

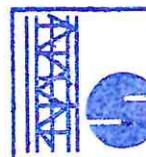
C O N T E N I D O

Pág.

1. INTRODUCCIÓN	4
2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO	4
3. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR	5
4. RESULTADOS OBTENIDOS	5
4.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS	5
4.2 RESISTENCIA DEL SUELO A LA HINCA DE LA CUCHARA MUESTRERA	6
4.3 CONTENIDOS DE HUMEDAD	6
4.4 PROPIEDADES MECÁNICAS	8
5. CONCLUSIONES GENERALES	10
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	10
7. RECOMENDACIONES	13
8. ANEXOS	16
8.1 ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS	17
8.2 HOJAS DE REGISTRO	19
8.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO	22
8.4 FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	24
8.5 FOTOGRAFÍAS	26



REGISTRO NACIONAL DE
ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUNES HERNANDEZ
IC-3567
INGENIERO CIVIL



SEPROBIA
S.A. de C.V.
LABORATORIO DE
SUELOS Y MATERIALES

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, presentamos los resultados del estudio de mecánica de suelos realizado en el lugar del proyecto **"FORMULACIÓN DE LA CARPETA TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE CENTROS ESCOLARES IDENTIFICADOS CON RIESGOS A DESASTRES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR" (SE REQUIERE FIRMA CONSULTORA: PERSONA NATURAL O JURÍDICA) [COMPLEJO EDUCATIVO DOCTOR ORLANDO DE SOLA]**", propiedad del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, y ubicado en la Colonia Amiquino 2, Calle #2, Plan del Pino, Ciudad Delgado, San Salvador.

El trabajo se realizó con el objeto de determinar y representar las condiciones del subsuelo para la construcción de un edificio de aulas.

La investigación comprendió de DOS (2) sondeos exploratorios, distribuidos como se muestra en el esquema de ubicación de sondeos del Anexo 8.1. Se ha detectado condición de *rechazo* en el fondo del sondeo No. 1, a 5.9 m de profundidad; y suelo de compactidad *compacta* en el fondo del sondeo No. 2, a 6.0 m de profundidad.

Con base en los resultados obtenidos se dan recomendaciones de tratamiento de suelos para las cimentaciones, capacidad de carga admisible, clasificación de suelos, contenidos de humedad natural y otros.

2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO Y DE LABORATORIO

El trabajo de campo comprendió de DOS (2) sondeos exploratorios, con el objeto de obtener muestras representativas y continuas para su clasificación, determinar su contenido de humedad y la resistencia presentada por el suelo a la penetración de una cuchara muestrera estándar de 1 $\frac{3}{8}$ " (34.9 mm) de diámetro interno, hincada con un martillo de 140 libras (63.5 Kg.), el cual se deja caer desde una altura de 30" (76.2 cm) contándose el número de golpes necesarios para penetrar 30 cm y obtener el valor N, según norma ASTM D1586, "Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y Muestreo de Suelos con Cuchara Partida".

Las muestras recuperadas se analizaron en el laboratorio efectuándose los ensayos que se describen a continuación, según normas ASTM:

ASTM D2216 "Determinación en Laboratorio del Contenido de Agua (Humedad) de Suelos y Rocas por Masa", se determina y registra el peso del contenedor ya limpio y seco, dentro del cual se coloca el espécimen de prueba, para luego determinar el peso del contenedor más el peso de la muestra. Se coloca el contenedor con el material húmedo dentro de un horno de secado, manteniendo una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ C hasta obtener una masa seca homogénea, durante un período de tiempo no menor a 16 horas. Se registra el peso del contenedor más el material seco, haciendo uso de la misma balanza durante todo el procedimiento.

ASTM D2488 "Descripción e Identificación de Suelos (Procedimiento Visual Manual)", la identificación se basa en una inspección visual y ensayos manuales aplicados a las muestras, para lo cual la normativa proporciona criterios estandarizados para su correspondiente descripción e identificación con base en el sistema de clasificación de ASTM D2487, para lo cual se realizan los ensayos de dilatación, rotura, plasticidad, reacción al HCl, olor, sedimentación, brillo, sonido, color y forma de las partículas.

3. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

El terreno explorado se encuentra en una zona urbana, dentro de las instalaciones del Complejo Educativo Doctor Orlando de Sola. En las zonas exploradas el terreno presenta una topografía plana, y su superficie no presenta ningún tipo de revestimiento. Las ubicaciones de estas zonas se marcan en rojo en la Fig. 3.1.



Fig. 3.1 Ubicación del lugar del estudio de suelos. Fuente: Google Maps

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Del análisis de los resultados obtenidos, tanto en la exploración del subsuelo como de los ensayos de laboratorio, se observaron los siguientes aspectos importantes:

4.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

La disposición de estratos es homogénea, como puede apreciarse en el Perfil Estratigráfico del Anexo 8.4. El total de muestras recuperadas corresponde a tierras blancas jóvenes (TBJ), con abundante presencia de pómez. Los tres tipos de suelos detectados se describen en detalle a continuación:

- **Arena limosa con pómez (SM)**, color café claro, con 60% a 85% de arenas finas a medias, y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad. Este tipo de suelo representa el 58% del total de muestras recuperadas.
- **Arena pobremente graduada con limo y pómez (SP-SM)**, color café claro, con 90% de arena fina a gruesa y 10% de limos de nula plasticidad. Este tipo de suelo representa el 29% del total de muestras recuperadas.
- **Arena limosa (SM)**, color café a café oscuro, con 60% de arenas finas y 40% de limos de mediana plasticidad. Este tipo de suelo representa el 13% del total de muestras recuperadas.

