

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

PROYECTO INTEGRAL DE LA “CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES- LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

 	
CONTROL DE DOCUMENTOS	
<input type="checkbox"/> Autorizado para construcción	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Autorizado para implementación	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Solo para información	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Obsoleto	Fecha _____
<b>Copia Controlada para:</b> SUPERVISIÓN CABLEBUS L3 <b>Autoriza:</b> _____	

Elaboró	Autorizó.	Enterado.
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted] Superintendente de construcción

**Contenido**

1. ANTECEDENTES .....	3
2. OBJETO .....	3
3. ALCANCES .....	3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 11 .....	3
5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO .....	5
5.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE .....	5
5.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA .....	5
5.3 ENSAYES DE LABORATORIO .....	5
5.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA .....	6
5.5 MODELO GEOMECÁNICO .....	8
6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN .....	8
6.1 CARGAS ACTUANTES .....	8
6.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN .....	9
6.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA .....	9
6.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO .....	11
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO .....	13
7.2 PILAS .....	13
7.3 EXCAVACIÓN .....	16
7.4 MINAS .....	16
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17
9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA .....	20
10. ANEXO 2. REGISTROS DE SONDEOS .....	23
11. ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO .....	32
12. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO CONCÉNTRICA .....	92
13. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO .....	98

**Índice de Ilustraciones**

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús .....	4
--	---

**Índice de Tablas**

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 .....	4
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño .....	8
Tabla 3 Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ .....	10
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación .....	11
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas .....	12
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas .....	12
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado .....	13

**Índice de Figuras**

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos, T-11
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación, T-11
Figura 4. Procedimiento de excavación, T-11

## 1. Antecedentes

Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el compendio para el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 11; originalmente realizado por la empresa Perforación y Suministro S.A de C.V, del proyecto correspondiente al sistema de transporte urbano, Cablebús, línea 3, que se extenderá del Complejo Cultural Los Pinos (Calzada del Rey, S/N, Chapultepec Primera sección, Alcaldía Miguel Hidalgo) a la Av. Vasco de Quiroga, Alcaldía Álvaro Obregón.

**Cabe mencionar que esta Torre antes estaba identificada como T-10, pero debido a cambios en la nomenclatura, ahora se identifica como Torre 11.**

## 2. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la Torre 11. Con base en los resultados de la exploración geotécnica y geofísica y de las pruebas de laboratorio, se determinaron las condiciones estratigráficas del sitio, así como la solución de cimentación y su nivel de desplante, la capacidad de carga reducida del suelo y los asentamientos que se presentarán en la masa de suelo correspondiente a esta torre, denominada T-11, la cual tiene las coordenadas X=476,536; Y= 2,144,629 y se proyecta dentro de las instalaciones del Centro Ecuestre de la SEDENA, ubicado en Av. Constituyentes 851, Lomas Altas, Alcaldía Álvaro Obregón, CDMX (Fig. 1).

## 3. Alcances

En el presente informe se presenta la solución de cimentación y descripción del procedimiento constructivo de la misma, solución basada en: experiencia que se tiene de la zona, los resultados de la exploración geotécnica, en los resultados de geofísica, en las pruebas in situ, las pruebas de laboratorio y en las correlaciones con el sondeo de penetración estándar, todo esto en conjunto permitieron definir un modelo geotécnico de análisis y llegar a una solución de cimentación que cumpla con los estados límite de falla y de servicio, establecidos con la Reglamentación vigente (Ref. 1).

## 4. Características generales y ubicación de la Torre 11

La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de 3000 pasajeros/hora en cada sentido.

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ubicada en la zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena Contreras y Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalco y este con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez.



La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia hacia su próxima estación (km)
E – 1	Vasco de Quiroga	Retorno	19°23'7.67"N	99°13'39.59"O	0.59
E – 2	Cineteca Nacional / Bodega Nacional de las Artes	De Paso	19°23'24.16"N	99°13'50.24"O	1.15
E – 3	Parque Cri – Cri	Doble Motriz	19°23'48.33"N	99°13'20.14"O	0.90
E – 4	Lienzo Charro / CECYT 4 "Lázaro Cárdenas"	De Paso	19°23'56.37"N	99°12'50.77"O	1.65
E – 5	Panteón Civil de Dolores	De Paso	19°24'26.00"N	99°12'3.90"O	1.13
E - 6	Metro Constituyentes – Los Pinos	De Retorno	19°24'46.93"N	99°11'29.40"O	1.13

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3

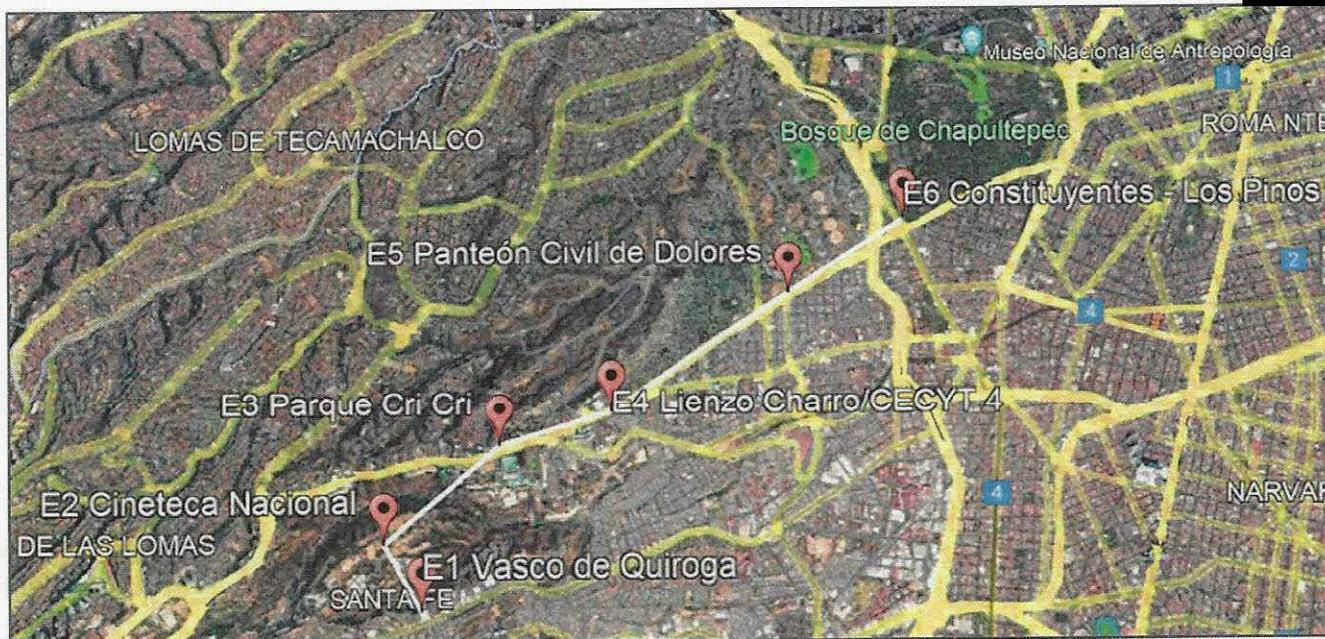


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 11, con coordenadas X=476,536; Y= 2,144,629 se proyecta dentro de las instalaciones del Centro Ecuestre de la SEDENA, ubicado en Av. Constituyentes 851, Lomas Altas, Alcaldía Álvaro Obregón, CDMX. De acuerdo con el trazo del proyecto, esta torre será del tipo concéntrica.

## 5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

### 5.1 Información geotécnica disponible

**Zonificación geotécnica.** El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas” (Ref. 1, Fig. 2), definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. **En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

### 5.2 Exploración geotécnica

Para determinar las unidades estratigráficas del sitio se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-11), a una profundidad de 35.20 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 2).

Así mismo, se realizó un sondeo mixto (SM-1, T-11), a 35.0 m de profundidad. Alternando la técnica de avance controlado y 4 pruebas de presiómetro a las profundidades medias de 2.0, 5.0, 10.5 y 25.5 m. El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 cm de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16” de diámetro. Anotando la vibración, la presión y el color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a identificar inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

Para el ensaye de presiómetro, la sonda está constituida por una membrana de medición central y una membrana llamada “guardia”. Este montaje permite que al expandirse la sonda durante la ejecución del ensaye, en todo momento tenga una forma cilíndrica; esto se logra estableciendo una diferencia de presiones entre las membranas. El ensaye presiométrico es esencialmente una prueba de carga in situ, para poder determinar el valor del módulo de Menard ( $E_m$ ), que se puede correlacionar con el módulo de tipo elástico ( $E_a$ ), del suelo en donde se realiza la prueba.

### 5.3 Ensayes de laboratorio

A las muestras obtenidas de los sondeos se les realizaron las siguientes pruebas:

- Clasificación visual y al tacto de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- Contenido natural de agua
- Granulometría por mallas
- Contenido de finos por lavado
- Límites de consistencia



*En la Figura 1 se presenta la ubicación de los sondeos realizados, en el Anexo 1 se presenta una memoria fotográfica con aspectos relevantes de los trabajos de campo, en el Anexo 2 se exhiben los perfiles de los sondeos realizados. En el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio y los resultados de las pruebas de presiómetro. Por su parte, en el Anexo 4 se presentan las cargas actuantes para una torre tipo concéntrica, en el Anexo 5 se encuentra la memoria de cálculo de la cimentación.*

#### 5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, los sondeos exploratorios realizados, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

#### Corte estratigráfico A-A' y solución de cimentación, con profundidades referidas al nivel de brocal del SPT-1, (Fig. 3):

**De 0.00 a 2.0 m. Relleno formado** por limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura a muy dura, de color café grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 20.05% a 32.27 %. El porcentaje de finos es de 76.07%, arena de 21.20% y grava de 0.73%. El Límite Líquido es de 47.69% y el Límite Plástico de 29.47%. La densidad relativa de sólidos es de 2.455. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 24 los más de 50.

**De 2.0 a 10.6 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 22.03% a 34.81%. El porcentaje de finos varía de 59.05% a 86.35%, arena de 13.31% a 40.95% y grava de 0.00% a 1.39%. El Límite Líquido varía de 41.70% a 48.67% y el Límite Plástico de 28.18% a 33.53%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.439 a 2.463. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de  $\gamma_m = 1.724 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.837 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 42 a los más de 50.

**De 10.6 a 15.4 m. Arena gruesa a fina, con finos limosos (SM)**, de origen piroclástico (andesítico), muy compacta, con abundante grava con granos de hasta 1/2", de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 14.27% a 20.68%. El porcentaje de finos varía de 27.26% a 29.95%, arena de 46.45% a 50.21% y grava de 22.53% a 23.60%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 15.4 a 16.6 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 26.95% a 52.71%. El porcentaje de finos es de 70.86%, arena de 29.14% y grava de 0.00%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 16.6 a 20.5 m. Arena pumítica limosa**, de compactidad media a muy compacta, de color gris claro, con poca grava, intercalada con un lente de limo arenoso de consistencia muy firme. El contenido natural de agua varía de 18.40% a 67.63%. El porcentaje de finos es de 24.24%, arena de 67.34% y grava de 8.42%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 25 a los más de 50.

**De 20.5 a 29.2 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café claro, intercalado con un lente de arena fina a gruesa, compacta. El contenido natural de agua varía de 22.20% a 33.05%. El porcentaje de finos varía de 37.82% a 86.09%, arena de 13.91% a 61.60% y grava de 0.00%. El Límite Líquido varía de 33.14% a 33.72% y el Límite Plástico de 24.56% a 26.30%. La



CIRCUITO DE ESTACIONAMIENTO

SIMBOLOGÍA

NOTAS

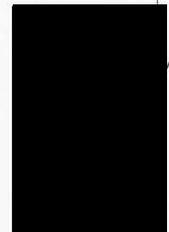
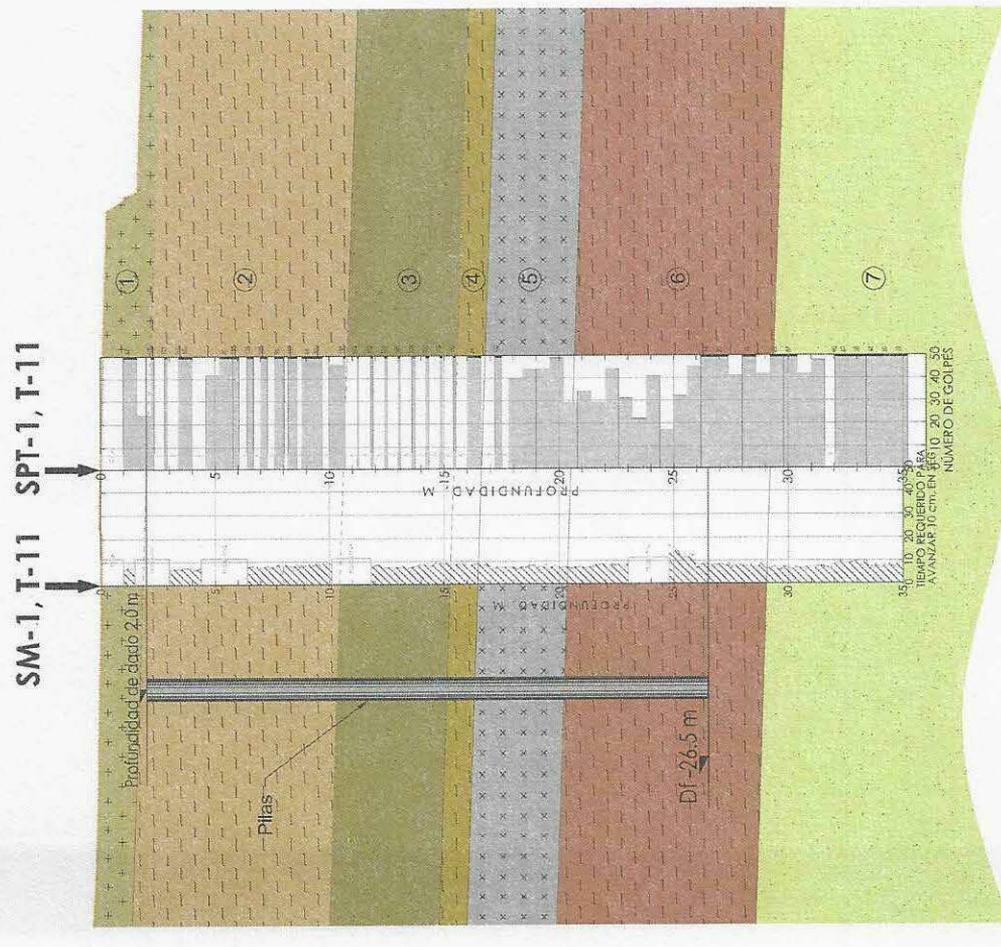
INSTITUCIÓN	UNIDAD	PROYECTO	TÍTULO
GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MEDINA	SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS
GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MEDINA	SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS
GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MEDINA	SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS
GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MEDINA	SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS	PROYECTO DE OBRAS PÚBLICAS

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, los sondeos exploratorios realizados, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, con profundidades referidas al nivel de brocal:

- ① De 0.00 a 2.0 m. Relleno formado por limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura a muy dura, de color café grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 20.05% a 32.27%. El porcentaje de finos es de 76.07%, arena de 13.31% a 40.95% y grava de 0.00% a 1.39%. El Límite Líquido varía de 41.70% a 48.67% y el Límite Plástico de 28.18% a 33.53%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.439 a 2.463. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de  $\gamma_m = 1.724 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.837 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 24 a los más de 50.
- ② De 2.0 a 10.6 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML) de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 22.03% a 34.81%. El porcentaje de finos varía de 59.05% a 86.35%, arena de 13.31% a 40.95% y grava de 0.00% a 1.39%. El Límite Líquido varía de 41.70% a 48.67% y el Límite Plástico de 28.18% a 33.53%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.439 a 2.463. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de  $\gamma_m = 1.724 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.837 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 24 a los más de 50.
- ③ De 10.6 a 15.4 m. Arena gruesa a fina, con finos limosos (SM), de origen piroclástico (andesítico), muy compacta, con abundante grava con granos de hasta  $1/2"$ , de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 14.27% a 20.68%. El porcentaje de finos varía de 27.26% a 29.95%, arena de 46.45% a 50.21% y grava de 22.53% a 23.60%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.
- ④ De 15.4 a 16.6 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 26.95% a 52.71%. El porcentaje de finos es de 70.86%, arena de 29.14% y grava de 0.00%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.
- ⑤ De 16.6 a 20.5 m. Arena pumítica limosa, de compactación media a muy compacta, de color gris claro, intercalada con un lente de limo arenoso de consistencia muy firme. El contenido natural de agua varía de 18.40% a 67.63%. El porcentaje de finos es de 24.24%, arena de 67.34% y grava de 8.42%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 25 a los más de 50.
- ⑥ De 20.5 a 29.2 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café claro, intercalado con un lente de arena fina a gruesa, compacta. El contenido natural de agua varía de 22.20% a 33.05%. El porcentaje de finos varía de 37.82% a 86.09%, arena de 13.91% a 61.60% y grava de 0.00%. El Límite Líquido varía de 33.14% a 33.72% y el Límite Plástico de 24.56% a 26.30%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.486 a 2.520. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de  $\gamma_m = 1.775 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.975 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 17 a los más de 50.
- ⑦ De 29.2 a 35.2 m. Arena fina a gruesa, limosa (SM), de origen piroclástico (andesítico) en estado compacto a muy compacto, con grava con granos aislados de hasta  $1"$  de diámetro, de color café rosáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 14.34% a 21.69%. El porcentaje de finos varía de 19.71% a 43.82%, arena de 52.10% a 65.86% y grava de 1.14% a 28.19%. El Límite Líquido varía de 22.20% a 22.40% y el Límite Plástico de 18.51% a 18.77%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.486 a 2.518. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 42 a los más de 50.

**Condiciones piezométricas.** Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución de los sondeos, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información recabada de la zona, de las zonas minadas y lo identificado en puntos cercanos, se consideran dos lechos de amiguis minas u oquedades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 17.5 y 20.5 m; correspondiente con los materiales pumíticos antiguamente explotables.



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

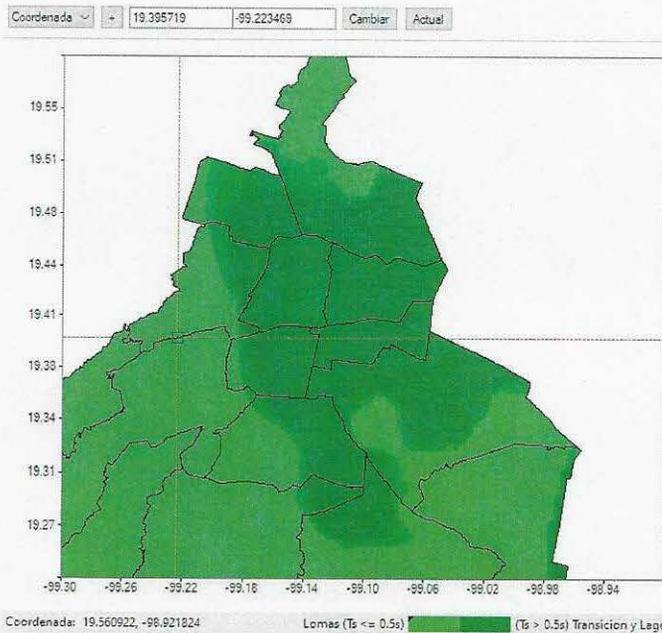
densidad relativa de sólidos varía de 2.486 a 2.520. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de  $\gamma_m = 1.775 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.975 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 17 a los más de 50.

**De 29.2 a 35.2 m. Arena fina a gruesa, limosa (SM)**, de origen piroclástico (andesítico), en estado compacto a muy compacto, con grava con granos aislados de hasta 1" de diámetro, de color café rosáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 14.34% a 21.63%. El porcentaje de finos varía de 19.71% a 43.82%, arena de 52.10% a 65.86% y grava de 1.14% a 28.19%. El Límite Líquido varía de 22.20% a 22.40% y el Límite Plástico de 18.51% a 18.77%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.486 a 2.518. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 42 a los más de 50.

**Condiciones piezométricas.** Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución de los sondeos, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información recabada de la zona, de las zonas minadas y lo identificado en puntos cercanos, se consideran dos lechos de antiguas minas u oquedades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 17.5 y 20.5 m; correspondiente con los materiales pumíticos antiguamente explotables.

**Coefficiente sísmico.** Tomando en cuenta la posición central de la Estación 2 y el software SASID (Ref. 3), el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral,  $a_0 = 0.119$ . Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño final.



**Espectro 2016**

Factor de importancia (Grupo) A1

Factor de irregularidad 1.0

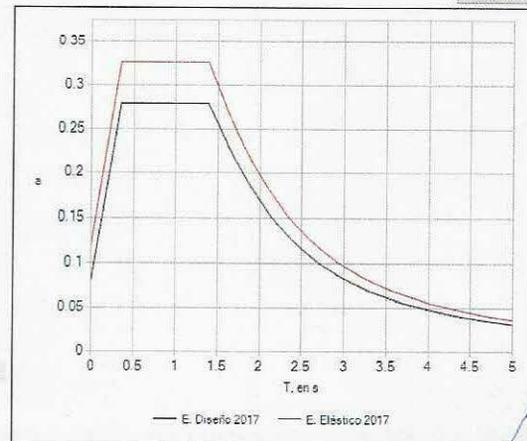
F. comportamiento sísmico (Q) 1.0

F. de hiperestaticidad (k1) 1.0

Mostrar EPU

Propiedad	Valor
Latitud	19.395719
Longitud	-99.223469
$T_s$	0.490
$a_0$	0.119
c	0.326
$T_a$	0.350
$T_b$	1.283
k	1.500
$a_{max}$	0.280

Mostrar datos



### 5.5 Modelo geomecánico

Los parámetros mecánicos de los estratos que conforman la estructura del subsuelo; necesarios para la determinación de la capacidad de carga y deformaciones, se presenta en la Tabla 2 y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, laboratorio y pruebas de presiómetro:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	S.U.C.S	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.0 a 2.0	Relleno	1.65	2.5	18	400
2	2.0 a 5.0	ML arenoso	1.75	3.0	33	1,000
	5.0 a 8.0	Mina u oquedad hipotética				
2	8.0 a 10.6	ML arenoso	1.75	3.0	33	1,000
3	10.6 a 15.4	SM con gravas	1.75	5.0	37	1,200
4	15.4 a 16.6	ML arenoso	1.75	3.0	33	550
5	16.6 a 17.5	Pumítica	1.40	2.0	30	450
	17.5 a 20.5	Mina u oquedad hipotética				
6	20.5 a 25.6	ML arenoso	1.70	4.5	25	400
7	25.6 a 29.2		1.70	4.5	25	450
8	29.2 a 32.0	SM con gravas	1.75	5.0	35	600
9	32.0 a 35.2		1.75	5.0	35	800

$\gamma$ : peso volumétrico; c: cohesión;  $\phi$ : ángulo de fricción interna

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia se determinaron mediante correlaciones con el número de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo, gráficas 1 y 2, mientras que las propiedades de deformabilidad, se determinaron tomando en cuenta las pruebas de presiómetro y correlaciones.

## 6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

La Torre 11, con coordenadas X=476,536; Y= 2,144,629 se proyecta dentro de las instalaciones del Centro Ecuestre de la SEDENA, ubicado en Av. Constituyentes 851, Lomas Altas, Alcaldía Álvaro Obregón, CDMX. De acuerdo con el trazo del proyecto, esta torre será del tipo concéntrica.

### 6.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes a nivel de cimentación; que incluye el peso del dado; que se determinaron en el análisis estructural de una torre tipo concéntrica se presenta en el Anexo 4. En este anexo, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actuantes cada una de las pilas.

Es muy importante mencionar que esta revisión deberá ser avalada por el área de estructuras del proyecto y verificar la correcta interpretación de carga, momentos, etc.

## 6.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta.

Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. **En caso de que se detecten minas u oquedades que no pudieron ser identificadas durante la exploración geotécnica o geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución de los sondeos, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información recabada de la zona, de las zonas minadas y lo identificado en puntos cercanos, se consideran dos lechos de antiguas minas u oquedades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 17.5 y 20.5 m; correspondiente con los materiales pumíticos antiguamente explotables.

**La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 26.5 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 4.5 x 4.5 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 24.5 m.**

## 6.3 Estado límite de falla

De acuerdo a las NTC cimentaciones del 2017 (Ref. 1), en todo momento, la sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor de carga, deberá ser menor que la capacidad de carga reducida de cada pila o grupo de pilas, con el cumplimiento de la desigualdad:

$$\sum QF.C < R \quad (1)$$

Donde:

$\sum QF.C$  sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor o factores de carga  
R capacidad de carga reducida de las pilas, t

**Capacidad de carga reducida.** La capacidad de carga de las pilas fue determinada mediante la expresión siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p \quad (2)$$

Donde:

R capacidad de carga reducida, t  
C<sub>p</sub> capacidad de carga reducida por punta, t  
C<sub>f</sub> capacidad de carga reducida por fricción, t

$W_p$  peso del elemento, t; t/m

Con:

$$C_p = (p'_v N_q^* F_R + P_v) A_p \quad (3)$$

Donde:

- $p'_v$  esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 31.0 t/m<sup>2</sup>
- $N_q^*$  factor de capacidad de carga
- $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.35
- $P_v$  esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 31.0 t/m<sup>2</sup>

Con:

$$N_q^* = N_{\min} + L_e \frac{N_{\max} - N_{\min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (4)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (5)$$

O bien

$$N_q^* = N_{\max} \quad (6)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (7)$$

Donde:

- $L_e$  longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 0.9 m
- $B$  diámetro de la pila, m.
- $\phi$  ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 25°

Los valores de  $N_{\max}$  y  $N_{\min}$ , se presentan en la Tabla 3, función del valor del ángulo de fricción interna del material de desplante:

Tabla 3 Valores de  $N_{\max}$  y  $N_{\min}$

$\phi$	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$N_{\max}$	12.5	26	55	132	350	1000
$N_{\min}$	7	11.5	20	39	78	130

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante las siguientes expresiones (Ref. 2):

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i \bar{p}_{vi} L_i \quad \text{suelos friccionantes} \quad (8)$$

Donde:

- $P_p$  perímetro de la pila, m
- $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.65
- $L_i$  longitud de la pila en el estrato de interés, m
- $\beta_i$  coeficiente de fricción
- $\bar{p}_{vi}$  esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m<sup>2</sup>

Con

$$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{Z} \text{ para } 0.25 < \beta_i < 1.2 \text{ para suelos friccionantes} \quad (9)$$

**Capacidad a la tensión.** Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, tendrán que ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará es función de la fricción más una porción el peso propio del elemento:

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p \quad (10)$$

Donde:

$C_{te}$  capacidad reducida a la tensión, t.  
las demás literales ya fueron definidas.

Sustituyendo los valores correspondientes, se presentan las siguientes capacidades de carga reducida para pilas de distintos diámetros:

Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C <sub>p</sub> (t)	C <sub>f</sub> (t)	R (t)	C <sub>te</sub> (t)
1.0	46.2	140.1	324.8	418.7	354.8
1.2	66.5	197.4	389.8	520.7	433.0
1.4	90.5	264.6	454.7	628.8	513.6

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C<sub>te</sub>, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. Esta comparación se presenta en el Anexo 4, de acuerdo con la revisión de las cargas actuantes.

**Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m<sup>2</sup>, para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.**

#### 6.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento; primer término de la expresión, más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión siguiente (Ref. 4), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$\delta = \frac{(C_p + 0.66C_f)L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 C_p D}{10 A_p E_s} \quad (11)$$

Donde:

- $\delta$  deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,450 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E<sub>s</sub> módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 450 kg/cm<sup>2</sup>
- E<sub>c</sub> módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm<sup>2</sup>, para f'c= 400 kg/cm<sup>2</sup>

con

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \quad (12)$$

**Módulo de reacción vertical.** La constante de resorte para pilas; que será utilizado para el diseño estructural de la cimentación considerando la interacción suelo-estructura, se determinó como sigue (Ref.5), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$k_v = \frac{q}{\delta} \quad (13)$$

Donde:

$k_v$  módulo de reacción vertical, t/cm.  
las demás literales ya fueron definidas.

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (11) y (13), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	$\delta$ (cm)	$k_v$ (t/cm)	$k_v$ (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	1.45	238.08	30.31
1.2	1.62	269.93	23.87
1.4	1.81	298.62	19.40

**Módulos de reacción horizontal.** Para la revisión estructural de las pilas sometidas a cargas laterales, a continuación, se presenta el módulo de reacción horizontal (Ref. 6).

Para suelos friccionantes:

$$k_h = 0.2768 k_2 \frac{z}{B} \quad (14)$$

Donde

$k_h$  módulo de reacción horizontal, (kg/cm<sup>3</sup>)  
 $k_2$  coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg<sup>3</sup>  
B diámetro del cemento, m  
z profundidad media del estrato en revisión, m.

De acuerdo con las expresiones anteriores, en las Tablas 6 y 7 se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (Kg/cm <sup>3</sup> )		
				B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 5.0	>80	1.5	115	4.77	3.98	3.41
5.0 a 8.0	0	4.5	0	0.00	0.00	0.00
8.0 a 10.6	>80	7.3	115	23.24	19.36	16.60
10.6 a 15.4	>80	11	115	35.02	29.18	25.01
15.4 a 16.6	54	14	87	33.71	28.10	24.08
16.6 a 17.5	50	15.05	80	33.33	27.77	23.80
17.5 a 20.5	0	17	0	0.00	0.00	0.00
20.5 a 25.6	31	21.05	49	28.55	23.79	20.39
25.6 a 26.5	45	24.05	71	47.26	39.39	33.76

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>3</sup> )
				B (m)
				4.50
0.0 a 2.0	24	1	37	0.23

**Propuesta de cimentación.** La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación de 3.0 m entre ellas. Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carga están por arriba de la magnitud de las cargas de referencia, el diámetro mínimo de pilas será de 1.0 m, para que estas puedan ser inspeccionadas visualmente una vez que se termine su perforación y se confirme la ausencia de cavidades.

**Resulta de gran importancia mencionar que esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad. Así mismo, será el área de estructuras quien determine el diámetro y número de pilas, de acuerdo con las capacidades de carga presentadas en este informe y de acuerdo con el modelo estructural empleado.**

## 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Es importante comentar que el modelo geotécnico de análisis se determinó con base en los resultados de la exploración geotécnica, de la exploración geofísica de puntos cercanos y de la experiencia que se tiene en la zona, misma que es muy susceptible a cambios por la presencia de antiguas minas y rellenos para su rehabilitación. Cualquier cambio en las condiciones del suelo de las que se analizan en este estudio, debe de ser reportado de manera inmediata a los diseñadores, para realizar los ajustes necesarios en los análisis y se garantice el buen comportamiento a corto, mediano y largo plazo. Por lo anterior, durante la construcción de las pilas se deberá contar con personal capacitado y calificado, para supervisar y asesorar durante los trabajos de construcción de la cimentación y que de manera oportuna se detecte cualquier cambio en las condiciones analizadas en este estudio.

### 7.2 Pilas

Con las áreas liberadas y reubicadas todas las instalaciones que se pudieran ver afectadas por la construcción de esta torre, se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de cada uno de los elementos de cimentación.
- Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta la profundidad de desplante de proyecto. Es importante mencionar que cada una de las pilas deberá ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas. Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

- 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.
- 2) Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.

En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

- c) El concreto para la construcción de las pilas será de una  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de  $4,200 \text{ kg/cm}^2$ .
- d) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y “poyos” de concreto o plástico; sus dimensiones serán de  $7.5 \times 7.5 \times 10.0 \text{ cm}$  y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.
- e) En caso de que efectivamente se presenten oquedades o antiguas minas durante la perforación de las pilas, se deberá colocar ademe para poder realizar el colado. Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se soldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



Fotos 1 y 2. Encamisado de lámina para formar ademe perdible.

Así mismo, en caso de que se presente inestabilidad en las paredes de las perforaciones, se deberá colocar un ademe perdible.

- f) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse totalmente el colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frías.

- g) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- h) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante “diablo” para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.
- i) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto contaminado con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descendente; en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- j) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:
- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.
  - 2) *Verticalidad.* La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final del apoyo, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.
  - 3) *Limpieza.* Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario para cubrir 5% del área en un espesor de 5 cm.
  - 4) *Acero de refuerzo.* La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.
- k) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el colado. Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso.
- l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de “baja deformación”. Los ensayos de integridad deberán ser realizados por métodos reconocidos, se podrán emplear métodos geofísicos como pulso simple o combinado, pozo-abajo, pozos cruzados, gama-gama o térmicos. **De acuerdo con las NTC cimentaciones (Ref. 1), se deberán realizar pruebas de**

integridad en el 100% de las pilas, ya que las torres y estaciones se tratan de estructuras del grupo A1.

### 7.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 4.5 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la excavación con dimensiones mínimas de 4.9 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Tomando en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio en estudio, se podrá realizar la excavación hasta la máxima profundidad, 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Se deberá evitar la colocación de cargas en la corona de los cortes.
- b) Al llegar a la profundidad máxima para el dado; 2.0 m, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido.

### 7.4 Minas

- a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los avances, cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.
- b) Ya que las pilas se proyectan con un diámetro de 1.0 m, una vez que se haya terminado la perforación de cada una de estas, se tendrá que hacer una inspección visual en toda la longitud. Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:
  - 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
  - 2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.**

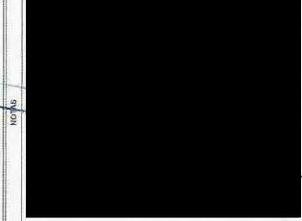
En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

- c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes adicionales a lo considerado en este informe, se deberá dar aviso inmediato al área de mecánica de suelos, para que se tomen las medidas

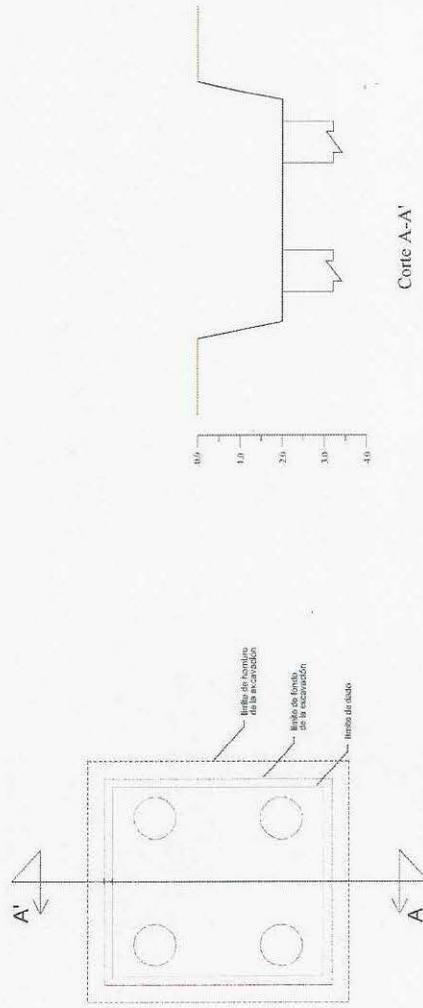


CRONO DE ESTACIONAMIENTO

SIMBOLOGÍA



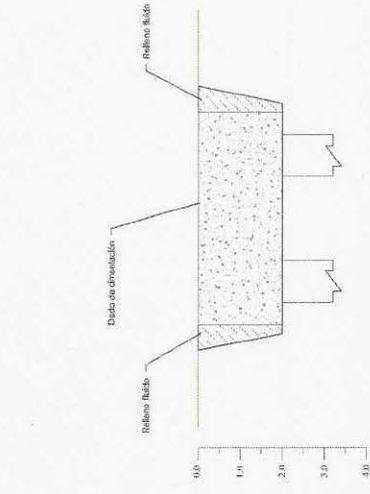
PROYECTO	ESTACIONAMIENTO	FECHA	14/06/2022
PROYECTANTE	INGENIERÍA DE PROYECTOS Y SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	CLIENTE	SECRETARÍA DE ECONOMÍA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE QUERÉTARO
PROYECTO	ESTACIONAMIENTO	FECHA	14/06/2022
PROYECTANTE	INGENIERÍA DE PROYECTOS Y SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	CLIENTE	SECRETARÍA DE ECONOMÍA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE QUERÉTARO



Corte A-A'



5) Coladas las pilas, se realizará la excavación hasta 2.0 m de profundidad, con relleno con una inclinación de 70° respecto a lo horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de maderas.



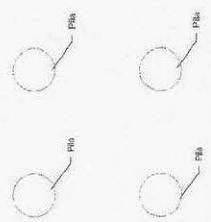
Corte A-A'



6) Al llegar a la profundidad máxima para el dado, 2.0 m, se realizará el desbaste de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una planilla de concreto pautado con una  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ , para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.

7) Posteriormente se realizará el cobro del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.

8) El espacio entre el perímetro del dado y los muros de la excavación será relleno con relleno blando, O bien, con material con calidad de "bueno", compactado al 95% de su P.A. (S.M.).



1) Una vez que se tenga el área liberada y se hayan instalado los dichos dentro del área de liberación.

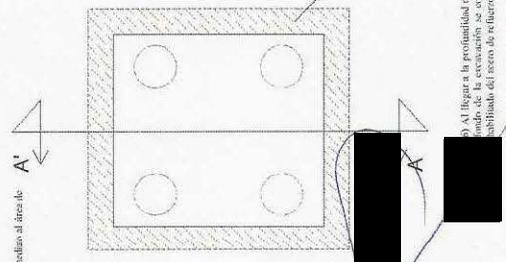
2) Se realizará la perforación y el cobro de las pilas de cimentación. Previa inspección por un supervisor en compañía de subido, verificando las paredes y fondo de las perforaciones. Esta inspección se logrará adaptando alguna de las medidas siguientes:

- A) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforación, asegurándose al bajarlo, con un anillo.
- B) Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mediana de todos.

En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certifiando la no existencia de cavidades, huecos, fracturas, etc.

3) En caso de que efectivamente se presenten las cavidades y/o otras consideradas en el diseño, se deberá colocar ademe para poder realizar el cobro. Para la colocación de este ademe se deberá tener en campo laminado calibre 20, para estar un centimetro. Esta cámara se colocará formando el habilitado del acero para cada una de las pilas (paso 1 y 2, para el caso de las pilas de 1.0 m de diámetro y 2.0 m de altura). La cámara se realizará con el mismo material de construcción. La cámara se realizará al ornado, con sus respectivas separaciones para garantizar el recubrimiento de proyecta.

