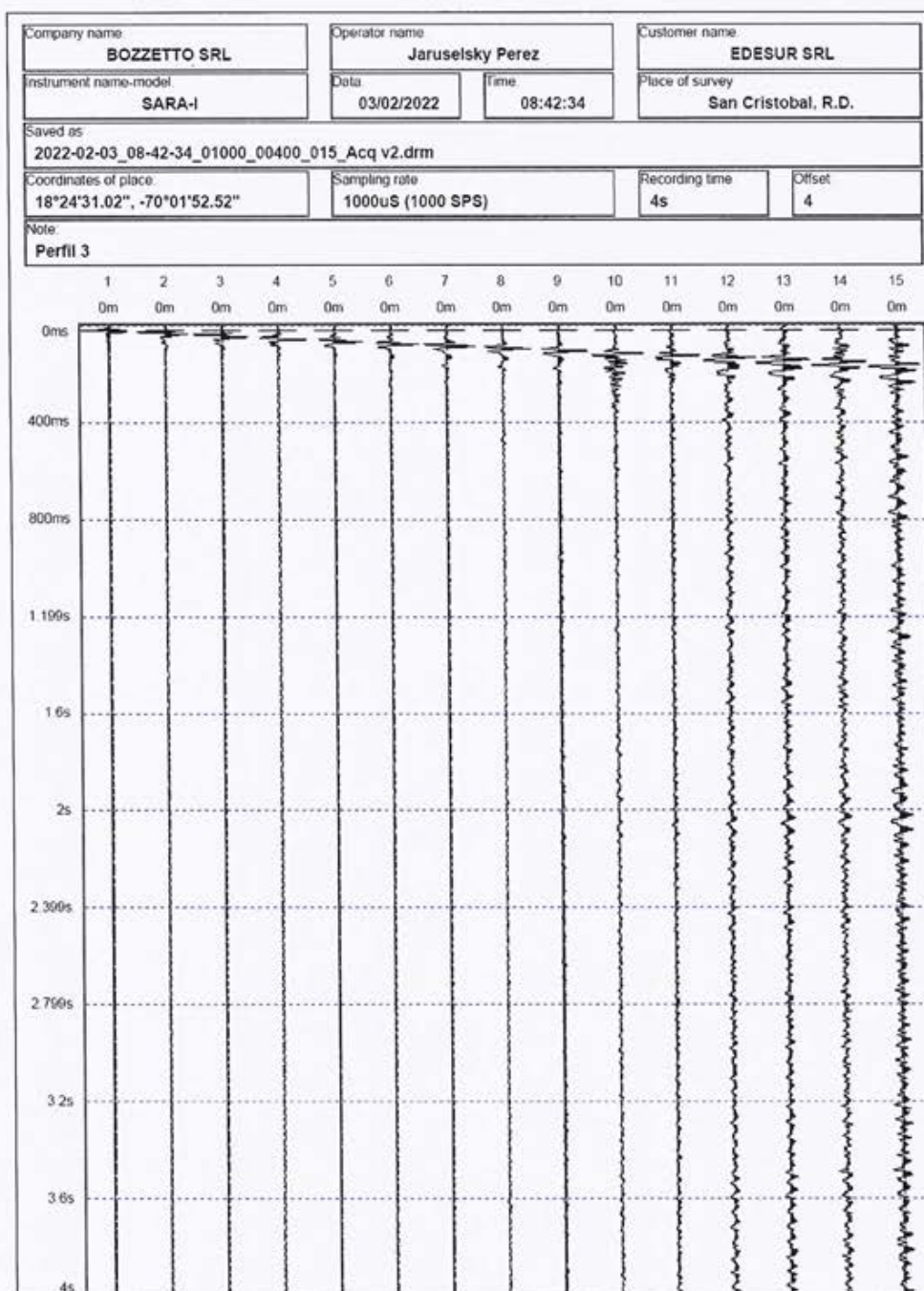


Figura 18. Registro de las ondas superficiales del perfil 3.

A estas trazas sísmicas les fue aplicada la transformada de Fourier con el fin de identificar la curva de dispersión (Figura 19). Dicha curva de dispersión fue sometida a

un proceso de inversión matemática con el objetivo de determinar los perfiles de V_s del suelo.

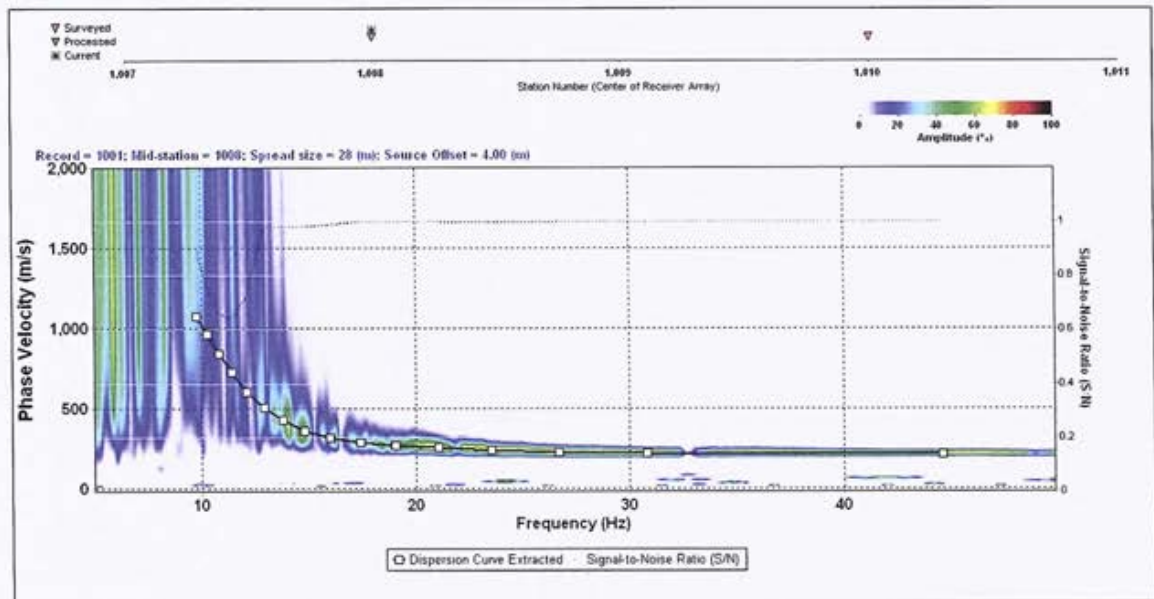


Figura 19. Picado de la curva de dispersión

Como resultado se obtuvo un perfil 2D de velocidad de corte del terreno con una profundidad superior a los 30 metros (Figura 20). Este modelo presenta una distribución heterogénea de valores de velocidad de corte, en la que destacan valores de V_s comprendidos entre 179 y 379 m/s para los primeros 15 metros de profundidad. Entre 15 y 30 m de profundidad el valor de velocidad V_s del terreno alcanzan valores que se encuentran por encima de 1000 m/s

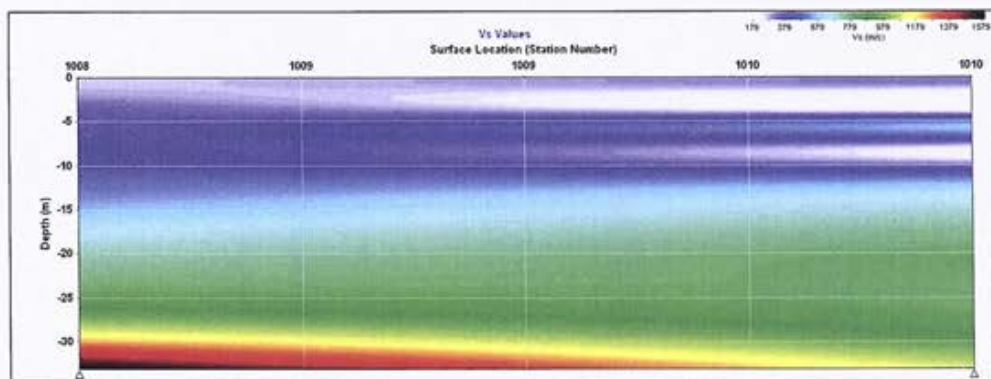


Figura 20. Perfil 2D de velocidad de corte vs profundidad

El valor de Vs30 del perfil de velocidad obtenido en la zona de estudio correspondiente al perfil 3 se encuentra en un rango de velocidad entre 455 m/s y 505 m/s, estos valores están comprendido entre 360 y 760 m/s (Figura 21), lo que corresponde a un tipo de suelo C (Suelo muy denso) (R001, 2011).

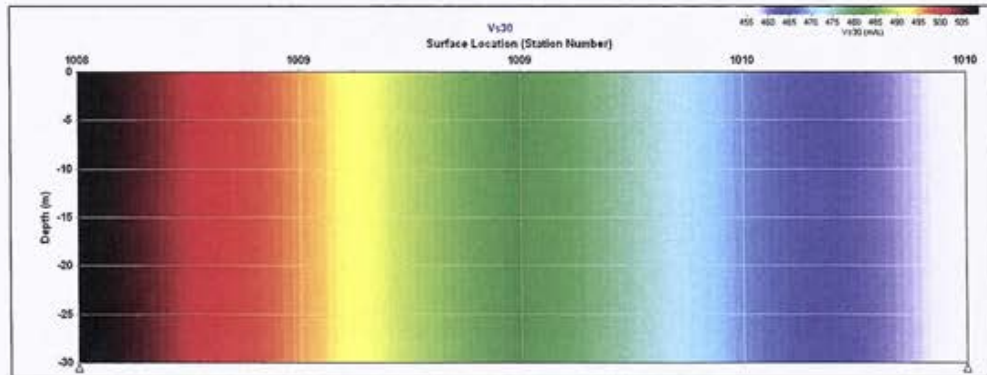


Figura 21. Valores de velocidad Vs30 del suelo del perfil 3

Perfil 4

Este perfil estuvo formado por 15 geófonos con una separación entre geófonos de 2 metros. En la siguiente figura se presentan las trazas sísmicas de cada uno de los geófonos. En esta figura se identifican un total de 15 trazas correspondiente a los 15 geófonos utilizados en el arreglo, un tiempo de adquisición de 4 segundos, un periodo de muestreo de un 1 msec y una separación entre geófonos de 2 metros.

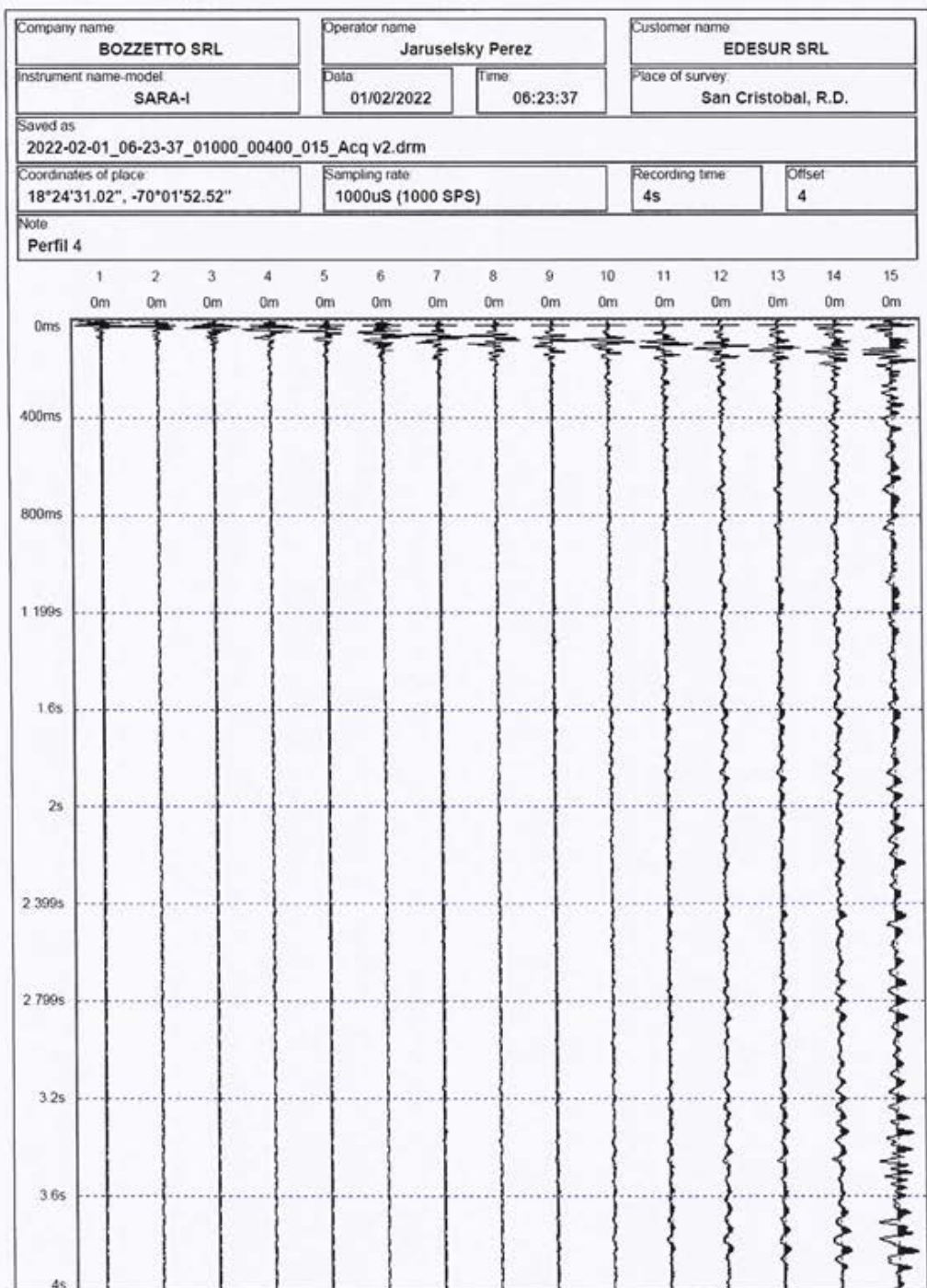


Figura 22. Registro de las ondas superficiales del perfil 4.

A estas trazas sísmicas les fue aplicada la transformada de Fourier con el fin de identificar la curva de dispersión (Figura 23). Dicha curva de dispersión fue sometida a un proceso de inversión matemática con el objetivo de determinar los perfiles de V_s del suelo.