4.2 CONTENIDOS DE HUMEDAD

Los valores del contenido de humedad se obtuvieron a partir de las muestras recuperadas en campo y han sido calculados siguiendo el estándar ASTM D2216, seleccionándose de ellas el valor máximo, mínimo y promedio para cada sondeo, los que se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 4.1. Valores máximos, mínimos y promedios de humedad para cada sondeo.

Sondeo No.	Humedad máx. (%)	Profundidad del estrato (m)	Humedad mín. (%)	Profundidad del estrato (m)	Humedad promedio (%)
1	51.2	3.0 - 3.5	6.6	2.0 - 2.5	27.3
2	41.9	2.5 - 3.0	14.8	3.0 - 3.5	22.0

4.3 VALOR DE N Y CORRECCIONES

De acuerdo con la norma ASTM D1586 que rige el *Ensayo de Penetración Estándar* utilizando un martillo de 140lb, el número de golpes necesarios para producir una penetración de 30cm del muestreador partido se considera la **resistencia a la penetración** y ha sido denominado como "N".

Las discrepancias en la energía de perforación estimada, y su disipación alrededor del muestreador en el suelo circundante, son los principales factores que producen una amplia dispersión en los valores de N. La investigación ha revelado (Kovacs y Salomone, 1982) que la energía efectivamente transferida a la cabeza de la guía y luego al muestreador oscila el rango del 30% al 80%. Se sugirió que el SPT fuera estandarizado a una razón de energía dada, teniendo a la vista los datos recolectados de SPT. Bowles (1996) sugirió que el valor observado de N del SPT fuera reducido a un conteo estándar correspondiente al 70% de la energía teórica. Terzaghi, et al (1996) sugirió un 60%. La práctica estándar hoy en día en los Estados Unidos es expresar el valor de N a una razón de energía promedio del 60%. Por lo tanto, corregir los procedimientos de campo y sobre la base de observaciones de campo, resulta razonable estandarizar el valor N como una función de la energía impartida y de su disipación alrededor del muestreador en el suelo circundante de la siguiente manera:

$$N_{60} = \frac{N\eta_H\eta_B\eta_S\eta_R}{60}$$

Donde:

- N_{60} : Número de penetración de campo corregido para condiciones de campo
- N : Número de penetración medido
- η_H : Eficiencia del martillo (%)
- η_B : Corrección por el diámetro del agujero de perforación
- η_S : Corrección por muestreador
- η_R : Corrección por longitud del barrenaje

Basado en las recomendaciones de Seed, et al (1985) y Skempton (1986), las variaciones de η_H , η_B , η_S y η_R se resumen a continuación.

Tabla 4.2. Variaciones de η_H

País	Tipo de martillo	Liberación del martillo	η_H (%)
Japón	Dona	Caída libre	78
	Dona	Lazo y polea	67
Estados Unidos	Seguridad	Lazo y polea	60
	Dona	Lazo y polea	45
Argentina	Dona	Lazo y polea	45
China	Dona	Caída libre	60
	Dona	Lazo y polea	50

Tabla 4.3. Variaciones de η_B

Diámetro		η_B
mm	pulg.	
60 – 120	2.4 – 4.7	1
150	6	1.05
200	8	1.15

Tabla 4.4. Variaciones de η_S

Variable	η_S
Muestreador estándar	1.0
Con revestimiento para arenas densas y arcillas	0.8
Con revestimiento para arena suelta	0.9

Tabla 4.5. Variaciones de η_R

Longitud del barrenaje (m)	η_R
> 10	1.0
6 – 10	0.95
4 – 6	0.85
0 – 4	0.75

En los suelos granulares, el número de penetración estándar depende grandemente del esfuerzo vertical efectivo, σ'_v . La expresión empleada para determinar el factor de sobre carga efectiva es la siguiente:

$$C_N = 0.77 \log_{10} \left(\frac{40}{\sigma'_v} \right)^1$$

Donde:

σ'_v : Esfuerzo efectivo vertical en ksf

El valor N corregido para suelos granulares es entonces:

$$N_{160} = C_N N_{60}$$

4.3.1. Aplicación de las correcciones a los valores de N

A continuación, se tabulan los valores de "N" de campo y su correspondiente corrección N_{160} :

Tabla 4.6. Valores N de campo y su corrección

Prof. (m)	NÚMERO DE SONDEO			
	S1		S2	
	N	N_{160}	N	N_{160}
0.0 - 0.5	8	6	11	8
0.5 - 1.0	20	15	21	15
1.0 - 1.5	11	8	25	18
1.5 - 2.0	6	4	33	35
2.0 - 2.5	18	18	32	32
2.5 - 3.0	23	22	53	51
3.0 - 3.5	21	20	19	17
3.5 - 4.0	18	16	10	9
4.0 - 4.5	19	19	14	13
4.5 - 5.0	37	36	21	20
5.0 - 5.5	25	23	22	20
5.5 - 6.0	R (5.9 m)		31	28

4.4 CORRELACIONES DE PROPIEDADES MECÁNICAS

Aunque el SPT no se considera un método completamente confiable y refinado para la investigación, los valores corregidos de N proporcionan información útil con respecto a la consistencia de los suelos cohesivos, y a la densidad relativa de los suelos sin cohesión.

¹ Definición de C_N en la expr. 10.4.6.2.4-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 17.

