

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

PRESENTA

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**"UNIDAD COMUNITARIA DE SALUD FAMILIAR BÁSICA
TUTULTEPEQUE"
ES1120191228-07.V1**

UBICACIÓN:

**Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque,
Municipio de Nejapa.
Departamento de San Salvador**

CLIENTE:

MINISTERIO DE SALUD

San Salvador, 10 de febrero de 2020.

COD: ES1120191228-07.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 TUTULTEPEQUE"**, el cual está ubicado en Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. 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 VALOR DE N Y CORRECCIONES.....	9
5.4 CORRELACIONES DE PROPIEDADES MECÁNICAS.....	12
6.0 CONCLUSIONES GENERALES.....	16
6.1 CONTAMINACIÓN.....	16
6.2 BAJA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN.....	17
6.3 HUMEDAD Y PLASTICIDAD.....	17
6.4 CONDICIONES DE RECHAZO.....	17
7.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	18
7.1 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA.....	18
7.2 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA.....	20
8.0 RECOMENDACIONES.....	23

ANEXOS

ANEXO 1: HOJAS DE REGISTRO DE CAMPO.....	28
ANEXO 2: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS.....	39
ANEXO 3: PERFIL ESTRATIGRÁFICOS.....	41
ANEXO 4: REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	43
ANEXO 5: ENSAYO GRANULOMÉTRICO MÉTODO MECÁNICO ASTM D 422.....	52

ANEXO 6: MATERIAL MAS FINO QUE PASAN EL TAMIZ No. 200 EN SUELOS POR LAVADO ASTM D 1140.....	56
ANEXO 7: ENSAYO GRANULOMÉTRICO MÉTODO DEL HIDRÓMETRO ASTM D 422.....	60
ANEXO 8: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM D 4318.....	62
ANEXO 9: GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO MÉTODO DEL PICNÓMETRO ASTM D 854.....	65
ANEXO 10: PERMEABILIDAD IN SITU.....	69
ANEXO 11: CUADRO RESUMEN.....	72

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 TUTULTEPEQUE"**, propiedad del Ministerio de Salud, ubicado en Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. 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.

Originalmente la investigación comprendía de SEIS (6) sondeos exploratorios, no obstante, debido a condición de rechazo superficial, se han realizado perforaciones de verificación para los sondeos No. 1 y 3, por lo tanto, en total se han ejecutado DIEZ (10) perforaciones. **Los sondeos de exploración fueron propuestos, solicitados e ubicados por el Cliente** como se muestra en el plano de ubicación de sondeos (ANEXO 2). Se encontró rechazo en todos los sondeos realizados, debido a que el equipo ya no pudo lograr avance alguno.

La profundidad de perforación fue:

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| a) Sondeo 1 = 0.50 m | f) Sondeo 3R = 1.00 ml |
| b) Sondeo 1R = 0.50 m | g) Sondeo 3R1 = 1.50 ml |
| c) Sondeo 1R1 = 1.00 m | h) Sondeo 4 = 2.00 ml |
| d) Sondeo 2 = 2.50 ml | i) Sondeo 5 = 2.50 ml |
| e) Sondeo 3 = 0.50 ml | j) Sondeo 6 = 4.00 ml |

En total se perforaron 16.0 metros lineales.

2.0 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

El lugar del estudio está ubicado en el Municipio de Nejapa en el Cantón Tutultepeque, hacienda Santa Teresa Tutultepeque. El terreno presenta una topografía rustica con curvas de nivel, de oriente a poniente se tiene un desnivel promedio de 2.0 metros, de forma gradual hasta llegar a la calle de acceso. Se puede observar en el terreno el afloramiento de rocas en la parte poniente, sin embargo en la zona del sondeo 3 se encontró rechazo en roca.



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 DIEZ (10) 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 de aluminio en Sondeo 5.

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 $\frac{1}{2}$ 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
GP	Gravas mal graduada con arenas
CH	Arcilla Arenosa de Alta Compresibilidad
SM	Arena Limosa
SC	Arena arcillosa

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	0.0	39.0	61.0	N/A	N/A	N/A	2.69
GP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CH	0.0	10.0	90.0	84.60	30.0	54.60	2.76
SM	0.0	65.0	35.0	N/A	N/A	N/A	2.62
SC	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

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. La muestra de Limo Arenoso (ML) no presenta plasticidad en sus finos, por lo tanto no son practicable los límites líquidos y plásticos. En el sondeo 2 se detectó una grava mal graduada con arenas (GP), sin embargo la muestra fue insuficiente para la realización de ensayos complementarios. La arcilla arenosa de alta compresibilidad (SC) se detectó en los sondeos 5 y 6. La arena limosa (SM) con finas no plásticos, se detectó en los sondeos 4 y 5. En el sondeo 5 se detectó una arena arcillosa (SC) con finos no plásticos, de la misma manera por falta de material no se le pudieron realizar ensayos complementarios.

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	7.9	0.0 - 0.5	Solo se muestreó un estrato		
S-1R	10.9	0.0 - 0.5	Solo se muestreó un estrato		
S-1R1	11.5	0.5 - 1.0	9.5	0.0 - 0.5	10.5
S-2	21.8	1.0 - 1.5	13.7	1.5 - 2.0	16.8
S-3	9.7	0.0 - 0.5	Solo se muestreó un estrato		
S-3R	12.5	0.5 - 1.0	10.9	0.0 - 0.5	11.7
S-3R1	10.1	0.0 - 0.5	Solo se muestreó un estrato		
S-4	23.5	1.5 - 2.0	10.1	0.0 - 0.5	14.6
S-5	35.1	0.0 - 0.5	13.9	2.0 - 2.5	24.6
S-6	29.3	3.0 - 3.5	16.1	0.0 - 0.5	22.7

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

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:

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

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 "Ncor", ya sea esta N_{60} para suelos cohesivos o N_{160} para suelos granulares.

TABLA No. 8.1										
VALORES N DE CAMPO Y SU CORRECCIÓN										
PROF. (m)	S - 1		S - 1R		S - 1R1		S-2		S-3	
	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}
0.0 - 0.5	R (0.35 m)		R (0.35 m)		17	9	10	5	R (0.35 m)	
0.5 - 1.0	<div></div>		<div></div>		R (0.85 m)		10	5	<div></div>	
1.0 - 1.5							15	8		
1.5 - 2.0							66	53		

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

TABLA No. 8.2										
VALORES N DE CAMPO Y SU CORRECCIÓN										
PROF. (m)	S - 3R		S - 3R1		S - 4		S - 5		S - 6	
	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}	N	N _{COR}
0.0 - 0.5	30	16	75	42	20	11	15	8	11	6
0.5 - 1.0	R (0.85 m)				13	11	16	9	18	10
1.0 - 1.5					14	7	8	4	23	12
1.5 - 2.0					R (1.85 m)		19	10	31	17
2.0 - 2.5							R (2.35 m)		14	10
2.5 - 3.0									19	10
3.0 - 3.5									52	29

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

La correlación entre N_{160} 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 SONDEO 1R1, SONDEO 2 Y SONDEO 3R									
Prof. (m)	Sondeo - 1R1			Sondeo - 2			Sondeo - 3R		
	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	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Cohesión, c (Ton/m ²)	Ángulo de fricción, ϕ
0.0 - 0.5	1,200	4.6	0°	1100	2.7	0°	1300	8.5	0°
0.5 - 1.0				1100	2.7	0°			
1.0 - 1.5				1200	4.1	0°			
1.5 - 2.0				1700	0.0	43°			