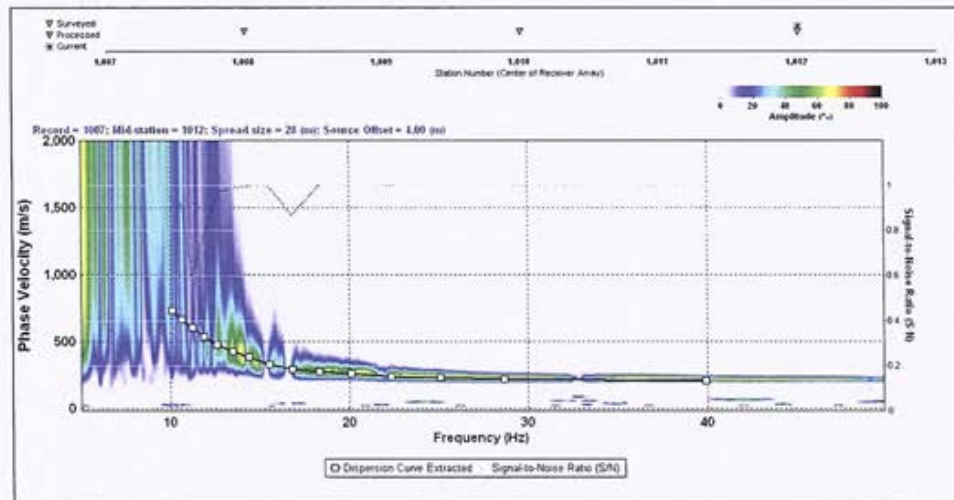


Figura 23. Picado de la curva de dispersión

Como resultado se obtuvo un perfil 2D de velocidad de corte del terreno con una profundidad superior a los 30 metros (Figura 24). Este modelo presenta una distribución heterogénea de valores de velocidad de corte, en la que destacan valores de V_s comprendidos entre 181 y 420 m/s para los primeros 20 metros de profundidad. Entre 20 y 30 m de profundidad el valor de velocidad V_s del terreno alcanzan valores que se encuentran por encima de 900 m/s.

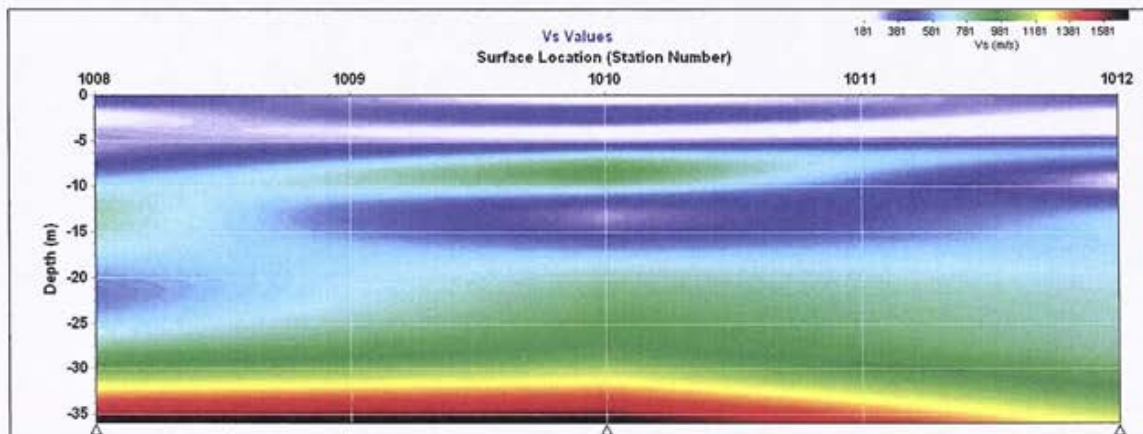


Figura 24. Perfil 2D de velocidad de corte vs profundidad

El valor de V_{s30} del perfil de velocidad obtenido en la zona de estudio correspondiente al perfil 4 se encuentra en un rango de velocidad entre 449 m/s y 499 m/s, estos valores están comprendido entre 360 y 760 m/s (Figura 26), lo que corresponde a un tipo de suelo C (Suelo muy denso) (R001, 2011).

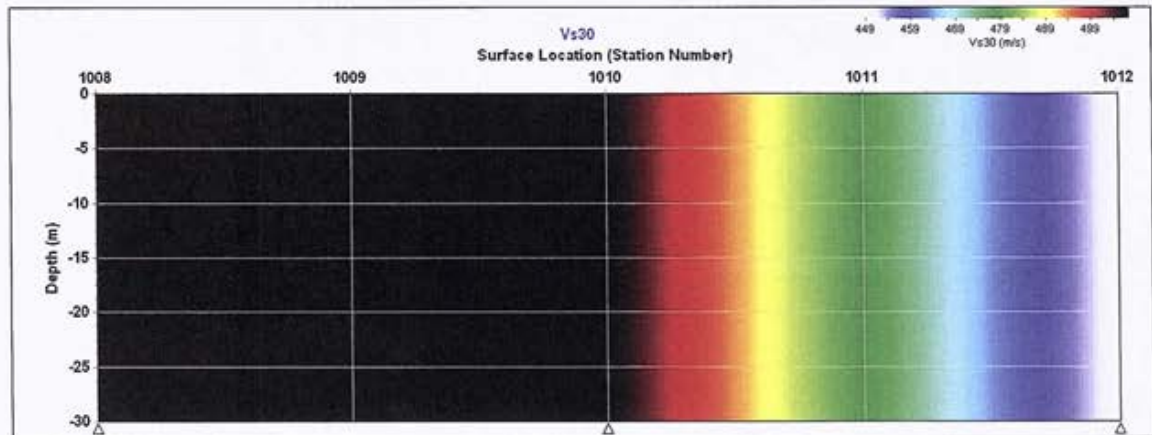


Figura 25. Valores de velocidad V_{s30} del suelo del perfil 1

4. Conclusiones

La clasificación sísmica del suelo, en donde se va a construir el proyecto SubEstacion Granito Bojos, S.C., ofreció valores de V_{s30} comprendidos en un rango entre 360 y 760 m/s (Tabla 1). Debido a que los resultados ofrecidos por los modelos sísmicos 1D y el perfil 2D mantiene consistencia en cuanto a los resultados, **se determina que la clasificación sísmica de sitio para la zona de estudio es un tipo de suelo C (suelo muy denso o roca blanda)** (R001, 2011).

De acuerdo con la NEHRP (2001) estos suelos están formados por granos gruesos muy densos o suelos de granos finos muy consistentes con espesores que superan los 30 m de profundidad, además se caracterizan por un mejoramiento gradual de las propiedades mecánicas a según el aumento de la profundidad.

Método de la Razón Espectral H/V en el Proyecto el proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.

5. Método de la razón espectral H/V

Este método fue propuesto inicialmente por Nogoshi e Igarashi (1971) y posteriormente desarrollado por Nakamura (1989). El método se basa en la interpretación del ruido ambiental como ondas Rayleigh, las cuales se propagan por una capa situada sobre un semi-espacio elástico (Figura 26), y se aplica para evaluar el comportamiento dinámico del suelo a partir del cociente de las componentes espectrales horizontal y vertical del ruido ambiental.

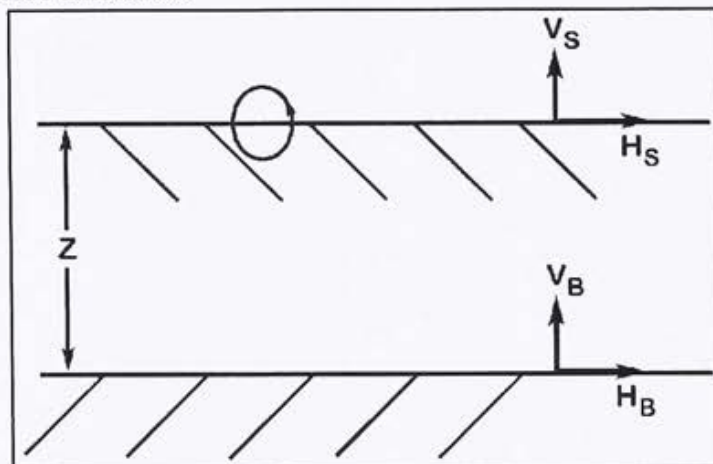


Figura 26. Modelo establecido por Nakamura para interpretar la propagación del ruido ambiental sobre un semiespacio de espesor Z (tomado de Nakamura (1989)).

6. Hipótesis del Método

1. Las vibraciones ambientales están compuestas por ondas de cuerpo y ondas superficiales.
2. Las componentes vertical y horizontal son similares en roca.
3. Los movimientos horizontales son amplificados por las capas de suelo blando que yacen sobre el sustrato rocoso.
4. Las ondas Rayleigh afectan principalmente el movimiento vertical.

Nakamura supone que la razón (H/V) o razón espectral corresponde a la función de transferencia de los niveles superficiales sometidos a movimientos horizontales. Basa su trabajo en la hipótesis de que un microtemblor está compuesto por un cuerpo principal de ondas y por ondas superficiales Rayleigh, inducidas por fuentes artificiales (trenes, tráfico, etc.).

El efecto de las ondas Rayleigh es visible principalmente en el movimiento vertical, y por tanto se puede definir la razón o Función de Transferencia para evaluar la amplificación del movimiento en esa dirección:

$$E_V = \frac{S_{VS}}{S_{VB}}$$

En ese mismo sentido, también se evalúa la amplificación del movimiento en superficie en la dirección horizontal, respecto a la roca basal, calculando la Función de Transferencia de los espectros del movimiento en esa dirección:

$$TF_H = \frac{S_{HS}}{S_{HB}}$$

Donde S_{VS} , S_{VB} , S_{HS} , S_{HB} corresponden los espectros vertical y horizontal de la amplitud de Fourier en la superficie S y la roca basal B.

Basada en estas ecuaciones, Nakamura propone una Función de Transferencia Modificada que es la razón de las Funciones de Transferencia en las direcciones Vertical y Horizontal:

$$TF_{HW} = \frac{S_{HS}}{S_{HB}} \cdot \frac{S_{VB}}{S_{VS}}$$

Nakamura determinó que en un rango de frecuencia entre 1 a 20 Hz, la propagación de las ondas en el basamento rocoso es aproximadamente igual en las direcciones horizontal y vertical, de ahí que:

$$\frac{S_{VB}}{S_{HB}} \cong 1$$

De esta manera la Función de Transferencia Modificada propuesta, queda de la manera siguiente:

$$TF_{HW} = \frac{S_{HS}}{S_{VS}}$$

Lo que implica que es posible determinar la amplificación de los contrastes de impedancias entre la roca basal y el depósito de suelo, midiendo en superficie las componentes del movimiento y determinando la relación de sus espectros.

7. Procedimiento en campo

Para las mediciones y toma de los registros, se utiliza un sismómetro (acelerómetro) triaxial de banda ancha para grabar el ruido sísmico ambiental (Figura 27) SARA SS45PACK

(integrated 4.5 Hz sensors). Es considerada una técnica “pasiva” porque no requiere una fuente sísmica artificial, como explosivos o golpes de martillo. La relación HVSR mide las componentes vertical y horizontal del ruido sísmico inducido por el viento, oleaje, y actividades antropogénicas (tomado de Geoseismic).



Figura 27. Acelerómetro triaxial de 4.5 Hz de frecuencia natural de la casa SARA Instruments.

El ensayo se llevó a cabo en el lugar de estudio con el objetivo de determinar el periodo predominante en donde se ubicará la estructura (Figura 28).

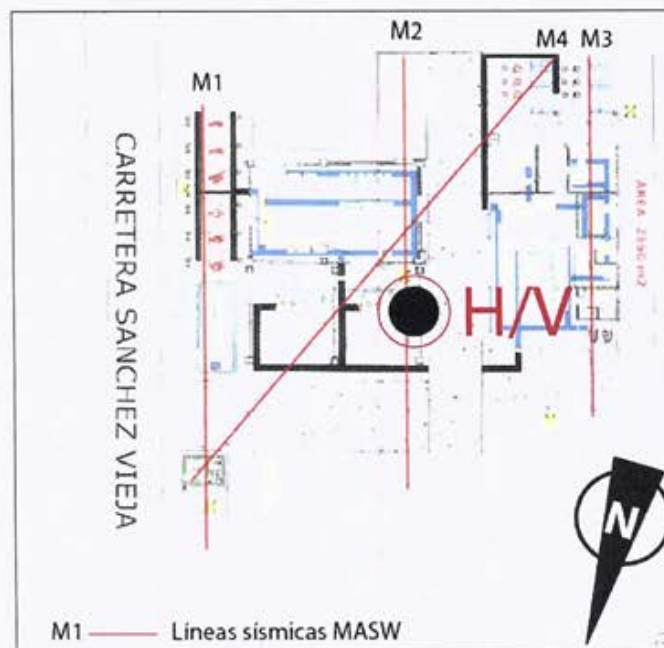


Figura 28. Ubicación de la medida tomada con el Acelerómetro

El tipo de señales obtenidas, a partir de la utilización de este equipo, son tres señales en las tres direcciones del movimiento (Figura 29).



Figura 15. Señales sísmicas obtenidas a partir del acelerómetro triaxial

Las señales en el plano (Horizontales) son promediadas, luego se obtienen los espectros de Fourier mediante la aplicación de la Función de Transferencia Modificada de Nakamura.

8. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante la medición de las aceleraciones del suelo para cada uno de los puntos definidos anteriormente.

-Punto H/V1.

Para la medida que se realizó en el emplazamiento 1 en fecha 2021/02/25 13:40:30, se tomó una frecuencia de muestreo de 300 Hz y el tiempo total de muestreo fue de 10 min. A continuación, se muestran los datos de aceleración obtenidos durante las medidas llevadas a cabo, las cuales fueron divididas en 20 ventanas:

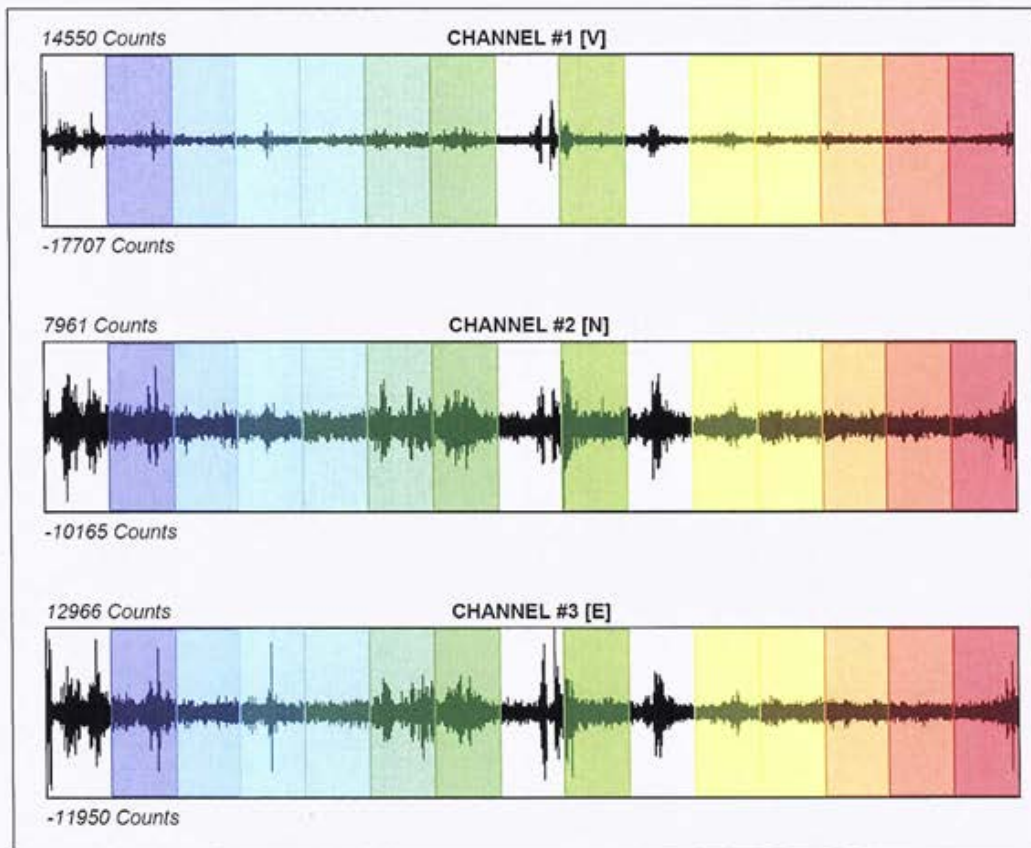


Figura 16. Señales sísmicas obtenidas a partir del acelerómetro triaxial en campo

Luego de aplicar los filtros y el suavizado propuesto por Konno-Ohmachi (1998) se obtuvo un valor para la frecuencia fundamental en el centro del terreno analizado de 1.086 Hz (Figura 17).

