

ACCESIBILIDAD:

CONTROLADA: ☐

NO CONTROLADA: ☐

No.	FECHA	Elaborado por: Nombre/ Firma	Revisado por: Nombre/ Firma	Aprobado por: Nombre/ Firma	Validado por: Nombre/ Firma	Descripción	Estado



PROYECTO SUB ESTACIÓN CHIANTLA



REPORTE TÉCNICO MECÁNICA DE SUELOS



ESCALA SIN	FORMATO Carta	CÓDIGO	HOJA 01	REV. 0
----------------------	-------------------------	--------	-------------------	------------------

ÍNDICE

1. OBJETO	4
2. ALCANCE	4
3. CONTENIDO	4
3.1 INTRODUCCIÓN	4
3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO	5
3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO	5
4. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR	7
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	8
5.1 ESTRATIGRAFÍA	9
6. NIVEL FREÁTICO	10
7. CAPACIDAD SOPORTE	11
8. ASENTAMIENTOS	13
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	15
10. Resultados de tablas de golpes	19
10.1 SONDEO 1	19
10.2 SONDEO 2	19
10.3 SONDEO 3	20
10.4 SONDEO 4	20
11. RESULTADOS DE LABORATORIO	21
Anexo 6 – Gráficas y tablas de capacidad soporte	22
PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-1	22
PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-2	24
PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-3	26
PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-4	28
11.1 RESULTADOS DE PCA 1	31
11.2 RESULTADOS DE PCA 2	31
11.3 UBICACIÓN	32
11.4 PERFILES	33
11.5 GRAFICA DE GOLPES	34
11.6 POZO A CIELO ABIERTO 1	38
11.7 POZO A CIELO ABIERTO 2	39
11.8 RESULTADOS DE CORTE DIRECTO 1	40

11.9	RESULTADOS DE CORTE DIRECTO 2	41
11.10	RESULTADOS DE CORTE DIRECTO 3	42
11.10.1	<i>Granulometría y Límites de Atterberg Estrato 1</i>	<i>43</i>
11.10.2	<i>Granulometría y Límites De Atterberg Estrato 2</i>	<i>45</i>
11.10.3	<i>Granulometría y Límites De Atterberg Estrato 3</i>	<i>47</i>
12.	FOTOGRAFÍAS	49

1. OBJETO

- Conocer los diferentes estratos de suelo con sus respectivas características geomecánicas.
- Conocer la capacidad soporte del suelo a diferentes profundidades del sondeo.
- Dar conclusiones y recomendaciones en base a los resultados de estudio de suelos.

2. ALCANCE

El alcance de este documento es mostrar las características físicas y mecánicas del suelo donde se cimentarán las estructuras de la subestación, partiendo de los resultados de laboratorio, de las muestras obtenidas en campo, del sondeo de penetración estándar (SPT) y pozos a cielo abierto.

3. CONTENIDO

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio trata del reconocimiento geotécnico del suelo donde se cimentará en el área la Subestación Chiantla en el departamento de Huehuetenango.

El cálculo de la capacidad soporte está fundamentada por los resultados obtenidos del comportamiento de la curva de penetración estándar, deducida del récord de conteo de golpes tomados en campo y las muestras ensayadas en laboratorio.

Para la construcción del cimiento de la subestación, el Ingeniero Estructural deberá decidir las dimensiones y forma de los mismos en función de la capacidad soporte que aquí se establece y sus recomendaciones.

3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Según lo requerido por el cliente y para obtener una mayor información del suelo se realizaron los siguientes ensayos:

1. Corte Directo
2. Granulometría
3. Límites de Atterberg
4. Humedades
5. Peso específico relativo de sólidos
6. Porcentaje de finos
7. Densidad

Los resultados de los ensayos se muestran en los anexos y en la descripción del perfil.

Sondeo de Penetración Estándar (SPT)	ASTM D 1586
Transporte de muestras de suelo	ASTM D 4220
Límites de Atterberg	ASTM D 4218
Gravedad Específica	ASTM D 854
Límite Líquido, Plástico y Plasticidad	ASTM D 4318
Corte Directo	ASTM 3080/79

Normas utilizadas para ensayos de suelos

3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO

El fundamento de la estimación de un espectro sísmico de diseño, se siguió la metodología recientemente validada para Guatemala de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sísmica y Estructural (AGIES). Conforme a la estratigrafía de velocidades sísmicas del sitio, y siguiendo la misma metodología AGIES este sitio está clasificado como uno tipo D.

Conforme a dicha metodología, se aplicaron los parámetros indicados en el cuadro, con los cuales fue estimado para el sitio tipo D.

Parámetro	Valores Sitio D
Índice de Sismicidad del Sitio (I_o)	4
Ordenada Espectral de período Corto (S_{CR})	1.30 g
Ordenada Espectral de período 1 s (S_{1R})	0.50 g
Coeficiente de Sitio para período de vibración corto (F_A)	1.0
Coeficiente de Sitio para período de 1 s (F_V)	1.5
Factor de escala (K_D)	0.66
Factor de proximidad de Falla para períodos cortos (N_a)**	1.00
Factor de proximidad de Falla para períodos largos (N_v)**	1.10
Aceleración máxima del suelo (AMSD)	0.40 g

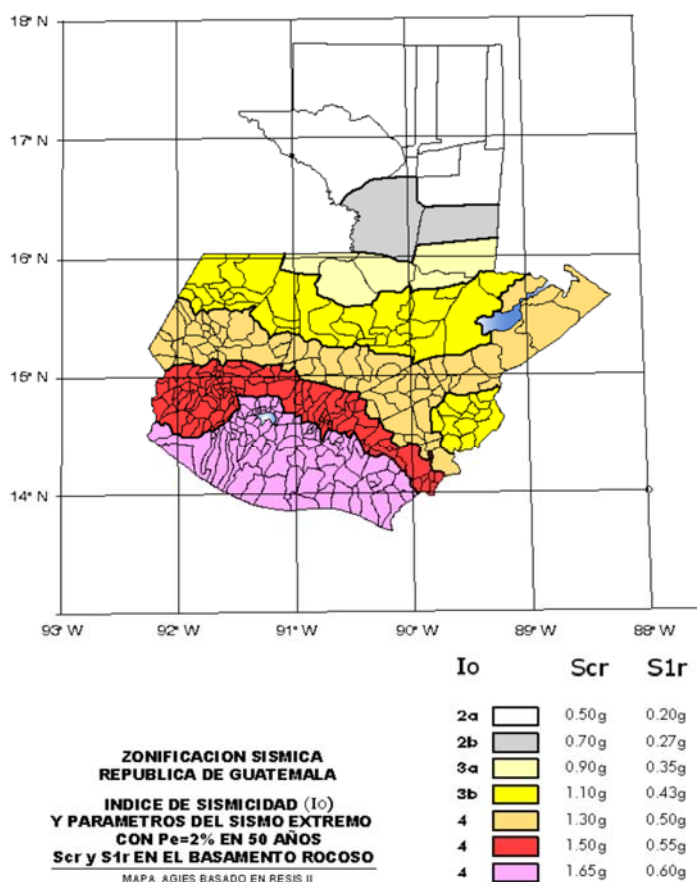


Figura 1. Mapa de zona de sismicidad de Guatemala, Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales y Sísmicos (AGIES, NSE 2-10)

4. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

El proyecto se encuentra ubicado entre Huehuetenango y Buenos Aires, pasando por la Aldea Chinaca, aproximadamente en el km 282, hay un desvío hacia el lado derecho, aproximadamente 600 metros de la carretera principal. La topografía es relativamente plana y cuenta en ambos lados con dos barrancos, uno de 35m de profundidad y el otro a 50 metros de profundidad.

En la siguiente figura satelital, se ubican los sondeos y los pozos con sus respectivas coordenadas.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
S1	N	15° 20' 56,77"	W	91° 25' 42,83"
S2	N	15° 20' 57,85"	W	91° 25' 40,51"
S3	N	15° 20' 58,49"	W	91° 25' 41,70"
S4	N	15° 20' 59,31"	W	91° 25' 38,34"
PCA-1	N	15° 20' 57,51"	W	91° 25' 41,82"
PCA-2	N	15° 21' 0,27"	W	91° 25' 39,11"

Tabla de coordenadas del sondeo.



Figura 2. Ubicación de trabajos en campo, fuente Google Earth 2018

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El sondeo dinámico se usa para medir la compacidad del suelo, en donde el mismo se opone a la penetración de una sonda estándar tipo SPT prueba de penetración estándar con un martillo de 140 libras y 30 pulgadas de caída, según las normas del A.S.T.M. 1586-64T (Standard Penetration Test).

El ensayo fue llevado también en forma continua, aumentando el número de golpes necesarios para la penetración de cada 6 pulgadas, con el objetivo de poder determinar con mayor exactitud el espesor y firmeza de cada uno de los estratos.

Para el diseño del programa de exploración, se tomaron en cuenta las necesidades del cliente, en el área se realizaron 4 sondeos de 9.60 metros de profundidad.



Figura 3. Ensayo S.P.T.

También se realizaron dos pozos a cielo abierto, el cual se utilizó para sacar el perfil estratigráfico del suelo, muestras alteradas para los ensayos de clasificación y muestras inalteradas para realizar pruebas de corte directo y de proctor modificado.



Figura 4. Pozo a Cielo Abierto (PCA)

5.1 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía geotécnica con base a los resultados de laboratorio, de las muestras obtenidas de los sondeos, dieron como resultados 3 estratos, clasificados de la siguiente manera:

Estrato 1

Material:	E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE	
Clasificación Unificada:	SM	
Densidad Seca:	1.79	g/cm ³
Humedad:	13.64	%
Gravedad Específica:	2.38	
Relación de vacíos:	0.33	
Peso específico de partícula:	2.38	g/cm ³
Peso específico del suelo:	2.04	g/cm ³
Límite Líquido:	NLL	
Índice de plasticidad:	NIP	
Cohesión:	1.61	kg/cm ²
Angulo de Fricción:	27°	

Estrato 2

Material:	E-2 ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO	
Clasificación Unificada:	SC	
Densidad Seca:	1.69	g/cm ³
Humedad:	22.44	%
Gravedad Específica:	2.73	
Relación de vacíos:	0.61	
Peso específico de partícula:	2.73	g/cm ³
Peso específico del suelo:	2.07	g/cm ³
Límite Líquido:	31.40	
Índice de plasticidad:	10.82	
Cohesión:	0.50	kg/cm ²
Angulo de Fricción:	36 °	

Estrato 3

Material:	E-3 ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	
Clasificación Unificada:	SM	
Densidad Seca:	1.79	g/cm ³
Humedad:	31.41	%
Gravedad Específica:	2.42	
Relación de vacíos:	0.35	
Peso específico de partícula	2.42	g/cm ³
Peso específico del suelo	2.05	g/cm ³
Límite Líquido:	48.00	
Índice de plasticidad:	11.77	
Cohesión:	1.74	kg/cm ²
Angulo de Fricción:	43°	

6. NIVEL FREÁTICO

Al realizar los sondeos se detectó presencia del nivel freático solo en el primer sondeo a los 7.80 metros de profundidad.

7. CAPACIDAD SOPORTE

Para conocer las propiedades geomecánicas del suelo donde se cimentará La Subestación, se realizó el ensayo de penetración dinámica, con éste se procedió a calcular la capacidad soporte del suelo admisible utilizando un factor de seguridad de 3, para poder cimentar de forma estable la estructura, la capacidad soporte del suelo se muestra en las gráficas de **“Presión admisible vrs Profundidad”** (ver anexo 6).

Se tomó el factor de seguridad 3 debido a la separación de los sondeos y al grado de importancia del proyecto.

Para el valor soporte de pilas, se tomará el valor de zapatas cuadradas de las gráficas del anexo 6 y se multiplicará por un factor de forma que corresponde a 0.90.

Para cimientos rectangulares con $L > 2B$ se utilizará el valor soporte de las zapatas cuadradas multiplicado por el factor de forma 0.88.

