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

☐ Autorizado para construcción Fecha _____

☐ Autorizado para implementación Fecha _____

☐ Solo para información

☐ Obsoleto

Copia Controlada para: SUPERV

Autoriza: _____

Elaboró	Autoriz
Ing. Antonio López Trejo Ing. Jorge Rojas Rodríguez	

[redacted]

[redacted]

Flores

Contenido

8. RESUMEN 4
9. ANTECEDENTES 8
10. OBJETO 8
11. ALCANCES 8
12. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 21 8
13. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO 10
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE 10
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 10
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO 11
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA 11
6.5 MODELO GEOMECÁNICO 13
14. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN 13
7.1 CARGAS ACTUANTES 13
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN 14
7.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA 14
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 16
15. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO 18
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS 18
8.2 PILAS 18
8.3 EXCAVACIÓN 20
8.4 MINAS 21
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 22
17. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA 25
18. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR 27
19. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO 30
20. ANEXO 4. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR 74
21. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, CONCÉNTRICA 105
22. ANEXO 6. AMEMORIA DE CÁLCULO 109

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús 9

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 9
Tabla 2. Resumen de profundidades de anomalías detectadas con Georadar 12
Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño 13
Tabla 4 Valores de N_{max} y N_{min} 15
Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación 16
Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas 17
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para pilas 17
Tabla 8. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado 18

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación
Figura 4. Procedimiento de excavación
Figura 5. Localización de la exploración de georadar y ubicación de las anomalías detectadas
Figura 6. Radagramas interpretados de las líneas 1 a 4, A1, A2 y A3

Figura 7. Radagramas interpretados de las líneas 4 a 20, A1, A2 y A3

[redacted]

[redacted]

1. Resumen

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 del presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 21, originalmente encomendado a la empresa PGS PERFORACIÓN Y SUMINISTRO SA DE CV.

Para determinar las unidades estratigráficas del sitio, se realizó un sondeo de penetración estándar (Denominado SPT-6), 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.

Como complemento para el diseño de esta Torre, se tomaron en cuenta los resultados de los sondeos de avance controlado y sondeo mixto realizados en la Estación 4, a una profundidad de 35.0 m. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades de 6.8, 18.0 y 28.0 m. Así mismo, se tomó en cuenta el sondeo de penetración estándar realizado en la Torre 22, ejecutado a una profundidad de 35.05 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 inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

El ficómetro consiste en una sonda cilíndrica de acero denticulada, de 970 mm de longitud y di 6.1 cm, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración en el terreno, al membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la indentación, se aplica u ascendente de extracción, provocando su desplazamiento y midiendo la fuerza que logra adherencia- fricción entre la sonda y el terreno.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posible presencia de ar el suelo, asociadas a minas, se realizó un estudio geofísico, con un análisis foto geológico y mediante la técnica de georadar, que de conformidad con los sondeos exploratorios se profundizó hasta 20.0 m las 16 líneas realizadas es de 515.30 m. Esta exploración se hizo en la envolvente de la Estació 21 y 22.

Además de los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, también se inclu de laboratorio y su interpretación estratigráfica, para determinar las propiedades índice y m emplearán para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación, que garantiza el buen c durante su vida útil.

Información geotécnica disponible. El sitio se localiza en la denominada **"Zona de Lomas"**, 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.**

Interpretación estratigráfica (con profundidades referidas el nivel de brocal del SPT): De 0.00 a 1.80 m. Arena andesítica, limosa (SM), en estado suelto a semicompacto, de color café oscuro. Con un lente de limo arenoso de consistencia firme al final del estrato. El contenido natural de agua varía de 12.4% a 26.5%. El porcentaje de finos es de 60.2%, arena de 39.8% y grava de 0.0%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 7 a 17.

De 1.80 a 7.20 m. Limo de baja plasticidad (ML), arenoso, de consistencia muy dura, de color café en tonos claro y oscuro. El contenido natural de agua varía de 23.2% a 34.5%. El porcentaje de finos es de 53.9%, arena de 43.0% y grava de 3.1%. El Límite Líquido varía de 36.83% a 42.92% y el Límite Plástico de 27.39% a 29.68%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 47 a más de 50.

De 7.20 a 11.40 m. Arena andesítica limosa (SM), en estado muy compacto, con grava piroclástica, con granos aisladas de hasta $^3/_4$", de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 18.1% a 26.4%. El porcentaje de finos varía de 13.5% a 16.3%, arena de 52.2% a 59.9% y grava de 26.6% a 31.5%. El número de golpes medido es mayor de 50.

De 11.4 a 13.5 y de 15.0 a 18.0 m. Arena andesítica, limosa (SM), en estado semicompacto a compa
gravas piroclásticas aisladas, de color café grisáceo en tonos claros, intercalada con lentes de limo
de consistencia muy firme. El contenido natural de agua varía de 17.7% a 68.9%. El porcentaje de fi
de 43.2% a 45.1%, arena de 54.9% a 56.5% y grava de 0.0 a 0.3%. El Límite Líquido varía de 28.45% a
y el Límite Plástico de 25.60% a 28.06%. El número de golpes medido varía de 23 a 35.

De 13.5 a 15.0. Arena pumítica, limosa, en estado compacto, con un número de golpes de 41.

De 18.00 a 26.40 m. Limo de baja plasticidad (ML), con arena fina a media piroclástica, de consisten
a muy dura, de color café grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 20.9% a 34.2%. El porcentaje de finos varía de 52.7% a 65.7%, arena de 34.3% a 47.3% y grava de 0.0%. El Límite Líquido es de 26.44% y el Límite Plástico de 23.46%. El número de golpes medido varía de 32 a más

De 26.40 a 35.25 m. Arena limosa (SM), en estado compacto a muy compacto, con grav
de hasta $^3/_4$", de color café rosáceo. La arena es pumítica. El contenido natural de a
24.3%. El porcentaje de finos varía de 20.5% a 29.3%, arena de 64.8% a 65.9%, y grav
número de golpes medido varía de 44 a más de 50.

Condiciones piezométricas. Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel fre
presenta a gran profundidad.

Coeficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Torre 21 y el software SASID, 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.

Minas. Durante la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances controlados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizadas en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la ubicación, en cada línea, de las anomalías detectadas con el georadar.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22; en condiciones medias, se
una toba entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en est
con un número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semi
razón, se considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos
manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas,
migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torre 21, se con
de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de

Solución de cimentación. Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la presencia de rellenos utilizados para las antiguas minas subterráneas, así como la posible presencia de migración de minas subterráenas, 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 a profundidades diferentes que las consideradas con la geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 26.4 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 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 24.4 m.

Para el diseño de la cimentación de esta Torre, se considera la presencia de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente. Considerando; de manera conservadora, los esfuerzos verticales y aportación del fuste, a partir de 15.0 m de profundidad.

Capacidad de carga. La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe, para pilas de diferentes diámetros.

Procedimiento constructivo. El procedimiento constructivo para erigir la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe.

Fe de hechos. Antes de iniciar los trabajos es necesario que se realice un levantamiento del estad
las estructuras cercanas al sitio en estudio, que sea certificado por un notario; permitiendo as
responsabilidades por daños asociados a la construcción de la estructura en cuestión. Los resul
presentados son aplicables exclusivamente al predio en estudio, en el que se consideraron las c
estratigráficas del sitio y las características particulares del proyecto. Los cambios que se gen
proyecto podrán modificar las recomendaciones presentadas en este informe.

2. 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 del presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 21, originalmente encomendado a 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.

3. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para esta Torre 21. Con base en los resultados de la exploración geotécnica, geofísica y 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 la torre 21, denominada T-21, la cual tiene las coordenadas X=477,605.12; Y= 2,145,057.79, se sitúa dentro del predio Rancho del Charro, ubicado en Av. Constituyentes 500, Panteón Civil de Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, 11100 Ciudad de México, CDMX (Fig. 1).

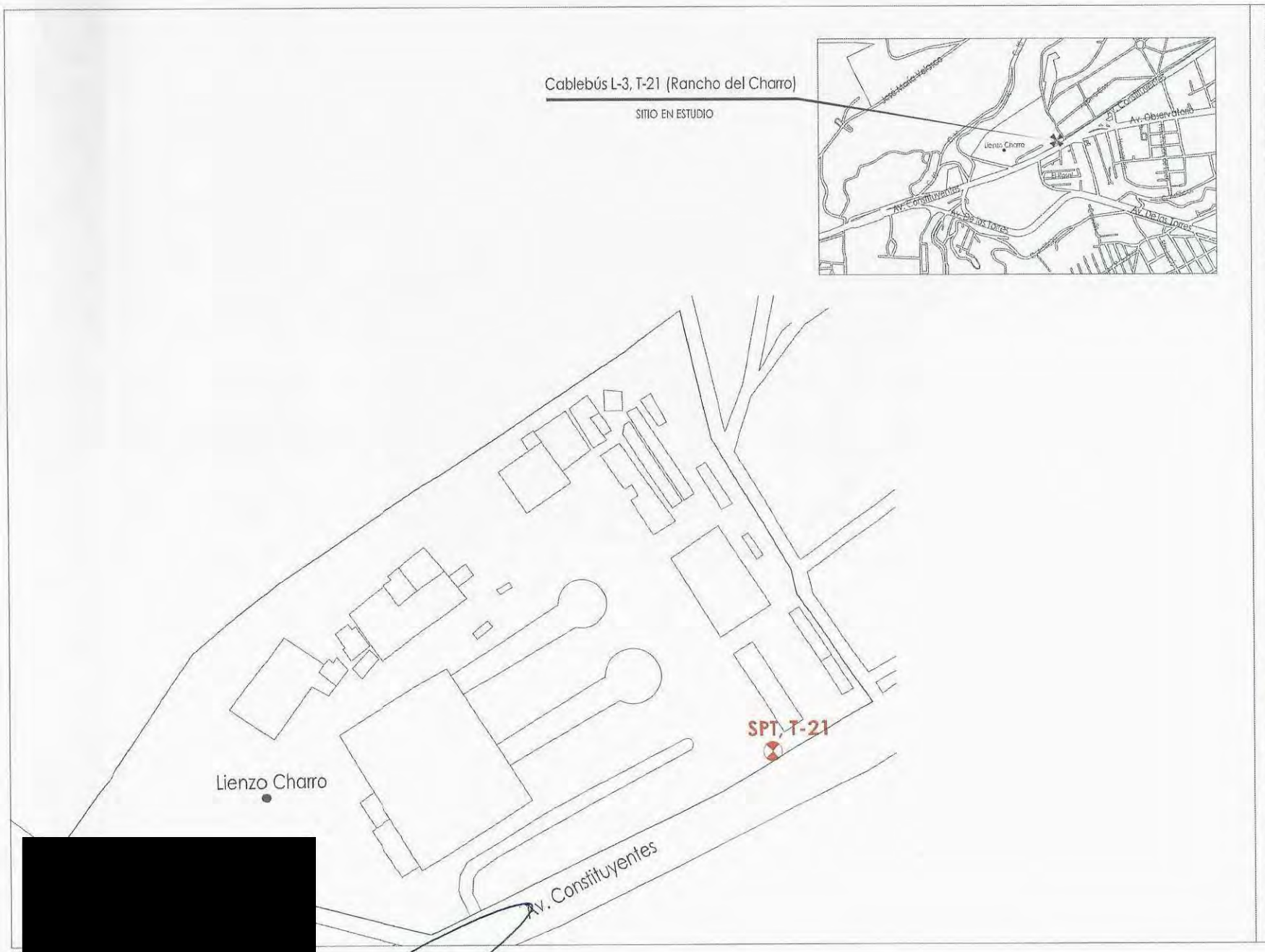
4. Alcances

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 geotécnico de análisis y llegar a una solución de cimentación que cumpla con los estados límite d de servicio, establecidos con la Reglamentación vigente (Ref. 1).