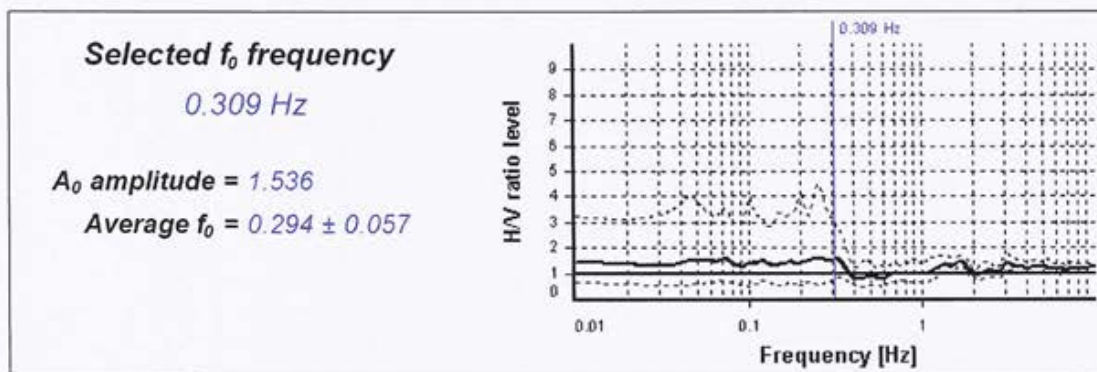


Figura 17. Determinación de la frecuencia fundamental del suelo basado en el criterio SESAME.

9. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten identificar principalmente los modos de vibración del suelo, y los períodos fundamentales y superiores del depósito del suelo. Aunque el ensayo de Nakamura entrega un factor de amplificación de los suelos, dicha amplificación más bien representa la amplificación de los contrastes de impedancias. Investigaciones, como la de García-Jerez (2010), han demostrado este factor representa una cota mínima de amplificación y que el método, fundamentalmente, es válido para la estimación del período predominante.

Como conclusión se ha identificado que entre las edificaciones que pretenden construir y el terreno de la zona de estudio no hay posibilidad de que se produzcan fenómenos de resonancia. Esto último debido a que el periodo del edificio puede estimarse en 1 s y el periodo predominante del suelo ha sido identificando por encima de 3 segundos.

10. Referencias

- García-Jerez, A. (2010). "Desarrollo y evaluación de métodos avanzados de exploración sísmica pasiva". Tesis Doctoral. Universidad de Almería. 273 pp.
- Konno, K., and Ohmachi, T. (1998). "Ground-motion characteristic estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremors". Bulletin of the Seismological Society of America: 88, 228-241.
- Nakamura, Y. (1989). "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface". Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI): 3, 25-33.

ANEXO VI. Estudio de Resistividad Eléctrica

Estudio del subsuelo mediante el método de tomografía eléctrica en el Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.

Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.
República Dominicana
15 de febrero de 2022

**Estudio del subsuelo mediante el método de Tomografía
Eléctrica**

1. Introducción

Se ha realizado, por encargo de EDESUR Dominicana, una campaña de prospección geofísica del subsuelo mediante perfiles de tomografía eléctrica en donde se construirá el Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.

2. Objetivos

El propósito del presente trabajo consistirá en analizar las características del subsuelo desde el punto de vista geoelectrico para llegar a definir los contactos entre los diferentes materiales, así como poder caracterizar, los sectores de presencia de los depósitos de finos y las posibles cavernas.

Para alcanzar estos objetivos se ha realizado una prospección del subsuelo mediante una campaña de perfiles de tomografía eléctrica.

La información que se presenta en este informe comprende la descripción de los trabajos realizados, la explicación de la metodología desarrollada y la valoración de los principales resultados que se han obtenido.

3. Metodología de Trabajo

3.1 Descripción teórica del método

Se describe a continuación el método empleado de tomografía eléctrica. Consideraciones Teóricas de la Prospección Geoelectrica

El trabajo que se detalla en este informe se ha llevado a cabo mediante tomografía eléctrica. Este método analiza los materiales del subsuelo en función de su comportamiento eléctrico, es decir, diferenciador de los mismos en función de su valor de resistividad.

La naturaleza y composición de los suelos, la textura más o menos alterada o porosa unida al contenido de agua son factores que van a condicionar la existencia de una mayor o menor concentración de iones. Una mayor movilidad de estos iones tiene como consecuencia una mayor conductividad o, lo que es lo mismo, una menor resistividad.

La resistividad de los suelos depende, fundamentalmente, de cuatro factores:

1. De la proporción de volumen de poros frente a volumen total de los suelos. A mayor volumen de poros (porosidad) puede esperarse una menor resistividad, siempre y cuando la porosidad tenga un relleno (agua, arcilla, etc.). Si no es así (caso de cuevas o galerías con aire), la resistividad debería ser anormalmente alta dado el carácter dieléctrico del aire.
2. De la disposición geométrica de dichos poros (denominado factor de formación). A mayor conexión de poros, si están rellenos de agua, implica una menor resistividad ya que la movilidad de fluidos y de iones es más fácil. Si tienen una morfología poco alargada o su disposición condiciona que estén desconectados, la resistividad será, por el contrario, mayor.
3. De la proporción de poros rellenos de agua frente a poros secos. A mayor proporción de poros rellenos de agua, la resistividad va a ser menor pues el agua permite una mayor circulación de la corriente eléctrica que el aire, que es un dieléctrico.
4. De la resistividad o conductividad de dicha agua. A mayor conductividad del agua, menor será la resistividad de la formación que la contiene.

Los diferentes factores que afectan a la resistividad de un suelo se agrupan en la siguiente fórmula de Heiland:

$$\rho = \frac{F}{V} * \rho_w \quad (1.1)$$

donde,

ρ es la resistividad del suelo impregnada.

ρ_w es la resistividad del agua contenida en el suelo.

V es el volumen relativo de huecos (factor de porosidad) que depende de la textura del suelo; es cero en roca compacta y aumenta con la porosidad.

F factor de formación, que depende de la forma y distribución de los poros.

A esta fórmula habría que añadir un factor de saturación (F_s) que depende de la proporción en que los poros del suelo están rellenos de agua. Esto transformaría la fórmula anterior en la siguiente:

$$\rho = \frac{F}{V} * \rho_w * \frac{1}{F_s} \quad (1.2)$$

En la zona de saturación, por debajo del nivel freático, el F_s es 1 ya que todos los poros están completamente llenos de agua. En este caso, ambas fórmulas son iguales. Por encima de este nivel, el F_s va a depender de la capacidad del suelo de almacenar agua. Por ejemplo, para las gravas y arenas gruesas es desde 0.01 hasta 0.40 y para rocas capaces de almacenar agua por capilaridad (arcillas), hasta 0.60. El caso extremo es el desierto en una época calurosa, donde F_s vale 0, lo que obliga, en el caso de la prospección eléctrica, a clavar los electrodos en el terreno hasta encontrar un nivel con un grado mínimo de humedad capaz de garantizar el paso de la corriente. Esta actividad se puede complementar con otras actuaciones capaces de mejorar la unión eléctrica con el terreno, como, por ejemplo, el vertido de agua, a ser posible salada, junto a los electrodos, o la colocación de 2 ó 3 electrodos de corriente en cada punto de medición, etc.

Estos aspectos teóricos son los que dan la pauta de comportamiento a los diferentes materiales. La ejecución de una campaña de prospección geoelectrica mediante tomografía permitirá la determinación de diferentes valores de resistividad que, por atribución, permitirá identificar unidades litológicas de distinta naturaleza (arcillas, margas, gravas, etc.), aspectos estructurales (fallas, pliegues) y geomorfológicos (cuevas y rellenos), etc.

Finalmente, la Tomografía eléctrica consiste en la implantación de numerosos electrodos a lo largo de un perfil, con una separación determinada. Todos los electrodos se conectan al equipo de medida y, mediante un programa secuencial específico para cada trabajo, el equipo ordena a cada electrodo si debe o no emitir o si debe o no recibir corriente en cada momento. Es decir, se programan cuáles deben ser los cuadripolos que funcionen en cada momento y con qué disposición.

El resultado final es una sección del terreno en la que se representan los valores de resistividad con distintos colores para que se pueda apreciar mejor la evolución y las variaciones de este parámetro y, consecuentemente, hacer mejor las interpretaciones.

4. Trabajo realizado

Se ha realizado el estudio distribuyendo los perfiles de tomografía eléctrica de la manera más regular posible con el fin de cubrir la zona de estudio de la forma más

completa, siempre situando los mismos de acuerdo con la ubicación de los transformadores de la Subestación.

La distribución de los perfiles se puede observar en la figura siguiente. Se ha realizado un total de tres perfiles.

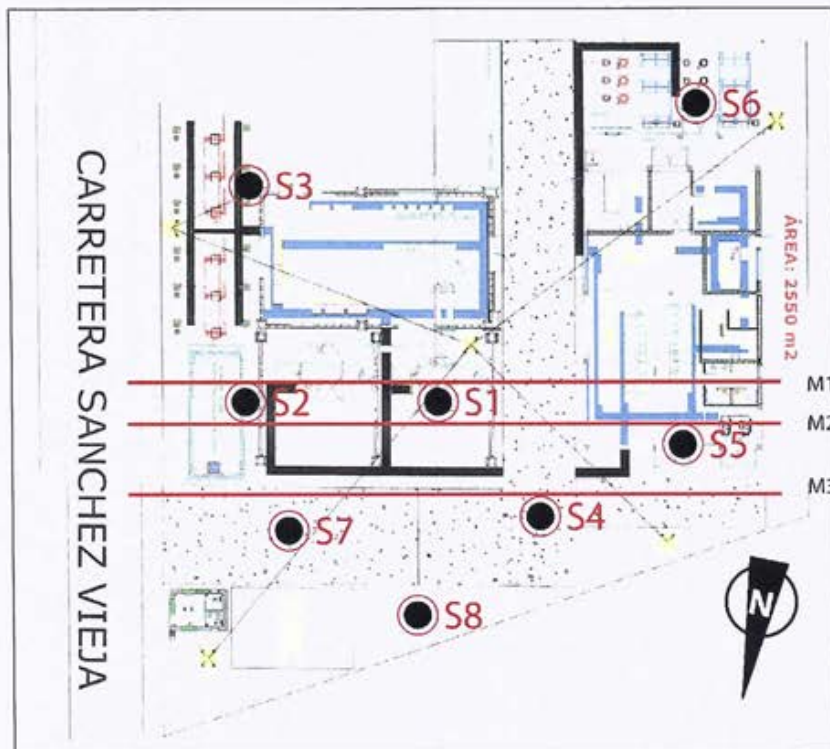


Figura 1. Perfiles de Resistividad eléctrica llevados a cabo en la zona de estudio

5. Características de los perfiles

Los perfiles tienen las siguientes características:

Perfil 1 (M1)

- Longitud: 32 m
- Separación entre electrodos: 1 m
- Número de electrodos por perfil: 32
- Número de cuadripolos de medida por perfil: 104
- Profundidad máxima de investigación: 8 m
- Dispositivo de medida: Schlumberger-Wenner

Perfil 2 (M2)

- Longitud: 32 m
- Separación entre electrodos: 1 m
- Número de electrodos por perfil: 32
- Número de cuadripolos de medida por perfil: 104
- Profundidad máxima de investigación: 8 m

Perfil 3 (M3)

- Longitud: 32 m
- Separación entre electrodos: 1 m
- Número de electrodos por perfil: 32
- Número de cuadripolos de medida por perfil: 104
- Profundidad máxima de investigación: 8 m

En los tres perfiles se ha empleado un equipo con las siguientes características:

- Equipo empleado: PASI POLARES
- Fabricante: PASIS SRL (Italia)
- Programa de procesado: ELECTRE II
- Subprogramas: PASI y Res2dinv.

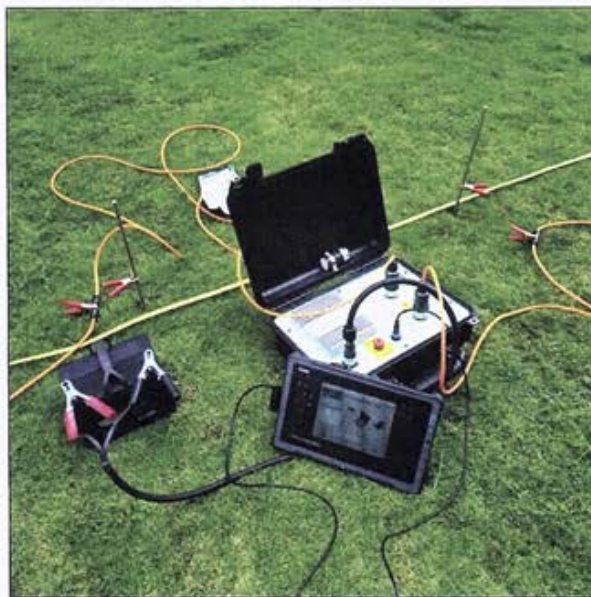


Figura 2. Equipo de resistividad Eléctrica PASI POLARES de la casa italiana PASI

6. Integración con datos de sondeos

Una vez interpretados los perfiles de tomografía eléctrica se han obtenido los datos de los sondeos perforados en la zona, comprobándose la perfecta identificación del contacto entre las arenas y las gravas limosas con arenas. Los datos de los 8sondeos perforados en los perfiles son los siguientes:

- SONDEO 1
0.00 a 1.35 m : Arena con limo (SM) y MO
1.35 a 6.75 m : Arena limosa (SM)
6.75 a 15.60m: Grava limosa (GM) con arena
- SONDEO 2
0.00 a 1.35 m : Arena con limo (SM) y MO
1.35 a 7.20 m : Arena limosa (SM)
7.20 a 11.30 m : Grava limosa (GM) con arena
- SONDEO 3
0.00 a 1.80 m : Arena con limo (SM) y MO
1.80 a 7.65 m : Arena limosa (SM)
7.65 a 13.05 m : Grava limosa (GM) con arena
- SONDEO 4
0.00 a 1.35 m : Arena con limo (SM) y MO
1.35 a 8.55 m : Arena limosa (SM)
8.55 a 10.35 m : Grava limosa (GM) con arena
- SONDEO 5
0.00 a 1.35 m : Arena con limo (SM) y MO
1.35 a 9.00 m : Arena limosa (SM)
9.00 a 15.30 m : Grava limosa (GM) con arena
- SONDEO 6
0.00 a 1.35 m : Arena con limo (SM) y MO
1.35 a 7.65 m : Arena limosa (SM)
7.65 a 13.05 m : Grava limosa (GM) con arena
- SONDEO 7

0.00 a 1.35 m : Arena con limo (SM) y MO
1.35 a 7.65 m : Arena limosa (SM)
7.65 a 13.50 m : Grava limosa (GM) con arena

- SONDEO 8

0.00 a 1.35 m : Arena con limo (SM) y MO
1.35 a 6.30 m : Arena limosa (SM)

7. Resultados

7.1 Datos sobre los resultados

En los perfiles de tomografía eléctrica, se puede ver una distribución de colores que reflejan los distintos valores de resistividad de las formaciones analizadas. Sobre los valores de resistividad medidos se ha realizado una serie de procesos:

Filtrado: Los valores que presentaban un cierto error o unos valores excesivamente bajos (cerca de 1 ohm x m) excesivamente altos (superiores a 5.000 ohm x m) se han filtrado para que el posterior procesamiento no se vea afectado por esos valores extremos.