El cálculo de capacidad soporte para los suelos granulares está fundamentada por la fórmula propuesta por Bowles (1977) expresada de la siguiente manera:

$$q_{neta(adm)}(kN/m^2) = 19.16 (N_1)_{60} * F_d(S_e/25)$$

(para $B \leq 1.22m$)

$$q_{neta(adm)}(kN/m^2) = 11.98 (N_1)_{60} (3.28B + 1/3.28B)^2 * F_d(S_e/25)$$

(para $B \geq 1.22m$)

Donde:

B = ancho de la cimentación o B equivalente (dependiendo del diámetro)

$(N_1)_{60}$ = Número de golpes corregido

F_d = Factor de profundidad

S_e = Asentamiento totales máximos en milímetros.

$F_d = 1 + 0.33 (D_f/B) < 1.33$

D_f = Profundidad de cimentación.

N_{60} = golpes del SPT corregido

$$N_{60} = \frac{N n_H n_B n_S n_R}{60}$$

Donde:

- N_{60} = Número de penetración estándar corregido por condiciones de campo.
 n_H = Eficiencia del Martillo (60 %)
 n_B = Corrección por diámetro de la profundidad (1.05)
 n_S = Corrección por el muestreador (1)
 n_R = Corrección por la longitud de la barra perforadora (tabla de n_R).

Longitud de la barra	
m	n_R
>10	1
6--10	0.95
4--6	0.85
0--4	0.75

Tabla de valor de profundidad n_R .

Con la relación de Skempton para el cálculo de los suelos cohesivos

$$q_u(t/m^2) = 1.5 N_{60} \text{ y } C_u(t/m^2) = q_u/2$$

N_{60} = golpes del SPT corregido

Con estos datos se procede a utilizar el análisis del equilibrio, con la formula de Terzaghi se expresa la capacidad última de la siguiente manera:

$$q_{ult} = c * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} \gamma B * N_\gamma$$

$$q_{(adm)} = q_{ult} / F_s$$

Donde:

C_u = Resistencia al corte no drenado

$$N_c = -0.1725(D_f/B)^2 + 1.4(D_f/B) + 6.2453$$

D_f = la profundidad del cimiento

B = El ancho del cimiento.

γ = peso específico del suelo

N_q , N_γ = Factores de capacidad de carga que son en función del ángulo de fricción

8. ASENTAMIENTOS

Si se utiliza la capacidad soporte proporcionada en este informe no se esperan tener asentamientos totales mayores a 2.54 centímetros para zapatas y pilas de cimentación. Los asentamientos reales serán los que el diseño determine después de realizar el análisis de las cimentaciones con sus respectivas dimensiones y cargas.

Los asentamientos para suelos granulares se calcularán con las siguientes fórmulas:

$$S_e = \left(\frac{q_{utilizada}}{11.98(N_1)_{60}} \right) * \frac{25}{F_d}$$

(para $B \leq 1.22m$)

$$S_e = \left(\frac{q_{utilizada}}{11.98(N_1)_{60} * \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2} \right) * \frac{25}{F_d}$$

(para $B \geq 1.22m$)

Donde:

S_e = Asentamiento tolerable en milímetros.

$q_{utilizada}$ (kN/m²) (para $B \geq 1.22m$)

B = ancho de la cimentación o B equivalente (dependiendo del diámetro)

$(N_1)_{60}$ = Número de golpes corregido

F_d = Factor de profundidad

$F_d = 1 + 0.33 (D_f/B) < 1.33$

Los asentamientos para los suelos cohesivos se calcularán con la siguiente formula (Bowles, 1987):

$$S_e = q_o \left(4 * \frac{B}{2} \right) \frac{1 - 0.5^2}{E_s} * I_s I_f$$

Donde:

S_e = Asentamiento tolerable en milímetros.

q_o (kN/m²) = presión neta aplicada sobre la cimentación

$B/2$ = ancho de la cimentación al centro de esta.

E_s = módulo de elasticidad promedio bajo el suelo de la cimentación.

$$E_s \left(\frac{kN}{m^2} \right) = 400 * cohesion \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

I_s = Factor de forma

$$I_s = \frac{1}{\pi} (A_0 + A_1)$$

$$A_0 = m' \ln \frac{(1 + \sqrt{m'^2 + 1}) \sqrt{m'^2 + n'^2}}{m' (1 + \sqrt{m'^2 + n'^2 + 1})}$$

$$m' = \frac{L}{B}$$

L = lado largo de la cimentación

B = Ancho de la cimentación.

En caso de circular $m' = 1$

$$n' = \frac{H}{\left(\frac{B}{2} \right)}$$

H = al final de estrato arcilloso o fin del sondeo.

$$A_1 = \ln \left(\frac{(m' + \sqrt{m'^2 + 1}) \sqrt{m'^2 + n'^2}}{m' + \sqrt{m'^2 + n'^2 + 1}} \right)$$

I_f = factor de profundidad, se muestra en la traba de a continuación:

Factor de profundidad de Fox^a

D_f/B	L/B						
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	5.0
0.05	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999
0.10	0.988	0.990	0.991	0.992	0.993	0.993	0.996
0.20	0.960	0.966	0.969	0.972	0.974	0.976	0.985
0.40	0.886	0.899	0.908	0.916	0.922	0.926	0.953
0.60	0.818	0.834	0.847	0.857	0.866	0.873	0.917
0.80	0.764	0.781	0.795	0.807	0.817	0.826	0.883
1.00	0.723	0.740	0.754	0.766	0.777	0.786	0.852
2.00	0.622	0.633	0.643	0.653	0.662	0.670	0.747

^aFox (1948), según Bowles (1987)

Tabla del factor de profundidad

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

- El factor de seguridad es $F.S.=3$, que se utilizó para el cálculo de la capacidad soporte.
- En los 4 sondeos se vio una densidad de media a media alta, en general es de buenas características, pose una su mayoría arenas de finas a medias.
- Se recomienda cimentar con pilas o zapatas, a una profundidad mínima de 0.80, quedando a criterio del diseñador estructural la profundidad de desplante.
- Se recomienda remover la capa orgánica, la cual tiene un espesor promedio de 0.60 metros, solo en las cercanías al del sondeo 2 el espesor es de 1.20 metros.
- Si se encuentra un suelo no adecuado durante el proceso de construcción, como turbas en la cota mínima de cimentación, se deberá profundizar hasta llegar a un suelo sin presencia de materia orgánica.

- El material encontrado (estrato 1 y 3) si se puede utilizar para llenos, siempre y cuando se realice modificaciones a las condiciones del suelo.
- Si se realizan cortes en el terreno, se recomienda que tengan una relación de 1:1.5, siendo 1 la horizontal y 1.5 la vertical, con una altura máxima de 4.5 metros (ver análisis de estabilidad en los anexos).
- Para utilizar la capacidad soporte del cimiento se tomará la del sondeo más cercano al punto a evaluar y ésta es la que se utilizará.
- El grado de dificultad en la excavación es medio, ya que la excavación se podrá realizar sin ningún tipo de maquinaria especializada.
- Se recomienda colocar como mínimo por debajo de la cimentación una capa de concreto pobre de 5 centímetros de espesor.
- Se recomienda que el recubrimiento mínimo de concreto sea de 7.5 cm. para las varillas externas del cimiento, según requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08).
- Si en un momento de la construcción se encuentra una situación que no se ha mencionado en este estudio, como estratos de materiales que no hayan aparecido en el muestreo o nivel freático, se recomienda ponerse en contacto con el suscrito para hacer una visita y tomar las medidas al respecto. Con base en los hallazgos se realizará el análisis respectivo y si es necesario se efectuarán los sondeos adicionales a fin de obtener las nuevas características del terreno.

Atentamente,

MsC. Ing. Erick José Rodas Aldana
Colegiado 6,766

ANEXOS

10. Resultados de tablas de golpes

10.1 SONDEO 1

TABLA DE PERFORACIONES
Sub Estacion Chiantla

PROYECTO: Sub Estacion Chiantla FECHA: 16/05/2018 PERFORACIÓN: S-1

LUGAR: Finca Alfalfa Chiantla, Huehuetenango PESO MARTILLO: 140 Lb.

LONGITUD DE TRABAJO	PROFUNDIDAD		GOLPES A CADA 0.15m					EXAMEN VISUAL	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL	1	2	3	4	N		
0.60	0	0.60	5	10	14	50	24	ORGANICO	
0.60	0.60	1.20	30	20	18	16	38	E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE	
0.60	1.20	1.80	35	40	27	24	67		
0.60	1.80	2.40	15	15	13	11	28		
0.60	2.40	3.00	13	19	20	18	39		
0.60	3.00	3.60	12	11	12	10	23		
0.60	3.60	4.20	13	12	12	10	24		
0.60	4.20	4.80	5	5	6	9	11	E-2 ARCILLA ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO	
0.60	4.80	5.40	7	7	12	12	19		
0.60	5.40	6.00	1	10	11	11	21		
0.60	6.00	6.60	10	10	10	10	20		
0.60	6.60	7.20	9	9	9	9	18		
0.60	7.20	7.80	10	9	10	11	19		
0.60	7.80	8.40	7	7	10	12	17		
0.60	8.40	9.00	15	14	14	17	28		
1.60	9.00	9.60	10	9	9	14	18		
									NIVEL FREATICO

10.2 SONDEO 2

TABLA DE PERFORACIONES
Sub Estacion Chiantla

PROYECTO: Sub Estacion Chiantla FECHA: 17/05/2018 PERFORACIÓN: S-2

LUGAR: Finca Alfalfa Chiantla, Huehuetenango PESO MARTILLO: 140 Lb.

LONGITUD DE TRABAJO	PROFUNDIDAD		GOLPES A CADA 0.15m					EXAMEN VISUAL	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL	1	2	3	4	N		
0.60	0	0.60	1	2	4	4	6	ORGANICO	
0.60	0.60	1.20	11	10	15	27	25	E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE	
0.60	1.20	1.80	17	27	20	17	47		
0.60	1.80	2.40	37	21	21	13	42		
0.60	2.40	3.00	8	9	10	12	19	E-2 ARCILLA ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO	
0.60	3.00	3.60	20	14	13	15	27		
0.60	3.60	4.20	10	9	9	11	18		
0.60	4.20	4.80	12	11	12	15	23		
0.60	4.80	5.40	6	7	7	11	14		
0.60	5.40	6.00	10	13	17	15	30		
0.60	6.00	6.60	9	13	8	7	21		
0.60	6.60	7.20	6	6	6	6	12		
0.60	7.20	7.80	6	6	11	11	17		
0.60	7.80	8.40	12	12	14	14	26		
0.60	8.40	9.00	11	19	12	12	31		
0.60	9.00	9.60	10	11	17	17	28		

10.3 SONDEO 3

TABLA DE PERFORACIONES
Sub Estacion Chiantla

PROYECTO: Sub Estacion Chiantla FECHA: 16/05/2018 PERFORACIÓN: S-3
 LUGAR: Finca Alfalfa Chiantla, Huehuetenango PESO MARTILLO: 140 Lb.

LONGITUD DE TRABAJO	PROFUNDIDAD		GOLPES A CADA 0.15m					EXAMEN VISUAL	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL	1	2	3	4	N		
0.60	0	0.60	3	5	16	23	21	ORGANICO	
0.60	0.60	1.20	11	29	23	29	52	E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE	
0.60	1.20	1.80	29	26	20	18	46		
0.60	1.80	2.40	13	11	14	15	25		
0.60	2.40	3.00	17	21	22	19	43		
0.60	3.00	3.60	13	10	8	8	18		
0.60	3.60	4.20	10	10	13	17	23		
0.60	4.20	4.80	12	18	15	19	33	E-2 ARCILLA ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO	
0.60	4.80	5.40	16	10	10	8	20		
0.60	5.40	6.00	5	5	6	5	11		
0.60	6.00	6.60	9	9	9	10	18		
0.60	6.60	7.20	7	8	7	9	15		
0.60	7.20	7.80	9	10	10	10	20		
0.60	7.80	8.40	6	10	12	11	22		
0.60	8.40	9.00	13	17	13	15	30		
0.60	9.00	9.60	12	13	15	14	28		

10.4 SONDEO 4

TABLA DE PERFORACIONES
Sub Estacion Chiantla

PROYECTO: Sub Estacion Chiantla FECHA: 17/05/2018 PERFORACIÓN: S-4
 LUGAR: Finca Alfalfa Chiantla, Huehuetenango PESO MARTILLO: 140 Lb.