5. Características generales y ubicación de la Torre 21

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

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Migu zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías d Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alc con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez. La denom de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:



[redacted]

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

NOTAS

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBÓ	Visto

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Secretario de Obras y Servicios de la CDMX
Dirección General de Obras para el Transporte
Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPS-F-1-042-2022

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.

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

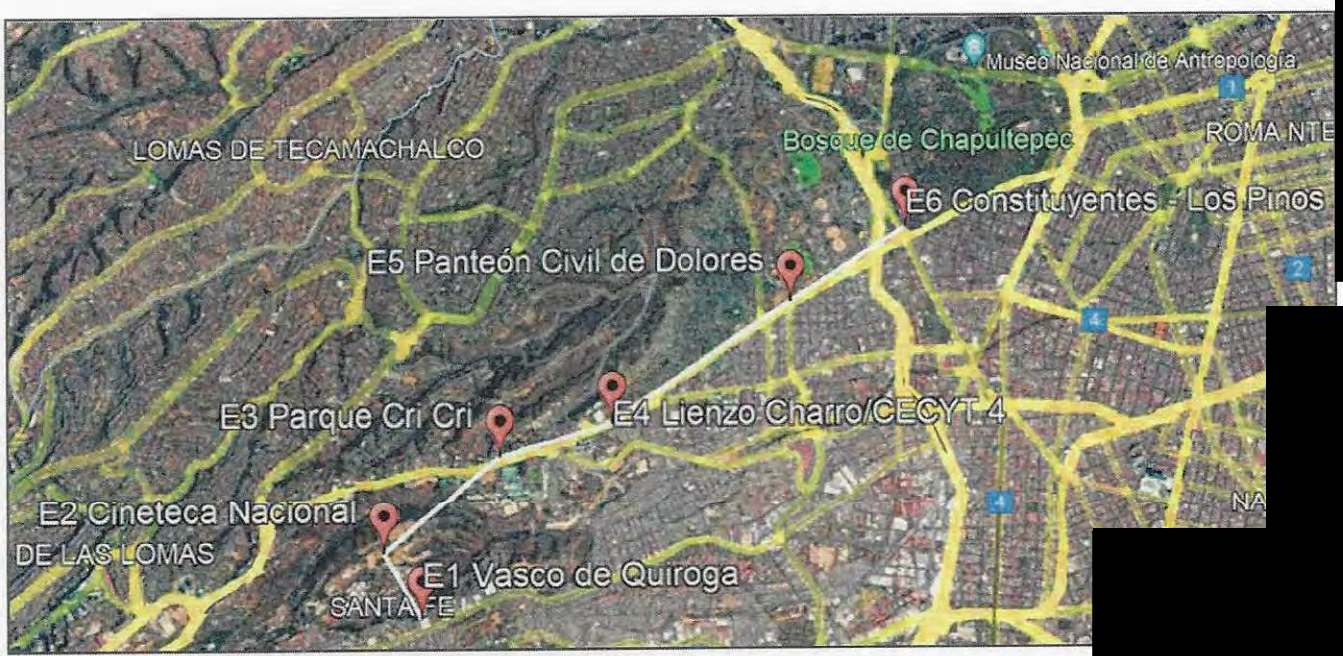


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 21, la cual tiene las coordenadas X=477,605.12; Y= 2,145,057.79 se sitúa dentr
del Charro, ubicado en Av. Constituyentes 500, Panteón Civil de Dolores, Alcaldía Mi
Ciudad de México, CDMX, donde se presentan diversos árboles y la propia barda del p
afectación. Esta torre es del tipo concéntrica y tendrá una altura de 16.6 m.

6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

6.1 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.**

6.2 Exploración geotécnica

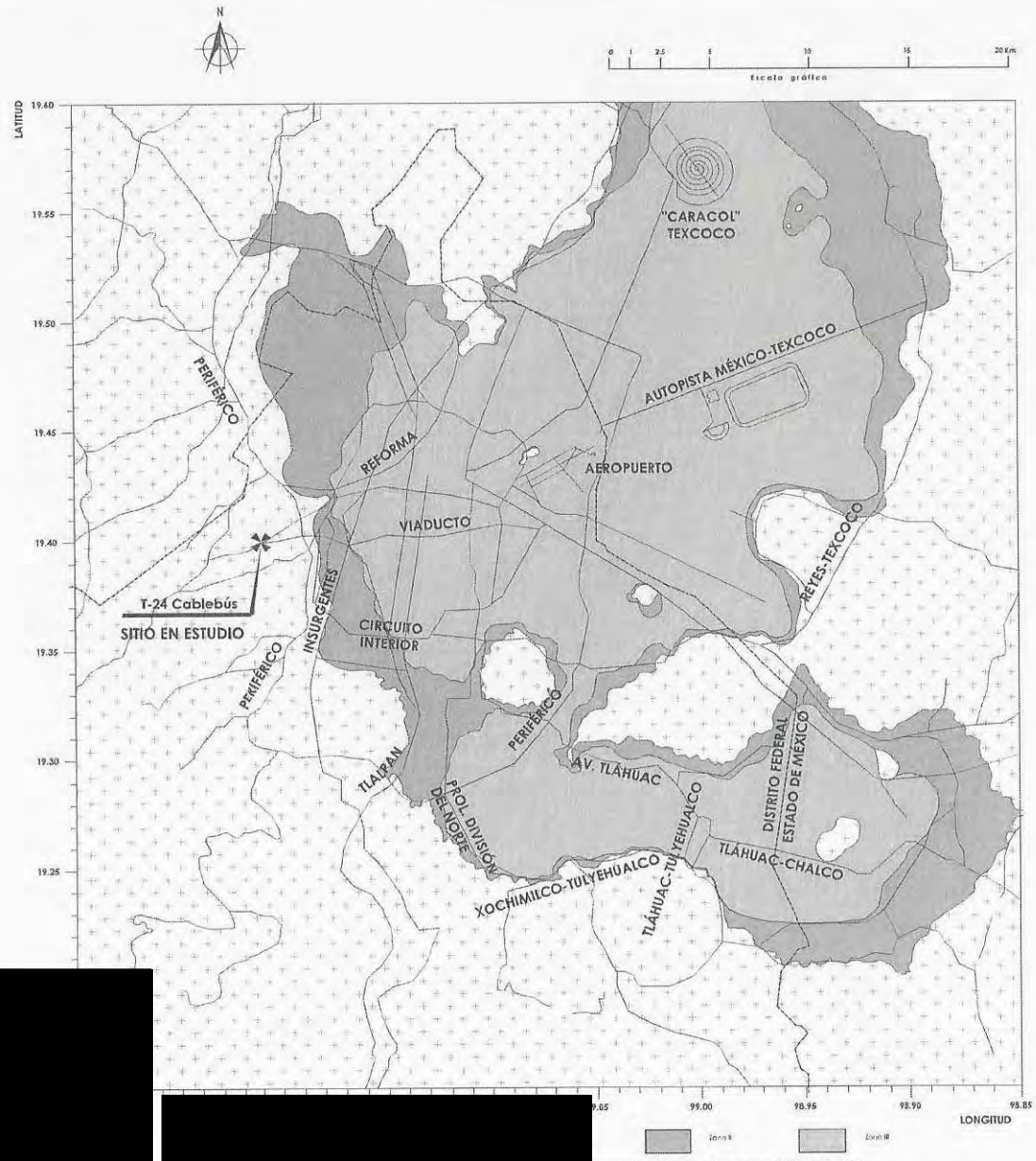
Para determinar las unidades estratigráficas del sitio, se realizó un sondeo de penetración estándar (Denominado SPT-6) a una profundidad de 35.25 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, 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).

Como complemento para el diseño de esta Torre, se tomaron en cuenta los resultados de los sondeos de avance controlado y sondeo mixto realizados en la Estación 4, a una profundidad de 35.0 m. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades de 6.8, 18.0 y 28.0 m. Así mismo, se tomó en cuenta el sondeo de penetración estándar realizado en la Torre 22, ejecutado a una profundidad de 35.05 m.

El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance d
de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16" de diámetro. Anotando la vibración, l
color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán
inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

El ficómetro consiste en una sonda cilíndrica de acero denticulada, de 970 mm de longitud y di
6.1 cm, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración en el terreno, al inflar una membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la indentación, se aplica una fuerza ascendente de extracción, provocando su desplazamiento y midiendo la fuerza que logra romper la adherencia- fricción entre la sonda y el terreno.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posible presencia de
el suelo, asociadas a minas, se realizó un estudio geofísico, con un análisis foto geológico y medi
de georadar, que de conformidad con los sondeos exploratorios se profundizó hasta 20.0 m;
las 16 líneas realizadas es de 515.30 m. Esta exploración se hizo en la envolvente de la Estació
21 y 22.



y construcción de cimentaciones, Diciembre 2017)

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

NOTAS

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBÓ	Vo.Bo.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefa de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretario de Obras y Servicios de la CDMX
Mtro. Jesús Antonio Esteva Medina

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Rivas Ferrer

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Norberto Rosales Chávez

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPN-1-042-2022

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.