Unificación: Los valores de resistividad son específicos de cada perfil. Por ello, para que sea comparable la observación de los colores (resistividades) entre los distintos perfiles, se suelen unificar los valores de resistividad para que los perfiles presenten la misma regla de equivalencias entre colores y valores de resistividad. En el caso de este trabajo no se ha realizado dicha unificación para poder ver mejor los cambios dentro de materiales con una conductividad tan importante.

Litologías: Los distintos colores se han atribuido a diferentes litologías:

- Colores azules y verdosos suelen corresponder a los materiales más conductores (rellenos)
- Los colores amarillos, naranjas, rojos y morados para los materiales más resistivos (sustrato rocoso).

Contactos: Los contactos se establecen ligeramente por debajo de la zona de inflexión, entre los valores más altos y bajos ya que es la profundidad que este tipo de prospección marca los cambios de resistividad y, consecuentemente, de litologías.

7.2 Descripción de perfiles

Se presentan a continuación los resultados más destacados de los perfiles de forma individual.

PERFIL 1

Características del emplazamiento: La dirección del perfil es W-E. Está formado por 32 electrodos separados 1 metro entre sí.



Figura 3. Fotografía del Perfil Geoelectrico 1 (M1)

Características del subsuelo: Los materiales analizados en este perfil presentan una tendencia relativamente horizontal. Los materiales se encuentran agrupados en dos unidades principales cuyas características son las siguientes:

- **Unidad conductora:** Se presenta en todo el perfil diferenciada en dos conjuntos: Arena limosa con MO y Arena limosa. Estos materiales de relleno son de diferente naturaleza en base a los datos de la resistividad, pero en todo caso corresponden a una matriz arenosa.

Arena limosa: Es el más antiguo. Se dispone en contacto directo con la unidad resistiva basal. Son materiales muy conductores, con resistividades mayores 60 ohm x m.

Arena limosa con MO: Es el más moderno. Se dispone en contacto directo sobre los materiales conductores que forman el denominado Arena limosa. Son materiales conductores, con resistividades entre 15 y 39 ohm x m. Los espesores de este conjunto son algo superiores a los 1 m. Los valores de resistividad ligeramente más altos podrían indicar que es un relleno algo más cementado.

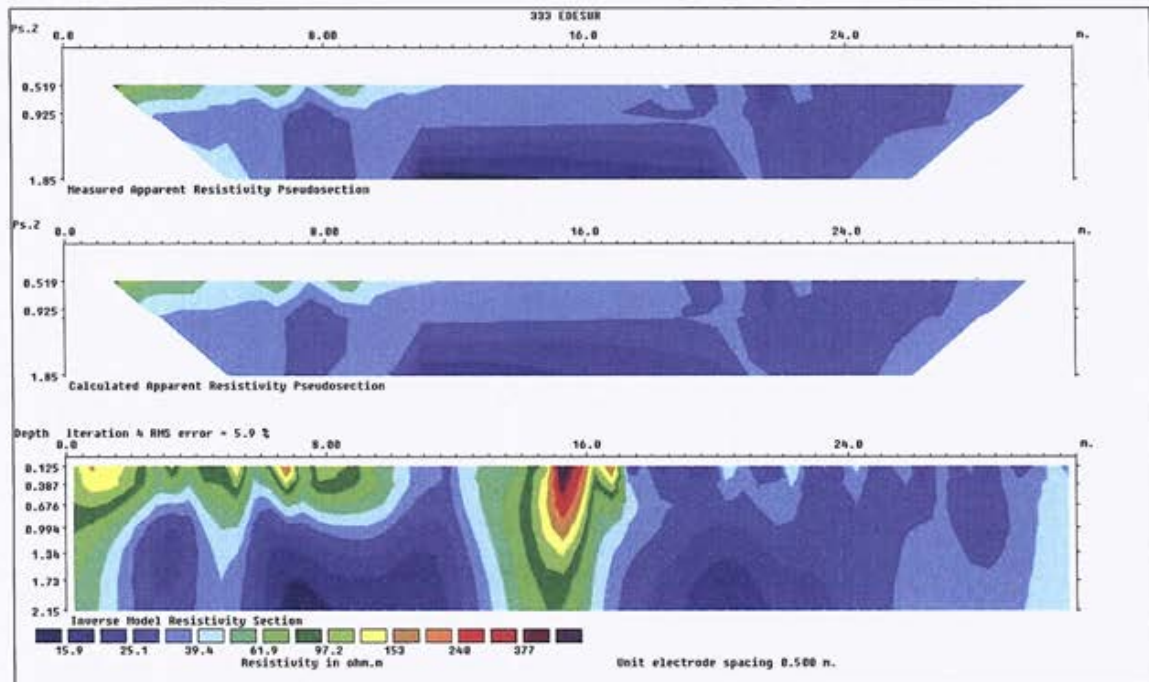


Figura 4. Perfil Geoeléctrico 1 (M1)

PERFIL 2

Características del emplazamiento: La dirección del perfil es W-E. Está formado por 32 electrodos separados 1 metro entre sí.



Figura 5. Fotografía del Perfil Geoeléctrico 2 (M2)

Características del subsuelo: Los materiales analizados en este perfil presentan una tendencia relativamente horizontal. Los materiales se encuentran agrupados en dos unidades principales cuyas características son las siguientes:

- Unidad conductora: Se presenta en todo el perfil diferenciada en dos conjuntos: Arena limosa con MO y Arena limosa. Estos materiales de relleno son de diferente naturaleza en base a los datos de la resistividad, pero en todo caso corresponden a una matriz arenosa.

Arena limosa: Es el más antiguo. Se dispone en contacto directo con la unidad resistiva basal. Son materiales muy conductores, con resistividades menores a 40 ohm x m.

Arena limosa con MO: Es el más moderno. Se dispone en contacto directo sobre los materiales conductores que forman el denominado Arena limosa. Son materiales conductores, con resistividades sobre 100 ohm x m. Los espesores de este conjunto son

algo superiores a los 1 m. Los valores de resistividad ligeramente más altos podrían indicar que es un relleno algo más cementado.

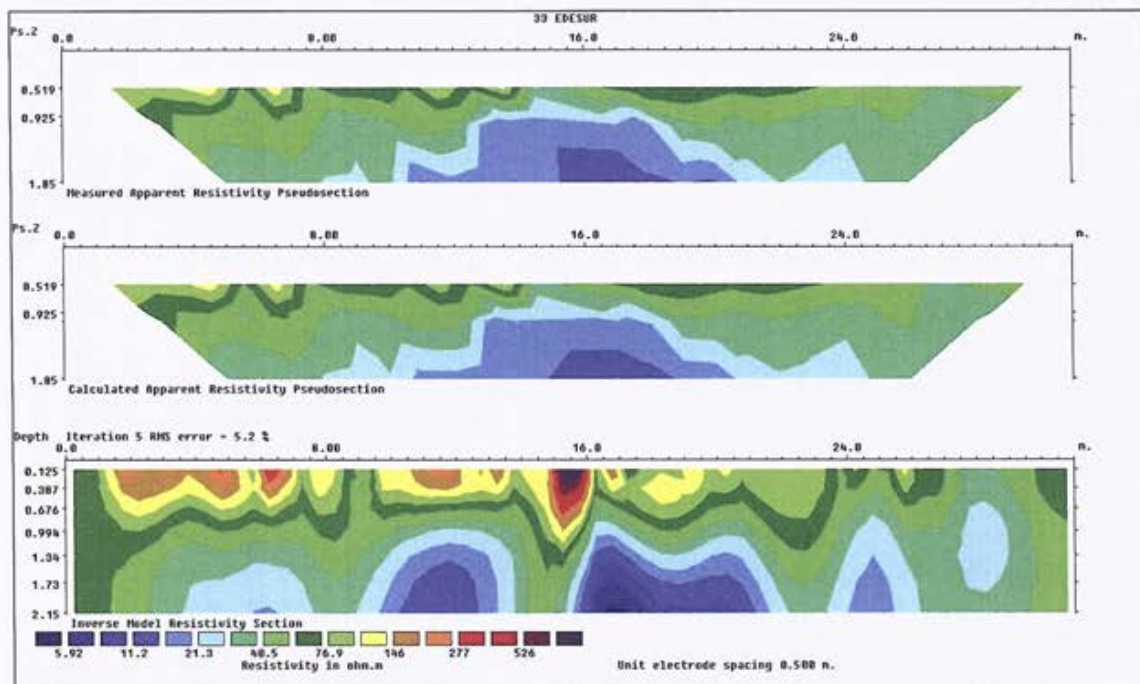


Figura 4. Perfil Geoeléctrico 2 (M2)

8. Conclusiones y recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos e interpretados, se presentan a continuación las principales conclusiones:

- El método geofísico empleado ha permitido conocer las características del terreno de manera rápida y no destructiva. Los datos medidos son de buena calidad ya que se ha controlado con el equipo el porcentaje de error de las medidas habiéndose mantenido un porcentaje de error de medición menor del 6%, siendo en la mayoría de los casos próximo al 0%.

- Desde el punto de vista geológico, se han identificado, por encima de la unidad que forma el sustrato rocoso, unos materiales de relleno que son las arenas limosas con algo de materia orgánica. Se trata de materiales muy conductores cuyos espesores varían mucho en función del relieve existente antes de la sedimentación de los rellenos. Las potencias, por tanto, oscilan entre 6 y 8 metros.

- En esta unidad de relleno que forman las arenas limosas se han diferenciado dos conjuntos, denominados arenas limosas con MO y arenas limosas (SM). El conjunto denominado SM es el más antiguo. Son materiales muy conductores, con resistividades menores de 65 ohm x m. El conjunto denominado arenas limosas con MO es el más moderno. Se dispone en contacto directo sobre los materiales conductores que forman el denominado arenas limosas. Es menos potente y tiene una representación menor en extensión.

ANEXO VII. Estudio de GPR

Estudio del subsuelo mediante el método del GEORRADAR en el Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.

Proyecto Subestación Granito Los Bojos, S.C.
República Dominicana
15 de febrero de 2022

Estudio del subsuelo mediante el método del Georradar

1. Método del Georradar

El georradar es un método de investigación geofísica que se basa en la emisión de impulsos electromagnéticos de muy corta duración (entre 1 ns y 10 ns) en la banda de frecuencias de UHF-VHF (normalmente entre 8 MHz y 2,6 GHz). Esta técnica está fundamentada en el principio de reflexión de ondas electromagnéticas que se propagan en un medio. La propagación de estos pulsos electromagnéticos (Figura 1) por un medio se puede definir teóricamente a partir de las ecuaciones de Maxwell para ondas electromagnéticas (García, 2011).

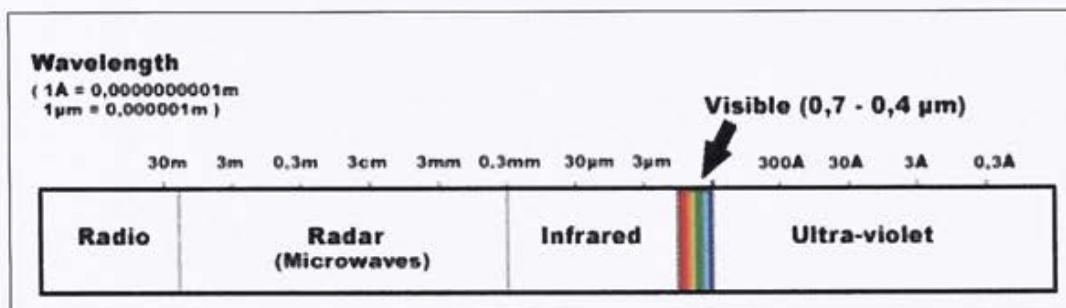


Figura 1. Espectro electromagnético, tomado de García (2011).

Las mediciones se realizan mediante la generación, por la antena emisora de una onda electromagnética con una frecuencia característica, donde esta se propaga por el medio, hasta que logra una zona u objeto cuyas propiedades eléctricas son diferentes respecto a las circundantes o adyacentes. Esto permite que parte de la energía electromagnética, se pueda reflejar hacia la superficie, mientras que el resto de energía continúa propagándose. La onda electromagnética reflejada se recibe a través de la antena receptora y se registra para su posterior tratamiento e interpretación (García, 2011). El georradar opera generando secciones verticales continuas llamadas radargramas del subsuelo, donde estas se parecen en apariencia e interpretación a una sección sísmica. Las operaciones que se realizan en el campo con el georradar se caracterizan por su sencillez y la obtención de datos es muy rápida (García, 2011).

2. Alcance de los trabajos

El georradar proporciona pseudoimágenes del subsuelo en las que es posible identificar las distintas capas presentes en el subsuelo, así como detectar la existencia de otros elementos y estructuras (antrópicas o de origen natural). Dependiendo de las características del medio y del tipo de equipo empleado, se pueden alcanzar varios metros de profundidad. Los sensores se desplazan sobre la superficie que se desea estudiar (asfalto, terreno natural, solera, forjado, muro, etc.) y se adquiere una lectura cada pocos centímetros (entre 1 y 10 cm, normalmente). De esta manera se obtiene un alto rendimiento ya que no es necesario realizar taladros. Los perfiles, dependiendo de su longitud, se realizan en pocos minutos y de manera no invasiva, lo cual permite compatibilizar este ensayo con la actividad normal de la estructura (edificio, carretera, etc.).

La zona de interés en el presente estudio estaba comprendida por distintas zonas interiores. Se realizaron perfiles longitudinales tomando lecturas cada 1.0 cm, cubriendo toda la superficie objeto de la investigación geofísica con un total de 8 perfiles de georradar.

2.1 Equipos y materiales utilizados

Para la aplicación de este método en campo, se utilizó el GPRover de US Radar conectado a una batería y a la vez a una computadora portátil, marca Getac (como se muestra en la figura siguiente).