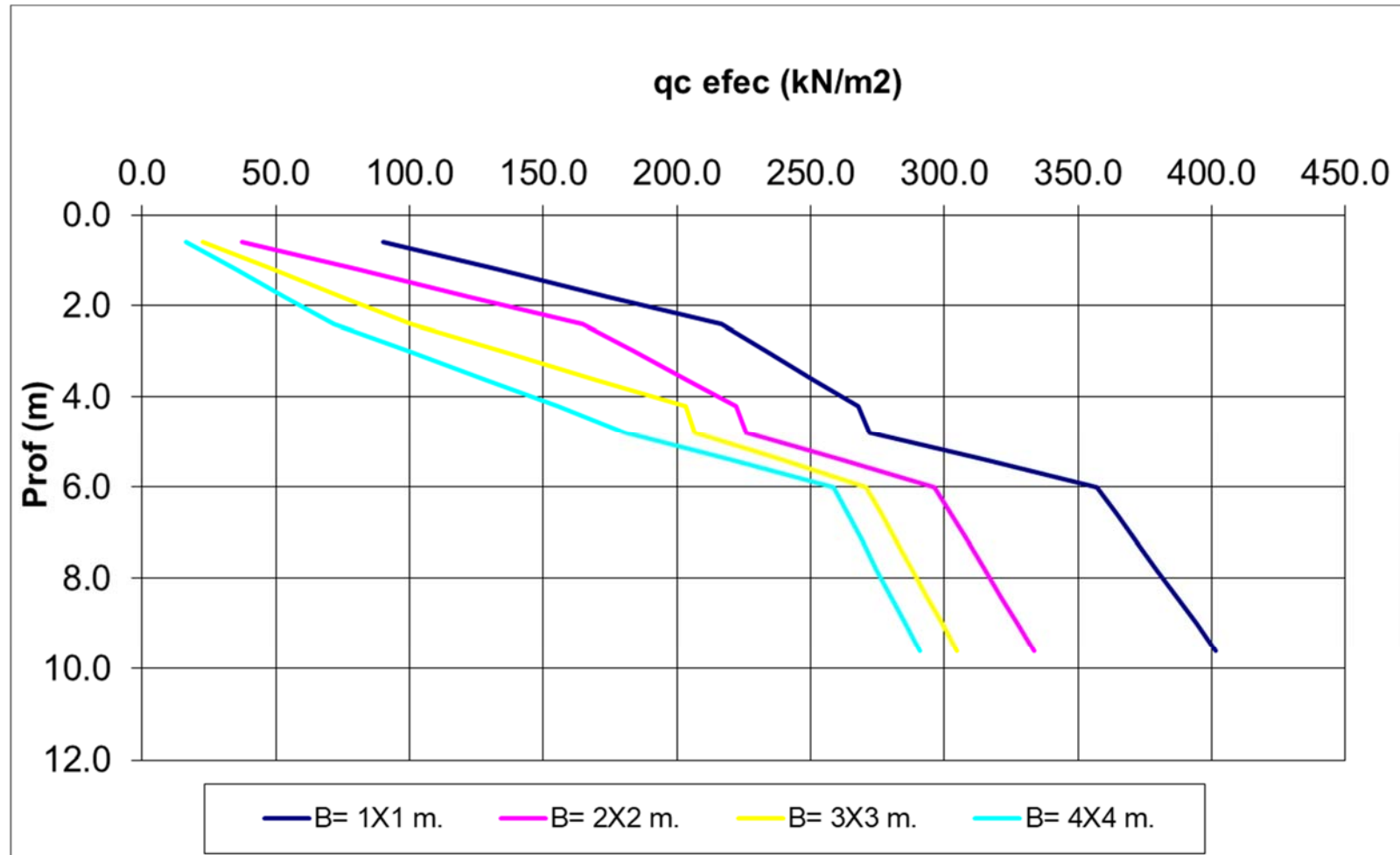
LONGITUD DE TRABAJO	PROFUNDIDAD		GOLPES A CADA 0.15m					EXAMEN VISUAL	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL	1	2	3	4	N		
0.60	0	0.60	2	2	4	11	6	E-2 ARCILLA ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO	
0.60	0.60	1.20	22	45	53	62	98		
0.60	1.20	1.80	20	18	24	19	42		
0.60	1.80	2.40	26	26	23	24	49		
0.60	2.40	3.00	10	9	11	10	20		
0.60	3.00	3.60	10	9	10	13	19		
0.60	3.60	4.20	10	10	12	7	22		
0.60	4.20	4.80	10	12	18	22	30		
0.60	4.80	5.40	10	18	19	19	37		
0.60	5.40	6.00	15	16	13	13	29		
0.60	6.00	6.60	11	12	10	14	22		
0.60	6.60	7.20	24	28	24	22	52		
0.60	7.20	7.80	18	14	20	28	34		
0.60	7.80	8.40	15	30	35	29	65		
0.60	8.40	9.00	15	13	15	11	28		
0.60	9.00	9.60	10	10	9	10	19		

11. RESULTADOS DE LABORATORIO

Muestra	Profundidad de muestra (m)	Limites de Atterberg			% pasa T. 200	Clasificación	Humedad %	Gravedad Específica	Densidad seca g/cm³	Índice de poros	Módulo de reacción [g/cm3]
		LL	LP	IP							
Estrato 1											
E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE	3.00	NLL	NLP	NIP	38.18	SM	13.64	2.38	1.79	0.33	7.3
Estrato 2											
E-2 ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO	6.00	31.40	20.58	10.82	42.90	SC	22.44	2.73	1.69	0.61	4.63
Estrato 3											
E-3 ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	7.20	48.00	36.23	11.77	28.92	SM	31.41	2.42	1.79	0.35	7.3
SM = Arenas con presencia de limo											
SC = Arenas con presencia de arcillas											
SM = Arenas con presencia de limo											

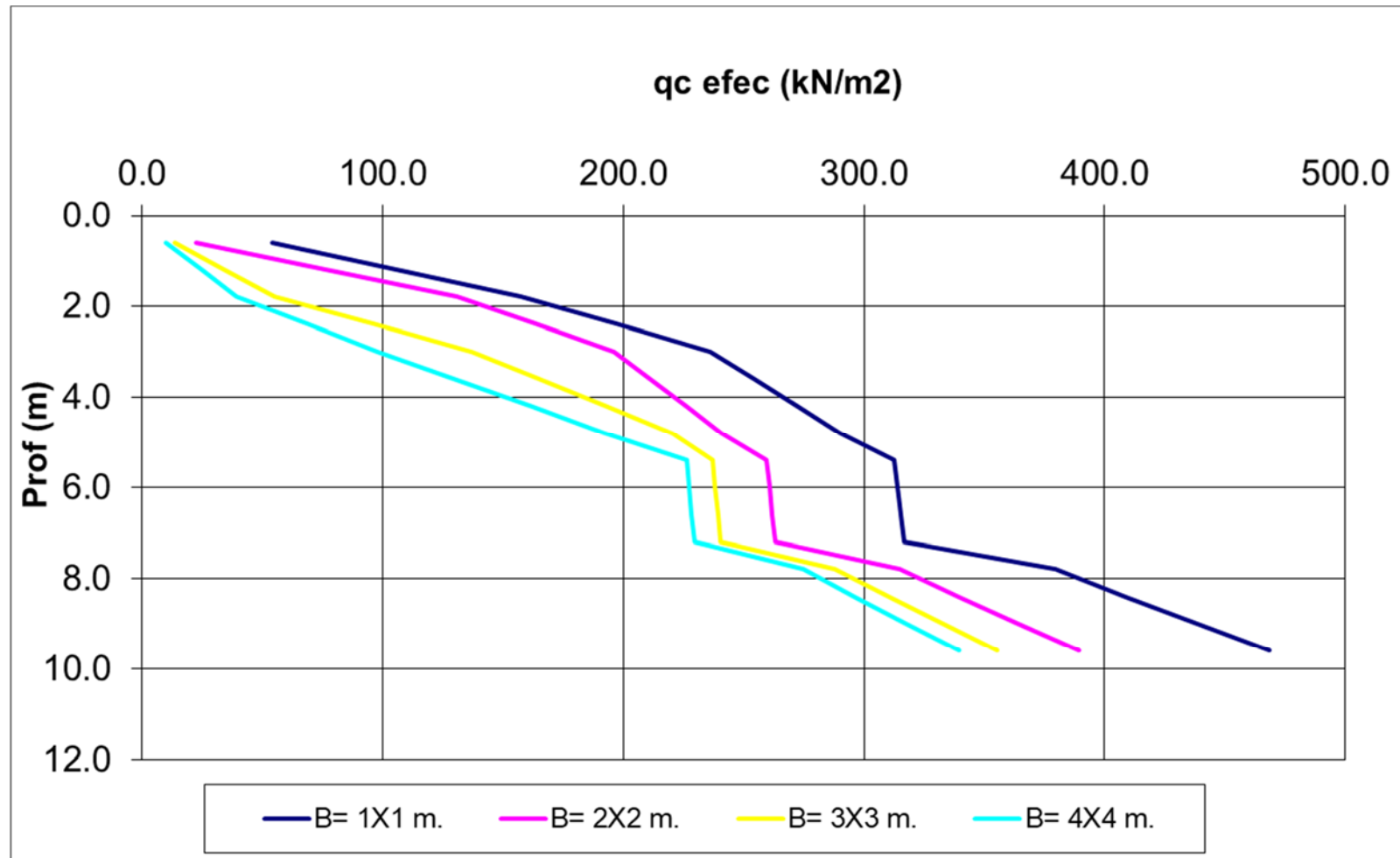
Anexo 6 – Gráficas y tablas de capacidad soporte

PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-1



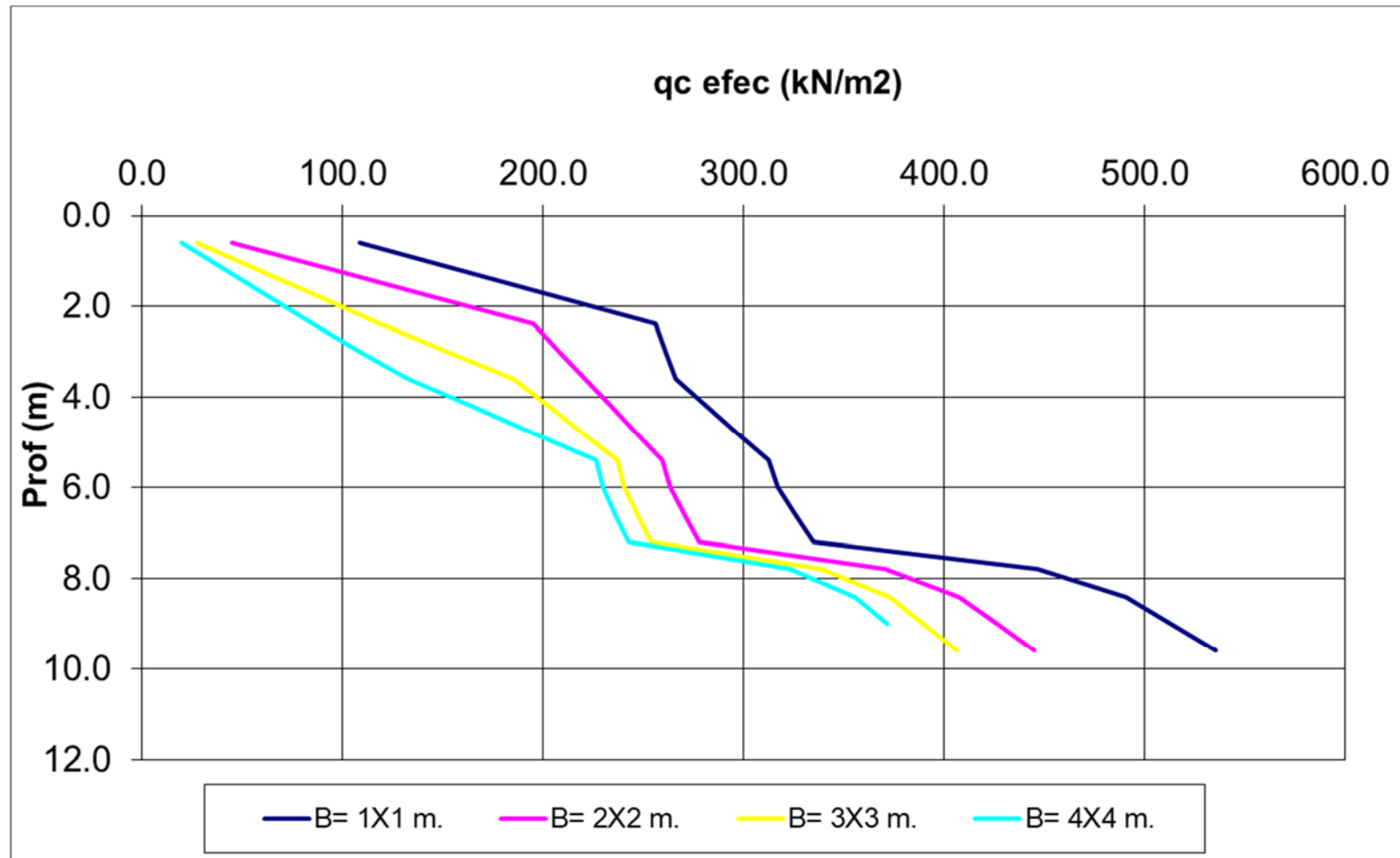
Prof. Metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de un metro	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de dos metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de tres metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de cuatro metros
0.6	90.23	37.47	22.82	16.34
1.2	132.34	79.93	48.69	34.85
1.8	174.44	122.39	74.55	53.37
2.4	216.55	164.85	100.42	71.88
3	233.61	184.01	134.67	99.76
3.6	250.67	203.17	168.91	127.64
4.2	267.74	222.33	203.16	155.52
4.8	272.20	226.04	206.54	180.71
5.4	314.59	261.24	238.71	219.62
6	356.98	296.44	270.88	258.53
6.6	364.42	302.62	276.52	263.91
7.2	371.85	308.80	282.16	269.30
7.8	379.29	314.97	287.81	274.69
8.4	386.73	321.15	293.45	280.07
9	394.17	327.32	299.09	285.46
9.6	401.60	333.50	304.74	290.84

PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-2



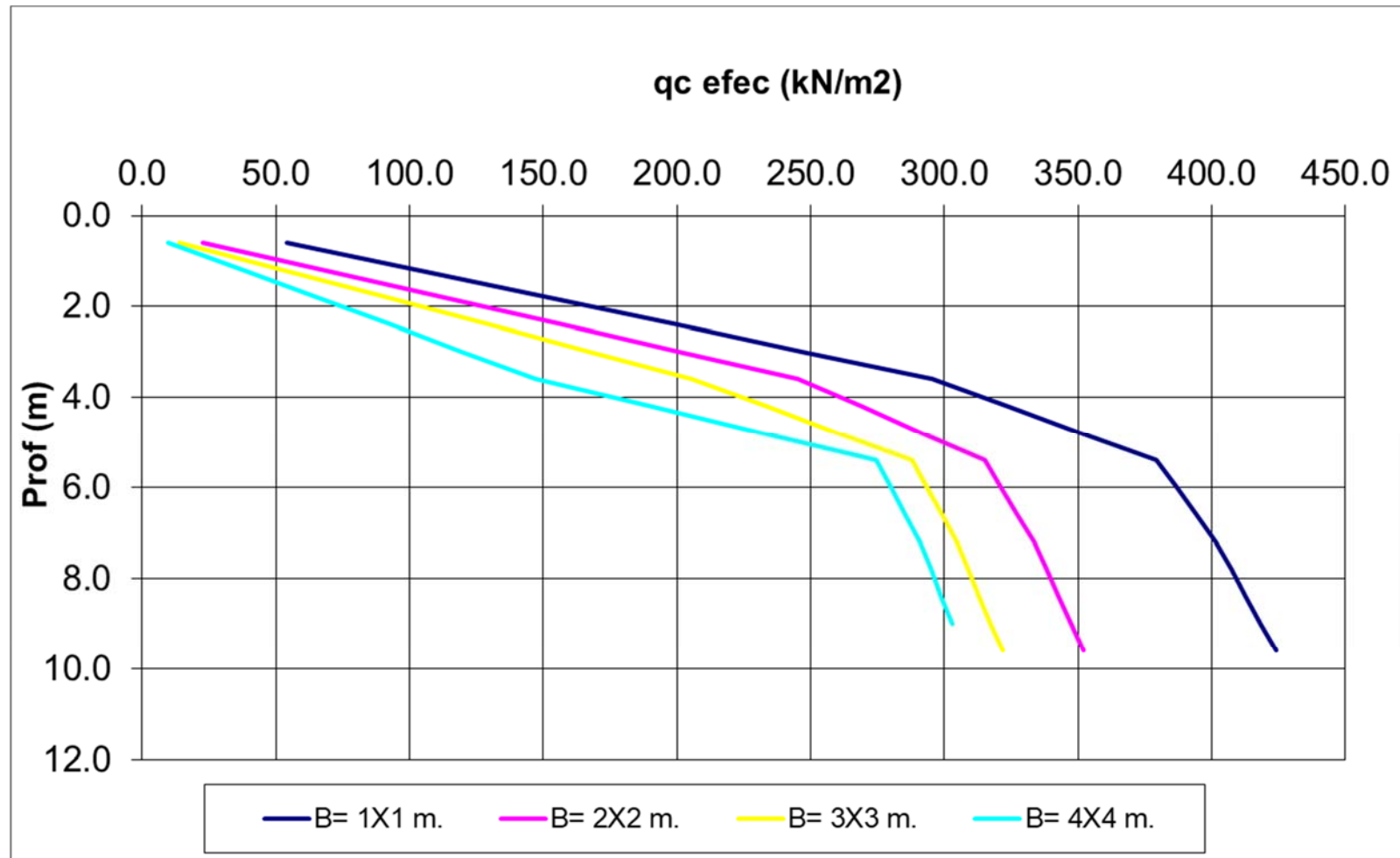
Prof. Metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de un metro	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de dos metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de tres metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de cuatro metros
0.6	54.14	22.48	13.69	9.80
1.2	105.82	76.63	34.23	24.50
1.8	157.49	130.78	54.77	39.21
2.4	196.86	163.48	95.86	68.61
3	236.24	196.18	136.94	98.02
3.6	254.17	211.07	164.65	129.53
4.2	272.11	225.97	192.37	161.04
4.8	290.05	240.86	220.09	192.55
5.4	312.36	259.39	237.02	226.21
6	313.85	260.62	238.15	227.29
6.6	315.33	261.86	239.28	228.37
7.2	316.82	263.09	240.40	229.44
7.8	379.29	314.97	287.81	274.69
8.4	409.04	339.67	310.38	296.23
9	438.79	364.38	332.95	317.77
9.6	468.54	389.08	355.53	339.32

PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-3



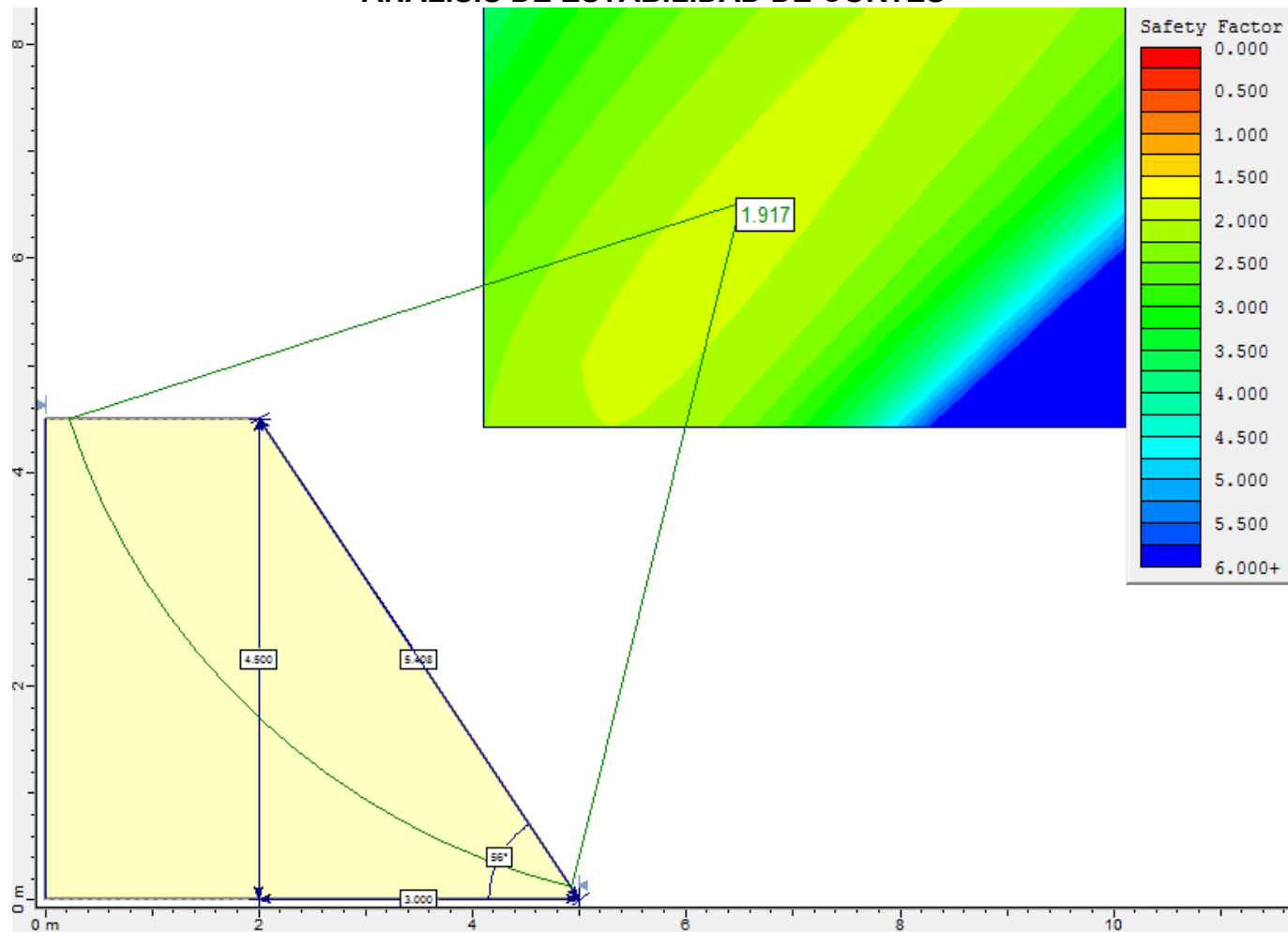
Prof. Metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de un metro	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de dos metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de tres metros	Q _c efec kN/m ² B= Ancho de cuatro metros
0.6	108.28	44.96	27.39	19.60
1.2	157.49	94.91	57.82	41.39
1.8	206.71	144.87	88.25	63.17
2.4	255.92	194.82	118.68	84.95
3	260.85	207.76	151.77	108.64
3.6	265.77	220.70	184.86	132.33
4.2	281.30	233.59	202.25	163.62
4.8	296.83	246.49	219.63	194.92
5.4	312.36	259.39	237.02	226.21
6	316.82	263.09	240.40	229.44
6.6	325.74	270.50	247.18	235.91
7.2	334.67	277.92	253.95	242.37
7.8	446.23	370.55	338.60	323.16
8.4	490.85	407.61	372.46	355.48
9	513.16	426.14	389.39	371.63
9.6	535.47	444.66	406.32	387.79