[redacted]

[redacted]

6.3 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
- 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 exhibe el perfil del sondeo realizado en la Torre 21. En el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio. Por su parte, en el Anexo 4 se presentan el estudio de georadar ejecutado en la zona. En el Anexo 5 se presentan las cargas de una torre tipo, concéntrica y en el Anexo 6 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.

6.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación s presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio **(con profundidades referidas el nivel de broca del SPT, Fig. 3)**:

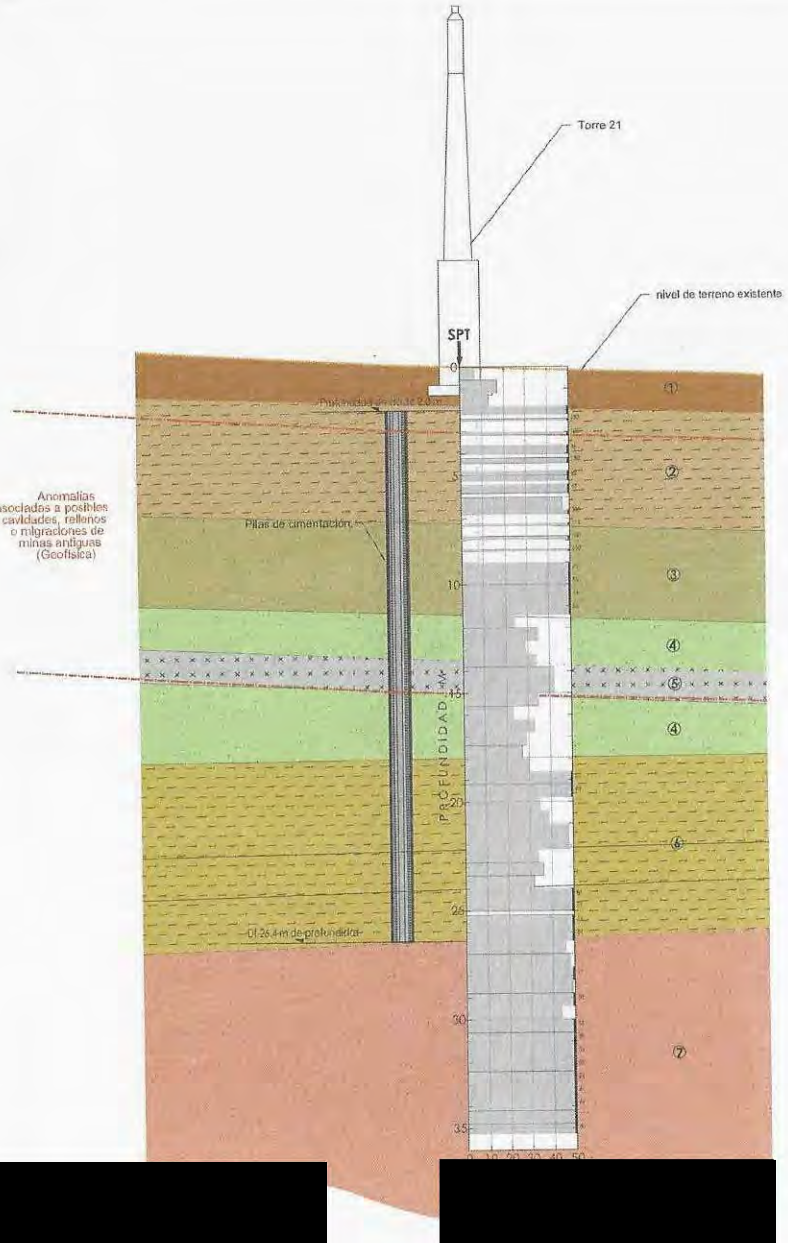
De 0.00 a 1.80 m. Arena andesítica, limosa (SM), en estado suelto a semicompacto, de color café oscur Con un lente de limo arenoso de consistencia firme al final del estrato. El contenido natural de agua varía d 12.4% a 26.5%. El porcentaje de finos es de 60.2%, arena de 39.8% y grava de 0.0%. El número de golpe medido en la prueba de penetración estándar varía de 7 a 17.

De 1.80 a 7.20 m. Limo de baja plasticidad (ML), arenoso, de consistencia muy dura, de color café en tono claro y oscuro. El contenido natural de agua varía de 23.2% a 34.5%. El porcentaje de finos es de 53.9% de 43.0% y grava de 3.1%. El Límite Líquido varía de 36.83% a 42.92% y el Límite Plástico de 27.39% a 1 El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 47 a más de 50.

De 7.20 a 11.40 m. Arena andesítica limosa (SM), en estado muy compacto, con grava piroclást granos aisladas de hasta $^{3}/_{4}$", de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 18.1% a 2 porcentaje de finos varía de 13.5% a 16.3%, arena de 52.2% a 59.9% y grava de 26.6% a 31.5%. El golpes medido es mayor de 50.

De 11.4 a 13.5 y de 15.0 a 18.0 m. Arena andesítica, limosa (SM), en estado semicompacto a co gravas piroclásticas aisladas, de color café grisáceo en tonos claros, intercalada con lentes de li de consistencia muy firme. El contenido natural de agua varía de 17.7% a 68.9%. El porcentaje d de 43.2% a 45.1%, arena de 54.9% a 56.5% y grava de 0.0 a 0.3%. El Límite Líquido varía de 28.45 y el Límite Plástico de 25.60% a 28.06%. El número de golpes medido varía de 23 a 35.

De 13.5 a 15.0. Arena pumítica, limosa, en estado compacto, con un número de golpes de 41.



[redacted]

[redacted]

[redacted]

① **Interpretación estratigráfica (con profundidades referidas al nivel de brocal del SPT): De 0.00 a 1.80 m. Arena andesítica, limosa (SM),** en estado suelto a semicompacto, de color café oscuro. Con un lente de limo arenoso de consistencia firme al final del estrato. El contenido natural de agua varía de 12.4% a 26.5%. El porcentaje de finos es de 60.2%, arena de 39.8% y grava de 0.0%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 7 a 17.

② **De 1.80 a 7.20 m. Limo de baja plasticidad (ML),** arenoso, de consistencia muy dura, de color café en tonos claro y oscuro. El contenido natural de agua varía de 23.2% a 34.5%. El porcentaje de finos es de 53.9%, arena de 43.0% y grava de 3.1%. El Límite Líquido varía de 36.63% a 42.92% y el Límite Plástico de 27.59% a 29.68%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 47 a más de 50.

③ **De 7.20 a 11.40 m. Arena andesítica limosa (SM),** en estado muy compacto, con grava piroclástica con granos aislados de hasta $^{3}/_{4}$", de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 18.1% a 26.4%. El porcentaje de finos varía de 13.5% a 16.3%, arena de 52.2% a 59.9% y grava de 26.6% a 31.5%. El número de golpes medido es mayor de 50.

④ **De 11.4 a 13.5 y de 15.0 a 18.0 m. Arena andesítica, limosa (SM),** en estado semicompacto a compacto, con gravas piroclásticas aisladas, de color café grisáceo en tonos claros, intercalada con lentes de limo arenoso de consistencia muy firme. El contenido natural de agua varía de 17.7% a 68.9%. El porcentaje de finos varía de 43.2% a 45.1%, arena de 54.9% a 56.5% y grava de 0.0 a 0.3%. El Límite Líquido varía de 28.45% a 36.81% y el Límite Plástico de 25.60% a 28.06%. El número de golpes medido varía de 23 a 35.

⑤ **De 13.5 a 15.0. Arena pumítica, limosa,** en estado compacto, con un número de golpes de 41.

⑥ **De 18.00 a 26.40 m. Limo de baja plasticidad (ML), con arena fina a media** piroclástica, de consistencia dura a muy dura, de color café grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 20.9% a 34.2%. El porcentaje de finos varía de 52.7% a 65.7%, arena de 34.3% a 47.3% y grava de 0.0%. El Límite Líquido es de 26.44% y el Límite Plástico de 23.46%. El número de golpes medido varía de 32 a más de 50.

⑦ **De 26.40 a 35.25 m. Arena limosa (SM),** en estado compacto a muy compacto, con grava, con granos aislados de hasta $^{3}/_{4}$", de color café rosáceo. La arena es pumítica. El contenido natural de agua varía de 16.6% a 24.3%. El porcentaje de finos varía de 20.5% a 29.3%, arena de 64.8% a 63.9%, y grava de 4.8% a 14.4%. El número de golpes medido varía de 44 a 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 la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances controlados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizados en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22, en condiciones medias, se identifica una toba entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en estado muy compacto, con un número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semicompacto. Por esta razón, se considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas, que aún no están rellenas en su totalidad.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torre 21, se considera la presencia de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente.

CABLEBÚS LÍNEA 3: VASCO DE QUIROGA – LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

NOTAS

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBÓ	Vo.Bo.

Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaría de Obras y Servicios de la Ciudad de México
Mtro. Jesús Antonio Esteva Medina

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Avila Aguilar

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Fernando Salcedo Orozcoo

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

DGOT-LPNF-1-042-0222
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.

GI

MECÁNICA DE SUELOS

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN

De 18.00 a 26.40 m. Limo de baja plasticidad (ML), con arena fina a media piroclástica, de consistencia dura a muy dura, de color café grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 20.9% a 34.2%. El porcentaje de finos varía de 52.7% a 65.7%, arena de 34.3% a 47.3% y grava de 0.0%. El Límite Líquido es de 26.44% y el Límite Plástico de 23.46%. El número de golpes medido varía de 32 a más de 50.

De 26.40 a 35.25 m. Arena limosa (SM), en estado compacto a muy compacto, con grava, con granos aislados de hasta $^3/_4$", de color café rosáceo. La arena es pumítica. El contenido natural de agua varía de 16.6% a 24.3%. El porcentaje de finos varía de 20.5% a 29.3%, arena de 64.8% a 65.9%, y grava de 4.8% a 14.4%. El número de golpes medido varía de 44 a 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 la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances controlados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizadas en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la ubicación, en cada línea, de las anomalías detectadas con el georadar. El informe completo se presenta en el Anexo 6.