Figura 1. GPR utilizado en el proyecto Subestación Granito Los Bojos

El georradar se compone de los siguientes elementos:

1. Antena: Se divide en dos, una parte de la antena es la que emite la señal radial y la otra es la que recibe la señal. Estas antenas están diseñadas para difundir señales en el entorno a trabajar a una frecuencia determinada, resultando así la condición de las aplicaciones destinadas a la antena, significando esto que, a mayor frecuencia, hay un aumento de frecuencia y al mismo tiempo la capacidad de penetración disminuye. Se utilizaron unas antenas de 250 MHz, 500 MHz y 1000 MHz del fabricante de Estados Unidos USRADAR.
2. Unidad de control: Se encarga de establecer la emisión y la recepción de las señales de radio.
3. Odómetro: Mide la distancia recorrida por el georradar. La información recibida por el equipo es tomada por la unidad de control y se ordena a la antena que difunda la señal de radio con el ritmo acorde a la razón de muestreo programada por el operador.
4. Pantalla de visualización: Este logra que el operador programe el equipo y controle en tiempo real las características de la señal de radio. La que se utilizó en este caso fue la mencionada con anterioridad.

2.2 Procedimiento

En este método se tomó el georradar, y a un ritmo de pasos constante de forma lineal se tomaron un total de 8 perfiles con la finalidad de identificar la presencia de cavernas (Figura 2). Estos perfiles fueron tomados en referencia a los perfiles sísmicos, eléctricos y a los sondeos realizados en la zona de estudio.

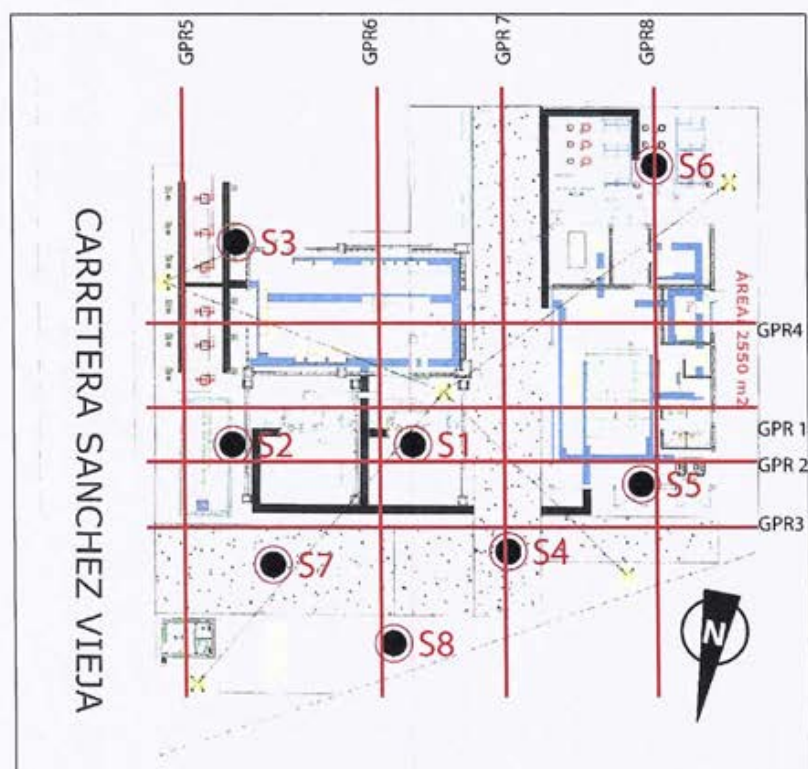


Figura 2. Ubicación de los Radargramas obtenidos en la zona de estudio

Los registros que se obtienen en campo se procesan para poder realizar un análisis de los resultados correctamente. En este caso, el objetivo principal es conocer si hay alguna anomalía debajo del suelo. De esa forma, el procesamiento se dirige a producir un radargrama en el que se puedan identificar este tipo de estructuras.

Los principales objetivos del procesamiento son los mencionados a continuación:

1. Aumentar la relación señal / ruido.
2. Eliminar la señal inducida por el sistema de adquisición.
3. Efectos geométricos correctos debido a la adquisición de datos.

2.3 Resultados y discusión

Las ilustraciones siguientes muestran las 8 líneas de georradar (radargramas) que se ensayaron durante la realización de este proyecto. De manera general, se puede decir que no se encontraron cavernas ni otras cavidades en los primeros metros de profundidad del perfil estratigráfico del suelo.

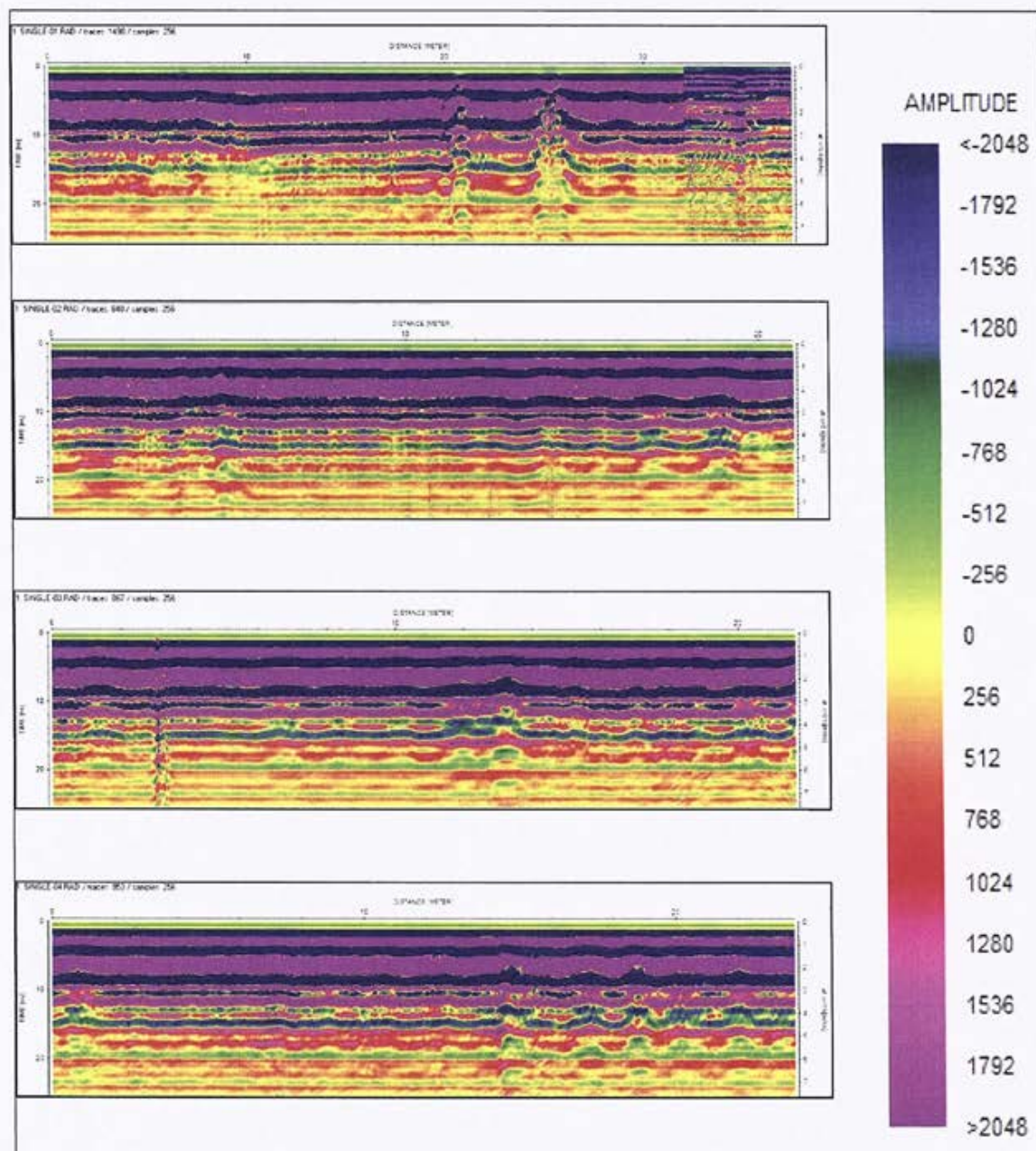


Figura 3. Perfiles E-O realizados por el método del Georradar del 1 al 4.

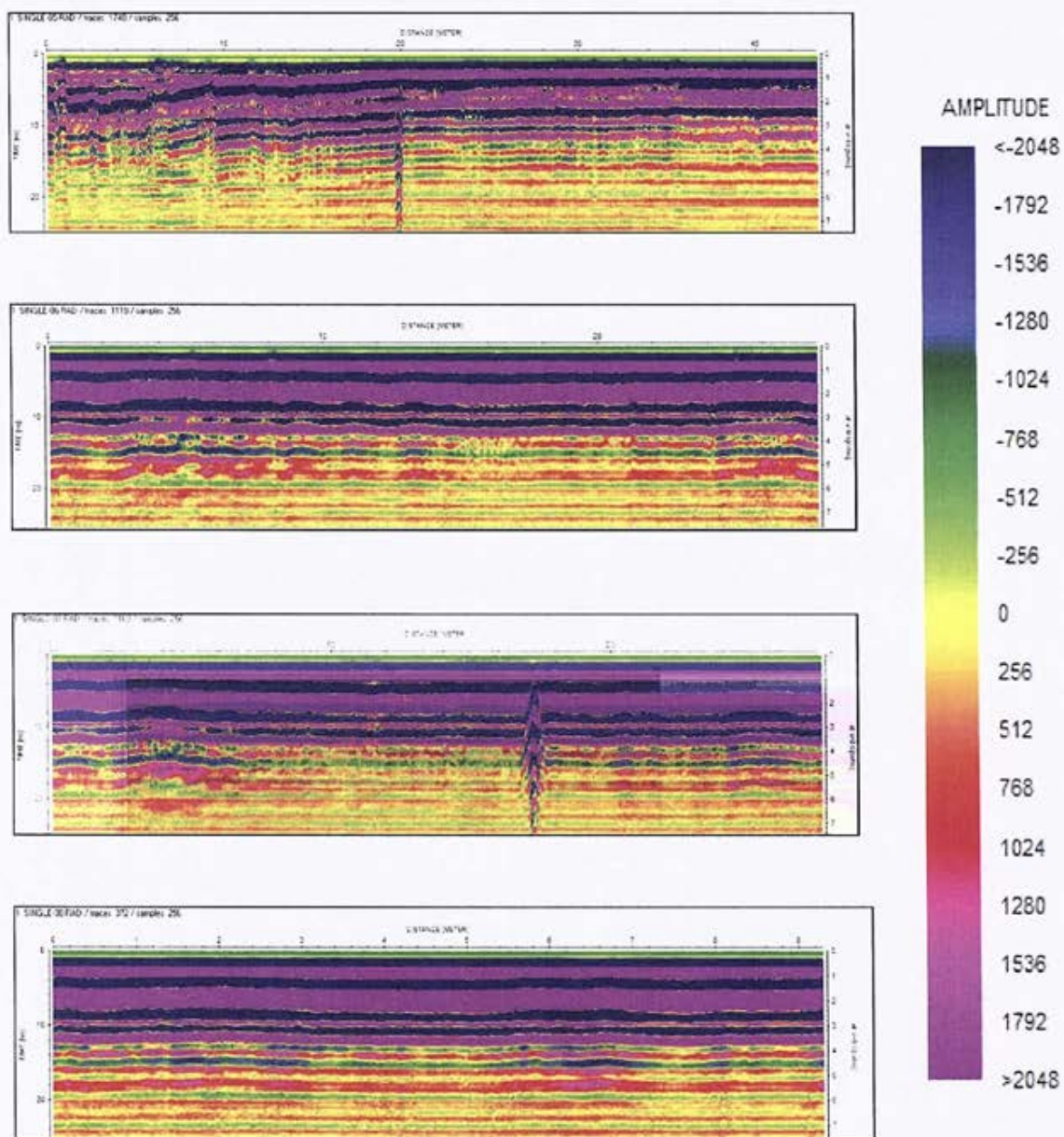


Figura 4. Perfiles N-S realizados por el método del Georradar del 5 al 8.

ANEXO VIII. ANÁLISIS DE LICUEFACCIÓN

Análisis del potencial de licuefacción Subestación Granito Bojos. San Cristóbal

1. Metodología para la evaluación de licuefacción mediante la Velocidad de Onda S

Para obtener la velocidad de onda de corte (V_s) siempre es deseable incluir algunas operaciones de perforación y muestreo en cualquier determinación de campo de valores de velocidad de onda de corte. Al igual que con los métodos SPT y CPT, es necesario normalizar la velocidad medida de la onda cortante a una presión de sobrecarga efectiva de referencia si se va a usar una única curva de potencial de licuefacción. Esta metodología se basa en la propuesta por Stokoe et al. (2000). Robertson et al (1992) propuso un procedimiento para evaluar el potencial de licuefacción basado en el esfuerzo utilizando datos de campo principalmente del terremoto de Imperial Valley, California. La siguiente ecuación se utiliza para este propósito:

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{P_a}{\sigma_{vo'}} \right)^{0.25}$$

Donde:

V_{s1} : Velocidad de la onda de cizallamiento corregida por el esfuerzo de sobrecarga.

P_a : presión atmosférica (aproximadamente 1 tsf o 101 kPa en unidades inglesas o SI).

V_s : Velocidad de onda de corte.

$\sigma_{vo'}$: Presión efectiva

Se comparan siete curvas que relacionan la relación de resistencia cíclica con la velocidad de onda de corte desarrollada usando datos para diferentes suelos y diferentes terremotos en la figura 1.

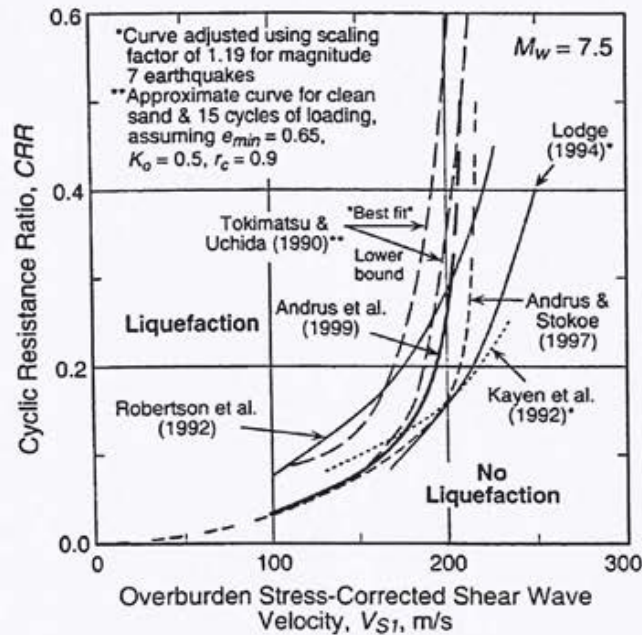


Figura 1. Comparación de siete relaciones entre la resistencia a la licuefacción y Vs1 para suelos (Andrus y Stokoe, 2000)

De acuerdo con las recomendaciones de Andrus et al. (1999), las curvas de la figura 1. puede expresarse en forma de ecuación por:

$$CRR = 0.03 \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + 0.9 \left(\frac{1}{V_{*s1} - V_{s1}} - \frac{1}{V_{*s1}} \right)$$

Donde:

CRR: relación de resistencia cíclica.

V_{s1} : velocidad de la onda de cizallamiento corregida por el esfuerzo de sobrecarga.