4) En caso de que se presenten cavidades, débiles a los costados de el estribo, se dará aviso inmediato al área de geotecnia, para reafirmar la profundidad de las pilas y las capacidades de carga.



Corte A-A'

correctivas que se deben de realizar. Cualquier condición del suelo diferente a la considerada en este informe, deberá ser tomada en cuenta y revisar nuevamente las capacidades de carga y propuesta de desplante de las pilas, para garantizar el cumplimiento de los estados límite de falla y servicio.

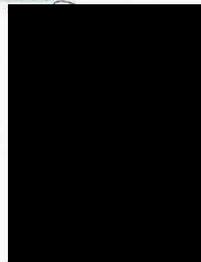
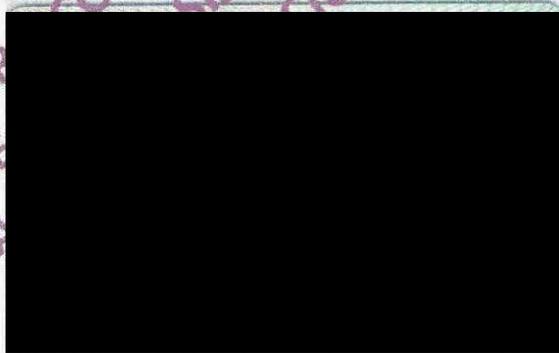
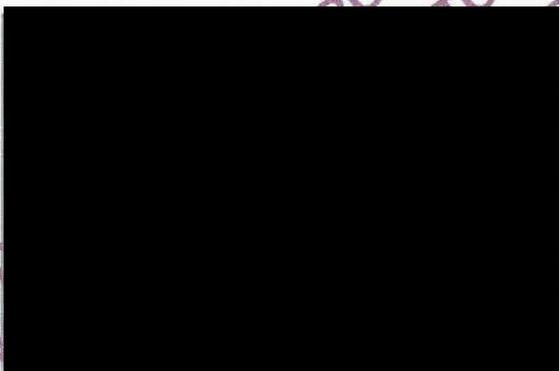
## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2ª.
6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. II**, Ed. Limusa, México 2009

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

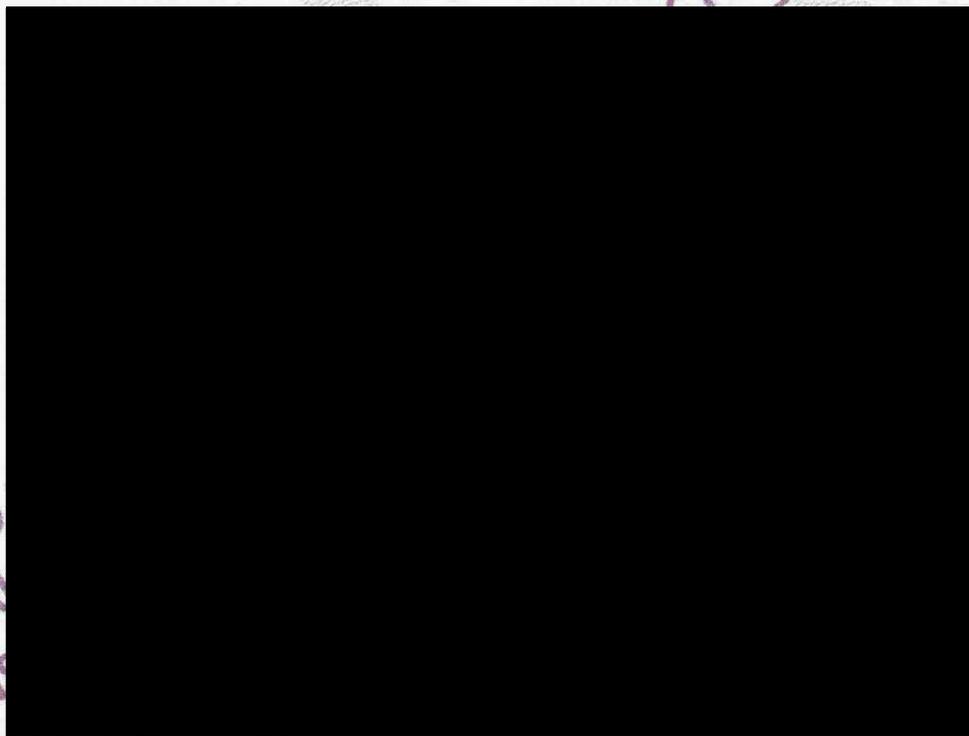
Revisión 0 – Abril 2023

PROYECTO DE (S), TORRE "MEXICO"  
PARA USO EXCLUSIVO DE  
INTEGRAL DE LA "CON  
TRANSPORTE SUSTENTABLE  
QUIROGA A METRO  
CABLEBÚS LÍNEA  
PÚBLICO CA  
CONSTRUC  
SISTEMA  
CIUDAD



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



PARA USO  
INTEGRAL  
TRANS  
QUIRO  
CABLEBUS  
PÚBLICO CAB



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA**

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

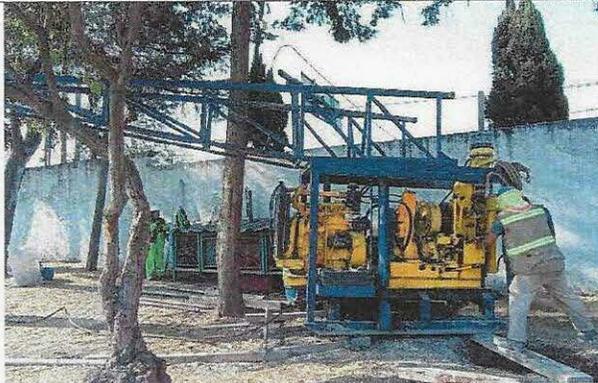


Foto No. 1.1 Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SPT-13.



Foto No. 1.2 Exploración y muestreo del sondeo mecánico directo SPT-13

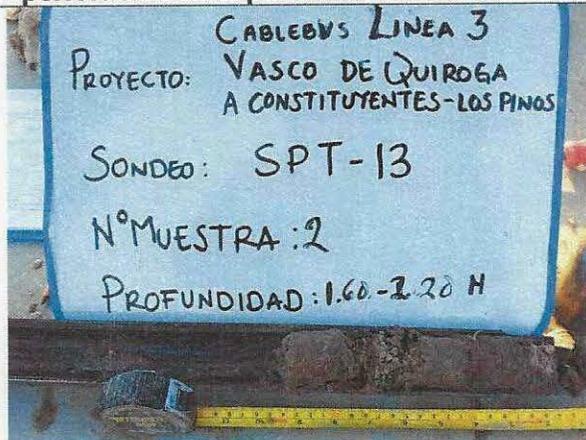


Foto No. 1.3 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 1.60 a 2.20 m en el sondeo SPT-13.

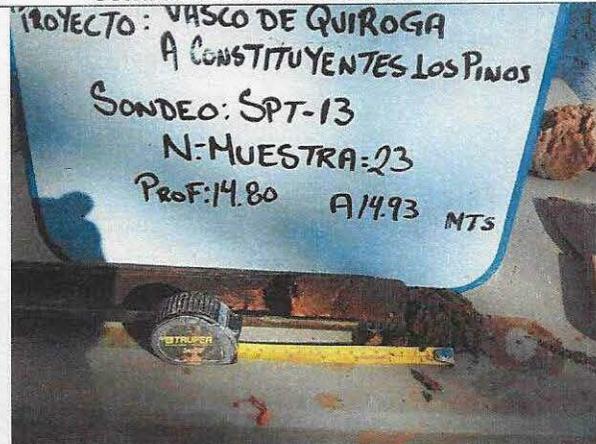


Foto No. 1.4 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 14.80 a 14.93 m en el sondeo SPT-13.

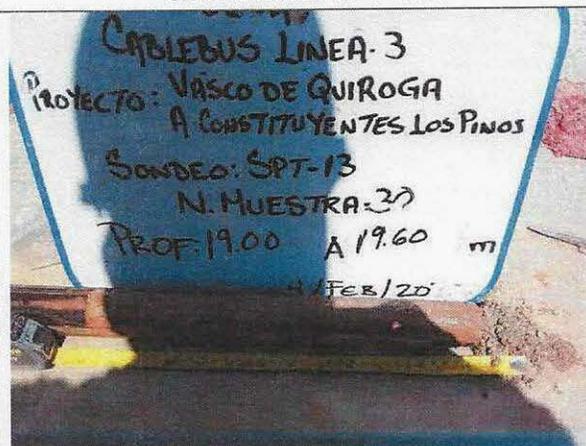


Foto No. 1.5 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 19.00 a 19.60m en el sondeo SPT-13.

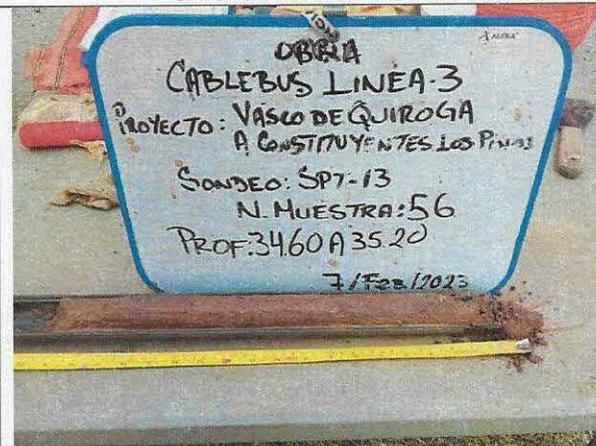


Foto No. 1.6 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 34.60 a 35.20 m en el sondeo SPT-13.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**Foto No. 1.7 Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SAC-13A.**



**Foto No. 1.8 Exploración del subsuelo con el sondeo mecánico directo SAC-13A**



**Foto No. 1.9 Ejecución de prueba de Presiómetro dentro del sondeo SAC-13A**



**Foto No. 1.10 Ejecución de prueba de Presiómetro dentro del sondeo SAC-13A**



**Foto No. 1.11 Ejecución de prueba de Presiómetro dentro del sondeo SAC-13A**



**Foto No. 1.12 Retiro del equipo del sitio.**

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**10. ANEXO 2. REGISTROS DE SONDEOS**

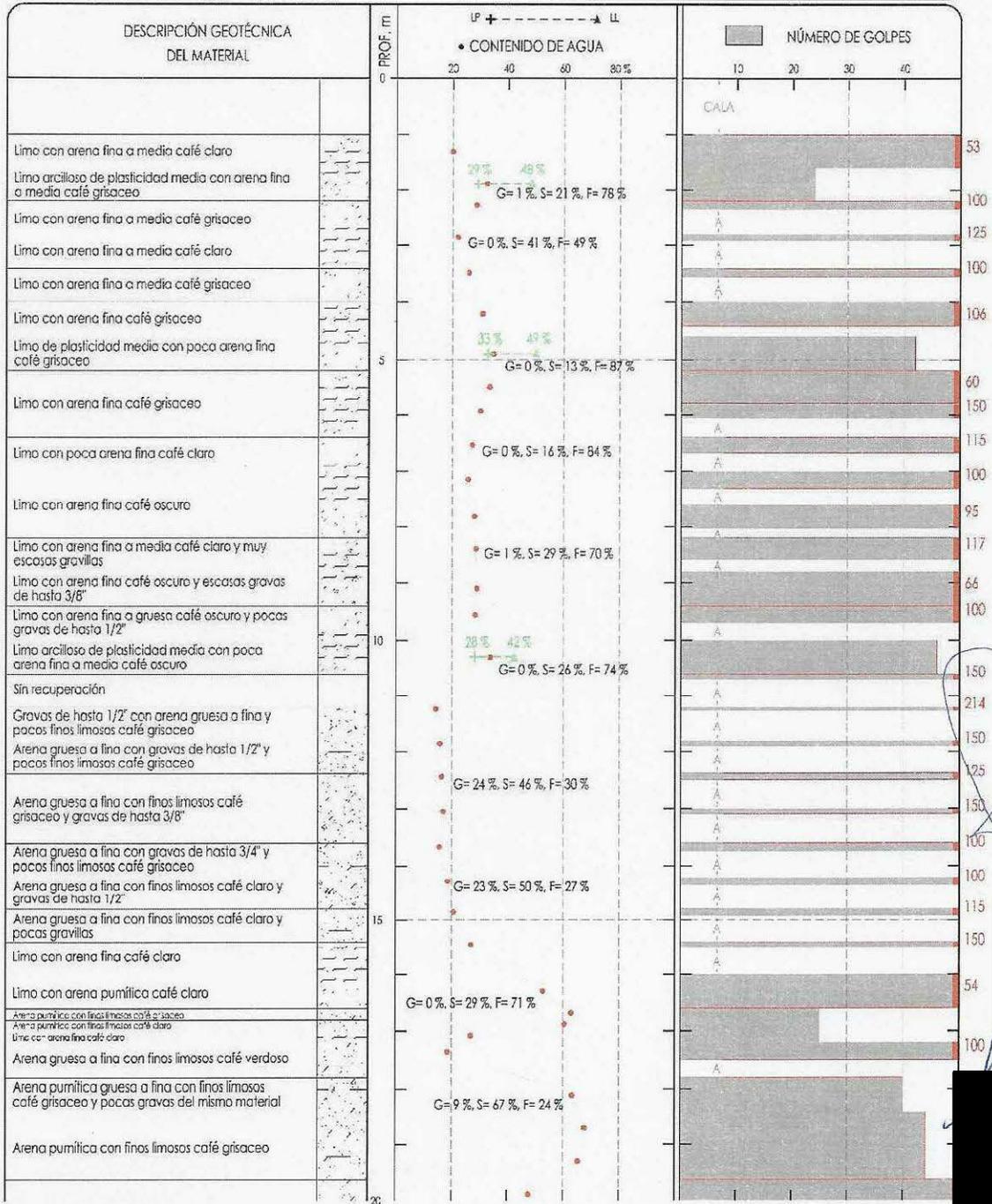
Clave: DGOT-PRYL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

X = 476,536, Y = 2144,629, Z = 2,422.30

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**

PROYECTO	Cablebús L-3, Torre 11	SONDEO	SPT-13
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	PROF. EXPLORADA	35.20 m
		PROF. NAF	No se detectó



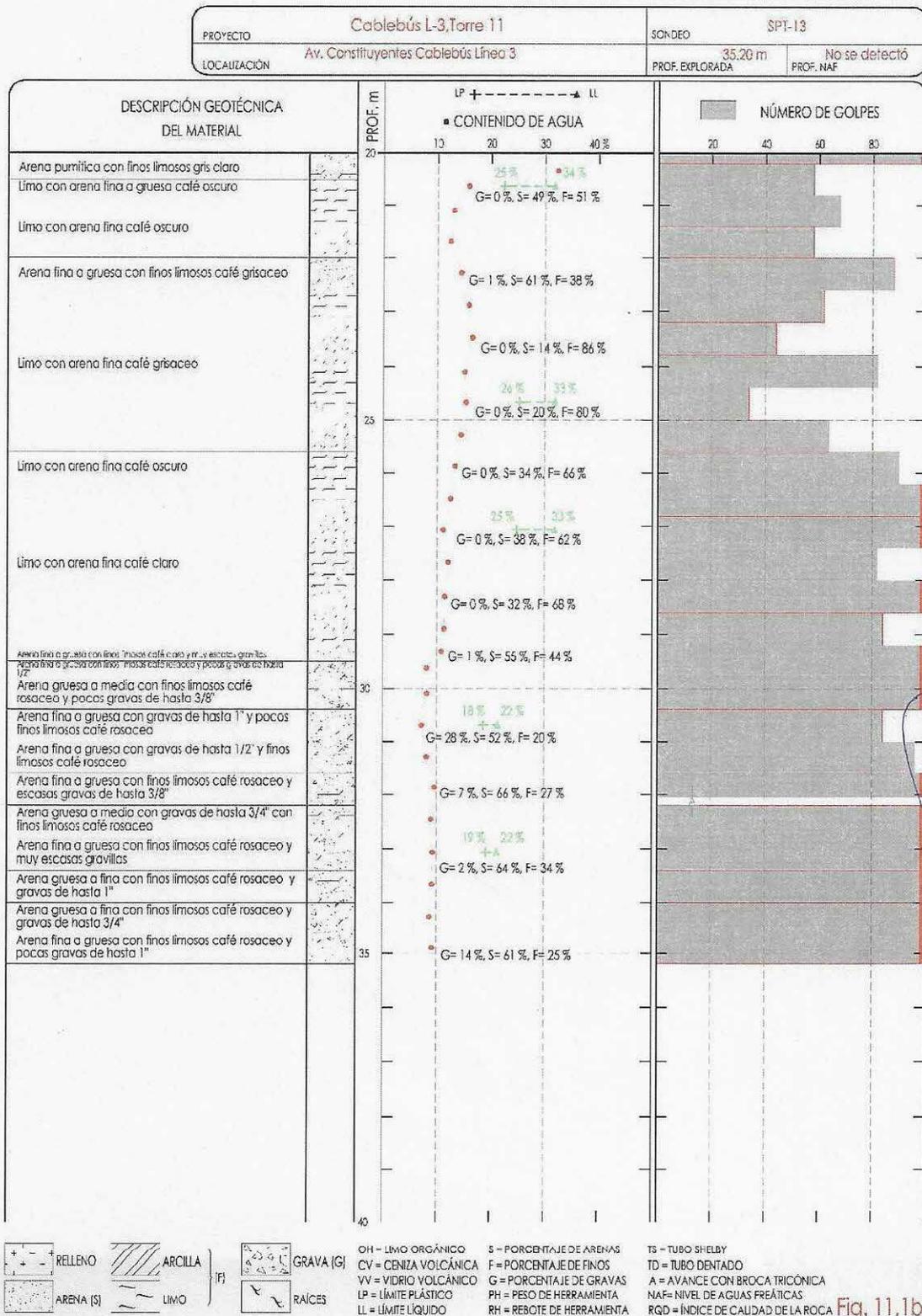
RELENO (F) GRAVA (G) RAÍCES  
 ARENA (S) ARCILLA (F) LIMOS (F)  
 OH = LIMO ORGÁNICO CV = CENIZA VOLCÁNICA VV = VIDRIO VOLCÁNICO LP = LÍMITE PLÁSTICO LL = LÍMITE LÍQUIDO  
 S = PORCENTAJE DE ARENAS F = PORCENTAJE DE FINOS G = PORCENTAJE DE GRAVAS PH = PESO DE HERRAMIENTA RH = REBOTE DE HERRAMIENTA  
 TS = TUBO SHELBY TD = TUBO DENTADO A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA NAF = NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS RQD = ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA

Fig. 11.1a

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**

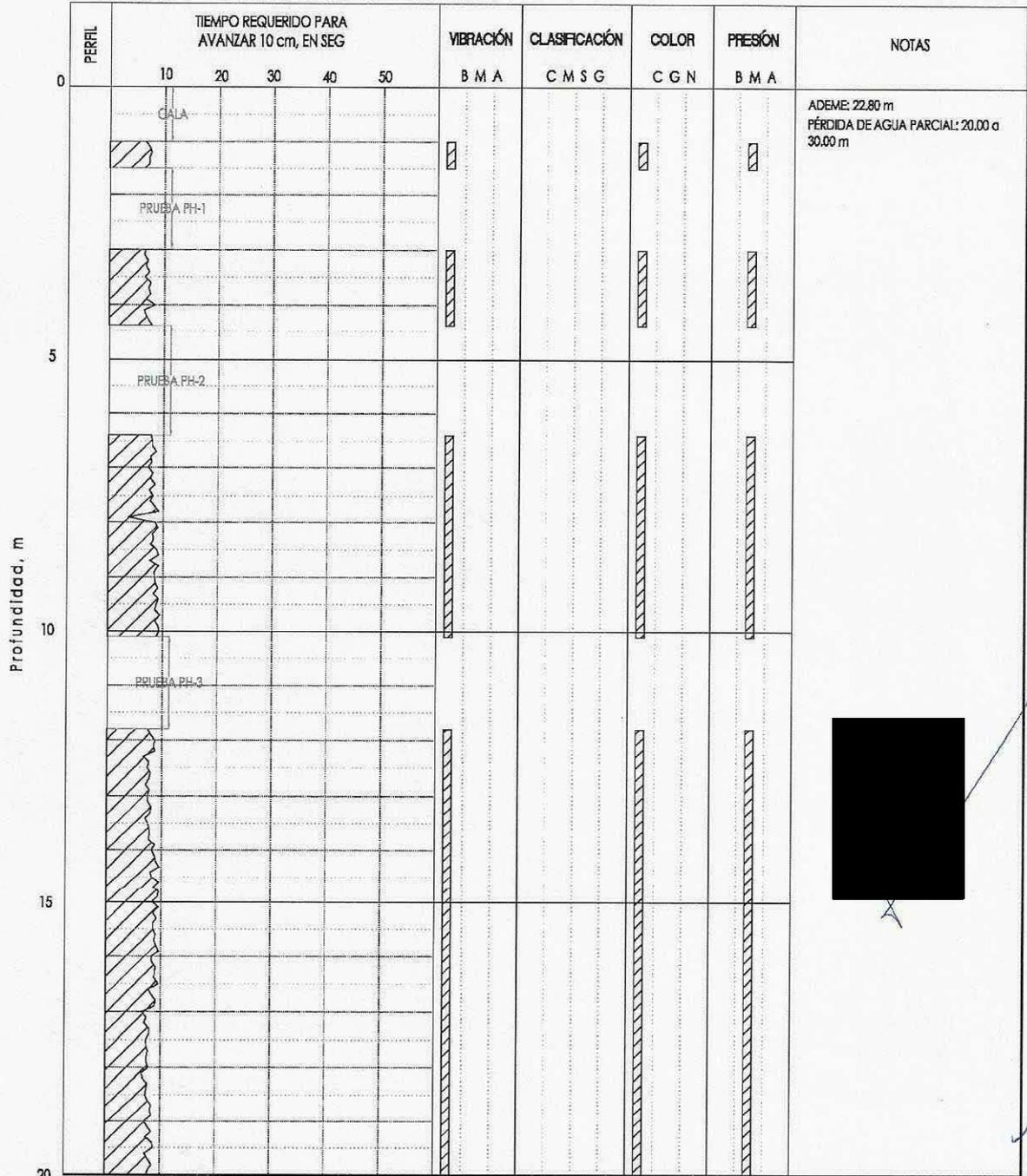


Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-IMP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

## SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3, T-11	OPERADOR/SUPERVISOR	Hugo Pérez	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Centro hípico SEDENA	FECHA	10/02/2023	SONDEO	SAC- 1



	RELLENO		ARENA (S)	<b>VIBRACIÓN/PRESIÓN</b>	<b>COLOR</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
	ARCILLA (C)		GRAVA (G)	B BAJA	C CAFÉ	C ARCILLA
	LIMO (M)			M MEDIA	G GRIS	M LIMO
				A ALTA	N NEGRO	S ARENA
						G GRAVA

Fig. 11.2a

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**SONDEO DE AVANCE CONTROLADO**

OBRA	CABLEBÚS L-3, T-11	OPERADOR/SUPERVISOR	Hugo Pérez	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Centro hípico SEDENA	FECHA	10/02/2023	SONDEO	SAC- 1

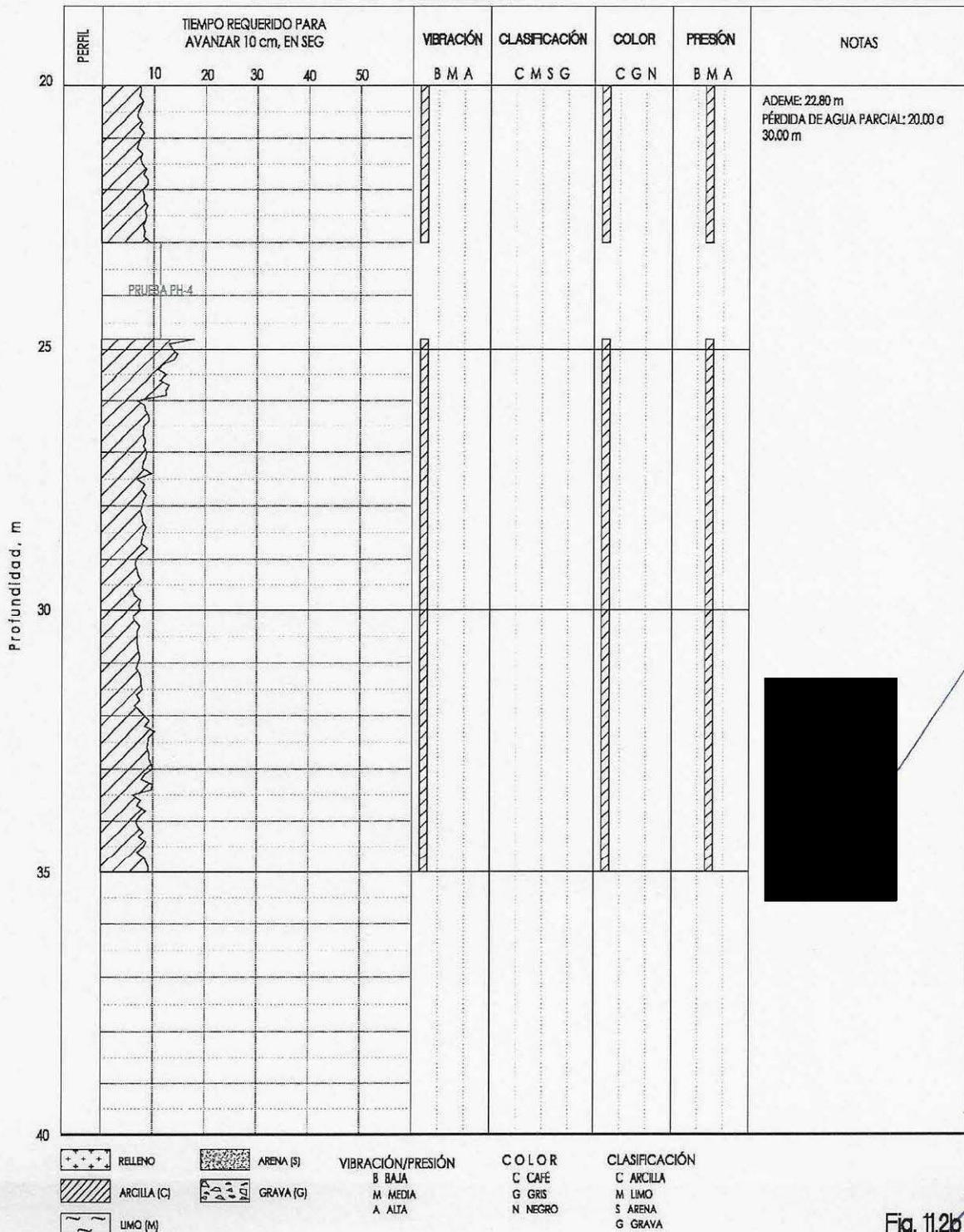


Fig. 11.2b

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**  
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepetitlaco Tlaxtepanitla Edo. de México

Tel.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505

E MAIL: ingcuervos@prodigy.net.mx

PROYECTO: CAMPAÑAS LINEA 3 VASCO DE GARCÍA A CONSTITUYENTES-LOS PNDI  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
MÁQUINA: LONWATER 30

OPERD/SUP: L  
HOLA: 1  
PROF. NAT: m PROF. EXPLORADA: 35.20 m  
FECHA INICIO: 01-FEBRERO-2023 FECHA TERMINACIÓN: 07-FEBRERO-2023

Prof. (m)	Muestra No.	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Perfil Prof. (m)	Número de golpes							
							0	10	20	30	40			
0.00-1.00	-	-	-	-	Cala	0								
1.00-1.60	1	13-26-27-23	53	30	Limo arenoso cafe cementado	1								
1.60-2.20	2	12-10-14-41	24	24	Limo arenoso cafe	2								
2.20-2.35	3	59/15	100	11	Limo arenoso cafe poco arcilloso	3								
2.35-2.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	4								
2.80-2.92	4	59/12	125	10	Limo arenoso cafe poco arcilloso	5								
2.92-3.40	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	6								
3.40-3.55	5	50/15	160	10	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	7								
3.55-4.00	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	8								
4.00-4.42	6	30-43-50/12	168	34	Limo poca arcilloso con poca arena fina cafe	9								
4.42-4.60	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	10								
4.60-5.20	7	23-22-20-25	42	50	Limo poca arcilloso con poca arena fina cafe	11								
5.20-5.78	8	20-23-37-29	60	53	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	12								
5.78-5.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	13								
5.80-6.05	4	35-59/0	150	22	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	14								
6.05-6.40	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	15								
6.40-6.68	10	37-50/13	115	27	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	16								
6.68-7.00	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	17								
7.00-7.30	11	36-50/15	100	28	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	18								
7.30-7.60	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	19								
7.60-8.03	12	27-38-50/13	153	38	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	20								
8.03-8.20	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	21								
8.20-8.60	13	24-42-50/10	192	36	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	22								
8.60-8.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	23								
8.80-9.40	14	33-35-31-48	66	15	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	24								
9.40-9.70	15	35-50/15	100	30	Limo poco arcilloso con poca arena fina cafe	25								
9.70-10.00	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	26								
10.00-10.60	16	10-20-26-28	46	40	Arena fina poco arcillosa cafe	27								
10.60-10.70	-	50/10	150	-	Sin recuperacion	28								
10.70-11.20	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	29								
11.20-11.27	17	59/7	214	4	Arena fina media gruesa con gravillas gris	30								
11.27-11.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	31								
11.80-11.90	18	50/10	150	7	Arena fina media gruesa con gravillas gris	32								
11.90-12.40	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	33								
12.40-12.52	14	50/12	125	6	Arena fina media gruesa con gravillas gris	34								
12.52-13.00	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	35								
13.00-13.10	20	50/10	150	8	Arena fina media gruesa con gravillas gris	36								
13.10-13.60	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	37								
13.60-13.75	21	50/15	100	10	Arena fina media gruesa con gravillas gris	38								
13.75-14.20	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	39								

LIMO (M) 
  ARCILLA (C) 
  ARENA (S) 
  GRAVA (G) 
  RAÍCES 
  RELLENO

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-IMP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**

REGISTRO DE CAMPO

Hidago No. 77 Col San Lucas Tepehualco Tlaxtepanilla Edo. de México

Tels. 5365-0323 5365-2917 5365-1525

E MAIL: ingenieria@prodigy.net.mx

PROYECTO: CABLEBÚS LÍNEA 3 VASO DE QUINCE A A CONSTITUYENTES - LOS PINOS  
SONDEO: SPT-13  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
ING DE PROYECTO: [Redacted]  
MÁQUINA: Longwell 38

OPERO/SUP: [Redacted] HOJA: 2  
PROF. NAT: [Redacted] PROF. EXPLORADA: 35.20 m  
FECHA INICIO: 01-FEBRERO-2023 FECHA TERMINACIÓN: 07-FEBRERO-2023

Prof. (m)	Muestra	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Número de golpes				
						0	10	20	30	40
14.20-14.35	22	50/15	100	12	Limo arenoso café con gravas y gravillas				29	
14.35-14.60	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
14.60-14.43	23	50/12	115	11	Limo arenoso café con gravillas				29	
14.93-15.40	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
15.40-15.50	24	50/10	150	6	Limo arenoso gris					44
15.50-16.00	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
16.60-16.60	25	15-26-28-17	54	10	Limo arenoso café				22	
16.60-17.20	26	4-12-13-18	50		P.S. Arena pumítica gris P.T. Limo arenoso café					
17.20-17.50	27	26-59/15	100	15	Limo arenoso café					41
17.50-17.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
17.80-18.40	28	19-21-19-20	40	46	Arena pumítica gris con poca limosa				17	
18.40-19.00	29	17-20-24-27	44	43	Arena pumítica gris con poca limosa				32	
19.00-19.60	30	18-23-21-22	44	37	Arena pumítica gris					45
19.60-20.20	31	17-24-25-21	44	34	Arena pumítica gris					
20.20-20.80	32	13-18-11-15	29	30	P.S. Arena pumítica P.T. Limo poco arcilloso con poca arena fina					
20.80-21.40	33	10-14-20-23	34	40	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					41
21.40-22.00	34	9-13-16-20	29	48	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
22.00-22.60	35	19-21-23-28	44	35	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					42
22.60-23.20	36	10-14-17-21	31	39	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
23.20-23.80	37	11-12-10-14	22	40	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
23.80-24.40	38	17-28-23-24	41	44	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
24.40-25.00	39	7-8-9-18	17	26	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					42
25.00-25.60	40	19-14-18-23	32	42	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
25.60-26.20	41	17-22-23-18	45	43	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
26.20-26.80	42	8-22-31-48	53	38	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
26.80-27.40	43	19-24-26-27	50	31	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
27.40-28.00	44	13-20-21-23	41	38	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
28.00-28.60	45	16-25-30-27	55	31	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
28.60-29.20	46	13-23-14-16	42	31	Limo poco arcilloso con poca arena fina café					
29.20-29.80	47	15-22-40-20	62	27	P.S. Limo poco arcilloso con poca arena fina café P.T. Limo arenoso					
29.80-30.40	48	37-45-42-31	67	40	Limo arenoso café con gravillas distadas					
30.40-31.00	49	22-20-22-23	42	37	Limo arenoso café con gravillas distadas					
31.00-31.60	50	18-22-24-28	48	40	Limo arenoso café con gravillas distadas					
31.60-32.20	51	24-40-39/5	140	31	Limo arenoso café con gravillas distadas					
32.20-32.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
32.80-33.40	52	23-30-32-27	62	42	Limo arenoso café con gravillas distadas					
33.40-34.00	53	19-31-27-28/8	65	47	Limo arenoso café con gravillas distadas					
34.00-34.60	54	20-31-29-31	60	50	Limo arenoso café con gravillas distadas					
34.60-35.20	55	25-27-25-27	52	47	Limo arenoso café con gravillas distadas					

LIMO (M) 
  ARCILLA (C) 
  ARENA (S) 
  GRAVA (G) 
  RAICES 
  RELLENO 
  
 SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

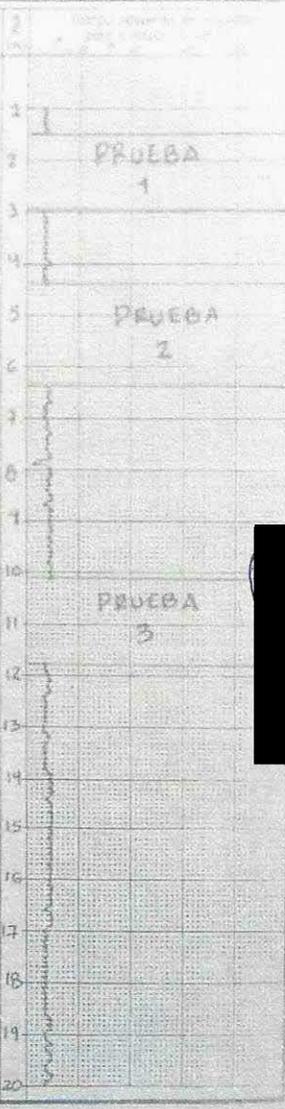
CONCEPCIÓN DE DATOS  
A 476639  
3 2744629

REGISTRO DE CAMPAÑA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES - LOS PINOS	SONDEO: SAC 13A	OPERADOR: Hugo PEREZ	1
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO TORRE 10	MATERIAL: BOMBYER 45	PROFUNDIDAD: 35	
NÚM. DE PROYECTO: [REDACTED]	FECHA: 16/07/2023	HORA: 11:25	

Prof. (m)	Prof. (seg)	Perforación (seg)	Perforación (seg)	Prof. (m)	Prof. (seg)	Perforación (seg)	Perforación (seg)	Prof. (m)	Prof. (seg)	Perforación (seg)	Perforación (seg)	Prof. (m)	Prof. (seg)	Perforación (seg)	Perforación (seg)
0		1.64	BMC	2		3.65	BMC	4.85							
1		7.23	BMC	1		1.63	BMC	1.63							
2		7.55	BMC	2		7.02	BMC	6.69							
3		7.20	BMC	3		6.65	BMC	7.19							
4		7.29	BMC	4		7.26	BMC	7.77							
5		6.38	BMC	5		6.48	BMC								
6				6		7.50	BMC								
7				7		7.15	BMC								
8				8		7.46	BMC								
9	CAVA			9		6.65	BMC								
10				10											
11				11		7.27	BMC	8.85							
12				12		8.04	BMC	9.02							
13				13		7.65	BMC	8.06							
14				14		8.47	BMC	8.26							
15	Prueba 2 a 200 mt			15		7.72	BMC	7.77							
16				16		8.02	BMC	8.89							
17				17		8.01	BMC	7.65							
18				18		8.66	BMC	8.46							
19				19		7.67	BMC	9.19							
20				20		7.86	BMC	3.66							
21				21		10.93	BMC	12.87							
22				22		8.86	BMC	8.53							
23				23				8.71							
24				24				6.67							
25				25				7.64							
26	Prueba 3 a 10.3 mt			26				7.35							
27				27				7.94							
28				28				7.66							
29				29				7.42							
30				30				7.90							
31				31											
32				32											
33				33											
34				34											
35				35											
36				36											
37				37											
38				38											
39				39											
40				40											
41				41											
42				42											
43				43											
44				44											
45				45											
46				46											
47				47											
48				48											
49				49											
50				50											

ADEME 22.80M  
 PERDIDA DE AGUA PARCIAL: 20 a 30 MTS.