Tabla 2. Resumen de profundidades de anomalías detectadas con Georadar

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3.0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22; en condiciones medias, se ide
entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en estado muy com
número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semicompacto. Por
considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos que se colocaron de manera muy

aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de esta Torre, se considera la presencia de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente.

6.5 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 3 y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, geofísica, laboratorio y pruebas de ficómetro:

Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	Descripción	γ (t/m³)	c (t/m²)	$\phi°$	E (kg/cm²)	Observaciones
1	0.0 a 1.8	Relleno	1.6	1.5	10	70	De acuerdo con los resultados de la exploración geofísica, se considera la presencia de rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su tota 3.0 y 15.0 m de pr
2	1.8 a 11.4	Toba (SM) y (ML) arenosa	1.7	1.0	37	1,000	
3	11.4 a 13.5	Toba (SM)	1.7	1.0	32	250	
4	13.5 a 15.0	Arena pumítica	1.3	0.0	30	350	
3	15.0 a 18.0	Toba (SM)	1.7	1.0	32	300	
5	18.0 a 22.2	Toba limosa arenosa	1.65	5.0	35	450	
6	22.2 a 24.0		1.65	3.0	30	300	
5	24.0 a 26.4		1.65	5.0	36	700	
7	26.4 a 35.25	Toba (SM)	1.7	6.0	38	1,000	

γ: peso volumétrico; c: cohesión; ϕ: ángulo de fricción interna

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad en los materiales en los realizaron pruebas de ficómetro, se determinaron mediante correlaciones con el número de golp de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo.

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

Datos del proyecto. La Torre 21; con coordenadas X= 477,605.1209; Y=2,145,057.7914, se predio "Rancho del Charro", ubicado en Av. Constituyentes 500, Panteón Civil de Dolores, Hidalgo, 11100 Ciudad de México, CDMX. De acuerdo con la información recibida, esta estruc altura aproximada de 16.2 m sobre el nivel de terreno existente.

7.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes para esta torre en particular aún no se tienen determinadas; sin embargo, por parte del área de estructuras se emitió una memoria de cargas, correspondiente a una torre tipo concéntrica. Y se presentan en el Anexo 5. ***Resulta muy importante mencionar que, una vez que se tenga el análisis estructural propio de esta torre, se deberá hacer la comparación correspondiente con las capacidades de carga aquí presentadas.***

Hasta el momento de realizar los presentes análisis, no se nos han proporcionado las cargas a nivel de cimentación, para la revisión del comportamiento en conjunto. Tanto para la capacidad de carga como para las deformaciones.

7.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la posible presencia de minas subterráneas y los posibles rellenos utilizados para la rehabilitación de estas, 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.**

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 26.4 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 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de

Para el diseño de la cimentación de esta Torre, se considera la presencia de las anomalías comp entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente. Considerando que los verticales y la aportación del fuste, son a partir de 15.0 m de profundidad.

7.3 Estado límite de falla

Capacidad de carga reducida. La capacidad de carga de las pilas fue determinada mec siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p$$

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:

$$C_p = (p'_v N_q^* F_R + P_v) A_p \quad (2)$$

Donde:

- p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 18.0 t/m^2
- 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 18.0 t/m^2

Con:

$$N_q^* = N_{min} + L_e \frac{N_{max} - N_{min}}{4B \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (3)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (4)$$

O bien

$$N_q^* = N_{máx} \quad (5)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (6)$$

Donde:

- Le longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 2.4 m
- B diámetro de la pila, m.
- ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 36°

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

Tabla 4 Valores de N_{max} y N_{min}

ϕ	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 la siguiente expresión (Ref

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

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
- β_i coeficiente de fricción
- $\bar{p}_{vi}$ esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m^2

Con

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

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:

$$C_{te}=C_f+0.65\ W_p \qquad (9)$$

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 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C_p (t)	C_f (t)	R (t)	C_{te} (t)
1.0	46.0	440.5	73.0	467.5	102.9
1.2	66.2	587.6	87.6	608.9	130.6
1.4	90.1	754.3	102.2	766.4	160.7

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C_{te}, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. ***Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m², para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.***

7.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión s
realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente

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

Donde:

δ deformación total de la pila, cm
L longitud efectiva de la pila, igual a 2,440 cm
D diámetro de la pila, cm
E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 850 kg/cm²
E_c **módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para f'c= 350 kg/cr**

con

$$E_c=14{,}000\sqrt{f'c}$$

Considerando esta estructura como aislada, la deformación máxima permisibles será de 5.0 cm.

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, realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes (Ref. 5):

$$k_v = \frac{q}{\delta} \qquad (12)$$

Donde:

- k_v módulo de reacción vertical, t/cm; kg/cm^3
- q carga asociada, t
- las demás literales ya fueron definidas

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (10) y (12), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k_v (t/cm)	k_v (kg/cm^3)
1.0	2.2	172.90	22.01
1.2	2.37	211.78	18.73
1.4	2.55	250.46	16.27

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

$$k_h = 0.2768\, k_2\, \frac{z}{B}$$

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm^3)
- k_3 coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg^3
- B diámetro del cimiento, 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 7. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (Kg/cm^3) B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 3.0	50	0.5	80.0	1.11	0.92	0.79
3.0 a 15.0	6	7	6.1	1.18	0.98	0.84
15.0 a 18.0	28	14.5	44.0	17.66	14.72	12.61
18.0 a 22.2	45	18.1	72.0	36.07	30.06	25.77
22.2 a 24.0	34	21.1	54.0	31.54	26.28	22.53
24.0 a 26.4	68	23.2	100.0	64.22	53.51	45.87

Tabla 8. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm³) B (m) 4.50
0.0 a 1.3	7	0.9	8.00	0.04
1.3 a 2	50	1.9	80	0.93

Propuesta de cimentación. La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación mínima de 3 veces el diámetro. **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.**

Esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad.

8. 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.

8.1 Preparación de áreas

En la zona que se desplantará esta torre, se tiene la presencia de diversos árboles, así como la pr
la misma barda perimetral del "Rancho del Charro". Para la construcción se realizarán los siguie
trabajos:

a) Trasplante de todos los árboles que se ubican en el área de afectación, así como demolición
igualmente en esta área.

8.2 Pilas

Con las áreas liberadas se procederá con los trabajos de perforación y colado de las
tomando en cuenta los puntos siguientes:

a) Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para
cada uno de los elementos de cimentación.

b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de alteraciones en la masa de suelo, adicionales a las ya consideradas.**

c) El concreto para la construcción de las pilas será de una f'_c= 350 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 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) Debido a que el estudio geofísico detectó anomalías entre 2.5 y 15.0 m de profundidad. Se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. 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 perdi

f) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá co 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 co dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armad 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.

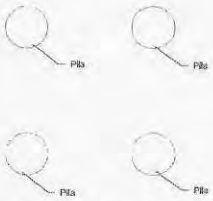
4) *Acero de refuerzo*. La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.

Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y ho terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el **pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las par**

8.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una secc 5.0 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar dimensiones mínimas de 5.4 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

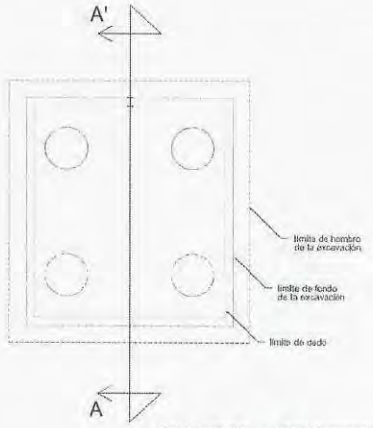
a) Se realizará la excavación hasta 2.0 m de profundidad, con taludes con una inclinaci a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de m análisis de estabilidad, consideran una sobrecarga de 1.5 t/m^2 en la corona, por lo qu la concentración de esfuerzos en esta zona.

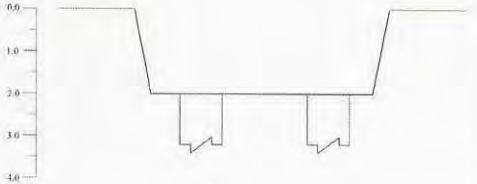


1) Una vez que se tenga el área liberada, se realizará la demolición del muro del Rancho del Charro, en el área de afectación. Así como el trasplante de los árboles que igualmente se encuentran en el área de afectación.

2) Posteriormente se realizará la perforación y el colado de las pilas de cimentación. Previa inspección por un supervisor en mecánica de suelos, verificando las paredes y fondo de las perforaciones. En caso de que se presenten minas subterráneas y/o oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Ver fotos 1 y 2 del estudio, apartado 8.4). Esta lámina servirá como molde 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

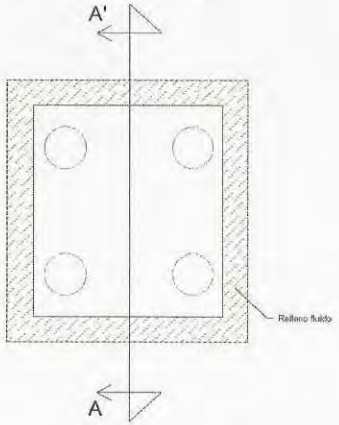
3) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de geotecnia, para revisar nuevamente la profundidad de desplante y las capacidades de carga.

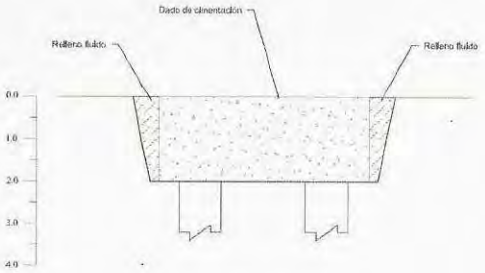




Co

4) Coladas las pilas, se realizará la excavación hasta 2.0 m con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero. Los análisis de estabilidad consideran una sobrecarga de 1.5 t/m² en la corona de los cortes, por lo que se deberá evitar la colocación de equipos pesados en esta zona.





Corte A-A'

5) 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=150 kg/cm², para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.

6) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superest

7) El es [redacted] lleno fluido. O bien, con material

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBÓ	Vo.Bo.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretario de Obras y Servicios de la CDMX
Lic. Jesús Antonio Esteva Medina

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Rivera Islas

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Arq. Mario Humberto Rosario Chacalo

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

OOOT-LPI-F-1-043-2022

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.

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= 150 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 o bien, con relleno con calidad de terraplén, colocado en capas de 25 cm suelto y compactado al 95% de su P.V.S.M.