PRESIÓN ADMISIBLE VRS PROFUNDIDAD S-4



Prof. Metros	q _c efec kN/m ² B= Ancho de un metro	q _c efec kN/m ² B= Ancho de dos metros	q _c efec kN/m ² B= Ancho de tres metros	q _c efec kN/m ² B= Ancho de cuatro metros
0.6	54.14	22.48	13.69	9.80
1.2	102.37	67.03	52.04	37.25
1.8	150.60	111.58	90.38	64.69
2.4	198.83	156.12	128.72	92.14
3	247.06	200.67	167.06	119.58
3.6	295.30	245.22	205.40	147.03
4.2	323.29	268.47	232.87	189.58
4.8	351.29	291.72	260.34	232.13
5.4	379.29	314.97	287.81	274.69
6	386.73	321.15	293.45	280.07
6.6	394.17	327.32	299.09	285.46
7.2	401.60	333.50	304.74	290.84
7.8	407.18	338.13	308.97	294.88
8.4	412.76	342.76	313.20	298.92
9	418.34	347.39	317.44	302.96
9.6	423.91	352.03	321.67	307.00

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE CORTES



11.1 RESULTADOS DE PCA 1

TABLA DE PERFORACIONES
Sub Estacion Chiantla

PROYECTO: Sub Estacion Chiantla FECHA: 18/05/2018

LUGAR: Finca Alfalfa Chiantla Huehuetenango PCA-1

COTA INICIAL:

ESTRATO	PROFUNDIDAD		EXAMEN VISUAL	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL		
	0.00	0.35	ORGANICO	
	0.35	3.90	E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE	
	3.90	5.00	E-2 ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO	

11.2 RESULTADOS DE PCA 2

TABLA DE PERFORACIONES
Sub Estacion Chiantla

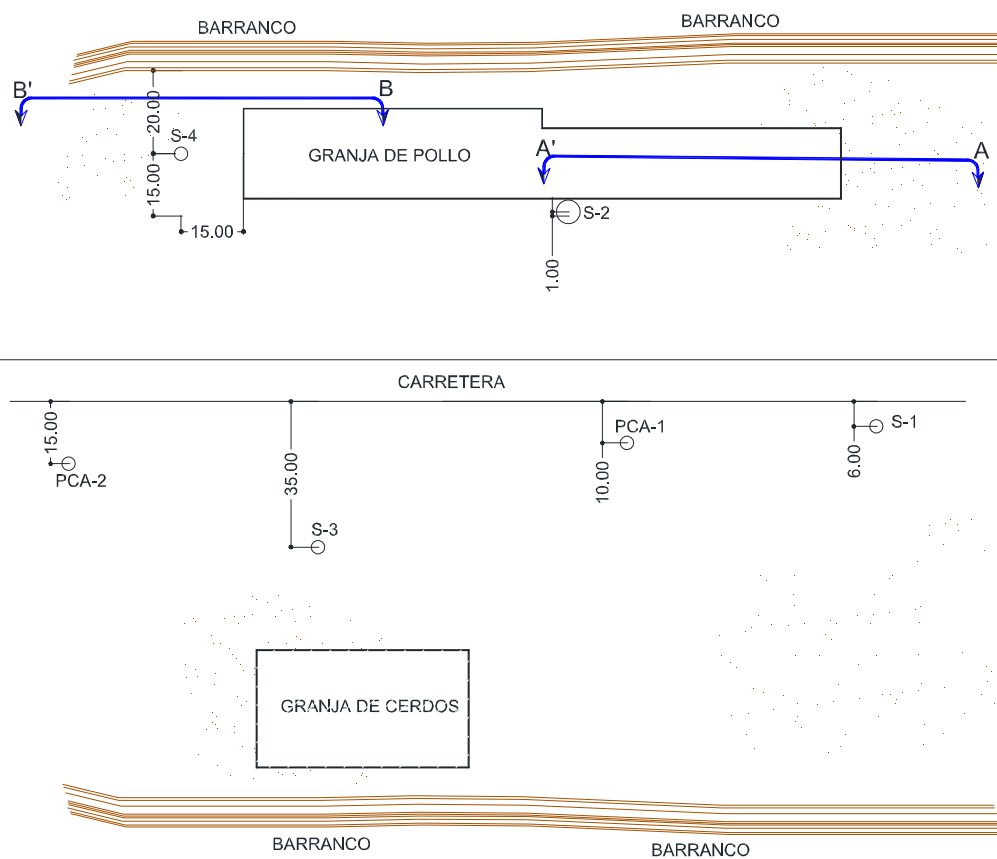
PROYECTO: Sub Estacion Chiantla FECHA: 18/05/2018

LUGAR: Finca Alfalfa Chiantla Huehuetenango PCA-2

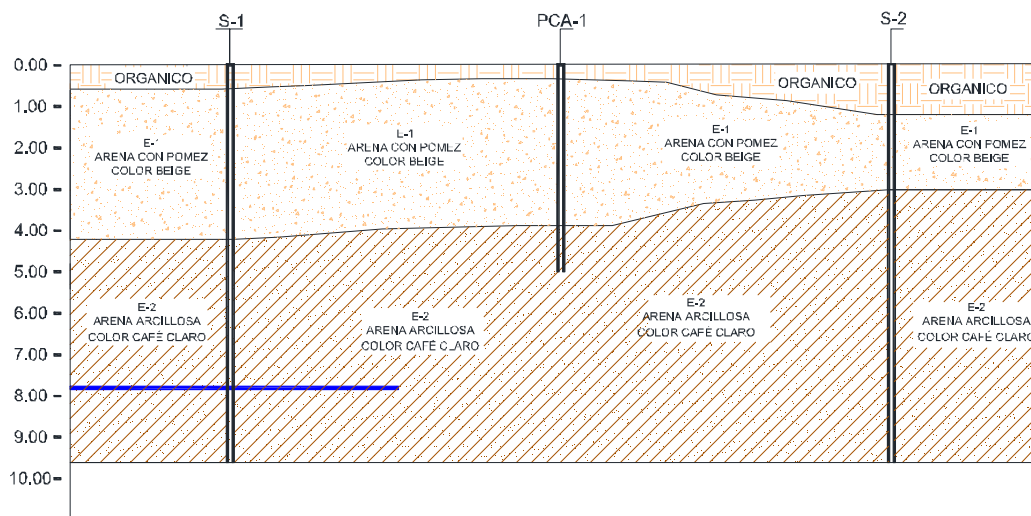
COTA INICIAL:

ESTRATO	PROFUNDIDAD		EXAMEN VISUAL	OBSERVACIONES
	INICIO	FINAL		
	0.00	0.25	ORGANICO	
	0.25	1.10	E-3 ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	
	1.10	5.00	E-2 ARCILLA ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO	

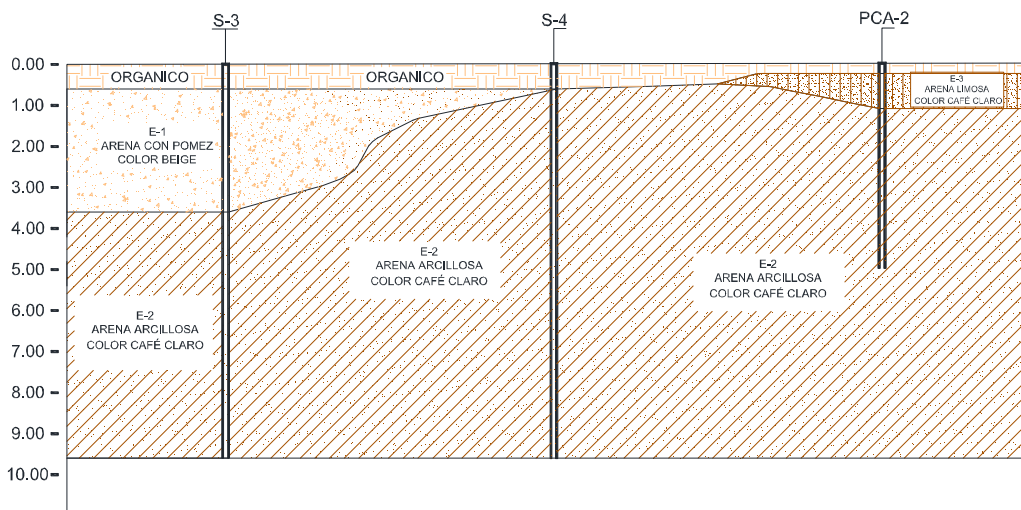
11.3 UBICACIÓN



11.4 PERFILES



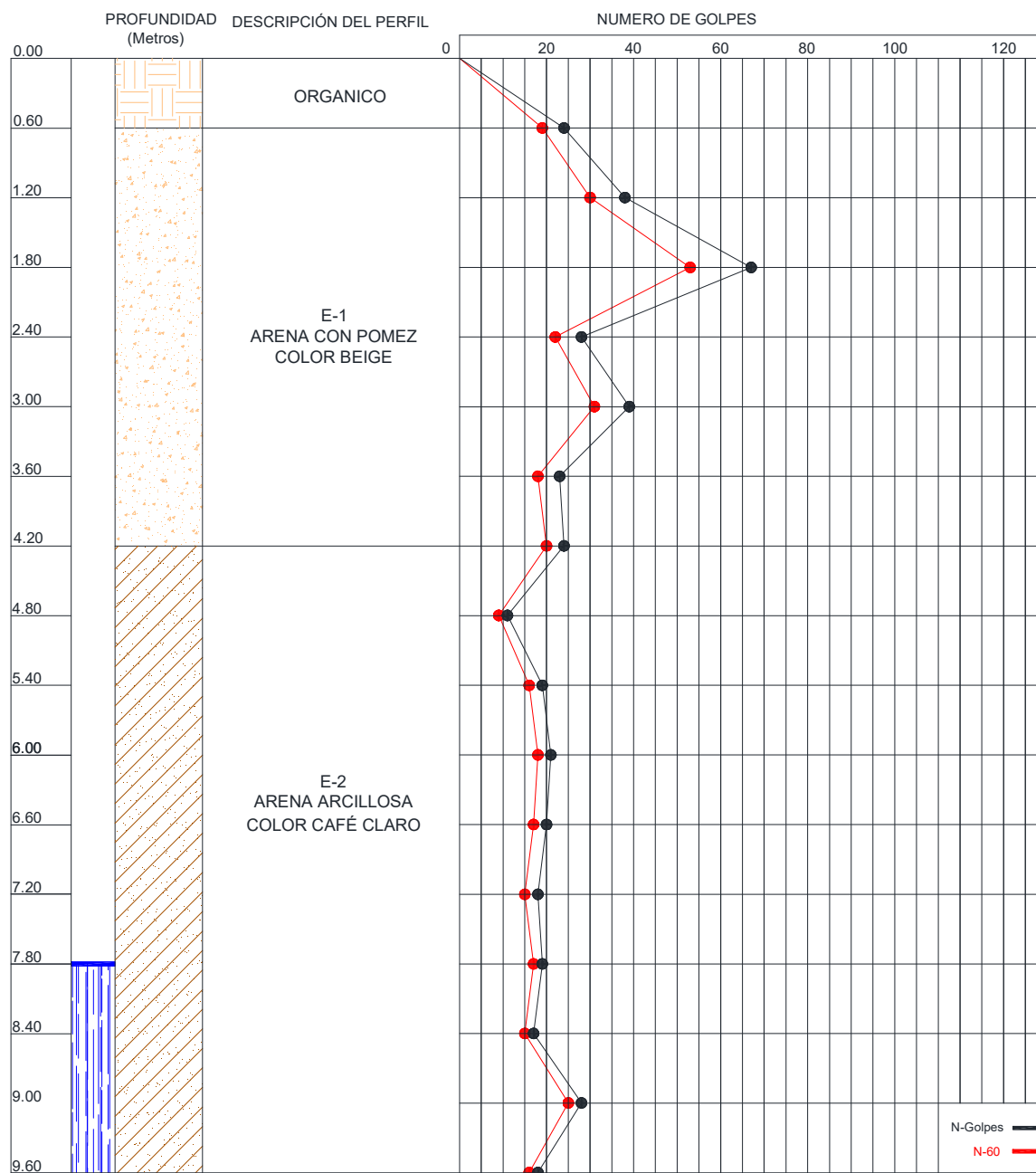
PERFIL A-A'