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO  
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO: CABLEBÚS LÍNEA 3 UNDO DE QUIROGA A CONSISTENTES - LOS PINOS		SITIO: SAC 17A		OPERA: [REDACTED]		HOJA: 2			
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10		MAGNITUD: [REDACTED]		PROFUNDIDAD: 35		Escala: 1:100			
NO. DE PROYECTO: [REDACTED]		FECHA: 10 / feb / 23		HORA: 11.25		HORA: [REDACTED]			
20	7.39 B.M.C.	21	7.40 B.M.C.	22	7.77 B.M.C.	23	7.35 B.M.C.	24	[REDACTED]
1	7.47 B.M.C.	1	7.02 B.M.C.	1	8.09 B.M.C.	1			Pueba 7 a 24.50m
2	7.21 B.M.C.	2	6.76 B.M.C.	2	8.03 B.M.C.	2			
3	7.44 B.M.C.	3	7.76 B.M.C.	3	8.70 B.M.C.	3			
4	7.48 B.M.C.	4	7.42 B.M.C.	4	8.32 B.M.C.	4			
5	6.99 B.M.C.	5	7.72 B.M.C.	5	8.57 B.M.C.	5			
6	6.87 B.M.C.	6	8.55 B.M.C.	6	8.39 B.M.C.	6			
7	7.70 B.M.C.	7	7.90 B.M.C.	7	7.94 B.M.C.	7			
8	7.19 B.M.C.	8	8.70 B.M.C.	8	8.28 B.M.C.	8		11.66	
9	8.04 B.M.C.	9	8.60 B.M.C.	9	8.09 B.M.C.	9		13.02	
25	13.68 B.M.C.	26	6.94 B.M.C.	27	6.66 B.M.C.	28	7.88 B.M.C.	29	6.75 B.M.C.
1	14.59 B.M.C.	1	8.25 B.M.C.	1	8.26 B.M.C.	1	7.54 B.M.C.	1	6.59 B.M.C.
2	13.97 B.M.C.	2	8.47 B.M.C.	2	8.09 B.M.C.	2	7.87 B.M.C.	2	6.92 B.M.C.
3	11.71 B.M.C.	3	9.05 B.M.C.	3	7.89 B.M.C.	3	7.97 B.M.C.	3	7.15 B.M.C.
4	10.85 B.M.C.	4	9.19 B.M.C.	4	9.61 B.M.C.	4	8.64 B.M.C.	4	7.67 B.M.C.
5	12.39 B.M.C.	5	8.25 B.M.C.	5	6.82 B.M.C.	5	8.10 B.M.C.	5	6.60 B.M.C.
6	11.25 B.M.C.	6	8.12 B.M.C.	6	8.26 B.M.C.	6	7.95 B.M.C.	6	6.04 B.M.C.
7	12.97 B.M.C.	7	8.06 B.M.C.	7	7.76 B.M.C.	7	7.67 B.M.C.	7	6.49 B.M.C.
8	12.36 B.M.C.	8	8.49 B.M.C.	8	8.63 B.M.C.	8	8.91 B.M.C.	8	7.62 B.M.C.
9	12.70 B.M.C.	9	8.16 B.M.C.	9	8.13 B.M.C.	9	7.70 B.M.C.	9	7.28 B.M.C.
30	7.52 B.M.C.	31	7.18 B.M.C.	32	8.39 B.M.C.	33	9.99 B.M.C.	34	6.75 B.M.C.
1	6.20 B.M.C.	1	6.83 B.M.C.	1	9.34 B.M.C.	1	8.48 B.M.C.	1	7.17 B.M.C.
2	6.41 B.M.C.	2	7.45 B.M.C.	2	8.45 B.M.C.	2	7.83 B.M.C.	2	8.15 B.M.C.
3	7.44 B.M.C.	3	7.70 B.M.C.	3	10.33 B.M.C.	3	9.93 B.M.C.	3	7.32 B.M.C.
4	6.98 B.M.C.	4	7.79 B.M.C.	4	9.20 B.M.C.	4	9.69 B.M.C.	4	8.71 B.M.C.
5	6.98 B.M.C.	5	7.97 B.M.C.	5	9.09 B.M.C.	5	6.14 B.M.C.	5	8.23 B.M.C.
6	6.95 B.M.C.	6	6.87 B.M.C.	6	8.89 B.M.C.	6	7.66 B.M.C.	6	7.02 B.M.C.
7	7.12 B.M.C.	7	7.48 B.M.C.	7	9.25 B.M.C.	7	6.95 B.M.C.	7	8.29 B.M.C.
8	7.28 B.M.C.	8	6.52 B.M.C.	8	9.26 B.M.C.	8	8.63 B.M.C.	8	8.68 B.M.C.
9	7.57 B.M.C.	9	7.42 B.M.C.	9	9.67 B.M.C.	9	7.60 B.M.C.	9	9.15 B.M.C.
35	9.22 B.M.C.								

impulsado por CamScanner

Nota: Los registros de campo hacen mención a la T-10, ya que los sondeos se realizaron antes de la modificación de la nomenclatura de las Torres del proyecto.

**11. ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO**

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10

LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

SONDEO: SPT-13 FECHA: 22/02/2023

HOJA: 1 DE 3

MTRA.	PROF. m	TARA N°	Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1.60	319	186.29	158.57	27.72	138.22	20.05	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
2	1.60	163	158.31	124.68	33.63	104.21	32.27	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
3	2.20	155-A	126.71	103.01	23.70	82.64	28.68	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
4	2.80	86	136.88	115.96	20.92	94.94	22.03	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
5	3.40	3.55	10	20.98	138.76	114.60	24.16	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
6	4.00	4.42	269	20.25	124.38	99.82	24.56	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ GRISACEO
7	4.60	5.20	100	20.80	168.57	130.41	38.16	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON POCA ARENA FINA CAFÉ GRISACEO
8	5.20	5.78	180	20.98	128.13	101.26	26.87	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ GRISACEO
9	5.80	6.05	277	33.69	184.84	149.81	35.03	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ GRISACEO
10	6.40	6.68	139	20.38	159.88	130.14	29.74	LIMO CON POCA ARENA FINA CAFÉ CLARO
11	7.00	7.30	228	20.38	174.76	143.19	31.57	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ OBSCURO
12	7.60	8.03	15	21.14	119.48	97.97	21.51	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ OBSCURO
13	8.20	8.60	236	20.97	168.09	135.30	32.79	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO Y MUY ESCASAS GRAVILLAS
14	8.80	9.40	2	20.90	181.88	145.69	36.19	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ OBSCURO Y ESCASA GRAVAS DE HASTA 3/8"
15	9.40	9.70	237	20.99	158.91	128.45	30.46	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OBSCURO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
16	10.00	10.60	67	20.86	165.46	128.89	36.57	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA CON POCA ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO
17	11.20	11.27	336	20.63	138.28	123.59	14.69	GRAVAS DE HASTA 1/2" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
18	11.80	11.90	136	20.77	145.70	128.77	16.93	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1/2" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
19	12.40	12.52	302	19.85	87.32	77.85	9.47	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVAS DE HASTA 3/8"
20	13.00	13.10	384	32.14	206.11	180.97	25.14	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVAS DE HASTA 3/8"
21	13.60	13.75	14	21.39	232.03	195.90	27.13	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
22	14.20	14.35	279	34.53	189.92	165.58	24.34	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVAS DE HASTA 1/2"
23	14.80	14.93	278	35.49	159.62	138.35	21.27	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVILLAS
24	15.40	15.50	255	20.25	135.74	111.22	24.52	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10

LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

SONDEO: SPT-13      FECHA: 22/02/2023

HOJA: 2 DE 3

MTRA.	PROF. m	TARA N°	Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCION DEL SUELO
25	16.00	162	135.74	96.15	39.59	75.11	52.71	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA PUMITICA CAFÉ CLARO
26	16.60	17.20	104.68	72.37	32.31	51.45	62.80	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
26-A	16.60	17.20	20.98	97.64	46.38	76.66	60.50	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO
26-B	16.60	17.20	20.41	128.89	105.97	22.92	85.56	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
27	17.20	17.50	5	65.89	8.26	44.90	18.40	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS GRIS VERDOSO
28	17.80	18.40	298	147.00	97.98	49.02	77.59	ARENA PUMITICA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DEL MISMO MAT.
29	18.40	19.00	57	150.78	98.59	52.19	77.17	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
30	19.00	19.60	323	161.23	107.84	53.39	81.80	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
31	19.60	20.20	334	159.83	119.82	40.01	84.23	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
32	20.20	20.80	231	102.15	69.99	32.16	49.70	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
32-A	20.20	20.80	202	163.51	129.22	34.29	108.37	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OSCURO
33	20.80	21.40	321	149.08	125.92	23.76	90.87	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ OSCURO
34	21.40	22.00	262	136.55	113.45	23.10	92.95	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ OSCURO
35	22.00	22.60	333	177.55	145.45	32.10	111.17	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
36	22.60	23.20	219	169.49	133.53	35.96	113.25	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
37	23.20	23.80	173	178.09	139.03	39.06	118.20	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
38	23.80	24.40	17	182.84	145.30	37.54	124.27	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
39	24.40	25.00	268	200.65	158.21	42.44	137.96	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
40	25.00	25.60	134	202.76	169.85	42.91	148.94	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
41	25.60	26.20	184	208.84	153.61	35.37	132.77	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ OSCURO
42	26.20	26.80	332	225.98	187.43	38.55	154.81	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
43	26.80	27.40	50	212.7	152.69	29.17	131.42	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
44	27.40	28.00	61	160.96	133.79	27.17	112.91	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
45	28.00	28.60	265	164.97	138.06	26.89	117.56	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARRERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
MUESTRA Nº : 2 SONDEO: SPT-13 CALCULISTA: [REDACTED]  
PROFUNDIDAD: 1.60-2.20 m.  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :  
OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.  
Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.76	0.73	99.27
suma		0.76	0.73	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 124.68 gr.  
TARA # : 163 Peso de la tara: 20.47 gr.  
Peso de la muestra total : 104.21 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.51	0.49		98.78
16	1.00	0.53	0.51		98.27
20	850	0.29	0.28		97.99
30	600 µ	1.13	1.08		96.91
40	425 µ	1.76	1.69		95.22
60	250 µ	3.41	3.27		91.95
100	150 µ	3.28	3.15		88.80
200	75 µ	11.18	10.73		78.07
charola		82.12	78.80		
suma		22.09			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 0.73  
% ARENA : 21.20  
% FINOS : 78.07  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
 0  
 0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA Nº : 2  
 PROFUNDIDAD : 1.60-2.20 m

FECHA : 27/02/2023

BORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :  
 OBSERVACIONES :

**CURVA GRANULOMETRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.181  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.73  
 % ARENA : 21.20  
 % FINOS : 78.07  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23  
LABORATORISTA: XXXXXXXXXX  
MUESTRA Nº : 4 SONDEO: SPT-13 CALCULISTA: XXXXXXXXXX  
PROFUNDIDAD: 2.80-2.92 m.  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 0 gr.  
Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 115.96 gr.  
TARA # : 86 Peso de la tara: 21.02 gr.  
Peso de la muestra total : 94.94 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.06	0.06		99.94
20	850	0.09	0.09		99.84
30	600 µ	1.10	1.16		98.68
40	425 µ	2.67	2.81		95.87
60	250 µ	7.96	8.38		87.49
100	150 µ	7.84	8.26		79.23
200	75 µ	19.16	20.18		59.05
charola		56.06	59.05		
suma		38.88			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 40.95  
% FINOS : 59.05  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 4  
 PROFUNDIDAD : 2.80-2.92 m

FECHA : 27/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} = 0.077$   
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} = 0.292$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 40.95  
 % FINOS : 59.05  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
 FECHA: 27-feb.-23  
 LABORATORISTA: [REDACTED]  
 MUESTRA N° : 7 SONDEO: SPT-13 CALCULISTA: [REDACTED]  
 PROFUNDIDAD: 4.60-5.20 m.  
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.*  
 Peso de la nPeso de la muestra total + tara 0 gr.  
 Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.  
 Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A	B	C	D	E
MALLA N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.37	0.34	99.66
suma		0.37	0.34	

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.*  
 Peso de la muestra total + tara : 130.41 gr.  
 TARA # : 100 Peso de la tara: 20.80 gr.  
 Peso de la muestra total : 109.61 gr.

A	B	C	D	E	F
MALLA N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr.	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		99.66
16	1.00	0.00	0.00		99.66
20	850	0.00	0.00		99.66
30	600 μ	0.08	0.07		99.59
40	425 μ	0.37	0.34		99.25
60	250 μ	1.61	1.47		97.78
100	150 μ	2.16	1.97		95.81
200	75 μ	10.37	9.46		86.35
charola		95.02	86.69		
suma		14.59			

% MATERIAL > MALLA N° 4. : \_\_\_\_\_  
 % GRAVA : 0.34  
 % ARENA : 13.31  
 % FINOS : 86.35  
 CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
 TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



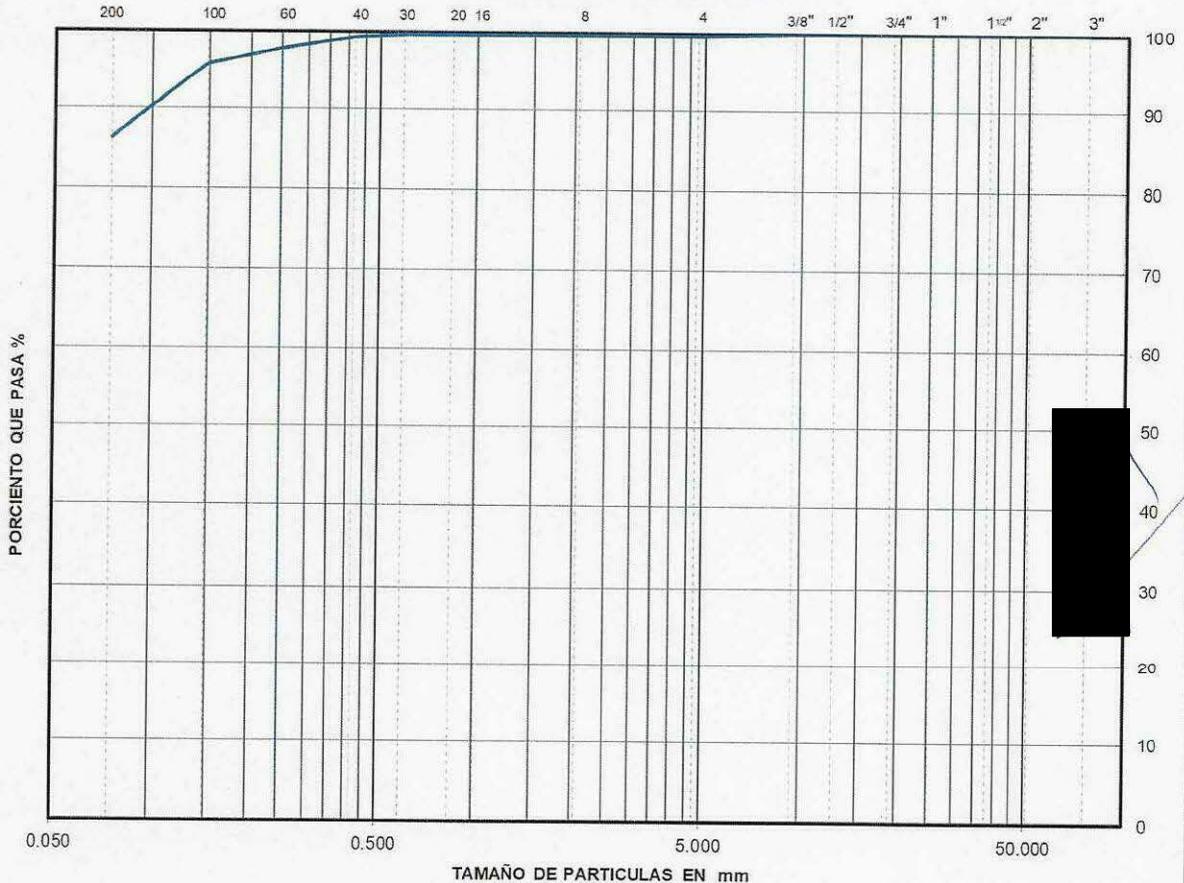
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 7  
 PROFUNDIDAD : 4.60-5.20 m.

FECHA : 27/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.098  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.34  
 % ARENA : 13.31  
 % FINOS : 86.35  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA N° : 10 SONDEO: SPT-13

CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 6.40-6.68 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara : 130.14 gr.

TARA # : 139 Peso de la tara: 20.38 gr.

Peso de la muestra total : 109.76 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.19	0.17		99.83
16	1.00	0.00	0.00		99.83
20	850	0.00	0.00		99.83
30	600 μ	0.00	0.00		99.83
40	425 μ	0.20	0.18		99.64
60	250 μ	1.27	1.16		98.49
100	150 μ	2.55	2.32		96.16
200	75 μ	13.33	12.14		84.02
charola		92.22	84.02		
suma		17.54			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 15.98

% FINOS : 84.02

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



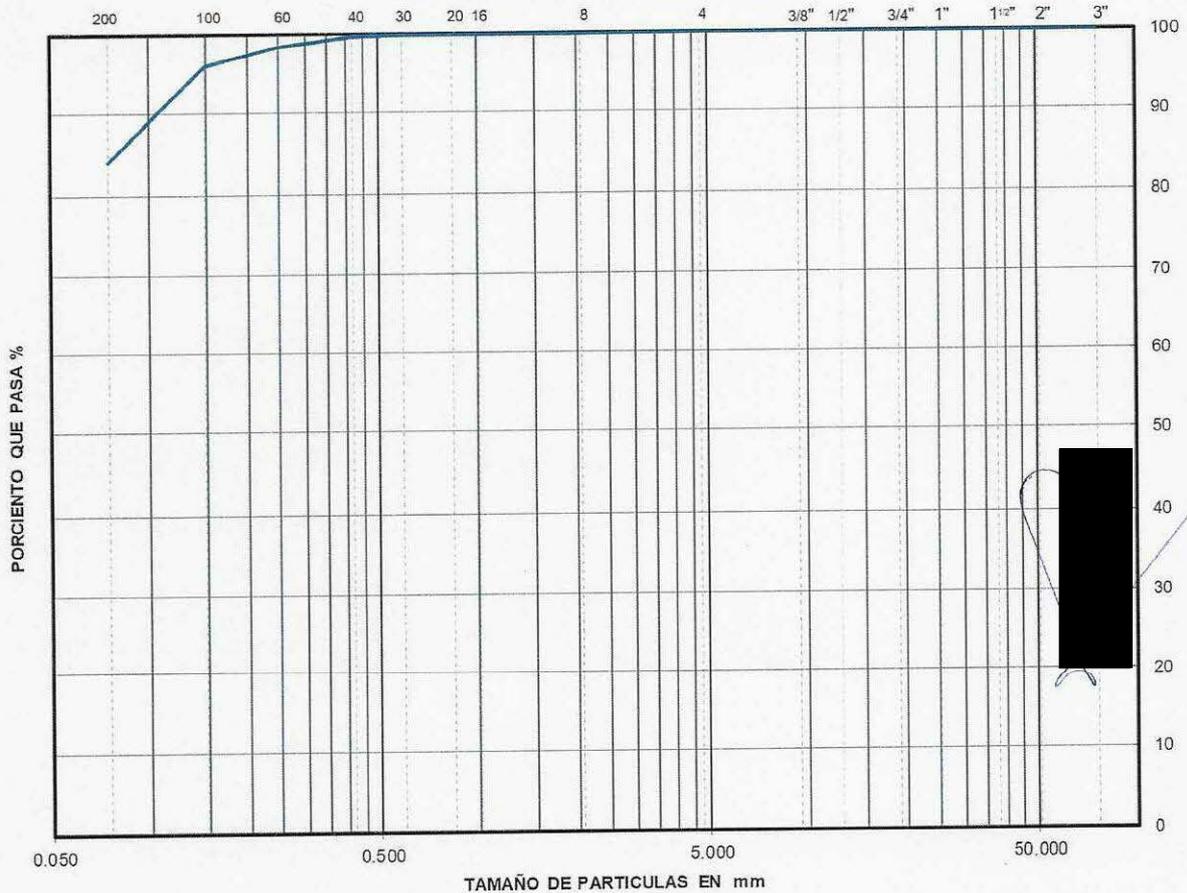
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
SONDEO : SPT-13  
MUESTRA N° : 10  
PROFUNDIDAD : 6.40-6.68 m.

FECHA : 27/02/2023  
BORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{90} =$  \_\_\_\_\_       $D_{95} =$  0.105  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 15.98  
 % FINOS : 84.02  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23

LABORATORISTA:

MUESTRA N° : 13 SONDEO: SPT-13

CALCULISTA:

PROFUNDIDAD: 8.20-8.60 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	1.59	1.39	98.61
suma		1.59	1.39	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara : 135.30 gr.

TARA # : 236 Peso de la tara: 20.97 gr.

Peso de la muestra total : 114.33 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.28	0.24		98.36
16	1.00	0.07	0.06		98.30
20	850	0.11	0.10		98.21
30	600 μ	0.75	0.66		97.55
40	425 μ	2.00	1.75		95.80
60	250 μ	5.74	5.02		90.78
100	150 μ	4.93	4.31		86.47
200	75 μ	18.97	16.59		69.88
charola		81.48	71.27		
suma		32.85			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :

% GRAVA : 1.39

% ARENA : 28.73

% FINOS : 69.88

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HÍPICO T-10  
0  
0  
SONDEO : SPT-13  
MUESTRA Nº : 13  
PROFUNDIDAD : 8.20-8.60 m.

FECHA : 27/02/2023  
BORATORISTA : [REDACTED]  
CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMETRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{e0} =$  \_\_\_\_\_       $D_{e0} = 0.228$  \_\_\_\_\_  
 $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 1.39  
% ARENA : 28.73  
% FINOS : 69.88  
S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.**  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
 FECHA: 27-feb.-23  
 LABORATORISTA: [REDACTED]  
 MUESTRA N° : 16 SONDEO: SPT-13 CALCULISTA: [REDACTED]  
 PROFUNDIDAD: 10.00-10.60 m.  
 DESCRIPCION DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
 Peso de la muestra total + tara 0 gr.  
 Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.  
 Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
 Peso de la muestra total + tara : 128.89 gr.  
 TARA # : 67 Peso de la tara: 20.86 gr.  
 Peso de la muestra total : 108.03 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	1.25	1.16		98.84
16	1.00	0.00	0.00		98.84
20	850	0.00	0.00		98.84
30	600 μ	0.21	0.19		98.65
40	425 μ	0.97	0.90		97.75
60	250 μ	3.67	3.40		94.35
100	150 μ	4.85	4.49		89.86
200	75 μ	17.66	16.35		73.52
charola		79.42	73.52		
suma		28.61			

% MATERIAL > MALLA N° 4. : \_\_\_\_\_  
 % GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 26.48  
 % FINOS : 73.52  
 CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
 TOTAL: 100.00



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 19 SONDEO: SPT-13

CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 12.40-12.52 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	6.42	11.07	88.93
4	4.76	7.27	12.53	76.40
suma		13.69	23.60	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 77.85 gr.

TARA # : 302 Peso de la tara: 19.85 gr.

Peso de la muestra total : 58.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASÓ MUESTRA TOTAL
8	2.36	8.89	15.33		61.07
16	1.00	5.92	10.21		50.86
20	850	1.28	2.21		48.66
30	600 µ	2.29	3.95		44.71
40	425 µ	1.59	2.74		41.97
60	250 µ	1.98	3.41		38.55
100	150 µ	1.36	2.34		36.21
200	75 µ	3.63	6.26		29.95
charola		31.06	53.55		
suma		26.94			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 23.60

% ARENA : 46.45

% FINOS : 29.95

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



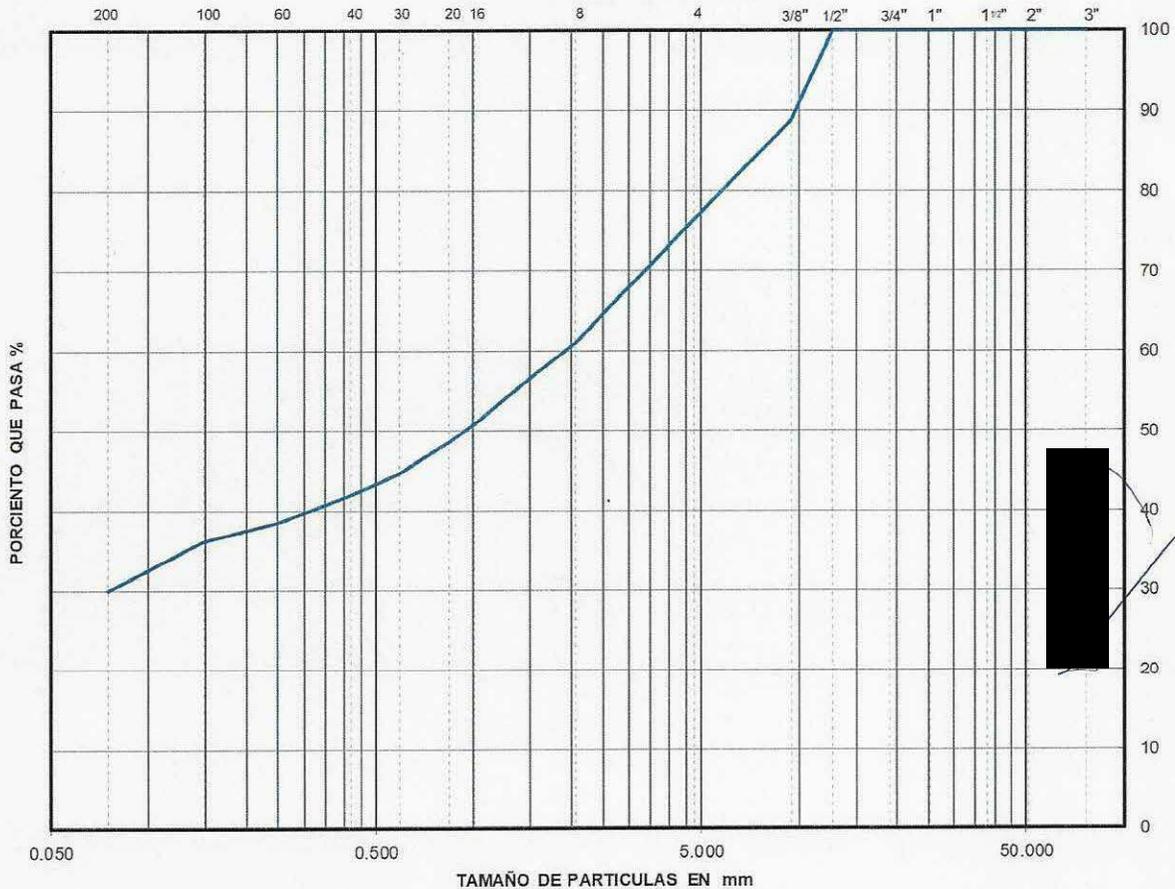
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 19  
 PROFUNDIDAD : 12.40-12.52 m

FECHA : 27/02/2023  
 BORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMETRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{0.075}$        $D_{60} = \underline{1.908}$   
 $D_{50} = \underline{0.936}$        $D_{90} = \underline{9.793}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 23.60  
 % ARENA : 46.45  
 % FINOS : 29.95  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 22 SONDEO: SPT-13

CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 14.20-14.35 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	15.49	11.82	88.18
3/8"	9.50	4.92	3.75	84.43
4	4.76	9.11	6.95	77.47
suma		29.52	22.53	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 165.58 gr.

TARA #: 279 Peso de la tara: 34.53 gr.

Peso de la muestra total : 131.05 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	14.73	11.24		66.23
16	1.00	13.89	10.60		55.64
20	850	4.01	3.06		52.58
30	600 µ	6.89	5.26		47.32
40	425 µ	5.41	4.13		43.19
60	250 µ	6.63	5.06		38.13
100	150 µ	4.23	3.23		34.90
200	75 µ	10.01	7.64		27.26
charola		65.25	49.79		
suma		65.80			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 22.53

% ARENA : 50.21

% FINOS : 27.26

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
SONDEO : SPT-13  
MUESTRA Nº : 22  
PROFUNDIDAD : 14.20-14.35 m.

FECHA : 27/02/2023

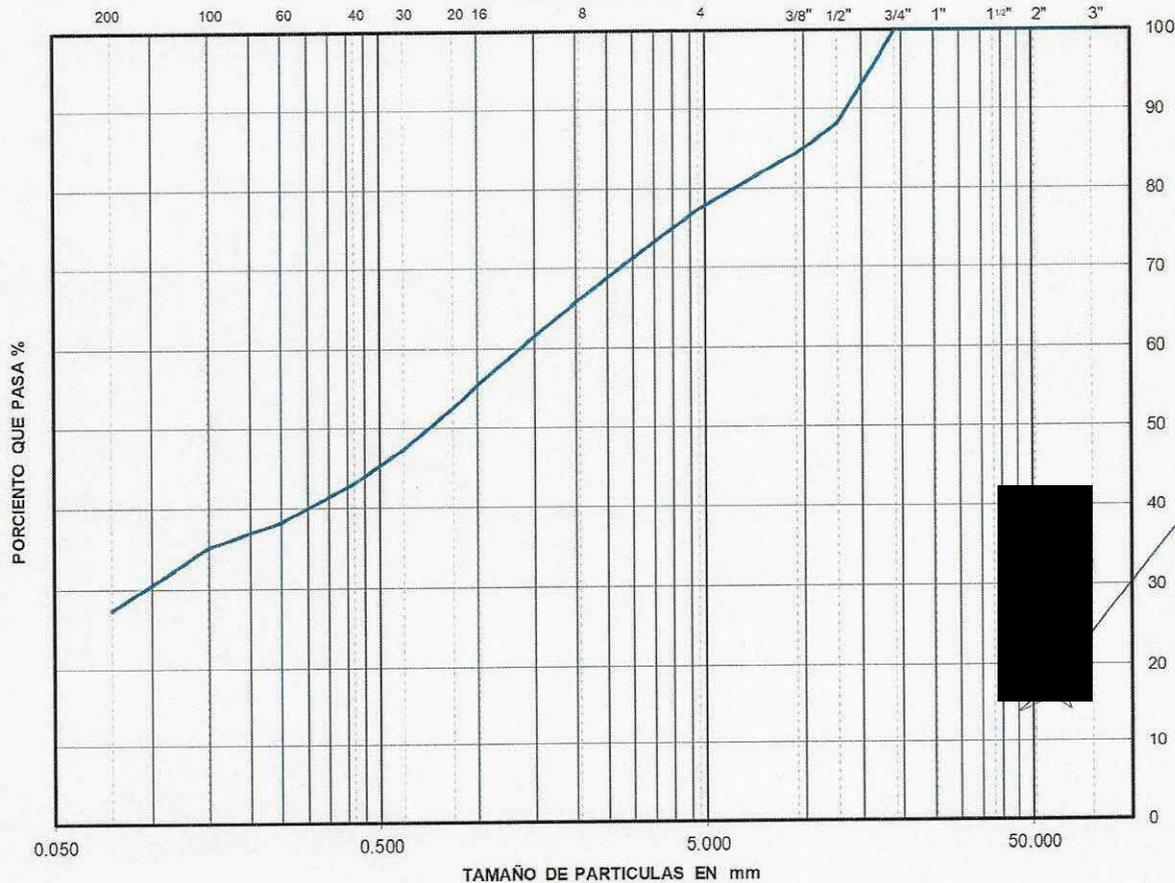
LABORATORISTA: [REDACTED]

CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_  $D_{30} =$  0.096  $D_{60} =$  1.348

$D_{50} =$  0.710  $D_{90} =$  13.518

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_

$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 22.53  
% ARENA : 50.21  
% FINOS : 27.26  
S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 25 SONDEO: SPT-13 CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 16.00-16.60 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 96.15 gr.

TARA # : 162 Peso de la tara: 21.04 gr.

Peso de la muestra total : 75.11 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	0.09	0.12		99.88
30	600 µ	0.58	0.77		99.11
40	425 µ	1.76	2.34		96.76
60	250 µ	3.55	4.73		92.04
100	150 µ	3.60	4.79		87.25
200	75 µ	12.31	16.39		70.86
charola		53.22	70.86		
suma		21.89			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 29.14

% FINOS : 70.86

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

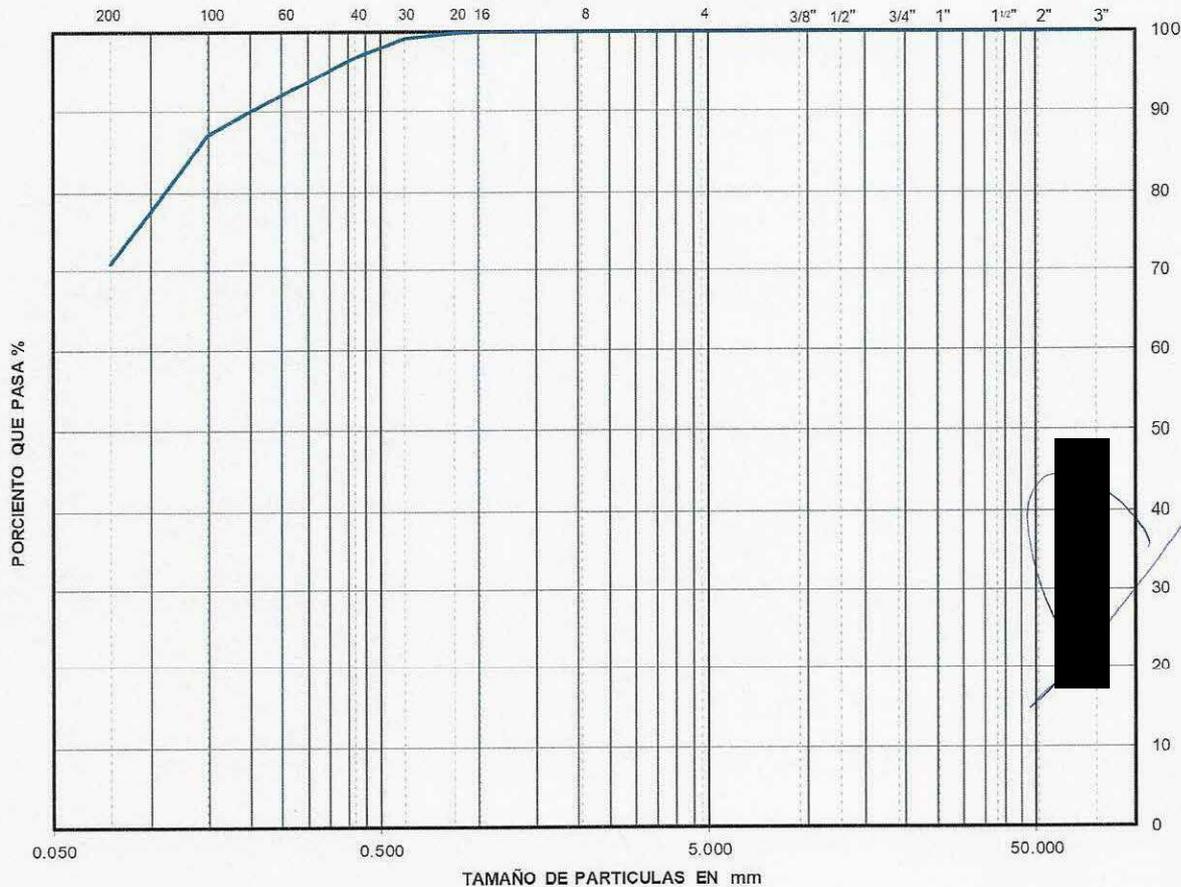
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 25  
 PROFUNDIDAD : 16.00-16.60 m.

FECHA : 27/02/2023

BORATORISTA :   
 CALCULISTA :

DESCRIPCION DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMETRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.201  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 29.14  
 % FINOS : 70.86  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 28 SONDEO: SPT-13

CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 17.80-18.40 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES : MATERIAL PUMÍTICO

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.75	0.97	99.03
3/8 "	9.50	0.64	0.82	98.21
4	4.76	5.14	6.62	91.58
suma		6.53	8.42	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 97.98 gr.

TARA # : 298 Peso de la tara: 20.39 gr.

Peso de la muestra total : 77.59 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	11.27	14.53		77.06
16	1.00	13.14	16.94		60.12
20	850	3.70	4.77		55.36
30	600 µ	7.38	9.51		45.84
40	425 µ	5.28	6.81		39.04
60	250 µ	4.43	5.71		33.33
100	150 µ	2.29	2.95		30.38
200	75 µ	4.76	6.13		24.24
charola		25.34	32.66		
suma		52.25			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_

% GRAVA : 8.42

% ARENA : 67.34

% FINOS : 24.24

CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
SONDEO : SPT-13  
MUESTRA N° : 28  
PROFUNDIDAD : 17.80-18.40 m

FECHA : 27/02/2023  
BORATORISTA : [REDACTED]  
CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
OBSERVACIONES : MATERIAL PUMÍTICO

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  0.143       $D_{60} =$  0.998  
 $D_{50} =$  0.692       $D_{90} =$  4.344  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA :	8.42
% ARENA :	67.34
% FINOS :	24.24
S. U. C. S. :	0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 28-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 32-A SONDEO: SPT-13

CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 20.20-20.80 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 129.22 gr.

TARA # : 202 Peso de la tara: 20.85 gr.