8.4 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) Para todas las pilas con un diámetro mínimo 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 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.**

c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. 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 lámi sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.

d) En cualquiera de las posibilidades, se deberá revisar nuevamente la capacidad de carga garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.

9. 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.

[redacted]

[redacted]

10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA



Fotografía 1. Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo.



Fotografía 2. Exploración y muestreo del sondeo mecánico directo SPT-1, T-21.



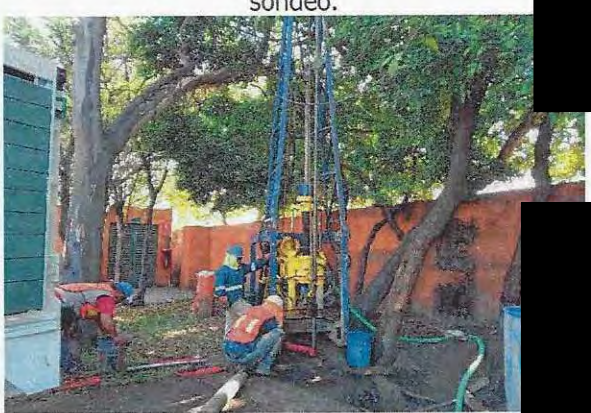
Fotografía 3. Detalle de la muestra alterada obtenida de 1.20 a 1.80 m de profundidad en el sondeo.



Fotografía 4. Detalle de la muestra alterad obtenida de 6.00 a 6.60 m de profundidad en sondeo.



Fotografía 5. Detalle de la muestra alterada obtenida de 28.80 a 29.40 m de profundidad en el sondeo.



Fotografía 6. Recuperación de la herramien perforación en el sondeo.

11. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

[redacted]

[redacted]

X = 479,603.50 Y = 2'145,056.54 Z = 2,369

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO: Cablebús L-3, Torre 21 | SONDEO: SPT-6
LOCALIZACIÓN: Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | PROF. EXPLORADA: 35.25 m | PROF. NAF: No se detectó

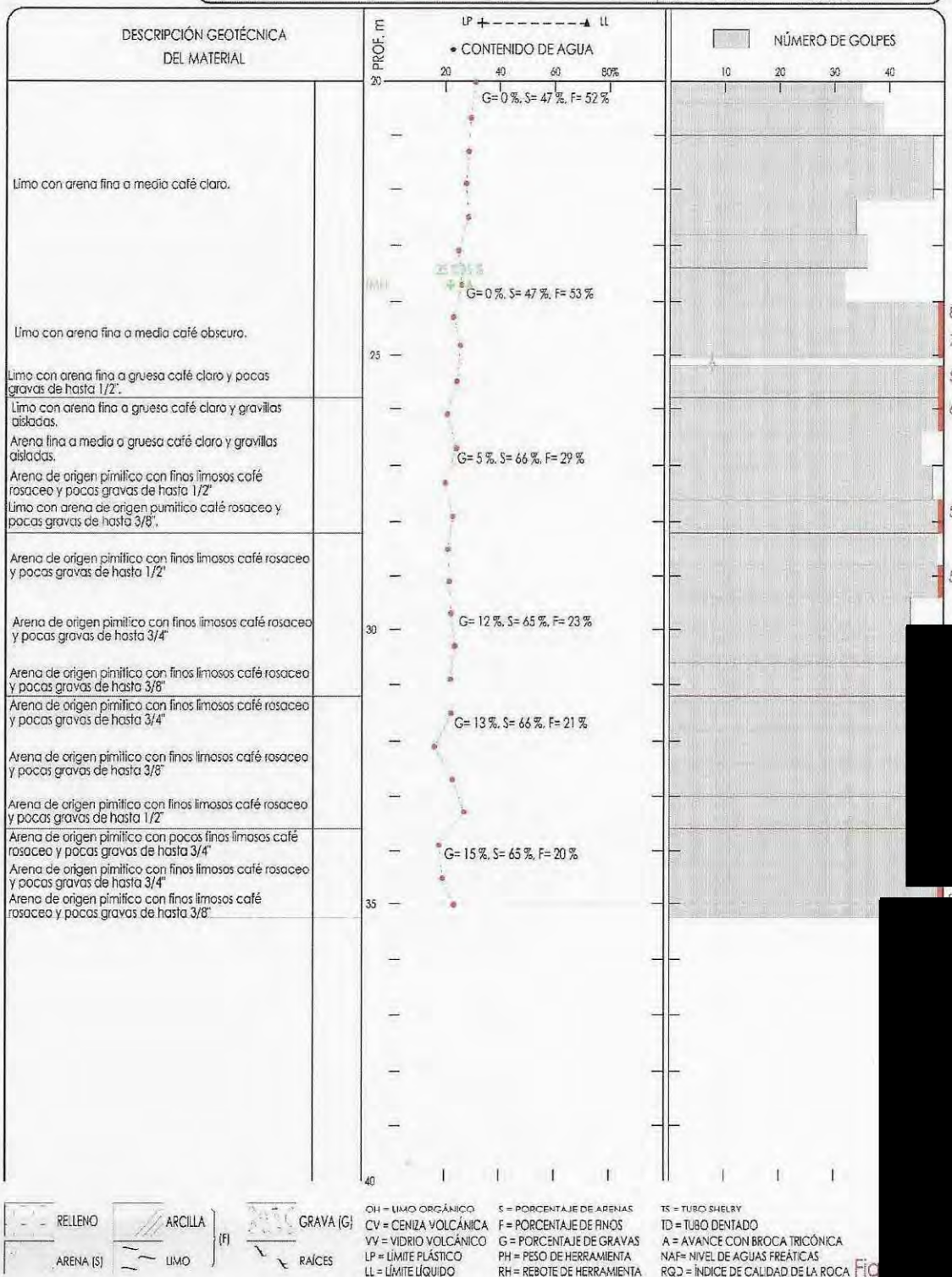
DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	PROF. m	CONTENIDO DE AGUA (LP — LL)	NÚMERO DE GOLPES
Arena gruesa a fina con finos limosos café claro y gravillas.	0		
Arena gruesa a fina con finos limosos café obscuro y gravillas.			
Arena gruesa a fina con finos limosos café obscuro y gravas de hasta 1/2".			
Limo de plasticidad media con arena fina a media café grisaceo.	(MH)	G= 0 %, S= 40 %, F= 60 %	50
Limo con arena gruesa a fina café grisaceo.			150
Limo con arena gruesa a fina café claro.			
Limo con arena fina a gruesa café obscuro y gravillas aisladas.			100
Arena fina a media con finos limosos café grisaceo.	(ML)	G= 0 %, S= 65 %, F= 35 %	
Limo con arena fina a media café obscuro.			95
Limo con arena fina a media café obscuro y gravillas aisladas.		G= 3 %, S= 43 %, F= 54 %	150
Limo con arena fina a gruesa café claro y gravillas aisladas	5		89
			63
Arena fina a gruesa con finos limosos café claro y gravillas aisladas.		G= 5 %, S= 50 %, F= 45 %	
Limo con arena fina a gruesa café claro.			300
Arena gruesa a fina con finos limosos café grisaceo y pocas gravas de hasta 3/8".			115
Arena gruesa a fina con gravas de hasta 1/2" y finos limosos café grisaceo.			100
		G= 27 %, S= 60 %, F= 13 %	150
Arena gruesa a fina con gravas de hasta 1/2" y pocos finos limosos café grisaceo.			70
Arena gruesa a fina con gravas de hasta 3/4" y pocos finos limosos café grisaceo.	10	G= 32 %, S= 52 %, F= 16 %	
Arena gruesa a fina con finos limosos café grisaceo y pocas gravas de hasta 3/4".			
Arena pumítica con finos limosos del mismo material gris claro.			
Limo con arena fina a gruesa café claro y gravillas.			
Arena pumítica con finos limosos del mismo material gris claro.			
Arena gruesa a fina con pocos finos limosos café grisaceo			
Limo con arena fina a media café claro.	(ML)	G= 0 %, S= 42 %, F= 58 %	
Arena pumítica con finos limosos del mismo material gris claro.			
		G= 0 %, S= 57 %, F= 43 %	
	15		
Limo con arena fina café claro.			
Arena gruesa a fina con pocos finos limosos café claro y gravillas aisladas.			
Limo con arena gruesa a fina café claro.			
Arena fina a media con finos limosos café claro.			
	(ML)	G= 0 %, S= 55 %, F= 45 %	
Limo con arena fina café claro.			
		G= 0 %, S= 34 %, F= 66 %	
Limo con arena fina a media café claro.	20		

RELLENO | ARCILLA | ARENA (S) | LIMO | (F) | GRAVA (G) | RAÍCES

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

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO: Cablebús L-3, Torre 21
LOCALIZACIÓN: Av. Constituyentes Cablebús Línea 3
SONDEO: SPT-6
PROF. EXPLORADA: 35.25 m
PROF. NAF: No se detectó



Fig

12. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: **CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES**
UBICACIÓN: **AV. CONSTITUYENTES T0RRE 21**
LABORATORISTA: **SOCRATES MATILDES**
CALCULISTA: **NELSON BARRERA**
SONDEO : **SM-6**
FECHA: **06/01/2023**
HOJA : 1 DE 3