TABLA No. 11.2									
PROPIEDADES MECÁNICAS PARA SONDEO 3R1, SONDEO 2 Y SONDEO 3R									
Prof. (m)	Sondeo - 3R1			Sondeo - 4			Sondeo - 5		
	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	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Cohesión, c (Ton/m ²)	Ángulo de fricción, ϕ
0.0 - 0.5	1800	30.6	0°	1200	4.6	0°	1200	0.0	29°
0.5 - 1.0				1200	4.6	0°	1200	0.0	29°
1.0 - 1.5				1200	0.0	28°	1200	0.0	27°
1.5 - 2.0							1200	5.1	0°

TABLA No. 11.3			
PROPIEDADES MECÁNICAS PARA SONDEO 6			
Prof. (m)	Sondeo - 6		
	Peso Vol., γ (kg/m ³)	Cohesión, c (Ton/m ²)	Ángulo de fricción, ϕ
0.0 - 0.5	1200	0.0	28°
0.5 - 1.0	1200	0.0	30°
1.0 - 1.5	1200	0.0	30°
1.5 - 2.0	1200	0.0	30°
2.0 - 2.5	1200	0.0	30°
2.5 - 3.0	1200	5.1	0°
3.0 - 3.5	1600	19.5	0°

5.4.4 Otras Propiedades Mecánicas del Suelo

Con la siguiente expresión, se estima de manera aproximada el índice de compresibilidad de los suelos de matriz cohesiva normalmente consolidados, como lo son la arcilla arenosa CH detectada:

$$C_c = 0.009(LL - 10)^2$$

Para el presente caso, la arcilla arenosa CH presenta un $C_c = 0.68$.

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							
ANGULOS DE DILATANCIA ψ :							
PROF. (m)	S - 1R1	S - 2	S-3R	S - 3R1	S - 4	S - 5	S - 6
0.0 - 0.5	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
0.5 - 1.0		0°			0°	0°	0°
1.0 - 1.5		0°			0°	0°	0°
1.5 - 2.0		13°				0°	0°
2.0 - 2.5							0°
2.5 - 3.0							0°
3.0 - 3.5							0°

Los valores de módulo de elasticidad y de relación de Poisson, que se brindan a continuación, se han determinado conforme a las modificaciones del Departamento de Marina de los Estados Unidos después de *Bowles, 1988*³.

En la siguiente Tabla se presentan los valores determinados en el presente estudio:

² Skempton (1944). Expresión 11.35 de Das, Principles of Geotechnical Engineering, 7th Ed. Pág. 319.

³ Tabla C10.4.6.3-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 20.

TABLA No. 13.0

MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON														
PROF. (m)	Sondeo 1R1		Sondeo 2		Sondeo 3R		Sondeo 3R1		Sondeo 4		Sondeo 5		Sondeo 6	
	E_s (MPa)	ν	E_s (MPa)	ν	E_s (MPa)	ν	E_s (MPa)	ν	E_s (MPa)	ν	E_s (MPa)	ν	E_s (MPa)	ν
0.0 - 0.5	3.5	0.30	1.9	0.30	6.2	0.35	16.2	0.35	2.7	0.25	3.3	0.25	2.3	0.25
0.5 - 1.0			1.9	0.30					2.7	0.25	3.3	0.25	4.7	0.25
1.0 - 1.5			3.1	0.30					2.7	0.25	1.5	0.25	4.7	0.25
1.5 - 2.0			20.5	0.40							6.9	0.45	4.7	0.25
2.0 - 2.5													4.7	0.25
2.5 - 3.0													6.9	0.45
3.0 - 3.5													70.0	0.45

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. Sin embargo, en los sondeos 5 y sondeo 6 no se encontraron suelos contaminados con orgánicos. Además, 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. 14.0

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
1R	0.0 - 0.5	N/A	N/A
1R1	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
3R	0.0 - 0.5	N/A	N/A
3R1	0.0 - 0.5	N/A	N/A
4	0.0 - 0.5	N/A	N/A
5	N/A	N/A	N/A
6	N/A	N/A	N/A

6.2 BAJA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Las resistencias a la penetración son heterogéneas. Los sondeos Nos. 1 y 3, reflejan altas resistencias superficiales, los sondeos Nos. 2 y 4 presentan resistencia medias hasta 1.5 m de profundidad y altas resistencia por debajo de esa profundidad. Los sondeos Nos. 5 y 6, ubicados al noreste presentan mayor recuperación de muestras pudiéndose perforar hasta 2.5 m y 3.5 m respectivamente, y luego se obtienen rechazos. Solo se ha detectado un estrato de baja resistencia a la penetración, con compacidad *suelta*, en el sondeo No. 5 entre 1.0 m y 1.5 m de profundidad.

6.3 HUMEDAD Y PLASTICIDAD

6.3.1 No se detectó nivel freático en los estratos atravesados.

6.3.2 En general el comportamiento de humedades es heterogéneo. Los sondeos del sector sur y que son los que lograron menor recuperación presentan humedades normales, con un promedio del 12.5%. Para el caso de los sondeos ubicados al norte, Nos. 4, 5 y 6, las humedades superficiales (entre 0.0 y 1.0 m) se presentan normales (exceptuando el estrato superficial del sondeo No. 5), con un promedio del 14.7%; por debajo de 1.0 m, el promedio de humedades incrementa a 23.2%.

6.3.3 La máxima humedad (35.1%) se ha encontrado en el sondeo No. 5 a una profundidad de 0.0 m a 0.5 m, en un estrato de arena limosa.

6.3.4 Uno de los tipos de suelo se ha clasificado como arcilla de alta compresibilidad (CH), encontrada al fondo de los sondeos Nos. 5 y 6, y la cual ha presentado en el sondeo No. 5 a una profundidad de 1.5 m a 2.0 m, un valor de humedad (34.4%) superior al límite plástico (30%); y en otro caso a una profundidad de 3.0 m a 3.5 m en el sondeo No. 6, la humedad (29.3%) está próxima a este mismo límite.

6.4 CONDICIONES DE RECHAZO

Uno de los aspectos relevantes de la exploración es la detección de rechazos, tal como se resume a continuación.

TABLA No. 15.0			
CONDICIONES DE RECHAZO ENCONTRADO POR SONDEO			
Número de Sondeo	Profundidad de rechazo (m)	Tipo de rechazo	Fondo del rechazo
1	0.35	7.2.3 [‡]	Roca
1R	0.35	7.2.3 [‡]	Roca
1R1	0.85	7.2.3 [‡]	Roca
3	0.35	7.2.3 [‡]	Roca
3R	0.85	7.2.3 [‡]	Roca
3R1	1.35	7.2.3 [‡]	Roca
4	1.85	7.2.1*	Suelo
5	2.35	7.2.1*	Suelo

* La sección 7.2.1 de ASTM D1586 dicta: "un total de 50 golpes han sido aplicados durante cualquiera de los tres incrementos".