Peso de la muestra total : 108.37 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	1.16	1.07		98.93
16	1.00	2.78	2.57		96.36
20	850	1.89	1.74		94.62
30	600 µ	7.19	6.63		87.99
40	425 µ	7.82	7.22		80.77
60	250 µ	10.05	9.27		71.50
100	150 µ	6.84	6.31		65.18
200	75 µ	15.84	14.62		50.57
charola		54.80	50.57		
suma		53.57			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 49.43

% FINOS : 50.57

CLASIFICACION S. U. C. S. : ML

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



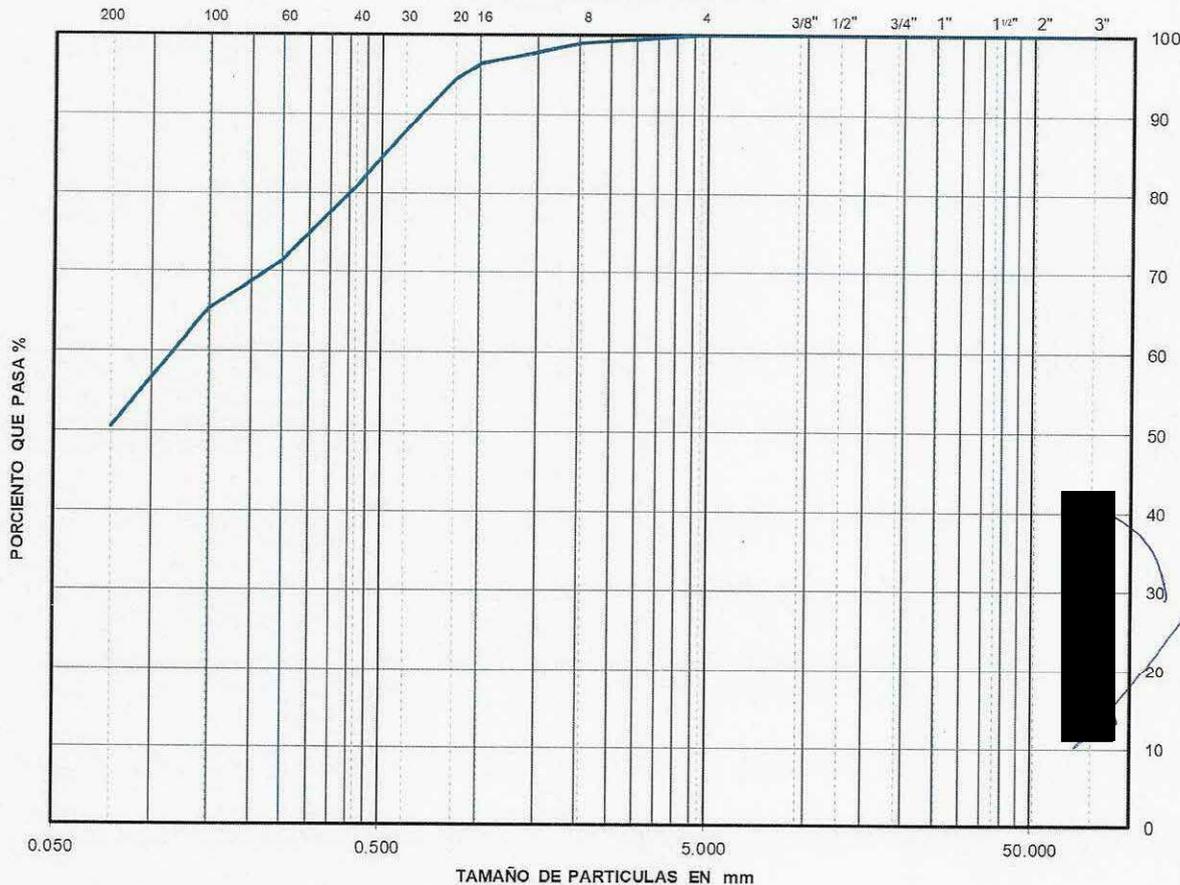
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA Nº : 32-A  
 PROFUNDIDAD : 20.20-20.80 m

FECHA : 28/02/2023  
 LABORATORISTA: [REDACTED]  
 CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{60} = \underline{0.117}$   
 $D_{50} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{90} = \underline{0.661}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 49.43  
 % FINOS : 50.57  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** CAMPO HIPICO T-10

**FECHA:** 28-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**CALCULISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA N° :** 35 **SONDEO:** SPT-13  
**PROFUNDIDAD:** 22.00-22.60 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :**  
**OBSERVACIONES :**

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.*  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.64	0.58	99.42
suma		0.64	0.58	

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.*  
Peso de la muestra total + tara: 145.45 gr.  
TARA #: 333 Peso de la tara: 34.28 gr.  
Peso de la muestra total: 111.17 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	3.94	3.54		95.88
16	1.00	8.77	7.89		87.99
20	850	4.09	3.68		84.31
30	600 μ	10.70	9.62		74.69
40	425 μ	9.20	8.28		66.41
60	250 μ	11.66	10.49		55.92
100	150 μ	6.60	5.94		49.99
200	75 μ	13.52	12.16		37.82
charola		42.69	38.40		
suma		68.48			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :  
% GRAVA : 0.58  
% ARENA : 61.60  
% FINOS : 37.82

CLASIFICACION S. U. C. S. :  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-IMP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



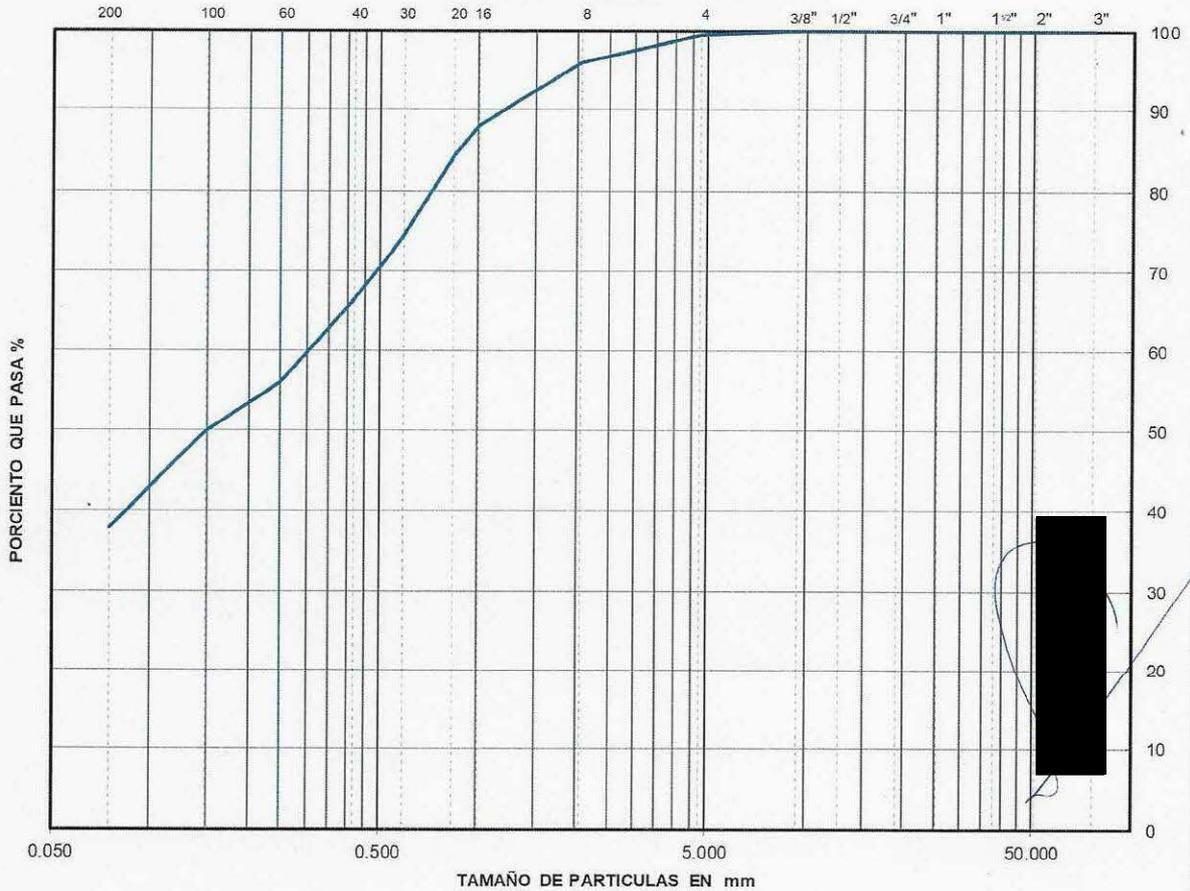
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA Nº : 35  
 PROFUNDIDAD : 22.00-22.60 m.

FECHA : 28/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  0.306  
 $D_{50} =$  0.149       $D_{90} =$  1.204  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.58  
 % ARENA : 61.60  
 % FINOS : 37.82  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: **DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00**

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** CAMPO HIPICO T-10

**FECHA:** 28-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**MUESTRA N° :** 37 **SONDEO:** SPT-13 **CALCULISTA:** [REDACTED]  
**PROFUNDIDAD:** 23.20-23.80 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :**  
**OBSERVACIONES :**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 139.03 gr.  
TARA #: 173 Peso de la tara: 20.83 gr.  
Peso de la muestra total: 118.20 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	0.00	0.00		100.00
30	600 μ	0.05	0.04		99.96
40	425 μ	0.17	0.14		99.81
60	250 μ	1.10	0.93		98.88
100	150 μ	2.19	1.85		97.03
200	75 μ	12.93	10.94		86.09
charola		101.76	86.09		
suma		16.44			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 13.91  
% FINOS : 86.09  
CLASIFICACION S. U. C. S. :  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-IMP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA Nº : 37  
 PROFUNDIDAD : 23.20-23.80 m.

FECHA : 28/02/2023

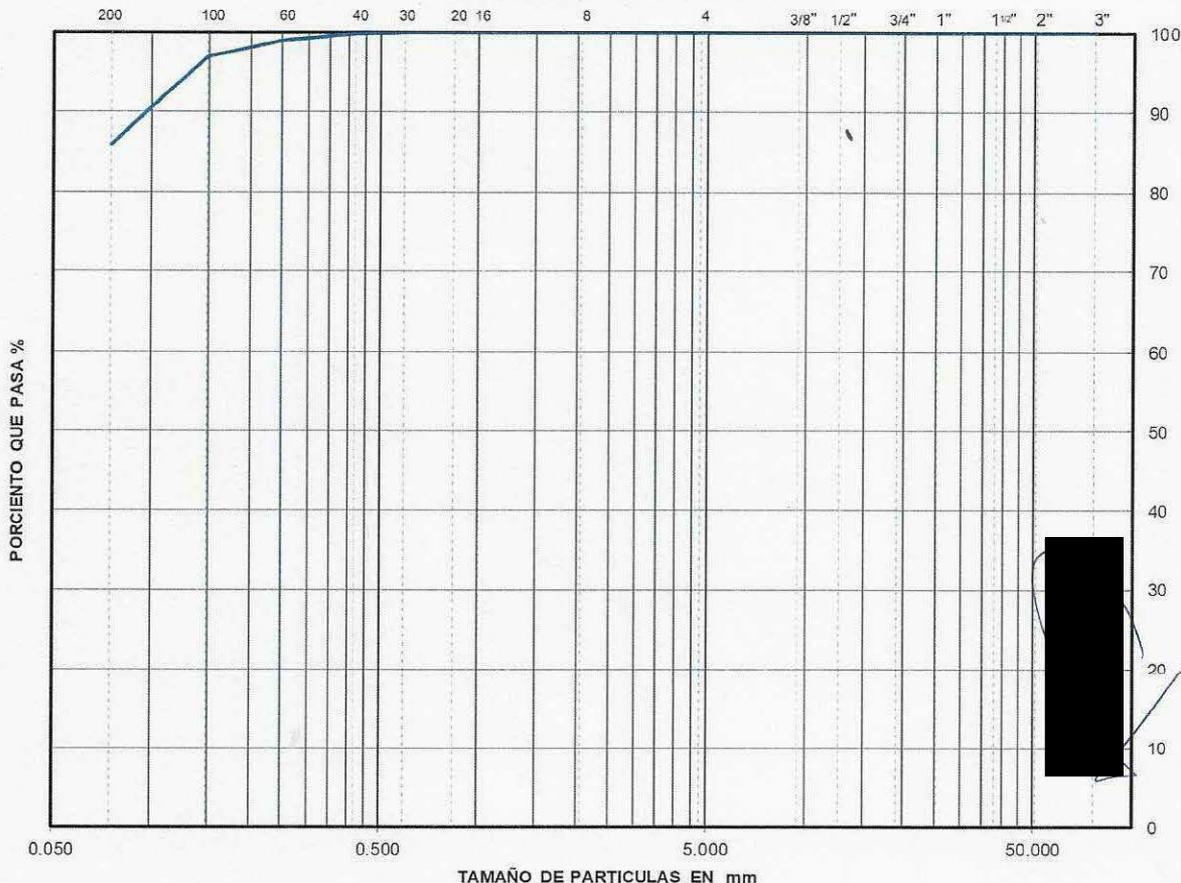
BORATORISTA: [REDACTED]

CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMETRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_  $D_{30} =$  \_\_\_\_\_  $D_{60} =$  \_\_\_\_\_

$D_{50} =$  \_\_\_\_\_  $D_{90} =$  0.096

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_

$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 13.91  
 % FINOS : 86.09  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** CAMPO HIPICO T-10

**FECHA:** 28-feb-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**CALCULISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA Nº :** 39 **SONDEO:** SPT-13  
**PROFUNDIDAD:** 24.40-25.00 m.  
**DESCRIPCION DE LA MUESTRA :**  
**OBSERVACIONES :**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara Nº: 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 158.21 gr.  
TARA #: 268 Peso de la tara: 20.25 gr.  
Peso de la muestra total: 137.96 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.39	0.28		99.72
16	1.00	0.00	0.00		99.72
20	850	0.00	0.00		99.72
30	600 µ	0.05	0.04		99.68
40	425 µ	0.40	0.29		99.39
60	250 µ	2.61	1.89		97.50
100	150 µ	4.65	3.37		94.13
200	75 µ	19.25	13.95		80.18
charola		110.61	80.18		
suma		27.35			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 19.82  
% FINOS : 80.18  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

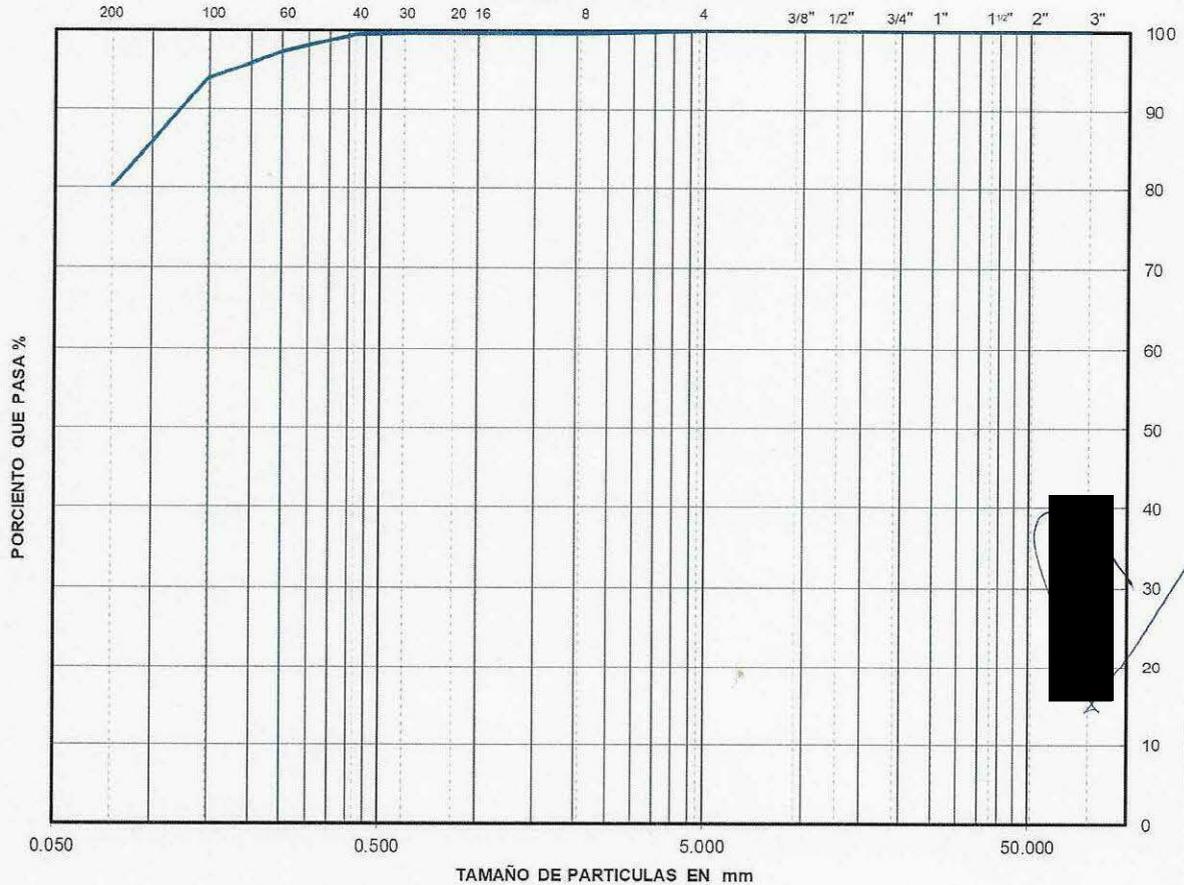
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 39  
 PROFUNDIDAD : 24.40-25.00 m.

FECHA : 28/02/2023

LABORATORISTA :   
 CALCULISTA :

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.122  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 19.82  
 % FINOS : 80.18  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA**

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 28-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA N° : 41 SONDEO: SPT-13  
PROFUNDIDAD: 25.60-26.20 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 0 gr.  
Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 153.61 gr.  
TARA # : 184 Peso de la tara: 20.84 gr.  
Peso de la muestra total : 132.77 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.10	0.08		99.92
16	1.00	0.00	0.00		99.92
20	850	0.00	0.00		99.92
30	600 μ	0.17	0.13		99.80
40	425 μ	0.98	0.74		99.06
60	250 μ	6.45	4.86		94.20
100	150 μ	7.48	5.63		88.57
200	75 μ	29.93	22.54		66.02
charola		87.66	66.02		
suma		45.11			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 33.98  
% FINOS : 66.02  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA Nº : 41  
 PROFUNDIDAD : 25.60-26.20 m.

FECHA : 28/02/2023  
 BORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.170  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA :	0.00
% ARENA :	33.98
% FINOS :	66.02
S. U. C. S. :	0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** CAMPO HIPICO T-10

**LAB BARBERA**

**FECHA:** 28-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**MUESTRA Nº :** 43 **SONDEO:** SPT-13 **CALCULISTA:** [REDACTED]  
**PROFUNDIDAD:** 26.80-27.40 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :**  
**OBSERVACIONES :**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara Nº: 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 152.69 gr.  
TARA #: 50 Peso de la tara: 21.27 gr.  
Peso de la muestra total: 131.42 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	0.07	0.05		99.95
30	600 µ	0.49	0.37		99.57
40	425 µ	2.67	2.03		97.54
60	250 µ	12.32	9.37		88.17
100	150 µ	7.72	5.87		82.29
200	75 µ	26.55	20.20		62.09
charola		81.60	62.09		
suma		49.82			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 37.91  
% FINOS : 62.09  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL : 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

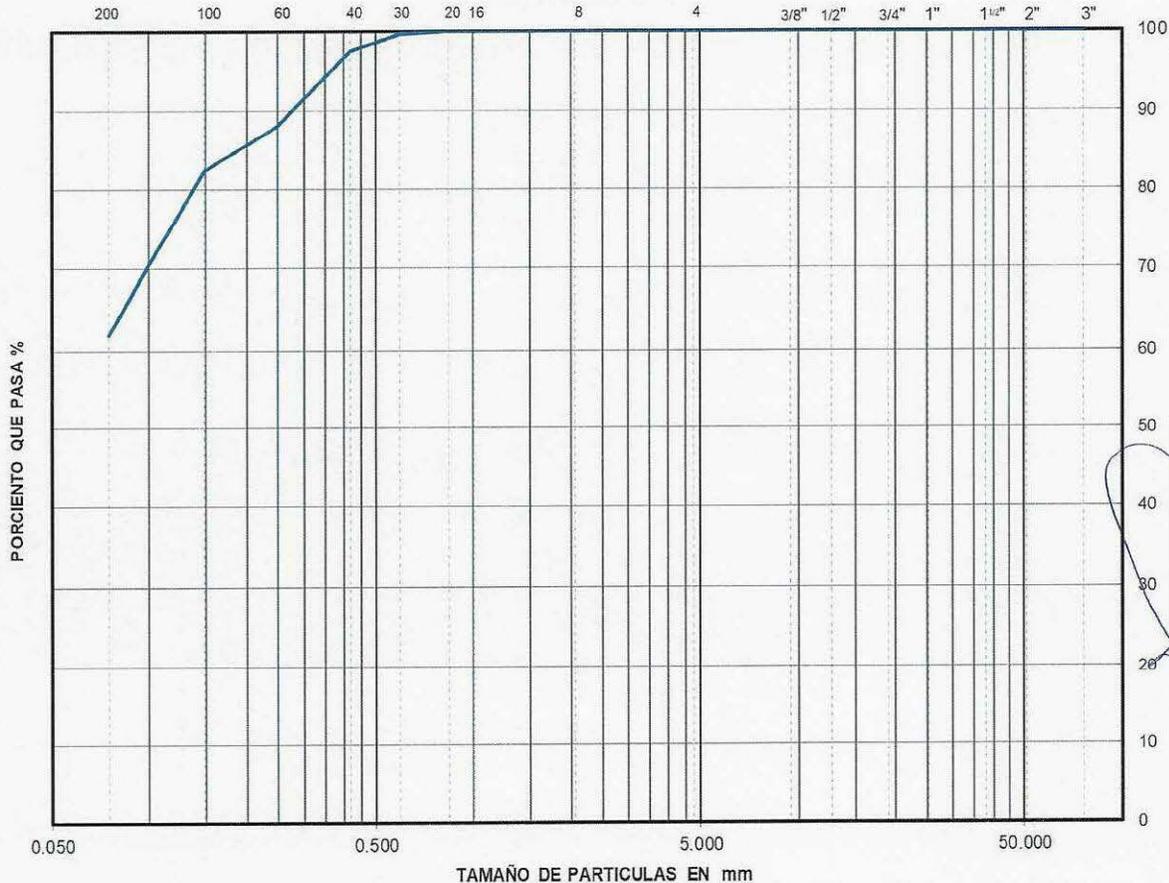
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCÓ DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 43  
 PROFUNDIDAD : 26.80-27.40 m.

FECHA : 28/02/2023

BORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.277  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 37.91  
 % FINOS : 62.09  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARRERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : GAMPO HIPICO T-10

FECHA: 28-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA N° : 45 SONDEO: SPT-13 CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 28.00-28.60 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara : 138.08 gr.

TARA # : 265 Peso de la tara: 20.52 gr.

Peso de la muestra total : 117.56 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	0.00	0.00		100.00
30	600 μ	0.13	0.11		99.89
40	425 μ	0.90	0.77		99.12
60	250 μ	4.25	3.62		95.51
100	150 μ	5.89	5.01		90.50
200	75 μ	27.03	22.99		67.51
charola		79.36	67.51		
suma		38.20			

% MATERIAL > MALLA N° 4. : \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 32.49

% FINOS : 67.51

CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-IMP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 45  
 PROFUNDIDAD : 28.00-28.60 m.

FECHA : 28/02/2023  
 BORATORISTA: [REDACTED]  
 CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} = 0.147$  \_\_\_\_\_  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 32.49  
 % FINOS : 67.51  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: **DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00**

Revisión 0 – Abril 2023

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** CAMPO HIPICO T-10

**FECHA:** 28-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**CALCULISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA N° :** 47 **SONDEO:** SPT-13  
**PROFUNDIDAD:** 29.20-29.80 m.  
**DESCRIPCION DE LA MUESTRA :** \_\_\_\_\_  
**OBSERVACIONES :** \_\_\_\_\_

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara 0 gr.  
Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	1.38	1.14	98.86
suma		1.38	1.14	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 153.63 gr.  
TARA # : 256 Peso de la tara: 32.48 gr.  
Peso de la muestra total : 121.15 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	3.77	3.11		95.75
16	1.00	5.01	4.14		91.61
20	850	2.34	1.93		89.68
30	600 μ	6.82	5.63		84.05
40	425 μ	8.12	6.70		77.35
60	250 μ	13.50	11.14		66.21
100	150 μ	8.14	6.72		59.49
200	75 μ	18.98	15.67		43.82
charola		54.47	44.96		
suma		66.68			

% MATERIAL > MALLA N° 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 1.14  
% ARENA : 55.04  
% FINOS : 43.82  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



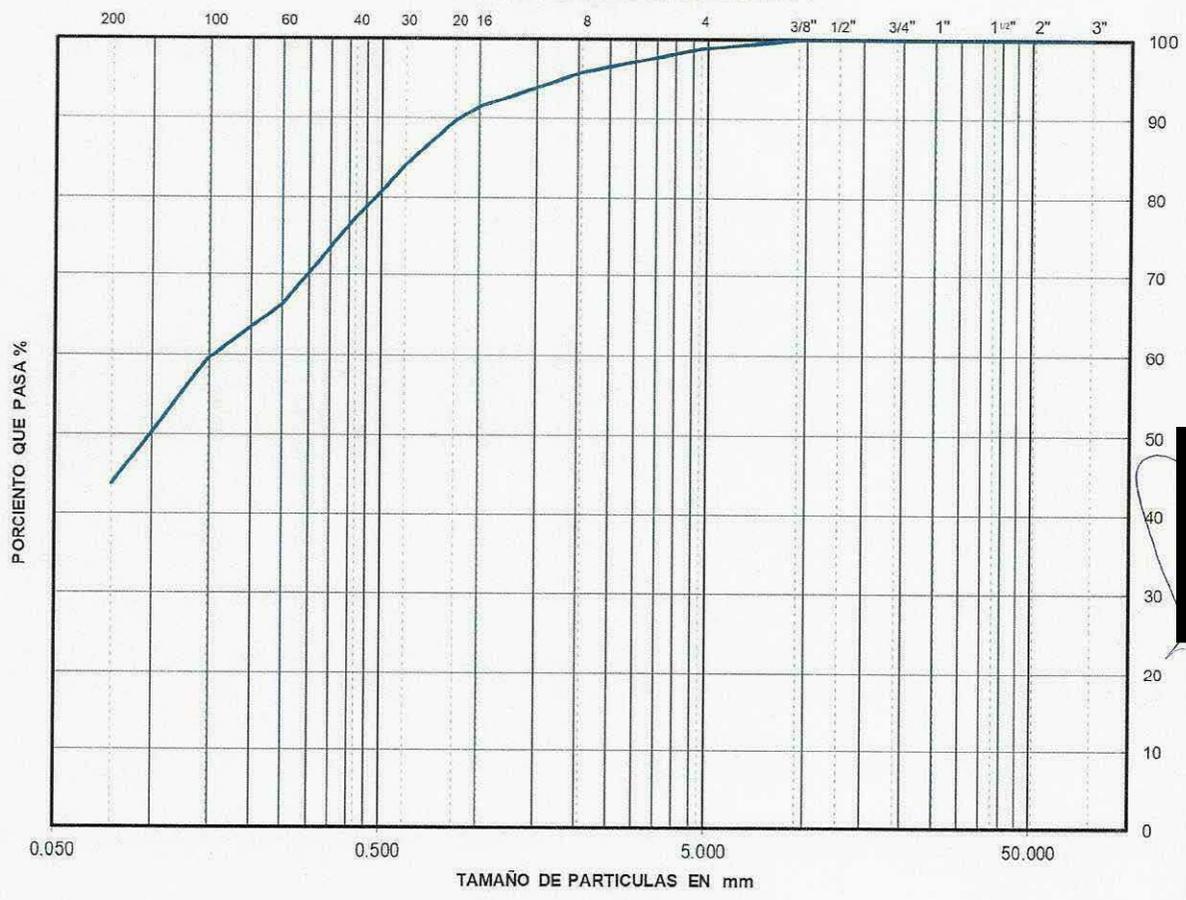
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA Nº : 47  
 PROFUNDIDAD : 29.20-29.80 m

FECHA : 28/02/2023  
 BORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMETRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{60} = \underline{0.155}$   
 $D_{50} = \underline{0.098}$        $D_{90} = \underline{0.866}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 1.14  
 % ARENA : 55.04  
 % FINOS : 43.82  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** CAMPO HIPICO T-10

**FECHA:** 28-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**CALCULISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA Nº :** 49      **SONDEO:** SPT-13  
**PROFUNDIDAD:** 30.40-31.00 m.  
**DESCRIPCION DE LA MUESTRA :**  
**OBSERVACIONES :**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara Nº: 0      Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	24.89	13.40	86.60
3/4"	19.00	12.28	6.61	79.99
1/2"	12.50	0.00	0.00	79.99
3/8"	9.50	10.51	5.66	74.33
4	4.76	4.69	2.52	71.81
suma		52.37	28.19	

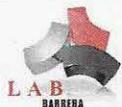
**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 206.74 gr.  
TARA #: 59      Peso de la tara: 20.98 gr.  
Peso de la muestra total: 185.76 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	10.80	5.81		65.99
16	1.00	11.15	6.00		59.99
20	850	4.21	2.27		57.73
30	600 µ	12.91	6.95		50.78
40	425 µ	13.33	7.18		43.60
60	250 µ	16.25	8.75		34.85
100	150 µ	8.59	4.62		30.23
200	75 µ	19.54	10.52		19.71
charola		88.98	47.90		
suma		96.78			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 28.19  
% ARENA : 52.10  
% FINOS : 19.71  
CLASIFICACION S. U. C. S. : SM  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 49  
 PROFUNDIDAD : 30.40-31.00 m.

FECHA : 28/02/2023

LABORATORISTA :   
 CALCULISTA :

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{0.147}$        $D_{60} = \underline{1.004}$   
 $D_{90} = \underline{0.673}$        $D_{95} = \underline{28.152}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 28.19  
 % ARENA : 52.10  
 % FINOS : 19.71  
 S. U. C. S. : SM

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 28-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 51 SONDEO: SPT-13

CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 31.60-32.05 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	7.20	3.77	96.23
4	4.76	6.97	3.65	92.58
suma		14.17	7.42	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**

Peso de la muestra total + tara : 211.91 gr.

TARA # : 95 Peso de la tara: 20.62 gr.

Peso de la muestra total : 191.09 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	14.92	7.81		84.78
16	1.00	16.12	8.44		76.34
20	850	6.08	3.18		73.16
30	600 µ	16.92	8.85		64.30
40	425 µ	15.79	8.26		56.04
60	250 µ	20.52	10.74		45.30
100	150 µ	13.01	6.81		38.49
200	75 µ	22.50	11.77		26.72
charola		65.23	34.14		
suma		125.86			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_

% GRAVA : 7.42

% ARENA : 65.86

% FINOS : 26.72

CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 V ASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
SONDEO : SPT-13  
MUESTRA N° : 51  
PROFUNDIDAD : 31.60-32.05 m

FECHA : 28/02/2023

LABORATORISTA : [REDACTED]  
CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{0.091}$        $D_{60} = \underline{0.496}$   
 $D_{50} = \underline{0.314}$        $D_{90} = \underline{3.606}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 7.42  
% ARENA : 65.86  
% FINOS : 26.72  
S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 28-feb.-23

LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA N° : 53 SONDEO: SPT-13 CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 32.80-33.40 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	3.44	2.18	97.82
suma		3.44	2.18	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**

Peso de la muestra total + tara : 178.32 gr.

TARA # : 223 Peso de la tara: 20.62 gr.

Peso de la muestra total : 157.70 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	6.97	4.42		93.40
16	1.00	11.02	6.99		86.41
20	850	13.08	8.29		78.12
30	600 μ	5.51	3.49		74.62
40	425 μ	14.93	9.47		65.16
60	250 μ	18.13	11.50		53.66
100	150 μ	10.10	6.40		47.25
200	75 μ	20.90	13.25		34.00
charola		57.06	36.18		
suma		100.64			

% MATERIAL > MALLA N° 4. : \_\_\_\_\_

% GRAVA : 2.18

% ARENA : 63.82

% FINOS : 34.00

CLASIFICACION S. U. C. S. : SM

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



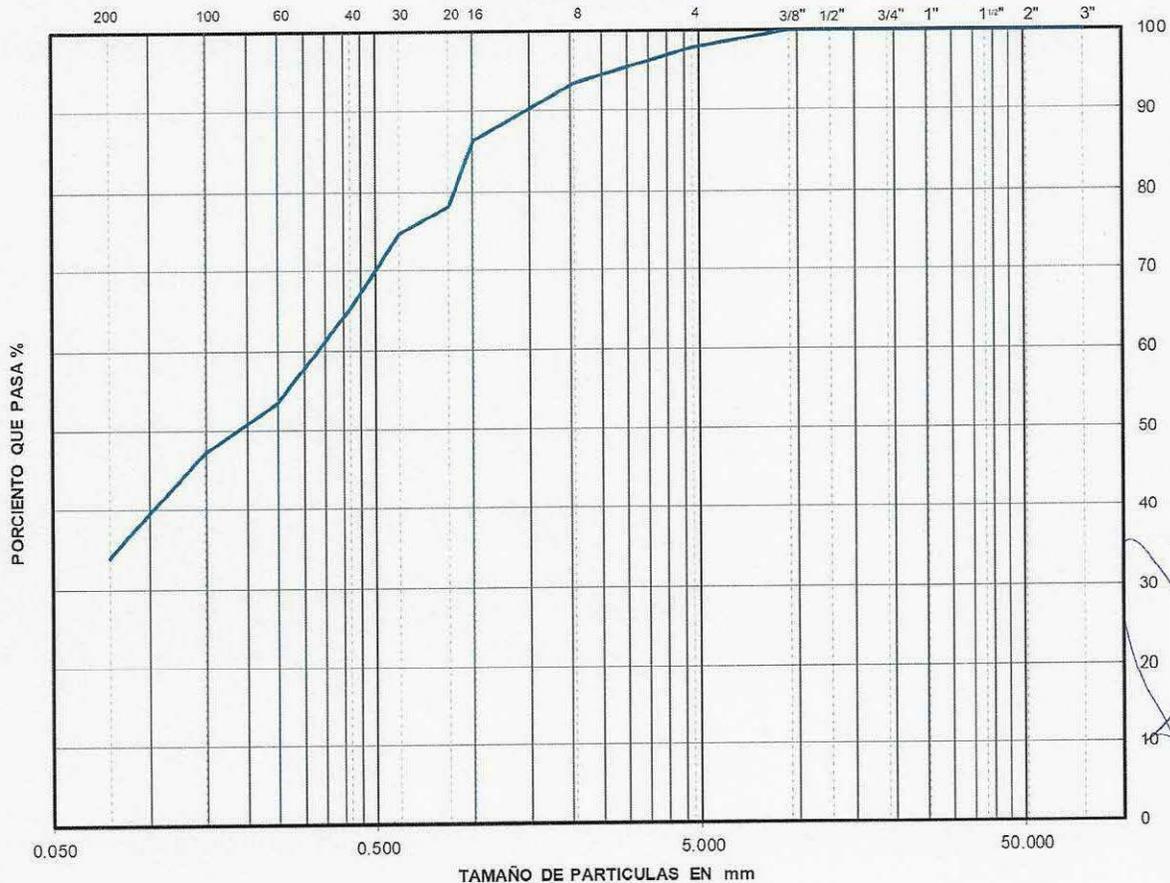
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 53  
 PROFUNDIDAD : 32.80-33.40 m

FECHA : 28/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} = 0.333$   
 $D_{50} = 0.186$        $D_{90} = 1.450$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 2.18  
 % ARENA : 63.82  
 % FINOS : 34.00  
 S. U. C. S. : SM

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA**

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

FECHA: 27-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA N° : 56 SONDEO: SPT-13  
PROFUNDIDAD: 34.60-35.20 m.  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :  
OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.  
Peso de la muestra total + tara : 0 gr.  
Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	10.26	6.05	93.95
3/4"	19.00	0.00	0.00	93.95
1/2"	12.50	4.76	2.81	91.15
3/8"	9.50	3.18	1.87	89.27
4	4.76	5.54	3.26	86.01
suma		23.74	13.99	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.  
Peso de la muestra total + tara : 189.82 gr.  
TARA # : 144-A Peso de la tara: 20.14 gr.  
Peso de la muestra total : 169.68 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	10.23	6.03		79.98
16	1.00	12.22	7.20		72.78
20	850	4.51	2.66		70.12
30	600 μ	13.16	7.76		62.36
40	425 μ	13.66	8.05		54.31
60	250 μ	17.97	10.59		43.72
100	150 μ	10.77	6.35		37.38
200	75 μ	20.71	12.21		25.17
charola		66.45	39.16		
suma		103.23			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :  
% GRAVA : 13.99  
% ARENA : 60.84  
% FINOS : 25.17

CLASIFICACION S. U. C. S. :  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

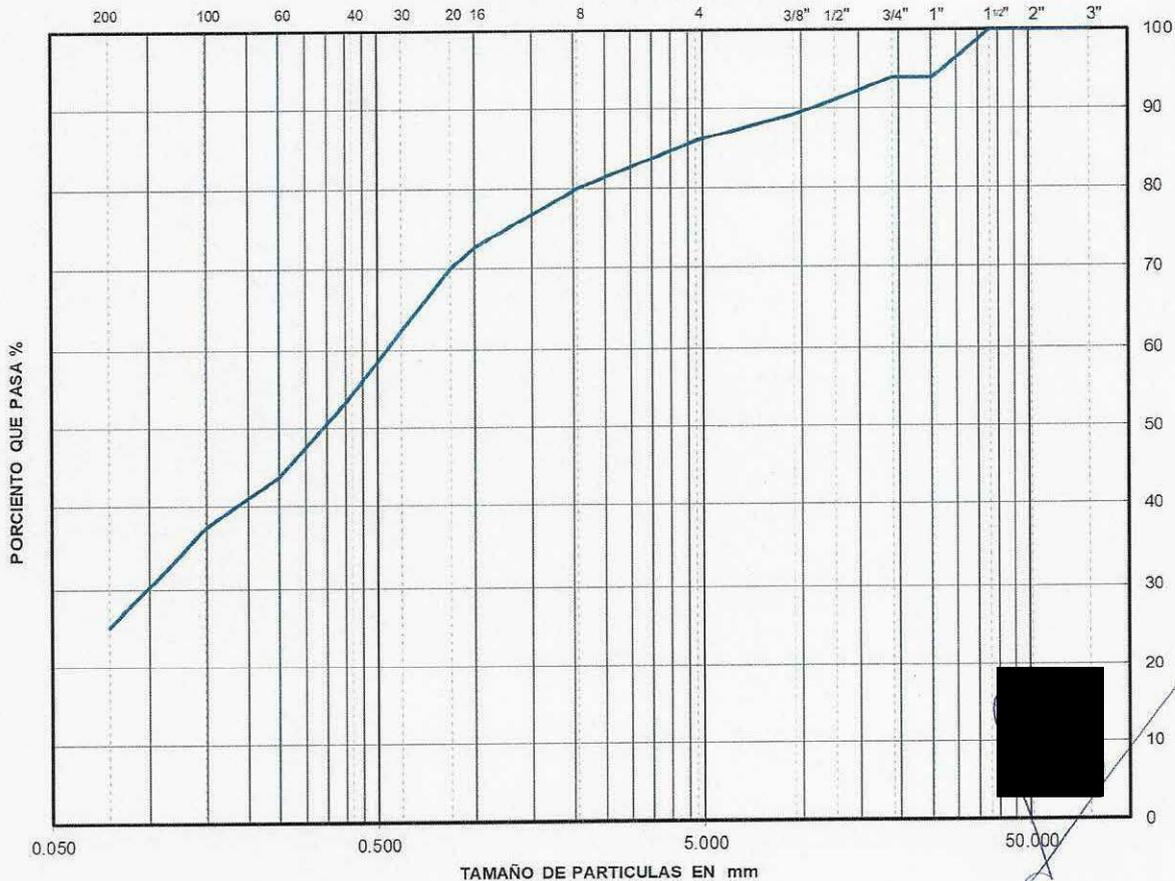
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10  
0  
0  
 SONDEO : SPT-13  
 MUESTRA N° : 56  
 PROFUNDIDAD : 34.60-35.20 m.