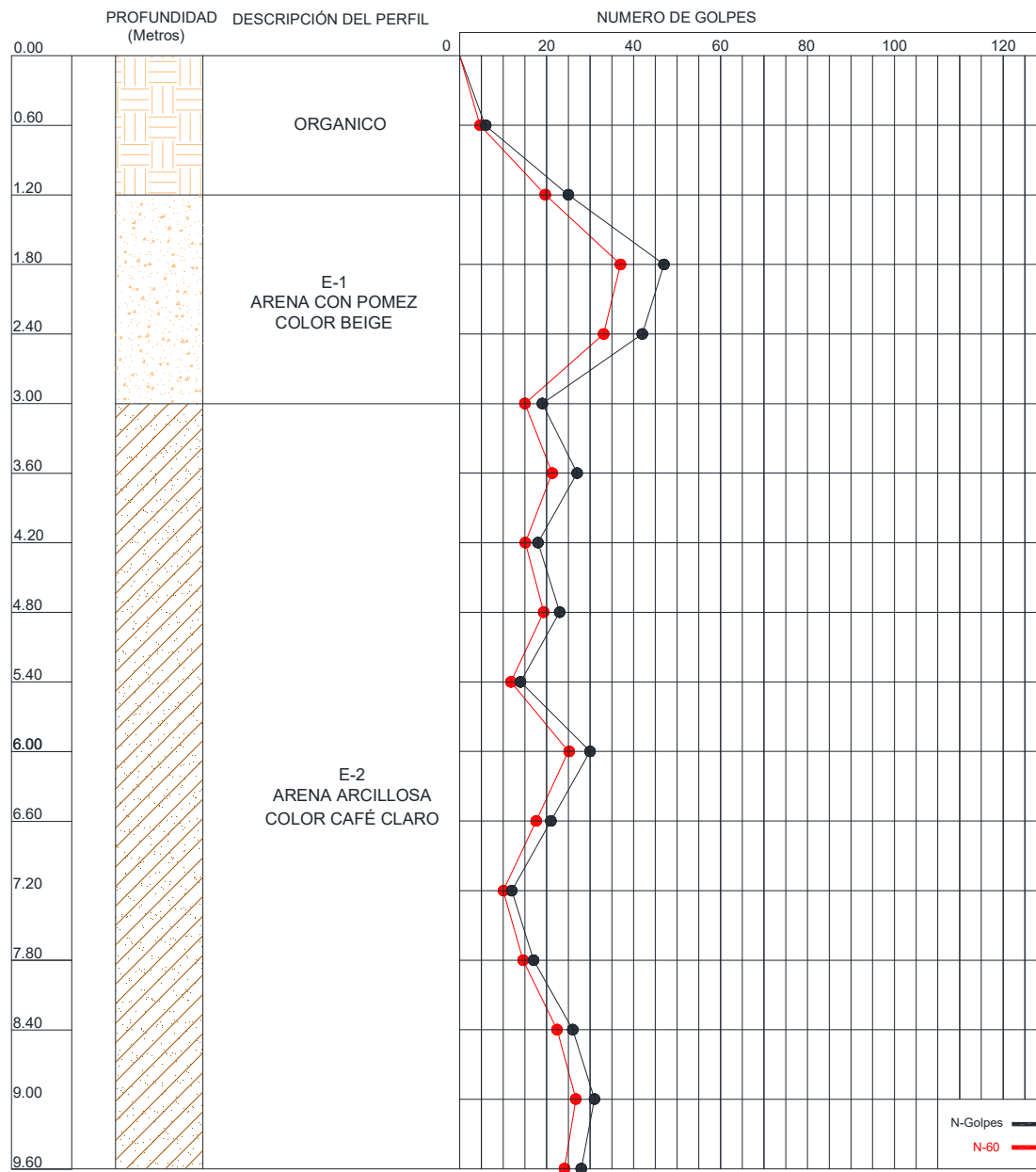
PERFIL B-B'

11.5 GRAFICA DE GOLPES

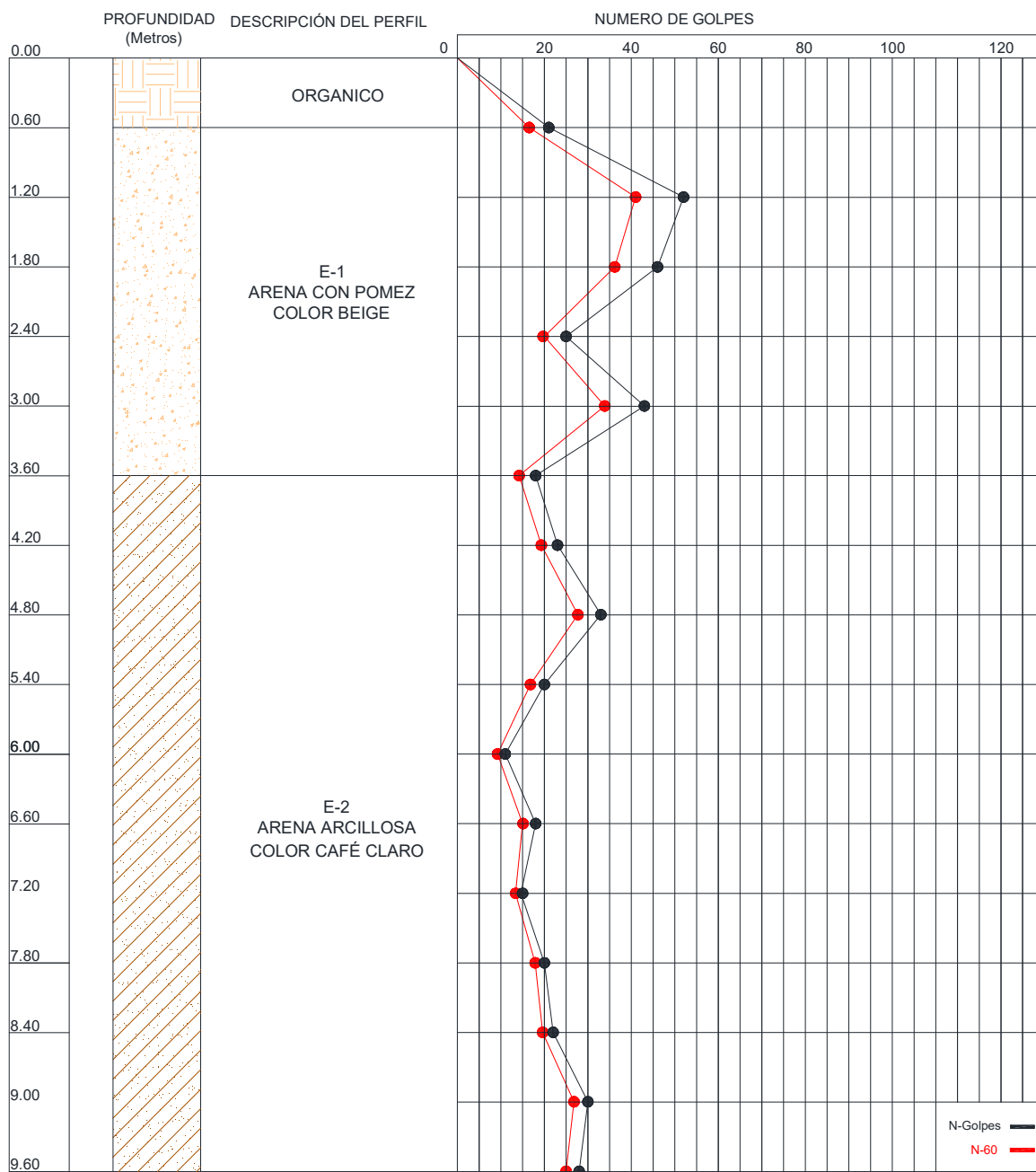
SONDEO DINÁMICO
S-1



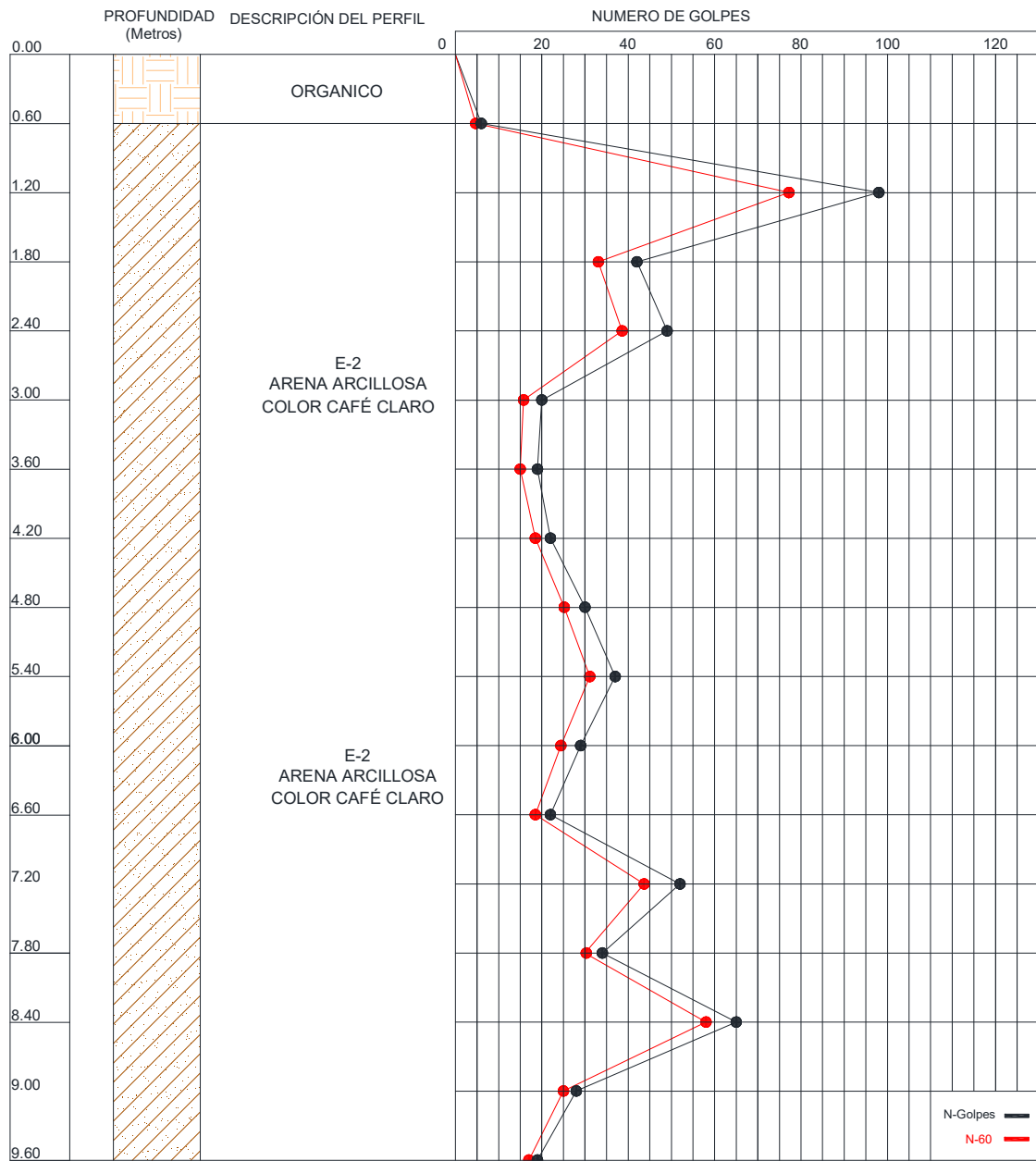
SONDEO DINÁMICO
S-2





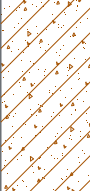
SONDEO DINAMICO
S-3



SONDEO DINÁMICO
S-4



11.6 POZO A CIELO ABIERTO 1

PROFUNDIDAD (Mts.)		DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	
0.00			
0.35			ORGANICO
3.90			E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE
5.00			E-2 ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO

PCA-1

11.7 POZO A CIELO ABIERTO 2

PROFUNDIDAD (Mts.)	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL
0.00	
0.25	ORGANICO
1.10	E-3 ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO
5.00	E-2 ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO

PCA-2

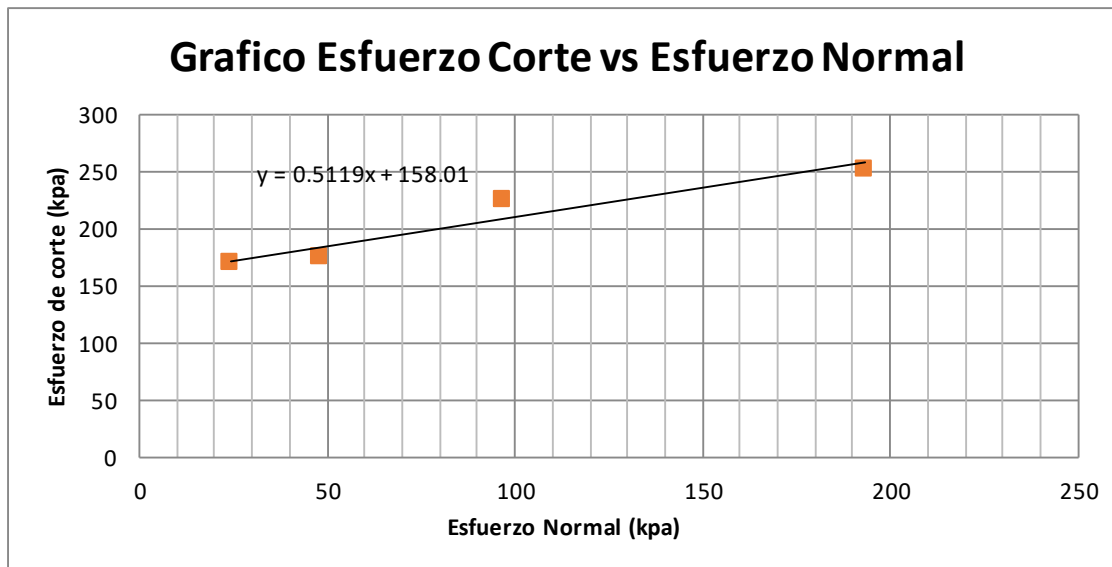
11.8 RESULTADOS DE CORTE DIRECTO 1

CORTE DIRECTO

PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Material: E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE
NORMA ASTM 3080/79

Fecha: 21/05/2018
Prof.: 2.50 m



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : ϕ 27 ° COHESIÓN: C_u = 158.01 kPa

DESCRIPCION DEL SUELO:		E-1 ARENA CON POMEZ COLOR BEIGE		
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA		circular de 50.8mm		
OBSERVACIONES:				
PROBETA No.	1	2	3	4
ESFUERZO NORMAL (kpa)	24.19	48.38	96.76	193.52
ESFUERZO DE CORTE (kpa)	168.73	173.76	223.99	251.32
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.24	1.24	1.24	1.24
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.63	1.63	1.63	1.63
HUMEDAD (%H)	31.03 %	31.03 %	31.03 %	31.03 %

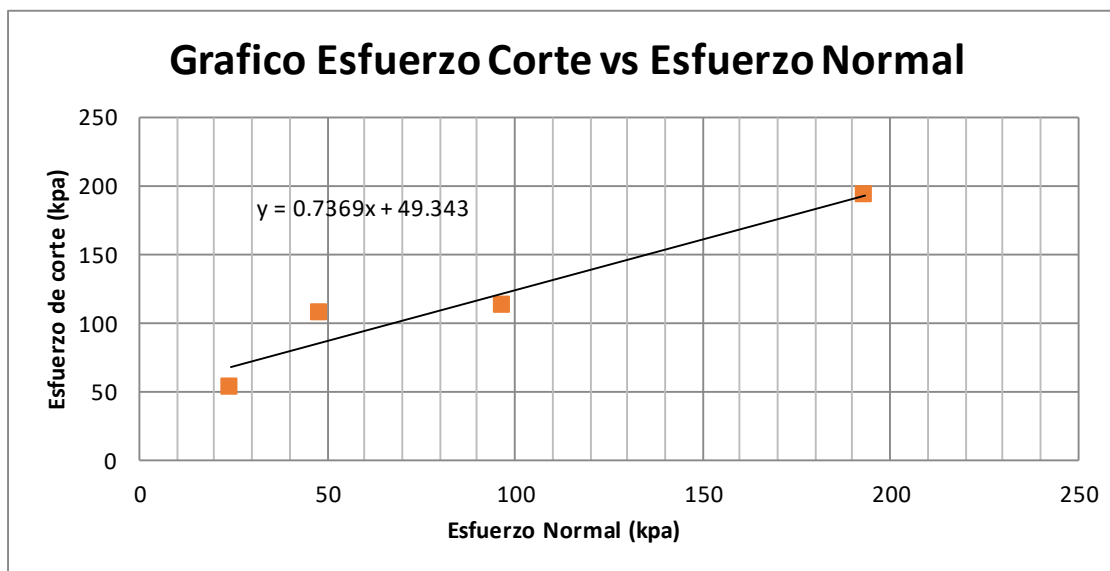
11.9 RESULTADOS DE CORTE DIRECTO 2

CORTE DIRECTO

PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Material: E-2 ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO
NORMA ASTM 3080/79

Fecha: 21/05/2018
Prof.: 3.00 m



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : ϕ 36 ° COHESIÓN: C_u = 49.34 kPa

DESCRIPCION DEL SUELO:	E-2 ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO			
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA	circular de 50.8mm			
OBSERVACIONES:				
PROBETA No.	1	2	3	4
ESFUERZO NORMAL (kpa)	24.19	48.38	96.76	193.52
ESFUERZO DE CORTE (kpa)	52.89	106.96	112.68	192.22
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.38	1.38	1.38	1.38
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.63	1.63	1.63	1.63
HUMEDAD (%H)	18.06 %	18.06 %	18.06 %	18.06 %

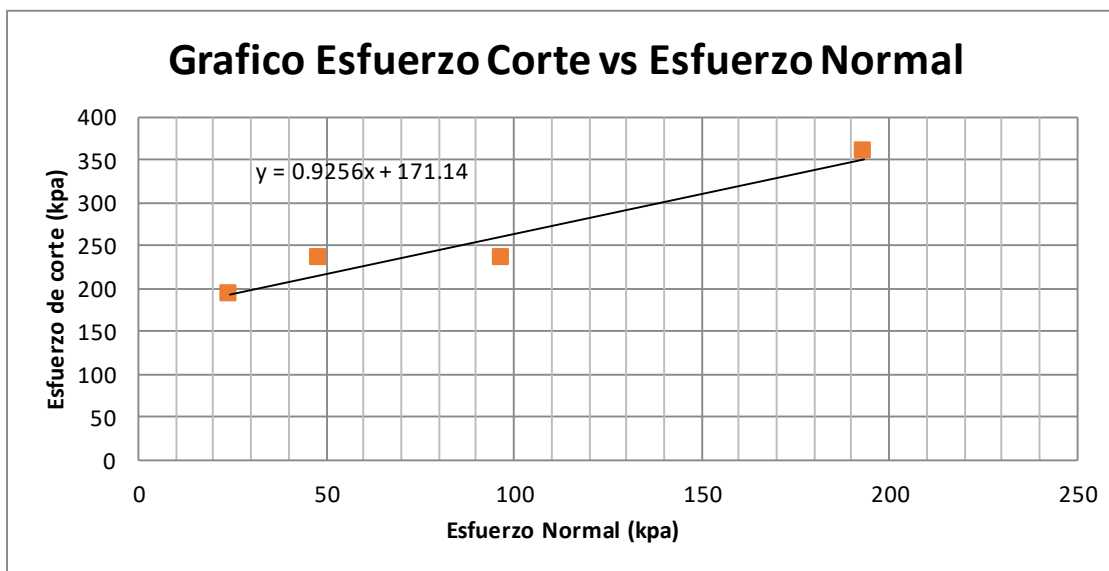
11.10 RESULTADOS DE CORTE DIRECTO 3

CORTE DIRECTO

PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Material: E-3 ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO
NORMA ASTM 3080/79

Fecha: 21/05/2018
Prof.: 2.90 m



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : ϕ 43 ° COHESIÓN: C_u = 171.14 kPa

DESCRIPCION DEL SUELO:		E-3 ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO		
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA		circular de 50.8mm		
OBSERVACIONES:				
PROBETA No.	1	2	3	4
ESFUERZO NORMAL (kpa)	24.19	48.38	96.76	193.52
ESFUERZO DE CORTE (kpa)	192.02	234.45	235.54	358.39
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.24	1.24	1.24	1.24
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.63	1.63	1.63	1.63
HUMEDAD (%H)	31.25 %	31.25 %	31.25 %	31.25 %

11.10.1 Granulometría y Límites de Atterberg Estrato 1

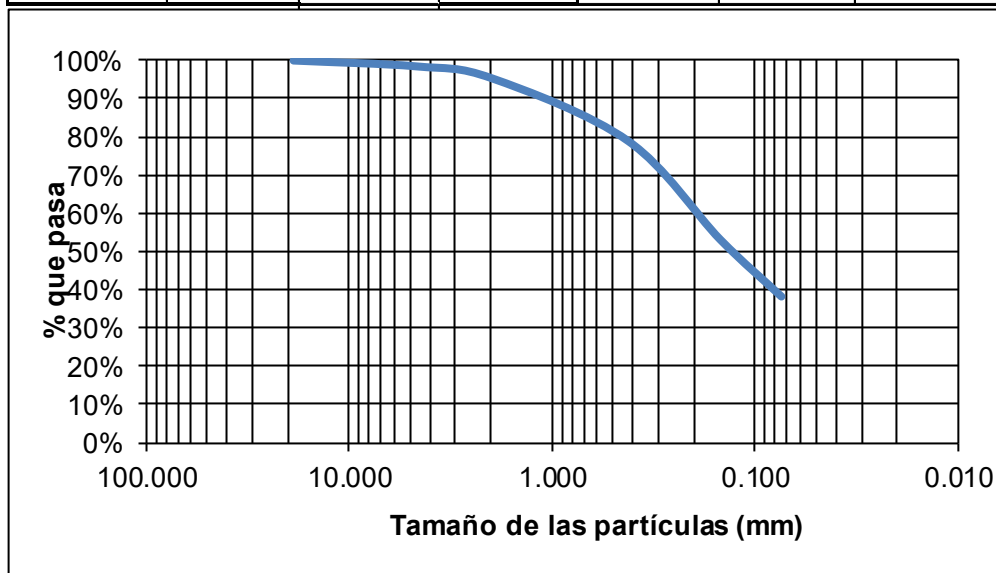
GRANULOMETRÍA

PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Muestra: Estrato 1

Fecha: 21/05/2018

Tamiz	Tamiz en mm	peso bruto (g)	tara (g)	peso neto (g)	peso neto acumulado (g)	% Pasa
2"	50.000					100.00
1 1/2"	38.100					100.00
1"	25.400					100.00
3/4"	19.000					100.00
No. 4	4.750	245.00	236.60	8.40	1.52	98.48
No. 10	2.000	262.25	236.60	25.65	4.64	95.36
No. 40	0.425	353.28	236.60	116.68	21.11	78.89
No. 100	0.150	495.80	236.60	259.20	46.89	53.11
No. 200	0.075	578.29	236.60	341.69	61.82	38.18