‡ 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

La detección de arcillas de alta compresibilidad (CH), con LL=85% e IP=55%, en los sondeos Nos. 5 y 6, a partir de la cota 397 (aproximadamente), representa susceptibilidad de asentamientos. En vista de esta condición, y tomando de referencia la cota de nivel de terreno natural del sondeo No. 6, se recomienda elevar de forma generalizada las zonas de infraestructura importante hasta una cota de **399.5**, y desplantar las soleras de fundación a una profundidad máxima de 0.50 m con un tratamiento de suelo cemento de 0.5 por debajo de ese nivel de desplante. No se recomienda el uso de zapatas.

7.1 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA

7.1.1 Se han considerado para el análisis, soleras de fundación con un ancho máximo de 0.40 m.

7.1.2 Para el análisis se considera el nivel de desplante como 1.0 m de profundidad (0.5 m de desplante real + 0.5 m de tratamiento de suelo cemento) y un esfuerzo de contacto máximo de $q_o = 0.65 \text{ kg/cm}^2$. La determinación del espesor de relleno necesario, se realiza sobre la base de una disipación de carga de 0.1 kg/cm^2 , lo que se ha calculado que genera un asentamiento inferior a 1 pulgada (ver 7.3).

7.1.3 Para el análisis de transferencia de carga se ha empleado la teoría de Boussinesq y se han adaptado sus ecuaciones para obtener el esfuerzo transmitido por la estructura al suelo a diferentes profundidades por debajo del centro de la solera.

Las ecuaciones empleadas fueron las siguientes:

$$\Delta P = q_o I$$

$$I = \frac{1}{\pi} \left[\left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \right) \left(\frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + 1 - m^2n^2} \right) \right]$$

$$m = \frac{B}{2z} \text{ y } n = \frac{L}{2z}$$

Donde:

ΔP : Incremento del esfuerzo vertical

q_o : Esfuerzo de contacto

I : Factor de influencia

B : Ancho de la cimentación

L : Largo de la cimentación

z : Profundidad de análisis

TABLA No. 16.0			
CARGAS TRANSFERIDAS POR SOLERAS A DISTINTAS PROFUNDIDADES			
Prof. (m)	Carga transferida por la solera (kg/cm ²)	% de reducción de la carga	Cota
0.0	-	-	399.50
0.5	0.65	100.0%	399.00
1.0	0.65	46.1%	398.50
1.5	0.3	24.6%	398.00
2.0	0.2	16.3%	397.50
2.5	0.1	11.8%	397.00

7.2 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

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

TABLA No. 17.0	
CONDICIONES ASUMIDAS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	
Cimentación	Solera de fundación
Dimensiones (m)	0.4 x 5.0
Nivel de desplante (m)*	0.5
Esfuerzo de contacto (kg/cm²)**	0.65

*Nivel de desplante en función de un nivel de terreno natural en la cota 399.5.

**No se consideran cargas excéntricas.

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

$$q_n = cN_c s_c i_c + \gamma D_f N_q s_q d_q i_q C_{wq} + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma i_\gamma C_{w\gamma}^4$$

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

7.2.3 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

⁴ 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.

empleando SPT, establecido por *Munfakh et al. (2001)*; y con los métodos semi-empíricos en todo tipo de suelos, establecido por *Meyerhof (1957)*⁵. Por lo tanto, la resistencia factorizada, q_R , al estado límite de esfuerzos será:

$$q_R = \varphi_b q_n^6$$

7.2.4 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 $i_c, i_q, i_\gamma = 1$.

7.2.5 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 $d_q = 1$.

7.2.6 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.

7.2.7 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:

$$c^* = 0.67c$$

⁵ Tabla 10.5.5.2.2-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 41.

⁶ Expresión 10.6.3.1.1-1 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 66.

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

Donde:

c^* : Cohesión del suelo de esfuerzo efectivo reducido

ϕ^* : Ángulo de fricción de esfuerzo efectivo reducido

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

7.2.9 A continuación, se presentan la capacidad de carga admisible calculada:

TABLA No. 18.0	
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	
Cimentación	Solera de fundación
Profundidad de excavación bajo nivel de terreno natural (m)	0.5
Capacidad de carga admisible (kg/cm ²)	0.9

7.3 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

7.3.1 Los únicos sondeos que han presentado estratos de arcilla de alta compresibilidad son los sondeos Nos. 5 y 6. El efecto de la profundidad de influencia de esfuerzos en la zona del sondeo No. 6 no es significativo, además, en esta zona no se proyectan rellenos. Por lo anterior, el análisis de asentamientos se realiza específicamente para la zona de influencia del sondeo No. 5.

7.3.2 Para el cálculo se empleará la siguiente expresión:

$$S_c = \left[\frac{H_c}{1 + e_o} \right] \left[C_c \log \left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_{pc}} \right) \right]^7$$

Donde:

H_c : Altura inicial del estrato de suelo compresible

e_o : Relación de vacíos con el esfuerzo vertical efectivo inicial

C_c : Índice de compresibilidad (ver 5.4.4)

σ'_f : Esfuerzo efectivo vertical final

σ'_{pc} : Esfuerzo efectivo vertical actual

⁷ Expresión 10.6.2.4.3-3 de la Sección 10: Cimentaciones, de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. Pág. 59.

7.3.3 Se ha considerado como estrato compresible, el estrato con $N_{60}=10$ entre 1.5 m y 2.0 m de profundidad en el sondeo No. 5.

7.3.4 El valor de relación de vacíos, e_o , puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$e_o = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1^8$$

Donde:

G_s : Gravedad específica de la arcilla (de ensayos, 2.76)

γ_w : Densidad del agua

γ_d : Densidad seca del suelo

7.3.5 El valor calculado de asentamiento es de **22 mm**.

7.4 Es de suma importancia tomar en cuenta que los análisis antes realizados están en función de la sobrecarga efectiva de suelo sobre la cimentación, por lo tanto, cualquier modificación diferente a la acá recomendada en los niveles del terreno o de los niveles de desplante, cambiarán los valores de capacidades de carga y asentamiento antes presentados.

8.0 RECOMENDACIONES

8.1 Se recomienda proporcionar un nivel de terraza coincidente con la cota 399.50. Los rellenos necesarios para lograr la cota señalada deberán realizarse siguiendo las indicaciones del numeral 8.3.

8.2 Se recomienda implementar cimentaciones superficiales del tipo soleras de fundación con un tratamiento de 0.5 m de suelo cemento como se detalla en el numeral 8.4 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 17.0.

⁸ Expresión 3.17, Sección 3.2 de Das, Principles of Geotechnical Engineering, 7th Ed. Pág. 55.

8.3 Compactación de Suelo Natural (Sin cemento)

Las compactaciones deberán alcanzar al menos el 90% de la densidad seca máxima determinada de su correspondiente ensayo Proctor AASHTO T180 (en su versión más reciente). La humedad del suelo deberá ser cercana a la humedad óptima en $\pm 2\%$. Se recomienda emplear rodos lisos vibratorios de al menos 10 Ton, sobre capas de 0.20 m (espesor ya compactado).

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, son suelos que se clasifiquen por el método visual manual (ASTM D2488) como arenas limosas (SM) o limos arenosos con finos de nula plasticidad, con un contenido de arenas que oscile entre 40% y 70%.