MTRA.	PROF. m			TARA N°	TARA gr.	Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCION DEL SUELO
1	0.00		0.60	176	21.17	165.91	149.91	16.00	128.74	**12.43**	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
1A				201	20.09	119.63	103.82	15.81	83.73	**18.88**	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ OBSCURO Y GRAVILLAS AISLADAS
2	0.60		1.20	345	20.50	209.46	174.28	35.18	153.78	**22.88**	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ OBSCURO Y GRAVAS DE HASTA 1/2"
3	1.20		1.80	331	32.05	176.22	145.99	30.23	113.94	**26.53**	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
4	1.80		2.20	168	20.92	139.12	116.83	22.29	95.91	**23.24**	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISACEO
4A				179	20.83	153.75	125.19	28.56	104.36	**27.37**	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ CLARO
5	2.40		2.50	153	20.37	151.31	122.71	28.60	102.34	**27.95**	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OBSCURO Y GRAVILLAS AISLADAS
6	3.00		3.15	152	21.00	171.83	139.62	32.21	118.62	**27.15**	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
7	3.60		4.03	106	20.74	164.56	128.40	36.16	107.66	**33.59**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO
8	4.20		4.45	243	34.88	140.53	116.68	23.85	81.80	**29.16**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO Y GRAVILLAS AISLADAS
9	4.80		5.25	278	35.50	198.85	156.93	41.92	121.43	**34.52**	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
10	5.40		5.82	42	20.72	145.31	113.64	31.67	92.92	**34.08**	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
11	6.00		6.60	141	20.93	175.54	138.35	37.19	117.42	**31.67**	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
12	6.60		6.80	279	34.51	182.28	144.86	37.42	110.35	**33.91**	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO
13	7.20		7.33	265	20.52	134.84	110.96	23.88	90.44	**26.40**	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
14	7.80		7.95	213	20.04	162.87	134.99	27.88	114.95	**24.25**	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1/2" Y FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
15	8.40		8.50	286	32.45	185.05	158.84	26.21	126.39	**20.74**	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1/2" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
16	9.00		9.60	144	20.35	191.33	164.22	27.11	143.87	**18.84**	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1/2" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
17	9.60		10.20	280	33.31	222.37	193.41	28.96	160.10	**18.09**	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
18	10.20		10.80	101	20.47	256.01	218.84	37.17	198.37	**18.74**	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
19	10.80		11.40	220	20.42	219.02	185.69	33.33	165.27	**20.17**	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
20	11.40		12.00	75A	20.60	189.49	122.42	67.07	101.82	**65.87**	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
20A				58	21.12	170.13	124.14	45.99	103.02	**44.64**	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
21	12.00		12.60	326	34.59	206.57	171.42	35.15	136.83	**25.69**	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS

[redacted]

CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: **CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES**
UBICACIÓN: **AV. CONSTITUYENTES TORRE 21**
LABORATORISTA: **SOCRATES MATILDES**
CALCULISTA: **NELSON BARRERA**
SONDEO: **SM-6** FECHA: **06/01/2023**
HOJA: 1 DE 3

MTRA.	PROF. m		TARA N°	TARA gr.	Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCION DEL SUELO
21A	12.00	12.60	239	21.12	165.89	115.80	50.09	94.68	**52.90**	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
21B			22	21.46	203.93	176.49	27.44	155.03	**17.70**	ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
22	12.60	13.20	16	21.01	127.96	100.31	27.65	79.30	**34.87**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
23	13.20	13.80	107	20.71	118.87	88.15	30.72	67.44	**45.55**	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
23A			314	20.35	166.75	107.04	59.71	86.69	**68.88**	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
24	13.80	14.40	338	35.57	226.31	149.95	76.36	114.38	**66.76**	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
25	14.40	15.00	111	20.57	221.85	152.46	69.39	131.89	**52.61**	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
26	15.00	15.60	169	20.38	173.17	131.11	42.06	110.73	**37.98**	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
27	15.60	16.20	226	20.27	185.23	145.16	40.07	124.89	**32.08**	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
28	16.20	16.80	87	21.06	222.57	176.58	45.99	155.52	**29.57**	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
29	16.80	17.40	264	20.59	151.32	111.68	39.64	91.09	**43.52**	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ CLARO
29A			93	21.51	170.05	131.97	38.08	110.46	**34.47**	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO
30	17.40	18.00	45	20.90	183.26	143.24	40.02	122.34	**32.71**	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO
31	18.00	18.60	287	35.75	204.28	161.32	42.96	125.57	**34.21**	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
32	18.60	19.20	281	33.27	242.28	194.94	47.34	161.67	**29.28**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
33	19.20	19.60	12	21.44	218.66	175.48	43.18	154.04	**28.03**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
34	19.80	20.40	302	19.85	210.32	165.18	45.14	145.33	**31.06**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
35	20.40	21.00	305	20.01	189.84	151.25	38.59	131.24	**29.40**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
36	21.00	21.60	65	21.42	199.21	159.53	39.68	138.11	**28.73**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
37	21.60	22.20	246	34.30	190.40	156.45	33.95	122.15	**27.79**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
38	22.20	22.80	327	34.28	217.36	176.71	40.65	142.43	**28.54**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
39	22.80	23.40	184	20.78	197.42	162.16	35.26	141.38	**24.94**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
40	23.40	24.00	323	26.08	215.28	176.11	39.17	150.03	**26.11**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
41	24.00	24.60	20	21.15	211.09	175.39	35.70	154.24	**23.15**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO

[redacted]

CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: **CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES**
UBICACIÓN: **AV. CONSTITUYENTES TORRE 21**

LABORATORISTA: **SOCRATES MATILDES**
CALCULISTA: **NELSON BARRERA**

SONDEO : **SM-6** FECHA: **06/01/2023**

HOJA : 1 DE 3

MTRA.	PROF. m		TARA N°	TARA gr.	Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCION DEL SUELO
42	24.60	25.05	313	20.25	198.50	162.05	36.45	141.80	**25.71**	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO
43	25.20	25.80	230	20.22	214.12	176.15	37.97	155.93	**24.35**	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
44	25.80	26.40	102	20.81	194.32	164.29	30.03	143.48	**20.93**	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
45	26.40	27.00	333	34.27	211.22	176.65	34.57	142.38	**24.28**	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
46	27.00	27.60	66	20.90	204.94	174.00	30.94	153.10	**20.21**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
47	27.60	28.20	275	20.47	202.36	168.28	34.08	147.81	**23.06**	LIMO CON ARENA DE ORIGEN PUMITICO CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
48	28.20	28.80	97	21.25	231.95	195.19	36.76	173.94	**21.13**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
49	28.80	29.40	150	20.66	227.42	190.46	36.96	169.80	**21.77**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
50	29.40	30.00	10	20.94	221.16	184.53	36.63	163.59	**22.39**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
51	30.00	30.60	310	20.48	202.08	167.24	34.84	146.76	**23.74**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
52	30.60	31.20	34	20.73	217.13	181.33	35.80	160.60	**22.29**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
53	31.20	31.80	137	20.52	215.76	179.84	35.92	159.32	**22.55**	ARENA DEORIGEN PUMITICO CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
54	31.80	32.40	15	21.13	234.35	204.08	30.27	182.95	**16.55**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
55	32.40	33.00	253	33.04	214.50	180.50	34.00	147.46	**23.06**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
56	33.00	33.60	25	20.73	203.83	164.60	39.23	143.87	**27.27**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO POCAS GRAVAS DE HASAT 1/2"
57	33.60	34.20	113	20.66	227.51	195.87	31.64	175.21	**18.06**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
58	34.20	34.80	133	20.69	196.27	167.71	28.56	147.02	**19.43**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
59	34.80	35.25	267	20.42	195.35	161.99	33.36	141.57	**23.56**	ARENA DE ORIGEN PUMITICO CON FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"

[redacted]

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 3 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 1.20-1.80 m.

DESCRIPCION 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	0.00	0.00	100.00
	suma	0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 145.99 gr.

TARA # : 331 Peso de la tara: 32.05 gr.

Peso de la muestra total : 113.94 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	1.27	1.11		98.89
16	1.00	2.45	2.15		96.74
20	850	1.05	0.92		95.81
30	600 µ	2.75	2.41		93.40
40	425 µ	3.12	2.74		90.66
60	250 µ	7.79	6.84		83.82
100	150 µ	7.44	6.53		77.30
200	75 µ	19.47	17.09		60.21
	charola	68.60	60.21		
	suma	45.34			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 39.79

% FINOS : 60.21

CLASIFICACION S. U. C. S. : ML

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

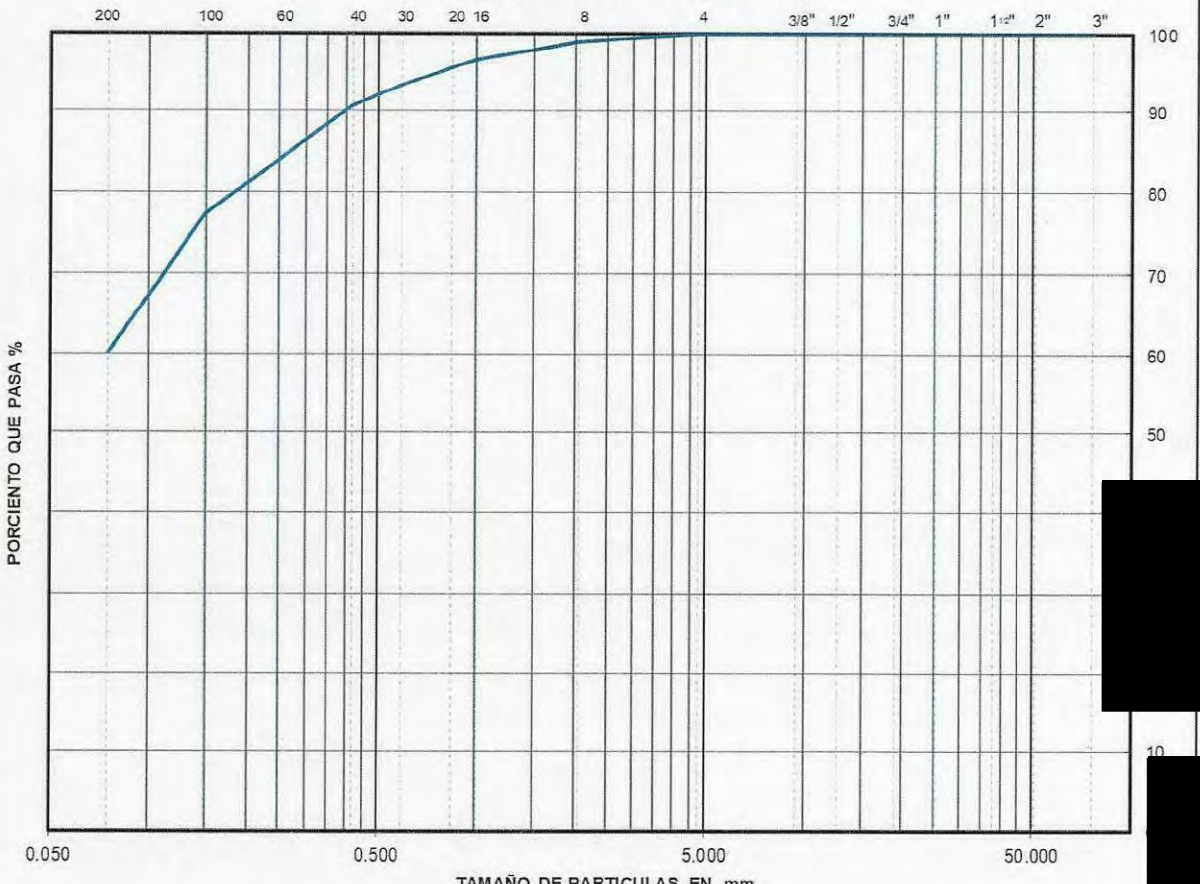
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 3
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 1.20-1.80 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = ____ D_{60} = ____

D_{50} = ____ D_{90} = 0.399

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

% GRAVA :	0.00
% ARENA :	39.79
% FINOS :	60.21
S. U. C. S. :	ML

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 6 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD 3.00-3.15 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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 : 139.62 gr.

TARA # : 152 Peso de la tara: 21.00 gr.

Peso de la muestra total : 118.62 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	0.55	0.46		99.54
16	1.00	1.74	1.47		98.07
20	850	1.91	1.61		96.46
30	600 µ	10.92	9.21		87.25
40	425 µ	13.90	11.72		75.54
60	250 µ	15.72	13.25		62.28
100	150 µ	10.21	8.61		53.68
200	75 µ	22.70	19.14		34.54
	charola	40.97	34.54		
	suma	77.65			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 65.46

% FINOS : 34.54

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

0

0

FECHA : 12/01/2023

SONDEO : SM-6

LABORATORISTA SOCRATES MATILDES

MUESTRA N° : 6

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD : 3.00-3.15 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = _____ D_{30} = _____ D_{60} = 0.218

D_{50} = 0.131 D_{90} = 0.660

% GRAVA :

% ARENA :

% FINOS :

S. U. C. S. :

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

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 8 SONDEO: SM-6

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 4.20-4.45 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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	1.76	2.15	97.85
4	4.76	0.77	0.94	96.91
	suma	2.53	3.09	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 116.68 gr.

TARA # : 243 Peso de la tara: 34.88 gr.

Peso de la muestra total : 81.80 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	0.99	1.21		95.70
16	1.00	2.20	2.69		93.01
20	850	0.96	1.17		91.83
30	600 µ	3.33	4.07		87.76
40	425 µ	3.82	4.67		83.09
60	250 µ	6.05	7.40		75.70
100	150 µ	5.28	6.45		69.24
200	75 µ	12.51	15.29		53.95
	charola	46.66	57.04		
	suma	35.14			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 3.09

% ARENA : 42.96

% FINOS : 53.95

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

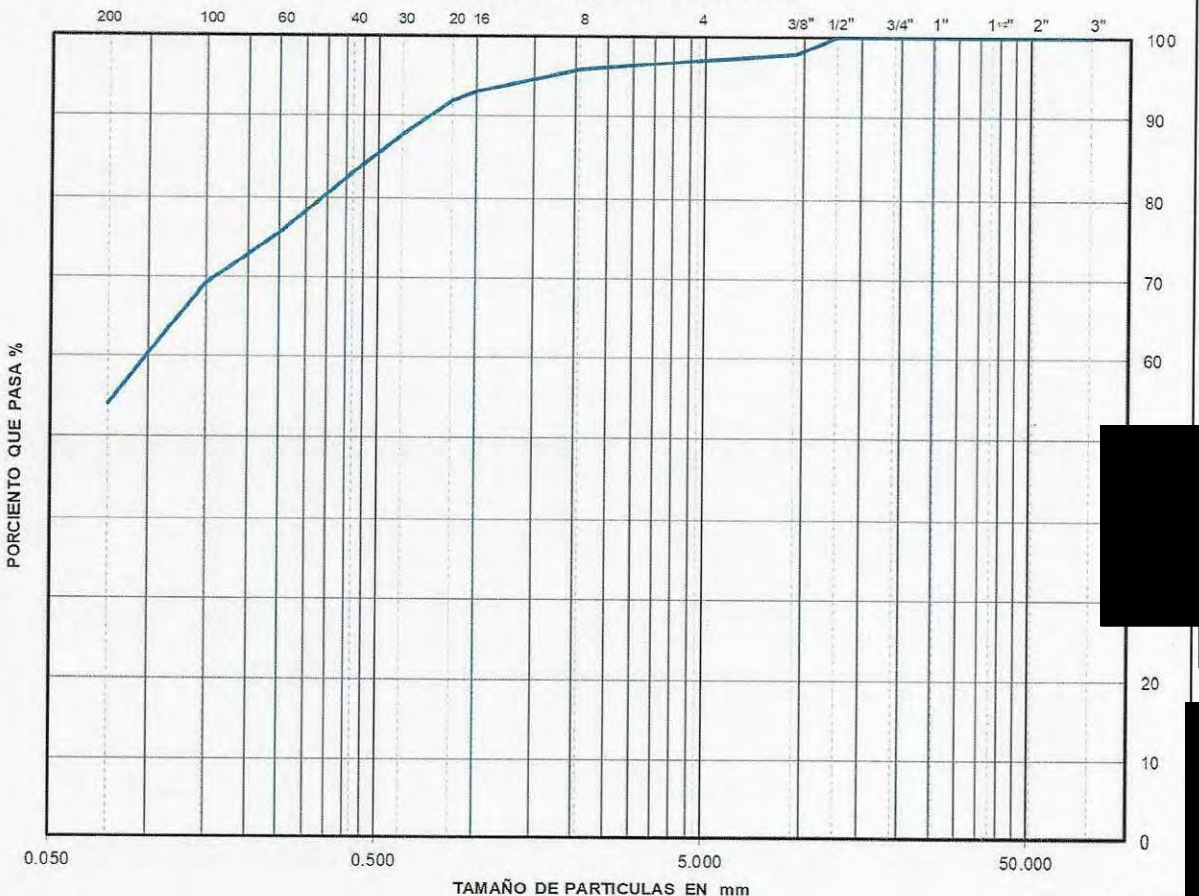
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 8
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 4.20-4.45 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = ____ D_{60} = 0.098

D_{50} = ____ D_{90} = 0.720

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

% GRAVA : 3
% ARENA : 42
% FINOS : 53
S. U. C. S. : 0

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23
LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE
CALCULISTA: NELSON BARRERA

MUESTRA Nº : 11 SONDEO: SM-6
PROFUNDIDAD: 6.00-6.60 m.
DESCRIPCION 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	3.07	2.61	97.39
4	4.76	2.95	2.51	94.87
	suma	6.02	5.13	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 138.35 gr.
TARA # : 141 Peso de la tara: 20.93 gr:
Peso de la muestra total : 117.42 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	2.75	2.34		92.53
16	1.00	6.90	5.88		86.65
20	850	2.53	2.15		84.50
30	600 µ	8.24	7.02		77.48
40	425 µ	7.47	6.36		71.12
60	250 µ	9.05	7.71		63.41
100	150 µ	6.43	5.48		57.94
200	75 µ	15.61	13.29		44.64
	charola	58.44	49.77		
	suma	58.98			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :
% GRAVA : 5.13
% ARENA : 50.23
% FINOS : 44.64
CLASIFICACION S. U. C. S. : SM
TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

0

0

FECHA : 12/01/2023

SONDEO : SM-6

LABORATORISTA SOCRATES MATILDES

MUESTRA Nº : 11

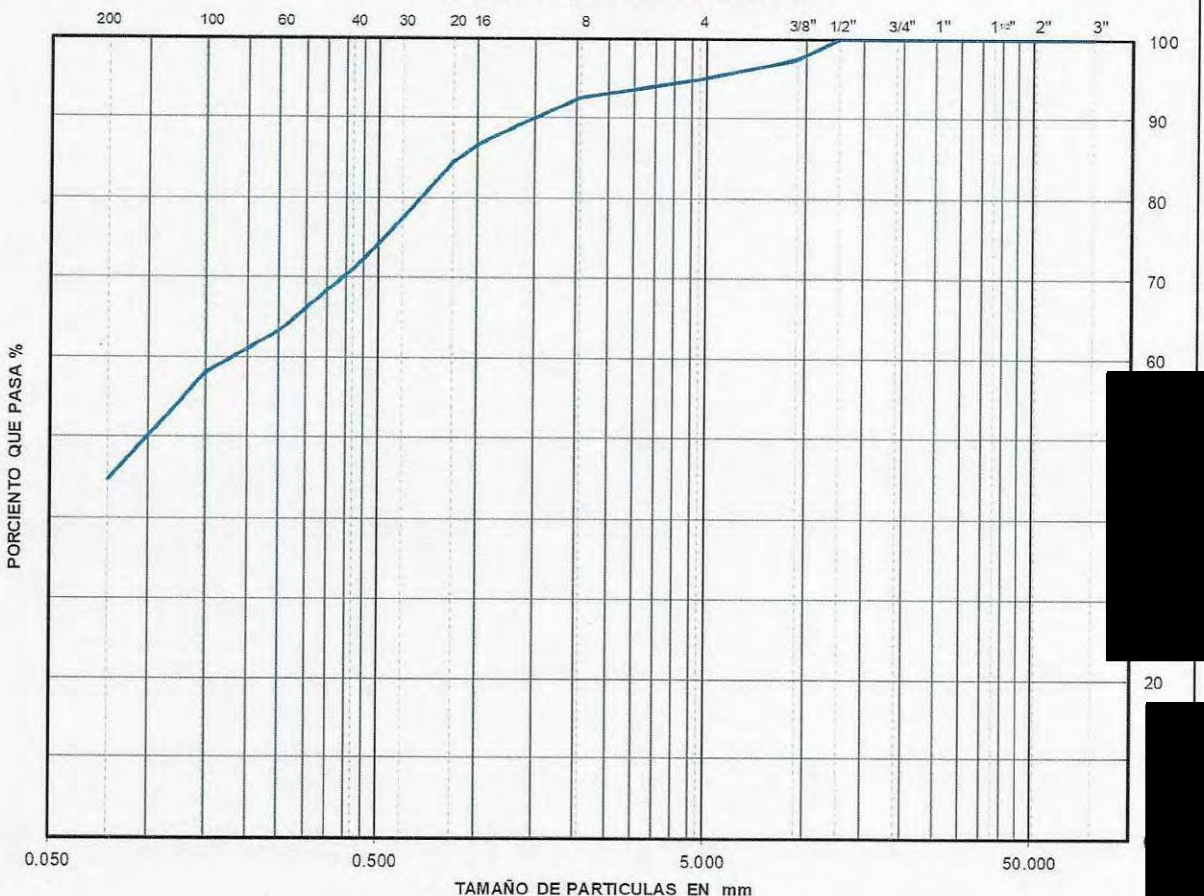
CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD : 6.00-6.60 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = _____ D_{30} = _____ D_{60} = 0.181

D_{50} = 0.099 D_{90} = 1.510

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

% GRAVA : [redacted]
% ARENA : [redacted]
% FINOS : [redacted]
S. U. C. S. : [redacted]

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 15 SONDEO: SM-6

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 8.40-8.50 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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	15.18	12.01	87.99
3/8 "	9.50	10.05	7.95	80.04
4	4.76	8.40	6.65	73.39
	suma	33.63	26.61	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 158.84 gr.