V_{*s1} : valor límite superior para V_{s1} para el tipo de suelo relevante.

El valor límite superior de V_{s1} para el tipo de suelo relevante, viene dado por el contenido de finos se indica en la figura 12; es decir, 200 m/s para suelos con un contenido de finos de 35% o más, a 220 m/s para suelos de 5% de finos o menos. Los puntos del Gráfico 2 se obtuvieron a partir de los datos del historial para magnitud 5.9 a 8.3 terremotos (ajustado para corresponder a magnitud 7.5).

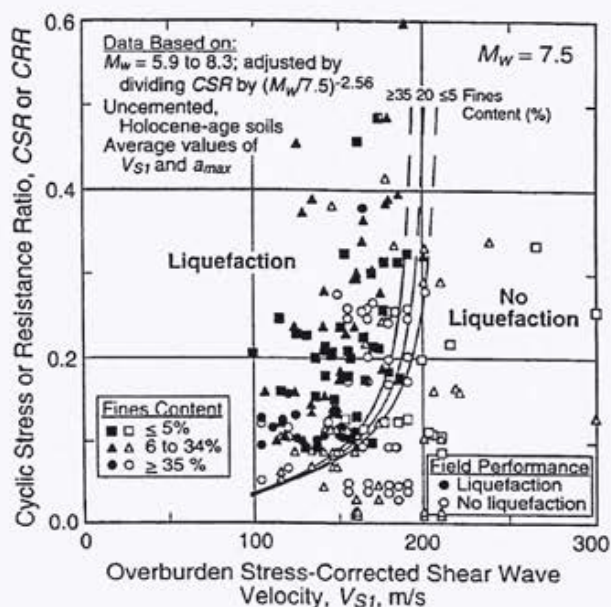


Figura 1. CRR y CSR recomendados frente a la correlación de velocidad de ondas de corte (Andrus y Stokoe, 2000)

Tokimatsu et al (1991) propuso un procedimiento para evaluar la resistencia a la licuefacción utilizando el enfoque de esfuerzo desarrollado por Seed et al. (1971,1983,1985) y los resultados de ensayos triaxiales cíclicos de laboratorio en muestras de arena. En el enfoque de tensión la carga cíclica está representada por la relación entre la tensión total y la tensión efectiva vertical inicial que actúa sobre un plano horizontal, denominada relación de tensión cíclica. La relación de tensiones cíclicas, CSR, a una profundidad determinada en un depósito de suelo puede expresarse como (Seed e Idriss 1971):

$$CSR = 0.65 * \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) * \frac{a_{max}}{g} * \left(\frac{rd}{MSF} \right)$$

Donde:

σ_v : Presión efectiva vertical

σ_v : Presión total

$a_{max}/g = a_0 = \text{PGA}$: Aceleración pico del suelo

rd: Reductor de tensiones.

MSF: Factor de escalamiento de magnitud

Para el cálculo del factor de reducción de tensiones según Kayen et al. 1992 para cualquier profundidad:

$$r_d = 1 - 0.012 Z$$

Donde:

rd: Reductor de tensiones.

Z: Espesor del estrato.

Para una magnitud de terremoto de 7.5, se debe multiplicar un Factor de Escalamiento Magnitud en CRR para ajustar su valor para las magnitudes de terremoto objetivo de acuerdo con Idriss & Boulanger (2008):

$$MSF = 6.9 \exp^{(-M/4)} - 0.058 < 1.8$$

Donde:

M: Magnitud del terremoto

Finalmente, la susceptibilidad de los suelos a experimentar licuación se expresa generalmente en términos de un factor de seguridad que represente la posibilidad de que se produzca licuación, o no:

$$Fs = \frac{CRR_M}{CSR_M}$$

Por otra parte, se ha determinado el índice del potencial de licuefacción (LPI), que está dado por la siguiente ecuación:

$$LPI = \int_0^{20} F(z) + W(z) dz$$

$$W(z) = 10 - \frac{1}{2}z$$

$$\text{for } F_L \geq 1 \quad F(z) = 0$$

$$\text{for } F_L < 1 \quad F(z) = 1 - F_L$$

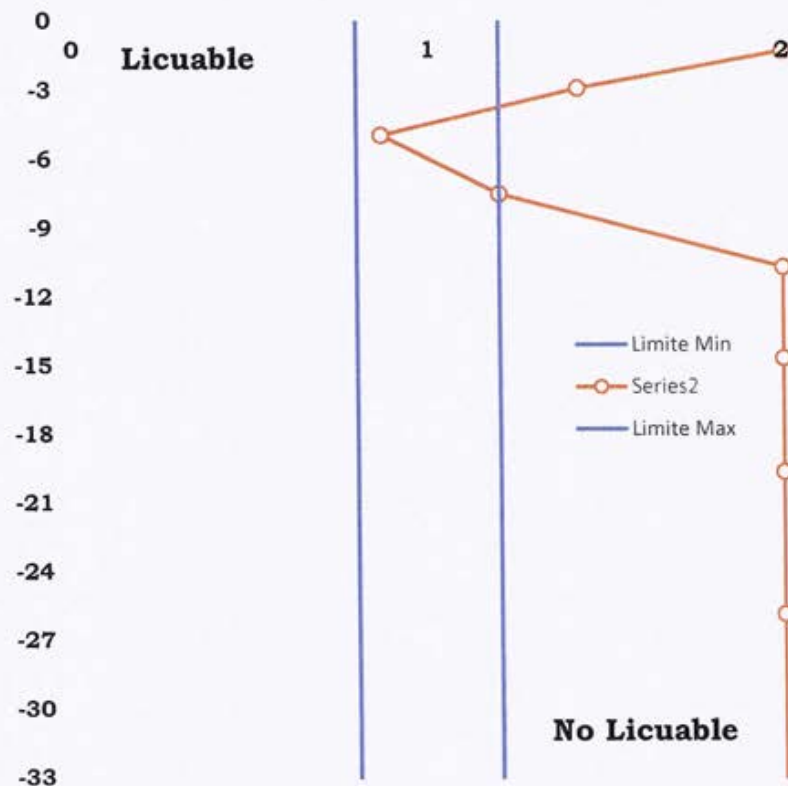
Liquefaction Potential Index (LPI)	Liquefaction Hazard
$LPI \leq 5$	Low Break
$5 < LPI \leq 15$	High
$LPI > 15$	Very High

Resultados

Tabla 2. Evaluación del índice del potencial de licuefacción

Terremoto (Mw)	7.5
PGA	0.3

Estratos	Prof.	Vs (m/s)	σ (kN/m ²)	σ_v' (kN/m ²)	Vs1 (m/s)	Vs1 (m/s)	CRR	rd	MFS	CSR	Fs	LPI
1	1.303	285.06 6	22.998	15.121	458.283	220	0.62 2	0.98 4	1.00 0	0.29 2	2.00 0	9.349
2	2.932	297.46 6	51.750	27.892	410.344	220	0.49 6	0.96 5	1.00 0	0.34 9	1.42 2	3.602
3	4.968	269.47 4	87.685	43.854	331.967	220	0.31 8	0.94 0	1.00 0	0.36 7	0.86 9	0.987
4	7.513	345.88	132.604	63.807	387.962	220	0.44 2	0.91 0	1.00 0	0.36 9	1.19 9	1.244
5	10.69 4	513.60 9	188.749	88.746	530.488	220	0.83 7	0.87 2	1.00 0	0.36 1	2.00 0	4.653
6	14.67	666.07 1	258.926	119.918	638.087	220	1.21 5	0.82 4	1.00 0	0.34 7	2.00 0	2.665
7	19.64	660.51 2	346.646	158.883	589.783	220	1.03 7	0.76 4	1.00 0	0.32 5	2.00 0	0.180
8	25.85 3	654.00 7	456.305	207.593	546.210	220	0.88 8	0.69 0	1.00 0	0.29 6	2.00 0	2.927
9	33.61 9	820.79 4	593.375	268.478	642.817	220	1.23 3	0.59 7	1.00 0	0.25 7	2.00 0	6.810
10	42.02 4	1402.1 5	741.724	334.373	1039.48 0	220	3.23 6	0.49 6	1.00 0	0.21 4	2.00 0	11.01 2



Conclusiones

La clasificación sísmica del suelo en términos de velocidad de ondas S de la zona de estudio ofreció valores de Vs30 por encima de 360 m/s.

Los resultados muestran que el suelo estudiado es susceptible de presentar licuefacción entre 3 y 6 metros si llegará a presentarse nivel freático superficial productos de las escorrentías, además se presenta un factor de seguridad comprendido entre 0 y 0.70. Además, para la misma profundidad se ha identificado el índice del potencial de licuefacción, los cuales se encuentran en el rango de índice de potencial de licuefacción muy bajo ($0 \leq LPI \leq 5$).

ANEXO IX. JUSTIFICACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAMIENTO

U.S. Department of Transportation
Federal Highway Administration

Publication No. FHWA-NHI-00-043

NHI Course No. 132042

**MECHANICALLY STABILIZED EARTH WALLS AND
REINFORCED SOIL SLOPES
DESIGN & CONSTRUCTION GUIDELINES****Referencia 1. FHWA.-**

El material de relleno en la zona de refuerzo debe cumplir con la especificación siguiente:

Tamiz No.	Porcentaje Que Pasa %
2-1/2"	100
No. 40	0 - 60
No. 200	0 - 15*

*Índice de Plasticidad debe ser menor a 10 y Límite Líquido debe ser menor a 20

Dicha especificación exige que el suelo cumplirá con una clasificación como suelo no plástico o de baja plasticidad, además de tener buen drenaje y estar libre de materiales orgánicos y de compuestos químicos que disminuyan el desempeño de la malla.

En tal sentido, si asumiéramos un suelo que dentro del rango establecido tenga la clasificación granulométrica más desfavorable, éste sería uno que posea una matriz de suelo con el mayor contenido de suelo fino "15%" y que tenga las condiciones extremas del Índice de plasticidad y límite líquido de 10 y 20 respectivamente.

En base a esta hipótesis, una posible clasificación, para el prediseño; sería SC-CL ó SM-LM. Considerando esta clasificación, y la necesaria condición de compactación mínima, que sería una compacidad relativa mayor de 70%, para llegar así a una condición densa o una denominación compacta in situ, como lo especifican las Referencias 2 y 3, respectivamente:

Tabla 2.1 Descripción cualitativa de depósitos de suelo granular.

Compacidad relativa (%)	Descripción de depósitos de suelo
0-15	Muy suelto
15-50	Suelto
50-70	Medio
70-85	Denso
85-100	Muy denso

En la Tabla 3.3 se indican las denominaciones de los suelos granulares a partir de la compacidad relativa.

Tabla 3.3 Denominación según la compacidad

Compacidad relativa (%)	Denominación
0-15	Muy suelta
15-35	Suelta
35-65	Media
65-85	Compacta
85-100	Muy compacta

Referencia 2. Braja Das, 2001, pag.23.

Referencia 3. W. Lambe, 2004, pag.43.

Lo cual resulta una hipótesis razonable, si se tiene en cuenta que tomando como base los valores de las referencias 4 y 5 y la ecuación 2.20 del libro de B. Das, el nivel de compacidad para una clasificación granulométrica como tal, pudiera llegar a alcanzar un nivel de compacidad o densidad relativa de hasta un 83%.

Tabla 2.2 Relación de vacíos, contenido de agua y peso específico seco para algunos suelos típicos en estado natural.

Tipo de suelo	Relación de vacíos, e	Contenido natural de agua en estado saturado (%)	Peso específico seco γ_d (kN/m ³)
Arena suelta uniforme	0.8	30	14.5
Arena densa uniforme	0.45	16	18
Arena limosa suelta de grano angular	0.65	25	16
Arena limosa densa de grano angular	0.4	15	19
Arcilla firme	0.6	21	17
Arcilla suave	0.9-1.4	30-50	11.5-14.5
Loess	0.9	25	13.5
Arcilla orgánica suave	2.5-3.2	90-120	6-8
Tilita glacial	0.3	10	21

Referencia 4. Braja Das, 2001, pag.24.

Tabla 3.2 Compacidades máxima y mínima de suelos granulares

Descripción	Relación de vacíos		Porosidad (%)		Peso específico seco (ton/m ³)	
	$e_{\text{máx}}$	$e_{\text{mín}}$	$n_{\text{máx}}$	$n_{\text{mín}}$	$\gamma_{d\text{mín}}$	$\gamma_{d\text{máx}}$
Esteras uniformes	0.92	0.35	47.6	26.0	—	—
Arena de Ottawa normalizada	0.80	0.50	44	33	1.47	1.76
Arena limpia uniforme	1.0	0.40	50	29	1.33	1.89
Limo inorgánico	1.1	0.40	52	29	1.28	1.89
Arena limosa	0.90	0.30	47	23	1.39	2.03
Arena fina a gruesa	0.95	0.20	49	17	1.36	2.21
Arena micácea	1.2	0.40	55	29	1.22	1.92
Arena limosa y grava	0.85	0.14	46	12	1.42	2.34

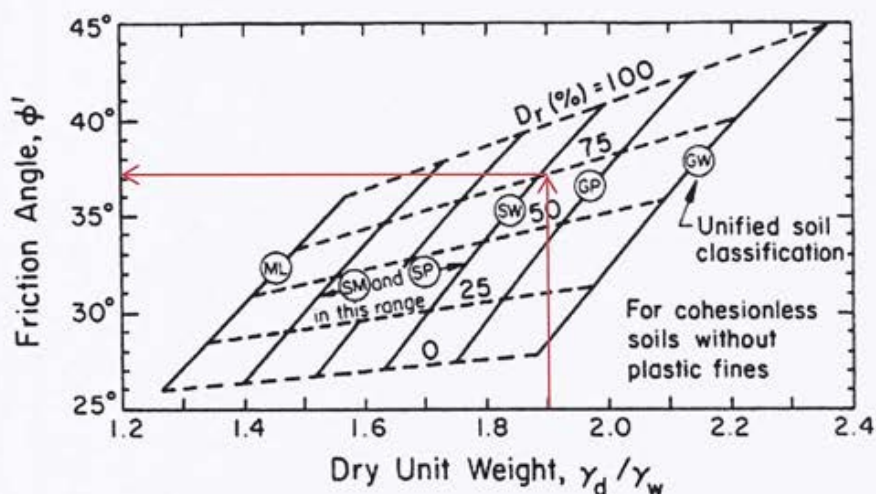
B.K. Hough, *Basic Soils Engineering*. Copyright © 1957, The Ronald Press Company, Nueva York.

Referencia 5. W. Lambe, 2004, pag.43.

$$C_r = \frac{e_{\text{máx}} - e}{e_{\text{máx}} - e_{\text{mín}}} \quad \text{Ec. 2.20; B. Das, 2001, pag.23.} \rightarrow C_r = D_r = \frac{0.9-0.4}{0.9-0.3} \times 100 = 83\%$$

A partir de estas presunciones, y tomando en cuenta los posibles pesos específicos secos de la tabla 2.2 de la referencia 4, para un suelo con la clasificación granulométrica asumida, con un nivel in situ de compactación denso, se tiene que en base a la referencia 6, el ángulo de fricción asociado a la relación de los pesos específicos, así como al tipo de suelo y su nivel de compactación; el ángulo de fricción efectivo sería $\phi \geq 35^\circ$.

$$\gamma_d = 19 \text{ kN/m}^3$$



Modified after U.S. Navy (1982), Kulhawy and Mayne (1990).