8.4 Compactación 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.

- 8.5 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.
- 8.6 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.
- 8.7 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 8.3. Sobre la capa de suelo natural se colocara suelo cemento con un espesor de 0.25 m, compactado como se describe en el literal 8.4.
- 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 8.3, 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 Se debe tener bien claro que la permeabilidad obtenida, está sujeta a encontrar el estrato de gravas mal graduadas detectadas únicamente en el sondeo 2. De tal

manera que en caso de encontrar otro tipo de material se recomienda la realización de los ensayo de permeabilidad nuevamente, para garantizar el diseño y funcionabilidad del sistema a implementar. En el ANEXO 10.0 se presentan los resultados obtenidos en el 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 García
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 TUTULTEPEQUE Fecha: 28/12/2019
Localización: Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa Departamento: San Salvador
Codigo: ES1120191228-07 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	6	9			R	MUY DURA	7.9	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35			30					color café oscuro	
		0.50				R				Rechazo en piedra.	

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

ES1120191228-07.V1

29 DE 75

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.: **1R**

Hoja: **1 / 1**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE** Fecha: **28/12/2019**
Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES1120191228-07** 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		6			R	MUY DURA	10.9	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35	25		5					color café oscuro	
		0.50				R				Rechazo en piedra.	

INGMACS.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.: **1R1**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE** Fecha: **28/12/2019**
Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES1120191228-07** 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	10	9			17	DURA	9.5	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35			8					color café oscuro	
		0.50				9					
2.0	1.0	0.70	12	10			R	MUY DURA	11.5	Limo arenoso	ML
		0.85			39					color café oscuro	
		1.00				R				Rechazo en piedra.	

ES1120191228-07.V1

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
31 DE 75

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**

Hoja: **1 / 1**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE** Fecha: **28/12/2019**
 Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Departamento: **San Salvador**
 Código: **ES1120191228-07** 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	17	5			10	FIRME	16.1	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35			5					color café oscuro	
		0.50				5					
2.0	1.0	0.70	16	6			10	FIRME	15.7	Limo arenoso	ML
		0.85			5					color café oscuro	
		1.00				5					
3.0	1.5	1.20	25	2			15	FIRME	21.8	" " "	ML
		1.35			2						
		1.50				13					
4.0	2.0	1.70	20	30			66	MUY COMPACTA	13.7	Gravas mal graduadas con arenas	GP
		1.85			21					color gris	
		2.00				45					
	2.5	2.20		40			R	MUY COMPACTA		Penetración con punta cónica.	PP
		2.35			37						
		2.50				R					

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

ES1120191228-07.V1

32 DE 75

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 TUTULTEPEQUE** Hoja: **1 / 1**
Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Fecha: **28/12/2019**
Codigo: **ES1120191228-07** Herramienta de Avance: **PENETRACION ESTANDAR** Departamento: **San Salvador**
Peso del Martillo: **140 lb** Altura de Caída: **30 pulg** Herramienta de Muestreo: **CUCHARA PARTIDA**
Cuadrilla: **Aguilar - Nolasco - Rodriguez** Estructura: **Varias** Nivel Freático: **N/A**
Elev. Brocal: **000.0**

MUESTRA No.	PROF.	PROF. ACUM	RESISTENCIA A LA PENETRACION				N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD RELATIVA	HUMEDAD	CLASIFICACION	SIMBO LOGIA
	(m)	(m)	RECUPE- RACION	SET 1	SET 2	SET 3					
			(cm)	(20cm)	(15cm)	(15cm)			(%)		
1.0	0.5	0.20	10	4			R	MUY DURA	9.7	Limo arenoso organico	ML- OL
		0.35			19					color café oscuro	
		0.50				R				Rechazo en piedra.	

ES1120191228-07.V1

INGMACS.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.: **3R**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE** Hoja: **1 / 1**
Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Fecha: **28/12/2019**
Codigo: **ES1120191228-07** Herramienta de Avance: **PENETRACION ESTANDAR** Departamento: **San Salvador**
Peso del Martillo: **140 lb** Altura de Caída: **30 pulg** Estructura: **Varias** Herramienta de Muestreo: **CUCHARA PARTIDA**
Cuadrilla: **Aguilar - Nolasco - Rodriguez** Nivel Freático: **N/A**
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	21	7			30	DURA	10.9	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35			16					color café oscuro	
		0.50				14					
2.0	1.0	0.70	5	18			R	MUY DURA	12.5	Limo arenoso	ML
		0.85			25					color café	
		1.00				R				Rechazo en piedra.	

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

ES1120191228-07.V1

34 DE 75

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.: 3R1

Proyecto: U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE Fecha: 28/12/2019
Localización: Cantón Tutultepeque, Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa Departamento: San Salvador
Codigo: ES1120191228-07 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	SIMBO- LOGIA
			RECUPE- RACION	SET 1	SET 2	SET 3					
	(m)	(m)	(cm)	(20cm)	(15cm)	(15cm)			(%)		
1.0	0.5	0.20	13	12			75	MUY DURA	10.1	Limo arenoso organico	ML- OL
		0.35			35					color café oscuro	
		0.50				40					
	1.0	0.70		16			17	DURA		Penetracion con punta conica	PP
		0.85			7						
		1.00				10					
	1.5	1.20		30			R	MUY DURA			
		1.35			27						
		1.50				R					

ES1120191228-07.V1

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
35 DE 75

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**

Hoja: **1** / **1**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE** Fecha: **28/12/2019**
Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES1120191228-07** 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	10	7			20	DURA	10.1	Limo arenoso organico	ML-OL
		0.35			7					color café oscuro	
		0.50				13					
2.0	1.0	0.70	32	11			13	FIRME	12.0	Limo arenoso	ML
		0.85			7					color café oscuro	
		1.00				6					
3.0	1.5	1.20	25	10			14	SEMI-COMPACTA	12.9	Arena limosa	SM
		1.35			6					color café	
		1.50				8					
4.0	2.0	1.70	20	60			R	MUY COMPACTA	23.5	Material cementado.	
		1.85			63					color café	
		2.00				R					

INGMAC 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.: **5**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE** Fecha: **28/12/2019**
Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES1120191228-07** 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	19	6			15	SEMI-COMPACTA	35.1	Arena Limosa	SM
		0.35			8					Color café claro	
		0.50				7					
2.0	1.0	0.70	15	9			16	DURA	15.2	Limo arenoso	ML
		0.85			8					color café	
		1.00				8					
3.0	1.5	1.20	25	10			8	SUELTO	24.6	Arena arcillosa	SC
		1.35			4					color café claro	
		1.50				4					
4.0	2.0	1.70	29	8			19	DURA	34.4	Arcilla arenosa	CH
		1.85			8					color café	
		2.00				11				alta compresibilidad	
5.0	2.5	2.20	6	23			R	MUY DURA	13.9		
		2.35			50					" " "	
		2.50				R				Rechazo en material.	