FECHA : 27/02/2023

BORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  0.098       $D_{60} =$  0.537  
 $D_{50} =$  0.340       $D_{90} =$  10.648  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 13.99  
 % ARENA : 60.84  
 % FINOS : 25.17  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



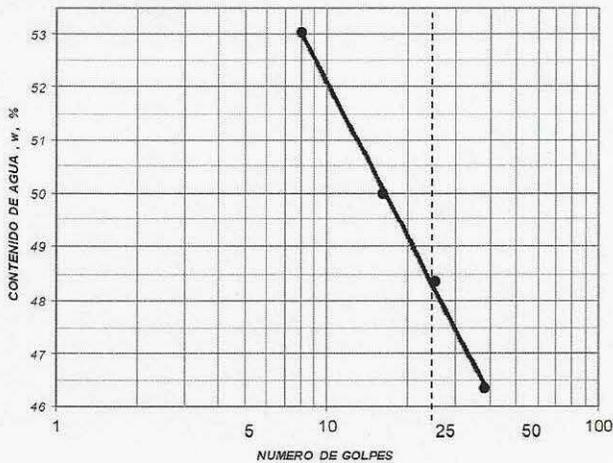
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	CAMPO HIPICO T-10		
		FECHA	27/02/2023
SONDEO:	SPT-13	LABORATORISTA	[REDACTED]
MUESTRA No.	2	PROFUNDIDAD	1.60-2.20 m.
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA CAFÉ-GRISACEO ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	237	166	80	77
NUMERO DE GOLPES	38	25	16	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.97	17.92	18.94	17.56
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.54	15.47	16.04	14.97
PESO DEL AGUA (gr)	2.43	2.45	2.90	2.59
PESO DE TARA (gr)	10.24	10.35	10.18	10.04
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.30	5.12	5.86	4.93
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.73	7.57	8.76	7.52
CONTENIDO DE AGUA, w, %	45.85	47.85	49.49	52.54



LIMITE LIQUIDO 47.69  
 LIMITE PLASTICO, Pw 29.47  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 18.22  
 CONTRACCION LINEAL, CL     
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	223	129
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.61	12.70
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.14	12.13
PESO DEL AGUA (gr)	0.47	0.57
PESO DE TARA (gr)	10.55	10.19
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.59	1.94
CONTENIDO DE AGUA, w, %	29.56	29.38



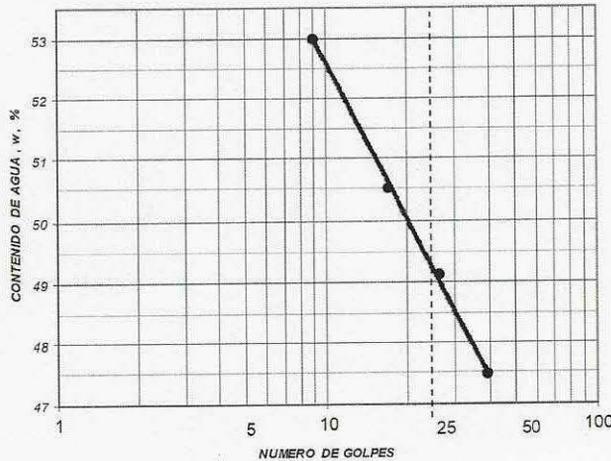
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	CAMPO HIPICO T-10		
SONDEO:	SPT-13	FECHA:	27/02/2023
MUESTRA No.	7	LABORATORISTA:	[REDACTED]
	PROFUNDIDAD 4.60-5.20 m.	CALCULISTA:	[REDACTED]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO DE PLASTICIDAD MÉDIA CON POCA ARENA CAFÉ GRISACEO		
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	168	54	100	194
NUMERO DE GOLPES	39	26	17	9
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.93	18.75	19.55	16.15
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.37	16.08	16.39	13.20
PESO DEL AGUA (gr)	2.56	2.67	3.16	2.95
PESO DE TARA (gr)	9.92	10.59	10.07	7.58
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.45	5.49	6.32	5.62
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	8.01	8.16	9.48	8.57
CONTENIDO DE AGUA, w, %	46.97	48.63	50.00	52.49



LIMITE LIQUIDO 48.67  
 LIMITE PLASTICO, Pw 33.53  
 INDICE DE PLASTICIDAD, PI 15.13  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	80	57
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	9.71	12.93
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	9.13	12.34
PESO DEL AGUA (gr)	0.58	0.59
PESO DE TARA (gr)	7.42	10.56
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.71	1.78
CONTENIDO DE AGUA, w, %	33.92	33.15

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



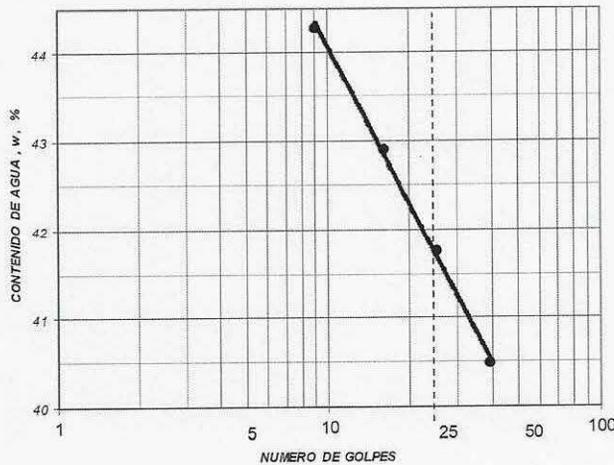
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	CAMPO HIPICO T-10		
		FECHA	27/02/2023
SONDEO:	SPT-13	LABORATORISTA	[REDACTED]
MUESTRA No.	16	PROFUNDIDAD	10.00-10.60 m. CALCULISTA [REDACTED]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA CAFÉ-OBSCURO ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

LIMITE LIQUIDO, Lw

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	262	130	175	155
NUMERO DE GOLPES	39	25	16	9
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.60	14.50	18.42	19.55
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.39	12.47	15.88	16.57
PESO DEL AGUA (gr)	2.21	2.03	2.54	2.98
PESO DE TARA (gr)	9.93	7.61	9.96	9.84
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.46	4.86	5.92	6.73
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.67	6.89	8.46	9.71
CONTENIDO DE AGUA, w, %	40.48	41.77	42.91	44.28



LIMITE LIQUIDO 41.70  
 LIMITE PLASTICO, Pw 28.18  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 13.51  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUGS ML

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	122	195
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.83	13.09
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.31	12.44
PESO DEL AGUA (gr)	0.52	0.65
PESO DE TARA (gr)	10.46	10.14
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.85	2.30
CONTENIDO DE AGUA, w, %	28.11	28.26

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITES DE CONSISTENCIA**

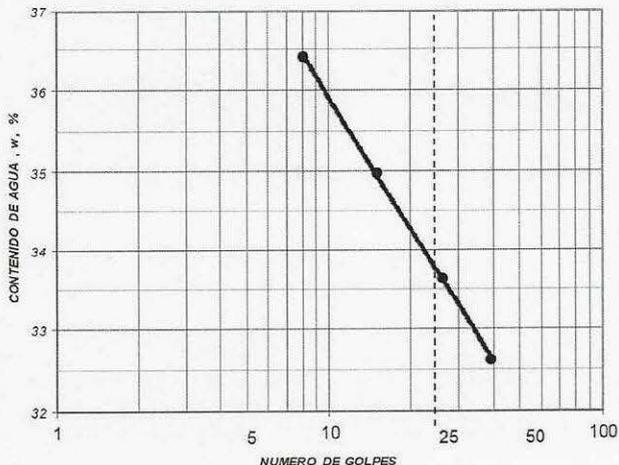
PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	CAMPO HIPIGO T-10		
SONDEO:	SPT-13	FECHA:	27/02/2023
MUESTRA No.	32-A	LABORATORISTA:	[REDACTED]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD	CALCULISTA	[REDACTED]
	20.20-20.80 m.		
	LIMO ARCILLOSO CON ARENA CAFÉ OSCURO		
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)

NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	266	99	135	78
NUMERO DE GOLPES	39	26	15	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.80	17.29	17.30	15.60
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.14	15.48	15.54	14.10
PESO DEL AGUA (gr)	1.66	1.81	1.76	1.50
PESO DE TARA (gr)	10.05	10.10	10.51	9.98
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.09	5.38	5.03	4.12
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.75	7.19	6.79	5.62
CONTENIDO DE AGUA, w, %	32.61	33.64	34.99	36.41



LIMITE LIQUIDO 33.72

LIMITE PLASTICO, Pw 25.26

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 8.45

CONTRACCION LINEAL, CL ✓

SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	247	236
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.54	12.45
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.04	11.99
PESO DEL AGUA (gr)	0.50	0.46
PESO DE TARA (gr)	10.06	10.17
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.98	1.82
CONTENIDO DE AGUA, w, %	25.25	25.27

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



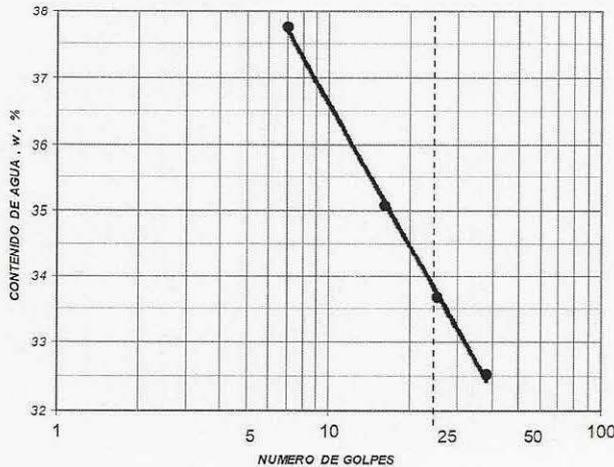
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	CAMPO HIPICO T-10		
SONDEO:	SPT-13	FECHA:	27/02/2023
MUESTRA No.	39	LABORATORISTA:	[REDACTED]
	PROFUNDIDAD 24.40-25.00 m.	CALCULISTA:	[REDACTED]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO CON POCA ARENA CAFÉ CLARO		
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	202	25	276	16
NUMERO DE GOLPES	38	25	16	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.46	18.29	17.00	12.40
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.69	16.31	15.24	11.10
PESO DEL AGUA (gr)	1.77	1.98	1.76	1.30
PESO DE TARA (gr)	10.16	10.34	10.15	7.61
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.53	5.97	5.09	3.49
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.30	7.95	6.85	4.79
CONTENIDO DE AGUA, w, %	32.01	33.17	34.58	37.25



LIMITE LIQUIDO 33.24  
 LIMITE PLASTICO, Pw 26.30  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 6.94  
 CONTRACCION LINEAL, CL   
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	279	61
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	11.80	12.04
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.42	11.66
PESO DEL AGUA (gr)	0.38	0.38
PESO DE TARA (gr)	9.97	10.22
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.45	1.44
CONTENIDO DE AGUA, w, %	26.21	26.39

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



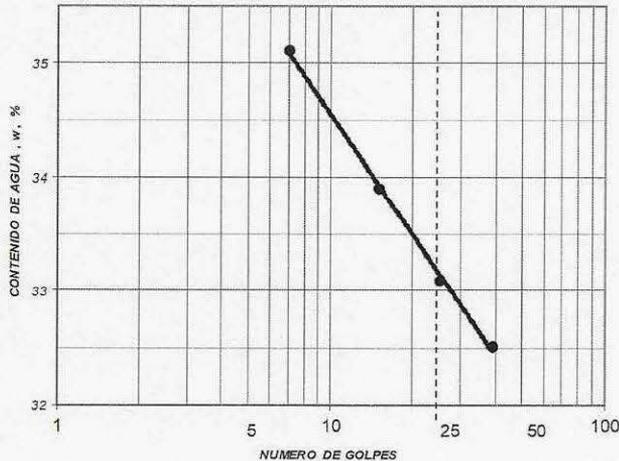
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	CAMPO HIPICO T-10		
SONDEO:	SPT-13	FECHA:	28/02/2023
MUESTRA No.	43	LABORATORISTA:	[REDACTED]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO ARCILLOSO CON ARENA CAFÉ CLARO		CALCULISTA:
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	251	95	350	227
NUMERO DE GOLPES	39	25	15	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.03	19.63	14.25	14.10
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.30	17.40	13.05	13.05
PESO DEL AGUA (gr)	1.73	2.23	1.20	1.05
PESO DE TARA (gr)	9.98	10.66	9.51	10.06
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.32	6.74	3.54	2.99
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.05	8.97	4.74	4.04
CONTENIDO DE AGUA, w, %	32.52	33.09	33.90	35.12



LIMITE LIQUIDO 33.14  
 LIMITE PLASTICO, Pw 24.56  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 8.58  
 CONTRACCION LINEAL, CL     
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	165	109
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.04	13.68
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.45	13.04
PESO DEL AGUA (gr)	0.59	0.64
PESO DE TARA (gr)	10.07	10.41
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.38	2.63
CONTENIDO DE AGUA, w, %	24.79	24.33



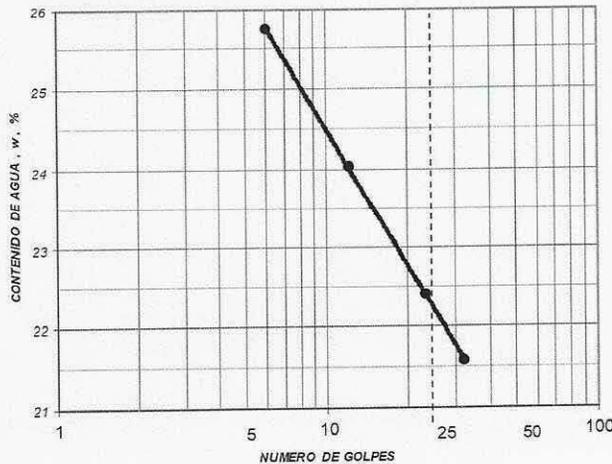
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	CAMPO HIPICO T-10		
		FECHA	27/02/2023
SONDEO:	SPT-13	LABORATORISTA	[REDACTED]
MUESTRA No.	49	PROFUNDIDAD	30.40-31.00 m. CALCULISTA [REDACTED]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	ARENA LIMOSA CAFÉ ROSACEO		
		SUCS	ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	72	24	142	11
NUMERO DE GOLPES	32	23	12	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.56	17.40	17.35	16.57
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	16.22	16.02	15.92	15.20
PESO DEL AGUA (gr)	1.34	1.38	1.43	1.37
PESO DE TARA (gr)	10.01	9.86	9.97	9.88
PESO DEL SUELO SECO (gr)	6.21	6.16	5.95	5.32
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.55	7.54	7.38	6.69
CONTENIDO DE AGUA, w, %	21.58	22.40	24.03	25.75



LIMITE LIQUIDO 22.20  
 LIMITE PLASTICO, Pw 18.51  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 3.69  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	205-A	172
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.23	15.48
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.47	14.70
PESO DEL AGUA (gr)	0.76	0.78
PESO DE TARA (gr)	10.36	10.49
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.11	4.21
CONTENIDO DE AGUA, w, %	18.49	18.53

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



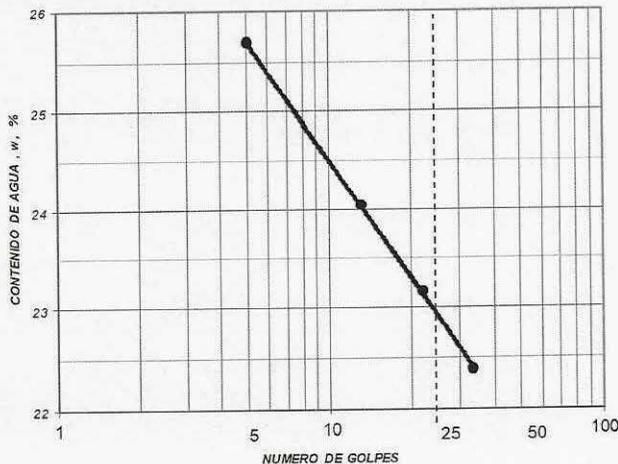
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10  
 FECHA: 27/02/2023  
 SONDEO: SPT-13 LABORATORISTA: [REDACTED]  
 MUESTRA No. 53 PROFUNDIDAD 32.80-33.40 m. CALCULISTA: [REDACTED]  
 DESCRIPCION DE LA MUESTRA: ARENA LIMOSA CAFÉ ROSACEO  
 ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
 NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	86	119	264-A	297
NUMERO DE GOLPES	33	22	13	5
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.68	17.47	16.33	17.09
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	16.43	16.21	15.16	15.71
PESO DEL AGUA (gr)	1.25	1.26	1.17	1.38
PESO DE TARA (gr)	10.72	10.65	10.19	10.23
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.71	5.56	4.97	5.48
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.96	6.82	6.14	6.86
CONTENIDO DE AGUA, w, %	21.89	22.66	23.54	25.18



LIMITE LIQUIDO 22.40  
 LIMITE PLASTICO, Pw 18.77  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 3.63  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	43	133
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	14.40	12.58
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	13.66	11.79
PESO DEL AGUA (gr)	0.74	0.79
PESO DE TARA (gr)	9.72	7.58
PESO DEL SUELO SECO (gr)	3.94	4.21
CONTENIDO DE AGUA, w, %	18.78	18.76

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001-R00

Revisión 0 – Abril 2023

**DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN MUESTRAS  
INALTERADAS POR EL METODO DE LA PARAFINA**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : CAMPO HIPICO T-10

LABORATORISTA : [REDACTED]

JA

FECHA: 24/02/2023

CALCULISTA :

ENSAYE Nº	SONDEO, Nº	MUESTRA, Nº	PROFUNDIDAD, m	PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, $\gamma_p$ , g/cm <sup>3</sup>	PESO MUESTRA HUMEDA, Wm, g	PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, Wmp, g	VOLUMEN	LECTURA INICIAL, lo, cm <sup>3</sup>	LECTURA FINAL, lf, cm <sup>3</sup>	TESTIGO DE HUMEDAD	CALCULOS									
1	SPT-13	6	4.00-4.42	0.884	82.68	91.16	253.18	307.79	89.66	73.68	20.15	15.98	53.53	29.85	54.61	9.593	45.017	1.837	1.414	
2	SPT-13	14	8.80-9.40	0.884	50.00	57.54	253.24	290.78	107.99	87.90	20.84	20.09	67.06	29.96	37.54	8.529	29.011	1.724	1.326	
3	SPT-13	38	23.80-24.00	0.884	57.87	66.38	253.25	292.18	91.5	78.01	34.30	13.49	43.71	30.86	38.93	9.627	29.303	1.975	1.509	
4	SPT-13	41	25.60-26.20	0.884	38.50	45.51	253.20	292.82	95.89	83.65	35.95	12.24	47.70	25.66	29.62	7.930	21.690	1.775	1.413	

OBSERVACIONES :

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN MUESTRAS  
INALTERADAS POR EL METODO DE LA PARAFINA**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACION: CAMPO HIPICO T-10

LABORATORISTA:

CALCULISTA:

FECHA: 24/02/2023

ENSAYE N°	SONDEO, N°	MUESTRA, N°	PROFUNDIDAD, m	PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, $\gamma_p$ , g/cm <sup>3</sup>	PESO MUESTRA HUMEDA, Wm, g	PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, Wmp, g	LECTURA INICIAL, lo, cm <sup>3</sup>	LECTURA FINAL, lf, cm <sup>3</sup>	VOLUMEN	TESTIGO DE HUMEDAD	CALCULOS
1	SPT-13	45	28.00-28.60	0.884	70.08	77.27	253.21	299.90		101.69 86.86 21.00 14.83 65.86 22.52	46.69 8.133 36.557 1.818 1.484



OBSERVACIONE

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

**DENSIDAD DE SOLIDOS**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10

SONDEO: SPT-13  
FECHA : 28-feb.-23  
LABORATORISTA : [REDACTED]  
CALCULISTA : [REDACTED]  
HOJA 1 DE 2

MUESTRA	PROFUNDIDAD m	PIC lb	TEMP °C	PIC+Ww gr	PIC+Ww+Ws gr	Wbws gr	Wbw gr	Ws gr	Vs cm <sup>3</sup>	Ss
2	1.60-2.20	9	22.00	165.78	216.00	694.17	664.30	50.22	20.35	2.468
		7	22.00	159.89	210.23	688.57	658.85	50.34	20.62	2.441
7	4.60-5.20	1	22.00	158.54	208.83	686.99	657.15	50.29	20.45	2.459
		13	22.00	176.20	226.53	704.62	675.10	50.33	20.81	2.419
16	10.00-10.60	19	22.00	161.07	211.39	689.46	659.57	50.32	20.43	2.463
		16	22.00	158.88	209.29	687.18	657.23	50.41	20.46	2.464
32-A	20.20-20.80	17	24.00	163.82	214.20	692.41	661.92	50.38	19.89	2.533
		18	24.00	164.57	215.07	693.11	662.75	50.50	20.14	2.507
										2.520

**FORMULA**

$$Ws = (PIC+Ww+Ws)/(PIC+Ww)$$

$$Vs = Ws+Wbws$$

OBSERVACIONES :

NORMA:

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**DENSIDAD DE SOLIDOS**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: CAMPO HIPICO T-10



SONDEO: SPT-13  
FECHA : 28-feb.-23  
LABORATORISTA : [REDACTED]  
CALCULISTA : [REDACTED]  
HOJA 2 DE 2

MUESTRA	PROFUNDIDAD m	PIC No	TEMP °C	PIC+Ww gr	PIC+Ww+Ws gr	Wbws gr	Wbw gr	Ws gr	Vs cm <sup>3</sup>	Ss
39	24.40-25.00	8	24.00	164.84	215.30	693.04	662.76	50.46	20.18	2.500
		6	24.00	162.25	212.63	690.81	660.81	50.38	20.38	2.472
43	26.80-27.40	11	24.00	173.49	223.73	702.27	672.25	50.24	20.22	2.485
		10	24.00	161.45	211.80	690.17	659.81	50.35	19.99	2.519
49	30.40-31.00	3	24.00	163.03	213.48	692.00	661.75	50.45	20.20	2.498
		4	24.00	161.89	212.14	690.68	660.74	50.25	20.31	2.474
53	32.80-33.40	3	22.00	163.07	213.34	692.34	661.99	50.27	19.92	2.524
		6	22.00	162.24	212.53	691.28	661.01	50.29	20.02	2.512
										2.518

**FORMULA**

$$Ws = (PIC+Ww+Ws)-(PIC+Ww)$$

$$Vs = Ws+Wbws$$

OBSERVACIONES :

NORMA:

**12. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO CONCÉNTRICA**

De acuerdo con el análisis estructural de la Torre 37; que es una torre concéntrica, se presentan las cargas siguientes a nivel de cimentación, mismas que ya consideran el peso del dado de cimentación. Estas cargas se tomarán en cuenta como tipo, para las torres concéntricas.

## TORRE 37



Combinación Gravitacional con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	1	Combina	tion	10.8294	0	198.5491	-2.9347	214.3148	-8.7492

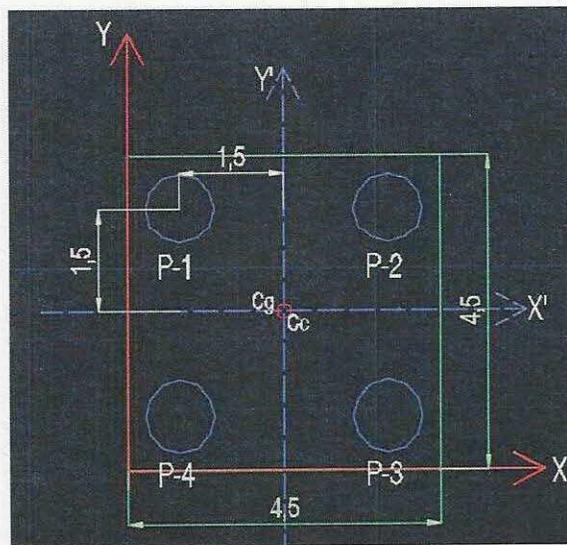
Combinación Sismo con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	82	Combina	tion	35.1217	-9.8162	165.6727	288.0877	709.1602	-37.7216

Combinación Gravitacional sin factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	0DespZ	Combina	tion	7.2196	0	144.7686	-1.8517	104.5352	-5.8328

A continuación, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actuantes cada una de las pilas.



Esquema 4.1. Planta de pilas y referencia de ejes generales y centroidales. Cc: centro de cargas; Cg: centro de pilas

De acuerdo con la posición de las pilas y el punto de aplicación de la carga, se tiene:

Tabla 4.1

Centro geométrico de pilas					
Pila	A (m²)	X (m)	Y (m)	AX (m³)	AY (m³)
1	0.785	0.75	3.75	0.58905	2.94524311
2	0.785	3.75	3.75	2.94524	2.94524311
3	0.785	3.75	0.75	2.94524	0.58904862
4	0.785	0.75	0.75	0.58905	0.58904862
				3.142	7.1
		X=	2.25	m	
		Y=	2.25	m	

Tabla 4.2

Centro de cargas		
X=	2.25	m
Y=	2.25	m
eX=	0.0	m
eY=	0.0	m

Tabla 4.3

Momentos de inercia, pilas				
Pila	Xi (m)	Yi (m)	(Xi)²	(Yi)²
1	1.5	1.50	2.25	2.25
2	1.5	1.50	2.25	2.25
3	1.5	1.50	2.25	2.25
4	1.5	1.50	2.25	2.25
			Σ=	9.00
			Ix=	9.00
			Iy=	9.00

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

$$\Delta\sigma_{est} = M_{v\ est\ x} \frac{\pm y_i}{I_x} \pm M_{v\ est\ y} \frac{\pm x_i}{I_y} \quad (4.1)$$

Donde:

- $\Delta\sigma_{est}$  incremento y decremento de carga estática, t
- $M_{v\ est\ x}$  momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje x, t-m
- $M_{v\ est\ y}$  momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje y, t-m
- $x_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido X
- $y_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido Y

Tabla 4.4

Incremento de cargas fact por excentricidad estática				
		Mve X=	0.00	t-m
		Mve Y=	0.00	t-m
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	P max (t)
1	1.5	1.50	0.00	49.64
2	1.5	1.50	0.00	49.64
3	1.5	1.50	0.00	49.64
4	1.5	1.50	0.00	49.64

Donde:

$$P_{max,min} = \frac{P_{est\ fact}}{No.pilas} \pm \Delta\sigma_{est} \quad (4.2)$$

Donde:

- $P_{est\ fact}$  carga máxima factorizada en condición estática, igual a 198.5491 t
- $P_{max,min}$  carga máxima y mínima factorizada estática, t
- $\Delta\sigma_{est}$  incremento de carga por excentricidad estática, t

Por su parte, los incrementos y decrementos de cargas en condición sísmica en cada una de las pilas se determinó mediante la expresión siguiente:

$$\Delta\sigma_s = M_{vx} \frac{y_i}{I_x} \pm 0.3M_{vy} \frac{x_i}{I_y} \quad (4.3)$$

Donde:

- $\Delta\sigma_s$  incremento y decremento de carga por condición sísmica, t
- $M_{vx}$  momento de volteo sísmico respecto al eje x, igual a 288.0 t-m
- $M_{vy}$  momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a 709.16 t-m
- $x_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido X
- $y_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido Y

Se realizaron las 8 combinaciones con las variaciones del 100% del momento de volteo en un sentido y el 30% de momento en el otro sentido:

Tabla 4.5

Combinaciones sísmicas para determinación de incrementos y decrementos de cargas en pilas																			
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)				
1	1.500	1.500	-132.60	1	1.5	1.50	103.79	1	1.5	1.5	-83.47	1	1.500	1.5	12.56				
2	1.500	1.500	103.79	2	1.5	1.5	-132.60	2	1.5	1.5	-12.56	2	1.500	1.5	83.47				
3	1.500	1.500	132.60	3	1.5	1.5	-103.79	3	1.5	1.5	83.47	3	1.500	1.5	-12.56				
4	1.500	1.500	-103.79	4	1.5	1.5	132.60	4	1.5	1.5	12.56	4	1.500	1.5	-83.47				
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)				
1	1.500	1.500	-103.79	1	1.500	1.500	132.60	1	1.5	1.5	-12.56	1	1.5	1.5	83.5				
2	1.500	1.500	132.60	2	1.500	1.500	-103.79	2	1.5	1.5	-83.47	2	1.5	1.5	12.6				
3	1.500	1.500	103.79	3	1.500	1.500	-132.60	3	1.5	1.5	12.56	3	1.5	1.5	-83.5				
4	1.500	1.500	-132.60	4	1.500	1.500	103.79	4	1.5	1.5	83.47	4	1.5	1.5	-12.6				

De acuerdo con la revisión de las 8 combinaciones anteriores:

Tabla 4.6

Incrementos max y min sísmicos		
Pila	Δσs max (t)	Δσs min (t)
1	132.60	-132.60
2	132.60	-132.60
3	132.60	-132.60
4	132.60	-132.60

Para la obtención de las cargas máximas y mínimas en cada pila, se tiene:

$$P_{Tot_{fact}} = P_{max} \pm \Delta\sigma_s \tag{4.4}$$

Sustituyendo los valores correspondientes, se tienen las siguientes condiciones de carga en cada una de las pilas analizadas:

Tabla 4.7

Cargas Tot máx y mín factorizadas		
Pila	Ptot max (t)	Ptot min (t)
1	182.24	-82.96
2	182.24	-82.96
3	182.24	-82.96
4	182.24	-82.96

Es muy importante mencionar que esta revisión deberá ser avalada por el área de estructuras del proyecto y verificar la correcta interpretación de carga, momentos, etc.

Tomando en cuenta las cargas máximas y mínimas factorizadas totales de la Tabla 5.7 y las capacidades de carga reducidas a compresión y tensión, se tiene:

Tabla 4.8 Comparativa  $\Sigma QF.C < R$

D (m)	R (t)	Ptot max (t)	C <sub>te</sub> (t)	Ptot min (t)
1.0	418.7	182.24	354.8	82.96

Como se puede observar, se cumple con la desigualdad para las cargas actuantes a compresión y tensión.

Para el caso de las cargas de servicio "Combinación Gravitacional sin factores", empleando las expresiones (4.1) y (4.2) y sustituyendo los valores correspondientes:

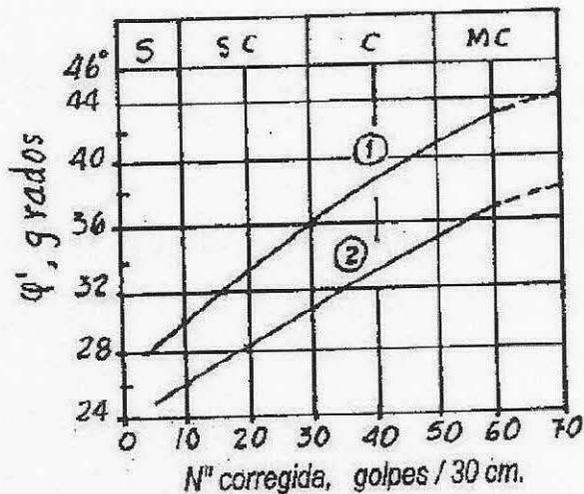
Tabla 4.9

Δ de cargas serv por excent. Estática					
Mve X=		0.00	t-m		
Mve Y=		0.00	t-m		
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσ <sub>est</sub> (t)	Δσ <sub>est</sub> (t)	P max (t)
1	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
2	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
3	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
4	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

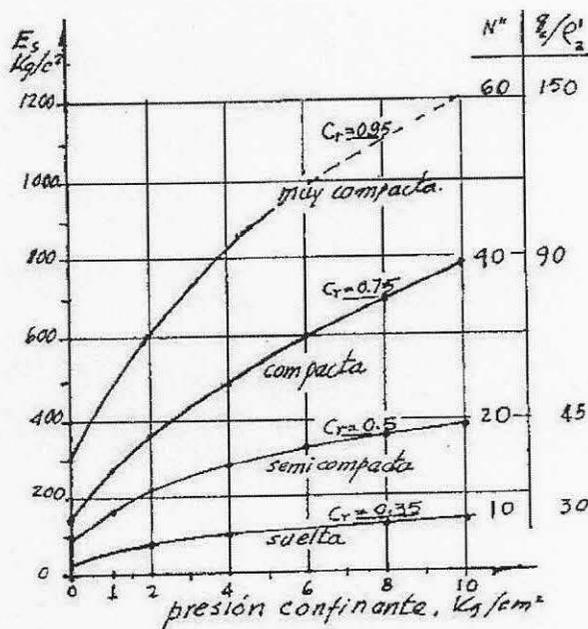
Revisión 0 – Abril 2023

**13. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO**



- (1) Arena bien graduada, granos angulosos  
(2) Arena fina, o arena limosa, granos redondeados

(a)



b) Módulo de Young para arena limosa media, en prueba triaxial drenada, para diferentes presiones confinantes y compacidades relativas

(Ref. 4). Gráficas 1 y 2 para correlación entre el número de golpes y ángulo de fricción interna,  $\phi$  y Módulo de Young, E.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T11-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

Tabla 5.1

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = (P'_v N_q^* F_{R'} + P_v) A_p$$

$$N_q^* = N_{min} + L_e \frac{N_{max} - N_{min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$N_q^* = N_{max} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	φ	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	24.5	46.18	0.9	0.90	25	26	11.5	13.58	31.00	0.35	31.00	140.06
1.2	1.131		66.50		0.75				13.23				197.43
1.4	1.539		90.52		0.64				12.98				264.59

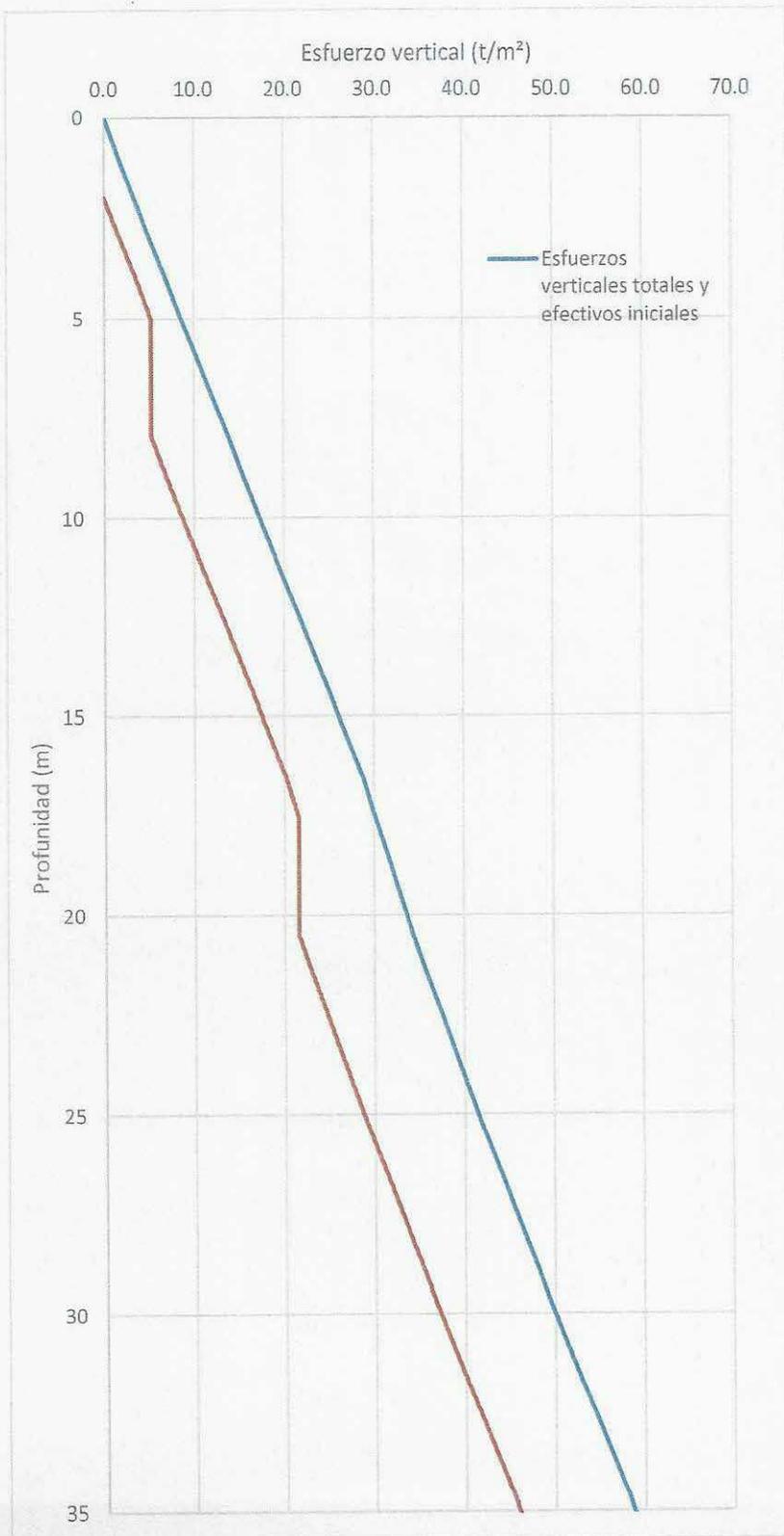
Tabla 5.2

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i P'_{vi} L_i \quad \beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{z} \quad \text{De } 0.25 \text{ a } 1.2$$