4.4.1. Suelos Granulares

La correlación entre N_{160} y la densidad relativa de suelos granulares sugerida por Peck, et al (1974) se muestra a continuación:

Tabla 4.7. Correlación entre N_{160} y la Densidad Relativa

N_{160}	Compacidad	Densidad Relativa, D_r (%)
0 – 4	Muy suelta	0 – 15
4 – 10	Suelta	15 – 35
10 – 30	Media	35 – 65
30 – 50	Densa	65 – 85
> 50	Muy densa	> 85

Meyerhof (1956) sugirió las siguientes expresiones aproximadas para calcular el ángulo de fricción interna a partir del valor conocido de densidad relativa:

Para suelo granular con arena fina y más del 5% de limos:

$$\phi_f = 25 + 0.15D_r$$

Para suelo granular con arena fina y menos del 5% de limos:

$$\phi_f = 30 + 0.15D_r$$

Donde:

ϕ_f : Ángulo de fricción interna drenado (°)

D_r : Densidad relativa (%)

4.4.2. Estimación de las propiedades mecánicas del suelo

De los trabajos de campo en conjunto con los de laboratorio central se han podido determinar, por medio de las correlaciones indicadas en la sección 4.4.1, las propiedades mecánicas del suelo. La cohesión se ha idealizado como nula ($c=0.0$ T/m²) debido a que los suelos muestreados carecen de plasticidad.

Tabla 4.8. Propiedades mecánicas del suelo para los sondeos Nos. 1 y 2.

Prof. (m)	Sondeo No. 1		Sondeo No. 2	
	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Ángulo de fricción, ϕ	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Ángulo de fricción, ϕ
0.0 - 0.5	1,200	28°	1,300	30°
0.5 - 1.0	1,200	28°	1,300	30°
1.0 - 1.5	1,200	28°	1,300	30°
1.5 - 2.0	1,200	28°	1,400	35°
2.0 - 2.5	1,200	32°	1,400	35°
2.5 - 3.0	1,300	32°	1,200	35°
3.0 - 3.5	1,300	32°	1,200	31°
3.5 - 4.0	1,300	32°	1,200	31°
4.0 - 4.5	1,300	32°	1,200	31°
4.5 - 5.0	1,300	34°	1,300	31°
5.0 - 5.5	1,300	34°	1,300	31°
5.5 - 6.0			1,300	31°

5. CONCLUSIONES GENERALES

5.1 CONTAMINACIÓN

No se encontró ningún tipo de contaminación en los estratos atravesados, ni basuras, ni ripio, ni materias orgánicas.

5.2 BAJA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Se han presentado estratos de baja resistencia a la penetración como se resume a continuación:

Tabla 5.1. Estratos de baja resistencia a la penetración.

Número de Sondeo	Prof. de estratos de baja resistencia a la penetración (m)
1	0.0 – 0.5 / 1.5 – 2.0
2	3.5 – 4.0

5.3 HUMEDAD

5.3.1. No se detectó nivel freático en los estratos atravesados.

5.3.2. En general las humedades se consideran altas, con un promedio de humedades máximas del 46%, mientras que el promedio total de humedades es del 24%. Estas altas humedades pueden deberse a la alta absorción por parte de las partículas de pómez.

5.3.3. La máxima humedad (51.2%) se ha encontrado en el sondeo No. 1 a una profundidad de 3.0 m a 3.5 m, en un estrato de arena pobremente graduada con limo y pómez.

5.4 CONDICIONES DE RECHAZO

Se presentó condición de rechazo sobre suelo en el fondo del sondeo No. 1, a 5.9 m de profundidad. El rechazo se ha presentado conforme a la sección 7.2.3 de ASTM D1586 que dicta: "no se ha observado avance del muestreador durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo".

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando en consideración los resultados obtenidos, se recomienda la implementación de un sistema de cimentación superficial a base de zapatas y/o soleras con tratamiento de suelos por debajo del nivel de desplante, para lo cual a continuación se desarrolla su respectivo análisis de capacidad de carga.

6.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

6.1.1. Para la determinación de las capacidades de carga se han asumido las siguientes condiciones:

Tabla 6.1. Condiciones asumidas para la determinación de capacidad de carga admisible.

Cimentación	Zapata aislada	Solera de fundación
Dimensiones (m)	1.50 x 1.50	0.40 x 5.0
Nivel de desplante (m)*	1.00	0.70
Esfuerzo de contacto (kg/cm ²)**	1.5	0.7

* Nivel de desplante en función del nivel de brocal de las perforaciones.

** No se consideran cargas excéntricas.

6.1.2. La estimación teórica de la capacidad de carga nominal del suelo se calculará con la siguiente expresión:

$$q_n = cN_c s_c i_c + \gamma D_f N_q s_q d_q i_q C_{wq} + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma i_\gamma C_{w\gamma}^2$$

Donde:

- q_n : Capacidad de carga nominal del suelo
- c : Cohesión no drenada
- N_c : Factor de capacidad de carga por cohesión
- N_q : Factor de capacidad de carga por sobrecarga
- N_γ : Factor de capacidad de carga por peso unitario
- γ : Peso unitario total
- D_f : Nivel de desplante
- B : Ancho de la zapata/solera
- $C_{wq}, C_{w\gamma}$: Factores de corrección por nivel freático
- s_c, s_q, s_γ : Factores de corrección por la forma de la zapata/solera
- d_q : Factor de profundidad
- i_c, i_q, i_γ : Factores de inclinación de carga

6.1.3. El factor de resistencia empleado, por diseño de estados límite para cimentaciones superficiales, será $\phi_b = 0.45$. Este factor coincide con el método teórico en arenas empleando SPT, establecido por *Munfakh et al. (2001)*; y con los métodos semi-empíricos en todo tipo de suelos, establecido por *Meyerhof (1957)*³. Por lo tanto, la resistencia factorizada, q_R , al estado límite de esfuerzos será:

$$q_R = \phi_b q_n^4$$

² *Munfakh, et al. (2001)*. Expresión 10.6.3.1.2a-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 67.

³ Tabla 10.5.5.2.2-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 41.

⁴ Expresión 10.6.3.1.1-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 66.

- 6.1.4. Este análisis considera que las cargas a las cuales se somete la cimentación, son perpendiculares a su superficie de apoyo, esto implica que la carga no cuenta con ningún ángulo de inclinación, y por ende $i_c, i_q, i_\gamma = 1$.
- 6.1.5. El factor de profundidad, o factor de corrección por resistencia al corte del material que se encuentra por encima del nivel de desplante, se debería de emplear solo cuando los suelos por encima del nivel de desplante son tan competentes como el suelo que se encuentra por debajo del nivel de análisis. Para este análisis no se considera la contribución del efecto de la profundidad, por lo que $d_q = 1$.
- 6.1.6. Los factores de corrección por nivel freático se consideran $C_{wq}, C_{wy} = 1$, en vista de que durante esta exploración de suelos no se ha detectado el nivel freático.
- 6.1.7. Uno de los aspectos relevantes para la evaluación de capacidades de carga, es el modo de falla que se estima que se presente en el suelo, lo cual está en función de sus condiciones de densidad relativa (D_r) y de la relación existente entre la profundidad de desplante y el ancho de la cimentación (D_f/B), pudiéndose presentar falla por punzonamiento, falla local por corte o falla general por corte. Para este estudio, se han estimado los modos de falla en las diferentes profundidades analizadas.

Cuando se determina la posibilidad de falla por punzonamiento o de falla local por corte, la capacidad de carga nominal del suelo se ha estimado empleando los siguientes parámetros de esfuerzo:

$$c^* = 0.67c$$

$$\phi^* = \tan^{-1}(0.67 \tan \phi_f)$$

Donde:

- c^* : Cohesión del suelo de esfuerzo efectivo reducido
 ϕ^* : Ángulo de fricción de esfuerzo efectivo reducido

- 6.1.8. Este análisis no considera la ubicación de cimentaciones adyacentes a taludes o sobre taludes.
- 6.1.9. A continuación, se presentan las capacidades de carga admisibles calculadas:

Tabla 6.2. Capacidades de carga admisibles

Zona de sondeos	Sondeo No. 1		Sondeo No. 2	
	Zapata aislada	Solera de fundación	Zapata aislada	Solera de fundación
Profundidad de excavación bajo nivel de terreno natural (m)	2.0	2.0	4.0	4.0
Capacidad de carga admisible (kg/cm ²)	1.6	1.2	2.7	2.0

6.1.10. Es de suma importancia tomar en cuenta que estas capacidades de carga admisibles calculadas están en función de la sobrecarga efectiva de suelo sobre la cimentación, por lo tanto, cualquier modificación en los niveles del terreno o de los niveles de desplante asumidos, cambiarán los valores de capacidades de carga antes presentados.

7. RECOMENDACIONES

7.1 Se recomienda implementar cimentaciones superficiales a base de zapatas y/o soleras con tratamiento de suelos por debajo de su nivel de desplante como se indica en la Tabla 6.2. El tratamiento consistirá en suelo cemento como se detalla en 7.3 o puede ser también con lodocreto como se indica en 7.4.

7.2 Para las sobre excavaciones de la zona de influencia del sondeo No. 1, no será necesario proporcionar un sobre ancho a la sobre excavación, salvo que sea necesario por procesos constructivos. Para el caso de la zona de influencia del sondeo No. 2, se recomienda un sobre ancho para soleras de 2 veces el ancho de la solera y de 1.5 veces el lado de la zapata.

7.3 COMPACTACIONES DE SUELO CEMENTO

La proporción del suelo cemento será al 5% (19 partes de suelo + 1 parte de cemento). Las compactaciones deberán alcanzar al menos el 95% de la densidad seca máxima determinada de su correspondiente ensayo Proctor AASHTO T134 (en su versión más reciente). La humedad del suelo deberá ser cercana a la humedad óptima en $\pm 2\%$. El equipo a utilizar será mecánico, tipo vibrocompactadores (bailarinas), sobre capas de 0.15 m (espesor ya compactado). Una vez incorporado el cemento al suelo, no deberán transcurrir más de dos horas antes de finalizada la compactación de la capa.

El suelo que se utilice para las compactaciones debe ser sano, libre de orgánicos, libre de plasticidad y libre de cualquier tipo de contaminación. El tipo de material que se recomienda emplear para la mezcla, son suelos que se clasifiquen por el método visual manual (ASTM D2488) como arenas limosas (SM) con finos de nula plasticidad, con un contenido máximo de arenas del 75%. A pesar de que en general las mezclas de estos tipos de suelos con cemento resultan ser impermeables como es lo esperado, hay evidencias de que ciertos tipos de arenas limosas no son satisfactorias a los procesos de saturación. Es por esta razón que se recomienda que las mezclas de suelo cemento sean ensayadas bajo la norma ASTM D1633 Método A, con el fin único de evaluar su comportamiento durante el proceso de saturación. Si la mezcla no es satisfactoria al proceso de saturación, se deberá determinar una dosificación que sí lo haga o en todo caso cambiar la fuente de suelo.

7.4 LODOCRETO

Alternativamente, las sobre sobre excavaciones se podrán rellenar con lodocreto, en una proporción del 8% (lo que indica 11½ partes de suelo por 1 parte de cemento). El círculo de MRBC se debe ejecutar conforme a ASTM D6103 y debe oscilar entre 8" y 12". Además, se deberá procurar una resistencia mínima a la compresión conforme a ASTM D4832 de 10 kg/cm² a los 28 días. Para esta actividad se empleará la misma clasificación de suelos descrita en el numeral anterior.

7.5 Se recomienda el uso de tubería flexible para el abastecimiento y drenaje, siempre y cuando sus procesos constructivos se apeguen a la normativa ASTM D2321.

7.6 Deben evitarse escurrimientos superficiales nocivos, empozamientos o filtraciones de cualquier tipo, tanto dentro como fuera de las áreas de excavación para cimentaciones, debido a que los suelos de matriz granular tienden a perder la capacidad al corte cuando se saturan. Por lo tanto, se considera necesario dejar un sistema de drenaje para aguas lluvias que evite estancamientos.

Consideramos que la validez de nuestras recomendaciones en lo relativo a la cimentación, están sujetas a una inspección de las operaciones por parte de nuestra empresa o por un Ingeniero Geotécnico para prevenir o atender cualquier imprevisto que pudiera surgir durante el desarrollo del proyecto.

Es importante mencionar que toda exploración de suelos, brinda una perspectiva panorámica de las condiciones subyacentes del terreno bajo investigación. Todo tipo de exploración de suelos tiene sus propias limitantes, ya sea por el alcance del servicio (por ejemplo: profundidad de perforación, número de sondeos, distribución de sondeos, entre otros), por la propia metodología de la exploración (medios rotativos, a percusión, geofísicos, etc.), periodo en el que se realizan los trabajos de campo, limitantes contractuales y muchos otros. En vista de lo anterior, un informe de estudio de mecánica de suelos, no representa en sí, condiciones perpetuas o invariables de la masa de suelo bajo un terreno. Tampoco garantiza condiciones homogéneas o interpolaciones exactas de un área delimitada, de hecho, un perfil estratigráfico, es solo una propuesta de la tendencia de los estratos encontrados puntualmente por cada sondeo, y no garantiza que esa sea la configuración exacta y natural de los estratos.

Uno de los factores que pueden generar divergencias sustancialmente significativas entre las exploraciones de suelos, es la condición de humedad. Este factor puede generar cambios drásticos de resistencia, sobre todo en suelos cohesivos, y a su vez la humedad determinada en los suelos, está en función del momento en el que se realiza la exploración. Este último factor también puede afectar la detección de niveles freáticos, ya que éstos no permanecen estáticos, más bien son variables con respecto a otro sinfín de factores. Por lo que en una exploración se puede encontrar el nivel freático a cierta profundidad, y más adelante en el tiempo encontrarse a otro nivel significativamente diferente; o incluso no ser detectado en una exploración inicial y luego encontrarse con su presencia más adelante, o viceversa. Una exploración más rigurosa, con mayores profundidades de perforación u otros medios de recuperación de muestras podrían disminuir el grado de incertidumbre.

Sin otro particular esta firma queda a las órdenes de RIJOJIVE, S.A. DE C.V. para aclarar dudas respecto a los conceptos que se proporcionan en este informe.

Atentamente,
Por **SEPROBIA, S.A. DE C.V.**,

Ing. Carlos Antonio Funes Hernández, MSc.
Gerente de Laboratorio de Suelos y Materiales



8. ANEXOS

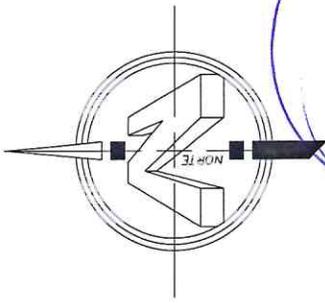
REGISTRO NACIONAL DE
ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUNES HERNANDEZ
IC-3567
INGENIERO CIVIL

 **SEPROBIA**
S.A. de C.V.
LABORATORIO DE
SUELOS Y MATERIALES

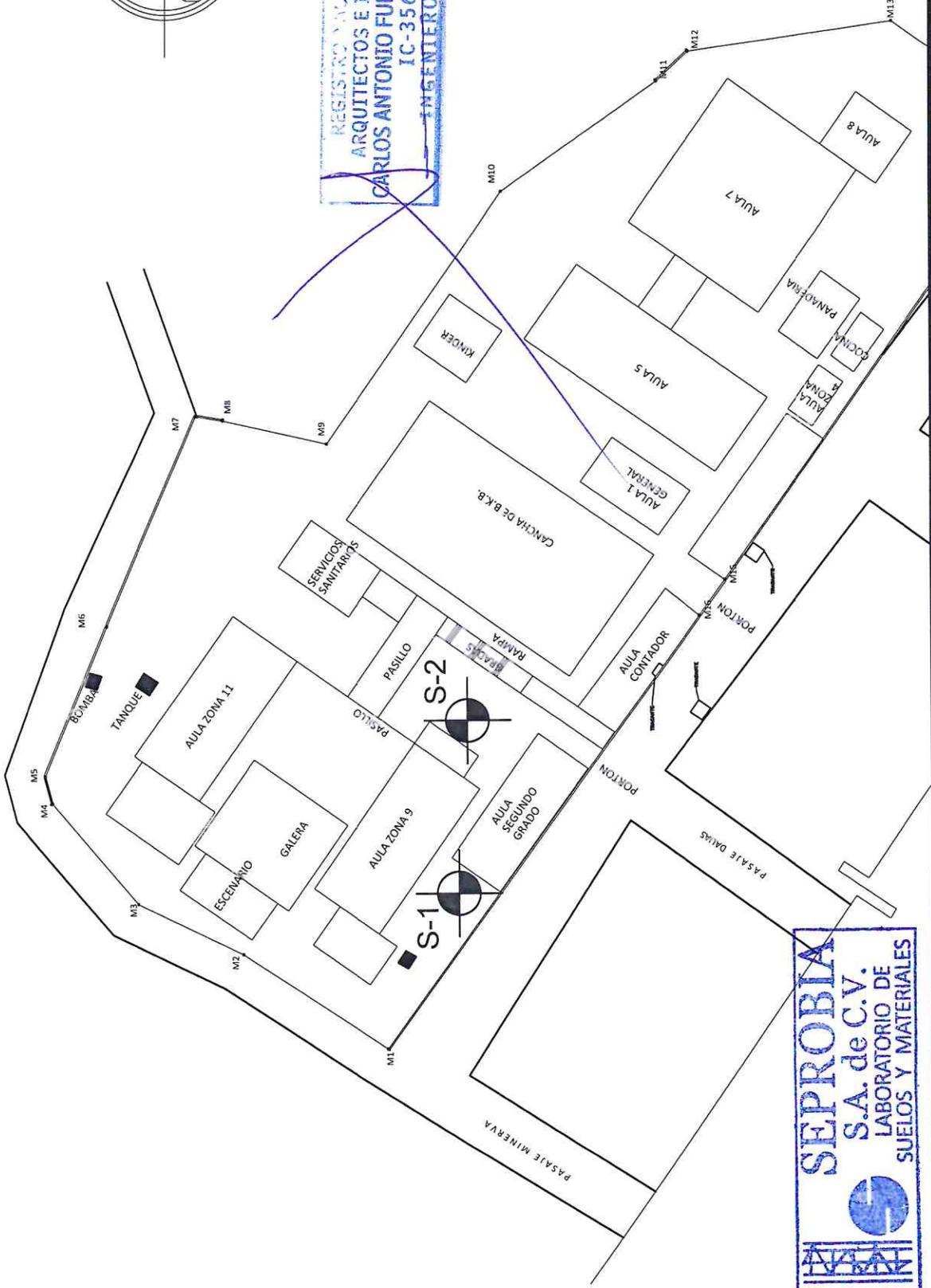
8.1 ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS

REGISTRO NACIONAL DE
ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUNES NERNANDEZ
IC-3567
INGENIERO CIVIL

 **SEPROBIA**
S.A. de C.V.
LABORATORIO DE
SUELOS Y MATERIALES



REGISTRO NACIONAL
 ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUMES HERNANDEZ
 IC-3567
 INGENIERO CIVIL



SEPROBIA
 S.A. de C.V.
 LABORATORIO DE
 SUELOS Y MATERIALES

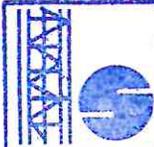
PROYECTO: **FORMULACIÓN DE LA CARPETA TÉCNICA PARA LA "REHABILITACIÓN DE CENTROS ESCOLARES IDENTIFICADOS CON RIESGOS A DESASTRES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR" (SE REQUIERE FIRMA CONSULTORA: PERSONA NATURAL O JURÍDICA) [COMPLEJO EDUCATIVO DR. ORLANDO DE SOLA]**

UBICACIÓN: Colonia Amiquino 2, Calle #2, Plan del Pino, Ciudad Delgado, San Salvador		HOJA : 1 / 1
CONSULTORIA / SUPERVISIÓN / LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES		ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS
Av. La Floresta, #17, Col. San Mateo, S.S. Telefax: 2223-7520 y 2223-7521		ESCALA: SIN ESCALA
		FECHA: 07-JULIO-2020



8.2 HOJAS DE REGISTRO

REGISTRO NACIONAL DE
ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUNES HERNANDEZ
IC-3567
INGENIERO CIVIL

 **SEPROBIA**
S.A. de C.V.
LABORATORIO DE
SUELOS Y MATERIALES

HOJA DE REGISTRO: SONDEO N° 1

PROYECTO: FORMULACIÓN DE LA CARPETA TÉCNICA PARA LA "REHABILITACIÓN DE CENTROS ESCOLARES IDENTIFICADOS CON RIESGOS A DESASTRES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR" (SE REQUIERE FIRMA CONSULTORA: PERSONA NATURAL O JURÍDICA) [COMPLEJO EDUCATIVO DOCTOR ORLANDO DE SOLA]

UBICACIÓN: Colonia Amiquino 2, Calle #2, Plan del Pino, Ciudad Delgado, San Salvador

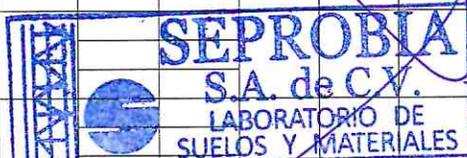
PROPIETARIO: MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PESO GOLPEADOR: 140 lb. **HERRAMIENTA DE AVANCE:** CUCHARA MUESTRERA **REPORTE:** **ES03220-R1A**

ELEV. DE BROCAL: - - - **CUADRILLA:** Adán Díaz, Alexis Díaz, O. Alvarado **FECHA:** 02/07/2020

PROF. (mts)	20 cm	GOLPES SPT	N	N ₆₀	CONSISTENCIA O COMPACIDAD	REC (cm)	Wp (%)	CLASIFICACIÓN	SIM - BOLO
	15 cm								
	15 cm								
0.50	0.20	4	8	6	Suelto	18.0	25.3	Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM
	0.35	4							
	0.50	4							
1.00	0.70	5	20	15	Medio	26.0	17.6		
	0.85	10							
	1.00	10							
1.50	1.20	9	11	8	Medio	22.0	23.7		
	1.35	7							
	1.50	4							
2.00	1.70	4	6	4	Suelto	25.0	29.1		
	1.85	3							
	2.00	3							
2.50	2.20	12	18	18	Medio	23.0	6.6	Arena pobremente graduada con limo y pómez, color café claro, con 90% de arena fina a gruesa y 10% de limos de nula plasticidad	SP-SM
	2.35	9							
	2.50	9							
3.00	2.70	15	23	22	Medio	27.0	27.2		
	2.85	12							
	3.00	11							
3.50	3.20	16	21	20	Medio	25.0	51.2		
	3.35	11							
	3.50	10							
4.00	3.70	15	18	16	Medio	29.0	36.7		
	3.85	9							
	4.00	9							
4.50	4.20	14	19	19	Medio	22.0	26.4	Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM
	4.35	10							
	4.50	9							
5.00	4.70	14	37	36	Compacto	25.0	23.5	Arena limosa, color café a café oscuro, con 60% de arena fina y 40% de limos de mediana plasticidad	
	4.85	18							
	5.00	19							
5.50	5.20	16	25	23	Medio	26.0	32.0	Arena pobremente graduada con limo y pómez, color café claro, con 90% de arena fina a gruesa y 10% de limos de nula plasticidad	SP-SM
	5.35	12							
	5.50	13							
5.90	5.70	30	R		Rechazo	22.0	27.9	Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM
	5.85	48							
	5.90	35R							

R = Rechazo en suelo



HOJA DE REGISTRO: SONDEO N° 2

PROYECTO: FORMULACIÓN DE LA CARPETA TÉCNICA PARA LA "REHABILITACIÓN DE CENTROS ESCOLARES IDENTIFICADOS CON RIESGOS A DESASTRES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR" (SE REQUIERE FIRMA CONSULTORA: PERSONA NATURAL O JURÍDICA) [COMPLEJO EDUCATIVO DOCTOR ORLANDO DE SOLA]

UBICACIÓN: Colonia Amiquino 2, Calle #2, Plan del Pino, Ciudad Delgado, San Salvador

PROPIETARIO: MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PESO GOLPEADOR: 140 lb. **HERRAMIENTA DE AVANCE:** CUCHARA MUESTRERA **REPORTE:** **ES03220-R2A**

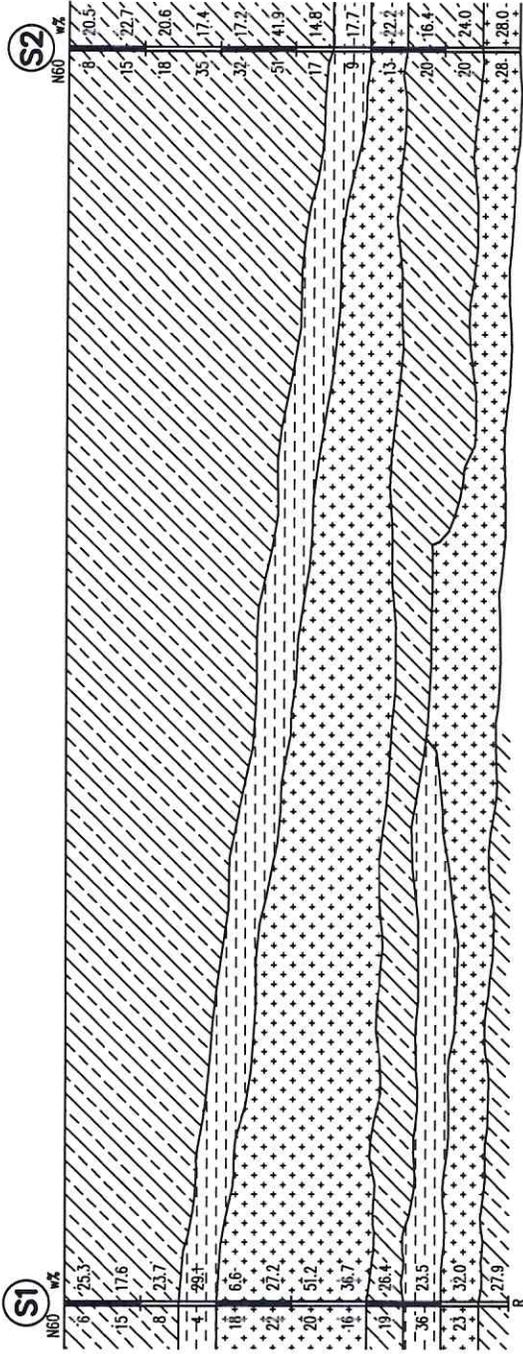
ELEV. DE BROCAL: - - - **CUADRILLA:** Adán Díaz, Alexis Díaz, O. Alvarado **FECHA:** 02/07/2020

PROF. (mts)	GOLPES SPT		N	N ₆₀	CONSISTENCIA O COMPACIDAD	REC (cm)	Wp (%)	CLASIFICACIÓN	SIM - BOLO						
	20 cm	15 cm													
	15 cm	15 cm													
0.50	0.20	6	11	8	Medio	16.0	20.5	Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM						
	0.35	5													
	0.50	6													
1.00	0.70	14	21	15	Medio	20.0	22.7			Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM				
	0.85	10													
	1.00	11													
1.50	1.20	15	25	18	Medio	21.0	20.6					Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM		
	1.35	11													
	1.50	14													
2.00	1.70	22	33	35	Compacto	24.0	17.4							Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM
	1.85	15													
	2.00	18													
2.50	2.20	27	32	32	Compacto	18.0	17.2	Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM						
	2.35	16													
	2.50	16													
3.00	2.70	22	53	51	Muy Compacto	22.0	41.9			Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM				
	2.85	22													
	3.00	31													
3.50	3.20	24	19	17	Medio	21.0	14.8					Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM		
	3.35	12													
	3.50	7													
4.00	3.70	12	10	9	Suelto	24.0	17.7							Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM
	3.85	6													
	4.00	4													
4.50	4.20	8	14	13	Medio	23.0	22.2	Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM						
	4.35	7													
	4.50	7													
5.00	4.70	12	21	20	Medio	25.0	16.4			Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM				
	4.85	10													
	5.00	11													
5.50	5.20	16	22	20	Medio	21.0	24.0					Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM		
	5.35	12													
	5.50	10													
6.00	5.70	15	31	28	Compacto	19.0	28.0							Arena limosa con pómez, color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de nula a baja plasticidad	SM
	5.85	14													
	6.00	17													