ES1120191228-07.V1

INGMACS.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.: **6**

Hoja: **1 / 1**

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE** Fecha: **28/12/2019**
Localización: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa** Departamento: **San Salvador**
Codigo: **ES1120191228-07** 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	12	12			11	FIRME	16.1	Limo arenoso	ML
		0.35			6					color café	
		0.50				5					
2.0	1.0	0.70	15	7			18	DURA	19.9	" " "	
		0.85			8						
		1.00				10					
3.0	1.5	1.20	30	13			23	DURA	23.5	" " "	
		1.35			10						
		1.50				13					
4.0	2.0	1.70	34	29			31	COMPACTA	20.0	Arena limosa	SM
		1.85			16					color café claro	
		2.00				15					
5.0	2.5	2.20	24	11			14	SEMI-COMPACTA	22.0	" " "	
		2.35			7						
		2.50				7					
6.0	3.0	2.70	29	14			19	DURA	28.0	Arcilla con arena	CH
		2.85			9					color café claro	
		3.00				10				alta compresibilidad	
	3.5	3.20	18	18			52	MUY DURA	29.3	" " "	
		3.35			25						
		3.50				27				Material cementado	
	4.0	3.70		48			R	MUY DURA			PP
		3.85			80					Penetración con punta cónica.	
		4.00				R					

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

**ANEXO 2
ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SONDEOS**

**ANEXO 3
PERFIL ESTRATIGRÁFICOS**

**ANEXO 4
REGISTRO FOTOGRÁFICO**

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



Fotografía A.4.1.:

Área donde se realizó el Sondeo 1.



Fotografía A.4.2.:

Recuperación de muestra por medio de la cuchara partida, rechazo en piedra, Sondeo 1.



Fotografía A.4.3.:

**Perforación en área del Sondeo 2,
al sur del terreno en estudio.**



Fotografía A.4.4.:

**Muestra obtenida con cuchara
partida, en Sondeo 2.**



Fotografía A.4.5.:

Al sur-poniente se puede observar la roca superficial existen en el terreno.



Fotografía A.4.6.:

Ubicación del punto de perforación, en área del Sondeo 3, sector sur-oriente.



Fotografía A.4.7.:

Verificación de sondeo 3R, rechazo en roca.



Fotografía A.4.8.:

Instalación de trípode en área del Sondeo 4.



Fotografía A.4.9.:

Extracción de la cuchara partida
en área del Sondeo 4.



Fotografía A.4.10.:

Perforación en área del Sondeo
5, con la cuchara partida.



Fotografía A.4.11.:

Muestra con cuchara partida en Sondeo 5.



Fotografía A.4.12.:

Perforación en área del Sondeo 6.



Fotografía A.4.13.:

Muestra de suelo obtenida en Sondeo 6.



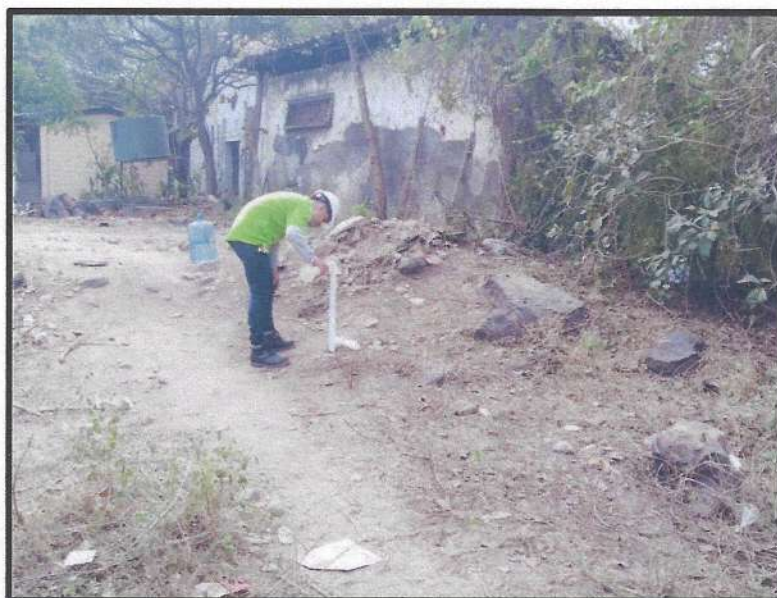
Fotografía A.4.14.:

Instalación de tubería para ensayo de permeabilidad in situ, en terreno en estudio.



Fotografía A.4.15.:

Roca superficial en calle de acceso sector, poniente del terreno.



Fotografía A.4.16.:

Ensayo de permeabilidad in situ.

**ANEXO 5
ENSAYO GRANULOMÉTRICO MÉTODO MECÁNICO
ASTM D 422**

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

Control de Calidad - Construcción - Supervisión

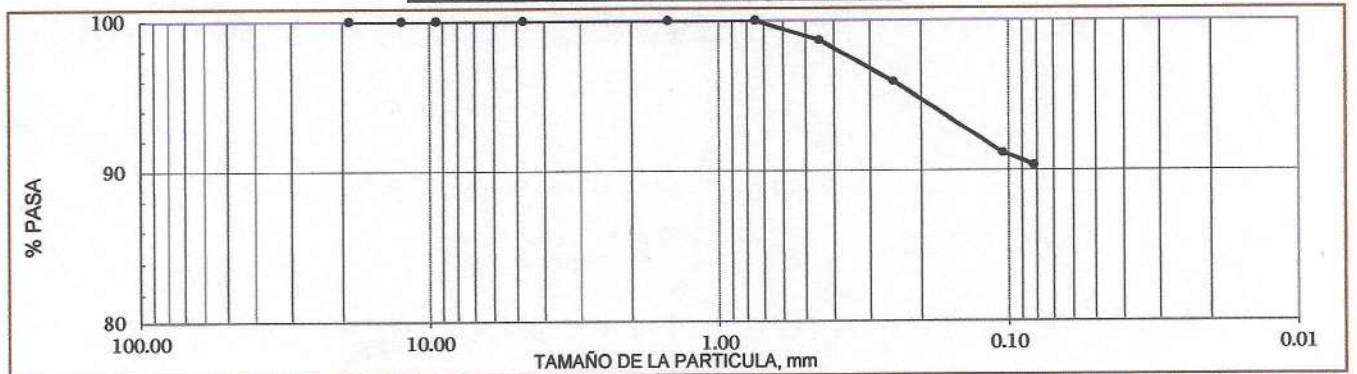
Col. Santa Matilde C. Castro Moran y C. Las Mercedes No. 91, Final Avenida Bernal, Mejicanos,
San Salvador, El Salvador. Tel.: (503) 2523-4383 / Cel. (503) 7477-9865
ingenieriademateriales@yahoo.com

ANALISIS GRANULOMETRICO PARA SUELO METODO MECANICO ASTM D - 422

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Procedencia del material: **S-5: M-4-5 ; S-6: M-6-7** Material de ensayo: **CH**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Fecha de ensayo: **06/01/2020**
Laboratorista: **Rene Aguilar** Código de muestra: **ES1120191228-07**

Peso Bruto Seco (grs.)		Tara (grs.)		Peso Seco Neto (grs.)	
507.90		121.7		386.2	
MALLA		Peso	Porcentaje	Porcentaje	ESPECIFICACION
Pulg	mm	Retenido parcial	Retenido parcial	Retenido acumulado	que pasa
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	0.0	0.0	0.0	100
N° 40	0.45	5.1	1.3	1.3	99
N° 60	0.25	10.6	2.7	4.1	96
N° 140	0.11	18.5	4.8	8.9	91
N° 200	0.08	3.2	0.8	9.7	90
FONDO		348.8	90.3	100.0	
TOTALES		386.2			