Prof (m)	N	S.U.C.S	γ (t/m³)	c (t/m²)	φ	E (Kg/cm²)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	Poz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	βi	(P'vi)(Li)βi
0	24	Relleno	1.65	2.5	18	400	0.00	0.00	0.00					
1	24		1.65	2.5	18	400	1.65	0.00	1.65					
2	24		1.65	2.5	18	400	3.30	0.00	3.30					
2	95	ML arenoso café grisáceo	1.75	3	33	1,000	3.30	0.00	3.30	0.00	0.00	3	1.20	9.45
3.5	95		1.75	3	33	1,000	5.93	0.00	5.93	2.63	2.63			
5	95		1.75	3	33	1,000	8.55	0.00	8.55	5.25	5.25			
5	0		1.75	0	0	0	8.55	0.00	8.55	5.25	5.25	3	Mina u oquedad 1	0.00
6.5	0		1.75	0	0	0	11.18	0.00	11.18	5.25	5.25			
8	0		1.75	0	0	0	13.80	0.00	13.80	5.25	5.25			
8	82		1.75	3	33	1,000	13.80	0.00	13.80	5.25	5.25			
9.3	82		1.75	3	33	1,000	16.08	0.00	16.08	7.53	7.53	2.6	0.85	16.66
10.6	82		1.75	3	33	1,000	18.35	0.00	18.35	9.80	9.80			
10.6	127		1.75	5	37	1,200	18.35	0.00	18.35	9.80	9.80			
13	127	1.75	5	37	1,200	22.55	0.00	22.55	14.00	14.00	4.8	0.70	47.31	
15.4	127	1.75	5	37	1,200	26.75	0.00	26.75	18.20	18.20				
15.4	54	1.75	3	33	550	26.75	0.00	26.75	18.20	18.20				
16	54	1.75	3	33	550	27.80	0.00	27.80	19.25	19.25	1.2	0.60	13.91	
16.6	54	1.75	3	33	550	28.85	0.00	28.85	20.30	20.30				
16.6	100	1.4	2	30	450	28.85	0.00	28.85	20.30	20.30	0.9	0.57	10.72	
17.05	100	1.4	2	30	450	29.48	0.00	29.48	20.93	20.93				
17.5	100	1.4	2	30	450	30.11	0.00	30.11	21.56	21.56				
17.5	0	1.4	0	0	0	30.11	0.00	30.11	21.56	21.56	3	Mina u oquedad 2	0.00	
19	0	1.4	0	0	0	32.21	0.00	32.21	21.56	21.56				
20.5	0	1.4	0	0	0	34.31	0.00	34.31	21.56	21.56				
20.5	31	1.6	4.5	25	400	34.31	0.00	34.31	21.56	21.56	5.1	0.40	52.16	
23.05	31	1.6	4.5	25	400	38.39	0.00	38.39	25.64	25.64				
25.6	31	1.6	4.5	25	400	42.47	0.00	42.47	29.72	29.72				
25.6	45	1.7	4.5	25	450	42.47	0.00	42.47	29.72	29.72				
26.05	45	1.7	4.5	25	450	43.24	0.00	43.24	30.49	30.49	0.9	0.32	8.86	
Df	26.5	1.7	4.5	25	450	44.00	0.00	44.00	31.25	31.25				
29.2	45	1.7	4.5	25	450	48.59	0.00	48.59	35.84	35.84				
29.2	59	1.75	5	35	600	48.59	0.00	48.59	35.84	35.84				
30.6	59	1.75	5	35	600	51.04	0.00	51.04	38.29	38.29				
32	59	1.75	5	35	600	53.49	0.00	53.49	40.74	40.74				
32	65	1.75	5	35	800	53.49	0.00	53.49	40.74	40.74				
33.6	65	1.75	5	35	800	56.29	0.00	56.29	43.54	43.54				
35.2	65	1.75	5	35	800	59.09	0.00	59.09	46.34	46.34				
<b>Σ = 159.06</b>														

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	324.8
1.2	3.770		389.8
1.4	4.398		454.7



Gráfica 5.1 Esfuerzos verticales totales y efectivos iniciales y de diseño

Tabla 5.3

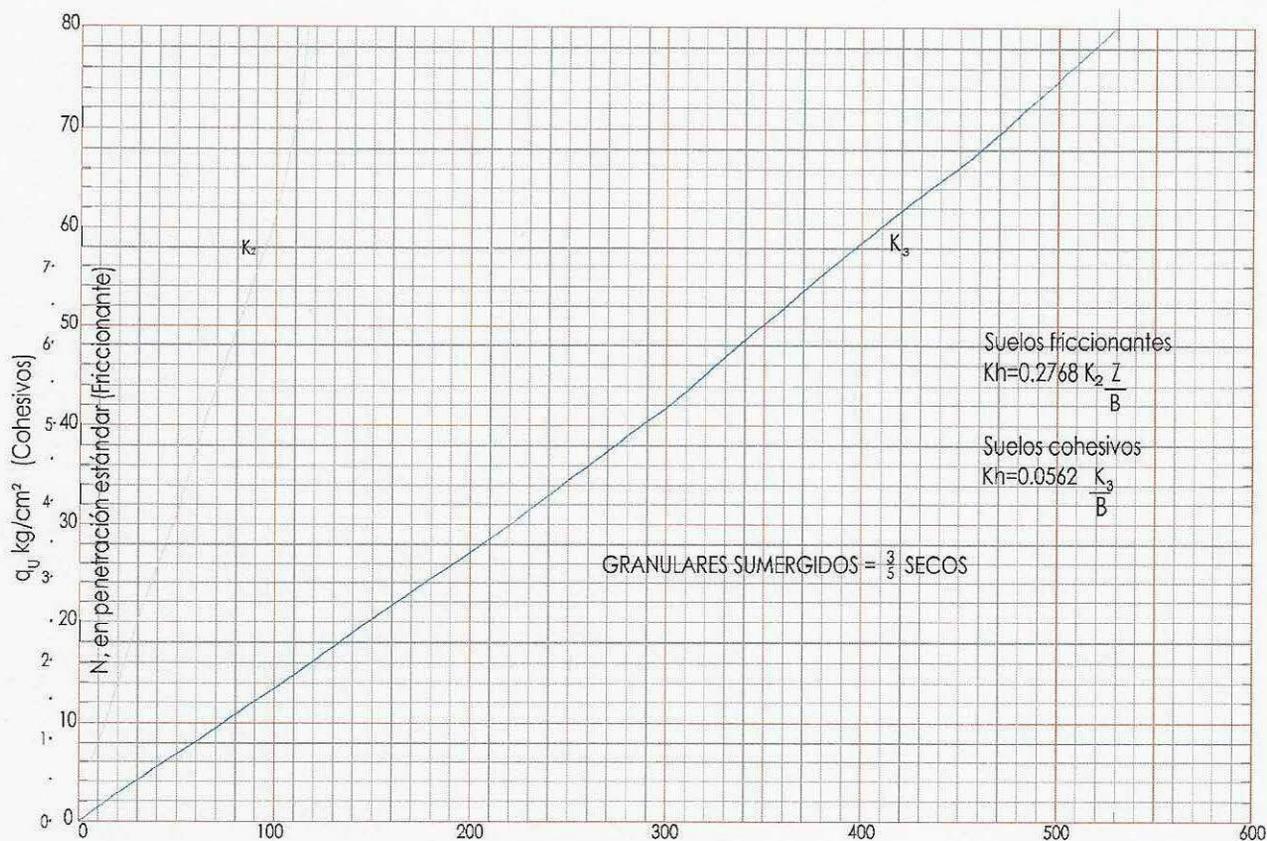
ASENTAMIENTOS EN PILAS, CON COMPATIBILIDAD ENTRE CAPACIDADES DE CARGA Y CARGAS DE SERVICIO										
$\delta = \frac{\left( \left( \frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) + 0.66 \frac{C_f}{1.4} \right) L}{10 A_D E_c} + \frac{0.36 \left( \frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) D}{10 A_D E_s}$ $k_v = \frac{R}{\frac{1.4}{\delta} + W_p}$										
Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m²)	Ec (kg/cm²)	D (cm)	Es (kg/cm²)	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)
140.1	46.2	324.8	2450	0.785	280000	100	450	1.45	418.7	238.08
197.4	66.5	389.8		1.131		120		1.62	520.7	269.93
264.6	90.5	454.7		1.539		140		1.81	628.8	298.62

Tomando en cuenta las cargas en la Tabla 4.9 del Anexo 4, se calcularon los asentamientos asociados a estas:

$$\delta = \frac{[(C_p) + (0.66(C_f))]L}{10A_p E_c} + \frac{0.36[C_p]D}{10A_p E_s}$$

**Cf1=** 324.81 t  
**P=** 53.92 t  
**Wp=** 46.18 t  
**Cp=** 46.18 t  
**Cf2=** 53.92  
**L=** 24.50 m  
**Ap=** 0.785 m²  
**Ec=** 280000 kg/cm²  
**Es=** 450 kg/cm²  
**D=** 1.0 m  
**δ=** 0.56 cm

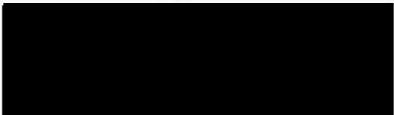
Como se puede observar, los desplazamientos asociados a las cargas de servicio determinadas con las combinaciones de carga, resultan menores a 1.0 cm, inferiores a los establecidos con las capacidades de carga.



**Gráfica para el cálculo del módulo de reacción horizontal, según Terzaghi**  
 (RICO. DEL CASTILLO. La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Volumen 2 Limusa.)

PROYECTO INTEGRAL DE LA “CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES- LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

 	
CONTROL DE DOCUMENTOS	
<input type="checkbox"/> Autorizado para construcción	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Autorizado para implementación	Fecha _____
<input checked="" type="checkbox"/> Solo para información	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Obsoleto	Fecha _____
Copia Controlada para: <u>SUPERVISIÓN CABLEBUS L3</u>	
Autoriza: _____	

Elaboró	Autorizó.	Enterado
		

**Contenido**

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETO.....	3
3. ALCANCES.....	3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 12.....	3
5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO.....	5
5.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE.....	5
5.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	5
5.3 ENSAYES DE LABORATORIO.....	5
5.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA.....	5
5.5 MODELO GEOMECÁNICO.....	7
6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN.....	8
6.1 CARGAS ACTUANTES.....	8
6.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN.....	8
6.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA.....	9
6.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.....	11
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	13
7.2 PILAS.....	13
7.3 EXCAVACIÓN.....	16
7.4 MINAS.....	16
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
9. ANEXO 1. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO CONCÉNTRICA.....	20
10. ANEXO 2. MEMORIA DE CÁLCULO.....	26

**Índice de Ilustraciones**

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús.....	4
---	---

**Índice de Tablas**

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3.....	4
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño.....	8
Tabla 3 Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ .....	10
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación.....	11
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas.....	12
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas.....	12
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado.....	13

## 1. Antecedentes

Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto “CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el compendio para el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 12; originalmente realizado por la empresa Perforación y Suministro S.A de C.V, del proyecto correspondiente al sistema de transporte urbano, Cablebús, línea 3, que se extenderá del Complejo Cultural Los Pinos (Calzada del Rey, S/N, Chapultepec Primera sección, Alcaldía Miguel Hidalgo) a la Av. Vasco de Quiroga, Alcaldía Álvaro Obregón.

**Cabe mencionar que esta Torre antes estaba identificada como T-11, pero debido a cambios en la nomenclatura, ahora se identifica como Torre 12.**

## 2. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la Torre 12. Con base en los resultados de la exploración geotécnica y geofísica y de las pruebas de laboratorio, se determinaron las condiciones estratigráficas del sitio, así como la solución de cimentación y su nivel de desplante, la capacidad de carga reducida del suelo y los asentamientos que se presentarán en la masa de suelo correspondiente a esta torre, denominada T-10A, la cual tiene las coordenadas X=476,597; Y= 2,144,682 y se proyecta a las afueras del Colegio de Arquitectos, ubicado en Av. Constituyentes No. 800, Lomas Altas, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX

## 3. Alcances

En el presente informe se presenta la solución de cimentación y descripción del procedimiento constructivo de la misma, solución basada en: experiencia que se tiene de la zona, los resultados de la exploración geotécnica, en los resultados de geofísica, en las pruebas in situ, las pruebas de laboratorio y en las correlaciones con el sondeo de penetración estándar, todo esto en conjunto permitieron definir un modelo geotécnico de análisis y llegar a una solución de cimentación que cumpla con los estados límite de falla y de servicio, establecidos con la Reglamentación vigente (Ref. 1).

## 4. Características generales y ubicación de la Torre 12

La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de 3000 pasajeros/hora en cada sentido.

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ubicada en la zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena Contreras y Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalco y este con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez.

La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia hacia su próxima estación (km)
E – 1	Vasco de Quiroga	Retorno	19°23'7.67"N	99°13'39.59"O	0.59
E – 2	Cineteca Nacional / Bodega Nacional de las Artes	De Paso	19°23'24.16"N	99°13'50.24"O	1.15
E – 3	Parque Cri – Cri	Doble Motriz	19°23'48.33"N	99°13'20.14"O	0.90
E – 4	Lienzo Charro / CECYT 4 "Lázaro Cárdenas"	De Paso	19°23'56.37"N	99°12'50.77"O	1.65
E – 5	Panteón Civil de Dolores	De Paso	19°24'26.00"N	99°12'3.90"O	1.13
E - 6	Metro Constituyentes – Los Pinos	De Retorno	19°24'46.93"N	99°11'29.40"O	1.13

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3

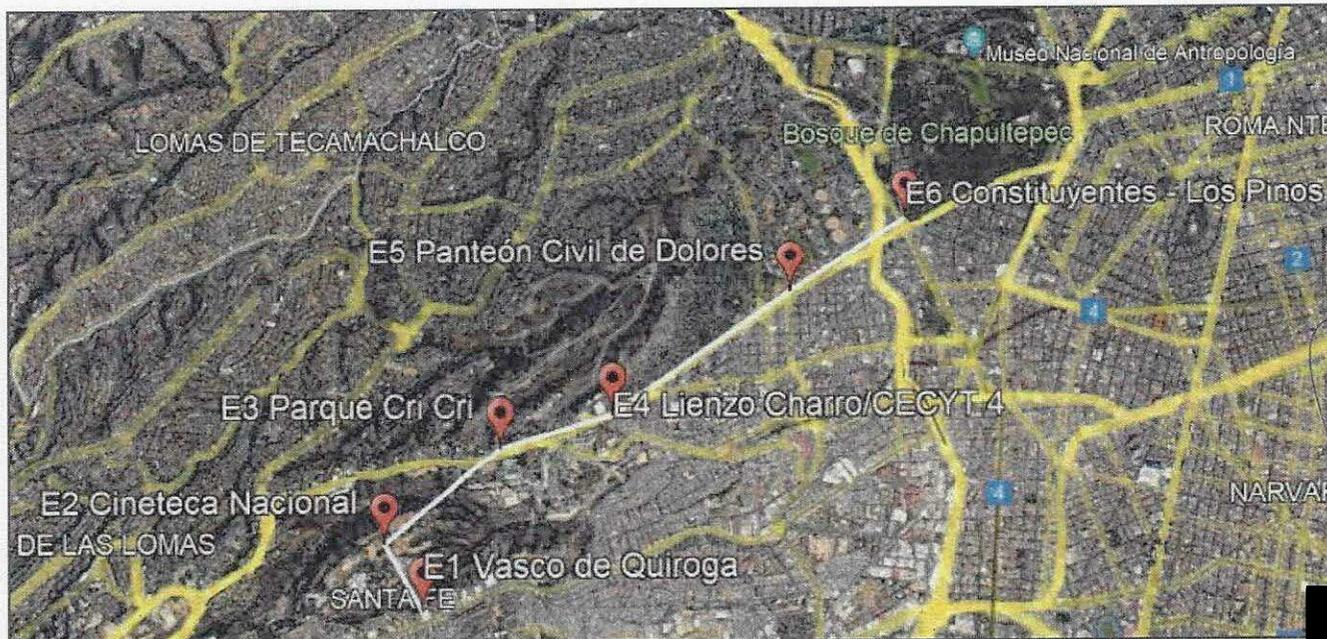


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 12, con coordenadas X=476,597; Y= 2,144,682 y se proyecta a las afueras del Colegio de Arquitectos, ubicado en Av. Constituyentes No. 800, Lomas Altas, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. De acuerdo con el trazo del proyecto, esta torre será del tipo concéntrica.

## 5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

### 5.1 Información geotécnica disponible

**Zonificación geotécnica.** El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas” (Ref. 1), definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. **En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

### 5.2 Exploración geotécnica

Para determinar las unidades estratigráficas del sitio se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-12), a una profundidad de 35.25 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 2).

Así mismo, se realizó un sondeo de avance controlado (SAC-1, T-12), a 35.0 m de profundidad. Alternando la técnica de avance controlado y 4 pruebas de presiómetro a las profundidades medias de 2.0, 5.0, 10.5 y 25.5 m. El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 cm de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16” de diámetro. Anotando la vibración, la presión y el color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a identificar inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

### 5.3 Ensayes de laboratorio

A las muestras obtenidas de los sondeos se les realizaron las siguientes pruebas:

- Clasificación visual y al tacto de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- Contenido natural de agua
- Granulometría por mallas
- Contenido de finos por lavado
- Límites de consistencia

### 5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, los sondeos exploratorios realizados, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

**Corte estratigráfico A-A' y solución de cimentación, con profundidades referidas al nivel de brocal del SPT-1:**

**De 0.00 a 2.00 m. Relleno** formado por gravas limosas con arena fina a gruesa, en estado semicomacto, de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 19.9% a 23.3%. El porcentaje de finos es de 36.0%, arena de 26.5% y grava de 37.5%. El Límite Líquido es de 40.68% y el Límite Plástico de 27.38%. La densidad relativa de sólidos es de 2.500. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 13 los 22.

**De 2.00 a 12.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia muy dura, de color café grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 23.5% a 36.6%. El porcentaje de finos varía de 86.0% a 50.0%, arena de 13.6% a 50.0% y grava de 0.0% a 25.1%. El Límite Líquido varía de 38.52% a 40.84% y el Límite Plástico de 27.98% a 37.46%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.498 a 2.554. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de  $\gamma_m = 1.663 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.749 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 34 a los más de 50.

**De 12.20 a 16.70 m. Arena gruesa a fina limosa (SM)**, de origen piroclástico (andesítico), muy compacta, con abundante grava con granos de hasta  $3/4"$ , de color café en tonos claro y verdoso, intercalada con un lente de grava areno limosa muy compacta al principio del estrato. El contenido natural de agua varía de 15.0% a 29.5%. El porcentaje de finos varía de 7.7% a 26.9%, arena de 33.0% a 59.8% y grava de 32.6% a 40.1%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 16.70 a 20.60 m. Arena pumítica limosa**, de compacta a muy compacta, de color gris claro, con poca grava, intercalada con un lente de limo arenoso de consistencia dura. El contenido natural de agua varía de 25.7% a 63.4%. El porcentaje de finos varía de 22.2% a 38.2%, arena de 61.8% a 72.4% y grava de 0.0% a 5.4%. El Límite Líquido es de 29.34% y el Límite Plástico de 23.37%. La densidad relativa de sólidos es de 2.501. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 36 a los más de 50.

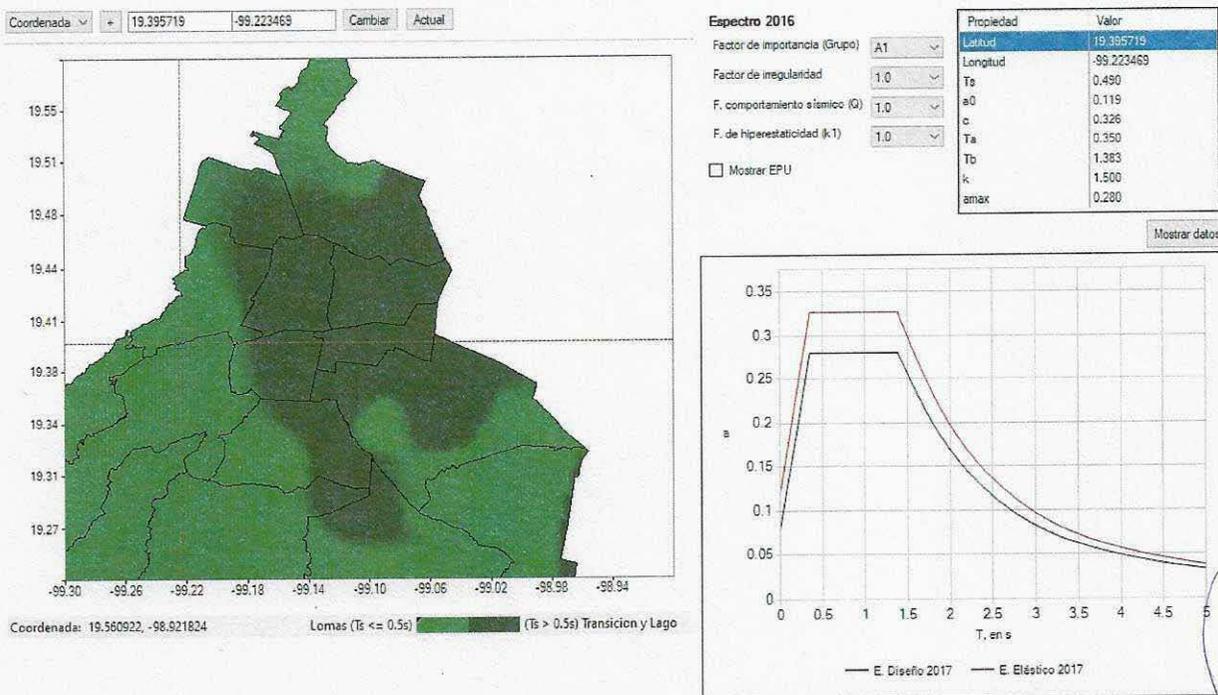
**De 20.60 a 29.60 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 24.4% a 39.7%. El porcentaje de finos varía de 55.2% a 86.0%, arena de 14.0% a 44.8% y grava de 0.0%. El Límite Líquido varía de 27.15% a 42.37% y el Límite Plástico de 22.15% a 27.57%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.514 a 2.554. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de  $\gamma_m = 1.676 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.876 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 32 a los más de 50.

**De 29.60 a 35.25 m. Arena fina a gruesa, limosa (SM)**, de origen piroclástico (andesítico), en estado muy compacto, con grava con granos aislados de hasta  $1/2"$  de diámetro, de color café en tonos rosáceo, rojizo y claro. El contenido natural de agua varía de 16.8% a 24.3%. El porcentaje de finos varía de 32.7% a 35.7%, arena de 57.7% a 62.9% y grava de 4.5% a 6.9%. La densidad relativa de sólidos es de 2.494. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**Condiciones piezométricas.** Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución de los sondeos, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información recabada de la zona, de las zonas minadas y lo identificado en puntos cercanos, se consideran dos lechos de antiguas minas u oquedades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 16.7 y 20.6 m; correspondiente con los materiales pumíticos antiguamente explotables.

**Coefficiente sísmico.** Tomando en cuenta la posición central de la Estación 2 y el software SASID (Ref. 3), el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral,  $a_0 = 0.119$ . Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño final.



### 5.5 Modelo geomecánico

Los parámetros mecánicos de los estratos que conforman la estructura del subsuelo; necesarios para la determinación de la capacidad de carga y deformaciones, se presenta en la Tabla 2 y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, laboratorio y pruebas de presiómetro:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	S.U.C.S	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.0 a 2.0	Relleno GM	1.65	2.5	18	100
2	2.0 a 5.0	ML arenoso	1.75	3.0	33	1,000
-	5.0 a 8.0	Mina u oquedad hipotética				
2	8.0 a 9.0	ML arenoso	1.75	3.0	33	1,000
	9.0 a 12.2		1.75	3.0	30	500
3	12.2 a 16.7	SM con gravas	1.75	5.0	37	1,200
-	16.7 a 20.6	Mina u oquedad hipotética				
4	20.6 a 29.6	ML arenoso	1.60	2.0	25	400
5	29.6 a 33.2	SM con gravas	1.75	4.5	37	600
	33.2 a 35.25		1.75	4.5	39	1,200

$\gamma$ : peso volumétrico; c: cohesión;  $\phi$ : ángulo de fricción interna

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia se determinaron mediante correlaciones con el número de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo, gráficas 1 y 2, mientras que las propiedades de deformabilidad, se determinaron tomando en cuenta las pruebas de presiómetro y correlaciones.

## 6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

La Torre 12, con coordenadas X=476,597; Y= 2,144,682 y se proyecta a las afueras del Colegio de Arquitectos, ubicado en Av. Constituyentes No. 800, Lomas Altas, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. De acuerdo con el trazo del proyecto, esta torre será del tipo concéntrica.

### 6.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes a nivel de cimentación; que incluye el peso del dado; que se determinaron en el análisis estructural de una torre tipo concéntrica se presenta en el Anexo 1. En este anexo, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actuantes cada una de las pilas.

Es muy importante mencionar que esta revisión deberá ser avalada por el área de estructuras del proyecto y verificar la correcta interpretación de carga, momentos, etc.

### 6.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta.

Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. **En caso de que se detecten minas u oquedades que no pudieron ser identificadas durante la exploración geotécnica o geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución de los sondeos, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información recabada de la zona, de las zonas minadas y lo identificado en puntos cercanos, se consideran dos lechos de antiguas minas u oquedades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 16.7 y 20.6 m; correspondiente con los materiales pumíticos antiguamente explotables.

**La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 25.0 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 4.5 x 4.5 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 23.0 m.**

### 6.3 Estado límite de falla

De acuerdo a las NTC cimentaciones del 2017 (Ref. 1), en todo momento, la sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor de carga, deberá ser menor que la capacidad de carga reducida de cada pila o grupo de pilas, con el cumplimiento de la desigualdad:

$$\sum QF.C < R \quad (1)$$

Donde:

- $\sum QF.C$  sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor o factores de carga
- R capacidad de carga reducida de las pilas, t

**Capacidad de carga reducida.** La capacidad de carga de las pilas fue determinada mediante la expresión siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p \quad (2)$$

Donde:

- R capacidad de carga reducida, t
- $C_p$  capacidad de carga reducida por punta, t
- $C_f$  capacidad de carga reducida por fricción, t
- $W_p$  peso del elemento, t; t/m

Con:

$$C_p = (p'_v N_q^* F_R + P_v) A_p \quad (3)$$

Donde:

- $p'_v$  esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 27.5 t/m<sup>2</sup>
- $N_q^*$  factor de capacidad de carga
- $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.35
- $P_v$  esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 27.5 t/m<sup>2</sup>

Con:

$$N_q^* = N_{\min} + L_e \frac{N_{\max} - N_{\min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (4)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (5)$$

O bien

$$N_q^* = N_{\max} \quad (6)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (7)$$

Donde:

- Le longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 1.4 m
- B diámetro de la pila, m.
- $\phi$  ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 25°

Los valores de  $N_{\max}$  y  $N_{\min}$ , se presentan en la Tabla 3, función del valor del ángulo de fricción interna del material de desplante:

Tabla 3 Valores de  $N_{\max}$  y  $N_{\min}$

$\phi$	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$N_{\max}$	12.5	26	55	132	350	1000
$N_{\min}$	7	11.5	20	39	78	130

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante las siguientes expresiones (Ref. 2):

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i \bar{p}_{vi} L_i \quad \text{suelos friccionantes} \quad (8)$$

Donde:

- $P_p$  perímetro de la pila, m
- $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.65
- $L_i$  longitud de la pila en el estrato de interés, m
- $\beta_i$  coeficiente de fricción
- $\bar{p}_{vi}$  esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m<sup>2</sup>

Con

$$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{Z} \quad \text{para } 0.25 < \beta_i < 1.2 \quad \text{para suelos friccionantes} \quad (9)$$

**Capacidad a la tensión.** Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, tendrán que ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará es función de la fricción más una porción el peso propio del elemento:

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p \quad (10)$$

Donde:

- $C_{te}$  capacidad reducida a la tensión, t.
- las demás literales ya fueron definidas.

Sustituyendo los valores correspondientes, se presentan las siguientes capacidades de carga reducida para pilas de distintos diámetros:

Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	Cp (t)	Cf (t)	R (t)	Cte (t)
1.0	43.4	133.0	268.1	357.7	296.2
1.2	62.4	185.6	321.7	444.9	362.3
1.4	85.0	246.9	375.3	537.2	430.5

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C<sub>te</sub>, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. Esta comparación se presenta en el Anexo 1, de acuerdo con la revisión de las cargas actuantes. **Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m<sup>2</sup>, para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.**

#### 6.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento; primer término de la expresión, más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión siguiente (Ref. 4), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$\delta = \frac{(C_p + 0.66C_f)L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 C_p D}{10 A_p E_s} \quad (11)$$

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,300 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E<sub>s</sub> módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 400 kg/cm<sup>2</sup>
- E<sub>c</sub> módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm<sup>2</sup>, para f'c= 400 kg/cm<sup>2</sup>

con

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \quad (12)$$

**Módulo de reacción vertical.** La constante de resorte para pilas; que será utilizado para el diseño estructural de la cimentación considerando la interacción suelo-estructura, se determinó como sigue (Ref.5), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$k_v = \frac{q}{\delta} \quad (13)$$

Donde:

- k<sub>v</sub> módulo de reacción vertical, t/cm.
- las demás literales ya fueron definidas.

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (11) y (13), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k <sub>v</sub> (t/cm)	k <sub>v</sub> (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	1.47	202.63	25.80
1.2	1.66	229.61	20.30
1.4	1.84	254.20	16.51

**Módulos de reacción horizontal.** Para la revisión estructural de las pilas sometidas a cargas laterales, a continuación, se presenta el módulo de reacción horizontal (Ref. 6).

Para suelos friccionantes:

$$k_h = 0.2768 k_2 \frac{z}{B} \quad (14)$$

Donde

- k<sub>h</sub> módulo de reacción horizontal, (kg/cm<sup>3</sup>)
- k<sub>2</sub> coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg<sup>3</sup>
- B diámetro del cemento, m
- z profundidad media del estrato en revisión, m.

De acuerdo con las expresiones anteriores, en las Tablas 6 y 7 se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k <sub>2</sub>	k <sub>h</sub> (Kg/cm <sup>3</sup> )		
				B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 5.0	>80	1.5	115	4.77	3.98	3.41
5.0 a 8.0	0	4.5	0	0.00	0.00	0.00
8.0 a 9.0	>80	6.5	115	20.69	17.24	14.78
9.0 a 12.2	40	8.6	63	15.00	12.50	10.71
12.2 a 16.7	>80	12.45	115	39.63	33.03	28.31
16.7 a 20.6	0	16.65	0	0.00	0.00	0.00
20.6 a 25.0	39	20.8	61	35.12	29.27	25.09

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>3</sup> )
				B (m)
				4.50
0.0 a 2.0	15	1	21	0.13

**Propuesta de cimentación.** La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación de 3.0 m entre ellas. Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carga están por arriba de la magnitud de las cargas de referencia, el diámetro mínimo de pilas será de 1.0 m, para que estas puedan ser inspeccionadas visualmente una vez que se termine su perforación y se confirme la ausencia de cavidades.

**Resulta de gran importancia mencionar que esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad. Así mismo, será el área de estructuras quien determine el diámetro y número de pilas, de acuerdo con las capacidades de carga presentadas en este informe y de acuerdo con el modelo estructural empleado.**

## 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Es importante comentar que el modelo geotécnico de análisis se determinó con base en los resultados de la exploración geotécnica, de la exploración geofísica de puntos cercanos y de la experiencia que se tiene en la zona, misma que es muy susceptible a cambios por la presencia de antiguas minas y rellenos para su rehabilitación. Cualquier cambio en las condiciones del suelo de las que se analizan en este estudio, debe de ser reportado de manera inmediata a los diseñadores, para realizar los ajustes necesarios en los análisis y se garantice el buen comportamiento a corto, mediano y largo plazo. Por lo anterior, durante la construcción de las pilas se deberá contar con personal capacitado y calificado, para supervisar y asesorar durante los trabajos de construcción de la cimentación y que de manera oportuna se detecte cualquier cambio en las condiciones analizadas en este estudio.

### 7.2 Pilas

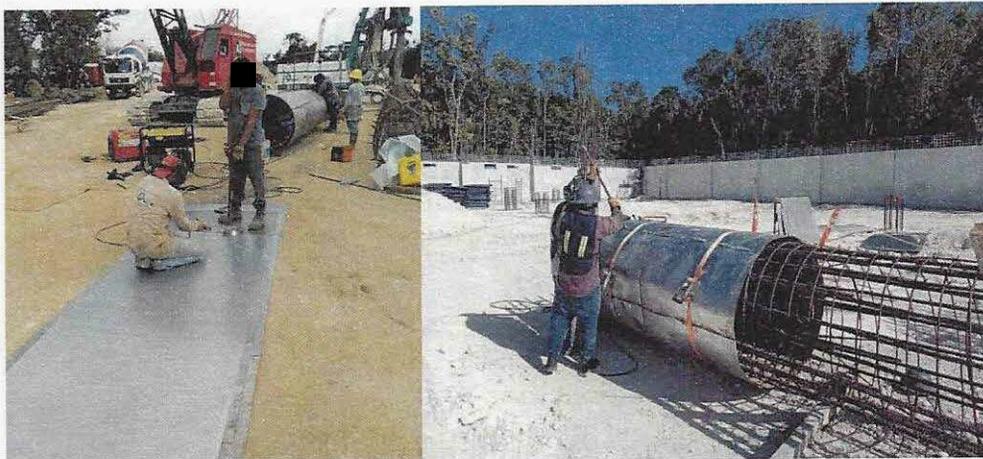
Con las áreas liberadas y reubicadas todas las instalaciones que se pudieran ver afectadas por la construcción de esta torre, se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de cada uno de los elementos de cimentación.
- Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta la profundidad de desplante de proyecto. Es importante mencionar que cada una de las pilas deberá ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas, Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

- 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.
- 2) Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.

En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

- c) El concreto para la construcción de las pilas será de una  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de 4,200  $\text{kg/cm}^2$ .
- d) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyos" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.
- e) En caso de que efectivamente se presenten oquedades o antiguas minas durante la perforación de las pilas, se deberá colocar ademe para poder realizar el colado. Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



Fotos 1 y 2. Encamisado de lámina para formar ademe perdible.

Así mismo, en caso de que se presente inestabilidad en las paredes de las perforaciones, se deberá colocar un ademe perdible.

- f) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse totalmente el colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frías.

- g) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- h) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante “diablo” para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.
- i) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto contaminado con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descendente; en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- j) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:
- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.
  - 2) *Verticalidad.* La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final del apoyo, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.
  - 3) *Limpieza.* Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario para cubrir 5% del área en un espesor de 5 cm.
  - 4) *Acero de refuerzo.* La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.
- k) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el colado. Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso.
- l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de “baja deformación”. Los ensayos de integridad deberán ser realizados por métodos reconocidos, se podrán emplear métodos geofísicos como pulso simple o combinado, pozo-abajo, pozos cruzados, gama-gama o térmicos. **De acuerdo con las NTC cimentaciones (Ref. 1), se deberán realizar pruebas de**

integridad en el 100% de las pilas, ya que las torres y estaciones se tratan de estructuras del grupo A1.

### 7.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 4.5 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la excavación con dimensiones mínimas de 4.9 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Tomando en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio en estudio, se podrá realizar la excavación hasta la máxima profundidad, 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Se deberá evitar la colocación de cargas en la corona de los cortes.
- b) Al llegar a la profundidad máxima para el dado; 2.0 m, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será relleno con relleno fluido.

### 7.4 Minas

- a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los avances, cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.
- b) Ya que las pilas se proyectan con un diámetro de 1.0 m, una vez que se haya terminado la perforación de cada una de estas, se tendrá que hacer una inspección visual en toda la longitud. Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:
  - 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
  - 2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.**

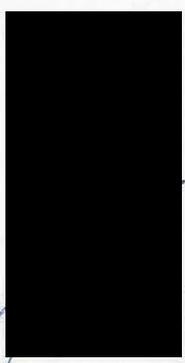
En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

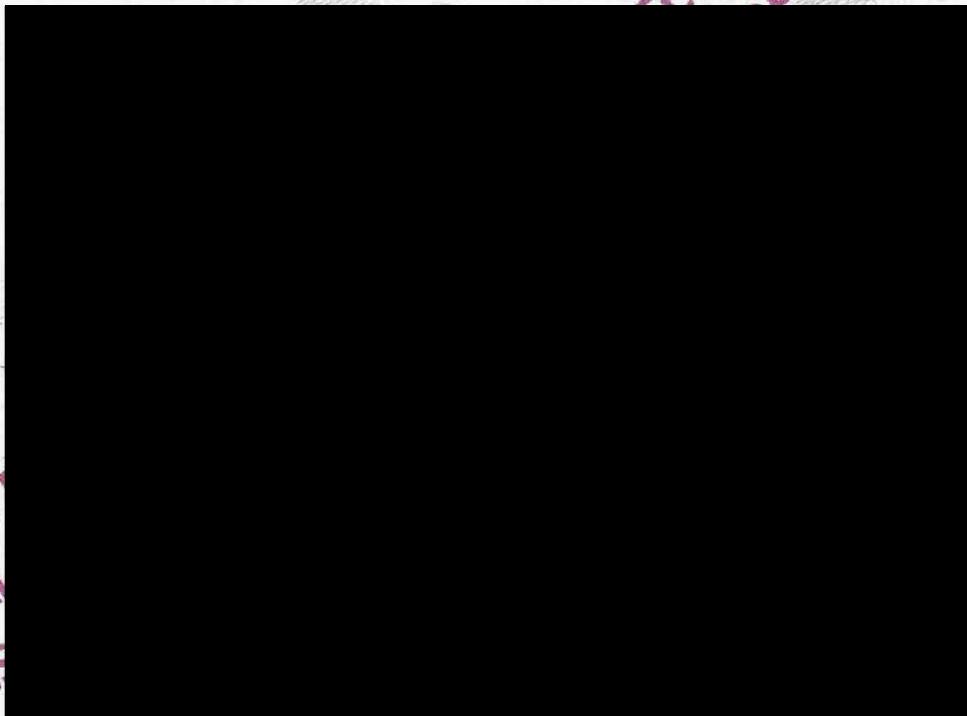
c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes adicionales a lo considerado en este informe, se deberá dar aviso inmediato al área de mecánica de suelos, para que se tomen las medidas correctivas que se deben de realizar. Cualquier condición del suelo diferente a la considerada en este informe, deberá ser tomada en cuenta y revisar nuevamente las capacidades de carga y propuesta de desplante de las pilas, para garantizar el cumplimiento de los estados límite de falla y servicio.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2ª.
6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. II**, Ed. Limusa, México 2009

PROYECTO  
TO DE  
(S),  
ORTE  
"XICO"  
PARA USO EXCLUSIVO  
INTEGRAL DE LA "CON  
TRANSPORTE SUSTENT  
CONSTITUI  
SISTEM  
CIUDAD  
QUIROGA A METR  
CABLEBÚS LÍNE  
PÚBLICO C





PARA USO  
INTEGRAL  
TRANS  
QUIRO  
CABLEBÚS  
PÚBLICO CABLE



**9. ANEXO 1. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO CONCÉNTRICA**

De acuerdo con el análisis estructural de la Torre 37; que es una torre concéntrica, se presentan las cargas siguientes a nivel de cimentación, mismas que ya consideran el peso del dado de cimentación. Estas cargas se tomarán en cuenta como tipo, para las torres concéntricas.

## TORRE 37



Combinación Gravitacional con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	1	Combina		10.8294		0 198.5491	-2.9347	214.3148	-8.7492

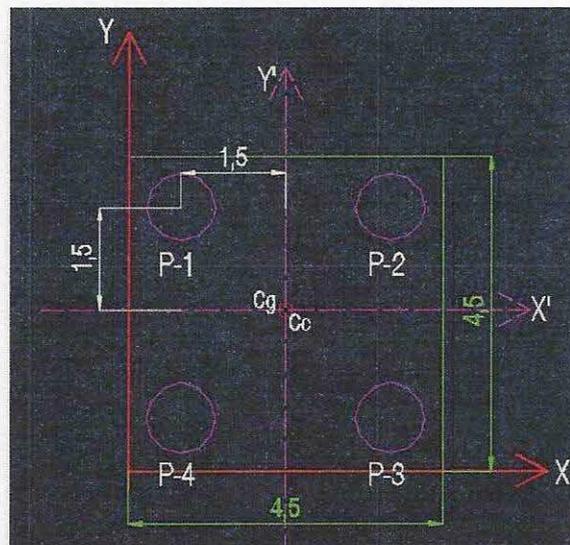
Combinación Sismo con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	82	Combina	Max	35.1217	-9.8162	165.6727	288.0877	709.1602	-37.7216

Combinación Gravitacional sin factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	0DispZ	Combina		7.2196		0 144.7686	-1.8517	104.5352	-5.8328

A continuación, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actuantes cada una de las pilas.