Referencia 6. Reporte FHWA0-IF-03-017, Titulo de la publicación GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO. 7, 2003, pag.33.

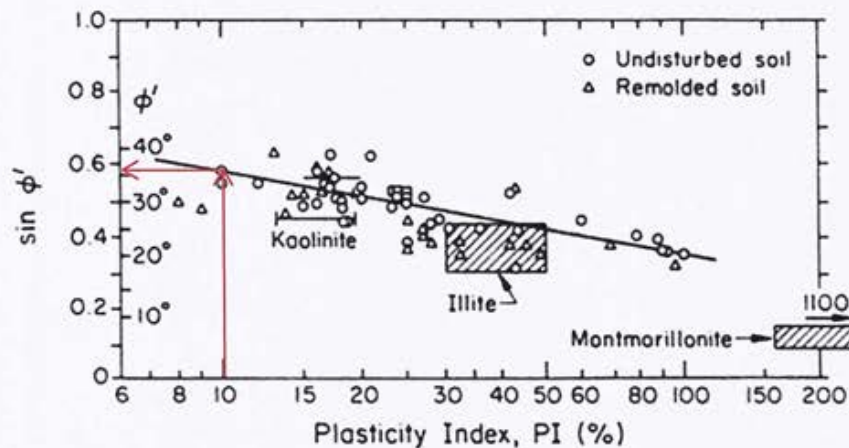
Tabla 7.1 Valores típicos del ángulo de fricción drenado para arenas y limos.

Tipo de suelo	ϕ (grados)
<i>Arena: granos redondeados</i>	
Suelta	27-30
Media	30-35
Densa	35-38
<i>Arena: granos angulares</i>	
Suelta	30-35
Media	35-40
Densa	40-45
Grava con algo de arena	34-48
Limos	26-35

Por otra parte, si también se considerara como caso más desfavorable, una forma no angular de los granos de la estructura principal de este relleno, con una nivel de compactación denso, según la referencia 7, el ángulo de fricción oscilaría entre 35 y 38 grados.

Si a su vez asumiéramos, que la falla del relleno pudiera desarrollarse en la matriz de suelos finos de su estructura, basados en la referencia 8, se evidencia que, para un Índice de plasticidad de 10, el ángulo de fricción alcanzaría los 35 grados.

Referencia 7. Braja Das, 2001, pag.24.



Source: Mitchell (1993), Kulhawy and Mayne (1990).

Referencia 8. Reporte FHWA0-IF-03-017, Titulo de la publicación GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO. 7, 2003, pag.37.

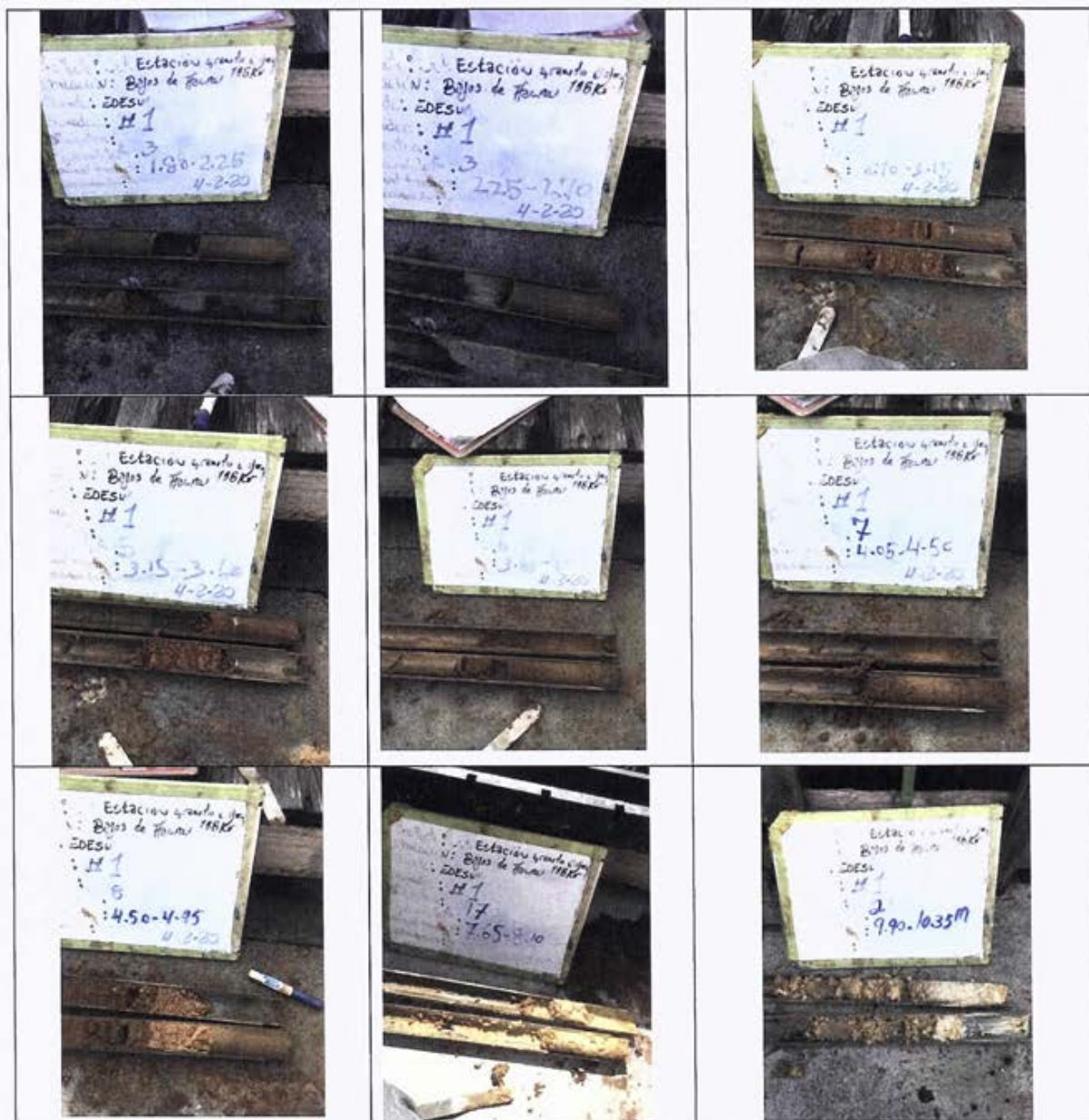
Esta clasificación y determinación cualitativa, son puramente con fines de justificación teórica de los parámetros de prediseño; en todo caso, una vez sea seleccionada la fuente del material de relleno a ser utilizado en el proceso constructivo del mejoramiento, BOZZETTO deberá verificar experimentalmente en laboratorio, si las propiedades geotécnicas del relleno, tales como: su clasificación SUCS, los parámetros de resistencia "Ángulo de fricción y cohesión", peso específico, y la capacidad de drenaje, al nivel de compactación asociado al Proctor modificado; alcanzan o superan los requerimientos de desempeño asumidos en las hipótesis de prediseño. Tales parámetros geotécnicos, experimentales, serán los considerados como definitivos para la realización del análisis y el diseño final.

Así mismo, BOZZETTO, verificará experimentalmente "in situ" el grado de compactación durante el proceso constructivo del relleno de mejoramiento, mediante control de compactación nuclear y/o no nuclear, necesario para el cumplimiento del proceso de inspección detallado en el literal B, acápite 2.2 del oficio DGRS/I-041-17.

ANEXO X. Reporte fotográfico Proyecto Subestación Granito Bojos, S.C.