ESTRUCTURA DEL SUELO		
Grava	Arena	Finos
0	10	90



Observaciones :

Arcilla con Arena. Alta Compresibilidad
color café claro

F-2.08-AS-20180321V.2 Calculó: *[Firma]* Revisó: *[Firma]* Página: *[Firma]* DE *[Firma]*

INGMAC 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

ANALISIS GRANULOMETRICO PARA SUELO METODO MECANICO ASTM D - 422

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Procedencia del material: **S-4: M-3.4 ; S-5: M-1 ; S-6: M-4-5** Material de ensayo: **SM**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Fecha de ensayo: **06/01/2020**
Laboratorista: **Rene Aguilar** Código de muestra: **ES1120191228-07**

Peso Bruto Seco (grs.)		423.70		Tara (grs.)		121.1		Peso Seco Neto (grs.)		302.6	
MALLA		Peso Retenido parcial	Porcentaje Retenido parcial	Porcentaje Retenido acumulado	Porcentaje que pasa	ESPECIFICACION					
Pulg	mm					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	5.8	1.9	1.9	98						
No. 20	0.75	16.5	5.5	7.4	93						
N° 40	0.45	47.4	15.7	23.0	77						
N° 60	0.25	52.8	17.4	40.5	60						
N° 140	0.11	54.1	17.9	58.4	42						
N° 200	0.08	20.1	6.6	65.0	35						
FONDO		105.9	35.0	100.0							
TOTALES		302.6									

ESTRUCTURA DEL SUELO		
Grava	Arena	Finos
0	65	35



Observaciones :

Arena Limosa

color café

F-2.08-AS-20180321V.2	Calculó:	Revisó:	Página: 1 DE 1
-----------------------	----------	---------	----------------

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

ES1120191228-07.V1

54 DE 75

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

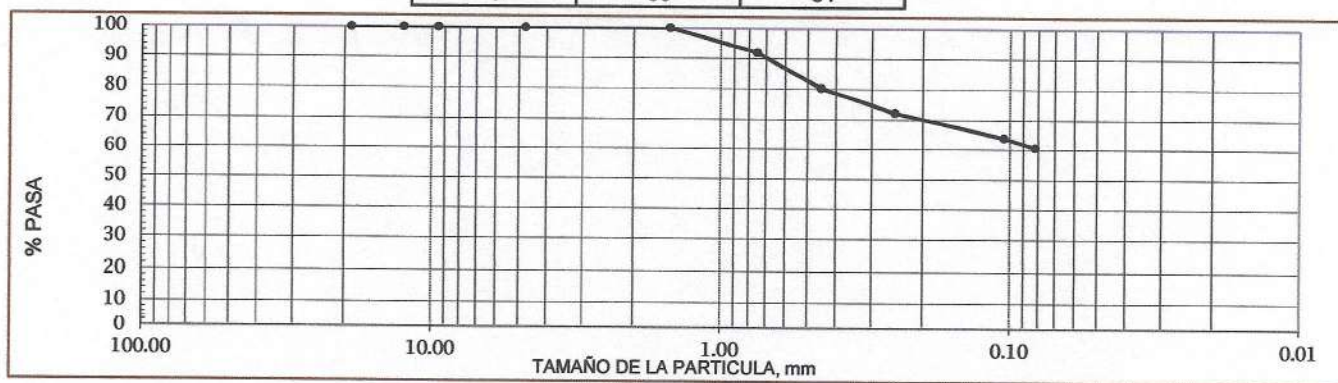
ANALISIS GRANULOMETRICO PARA SUELO METODO MECANICO ASTM D - 422

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Procedencia del material: **S-1R1: M-2 ; S-2: M-2-3 ; S-3R: M-2 ; S-6: M-2-3** Material de ensayo: **ML**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Fecha de ensayo: **06/01/2020**
Laboratorista: **Rene Aguilar** Código de muestra: **ES1120191228-07**

Peso Bruto Seco (grs.)		541.80	Tara (grs.)	120.6	Peso Seco Neto (grs.)	421.2	
MALLA		Peso Retenido parcial	Porcentaje Retenido parcial	Porcentaje Retenido acumulado	Porcentaje que pasa	ESPECIFICACION	
Pulg	mm					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	33.6	8.0	8.0	92		
N° 40	0.45	49.6	11.8	19.8	80		
N° 60	0.25	33.4	7.9	27.7	72		
N° 140	0.11	35.1	8.3	36.0	64		
N° 200	0.08	13.7	3.3	39.3	61		
FONDO		255.8	60.7	100.0			
TOTALES		421.2					

ESTRUCTURA DEL SUELO

Grava	Arena	Finos
0	39	61



Observaciones :

Limo Arenoso
color café

F-2.08-AS-20180321V.2	Calculó: <i>[Signature]</i>	Revisó: <i>[Signature]</i>	Página: DE 4
-----------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------

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

ES1120191228-07.V1

55 DE 75

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 TUTULTEPEQUE		
Ubicación:	Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.		
Solicitante:	MINISTERIO DE SALUD		
Procedencia del material:	S-5: M-4-5 ; S-6: M-6-7	Material de ensayo:	CH
Fecha de recepción o muestreo:	28/12/2019	Fecha de ensayo:	06/01/2020
Laboratorista:	Rene Aguilar	Código de muestra:	ES1120191228-07

LAVADO POR TAMIZ DE 75µm (No. 200)

Tara No.:	16.0	Peso de tara	g	121.7
Peso de suelo seco + tara Sin lavar:				g 507.9
Peso de suelo seco + tara Despues de lavar:				g 159.1
Peso de muestra antes de lavado				g 386.2
Peso de muestra despues de lavado				g 37.4
Peso de suelo que pasa la N° 200:				g 348.8
Porcentaje que pasa la N° 200:				% 90.3

Observaciones :

Arcilla con Arena. Alta Compresibilidad
color café claro

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

ES1120191228-07.V1

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
57 DE 75

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 TUTULTEPEQUE		
Ubicación:	Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.		
Solicitante:	MINISTERIO DE SALUD		
Procedencia del material:	S-1R1: M-2 ; S-2: M-2-3 ; S-3R: M-2 ; S-6: M-2-3	Material de ensayo:	ML
Fecha de recepción o muestreo:	28/12/2019	Fecha de ensayo:	06/01/2020
Laboratorista:	Rene Aguilar	Código de muestra:	ES1120191228-07

LAVADO POR TAMIZ DE 75µm (No. 200)

Tara No.:	12.0	Peso de tara	g	120.6
Peso de suelo seco + tara Sin lavar:				g 541.8
Peso de suelo seco + tara Despues de lavar:				g 286.0
Peso de muestra antes de lavado				g 421.2
Peso de muestra despues de lavado				g 165.4
Peso de suelo que pasa la N° 200:				g 255.8
Porcentaje que pasa la N° 200:				% 60.7

Observaciones :

Limo arenoso
color café oscuro
No plástico

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

ES1120191228-07.V1

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
58 523-4383

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.: 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 TUTULTEPEQUE		
Ubicación:	Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.		
Solicitante:	MINISTERIO DE SALUD		
Procedencia del material:	S-4: M-3.4 ; S-5: M-1 ; S-6: M-4-5	Material de ensayo:	SM
Fecha de recepción o muestreo:	28/12/2019	Fecha de ensayo:	06/01/2020
Laboratorista:	Rene Aguilar	Código de muestra:	ES1120191228-07