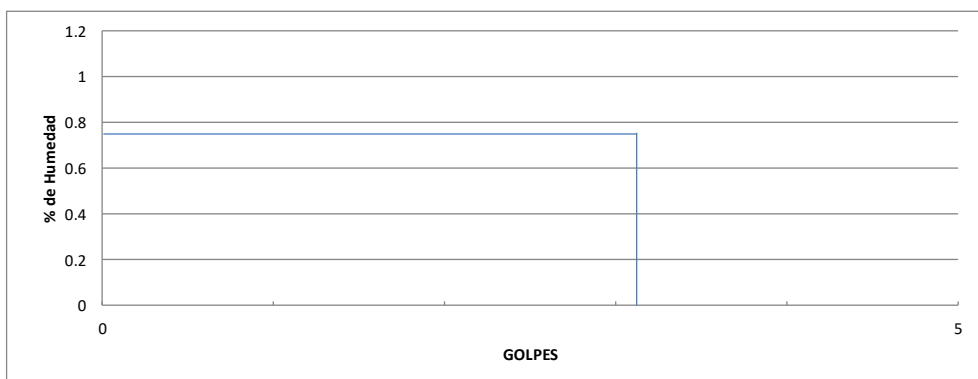
PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Muestra: Estrato 1

Fecha: 21/05/2018

LIMITES DE ATTERBERG			
ENSAYO	HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO
GOLPES		NLL	NLP
Profundidad	3.00 m		
PBH gr.	64.81		
PBS gr.	58.64		
TARA gr.	13.39		
DIF gr.	6.17		
PNS gr.	45.25		
HUMEDAD	13.64		
	13.64		

MUESTRA	
L.L. :	NLL
I.P.:	NIP
W:	13.64 %
Cambio de volumen	MEDIO
CLASIFICACIÓN SUCS	SM



11.10.2 Granulometría y Límites De Atterberg Estrato 2

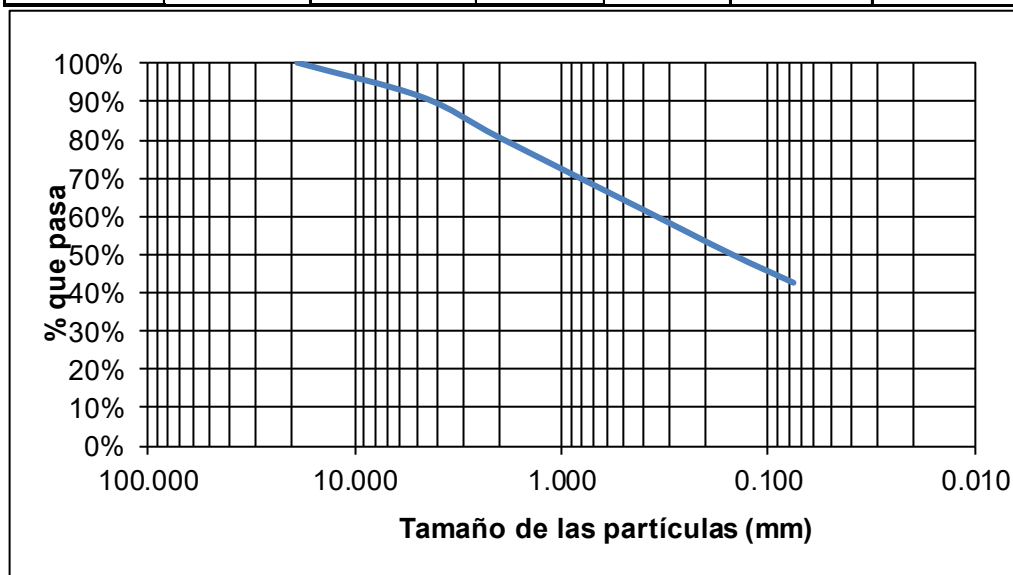
GRANULOMETRÍA

PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Muestra Estrato 2

Fecha: 21/05/2018

Tamiz	Tamiz en mm	peso bruto (g)	tara (g)	peso neto (g)	peso neto acumulado (g)	% Pasa
2"	50.000					100.00
1 1/2"	38.100					100.00
1"	25.400					100.00
3/4"	19.000					100.00
No. 4	4.750	298.70	236.50	62.20	8.89	91.11
No. 10	2.000	372.11	236.50	135.61	19.38	80.62
No. 40	0.425	498.62	236.50	262.12	37.46	62.54
No. 100	0.150	584.13	236.50	347.63	49.68	50.32
No. 200	0.075	636.00	236.50	399.50	57.10	42.90



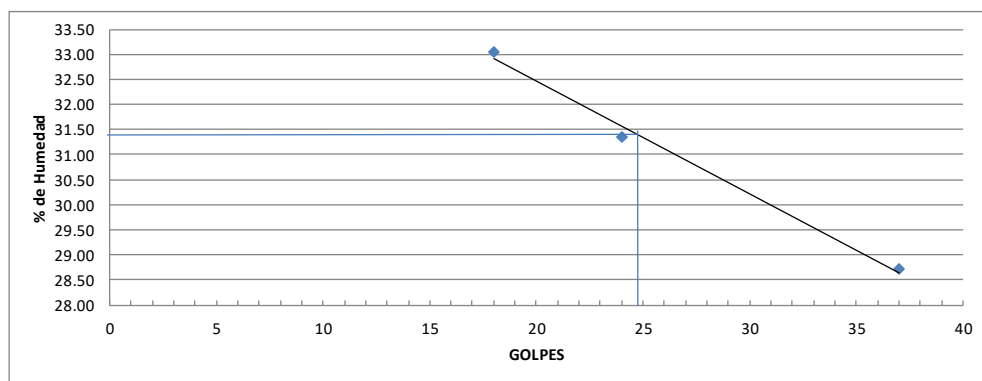
PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Muestra: Estrato 2

Fecha: 21/05/2018

LIMITE DE ATTERBERG						
ENSAYO	HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLÁSTICO	
GOLPES		18	24	37		
Profundidad	6.00 m					
PBH gr.	93.46	22.91	22.9	22.98	22.92	22.9
PBS gr.	78.78	20.53	20.62	20.87	21.30	21.2
TARA gr.	13.37	13.33	13.35	13.52	13.37	13.2
DIF gr.	14.68	2.38	2.28	2.11	1.62	1.6
PNS gr.	65.41	7.20	7.27	7.35	7.93	8.0
HUMEDAD	22.44	33.06	31.36	28.71	20.43	20.7
	22.44				20.58	

MUESTRA	
L.L. :	31.40
I.P.:	10.82
W:	22.44 %
Cambio de volumen	MEDIO
CLASIFICACIÓN SUCS	SC



11.10.3 Granulometría y Límites De Atterberg Estrato 3

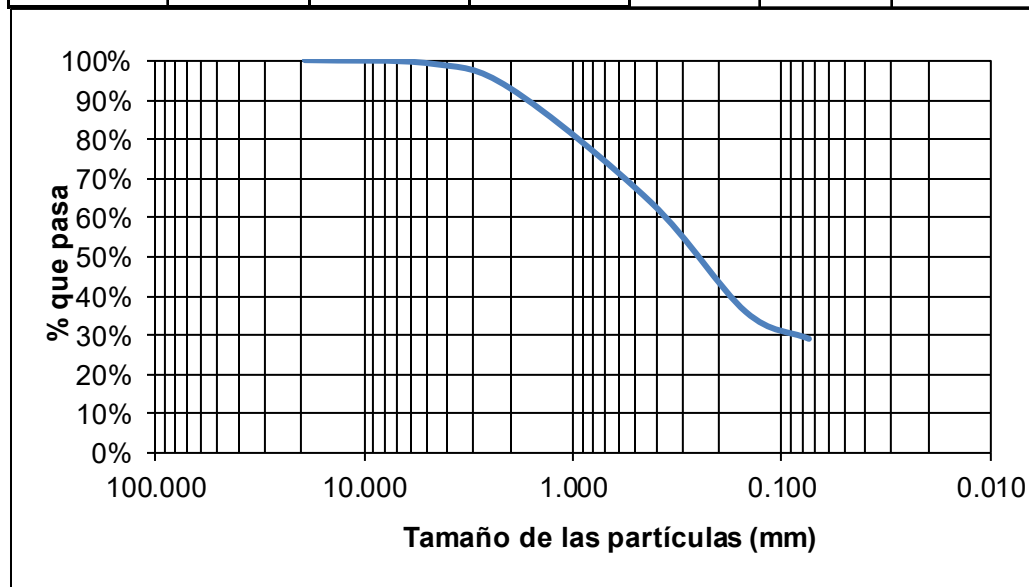
GRANULOMETRÍA

PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Muestra Estrato 3

Fecha: 21/05/2018

Tamiz	Tamiz en mm	peso bruto (g)	tara (g)	peso neto (g)	peso neto acumulado (g)	% Pasa
2"	50.000					100.00
1 1/2"	38.100					100.00
1"	25.400					100.00
3/4"	19.000					100.00
No. 4	4.750	241.40	236.60	4.80	0.88	99.12
No. 10	2.000	275.40	236.60	38.80	7.11	92.89
No. 40	0.425	434.42	236.60	197.82	36.26	63.74
No. 100	0.150	586.63	236.60	350.03	64.17	35.83
No. 200	0.075	624.34	236.60	387.74	71.08	28.92



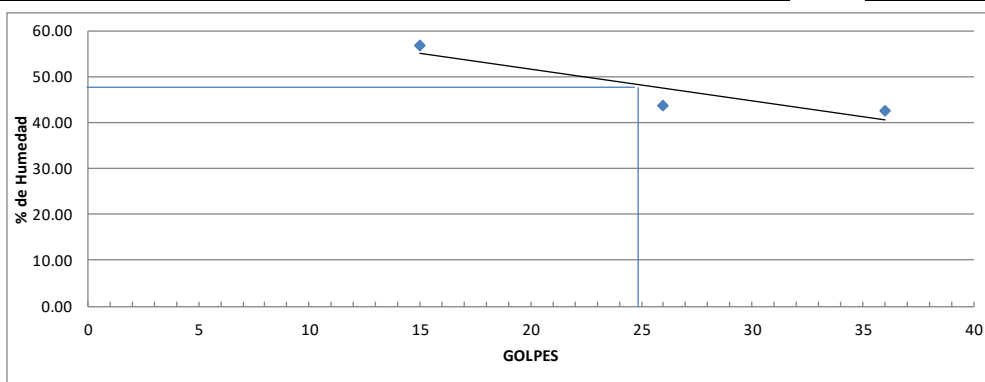
PROYECTO: Subestación Chiantla, Huehuetenango

Muestra Estrato 3

Fecha: 21/05/2018

LIMITE DE ATTERBERG						
ENSAYO	HUMEDAD NATURAL	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLÁSTICO	
GOLPES		15	26	36		
Profundidad	7.20 m					
PBH gr.	70.15	22.72	22.86	22.95	22.74	22.86
PBS gr.	56.58	19.40	19.99	20.09	20.21	20.37
TARA gr.	13.38	13.54	13.40	13.37	13.39	13.33
DIF gr.	13.57	3.33	2.87	2.86	2.53	2.49
PNS gr.	43.2	5.86	6.59	6.72	6.82	7.04
HUMEDAD	31.41	56.79	43.55	42.56	37.10	35.37
	31.41				36.23	

MUESTRA	
L.L. :	48.00
LP.:	11.77
W:	31.41 %
Cambio de volumen	MEDIO
CLASIFICACIÓN SUCS	SM



12. FOTOGRAFÍAS



Fotografía de ensayo SPT



Fotografía de muestras de ensayo SPT



Fotografía de la ubicación del sondeo por medio de un cono



Fotografía de ensayo SPT



Fotografía de muestras de ensayo SPT



Fotografía de la ubicación del sondeo por medio de un cono



Fotografía de ensayo SPT



Fotografía de muestras de ensayo SPT



Fotografía de la ubicación del sondeo por medio de un cono



Fotografía de ensayo SPT



Fotografía de muestras de ensayo SPT



Fotografía de la ubicación del sondeo por medio de un cono



Fotografía de pozo a cielo abierto PCA1



Fotografía de extracción de muestra del pozo a cielo abierto PCA1



Fotografía de pozo a cielo abierto PCA1