a. Sondeos

Sondeo 1



Sondeo 2



Sondeo 3



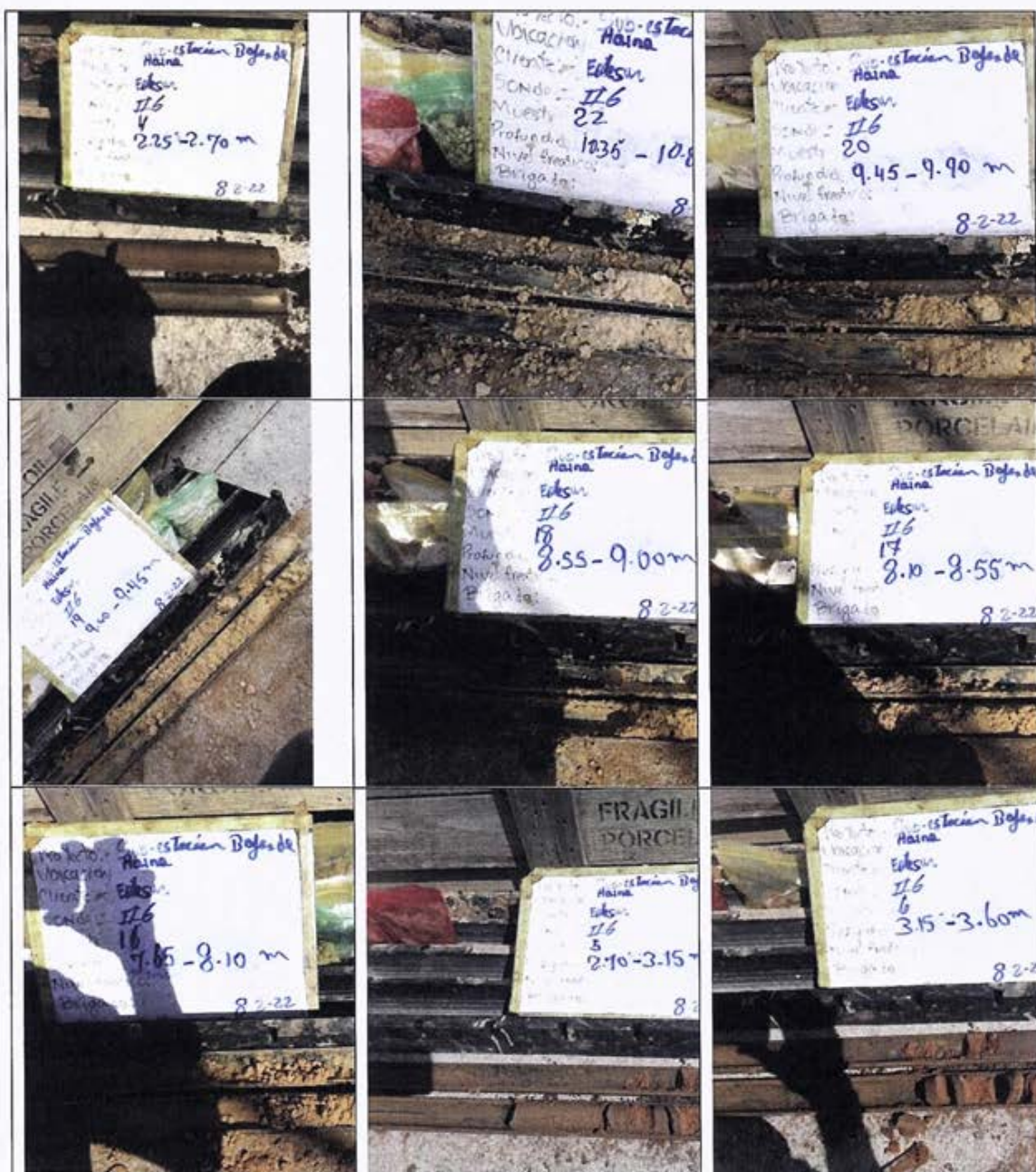
Sondeo 4



Sondeo 5



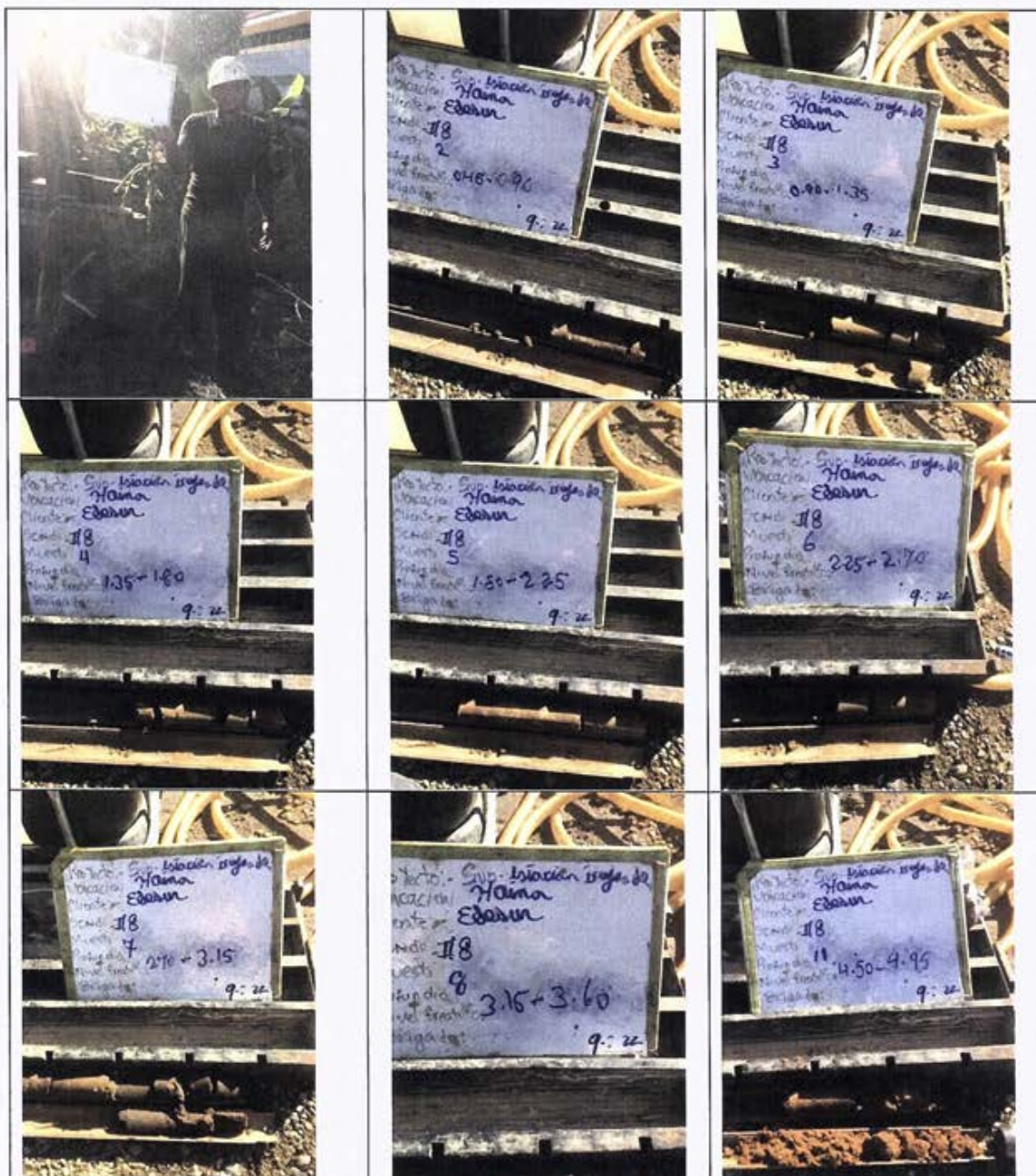
Sondeo 6



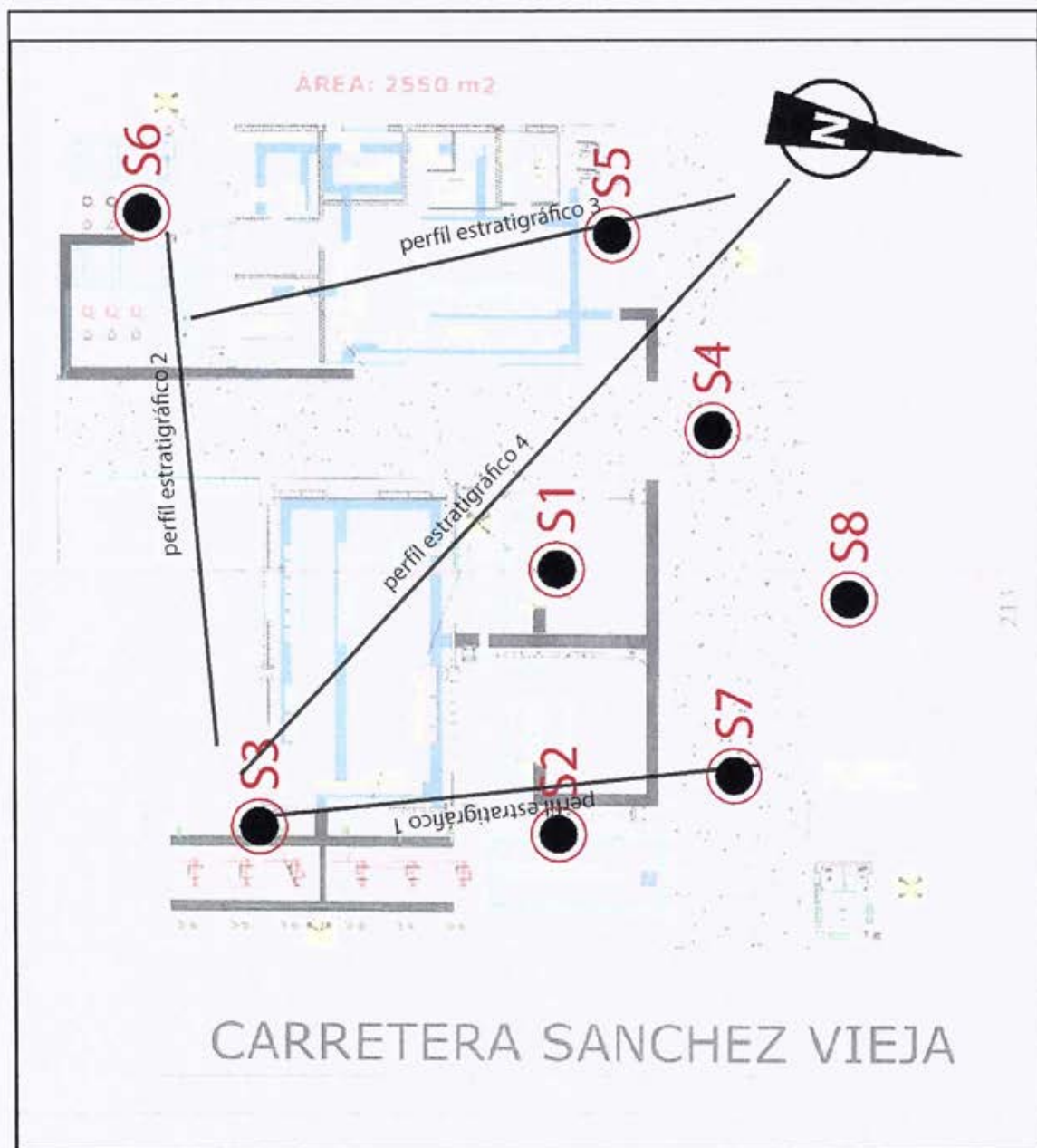
Sondeo 7

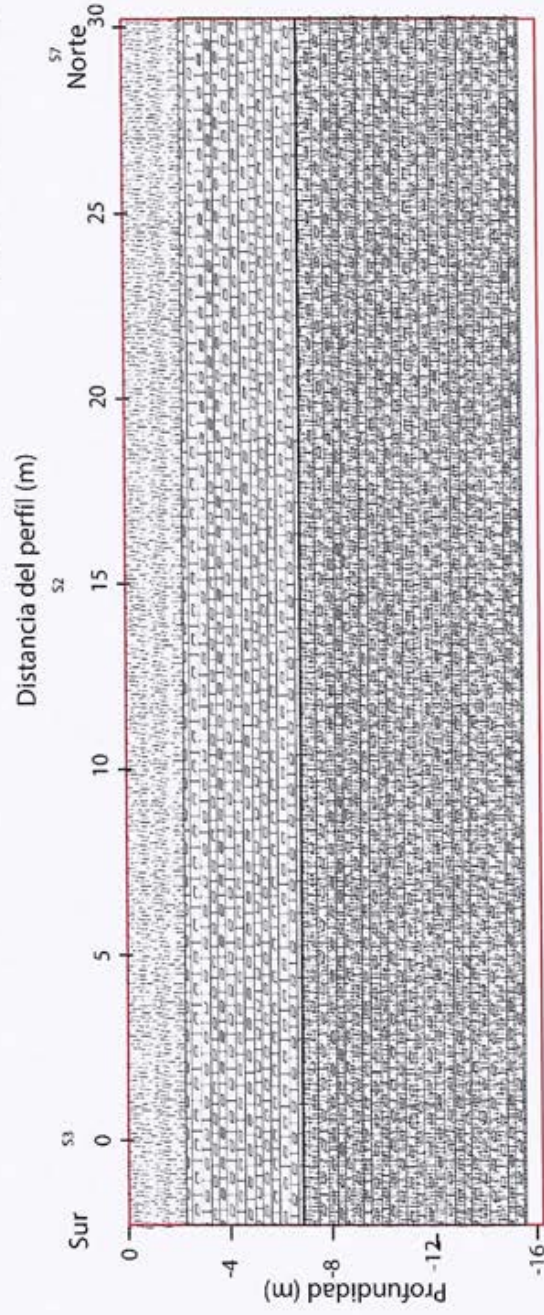
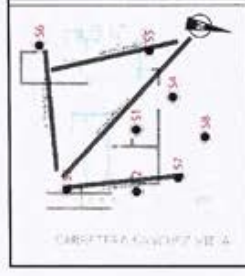


Sondeo 8



ANEXO XI. Perfiles Estratigráficos del Proyecto Granito Bojos S.C.

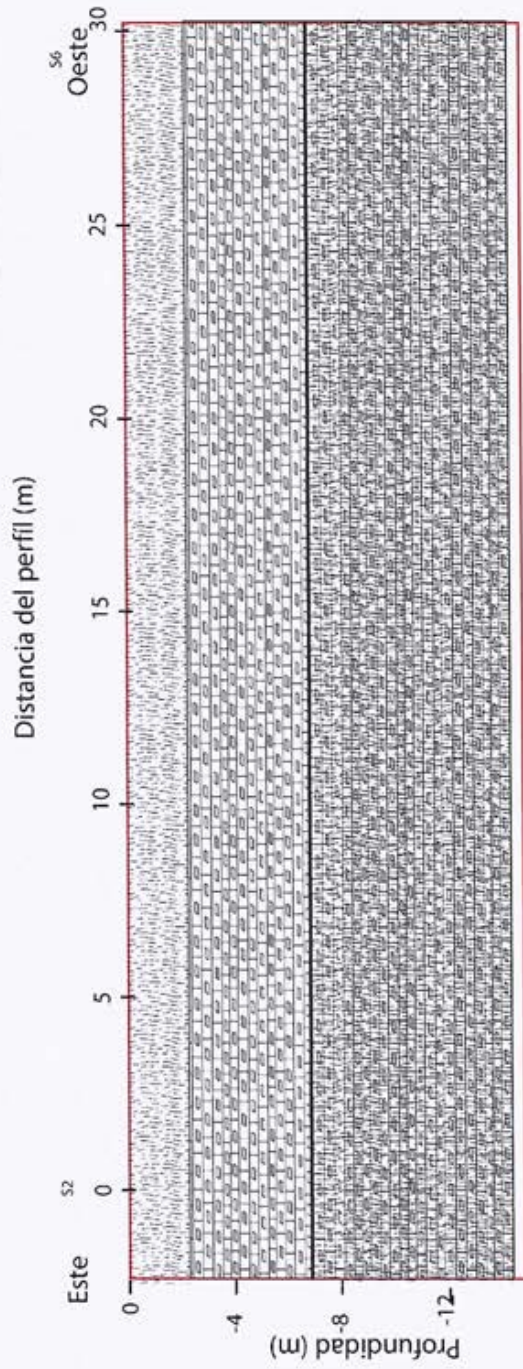




Proyecto Granitos Bojos S.C.	Perfil del suelo 1	Fecha: 15/02/22	Dr. Jaruselsky Pérez Cuevas	Bojos
------------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------	--------------

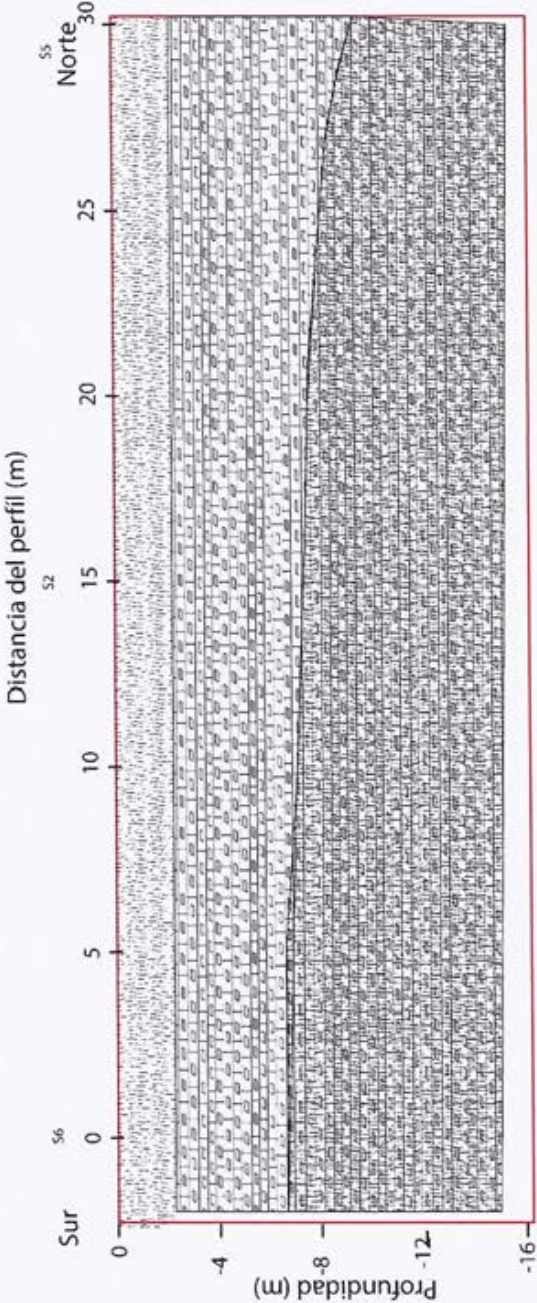
Leyenda





Leyenda

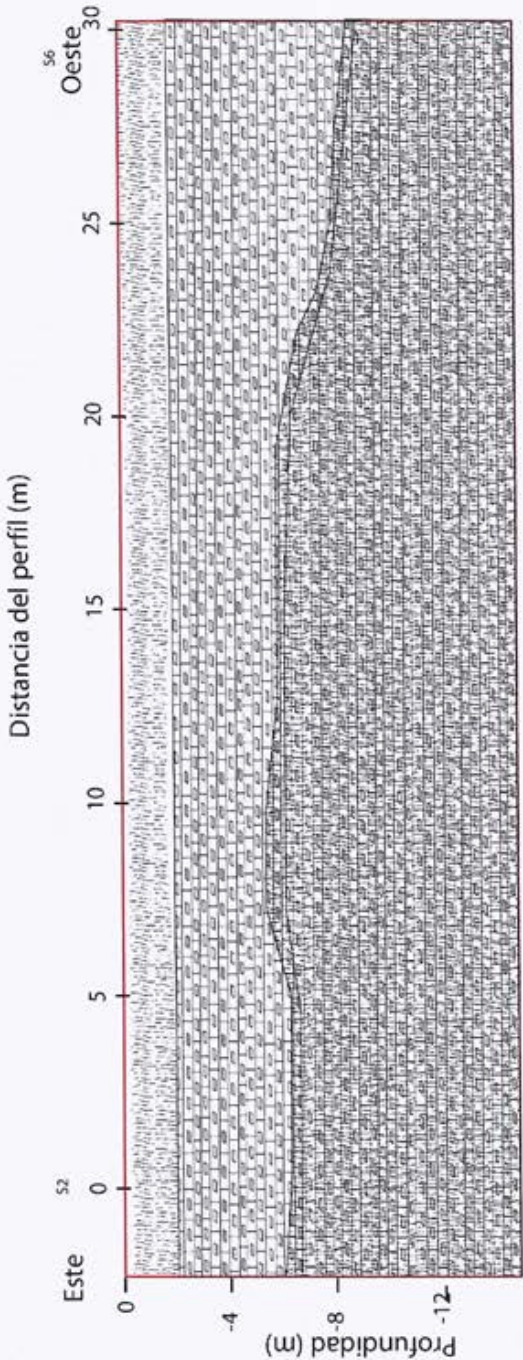




Leyenda

- Arena Limosa con MO
- Arena Limosa
- Grava Limosa

Proyecto Granitos Bojos S.C.	Perfil del suelo 3	Fecha: 15/02/22	Dr. Jaruselsky Pérez Cuevas	Bojosito
------------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------	----------



Leyenda

- Arena Limosa con MO
- Arena Limosa
- Grava Limosa

Proyecto Granitos Bojos S.C.	Perfil del suelo 4	Fecha: 15/02/22	Dr. Jaruselsky Pérez-Cuevas	Bojos
------------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------	-------

Referencias

- ASTM D2938-95(2002), Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens (Withdrawn 2005), ASTM International, West Conshohocken, PA, 1995, www.astm.org
- IGME-BRGM-INYPSA (2010). Memoria Geological 6271-III. Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana.
- Llanes, P., & Granja, J. (2011). Buscando la falla del terremoto de Haití. Retrieved from <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Buscando-la-falla-del-terremoto-de-Haiti>
- NEHRP. (2001). "National Earthquake Hazards, Reduction Program (NEHRP)". *Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Part 1 – Provisions and Part 2 – Commentary*, Reports No. FEMA-368 and FEMA-369, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- R001 (2011). Reglamento para el análisis y diseño sísmico de estructuras. Dirección General de Reglamentos y Sistemas (DGRS). Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, República Dominicana.
- R-024 (2006). "Reglamento para Estudios Geotécnicos en Edificaciones". (Decreto No. 577-06). MOPC (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones)