

INGENIERIA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S. A. DE C. V.

PRESENTA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

**“UNIDAD COMUNITARIA DE SALUD FAMILIAR BÁSICA SAN
FRANCISCO LOS CERROS”
ES0920191226-05.V1**

UBICACIÓN:

**Cantón San Antonio Grande, Municipio de El Paisnal,
Departamento de San Salvador**

CLIENTE:

MINISTERIO DE SALUD

San Salvador, 10 de febrero de 2020.

COD: ES0920191226-05.V1

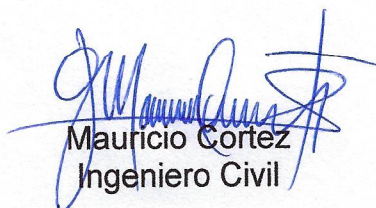
Señores:
MINISTERIO DE SALUD
Ing. Juan Carlos Guerrero
Administrador de Contrato
PRESENTE.

Estimado Ingeniero:

Por este medio estamos presentando el Informe del Estudio de Mecánica de Suelos realizado el proyecto: **"UNIDAD COMUNITARIA DE SALUD FAMILIAR BÁSICA SAN FRANCISCO LOS CERROS"**, el cual está ubicado en Cantón San Antonio Grande, Municipio de El Paisnal, Departamento de San Salvador.

Agradeciendo de antemano por la confianza depositada para la realización del presente estudio y con lo cual quedamos a sus apreciables órdenes para cualquier ampliación o consulta de los resultados obtenidos en el presente informe.

Atentamente:


Mauricio Cortez
Ingeniero Civil

INDICE:

1.0 INTRODUCCIÓN.....	1
2.0 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.....	2
3.0 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.....	2
4.0 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE LABORATORIO.....	4
5.0 RESULTADOS OBTENIDOS.....	7
5.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	7
5.2 CONTENIDOS DE HUMEDAD.....	8
5.3 VALORES DE N Y CORRECCIONES.....	9
5.4 CORRELACIONES DE PROPIEDADES MECÁNICAS.....	11
6.0 CONCLUSIONES GENERALES.....	15
6.1 CONTAMINACIÓN.....	15
6.2 RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN.....	15
6.3 HUMEDAD Y PLASTICIDAD.....	15
6.4 CONDICIONES DE RECHAZO.....	16
7.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	16
7.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA.....	16
7.2 ANÁLISIS DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS.....	20
8.0 RECOMENDACIONES.....	20

ANEXOS

ANEXO 1: HOJAS DE REGISTRO DE CAMPO.....	24
ANEXO 2: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS.....	29
ANEXO 3: PERFIL ESTRATIGRÁFICOS.....	31
ANEXO 4: REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	33
ANEXO 5: ENSAYO GRANULOMÉTRICO MÉTODO MECÁNICO ASTM D 422.....	39

ANEXO 6: MATERIAL MAS FINO QUE PASAN EL TAMIZ No. 200 EN SUELOS POR LAVADO ASTM D 1140.....	41
ANEXO 7: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D 4318.....	43
ANEXO 8: GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO MÉTODO DEL PICNÓMETRO ASTM D 854.....	45
ANEXO 9: PERMEABILIDAD IN SITU.....	47
ANEXO 10: CUADRO RESUMEN.....	50

1.0 INTRODUCCIÓN

En el presente informe detallamos los resultados obtenidos del Estudio de Mecánica de Suelos realizado en el lugar del proyecto **“UNIDAD COMUNITARIA DE SALUD FAMILIAR BÁSICA SAN FRANCISCO LOS CERROS”**, el cual está ubicado en Cantón San Antonio Grande, Municipio de El Paisnal, Departamento de San Salvador.

El estudio de Mecánica de Suelos se realizó a solicitud del MINISTERIO DE SALUD, el objeto del presente, es determinar y obtener las condiciones del subsuelo entre las que podemos mencionar: estratigrafía, espesores, contenido de humedad, límites de Atterberg, profundidad de cimentación, napa freática y otros.

El trabajo se realizó con el objeto de determinar y representar las condiciones del subsuelo para la construcción de infraestructura de un nivel que funcionara como Unidad de Salud.

La investigación comprendió en la perforación de CUATRO (4) sondeos exploratorios de Penetración Estándar (SPT). *Los sondeos de exploración fueron propuestos, solicitados e ubicados por el Cliente* como se muestra en el plano de ubicación de sondeos (ANEXO 2). La profundidad máxima explorada fue de 3.50 metros, detectándose condición de rechazo en el fondo de los cuatro sondeos.

La profundidad de perforación fue:

- a) Sondeo 1 = 2.50 ml
- b) Sondeo 2 = 3.50 ml
- c) Sondeo 3 = 3.00 ml
- d) Sondeo 4 = 3.00 ml

En total se perforaron 12.00 metros lineales.

2.0 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

El lugar del estudio está ubicado en el Municipio de El Paisnal, en Cantón San Antonio Grande, a 9.0 km del Ingenio La Cabaña. El terreno donde se realizó el estudio colinda al norte con una calle de acceso que no está completamente definida. Al oriente con una antigua cancha de futbol. Al sur colinda con terreno propiedad de los señores Brizuela Mendoza. Al poniente con el terreno del Funes Castaneda. El área donde se proyecta la construcción de la unidad de salud se considera prácticamente plana o a un solo nivel. El sondeos 3 y 4 fueron realizados en la zona norte, mientras que los sondeos 1 y 2 en la zona sur del terreno.



Figura 1.0:

Ubicación del área donde se realizó el Estudio de Suelos.
Fuente: Google Maps.

3.0 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo comprendió en el trazo y la ubicación de CUATRO (4) sondeos exploratorios. La perforación se realizó por medio de un motor marca ACKER y la instalación de un trípode. Básicamente se penetra una cuchara partida por medio de un Martillo (pesa) de 140 libras (63.5 Kg.) la cual es elevada y dejada caer a una altura de

30 pulgadas (76.2 cm). De manera constante se introduce la cuchara partida en el estrato de suelo y se cuentan el número de golpes en tramos de 0.50 metros; los cuales se dividen en 0.2 metros y 0.30 metros. Los últimos 0.30 metros son los establecidos por la norma para conocer la cantidad de golpes comúnmente llamado N. Es habitual en nuestro medio dividir los 0.30 metros en dos secciones de 0.15 metros. Las características del muestreador o cuchara partida son las siguientes: el diámetro exterior es de 2 pulgadas (50.08 mm), diámetro interno de 1 3/8 pulgadas (34.92 mm) y una longitud de 28 pulgadas (711.2 mm). Una vez la cuchara partida es penetrada se procede a retirarla para obtención de la muestra de suelo. Se mide recuperación obtenida y se procede a colocar la muestra de suelo en un recipiente hermético para que no pierda su humedad natural. En el caso que la cuchara partida no pueda continuar el avance en el proceso de perforación se procede a realizar la Penetración con Punta Cónica (PPC), esto con el objetivo de tener y conocer la capacidad de carga del suelo. Con este procedimiento no es posible la toma de muestra, pero si es posible obtener la consistencia o compacidad del suelo. Todo el procedimiento es según la norma ASTM 1586 "Ensayo de Penetración Estándar y Muestreo de Suelos con Cuchara Partida".