LAVADO POR TAMIZ DE 75µm (No. 200)

Tara No.:	13.0	Peso de tara	g	121.1
Peso de suelo seco + tara Sin lavar:				g 423.7
Peso de suelo seco + tara Despues de lavar:				g 317.8
Peso de muestra antes de lavado				g 302.6
Peso de muestra despues de lavado				g 196.7
Peso de suelo que pasa la N° 200:				g 105.9
Porcentaje que pasa la N° 200:				% 35.0

Observaciones :

Arena Limosa
color café

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

ES1120191228-07.V1

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
75 DE 75

ANEXO 7
ENSAYO GRANULOMÉTRICO MÉTODO DEL HIDRÓMETRO
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.: 2523-4383 / Cel. 7477-9865

ingenieriademateriales@yahoo.com

ANALISIS GRANULOMETRICO PARA SUELO METODO DEL HIDROMETRO ASTM D - 422

Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE**
 Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
 Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
 Procedencia del material: **S-5: M-4-5 ; S-6: M-6-7** Material de ensayo: **CH**
 Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Fecha de ensayo: **17/01/2020**
 Laboratorista: **Rene Aguilar** Código de muestra: **ES1120191228-07**

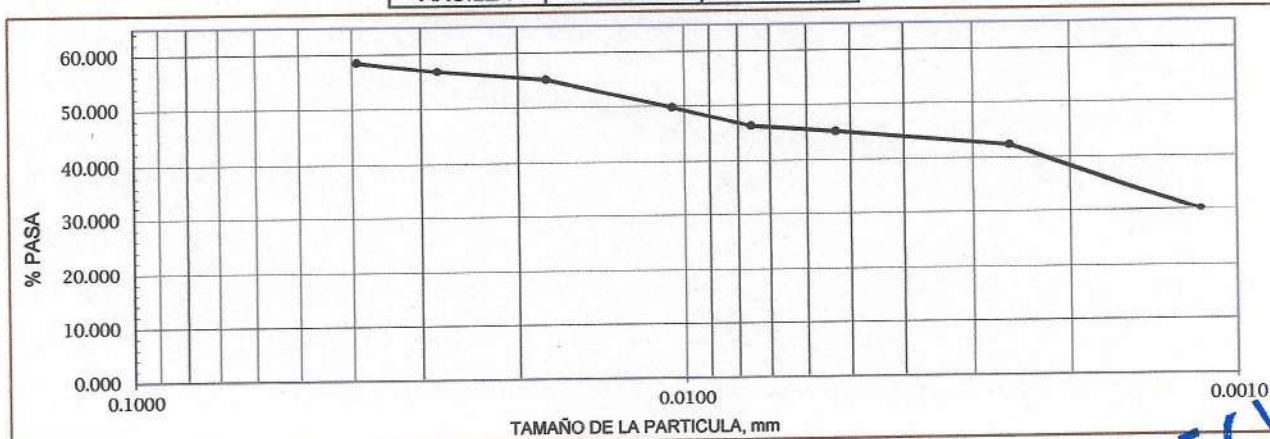
DATOS GENERALES

Hidrómetro: **152H** Código de hidrómetro: **1-HDM-H4241-01** Agente dispersante: **NaPO3** Gs: **2.76** Peso de la muestra seca **50.00** g
 Corrección por menisco, Cm: **1.0** Corrección por defloculante, Cd: **6.0** Factor de corrección (a): **0.976** % Que pasa el tamiz No. 200: **90.00**

Fecha	Tiempo transcurrido t (min)	T °C	Lectura Real del Hidrometro	Lectura Corregida del Hidrometro (Rca)	% que pasa	Hidrometro corregido por menisco (Rcm)	L (cm)	L/t (cm/min)	$\sqrt{L/t}$	K	D (mm)	%QUE PASA
18/01/2020	0.00											
18/01/2020	1.00	25	38	33.3	65.03	39.00	9.90	9.90	3.146	0.012456	0.0392	58.526
18/01/2020	2.00	25	37	32.3	63.08	38.00	10.10	5.05	2.247	0.012456	0.0280	56.769
18/01/2020	5.00	25	36	31.3	61.12	37.00	10.20	2.04	1.428	0.012456	0.0178	55.011
18/01/2020	15.00	25	33	28.3	55.27	34.00	10.70	0.71	0.845	0.012456	0.0105	49.739
18/01/2020	30.00	25	31	26.3	51.36	32.00	11.10	0.37	0.608	0.012456	0.0076	46.223
18/01/2020	60.00	26	30	25.7	50.09	31.00	11.20	0.19	0.432	0.012316	0.0053	45.081
18/01/2020	250.00	29	27	24.1	46.97	28.00	11.70	0.05	0.216	0.011916	0.0026	42.269
19/01/2020	1440.00	25	22	17.3	33.78	23.00	12.50	0.01	0.093	0.012456	0.0012	30.406

ESTRUCTURA DEL SUELO

LIMO	0.075 - 0.002	92%
ARCILLA	< 0.002	8%



Observaciones :

F-2.010-AS-20181215V.2 Caluló: *[Firma]* Revisó: *[Firma]*

ES1120191228-07.V1

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.
 Control de Calidad - Construcción - Supervisión
 Tel. 2523-4383
 61 DE 75

**ANEXO 8
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 TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Procedencia del material: **S-5: M-4-5 ; S-6: M-6-7** Fecha de ensayo: **16/01/2020**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD** Laboratorista: **Arq. Cristina Dimas** Método: **A**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Código de muestra: **ES1120191228-07**

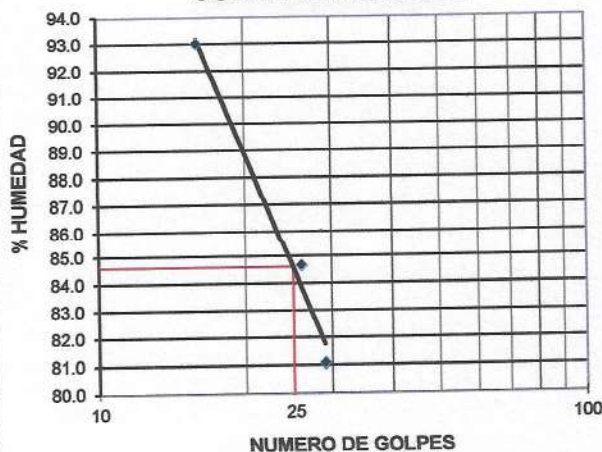
LIMITE LIQUIDO

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Tara No.	74	114	88		
Peso de tara g	12.73	12.78	12.58		
Numero de golpes	16	26	29		
Peso húmedo + tara g	19.37	21.33	21.58		
Peso seco + tara g	16.17	17.41	17.55		
Peso de agua g	3.20	3.92	4.03		
Peso seco g	3.44	4.63	4.97		
%Contenido de humedad	93.02	84.67	81.09		

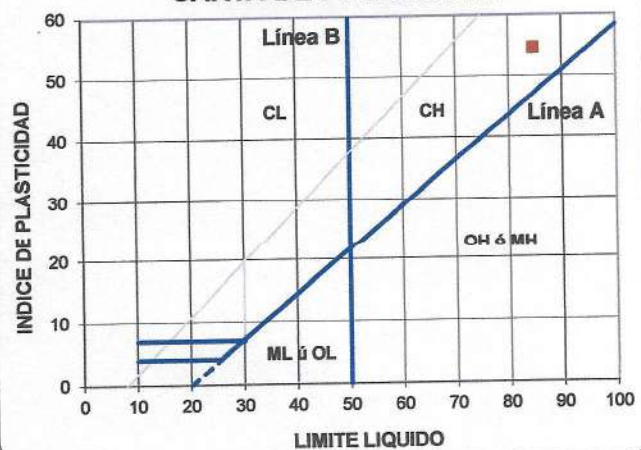
LIMITE PLASTICO

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Tara No.	72	71	123		
Peso de tara g	12.75	12.77	12.78		
Peso húmedo + tara g	19.67	18.93	19.35		
Peso seco + tara g	18.03	17.51	17.82		
Peso de agua g	1.64	1.42	1.53		
Peso seco g	5.28	4.74	5.04		
%Contenido de humedad	31.06	29.96	30.36		

CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



LIMITE LIQUIDO	84.60	% PASA MALLA 200	CLASIFICACION
LIMITE PLASTICO	30.00	90%	CH. Arcilla con Arena. Alta Compresibilidad color café
INDICE PLASTICO	54.60		

F-2.06-AS-20180315V.2

Calculó:

[Firma]

Revisó:

[Firma]

ES1120191228-07.V1

INGENIERÍA DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel: 2523-4383
Página: 2 DE 75

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 TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Procedencia del material: **S-1R1: M-2 ; S-2: M-2-3 ; S-3R: M-2 ; S-6: M-2-3** Fecha de ensayo: **16/01/2020**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD** Laboratorista: **Arq. Cristina Dimas** Método: **A**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Código de muestra: **ES1120191228-07**

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					

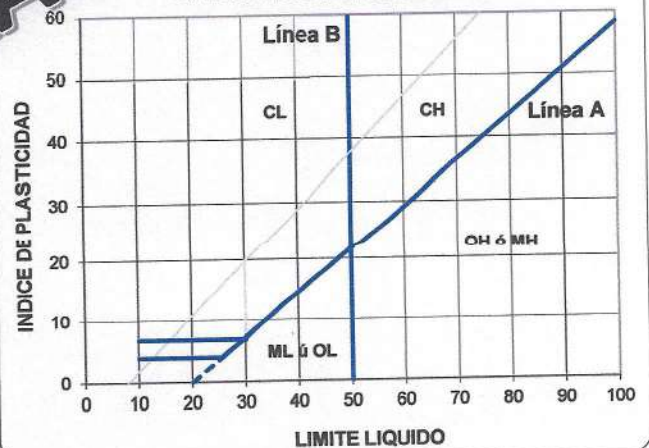
LIMITE PLASTICO

	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		61%		ML, Limo Arenoso. No Plástico.
INDICE PLASTICO				color café
F-2.06-AS-20180315V.2	Calculó: <i>[Signature]</i>		Revisó: <i>[Signature]</i>	Control de Calidad-Construcción-Supervisión

ES1120191228-07.V1

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

ANEXO 9
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


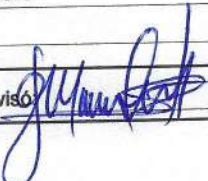
Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Procedencia del material: **S-5: M-4-5 ; S-6: M-6-7** Material de ensayo: **CH**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Fecha de ensayo: **06/01/2020**
Laboratorista: **Jason Rodríguez** Código de muestra: **ES1120191228-07**

GRAVEDAD ESPECIFICA

Matraz No.		M-1	M-2
Temperatura de ensayo (Te)	°C	26.4	26.0
Peso de matraz + suelo + agua a Te	g	695.92	701.21
Peso de matraz + agua a Te	g	666.17	671.42
No. de tara		3.0	14.0
Peso de tara	g	68.88	68.87
Peso de sólidos de suelo + tara	g	115.58	115.45
Peso de los sólidos del suelo	g	46.70	46.58
Gravedad específica a temperatura de ensayo Gt		2.76	2.77
Coefficiente de temperatura		0.99847	0.99858
Gravedad específica a temperatura de 20 °C Gs		2.75	2.77
Promedio Gravedad Especifica a temperatura de 20 °C Gs		2.76	

Observaciones :

Arcilla con Arena. Alta Compresibilidad
color café

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

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

ES1120191228-07.V1

66 DE 75

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 TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Procedencia del material: **S-4: M-3.4 ; S-5: M-1 ; S-6: M-4-5** Material de ensayo: **SM**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Fecha de ensayo: **06/01/2020**
Laboratorista: **Rene Aguilar** Código de muestra: **ES1120191228-07**



GRAVEDAD ESPECIFICA

Matraz No.		M-1	M-2
Temperatura de ensayo (Te)	°C	26.2	26.0
Peso de matraz + suelo + agua a Te	g	693.66	699.91
Peso de matraz + agua a Te	g	666.07	671.06
No. de tara		13.0	24.0
Peso de tara	g	68.83	69.13
Peso de sólidos de suelo + tara	g	113.42	115.73
Peso de los sólidos del suelo	g	44.59	46.60
Gravedad especifica a temperatura de ensayo Gt		2.62	2.63
Coefficiente de temperatura		0.99852	0.99858
Gravedad especifica a temperatura de 20 °C Gs		2.62	2.62
Promedio Gravedad Especifica a temperatura de 20 °C Gs		2.62	

Observaciones :

Arena Limosa

color café claro

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

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

ES1120191228-07.V1

67 DE 75

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


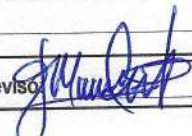
Proyecto: **U. C. S. F. BASICA TUTULTEPEQUE**
Ubicación: **Cantón Tutultepeque. Hda. Santa Teresa Tutultepeque, Municipio de Nejapa. San Salvador.**
Solicitante: **MINISTERIO DE SALUD**
Procedencia del material: **S-1R1: M-2 ; S-2: M-2-3 ; S-3R: M-2 ; S-6: M-2-3** Material de ensayo: **ML**
Fecha de recepción o muestreo: **28/12/2019** Fecha de ensayo: **06/01/2020**
Laboratorista: **Rene Aguilar** Código de muestra: **ES1120191228-07**

GRAVEDAD ESPECIFICA

Matraz No.		M-1	M-2
Temperatura de ensayo (Te)	°C	28.1	28.0
Peso de matraz + suelo + agua a Te	g	695.37	700.11
Peso de matraz + agua a Te	g	666.30	671.22
No. de tara		5.0	19.0
Peso de tara	g	186.00	166.08
Peso de sólidos de suelo + tara	g	233.29	213.02
Peso de los sólidos del suelo	g	47.29	46.94
Gravedad específica a temperatura de ensayo Gt		2.60	2.60
Coefficiente de temperatura		0.99800	0.99803
Gravedad específica a temperatura de 20 °C Gs		2.59	2.60
Promedio Gravedad Especifica a temperatura de 20 °C Gs		2.59	

Observaciones :

Limo Arenoso
color café

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

ES1120191228-07.V1

INGMAC S.A. DE C.V.
Control de Calidad - Construcción - Supervisión
Tel. 2523-4383
86 DE 75