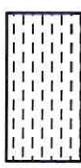
8.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO





S I M B O L O G Í A

R = Rechazo al avance de la cuchara muestreadora

- 
 Arena limosa con pómez (SM), color café claro, con 60% a 85% de arena fina a media y 15% a 40% de limos de ligera a nula plasticidad.
- 
 Arena limosa (SM), color café a café oscuro, con 60% de arena fina y 40% de limos de mediana plasticidad.
- 
 Arena pobremente graduada con limo y pómez (SP-SM), color café claro, con un 90% de arena fina a gruesa y 10% de limos de nula plasticidad.

REGISTRO NACIONAL DE
 ARQUITECTOS E INGENIEROS
 CARLOS ANTONIO FUNES HERNANDEZ
 IC-3567
 INGENIERO CIVIL

SEPROBIA
 S.A. de C.V.
 LABORATORIO DE
 SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: **FORMULACIÓN DE LA CARPETA TÉCNICA PARA LA "REHABILITACIÓN DE CENTROS ESCOLARES IDENTIFICADOS CON RIESGOS A DESASTRES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR" (SE REQUIERE FIRMA CONSULTORA: PERSONA NATURAL O JURÍDICA) [COMPLEJO EDUCATIVO DR. ORLANDO DE SOLA]**

UBICACIÓN:

Colonia Amiquino 2, Calle #2, Plan del Pino, Ciudad Delgado, San Salvador

HOJA : 1 / 1



ESCALA: SIN ESCALA
 FECHA: 02-JULIO-2020

PERFIL
 ESTRATI-
 GRAFICO

8.4 FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

REGISTRO NACIONAL DE
ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUNES NERNANDEZ
IC-3567
INGENIERO CIVIL

 **SEPROBIA**
S.A. de C.V.
LABORATORIO DE
SUELOS Y MATERIALES

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA ANÁLISIS DE CIMENTACIONES¹

Φ	Nc^2	Nq^3	$N\gamma^4$	Φ	Nc^2	Nq^3	$N\gamma^4$
0°	5.14	1.0	0.0	23°	18.1	8.7	8.2
1°	5.4	1.1	0.1	24°	19.3	9.6	9.4
2°	5.6	1.2	0.2	25°	20.7	10.7	10.9
3°	5.9	1.3	0.2	26°	22.3	11.9	12.5
4°	6.2	1.4	0.3	27°	23.9	13.2	14.5
5°	6.5	1.6	0.5	28°	25.8	14.7	16.7
6°	6.8	1.7	0.6	29°	27.9	16.4	19.3
7°	7.2	1.9	0.7	30°	30.1	18.4	22.4
8°	7.5	2.1	0.9	31°	32.7	20.6	26.0
9°	7.9	2.3	1.0	32°	35.5	23.2	30.2
10°	8.4	2.5	1.2	33°	38.6	26.1	35.2
11°	8.8	2.7	1.4	34°	42.2	29.4	41.1
12°	9.3	3.0	1.7	35°	46.1	33.3	48.0
13°	9.8	3.3	2.0	36°	50.6	37.8	56.3
14°	10.4	3.6	2.3	37°	55.6	42.9	66.2
15°	11.0	3.9	2.7	38°	61.4	48.9	78.0
16°	11.6	4.3	3.1	39°	67.9	56.0	92.3
17°	12.3	4.8	3.5	40°	75.3	64.2	109.4
18°	13.1	5.3	4.1	41°	83.9	73.9	130.2
19°	13.9	5.8	4.7	42°	93.7	85.4	155.6
20°	14.8	6.4	5.4	43°	105.1	99.0	186.5
21°	15.8	7.1	6.2	44°	118.4	115.3	224.6
22°	16.9	7.8	7.1	45°	133.9	134.9	271.8

¹ Tabla 10.6.3.1.2a-1, Factores de Capacidad de Carga, Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 69

² Prandtl, 1921

³ Reissner, 1924

⁴ Vesic, 1975



8.5 FOTOGRAFÍAS

REGISTRO NACIONAL DE
ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUNES HERNANDEZ
IC-3567
INGENIERO CIVIL

 **SEPROBIA**
S.A. de C.V.
LABORATORIO DE
SUELOS Y MATERIALES



Foto 1. Perforación de sondeo No. 1



Foto 2. Perforación de sondeo No. 1



Foto 3. Perforación de sondeo No. 2



Foto 4. Perforación de sondeo No. 2

AVENIDA LA FLORESTA, N° 17, COLONIA SAN MATEO, SAN SALVADOR
TELEFAX: 2223-7520 Y 2223-7521, E-MAIL: laboratorio@seprobia.com

SEPROBIA
S.A. de C.V.
LABORATORIO DE
SUELOS Y MATERIALES

REGISTRO NACIONAL DE
ARQUITECTOS E INGENIEROS
CARLOS ANTONIO FUNES HERNANDEZ
IC-3567
INGENIERO CIVIL