Fotografía 1.0:

Cuchara partida y motor de perforación.



Fotografía 2.0:

Instalación de trípode de tubería galvanizada en Sondeo 2.

4.0 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE LABORATORIO

Las muestras recuperadas en campo fueron analizadas en el laboratorio, efectuándose ensayos según lo establecen las normas ASTM:

4.1 ASTM D 2216 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELOS Y ROCAS EN EL LABORATORIO, POR MASA

Se toma el peso de la tara y se toma una muestra de tamaño adecuado, considerando el tamaño máximo de la partícula. Se toma su peso húmedo más tara y son colocadas al horno a una temperatura constante a 110 °C. Luego se obtiene su peso seco y se determina el contenido de humedad a cada muestra tomada en campo.

4.2 ASTM D 2488 DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELO

(PROCEDIMIENTO VISUAL – MANUAL)

La clasificación se basa en una inspección visual y ensayos aplicados manualmente a las muestras. La muestra de suelo es inspeccionada visualmente, descrita e identificada.

4.3 ASTM D 2487 CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)

La aplicación de esta norma cubre los suelos finos y gruesos, distinguiéndolos por el tamizado realizado a través de la malla No. 200 de las cuales las partículas gruesas son mayores a dicha malla y las finas menores. Por lo tanto, si más del 50% se retiene en la malla No. 200 se considera una arena. Si más del 50% pasa la malla No. 200 se considera un suelo fino. Encontramos a la vez detallada la carta de plasticidad de los suelos finos y con sus propiedades obtenidas del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad podemos finalmente clasificar los suelos.

4.4 ASTM D 1140 MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ No. 200 EN SUELOS POR LAVADO

Secamos la muestra en un horno a temperatura constante de 110 °C. Se pesa la muestra de suelo y luego es lavada con agua potable sobre la malla No. 200. El material que queda retenido en la malla No. 200 es colocado en una charola y metida al horno a temperatura constante de 110 °C. Luego se determina el peso de material que se ha retenido y se calcula el porcentaje de material que paso la malla No. 200. En base a este método determinamos si un suelo es arenoso o fino.

4.5 ASTM D 4318 LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Secamos la muestra y luego se tamiza el suelo por la malla No. 40. Se le agrega agua hasta obtener una pasta suave y espesa. Se procede a dejar en reposo. Una vez iniciamos el ensayo, para el límite líquido, colocamos una porción de la muestra en la copa Casagrande y con el ranurador se divide a la mitad. Se cuentan los golpes hasta que la división o abertura se cierre ½ pulgada y se anotan los datos. Se toma una muestra

de suelo para obtener su contenido de humedad. Por medio del método A, establecido en la norma, realizamos varios puntos hasta que obtenemos la gráfica representativa del suelo. Para la obtención del límite plástico homogenizamos la muestra de suelo y hasta que se vuelva completamente plástica, tomamos una porción de la muestra con la mano y formamos un rollito de aproximadamente 1/8 de pulgada de diámetro, entre la mano y una superficie plana no absorbente. Una vez el suelo empieza a agrietarse, se toman los contenidos de humedad de dicho suelo.

4.6 ASTM D 422 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (MÉTODO MECÁNICO)

La muestra es secada y se toma una porción, una vez pesada se lava por la malla No. 200 y el suelo retenido es secado en el horno. Luego se tamiza el suelo por las mallas que especifica la norma y se obtienen sus porcentajes que pasan en cada malla.

4.7 ASTM D 422 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (MÉTODO DEL HIDRÓMETRO)

Este método de ensayo es aplicable cuando más del 50% de suelo pasa la malla No. 200, de tal manera que se considera un suelo fino. Una vez se tiene claro que el suelo es un Limo o una Arcilla se procede a obtener una muestra de 50.0 gramos de material tamizado por la malla No. 200. La solución dispersante o defloculante es preparada con Hexametáfosfato de Sodio al 4%, con agua destilada. El suelo es colocado en un beaker de 250 ml y se le agrega 125 ml de la solución dispersante, por un periodo de 24 horas. Una vez se cumple el tiempo se procede a la colocación de la muestra en el vaso, agregándosele agua destilada para evitar la pérdida de suelo. El vaso es llenado a $\frac{3}{4}$ de su altura y luego es colocado en el mezclador o agitador eléctrico, por un tiempo de 1.0 minuto. Luego de coloca en una probeta de 1000 ml y es llenado con agua destilada, la muestra debe ser agitada por 1.0 minutos en plano vertical de 180 grados. Se coloca la probeta en un área firme, libre de toda vibración y se procede a realizar mediciones con el Hidrómetro (152H), en los tiempos especificados en la Norma de ensayo.

4.8 ASTM D 854 GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO MÉTODO DEL PICNÓMETRO

Se prepara una muestra de suelo seca al horno a una temperatura constante de 110 °C. Una vez la muestra se enfría a temperatura ambiente, se pesa y se coloca en el matraz o picnómetro. Previamente, el agua es desairada por medio del método sistema de vacío, utilizando una bomba de vacío de 3 CFM. Se calibra el matraz con agua destilada, se toma su peso y temperatura. Una vez desairada el agua se procede a colocar la muestra de suelo en el matraz o picnómetro, nuevamente la muestra de suelo + matraz + agua destilada es desairada por medio de la bomba de vacío. Este tiempo es de aproximadamente 15 a 30 minutos. Terminado el proceso de desairado, se afora el matraz con la muestra; se toma su peso y luego su temperatura. Finalmente se calcula la gravedad específica a la temperatura de ensayo y luego se corrige con el coeficiente de temperatura K, para presentarla a 20 °C.

5.0 RESULTADOS OBTENIDOS**5.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

De las muestras obtenidas en campo, se realizó una clasificación de los diferentes tipos de suelos encontrados en el lugar donde se desarrolló el Estudio de Mecánica de Suelos. Los cuales están debidamente documentados (Ver ANEXO 1 HOJAS DE REGISTRO DE CAMPO), sin embargo a continuación se describe de forma general los tipos de suelos:

TABLA No. 1.0	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Clasificación	Descripción
ML-OL	Limo Arenoso Orgánico
ML	Limo Arenoso No Plástico

En la siguiente Tabla se presenta los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a los diferentes tipos de suelos detectados en el presente estudio:

TABLA No. 2.0							
RESULTADO DE ENSAYOS REALIZADOS							
Clasificación	ASTM D 422 / D 1140			ASTM D 4318			ASTM D 854
	Gravas	Arena	Finos	L. L.	L. P.	I. P.	Gs
ML-OL	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ML	0	9.0	91.0	N/A	N/A	N/A	2.62

Los suelos como los Limos Arenosos Orgánicos (ML-OL), no se realizaron ensayos debido a que representan el descapote en toda la área del terreno. A la muestra de Limo Arenoso (ML), es un suelo no plástico, por lo tanto el ensayo para determinar el limite líquido, plástico no fueron practicable (Ver ANEXO 7).

5.2 CONTENIDOS DE HUMEDAD

Las muestras recuperadas en campo fueron procesadas en el laboratorio para obtener su contenido de humedad natural del suelo, en base a la Norma ASTM S 2216. A continuación se presentan el valor máximo, mínimo y promedio para cada sondeo, los que se presentan en la siguiente Tabla:

TABLA No. 3.0						
VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIOS DE HUMEDAD						
Sonde No.	W% Máxima	Profundidad del estrato (m)	W% Mínima	Profundidad del estrato (m)	W% Promedio	
S-1	15.0	0.5 - 1.0	10.8	1.0 - 1.5	12.8	
S-2	28.2	1.5 - 2.0	15.1	1.0 - 1.5	19.4	
S-3	16.5	0.5 - 1.0	11.3	0.0 - 0.5	13.9	
S-4	19.8	0.5 - 1.0	13.8	0.0 - 0.5	17.6	

5.3 VALOR DE N Y CORRECCIONES

De acuerdo con la norma ASTM D 1586 que rige el Ensayo de Penetración Estándar utilizando un martillo de 140 lb, el número de golpes necesarios para producir una penetración de 30 cm 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 No. 4.0			
VARIACIONES EN LA EFICIENCIA DEL MARTILLO 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 No. 5.0		
CORRECCIÓN POR DIÁMETRO DEL AGUJERO DE PERFORACIÓN η_B		
Diámetro		η_B
mm	pulg	
60.0 - 120.0	2.4 - 4.7	1.0
150.0	6.0	1.05
200.0	8.0	1.15

TABLA No. 6.0	
CORRECCIÓN POR MUESTREADOR η_S	
Variable	η_S
Muestreador estándar	1.0
Con revestimiento para arenas y arcillas	0.8
Con revestimiento para arena suelta	0.9

TABLA No. 7.0	
CORRECCIÓN POR LONGITUD DE BARRENAJE η_R	
Longitud del barrenaje (m)	η_R
> 10	1.0
6 - 10	0.95
4 - 6	0.85
0 - 4	0.75

5.3.1 Aplicación de las correcciones a los Valores de N

A continuación, se tabulan los valores de "N" de campo y su correspondiente corrección "N_{cor}", ya sea esta N_{60} para suelos cohesivos o N_{160} para suelos granulares.

TABLA No. 8.0								
VALORES N DE CAMPO Y SU CORRECCIÓN								
PROF. (m)	S - 1		S - 2		S - 3		S - 4	
	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}
0.0 - 0.5	26	14	23	12	17	9	21	11
0.5 - 1.0	58	32	60	33	40	22	40	22
1.0 - 1.5	101	56	42	23	R	-	65	36
1.5 - 2.0	R	-	43	34			R	-
2.0 - 2.5			R	-				

R = Rechazo al avance con cuchara muestra

5.4 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.

5.4.1 Suelos Cohesivos

La consistencia de los suelos arcillosos se puede estimar a partir del número de penetración estándar N_{60} . Para lograrlo, Szechy y Vargi (1978) calcularon el **Índice de Consistencia (CI)** como:

$$CI = \frac{LL - w}{LL - PL}$$

Donde:

- CI : Índice de consistencia (consistency index)
- w : Contenido de humedad natural
- LL : Límite líquido
- PL : Límite plástico (plastic limit)

La correlación aproximada entre CI, N_{60} y el esfuerzo de compresión no confinada (q_u) se muestra a continuación:

TABLA No. 9.0				
CORRELACIÓN APROXIMADA ENTRE CI , N_{60} Y q_u				
Número de penetración estándar, N_{60}	Consistencia	CI	Esfuerzo de compresión no confinada, q_u	
			kN/m^2	lb/pie^2
< 2	Muy blanda	< 0.5	< 25	< 500
2 – 8	Blanda a media	0.5 – 0.75	25 – 80	500 – 1,700
8 – 15	Firme	0.75 – 1.0	80 – 150	1,700 – 3,100
15 – 30	Muy firme	1.0 – 1.5	150 – 400	3,100 – 8,400
> 30	Dura	> 1.5	> 400	> 8,400

5.4.2 Suelos Granulares

En los suelos granulares, el número de penetración estándar depende grandemente del esfuerzo vertical efectivo, σ'_v . El factor de sobre carga efectiva establecido en la Sección 10 de Cimentaciones de LRFD es:

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

Donde:

σ'_v : Esfuerzo efectivo vertical en ksf

El valor N corregido para suelos granulares es entonces:

$$N1_{60} = C_N N_{60}$$

La correlación entre $N1_{60}$ y la densidad relativa de suelos granulares sugerida por Peck, et al (1974) se muestra a continuación:

TABLA No. 10.0		
CORRELACIÓN ENTRE N_{160} Y LA DENSIDAD RELATIVA		
N_{160}	Compacidad	Densidad Relativa, D_r (%)
0 – 4	Muy suelta	0 – 15
5 – 10	Suelta	15 – 35
11 – 30	Semi-compacta	35 – 65
31 – 50	Compacta	65 – 85
> 50	Muy compacta	> 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 (%)

5.4.3 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 las secciones 5.4.1 y 5.4.2, las propiedades mecánicas del suelo.

TABLA No. 11.1						
PROPIEDADES MECÁNICAS PARA SONDEOS 1 Y SONDEO 2						
Prof. (m)	Sondeo - 1			Sondeo - 2		
	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Cohesión, c (Ton/m ²)	Ángulo de fricción, ϕ	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Cohesión, c (Ton/m ²)	Ángulo de fricción, ϕ
0.0 - 0.5	1300	0.0	31°	1300	0.0	30°
0.5 - 1.0	1600	0.0	35°	1500	0.0	34°
1.0 - 1.5	1800	0.0	38°	1500	0.0	34°
1.5 - 2.0				1500	0.0	34°

TABLA No. 11.2						
PROPIEDADES MECÁNICAS PARA SONDEOS 3 Y SONDEO 4						
Prof. (m)	Sondeo - 3			Sondeo - 4		
	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Cohesión, c (Ton/m ²)	Ángulo de fricción, ϕ	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Cohesión, c (Ton/m ²)	Ángulo de fricción, ϕ
0.0 - 0.5	1200	0	29°	1300	0	30°
0.5 - 1.0	1400	0	32°	1400	0	32°
1.0 - 1.5				1700	0	35°

5.4.4 Otras Propiedades Mecánicas del Suelo

Debido a que la naturaleza de los suelos detectados no es cohesiva es que no se estima el índice de compresibilidad de los suelos.

En cuanto al ángulo de dilatación (o dilatancia), que se refiere a la deformación volumétrica que se desarrolla mientras el suelo es sujeto a los esfuerzos de corte, para el caso de los suelos de este terreno se pueden considerar los siguientes ángulos ψ :

TABLA No. 12.0				
ÁNGULO DE DILATANCIA ψ :				
PROF. (m)	S - 1	S - 2	S-3	S - 4
0.0 - 0.5	1°	0°	0°	0°
0.5 - 1.0	5°	4°	2°	2°
1.0 - 1.5	8°	4°		5°
1.5 - 2.0		4°		

En el CUADRO RESUMEN (Ver ANEXO 10) se presentan valores de módulo de elasticidad y de relación de Poisson, determinados conforme a las modificaciones del Departamento de Marina de los Estados Unidos después de *Bowles, 1988*¹.

¹ Tabla C10.4.6.3-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 20.

6.0 CONCLUSIONES GENERALES

En base a los resultados obtenidos en campo y los ensayos realizados, podemos concluir lo siguiente:

6.1 CONTAMINACIÓN

Se ha detectado que se tiene una capa de suelo contaminado con orgánicos con espesor de 0.5 metros. No se ha encontrado suelo contaminado con ripio, ni contaminado con basura. En la Tabla siguiente se detallan las profundidades de los estratos contaminados:

TABLA No. 13.0			
ESTRATOS DE SUELOS CONTAMINADOS			
Sondeo No.	Prof. de suelo contaminado con orgánicos (m)	Prof. de suelo contaminado con ripio (m)	Prof. de suelo contaminado con basura (m)
1	0.0 – 0.5	N/A	N/A
2	0.0 – 0.5	N/A	N/A
3	0.0 – 0.5	N/A	N/A
4	0.0 – 1.0	N/A	N/A

6.2 RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

El aspecto más relevante de la exploración es que no se detectan estratos de baja resistencia a la penetración, por el contrario, el suelo se presenta altamente resistente con una tendencia al incremento en profundidad, al menos hasta los estratos alcanzados.

6.3 HUMEDAD Y PLASTICIDAD

6.3.1 No se detectó nivel freático en los estratos atravesados.

6.3.2 En general las humedades se consideran *normales*, con un promedio de humedades máximas del 19.9%, mientras que el promedio total de humedades es del 15.9%.

6.3.3 La máxima humedad (28.2%) se ha encontrado en el sondeo No. 2 a una profundidad de 1.5 m a 2.0 m, en un estrato de limo arenoso.

6.4 CONDICIONES DE RECHAZO

Se ha detectado condición de rechazo en todos los sondeos conforme al siguiente resumen.

TABLA No. 14.0			
CONDICIONES DE RECHAZO ENCONTRADOS POR SONDEO			
Sondeo No.	Profundidad de rechazo (m)	Tipo de rechazo	Fondo del rechazo
1	1.5	7.2.3‡	Suelo
2	2.0	7.2.3‡	Suelo
3	1.0	7.2.3‡	Suelo
4	1.5	7.2.3‡	Suelo

‡ La sección 7.2.3 de ASTM D1586 dicta: "no se ha observado avance del muestreador durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo".

7.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS

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

7.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

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

TABLA No. 15.0		
CONDICIONES ASUMIDAS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE		
Cimentación	Zapata aislada	Solera de fundación
Dimensiones (m)	1.2 x 1.2	0.4 x 4.0
Nivel de desplante (m)*	1.0	0.7
Esfuerzo de contacto (kg/cm²)**	1.0	0.75

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

**No se consideran cargas excéntricas.

7.1.2 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

7.1.3 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:

$$q_R = \phi_b q_n^4$$

7.1.4 Éste 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 $i_c, i_q, i_\gamma = 1$.

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.

7.1.5 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 $d_q = 1$.

7.1.6 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.

7.1.7 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

7.1.8 Este análisis no considera la ubicación de cimentaciones adyacentes a taludes o sobre taludes.

7.1.9 A continuación, se presentan las capacidades de carga admisibles calculadas al nivel de tratamiento de suelos recomendado:

TABLA No. 16.1				
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA SONDEOS 1 Y SONDEO 2				
Zona de sondeos	Sondeo No. 1		Sondeo No. 2	
Cimentación	Zapata aislada	Solera de fundación	Zapata aislada	Solera de fundación
Profundidad de excavación bajo nivel de terreno natural (m)	1.0	1.0	1.0	1.0
Capacidad de carga admisible (kg/cm²)	11.5	6.8	1.6	1.1

TABLA No. 16.2				
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA SONDEOS 3 Y SONDEO 4				
Zona de sondeos	Sondeo No. 3		Sondeo No. 4	
Cimentación	Zapata aislada	Solera de fundación	Zapata aislada	Solera de fundación
Profundidad de excavación bajo nivel de terreno natural (m)	1.0	1.0	1.0	1.0
Capacidad de carga admisible (kg/cm²)	>1.5	>1.0	6.9	1.3

7.1.10 A continuación, se presentan las capacidades de carga admisibles en función de la profundidad:

TABLA No. 17.0								
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLES A DIFERENTES PROFUNDIDADES								
Capacidades de carga admisibles por sondeo (kg/cm²)*								
PROF. (m)	S - 1		S - 2		S-3		S - 4	
	Zapata	Solera	Zapata	Solera	Zapata	Solera	Zapata	Solera
0.7	-	0.9	-	0.8	-	0.6	-	0.6
1.0	11.5	6.8	1.6	1.1	1.5	1.1	6.9	1.3
1.5			2.0	1.4				

* Para la determinación de la capacidad de carga por estrato solo se ha considerado el valor de Ncor.

7.1.11 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.

7.2 ANÁLISIS DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS

7.2.1 El subsuelo del terreno no presenta condiciones para el desencadenamiento del fenómeno de licuefacción de suelos.

8.0 RECOMENDACIONES

8.1 Para los niveles de desplante de zapatas no se considera necesario realizar tratamiento de suelos, únicamente bajo el nivel de desplante de soleras de fundación (0.30 m en general). El tratamiento bajo soleras de fundación consistirá en suelo cemento como se detalla en 8.6.

8.2 No será necesario proporcionar un sobre ancho a la sobre excavación, salvo que sea necesario por procesos constructivos. Las capacidades de carga factorizadas, han sido calculadas asumiendo que el área de tratamiento de suelo, es igual al área de las cimentaciones establecidas en la Tabla 15.0.

8.3 Para el descapote se recomienda realizar un corte y desalojo de 0.50 metros, esto con el fin de poder retirar toda la maleza y materia vegetal que tiene el terreno.

8.4 Para las áreas donde se instalaran los sistemas de pisos y parqueos, se recomienda una restitución de 0.55 m. Compactando la primera capa con 0.30 m de suelo natural, según se describe en el literal 8.5. Sobre la capa de suelo natural se colocara suelo cemento con un espesor de 0.25 m, compactado como se describe en el literal 8.5.

8.5 Compactaciones con suelo natural.

El suelo natural será compactado al 95% de la densidad seca máxima determinada con el ensayo Proctor AASHTO T 180 (en su versión más reciente). La humedad de compactación en campo deberá estar cercana a la humedad óptima en $\pm 2\%$, respecto a la humedad obtenida en el ensayo de laboratorio. Se recomienda utilizar

material de préstamo tales como arena limosa (SM) o limos arenosos (ML) de nula plasticidad.

8.6 Compactaciones con 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.

8.7 Suelo cemento fluido (Lodocreto)

Alternativamente, las 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.

- 8.8** Para los drenajes de aguas lluvias se recomienda la utilización de tubería flexible PVC. Para la excavaciones de las tuberías se deberá considerar una profundidad mínima de 0.50 m. La cama de agua deberá ser compactada con material de préstamo, según lo descrito en el literal 8.5, con un espesor mínimo de 0.30 m. El Ancho de la excavación debe ser al menos 1.25 veces el diámetro de la tubería a colocar o en su defecto permitir el ingreso del ancho de la zapata de una compactadora. Los sistemas de abastecimiento y de drenaje deberán regirse bajo la norma ASTM D 2321.
- 8.9** 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, y los suelos de matriz cohesiva son susceptibles de cambios volumétricos y de pérdida de resistencia al corte en presencia de agua. Por lo tanto, se considera necesario dejar un sistema de drenaje para aguas lluvias que evite estancamientos.
- 8.10** En el ANEXO 9 se presentan los valores obtenidos del ensayo de permeabilidad in situ.

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

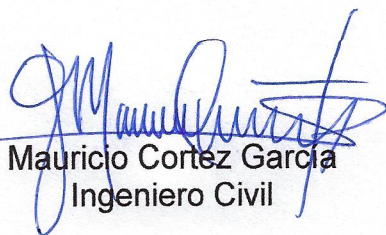
bajo un terreno. Tampoco garantiza condiciones homogéneas o interpolaciones exactas de un área delimitada, de hecho, un perfil estratigráfico, es solo una propuesta de la tendencia de los estratos encontrados puntualmente por cada sondeo, y no garantiza que esa sea la configuración exacta y natural de 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 del MINISTERIO DE SALUD para aclarar dudas respecto a los conceptos que se proporcionan en este informe.

Atentamente,

Por INGMAC, S. A. DE C. V.


Mauricio Cortez Garcia
Ingeniero Civil

**ANEXO 1
HOJAS DE REGISTRO DE CAMPO**

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: (503) 2523-4383 / Cel. (503) 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

REGISTRO DE CAMPO - EXPLORACION SUBSUPERFICIAL

SONDEO No.: 1

Hoja: 1 / 1

Proyecto: U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS Fecha: 26/12/2019
Localización: Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal. Departamento: San Salvador
Codigo: ES0920191226-05 Herramienta de Avance: PENETRACION ESTANDAR Herramienta de Muestreo: CUCHARA PARTIDA
Peso del Martillo: 140 lb Altura de Caída: 30 pulg Estructura: Varias Nivel Freático: N/A
Cuadrilla: Aguilar - Nolasco - Rodriguez Elev. Brocal: 000.0

MUESTRA No.	PROF. (m)	PROF. ACUM (m)	RESISTENCIA A LA PENETRACION				N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD RELATIVA	HUMEDAD (%)	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA
			RECUPERACION (cm)	SET 1 (20cm)	SET 2 (15cm)	SET 3 (15cm)					
1.0	0.5	0.20		9			26	DURA	12.6	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35	19		13					color café oscuro	
		0.50				13					
2.0	1.0	0.70		25			58	MUY DURA	15.0	Limo arenoso	ML
		0.85	11		31					color café claro	
		1.00				27					
3.0	1.5	1.20		36			101	MUY DURA	10.8		ML
		1.35	22		52					" " "	
		1.50				49					
	2.0	1.70		35			136	MUY DURA			PP
		1.85			48					Penetración con punta conica.	
		2.00				88					
	2.5	2.20		44			R	MUY DURA			PP
		2.35			50					" " "	
		2.50				R					

ES0920191226-05.V1

25 DE 51

INGMA S.A. DE C.V.
Control de Calidad-Construcción-Supervisión
Tel. 2523-4383

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: (503) 2523-4383 / Cel. (503) 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

REGISTRO DE CAMPO - EXPLORACION SUBSUPERFICIAL

SONDEO No.: **2**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS** Fecha: **26/12/2019**
Localización: **Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal.** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES0920191226-05** Herramienta de Avance: **PENETRACION ESTANDAR** Herramienta de Muestreo: **CUCHARA PARTIDA**
Peso del Martillo: **140 lb** Altura de Caída: **30 pulg** Estructura: **Varias** Nivel Freático: **N/A**
Cuadrilla: **Aguilar - Nolasco - Rodriguez** Elev. Brocal: **000.0**

MUESTRA No.	PROF.	PROF. ACUM	RESISTENCIA A LA PENETRACION				N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD RELATIVA	HUMEDAD (%)	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA
	(m)	(m)	RECUPERACION (cm)	SET 1 (20cm)	SET 2 (15cm)	SET 3 (15cm)					
1.0	0.5	0.20	10	11			23	DURA	17.0	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35			10					color café oscuro	
		0.50				13					
2.0	1.0	0.70	15	28			60	MUY DURA	17.4	Limo arenoso	ML
		0.85			27					color café claro	
		1.00				33					
3.0	1.5	1.20	26	21			42	MUY DURA	15.1		ML
		1.35			19					" " "	
		1.50				23					
4.0	2.0	1.70	22	25			43	MUY DURA	28.2		ML
		1.85			18					" " "	
		2.00				25					
	2.5	2.20		22			40	MUY DURA		Penetración con punta cónica.	PP
		2.35			24						
		2.50				16					
	3.0	2.70		24			50	MUY DURA		" " "	PP
		2.85			26						
		3.00				24					
				28			R	MUY DURA		" " "	PP
					41						
						R					

ES0920191226-05.V1

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
26 DE 51

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: (503) 2523-4383 / Cel. (503) 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

REGISTRO DE CAMPO - EXPLORACION SUBSUPERFICIAL

SONDEO No.: **3**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS** Fecha: **26/12/2019**
Localización: **Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal.** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES0920191226-05** Herramienta de Avance: **PENETRACION ESTANDAR** Herramienta de Muestreo: **CUCHARA PARTIDA**
Peso del Martillo: **140 lb** Altura de Caída: **30 pulg** Estructura: **Varias** Nivel Freático: **N/A**
Cuadrilla: **Aguilar - Nolasco - Rodriguez** Elev. Brocal: **000.0**

MUESTRA No.	PROF. (m)	PROF. ACUM (m)	RESISTENCIA A LA PENETRACION				N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD RELATIVA	HUMEDAD (%)	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA
			RECUPE- RACION (cm)	SET 1 (20cm)	SET 2 (15cm)	SET 3 (15cm)					
1.0	0.5	0.20	20	6			17	DURA	11.3	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35			10					color café	
		0.50				7					
2.0	1.0	0.70	21	20			40	MUY DURA	16.5	Limo arenoso	ML
		0.85			20					color café	
		1.00				20					
	1.5	1.20		24			48	MUY DURA		Penetración punta cónica.	PP
		1.35			23						
		1.50				25					
	2.0	1.70		48			50	MUY DURA		" " "	
		1.85			28						
		2.00				22					
	2.5	2.20		16			44	MUY DURA		" " "	
		2.35			20						
		2.50				24					
	3.0	2.70		36			R	MUY DURA		" " "	
		2.85			44						
		3.00				R					

ES0920191226-05.V1

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad- Construcción-Supervisión
Tel. 2523-4383
27 DE 51

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: (503) 2523-4383 / Cel. (503) 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

REGISTRO DE CAMPO - EXPLORACION SUBSUPERFICIAL

SONDEO No.: **4**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS** Fecha: **26/12/2019**
Localización: **Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal.** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES0920191226-05** Herramienta de Avance: **PENETRACION ESTANDAR** Herramienta de Muestreo: **CUCHARA PARTIDA**
Peso del Martillo: **140 lb** Altura de Caída: **30 pulg** Estructura: **Varias** Nivel Freático: **N/A**
Cuadrilla: **Aguilar - Nolasco - Rodriguez** Elev. Brocal: **000.0**

MUESTRA No.	PROF. (m)	PROF. ACUM (m)	RESISTENCIA A LA PENETRACION				N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD RELATIVA	HUMEDAD (%)	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA
			RECUPE- RACION (cm)	SET 1 (20cm)	SET 2 (15cm)	SET 3 (15cm)					
1.0	0.5	0.20		8							
		0.35	20		10		21	DURA	13.8	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.50				11				color café	
2.0	1.0	0.70		16							
		0.85	20		19		40	MUY DURA	19.8	" " "	ML
		1.00				21					
3.0	1.5	1.20		29						Limo arenoso	ML
		1.35	14		32		65	MUY DURA	19.3	color café claro	
		1.50				33					
	2.0	1.70		21							PP
		1.85			30		70	MUY DURA		Penetración con punta cónica	
		2.00				40					
	2.5	2.20		22							PP
		2.35			40		80	MUY DURA		" " "	
		2.50				40					
	3.0	2.70		50							PP
		2.85			47		R	MUY DURA		" " "	
		3.00				R					

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383

ES0920191226-05.V1

28 DE 51

**ANEXO 2
ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS**

**ANEXO 3
PERFIL ESTRATIGRÁFICOS**

**ANEXO 4
REGISTRO FOTOGRÁFICO**



Fotografía A.4.1.:

Área donde se realizó el Sondeo 1.



Fotografía A.4.2.:

Muestra obtenida con la cuchara partida, en área de Sondeo 1.



Fotografía A.4.3.:

Perforación en área de Sondeo 2.



Fotografía A.4.4.:

Recuperación de muestra
en Sondeo 2.



Fotografía A.4.5.:

**Extracción de cuchara muestrera
con pesa de 140 lb, Sondeo 3.**



Fotografía A.4.6.:

**Cuchara partida para la obtención de
muestras, en área del Sondeo 3.**



Fotografía A.4.7.:

**Penetración de cuchara muestrera
en área de Sondeo 4.**



Fotografía A.4.8.:

**Muestra de suelo obtenida con la
cuchara partida en Sondeo 4.**



Fotografía A.4.9.:

Perforación e instalación de tubería, para el ensayo de permeabilidad, al centro del área en estudio.



Fotografía A.4.10.:

Ensayo de permeabilidad in situ, con tubería de PVC a 3.5 m de profundidad.

ANEXO 5
ENSAYO GRANULOMÉTRICO MÉTODO MECÁNICO
ASTM D 422

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: (503) 2523-4383 / Cel. (503) 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

ANALISIS GRANULOMETRICO PARA SUELO METODO MECANICO ASTM D - 422

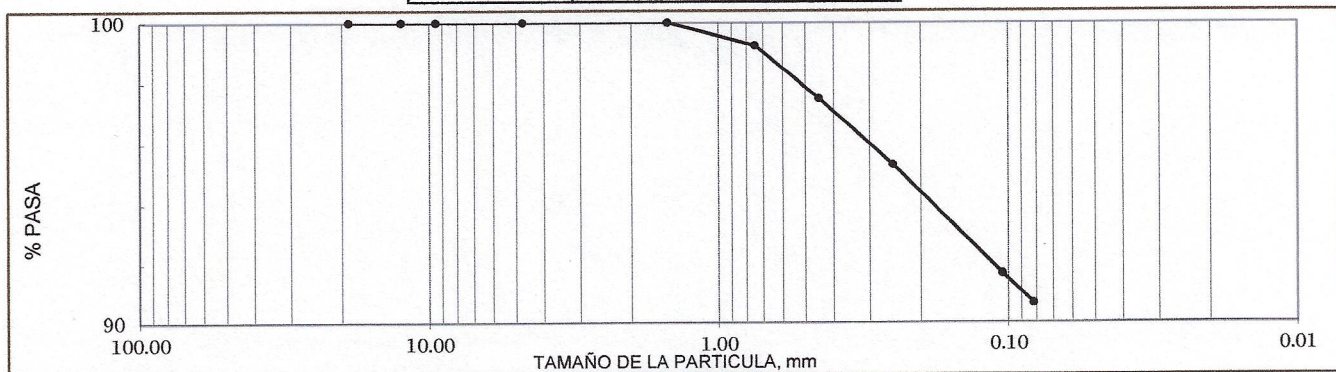
Proyecto: **U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS**
Ubicación: **Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal. San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Procedencia del material: **S-1: M-2-3 ; S-2: M-2-3-4 ; S-3: M-2 ; S-4: M-3** Material de ensayo: **ML**
Fecha de recepcion o muestreo: **26/12/2019** Fecha de ensayo: **04/01/2020**
Laboratorista: **Rene Aguilar** Codigo de muestra: **ES0920191226-05**

Peso Bruto Seco (grs.) **555.60** Tara (grs.) **120** Peso Seco Neto (grs.) **435.6**

MALLA		Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	ESPECIFICACION	
Pulg	mm	Retenido parcial	Retenido parcial	Retenido acumulado	que pasa	Banda inferior	Banda superior
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100		
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100		
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100		
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100		
N° 10	1.50	0.0	0.0	0.0	100		
No. 20	0.75	3.3	0.8	0.8	99		
N° 40	0.45	7.6	1.7	2.5	97		
N° 60	0.25	9.5	2.2	4.7	95		
N° 140	0.11	15.7	3.6	8.3	92		
N° 200	0.08	4.3	1.0	9.3	91		
FONDO		395.2	90.7	100.0			
TOTALES		435.6					

ESTRUCTURA DEL SUELO

Grava	Arena	Finos
0	9	91



Observaciones :

Limo Arenoso. No Plástico
color café claro

F-2.08-AS-20180321V.2	Calculó: <i>[Firma]</i>	Revisó: <i>[Firma]</i>	Página: 1 de 1
-----------------------	-------------------------	------------------------	----------------

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383

ANEXO 6
MATERIAL MAS FINO QUE PASAN EL TAMIZ No. 200
EN SUELOS POR LAVADO
ASTM D 1140

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: 2523-4383 / Cel. 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

CANTIDAD DE MATERIAL MAS FINOS QUE PASAN EL TAMIZ DE 75µm (No. 200) EN LOS SUELOS POR LAVADO ASTM D 1140

Proyecto:	U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS		
Ubicación:	Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal. San Salvador.		
Solicitante:	MINISTERIO DE SALUD		
Procedencia del material:	S-1: M-2-3 ; S-2: M-2-3-4 ; S-3: M-2 ; S-4: M-3	Material de ensayo:	ML
Fecha de recepcion o muestreo:	26/12/2019	Fecha de ensayo:	04/01/2020
Laboratorista:	Rene Aguilar	Codigo de muestra:	ES0920191226-05

LAVADO POR TAMIZ DE 75µm (No. 200)


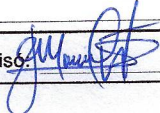
Tara No.:	17.0	Peso de tara	g	120.0
Peso de suelo seco + tara Sin lavar:				g 555.6
Peso de suelo seco + tara Despues de lavar:				g 160.4
Peso de muestra antes de lavado				g 435.6
Peso de muestra despues de lavado				g 40.4
Peso de suelo que pasa la N° 200:				g 395.2
Porcentaje que pasa la N° 200:				% 90.7

Observaciones :

Limo Arenoso.

color café claro

No Plástico

F-2.09-AS-20180316V.2	Calculó: 	Revisó: 	Página 1 DE 1
-----------------------	--	--	---------------

ES0920191226-05.V1

INGMACS. A. DE C.V.
Control de Calidad- Construcción- Supervisión
Tel. 2523-4383

**ANEXO 7
DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE
PLASTICIDAD
ASTM D 4318**

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: 2523-4383 / Cel. 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM D 4318

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS**
Ubicación: **Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal. San Salvador.**
Procedencia del material: **S-1: M-2-3 ; S-2: M-2-3-4 ; S-3: M-2 ; S-4: M-3** Fecha de ensayo: **15/01/2020**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD** Laboratorista: **Arq. Cristina Dimas** Método: **A**
Fecha de recepción o muestreo: **26/12/2019** Código de muestra: **ES0920191226-05**

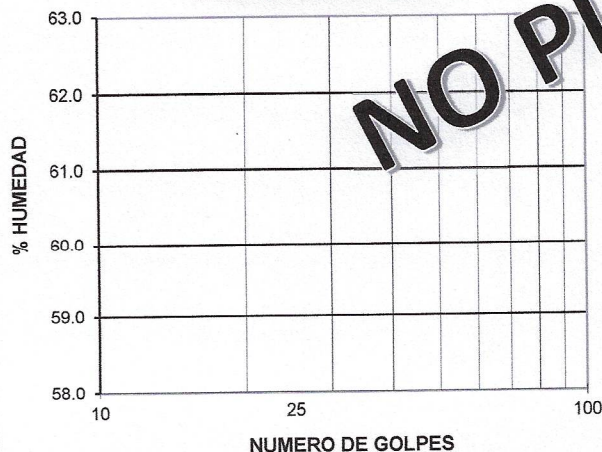
LIMITE LIQUIDO

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Tara No.					
Peso de tara g					
Numero de golpes					
Peso húmedo + tara g					
Peso seco + tara g					
Peso de agua g					
Peso seco g					
%Contenido de humedad					

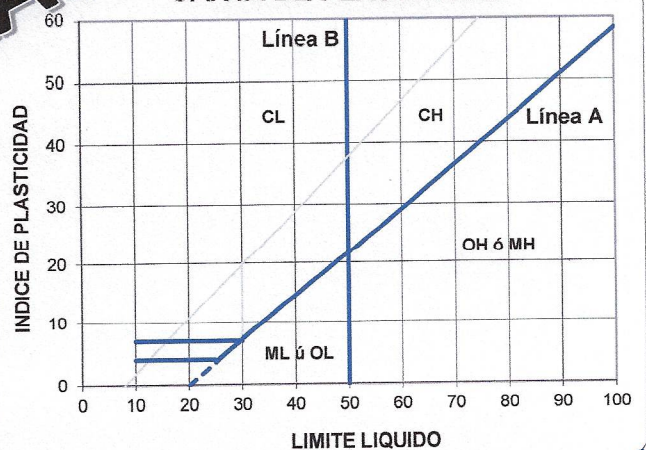
LIMITE PLASTICO

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Tara No.					
Peso de tara g					
Peso húmedo + tara g					
Peso seco + tara g					
Peso de agua g					
Peso seco g					
%Contenido de humedad					

CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



LIMITE LIQUIDO		% PASA MALLA 200	CLASIFICACION
LIMITE PLASTICO		91%	ML, Limo arenoso. No Plastico
INDICE PLASTICO			color café claro
F-2.06-AS-20180315V.2	Calculó: <i>[Signature]</i>	Revisó: <i>[Signature]</i>	Página: 1 DE 1

ES0920191226-05.V1

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383

ANEXO 8
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO
MÉTODO DEL PICNÓMETRO
ASTM D 854

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,

San Salvador, El Salvador. Tel.: 2523-4383 / Cel. 7477-9865

ingenieriademateriales@yahoo.com

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO METODO DEL PICNOMETRO ASTM D - 854

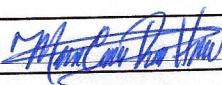
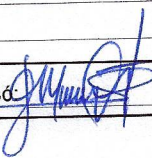
Proyecto:	U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS		
Ubicación:	Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal. San Salvador.		
Solicitante:	MINISTERIO DE SALUD		
Procedencia del material:	S-1: M-2-3 ; S-2: M-2-3-4 ; S-3: M-2 ; S-4: M-3	Material de ensayo:	ML
Fecha de recepcion o muestreo:	26/12/2019	Fecha de ensayo:	04/01/2020
Laboratorista:	Jason Rodríguez	Codigo de muestra:	ES0920191226-05

GRAVEDAD ESPECIFICA

Matraz No.		M-1	M-2
Temperatura de ensayo (Te)	°C	27.0	27.4
Peso de matraz + suelo + agua a Te	g	693.60	698.78
Peso de matraz + agua a Te	g	666.26	671.38
No. de tara		11.0	18.0
Peso de tara	g	192.43	121.23
Peso de sólidos de suelo + tara	g	236.59	165.58
Peso de los sólidos del suelo	g	44.16	44.35
Gravedad especifica a temperatura de ensayo Gt		2.63	2.62
Coeficiente de temperatura		0.99831	0.99820
Gravedad especifica a temperatura de 20 °C Gs		2.62	2.61
Promedio Gravedad Especifica a temperatura de 20 °C Gs		2.62	

Observaciones :

Limo Arenoso. No Plástico
color café claro

F-2.011-AS-20181215V.2	Calculó: 	Revisó: 	Página: 1 DE 1
------------------------	--	--	----------------

ES0920191226-05.V1

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
46 DE 51

**ANEXO 9
PERMEABILIDAD IN SITU**

ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL SUELO TIPO INYECCIÓN POR GRAVEDAD

Se ha realizado Un (1) ensayo de permeabilidad in situ del suelo, en el lugar propuesto, solicitado e ubicado por el Cliente. El cual fue realizado al centro del terreno de estudio (Ver ANEXO 2). El objetivo principal es determinar el coeficiente de absorción del suelo. En todos los sondeos se ha detectado un limo de baja plasticidad y la compacidad del suelo es de dura a muy dura, es decir que el suelo posee estratos bien consolidados.

De tal manera que el coeficiente de permeabilidad determinado en dicha área es de $1.28\text{E-}05$ cm/seg, por lo cual se considera una permeabilidad pobre.

Caudal Promedio $Q_m =$	0.0539143	(cm^3/seg)
Velocidad de infiltración $V =$	0.0036111	(cm/seg)
$V_i =$	0.000010317	(seg^{-1})
$k =$	0.000012847	(cm/seg)
PERMEABILIDAD $k =$	1.28E-05	(cm/seg)

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: 2523-4383 / Cel. 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

PERMEABILIDAD DE SUELO TIPO INYECCION POR GRAVEDAD

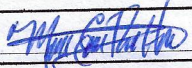
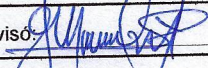
Proyecto: **U. C. S. F. BASICA SAN FRANCISCO LOS CERROS**
Ubicación: **Cantón San Antonio Grande, Municipio El Paisnal. Departamento de San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Fecha de ensayo: **06/02/2020** Nivel freático: **N/A** m Prueba No. **P-1**
Profundidad, H: **3.50** m Diámetro, D: **4.36** cms Area, A: **14.93** cm²
Laboratorista: **Kevin Joel Castro** Código de ensayo: **ES0920191226-05**

LECTURA No.	ALTURA (cm)	HORA	TOTAL HORAS	MINUTOS	SEGUNDOS	VOLUMEN (cm ³)	CAUDAL (cm ³ /seg)
0		7:00 AM					
1	13	8:00 AM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
2	13	9:00 AM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
3	13	10:00 AM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
4	13	11:00 AM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
5	13	12:00 PM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
6	13	1:00 PM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
7	13	2:00 PM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
8	13	3:00 PM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
9	13	4:00 PM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143
10	13	5:00 PM	1.00	0.00	3600.00	194.09	0.0539143

Caudal Promedio Qm = 0.0539143 (cm³/seg)
Velocidad de infiltracion V= 0.0036111 (cm/seg)
Vi= 0.000010317 (seg⁻¹)
k= 0.000012847 (cm/seg)
PERMEABILIDAD k= 1.28E-05 (cm/seg)

Observaciones :

La formula para encontrar la permeabilidad del suelo ha sido tomada del UNITED STATES DEPARTMENT OF THE
INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION DESIGN OF SMALL DAMS. Tercera Edición. Pag. 176

F-3.001-AS-20200112V.1	Calculó: 	Revisó: 	Página: 1
------------------------	--	--	-----------

ES0920191226-05.V1

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
49 DE 51

**ANEXO 10
CUADRO RESUMEN**