Esquema 1.1. Planta de pilas y referencia de ejes generales y centroidales. Cc: centro de cargas; Cg: centro de pilas

De acuerdo con la posición de las pilas y el punto de aplicación de la carga, se tiene:

Tabla 1.1

Centro geométrico de pilas					
Pila	A (m <sup>2</sup> )	X (m)	Y (m)	AX (m <sup>3</sup> )	AY (m <sup>3</sup> )
1	0.785	0.75	3.75	0.58905	2.94524311
2	0.785	3.75	3.75	2.94524	2.94524311
3	0.785	3.75	0.75	2.94524	0.58904862
4	0.785	0.75	0.75	0.58905	0.58904862
	<b>3.142</b>			<b>7.1</b>	<b>7.1</b>
		<b>X=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>	
		<b>Y=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>	

Tabla 1.2

Centro de cargas		
<b>X=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>
<b>Y=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>
<b>eX=</b>	<b>0.0</b>	<b>m</b>
<b>eY=</b>	<b>0.0</b>	<b>m</b>

Tabla 1.3

Momentos de inercia, pilas				
Pila	Xi (m)	Yi (m)	(Xi) <sup>2</sup>	(Yi) <sup>2</sup>
1	1.5	1.50	2.25	2.25
2	1.5	1.50	2.25	2.25
3	1.5	1.50	2.25	2.25
4	1.5	1.50	2.25	2.25
		<b>Σ=</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>
		<b>Ix=</b>	<b>9.00</b>	
		<b>Iy=</b>	<b>9.00</b>	

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

$$\Delta\sigma_{est} = M_{v\ est\ x} \frac{\pm y_i}{I_x} \pm M_{v\ est\ y} \frac{\pm x_i}{I_y} \quad (1.1)$$

Donde:

- $\Delta\sigma_{est}$  incremento y decremento de carga estática, t
- $M_{v\ est\ x}$  momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje x, t-m
- $M_{v\ est\ y}$  momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje y, t-m
- $x_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido X
- $y_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido Y

Tabla 1.4

Incremento de cargas fact por excentricidad estática														
<table border="1"> <tr> <td>Mve X=</td> <td>0.00</td> <td>t-m</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Mve Y=</td> <td>0.00</td> <td>t-m</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>					Mve X=	0.00	t-m			Mve Y=	0.00	t-m		
Mve X=	0.00	t-m												
Mve Y=	0.00	t-m												
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	P max (t)										
1	1.5	1.50	0.00	49.64										
2	1.5	1.50	0.00	49.64										
3	1.5	1.50	0.00	49.64										
4	1.5	1.50	0.00	49.64										

Donde:

$$P_{max,min} = \frac{P_{est\ fact}}{No.pilas} \pm \Delta\sigma_{est} \quad (1.2)$$

Donde:

$P_{est\ fact}$  carga máxima factorizada en condición estática, igual a 198.5491 t

$P_{max,min}$  carga máxima y mínima factorizada estática, t

$\Delta\sigma_{est}$  incremento de carga por excentricidad estática, t

Por su parte, los incrementos y decrementos de cargas en condición sísmica en cada una de las pilas se determinó mediante la expresión siguiente:

$$\Delta\sigma_s = M_{vx} \frac{y_i}{I_x} \pm 0.3M_{vy} \frac{x_i}{I_y} \quad (1.3)$$

Donde:

$\Delta\sigma_s$  incremento y decremento de carga por condición sísmica, t

$M_{vx}$  momento de volteo sísmico respecto al eje x, igual a 288.0 t-m

$M_{vy}$  momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a 709.16 t-m

$x_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido X

$y_i$  distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido Y

Se realizaron las 8 combinaciones con las variaciones del 100% del momento de volteo en un sentido y el 30% de momento en el otro sentido:

Tabla 1.5

Combinaciones sísmicas para determinación de incrementos y decrementos de cargas en pilas															
<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>
1	1.500	1.500	-132.60	1	1.5	1.50	103.79	1	1.5	1.5	-83.47	1	1.500	1.5	12.56
2	1.500	1.500	103.79	2	1.5	1.5	-132.60	2	1.5	1.5	-12.56	2	1.500	1.5	83.47
3	1.500	1.500	132.60	3	1.5	1.5	-103.79	3	1.5	1.5	83.47	3	1.500	1.5	-12.56
4	1.500	1.500	-103.79	4	1.5	1.5	132.60	4	1.5	1.5	12.56	4	1.500	1.5	-83.47
<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>
1	1.500	1.500	-103.79	1	1.500	1.500	132.60	1	1.5	1.5	-12.56	1	1.5	1.5	83.5
2	1.500	1.500	132.60	2	1.500	1.500	-103.79	2	1.5	1.5	-83.47	2	1.5	1.5	12.6
3	1.500	1.500	103.79	3	1.500	1.500	-132.60	3	1.5	1.5	12.56	3	1.5	1.5	-83.5
4	1.500	1.500	-132.60	4	1.500	1.500	103.79	4	1.5	1.5	83.47	4	1.5	1.5	-12.6

De acuerdo con la revisión de las 8 combinaciones anteriores:

Tabla 1.6

Incrementos max y min sísmicos		
Pila	Δσs max (t)	Δσs min (t)
1	132.60	-132.60
2	132.60	-132.60
3	132.60	-132.60
4	132.60	-132.60

Para la obtención de las cargas máximas y mínimas en cada pila, se tiene:

$$P_{Tot_{fact}} = P_{max} \pm \Delta\sigma_s \tag{1.4}$$

Sustituyendo los valores correspondientes, se tienen las siguientes condiciones de carga en cada una de las pilas analizadas:

Tabla 1.7

Cargas Tot máx y mín factorizadas		
Pila	Ptot max (t)	Ptot min (t)
1	182.24	-82.96
2	182.24	-82.96
3	182.24	-82.96
4	182.24	-82.96

Es muy importante mencionar que esta revisión deberá ser avalada por el área de estructuras del proyecto y verificar la correcta interpretación de carga, momentos, etc.

Tomando en cuenta las cargas máximas y mínimas factorizadas totales de la Tabla 5.7 y las capacidades de carga reducidas a compresión y tensión, se tiene:

Tabla 1.8 Comparativa  $\Sigma QF.C < R$

D (m)	R (t)	Ptot max (t)	C <sub>te</sub> (t)	Ptot min (t)
1.0	357.7	182.24	296.2	82.96

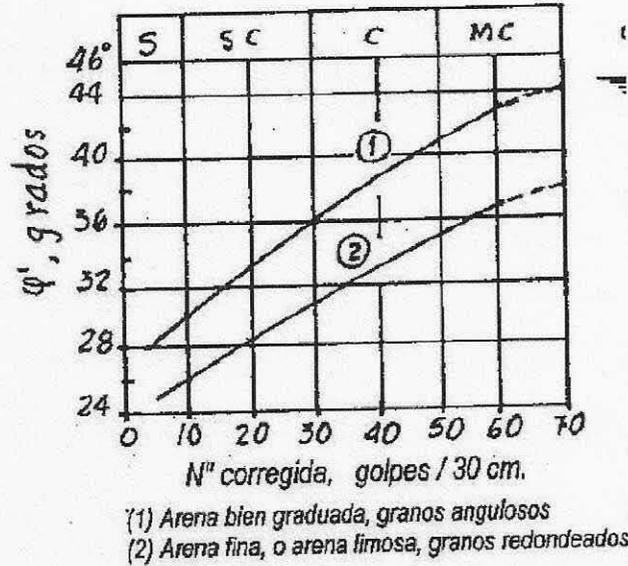
Como se puede observar, se cumple con la desigualdad para las cargas actuantes a compresión y tensión.

Para el caso de las cargas de servicio "Combinación Gravitacional sin factores", empleando las expresiones (1.1) y (1.2) y sustituyendo los valores correspondientes:

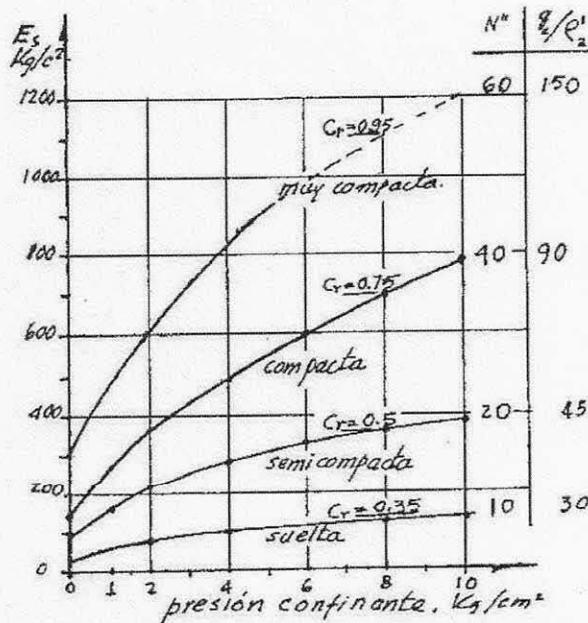
Tabla 1.9

$\Delta$ de cargas serv por excent. Estática					
		Mve X=	0.00	t-m	
		Mve Y=	0.00	t-m	
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	P max (t)
1	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
2	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
3	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
4	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92

**10. ANEXO 2. MEMORIA DE CÁLCULO**



(a)



b) Módulo de Young para arena limosa media, en prueba triaxial drenada, para diferentes presiones confinantes y compacidades relativas

(Ref. 4). Gráficas 1 y 2 para correlación entre el número de golpes y ángulo de fricción interna,  $\phi$  y Módulo de Young, E.

Tabla 2.1

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = (P'_v N_q^* F_{Rq} + P_v) A_p$$

$$N_q^* = N_{min} + L_e \frac{N_{max} - N_{min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)}$$



$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$N_q^* = N_{max}$$



$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	φ	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	23.0	43.35	1.4	1.40	25	26	11.5	14.73	27.50	0.35	27.50	132.97
1.2	1.131		62.43		1.17				14.19				185.62
1.4	1.539		84.97		1.00				13.81				246.94

Tabla 2.2

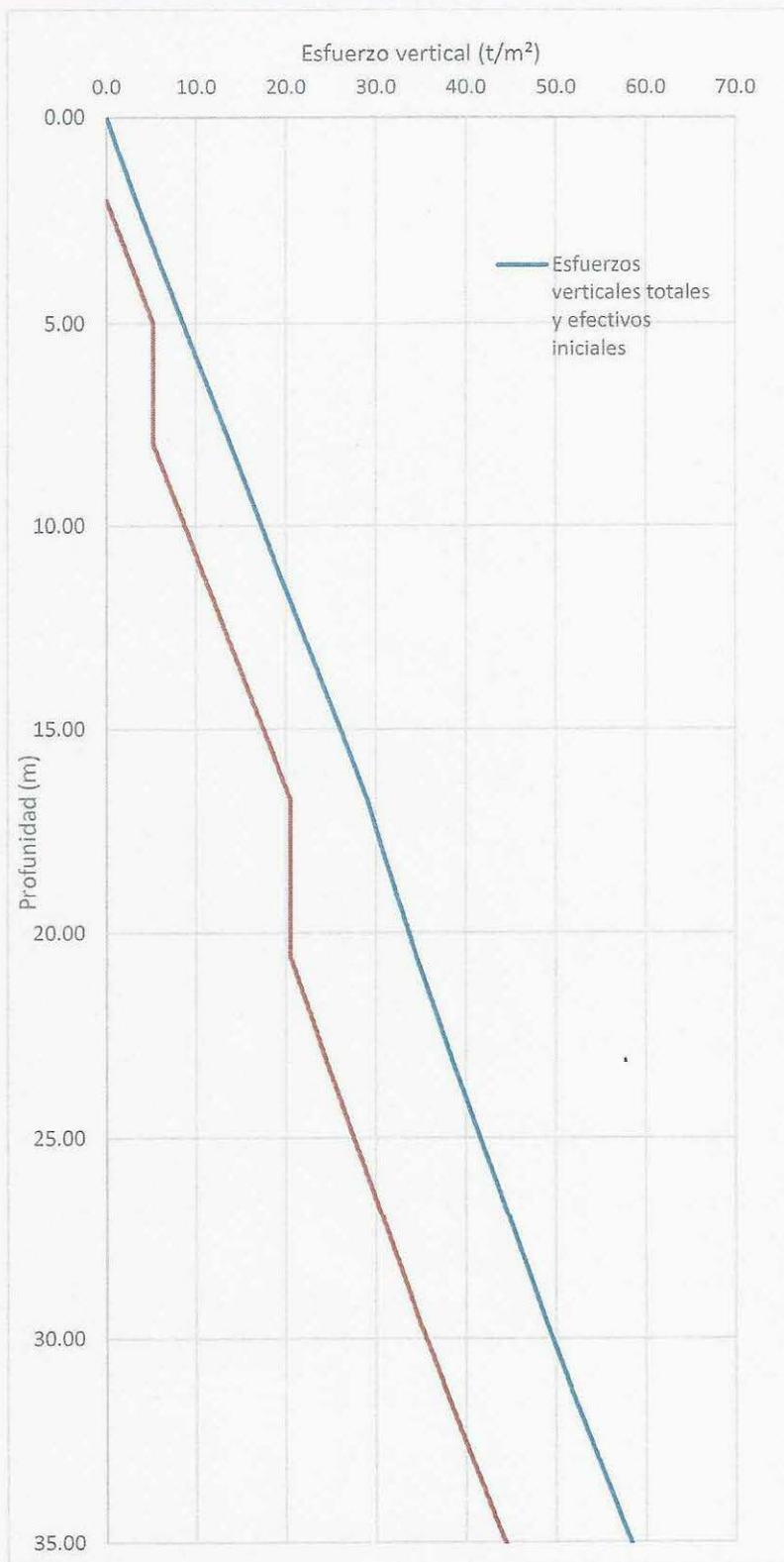
CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_f = P_p F_{Rp} \sum_{i=1}^m \beta_i P'_v L_i$$

$$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{z} \quad \text{De 0.25 a 1.2}$$

Prof (m)	N	S.U.C.S	γ (t/m³)	c (t/m²)	φ	E (Kg/cm²)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	Poz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	βi	(P'vi)(Li)βi
0.00	15	Relleno GM	1.65	2.5	18	100	0.00	0.00	0.00					
1.00	15		1.65	2.5	18	100	1.65	0.00	1.65					
2.00	15		1.65	2.5	18	100	3.30	0.00	3.30					
Dado	2.00	110	1.75	3	33	1,000	3.30	0.00	3.30	0.00	0.00	3.00	1.20	9.45
	3.50	110	1.75	3	33	1,000	5.93	0.00	5.93	2.63	2.63			
	5.00	110	1.75	3	33	1,000	8.55	0.00	8.55	5.25	5.25			
	5.00	0	1.75	0	0	0	8.55	0.00	8.55	5.25	5.25	3.00	Mina 1	0.00
	6.50	0	1.75	0	0	0	11.18	0.00	11.18	5.25	5.25			
	8.00	0	1.75	0	0	0	13.80	0.00	13.80	5.25	5.25			
	8.00	110	1.75	3	33	1,000	13.80	0.00	13.80	5.25	5.25	1.00	0.89	5.44
	8.50	110	1.75	3	33	1,000	14.68	0.00	14.68	6.13	6.13			
	9.00	110	1.75	3	33	1,000	15.55	0.00	15.55	7.00	7.00			
	9.00	40	1.75	3	30	500	15.55	0.00	15.55	7.00	7.00	3.20	0.80	24.97
	10.60	40	1.75	3	30	500	18.35	0.00	18.35	9.80	9.80			
	12.20	40	1.75	3	30	500	21.15	0.00	21.15	12.60	12.60			
	12.20	120	1.75	5	37	1,200	21.15	0.00	21.15	12.60	12.60	4.50	0.65	48.61
	14.45	120	1.75	5	37	1,200	25.09	0.00	25.09	16.54	16.54			
	16.70	120	1.75	5	37	1,200	29.03	0.00	29.03	20.48	20.48			
	16.70	0	1.4	0	0	0	29.03	0.00	29.03	20.48	20.48	3.90	Mina 2	0.00
	18.65	0	1.4	0	0	0	31.76	0.00	31.76	20.48	20.48			
	20.60	0	1.4	0	0	0	34.49	0.00	34.49	20.48	20.48			
	20.60	39	1.6	2	25	400	34.49	0.00	34.49	20.48	20.48	4.40	0.41	42.80
	22.80	39	1.6	2	25	400	38.01	0.00	38.01	24.00	24.00			
Df	25.00	39	1.6	2	25	400	41.53	0.00	41.53	27.52	27.52			
	29.60	39	1.6	2	25	400	48.89	0.00	48.89	34.88	34.88	Σ=		131.27
	29.60	69	1.75	4.5	37	600	48.89	0.00	48.89	34.88	34.88			
	31.40	69	1.75	4.5	37	600	52.04	0.00	52.04	38.03	38.03			
	33.20	69	1.75	4.5	37	600	55.19	0.00	55.19	41.18	41.18			
	33.20	135	1.75	4.5	39	1,200	55.19	0.00	55.19	41.18	41.18			
	34.23	135	1.75	4.5	39	1,200	56.98	0.00	56.98	42.97	42.97			
	35.25	135	1.75	4.5	39	1,200	58.77	0.00	58.77	44.76	44.76			

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	268.1
1.2	3.770		321.7
1.4	4.398		375.3



Gráfica 2.1 Esfuerzos verticales totales y efectivos iniciales y de diseño

Tabla 2.3

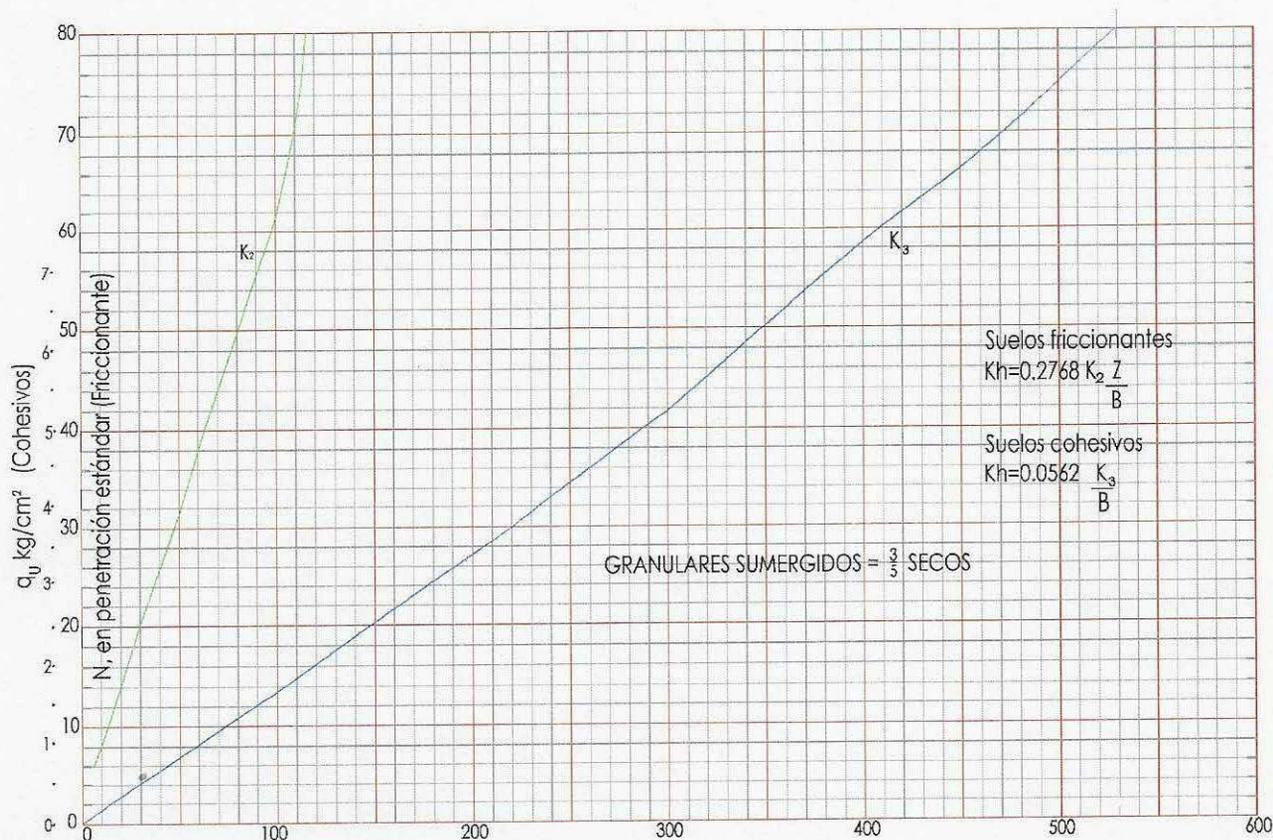
ASENTAMIENTOS EN PILAS, CON COMPATIBILIDAD ENTRE CAPACIDADES DE CARGA Y CARGAS DE SERVICIO											
$\delta = \frac{\left( \left( \frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) + 0.66 \frac{C_f}{1.4} \right) L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 \left( \frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) D}{10 A_p E_s}$ $k_v = \frac{R}{\delta} + \frac{W_p}{1.4}$											
Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m <sup>2</sup> )	Ec (kg/cm <sup>2</sup> )	D (cm)	Es (kg/cm <sup>2</sup> )	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)	
133.0	43.4	268.1	2300	0.785	280000	100	400	1.47	357.7	202.63	
185.6	62.4	321.7		1.131		120		1.66	444.9	229.61	
246.9	85.0	375.3		1.539		140		1.84	537.2	254.20	

Tomando en cuenta las cargas en la Tabla 1.9 del Anexo 1, se calcularon los asentamientos asociados a estas:

$$\delta = \frac{[(C_p) + (0.66(C_f))]L}{10A_p E_c} + \frac{0.36[C_p]D}{10A_p E_s}$$

**Cf1=** 268.06 t  
**P=** 53.92 t  
**Wp=** 43.35 t  
**Cp=** 43.35 t  
**Cf2=** 53.92  
**L=** 23.00 m  
**Ap=** 0.785 m<sup>2</sup>  
**Ec=** 280000 kg/cm<sup>2</sup>  
**Es=** 400 kg/cm<sup>2</sup>  
**D=** 1.0 m  
**δ=** 0.58 cm

Como se puede observar, los desplazamientos asociados a las cargas de servicio determinadas con las combinaciones de carga, resultan menores a 1.0 cm, inferiores a los establecidos con las capacidades de carga.



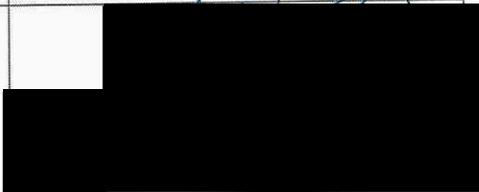
**Gráfica para el cálculo del módulo de reacción horizontal, según Terzaghi**  
 ( RICO. DEL CASTILLO. La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Volumen 2 Limusa.)

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T13AT13B-001=R00

Revisión 00 – Mayo/2023

PROYECTO INTEGRAL DE LA "CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES- LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

 	
CONTROL DE DOCUMENTOS	
<input type="checkbox"/> Autorizado para construcción	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Autorizado para implementación	Fecha _____
<input checked="" type="checkbox"/> Solo para información	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Obsoleto	Fecha _____
Copia Controlada para: <u>SUPERVISIÓN CABLEBUS L3</u>	
Autoriza: _____	

Elaboró	Autorizó.	Enterado.
		

Contenido

1.	ANTECEDENTES.....	3
2.	OBJETO.....	3
3.	ALCANCES.....	3
4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRES 13A Y 13B .....	4
5.	CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO .....	5
5.1	INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE .....	5
5.2	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	6
5.3	ENSAYES DE LABORATORIO.....	6
5.4	INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA .....	6
5.5	MODELO GEOMECÁNICO .....	8
6.	DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN .....	9
6.1	CARGAS ACTUANTES.....	9
6.2	SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN .....	9
6.3	ESTADO LÍMITE DE FALLA.....	9
6.4	ESTADO LÍMITE DE SERVICIO .....	11
7.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO .....	13
7.2	PILAS.....	13
7.3	EXCAVACIÓN.....	166
7.4	MINAS.....	17
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17
9.	ANEXO 1. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO CONCÉNTRICA .....	20
10.	ANEXO2. MEMORIA DE CÁLCULO .....	22

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús.....	5
---	---

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 .....	4
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3 Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ .....	10
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado.....	¡Error! Marcador no definido.

## 1. Antecedentes

Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el compendio para el presente estudio de mecánica de suelos para la Torres 13 A y 13 B (Antes 12 y 13); originalmente realizado por la empresa **PGS PERFORACIÓN Y SUMINISTRO SA DE CV**, del proyecto correspondiente al sistema de transporte urbano, Cablebús, línea 3, que se extenderá del Complejo Cultural Los Pinos (Calzada del Rey, S/N, Chapultepec Primera sección, Alcaldía Miguel Hidalgo) a la Av. Vasco de Quiroga, Alcaldía Álvaro Obregón.

### NOTAS IMPORTANTES:

1. - *Debido a un cambio interno en la nomenclatura a las torres 12 y 13 se le denomina en este informe las torres 13 A y 13 B respectivamente.*
2. *Debido a que aledaño al extremo sur de la Estación 3 Cri-Cri, se ubica un paso a desnivel, se considerará en el diseño geotécnico una mayor longitud de las pilas de cimentación, para tomar en cuenta la probabilidad de que el material que confina al paso deprimido pueda tener una calidad de un material de relleno, con propiedades diferentes y menores que las del suelo natural detectado en los sondeos SPT-11 y SPT-15, realizados en esta zona.*

## 2. Objeto

Identificar las condiciones geotécnicas del subsuelo del sitio en estudio, y la caracterización de las propiedades índice y mecánicas, para definir el modelo geológico-geotécnico de diseño. Definir el tipo de cimentación más adecuado para la estructura en proyecto, buscando la opción que satisfaga los requerimientos de las normas y criterios técnicos aplicables, particularmente en lo referente a la revisión de los estados límite de falla y de servicio, considerando las cargas de proyecto, afectadas por sus correspondientes factores de carga, y buscando que su comportamiento sea compatible con las estructuras colindantes; así como emitir recomendaciones generales que geotécnicamente son convenientes observar durante la construcción de la cimentación, para garantizar su correcto desempeño para lograr una adecuada capacidad de carga y que la magnitud de los asentamientos totales y diferenciales satisfagan los máximos especificados por la normatividad vigente.

## 3. Alcances

En el presente informe se presenta la solución de cimentación y descripción del procedimiento constructivo de la misma, solución basada en: experiencia que se tiene de la zona, los resultados de la exploración geotécnica, las pruebas de laboratorio y en las correlaciones con el sondeo de penetración estándar, todo esto en conjunto permitieron definir un modelo geotécnico de análisis y llegar a una solución de cimentación que cumpla con los estados límite de falla y de servicio, establecidos con la Reglamentación vigente (Ref. 1).

## 4. Características generales y ubicación de la Torres 13 A y 13 B

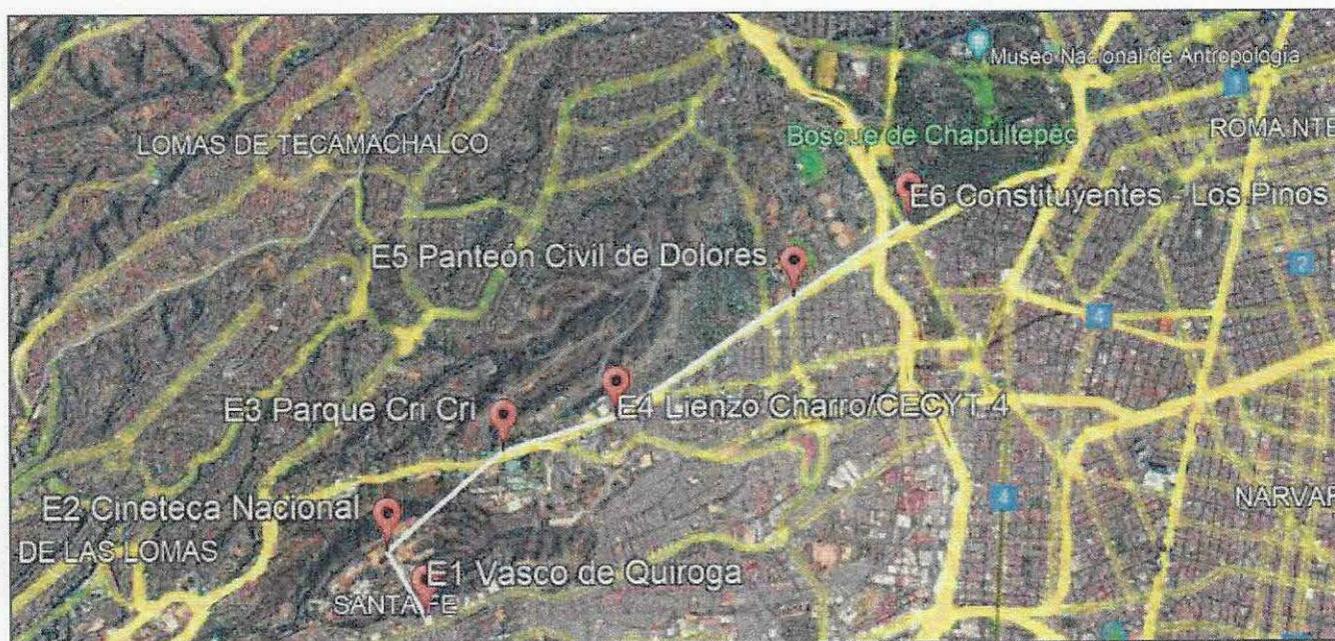
La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de 3000 pasajeros/hora en cada sentido.

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ubicada en la zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena Contreras y Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalco y este con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez.

La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia hacia su próxima estación (km)
E – 1	Vasco de Quiroga	Retorno	19°23'7.67"N	99°13'39.59"O	0.59
E – 2	Cineteca Nacional / Bodega Nacional de las Artes	De Paso	19°23'24.16"N	99°13'50.24"O	1.15
E – 3	Parque Cri – Cri	Doble Motriz	19°23'48.33"N	99°13'20.14"O	0.90
E – 4	Lienzo Charro / CECYT 4 "Lázaro Cárdenas"	De Paso	19°23'56.37"N	99°12'50.77"O	1.65
E – 5	Panteón Civil de Dolores	De Paso	19°24'26.00"N	99°12'3.90"O	1.13
E - 6	Metro Constituyentes – Los Pinos	De Retorno	19°24'46.93"N	99°11'29.40"O	1.13

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3



*Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús*

El sitio en estudio se encuentra sobre la Av. Constituyentes S/N en intersección con la Calle José María Velasco, en donde se proyecta la ejecución de la cimentación para apoyar las Torres 13A y 13B del proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3. Estas torre se encuentra ubicada en las coordenadas UTM, con el Datum 14Q 476,637 E y 2' 144,716 N; serán de tipo concéntrica.

## 5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

### 5.1 Información geotécnica disponible

**Zonificación geotécnica.** El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas” (Ref. 1), definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.

### 5.2 Exploración geotécnica

Los trabajos de exploración y el muestreo de la zona en estudio se llevaron a cabo por medio de dos sondeos continuos directos denominados SPT-14 y SPT-15, de 35.03 y 35.00m de profundidad respectivamente, y de un sondeo de avance controlado denominado SAC-14 de 35.00 m de profundidad, que sirvieron para determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo en donde se apoyará la cimentación de la futura estructura.

### 5.3 Ensayes de laboratorio

A las muestras obtenidas de los sondeos se les realizaron las siguientes pruebas:

- Clasificación visual y al tacto de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- Contenido natural de agua
- Granulometría por mallas
- Contenido de finos por lavado
- Límites de consistencia

### 5.4 Interpretación estratigráfica

Las propiedades mecánicas y de deformabilidad se determinaron por medio de correlaciones comúnmente empleada en la práctica de la mecánica de suelos. No obstante, también fueron considerados los resultados de pruebas de Phicómetro ejecutadas en el espacio correspondiente al sondeo SAC-14.

**De 0.00 a 1.60 m.** Limo arenoso de baja plasticidad, de origen piroclástico, de consistencia media, de color café grisáceo, con pocas gravillas y poca materia orgánica. El contenido natural de agua es de 27.4%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de 7.

**De 1.60 a 11.20 m.** Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café en tonos claros, con pocas gravillas, con granos aislados de hasta 3/8" de diámetro. El contenido natural de agua varía de 21.8% a 38.6%. El porcentaje de finos varía de 52.5% a 93.1%, arena de 7.0% a 43.0% y grava de 0.0% a 11.0%. El Límite Líquido varía de 35.27% a 42.88% y el Límite Plástico de 28.23% a 29.85%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.307 a 2.413. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 22 a los más de 50.

**De 11.20 a 15.40 m.** Arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico (andesítico), de compacta a muy compacta, con grava con granos aislados de hasta 3/4" de diámetro de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 11.3% a 33.8%. El porcentaje de finos varía de 9.0% a 13.5%, arena de 49.8% a 53.9% y grava de 32.6% a 41.2%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 45 a los más de 50.

**De 15.40 a 21.70 m.** Arena pumítica limosa, de media a compacta, de color gris claro, intercalada con lentejuelas de limo arenoso de consistencia muy firme. El contenido natural de agua varía de 25.5% a 63.7%. El porcentaje de finos varía de 16.9% a 32.9%, arena de 60.3% a 80.5% y grava de 2.6% a 6.7%. El Límite Líquido varía de 24.63% a 28.16% y el Límite Plástico de 20.45% a 23.54%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.287 a 2.430. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 16 a los 39.

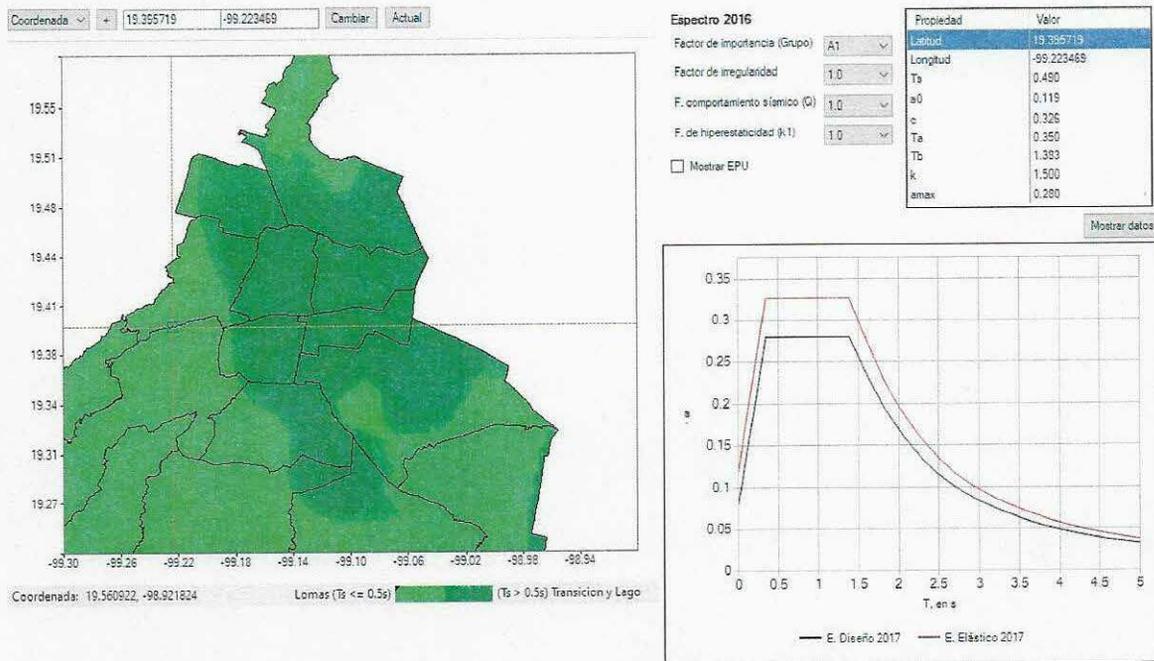
**De 21.70 a 28.60 m.** Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia firme a dura, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 19.3% a 33.6%. El porcentaje de finos varía de 57.2% a 87.5%, arena de 12.5% a 42.8% y grava de 0.0%. El Límite Líquido es de 33.78% y el Límite Plástico de 25.38%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.406 a 2.554. El peso volumétrico natural de una de las muestras ensayadas es de  $gm = 1.852 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 13 a los 46.

**De 28.60 a 35.03 m.** Arena fina a gruesa, limosa, de origen piroclástico (andesítico), muy compacta, con grava con granos aislados de hasta 1" de diámetro, y grumos pumíticos, de color café grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 12.4% a 20.6%. El porcentaje de finos varía de 18.7% a 30.7%, arena de 48.8% a 78.9% y grava de 2.4% a 28.7%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.437 a 2.487. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 49 a los más de 50.

**Condiciones piezométricas.** Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución de los sondeos, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información recabada de la zona, de las zonas minadas y lo identificado en puntos cercanos, se consideran dos lechos de antiguas minas u oquedades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 15.0 y 18.0 m; correspondiente con los materiales pumíticos antiguamente explotables.

**Coefficiente sísmico.** Tomando en cuenta la posición central de la Estación 2 y el software SASID (Ref. 3), el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral,  $a_0 = 0.119$ . Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño final.



### 5.5 Modelo geomecánico

Las propiedades índice y mecánicas consideradas para la revisión geotécnica de la cimentación de las estructuras en proyecto, se tomaron de los sondeos mecánicos directos SPT-14 y SPT-15. Para tal efecto, ha sido considerado el sondeo SPT-14 como el más representativo y desfavorable, que ha servido como base para la elaboración del Modelo Geológico-Geotécnico, siendo este enriquecido con la información del sondeo SPT-15. Asimismo, han sido considerados los resultados proporcionados del Ensaye de Phicómetro, ejecutado en el espacio del sondeo SAC-14.

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad (m)	S.U.C.S	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
1	0.0 a 2.0	-	-	-	-	-	Aunque no se detectaron minas subterráneas en este punto, se toma en cuenta toda la información cercana al sitio en estudio. Para el diseño geotécnico de esta torre, se consideran dos lechos de posibles antiguas minas, entre 5.0 y 8.0 m y entre 15.0 y 18.0 m. En estas longitudes, la aportación vertical y lateral se considera nula. Se considera además la presencia del muro colindante de 0.0 a 6.0 m de profundidad.
2	2.0 a 5.0	-	-	-	-	-	
3	5.0 a 8.0	-	-	-	-	-	
4	8.0 a 11.2	ML	1.65	-	38	450	
5	11.2 a 15.0	SM	1.70	-	38	450	
6	15.0 a 18.0	-	-	-	-	-	
7	18.0 a 21.7	Pum	1.30	-	30	225	
8	21.7 a 28.6	ML	1.65	-	31	360	
9	28.6 a 30.0	ML	1.80	-	35	650	

$\gamma$ : peso volumétrico; c: cohesión;  $\phi$ : ángulo de fricción interna

## 6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

El sitio en estudio se encuentra sobre la Av. Constituyentes S/N en intersección con la Calle José María Velasco, en donde se proyecta la ejecución de la cimentación para apoyar las Torres 13A y 13B del proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3. Estas torre se encuentra ubicada en las coordenadas UTM, con el Datum 14Q 476,637 E y 2' 144,716 N; seran de tipo concéntrica.

### 6.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes a nivel de cimentación; que incluye el peso del dado; que se determinaron en el análisis estructural de una torre tipo concéntrica se presenta en el Anexo 1.

### 6.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta.

Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. **En caso de que se detecten minas u oquedades que no pudieron ser identificadas durante la exploración geotécnica o geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución de los sondeos, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información recabada de la zona, de las zonas minadas y lo identificado en puntos cercanos, se consideran dos lechos de antiguas minas u oquedades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 15.0 y 18.0 m; correspondiente con los materiales pumíticos antiguamente explotables.

**La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 30.0 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 8.0 x 4.5 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 28.0 m.**

### 6.3 Estado límite de falla

De acuerdo a las NTC cimentaciones del 2017 (Ref. 1), en todo momento, la sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor de carga, deberá ser menor que la capacidad de carga reducida de cada pila o grupo de pilas, con el cumplimiento de la desigualdad:

$$\sum QF.C < R$$

Donde:

$\Sigma QF.C$  sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor o factores de carga  
R capacidad de carga reducida de las pilas, t

**Capacidad de carga reducida.** La capacidad de carga de las pilas fue determinada mediante la expresión siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p \quad (2)$$

Donde:

- R capacidad de carga reducida, t
- $C_p$  capacidad de carga reducida por punta, t
- $C_f$  capacidad de carga reducida por fricción, t
- $W_p$  peso del elemento, t; t/m

Con:

$$C_p = (p'_v N_q^* F_R + P_v) A_p \quad (3)$$

Donde:

- $p'_v$  esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 34.7 t/m<sup>2</sup>
- $N_q^*$  factor de capacidad de carga
- $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.35
- $P_v$  esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 34.7 t/m<sup>2</sup>

Con:

$$N_q^* = N_{\min} + L_e \frac{N_{\max} - N_{\min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (4)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (5)$$

O bien

$$N_q^* = N_{\max} \quad (6)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (7)$$

Donde:

- $L_e$  longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 1.4 m
- B diámetro de la pila, m.
- $\phi$  ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 38°

Los valores de  $N_{\max}$  y  $N_{\min}$ , se presentan en la Tabla 3, función del valor del ángulo de fricción interna del material de desplante:

Tabla 3 Valores de  $N_{\max}$  y  $N_{\min}$

$\phi$	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$N_{\max}$	12.5	26	55	132	350	1000
$N_{\min}$	7	11.5	20	39	78	130

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante las siguientes expresiones (Ref. 2):

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i \bar{p}_{vi} L_i \quad \text{suelos friccionantes} \quad (8)$$

Donde:

- $P_p$       perímetro de la pila, m
- $F_R$       factor de resistencia, igual a 0.65
- $L_i$       longitud de la pila en el estrato de interés, m
- $\beta_i$       coeficiente de fricción
- $\bar{p}_{vi}$     esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m<sup>2</sup>

Con

$$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{Z} \quad \text{para } 0.25 < \beta_i < 1.2 \quad \text{para suelos friccionantes} \quad (9)$$

**Capacidad a la tensión.** Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, tendrán que ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará es función de la fricción más una porción el peso propio del elemento:

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p \quad (10)$$

Donde:

- $C_{te}$       capacidad reducida a la tensión, t.
- las demás literales ya fueron definidas.

Sustituyendo los valores correspondientes, se presentan las siguientes capacidades de carga reducida para pilas de distintos diámetros:

*Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación*

D (m)	Wp (t)	C <sub>p</sub> (t)	C <sub>f</sub> (t)	R (t)	C <sub>te</sub> (t)
1.0	52.8	600.4	224.0	771.7	258.2
1.2	76.0	864.6	268.8	1057.4	318.2
1.4	103.5	1177.0	313.6	1387.1	380.8

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C<sub>te</sub>, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. Esta comparación se presenta en el Anexo 1, de acuerdo con la revisión de las cargas actuantes. **Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m<sup>2</sup>, para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.**

#### 6.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento; primer término de la expresión, más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión siguiente (Ref. 4), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$\delta = \frac{(C_p + 0.66 C_f) L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 C_p D}{10 A_p E_s} \quad (11)$$

Donde:

- $\delta$  deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,300 cm
- D diámetro de la pila, cm
- $E_s$  módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 400 kg/cm<sup>2</sup>
- $E_c$  módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm<sup>2</sup>, para  $f'c = 400$  kg/cm<sup>2</sup>

con

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \quad (12)$$

**Módulo de reacción vertical.** La constante de resorte para pilas; que será utilizado para el diseño estructural de la cimentación considerando la interacción suelo-estructura, se determinó como sigue (Ref.5), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$k_v = \frac{q}{\delta} \quad (13)$$

Donde:

- $k_v$  módulo de reacción vertical, t/cm.
- las demás literales ya fueron definidas.

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (11) y (13), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	$\delta$ (cm)	$k_v$ (t/cm)	$k_v$ (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	1.0	135.1	17.2
1.2	1.0	137.7	12.2
1.4	1.0	150.1	9.7

**Módulos de reacción horizontal.** Para la revisión estructural de las pilas sometidas a cargas laterales, a continuación, se presenta el módulo de reacción horizontal (Ref. 6).

Para suelos friccionantes:

$$k_h = 0.2768 k_2 \frac{z}{B} \quad (14)$$

Donde

- $k_h$  módulo de reacción horizontal, (kg/cm<sup>3</sup>)
- $k_2$  coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg<sup>3</sup>
- B diámetro del cimientto, m
- z profundidad media del estrato en revisión, m.

De acuerdo con las expresiones anteriores, en las Tablas 6 y 7 se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>3</sup> )		
				B (m)		
				1.0	1.2	1.4
0.0 a 2.0						
2.0 a 5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.0 a 8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8.0 a 11.2	96	9.6	120	31.89	26.57	22.74
11.2 a 15.0	90	13.1	120	43.51	36.26	31.08
15.0 a 18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18.0 a 21.7	25	19.85	35	19.23	16.03	13.74
21.7 a 28.6	30	25.15	49	34.11	28.43	24.37
8.6 a 30.0	53	29.30	80	64.88	54.07	46.34

Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>3</sup> )
				B (m)
				4.50
0.0 a 1.2	11	0.6	11	0.04

**Propuesta de cimentación.** La propuesta de cimentación es con 6 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación de 3.0 m entre ellas. Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carga están por arriba de la magnitud de las cargas de referencia, el diámetro mínimo de pilas será de 1.0 m, para que estas puedan ser inspeccionadas visualmente una vez que se termine su perforación y se confirme la ausencia de cavidades.

**Resultado de gran importancia** mencionar que esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad. Así mismo, será el área de estructuras quien determine el diámetro y número de pilas, de acuerdo con las capacidades de carga presentadas en este informe y de acuerdo con el modelo estructural empleado.

## 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Es importante comentar que el modelo geotécnico de análisis se determinó con base en los resultados de la exploración geotécnica, de la exploración geofísica de puntos cercanos y de la experiencia que se tiene en la zona, misma que es muy susceptible a cambios por la presencia de antiguas minas y rellenos para su rehabilitación. Cualquier cambio en las condiciones del suelo de las que se analizan en este estudio, debe de ser reportado de manera inmediata a los diseñadores, para realizar los ajustes necesarios en los análisis y se garantice el buen comportamiento a corto, mediano y largo plazo. Por lo anterior, durante la construcción de las pilas se deberá contar con personal capacitado y calificado, para supervisar y asesorar durante los trabajos de construcción de la cimentación y que de manera oportuna se detecte cualquier cambio en las condiciones analizadas en este estudio.

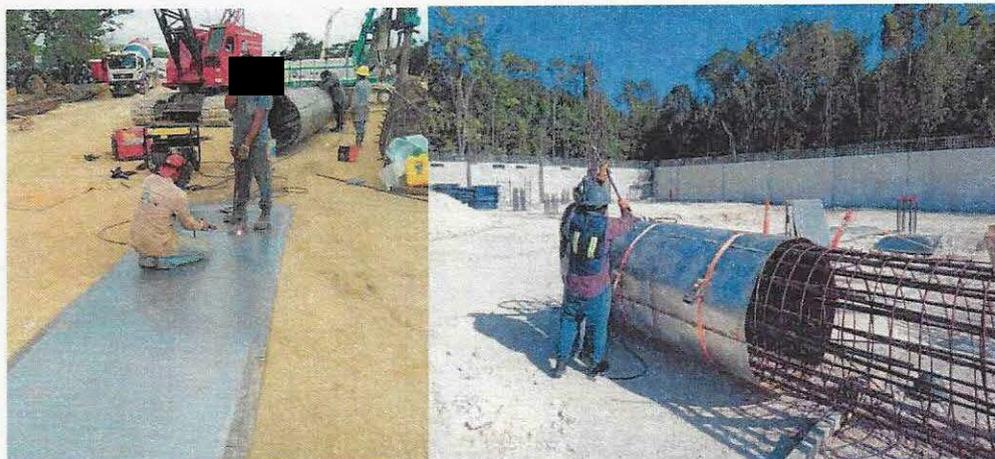
### 7.2 Pilas

Con las áreas liberadas y reubicadas todas las instalaciones que se pudieran ver afectadas por la construcción de esta torre, se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- a) Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de cada uno de los elementos de cimentación.
- b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta la profundidad de desplante de proyecto. Es importante mencionar que cada una de las pilas deberá ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas, Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:
  - 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
  - 2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.**

En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

- c) El concreto para la construcción de las pilas será de una  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de  $4,200 \text{ kg/cm}^2$ .
- d) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyos" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.
- e) **En caso de que efectivamente se presenten oquedades o antiguas minas durante la perforación de las pilas, se deberá colocar ademe para poder realizar el colado.** Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



Fotos 1 y 2. Encamisado de lámina para formar ademe perdible.

Así mismo, en caso de que se presente inestabilidad en las paredes de las perforaciones, se deberá colocar un ademe perdible.

- f) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse totalmente el colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frías.
- g) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- h) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante “diablo” para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.
- i) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto contaminado con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descendente; en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- j) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente
- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.

- 2) *Verticalidad*. La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final del apoyo, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.
- 3) *Limpieza*. Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario para cubrir 5% del área en un espesor de 5 cm.
- 4) *Acero de refuerzo*. La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.
- k) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el colado. Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso.
- l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de "baja deformación". Los ensayos de integridad deberán ser realizados por métodos reconocidos, se podrán emplear métodos geofísicos como pulso simple o combinado, pozo-abajo, pozos cruzados, gama-gama o térmicos. **De acuerdo con las NTC cimentaciones (Ref. 1), se deberán realizar pruebas de integridad en el 100% de las pilas, ya que las torres y estaciones se tratan de estructuras del grupo A1.**

### 7.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 4.5 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la excavación con dimensiones mínimas de 4.9 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Tomando en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio en estudio, se podrá realizar la excavación hasta la máxima profundidad, 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Se deberá evitar la colocación de cargas en la corona de los cortes.
- b) Al llegar a la profundidad máxima para el dado; 2.0 m, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una  $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup>, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido.

## 7.4 Minas

a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los avances, cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.

b) Ya que las pilas se proyectan con un diámetro de 1.0 m, una vez que se haya terminado la perforación de cada una de estas, se tendrá que hacer una inspección visual en toda la longitud. Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

- 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
- 2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.**

En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes adicionales a lo considerado en este informe, se deberá dar aviso inmediato al área de mecánica de suelos, para que se tomen las medidas correctivas que se deben de realizar. Cualquier condición del suelo diferente a la considerada en este informe, deberá ser tomada en cuenta y revisar nuevamente las capacidades de carga y propuesta de desplante de las pilas, para garantizar el cumplimiento de los estados límite de falla y servicio.

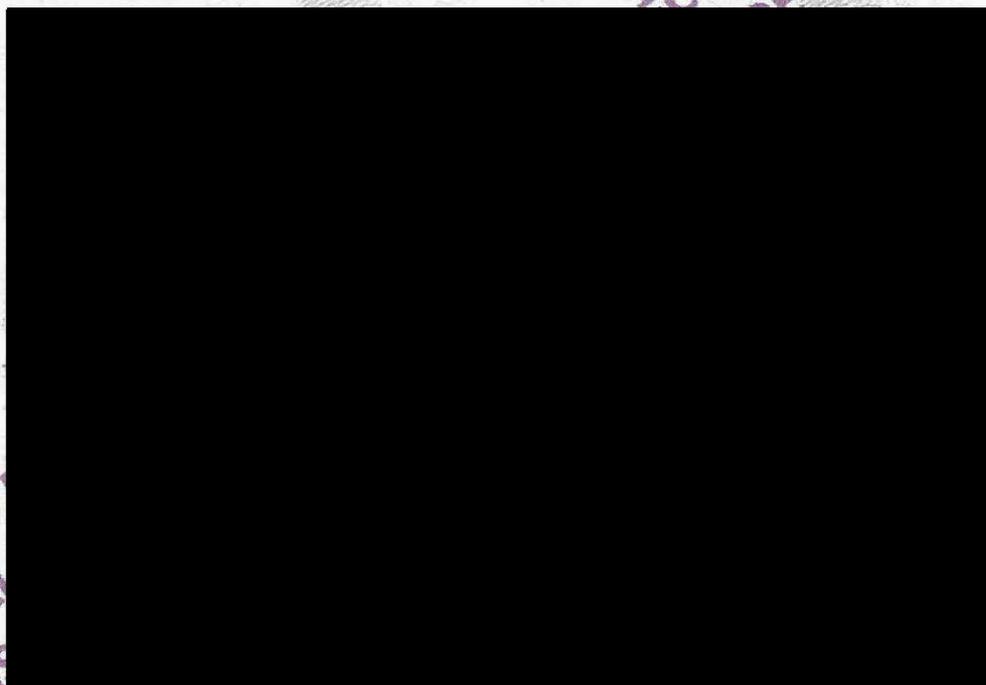
## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2<sup>a</sup>.
6. Rico. Del Castillo. **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. II**, Ed. Limusa, México 2009

PROYECTO  
TO DE  
OS),  
ORTE  
XICO”

PARA USO EXCLUSIVO  
INTEGRAL DE LA “COM  
TRANSPORTE SUSTEN  
CONSTR  
SISTEM  
CIUDAD

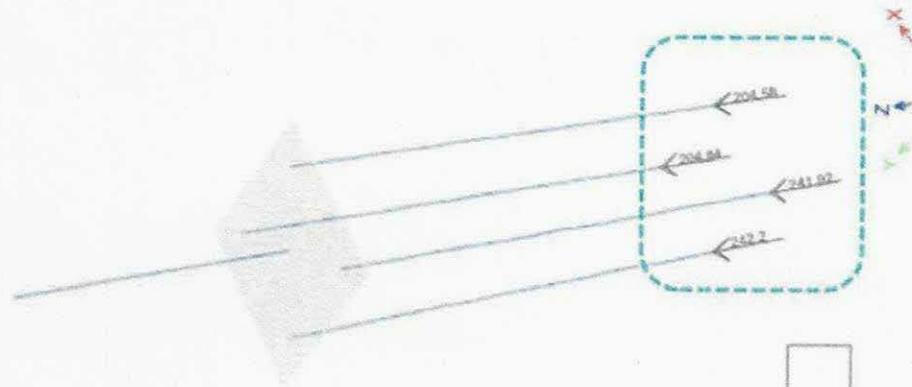
QUIROGA A METR  
CABLEBÚS LÍNEA  
PÚBLICO C



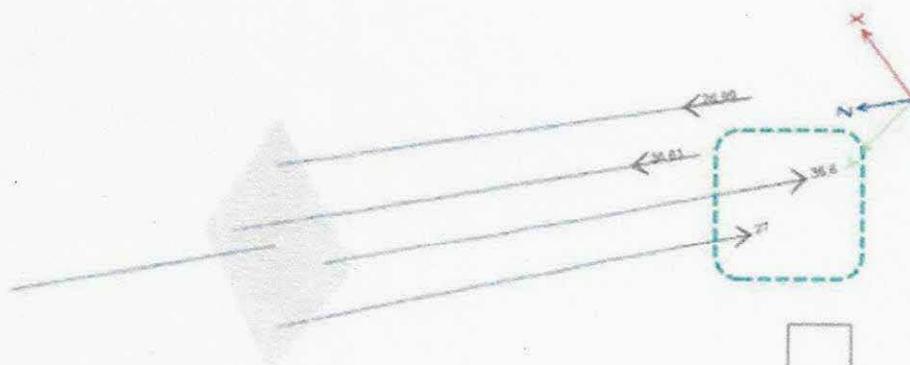
PARA USO  
INTEGRAL  
TRANSPARENTE  
QUIROGA  
CABLEBÚS L-3  
PÚBLICO CABLE

**9. ANEXO 1. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO CONCÉNTRICA**

**TORRE CONCENTRICA DESCARGAS**

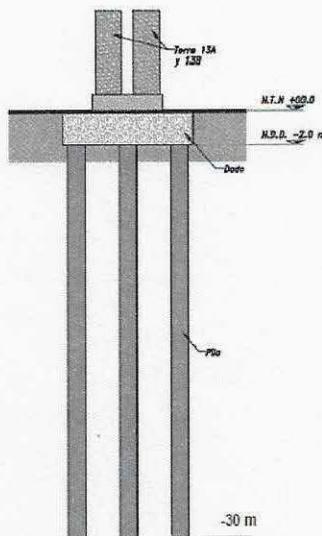
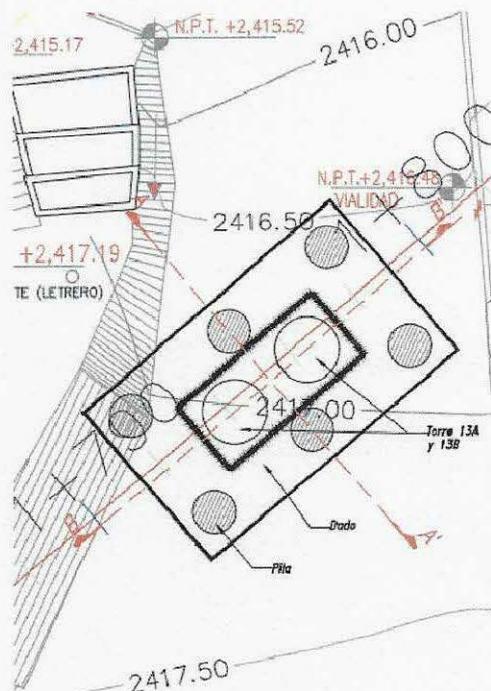


DESCARGAS  
(FACTORIZADAS)

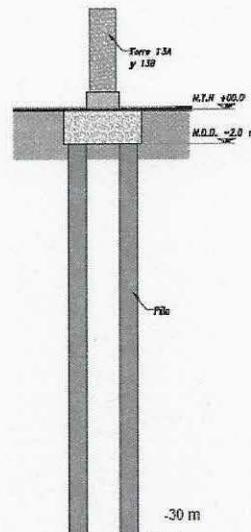


TENSIONES POR SISMO  
(FACTORIZADAS)

ANEXO 2. MEMORIA DE CÁLCULO



Corte longitudinal A-A'



Corte transversal B-B'

Planta de pilas 13a y 13b

Tabla 1. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C <sub>p</sub> (t)	C <sub>r</sub> (t)	R (t)	C <sub>te</sub> (t)
1.0	52.8	600.4	224	771.7	258.2
1.2	76.0	864.6	268.8	1057.4	318.2
1.4	10.5	1177.0	313.6	1387.1	380.8

Tabla 2. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k <sub>v</sub> (t/cm)	k <sub>v</sub> (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	1.0	135.1	17.2
1.2	1.0	137.7	12.2
1.4	1.0	150.1	9.7

**Tabla 3. Constante de resorte horizontal para pilas**

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE T13A-T13B				
Módulos de reacción horizontal para pilas, ref -6				
		1.00	1.20	1.40
Profundidad, m		Modulos de reacción $K_h$ , $Kg/cm^3$	Modulos de reacción $K_h$ , $Kg/cm^3$	Modulos de reacción $K_h$ , $Kg/cm^3$
De	a			
0.00	1.20	0.00	0.00	0.00
1.20	5.00	0.00	0.00	0.00
5.00	8.00	CAVERNA		
8.00	12.60	31.89	26.57	22.78
12.60	15.00	43.51	36.26	31.08
15.00	18.00	CAVERNA		
18.00	27.20	19.23	16.03	13.74
27.20	28.80	34.11	28.43	24.37
28.80	30.00	64.88	54.07	46.34

**Tabla 4. Constante de resorte horizontal para dado**

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, T13A, T13B  
Módulos de reacción horizontal para dado, ref 6

Profundidad, m		z m	Material		$k_2$	z/B	Modulos de reacción $K_w$ , $ton/m^2 \cdot cm$	Modulos de reacción $K_w$ , $Kg/cm^3$
De	a	--	--	$N_s$ golpes				
0.00	1.20	0.60	Material de relleno.	11.0	11.0	0.1	0.4	0.04

z = profundidad promedio del estrato, m  
 $k_2$  = coeficientes que se determinan a partir de gráficas, pag 52 ref 3  
 B = diámetro o ancho de cemento, m  
 $k_h$  = Módulo de reacción

CRITERIO. Con datos de sondeo puntual

$K_h = 0,2768 k_2 z / B$  SUELOS FRICCIONANTES

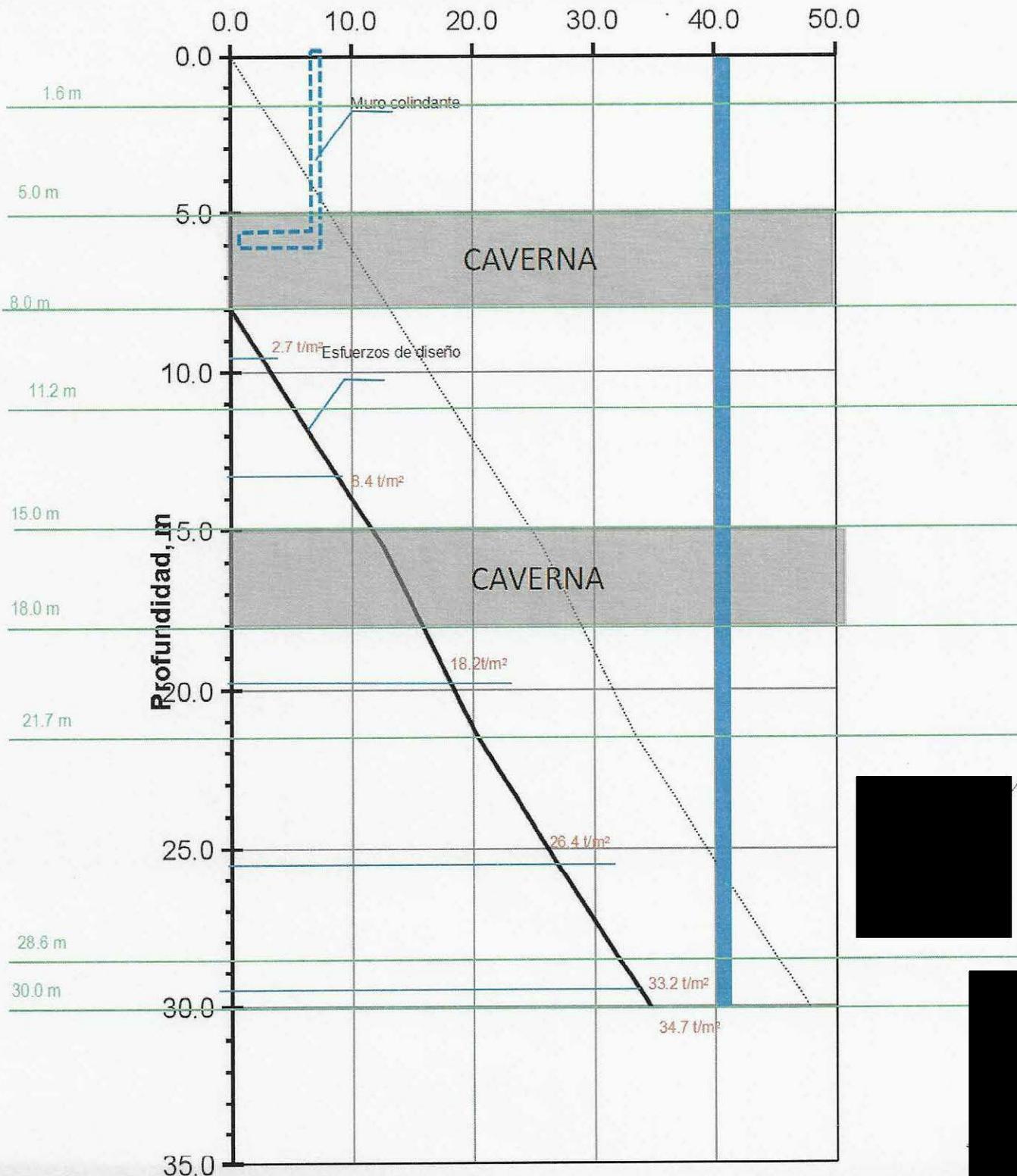
$K_h = 0,0562 k_3 / B$  SUELOS COHESIVOS

**Referencia 6**

Del Castillo, Rico (2002). La ingeniería de suelos en la vías terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas). Editorial Limusa, Noriega editores



**Esfuerzo efectivo y total, t/m<sup>2</sup>**



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T13AT13B-001=R00

Revisión 00 – Mayo/2023

TORRE T13A -T13B. LÍNEA 3 DE CABLEBÚS									
ESTRATO No	PROFUNDIDAD, m		c, t/m <sup>2</sup>	φ, grados	γm, t/m <sup>3</sup>	E, kg/cm <sup>2</sup>	ν	Nspt	DESCRIPCION DEL SUELO
	DE	A							
1	0.00	2.00	-						PRESENCIA DE MURO
2	2.00	5.00	-						PRESENCIA DE MURO
3	5.00	8.00	-						CAVERNA
4	8.00	11.20	-	38(**)	1.65	450(**)	0.30	96	Limo arenoso. Material café claro y consistencia dura.
5	11.20	15.00	-	38(**)	1.70	450(**)	0.25	90	Arena gruesa a fina. Material café claro y muy compacto.
6	15.00	18.00	-						CAVERNA
7	18.00	21.70	-	30(**)	1.30	225(**)	0.30	25	Arena pumítica. Material gris claro y de compactad media
8	21.70	28.60	-	31(**)	1.65	360(**)	0.30	30	Limo arenoso. Material café claro y consistencia muy firme.
8	28.60	30.00	-	35(**)	1.80	650(**)	0.25	53	Arena gruesa a fina. Material café grisáceo y muy compacto.

c = Parametro de cohesión

φ = Ángulo de fricción

γm = Peso volumétrico

(1\*) Braja M Das, ref 7

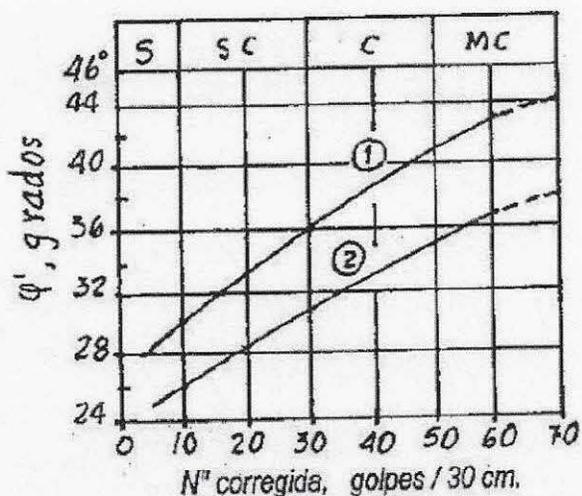
(2\*) Manual de la CFE, ref 8

E = Módulo de elasticidad

ν = Relación de Poisson

Nspt = Número de golpes promedio en prueba de penetración estándar

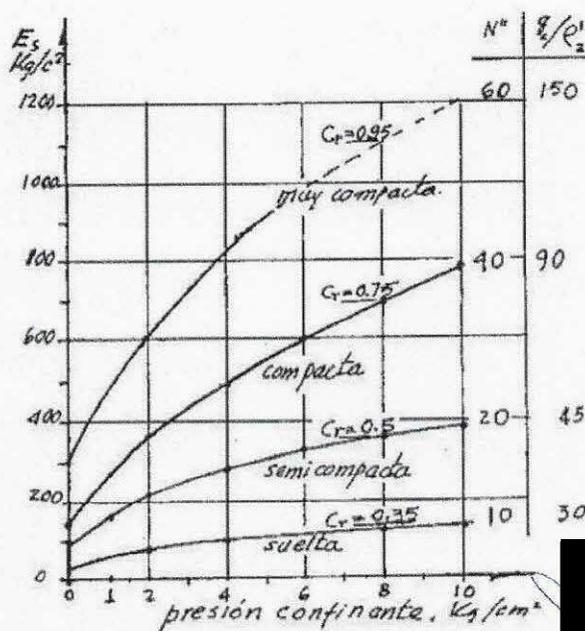
(\*\*) Obtenido por correlación, E Tamez, ref 2.



- (1) Arena bien graduada, granos angulosos  
(2) Arena fina, o arena limosa, granos redondeados

(a)

Tipo de suelo	E MPa
Arcilla:	
muy blanda	0.3 - 3
blanda	2 - 4
media	4.5 - 9
dura	7 - 20
arenosa	30 - 42.5
Arena:	
limosa	5 - 20
suelta	10 - 25
compacta	50 - 100
Arena con grava:	
suelta	10 - 25
compacta	80 - 200
Limo	2 - 20



b) Módulo de Young para arena limosa media, en prueba triaxial drenada, para diferentes presiones confinantes y compactadades relativas

Tipo de suelo	ν
Arcilla saturada	0.4 - 0.5
Arcillas no saturada	0.1 - 0.3
Arcilla arenosa	0.2 - 0.3
Limo	0.3 - 0.35
Arena densa	0.2 - 0.4
Arena gruesa (relación de vacíos = 0.4-0.7)	0.15
Arena fina (relación de vacíos = 0.4-0.7)	0.25
Loess	0.1 - 0.3

Capacidades de carga de pilas, Abril 2023. T13A-T13B LÍNEA 3 DE CABLEBÚS (CONSIDERANDO PRESENCIA DE CAVERNAS DE 5.0 A 8.0 Y DE 15.0 A 18.0 M Y EXISTENCIA DE MURO DESPLANTADO A 6.0 M DE PROFUNDIDAD; ASÍ COMO LA DEFORMACIÓN DE 1.0 CM Y LA CARGA DE 242 TON

Diametro de pila m	Área lateral, A <sub>l</sub> m <sup>2</sup>	Área de punta A <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	Capacidad por fricción, C <sub>f</sub> t	Capacidad por punta, C <sub>p</sub> t	Peso de pila t	Capacidad de carga reducida, R <sub>t</sub> t	Compesición t	Tensión t	Deformación, cm	Esf, kg/cm <sup>2</sup>	K <sub>v</sub> , ton/cm	K <sub>i</sub> , kg/cm <sup>3</sup>
1.0	88.0	0.785	224.0	18.0	52.8	193.2	189.2	258.3	1.00	17.2	135.1	17.2
1.2	105.6	1.131	268.8	0.0	76.0	192.8	192.8	318.2	1.00	12.2	137.7	12.2
1.4	123.2	1.539	313.6	0.0	103.5	210.1	210.1	380.8	1.00	9.7	150.1	9.7

NOTA: AL TOMAR LA CARGA DE 242 TON, LAS DEFORMACIONES SON MENORES A 1.0 CM. PARA EL CALCULO DE LOS RESORTES SE TOMA 1.0 CM DE DEFORMACIÓN.

SUELOS COHESIVOS

SUELOS FRICCIONANTES

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i L_i$$

$$\beta_i = 1.5 - 0.24 \sqrt{z_i}; \quad 0.25 \leq \beta \leq 1.2$$

$$C_p = (P_v N_q * F_R + P_v) A_p$$

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \alpha_i c_i L_i$$

$$\alpha_i = 0.5 \sqrt{\frac{P_v}{C_{uf}}}$$

F <sub>R</sub>	0.65
D <sub>p</sub>	1.00
P <sub>p</sub>	3.14
P <sub>f</sub>	34.80
F <sub>R</sub>	0.35
A <sub>p</sub>	0.79
φ	35
N <sub>max</sub>	151.13
N <sub>mf</sub>	39.59
L <sub>p</sub>	1.40
N <sub>q</sub>	59.91
C <sub>p</sub>	600.44

$$N_q^* = N_{max} + L_v \frac{N_{max} - N_{min}}{4B \tan(45^\circ + \phi/2)}$$

φ	20°	25°	30°	35°	40°	45°
N <sub>max</sub>	12.5	26	55	132	350	1000
N <sub>min</sub>	7	11.5	20	39	78	130

ESTRATO	D <sub>eq</sub> , m	a, m	Z <sub>1</sub> , m	L <sub>1</sub> , m	γ <sub>1</sub> , t/m <sup>3</sup>	P <sub>v</sub> , t/m <sup>2</sup>	c, t/m <sup>2</sup>	β, α	C <sub>f</sub> , ton
	0.00	1.20			PRESENCIA DE MURO				0.00
	1.00	5.00			PRESENCIA DE MURO				0.00
	5.00	8.00			CAVERNA				
Limo arenoso.	8.00	11.20	9.60	3.20	1.65	2.70	-	0.76	13.35
Arena gruesa a fina.	11.20	15.00	13.10	3.80	1.70	8.40	-	0.63	41.15
	15.00	18.00			CAVERNA				
Arena pumítica	18.00	21.70	19.85	3.70	1.30	18.20	-	0.43	59.23
Limo arenoso.	21.70	28.60	25.15	6.90	1.65	26.40	-	0.30	110.26
Arena fina a gruesa	28.60	30.00	29.30	1.40	1.80	33.20	-	0.20	19.07
									C <sub>f</sub> = 223.98 ton

$E_s := 650$  módulo de elasticidad del suelo en  $\text{kg/cm}^2$ . (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu := 0.25$  módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

$\gamma_c := 2.4$  peso volumétrico del concreto en  $\text{t/m}^3$

$f'_c := 400$  resistencia del concreto a la compresión, en  $\text{kg/cm}^2$

$E_c := \sqrt{f'_c} \cdot 14000$   $E_c = 2.80 \times 10^5$  módulo de elasticidad del concreto, en  $\text{kg/cm}^2$

$f_y := 4200$  esfuerzo de fluencia del acero, en  $\text{kg/cm}^2$

$C_p(B) := 18$  ton  $C_f(B) := 224$  ton  $(B) := 1.0$  m

2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto,  $\rho_c$

$$\rho_c(B) := \frac{C_p(B) + 0.66 \cdot C_f(B)}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot \left(\frac{L}{E_c}\right) \cdot 100$$

2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila,  $\rho_s$

$$\rho_s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot E_s} \cdot \frac{C_p(B) \cdot B}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot 100$$

2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila,  $\rho_t$

$$\rho_t(B) := \rho_c(B) + \rho_s(B)$$

$B = 1.00$   $\rho_c(B) = 0.23$   $\rho_s(B) = 0.13$   $\rho_t(B) = 0.36$

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S1-GEO\_MDS-INP-E2E3-T13AT13B-001=R00

Revisión 00 – Mayo/2023

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 13A-13B  
Módulos de reacción horizontal para pilas, ref 6

Diámetro de la pila, B= 1.40 m

Profundidad, m		z m	DESCRIPCION DEL SUELO	Ns pt prom	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	z/B	Modulos de reacción K <sub>2</sub> , ton/m <sup>2</sup> .cm	Modulos de reacción K <sub>3</sub> , Kg/cm <sup>2</sup>
De	a	--	--						
0.00	1.20	0.60	PRESENCIA DE MURO						
1.20	5.00	3.10	PRESENCIA DE MURO						
5.00	8.00	6.50	CAVERNA						
8.00	11.20	9.60	Limo arenoso. Material café claro y de consistencia dura.	96	120.0	-	6.9	227.8	22.78
11.20	15.00	13.10	Arenagruesa afina. Material café claro y muy compacto.	90	120.0	-	9.4	310.8	31.08
15.00	18.00	16.50	CAVERNA						
18.00	21.70	19.85	Arenapumitica. material gris claro y de compacidad media.	25	35.0	-	14.2	137.4	13.74
21.70	26.60	25.15	Limo arenoso. Material café claro y de consistencia muy firme.	30	49.0	-	18.0	243.7	24.37
26.60	30.00	29.30	Arenagruesa afina. Material café grisáceo y muy compacto.	53	80.0	-	20.9	463.4	46.34

z = profundidad promedio del estrato, m

k<sub>2</sub> = coeficientes que se determinan a partir de gráficas, pag 52 ref 6

B = diámetro o ancho de cimiento, m

k<sub>1</sub> = Módulo de reacción

CRITERIO. Con datos de sondeo puntual y clasificación de campo y de laboratorio.

$$K_p = 0,2768 k_2 z / B \quad \text{SUELOS FRICCIONANTES}$$

$$K_p = 0,0562 k_3 / B \quad \text{SUELOS COHESIVOS}$$

**Referencia 6**

Del Castillo, Rico (2002). La ingeniería de suelos en la vías terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas). Editorial Limusa, Noriega editores