TARA # : 286 Peso de la tara: 32.45 gr.

Peso de la muestra total : 126.39 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	17.07	13.51		59.89
16	1.00	20.84	16.49		43.40
20	850	4.93	3.90		39.50
30	600 µ	9.33	7.38		32.11
40	425 µ	6.21	4.91		27.20
60	250 µ	5.81	4.60		22.60
100	150 µ	3.59	2.84		19.76
200	75 µ	7.92	6.27		13.50
	charola	50.69	40.11		
	suma	75.70			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 26.61

% ARENA : 59.89

% FINOS : 13.50

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

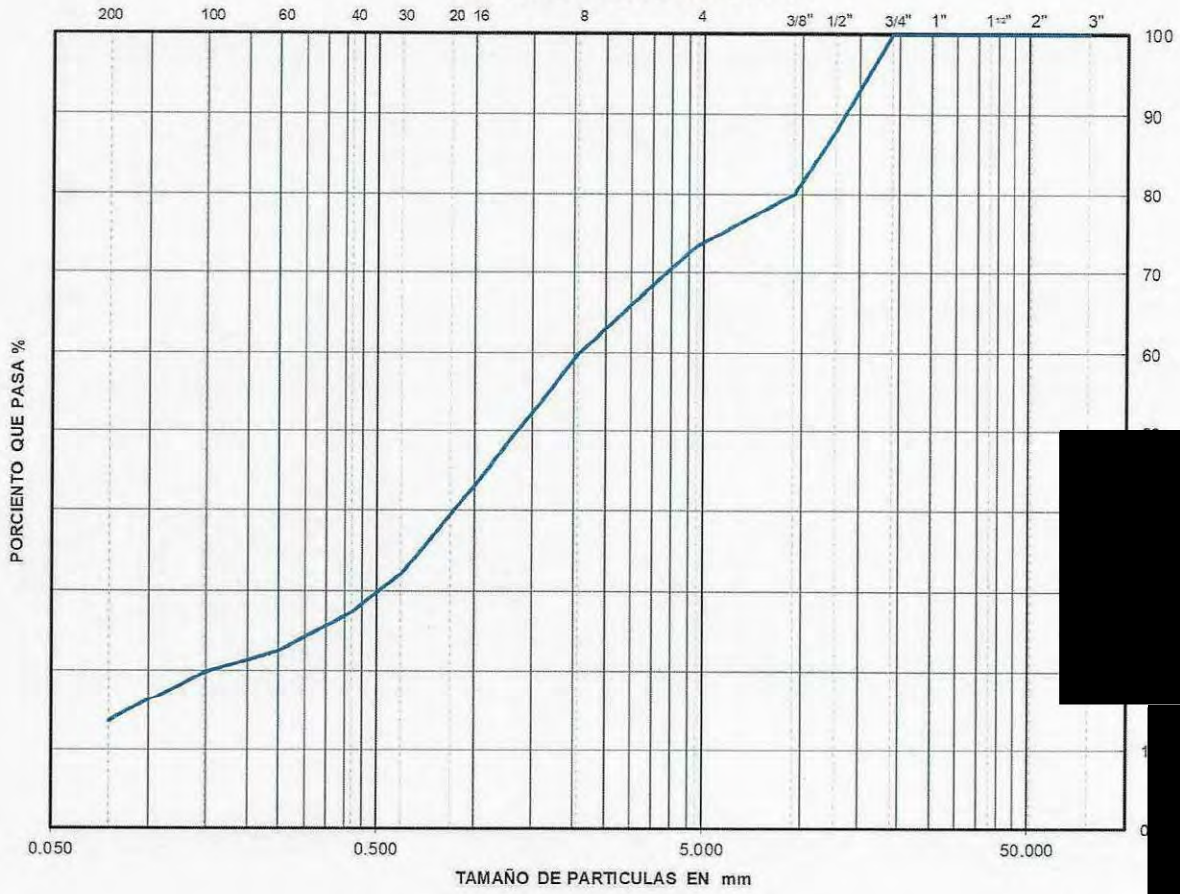
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
SONDEO : SM-6
MUESTRA Nº : 15
PROFUNDIDAD : 8.40-8.50 m

FECHA : 12/01/2023
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
CALCULISTA: NELSON BARRERA

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} =
D_{30} = 0.512
D_{60} = 2.072
D_{50} = 1.337
D_{90} = 13.592

$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$

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

% GRAVA :
% ARENA :
% FINOS :
S. U. C. S. :

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 18 SONDEO: SM-6

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 10.20-10.80 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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	16.55	8.30	91.70
1/2 "	12.50	21.45	10.76	80.94
3/8 "	9.50	7.15	3.59	77.35
4	4.76	17.74	8.90	68.46
	suma	62.89	31.54	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 219.84 gr.

TARA # : 101 Peso de la tara: 20.47 gr:

Peso de la muestra total : 199.37 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	23.85	11.96		56.49
16	1.00	20.46	10.26		46.23
20	850	5.77	2.89		43.34
30	600 µ	11.68	5.86		37.48
40	425 µ	8.80	4.41		33.06
60	250 µ	10.17	5.10		27.96
100	150 µ	6.78	3.40		24.56
200	75 µ	16.48	8.27		16.30
	charola	95.38	47.84		
	suma	103.99			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 31.54

% ARENA : 52.16

% FINOS : 16.30

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

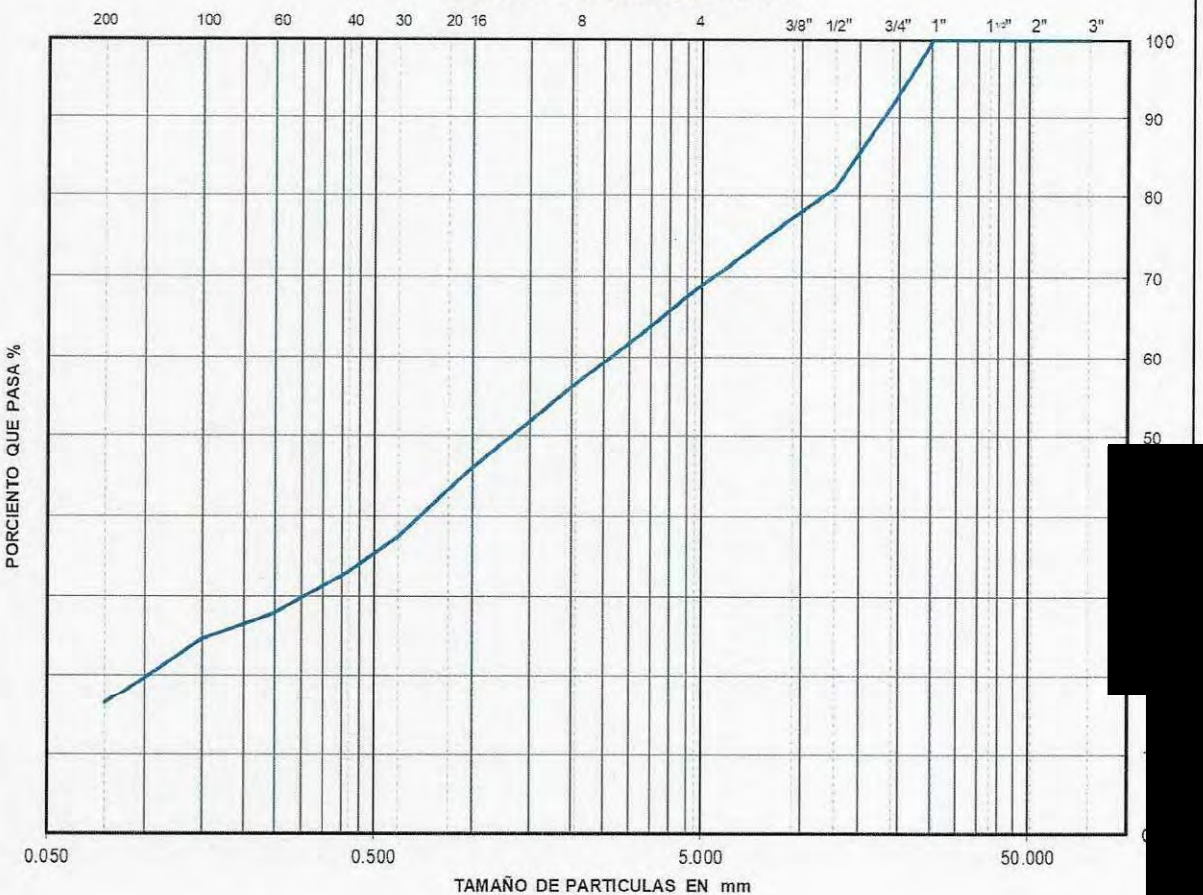
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 18
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 10.20-10.80 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = 0.308 D_{60} = 2.631

D_{50} = 1.306 D_{90} = 17.869

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

% GRAVA : 31.54
% ARENA : 52.16
% FINOS : 16.30
S. U. C. S. : 0.00

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23
LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE
CALCULISTA: NELSON BARRERA

MUESTRA Nº : 22 SONDEO: SM-6
PROFUNDIDAD: 12.60-13.20 m.
DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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 : 100.31 gr.
TARA # : 16 Peso de la tara: 21.01 gr.
Peso de la muestra total : 79.30 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	0.00	0.00		100.00
20	850	0.00	0.00		100.00
30	600 µ	1.27	1.60		98.40
40	425 µ	3.44	4.34		94.06
60	250 µ	7.33	9.24		84.82
100	150 µ	6.00	7.57		77.25
200	75 µ	14.69	18.52		58.73
	charola	46.57	58.73		
	suma	32.73			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :
% GRAVA : 0.00
% ARENA : 41.27
% FINOS : 58.73
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML
TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

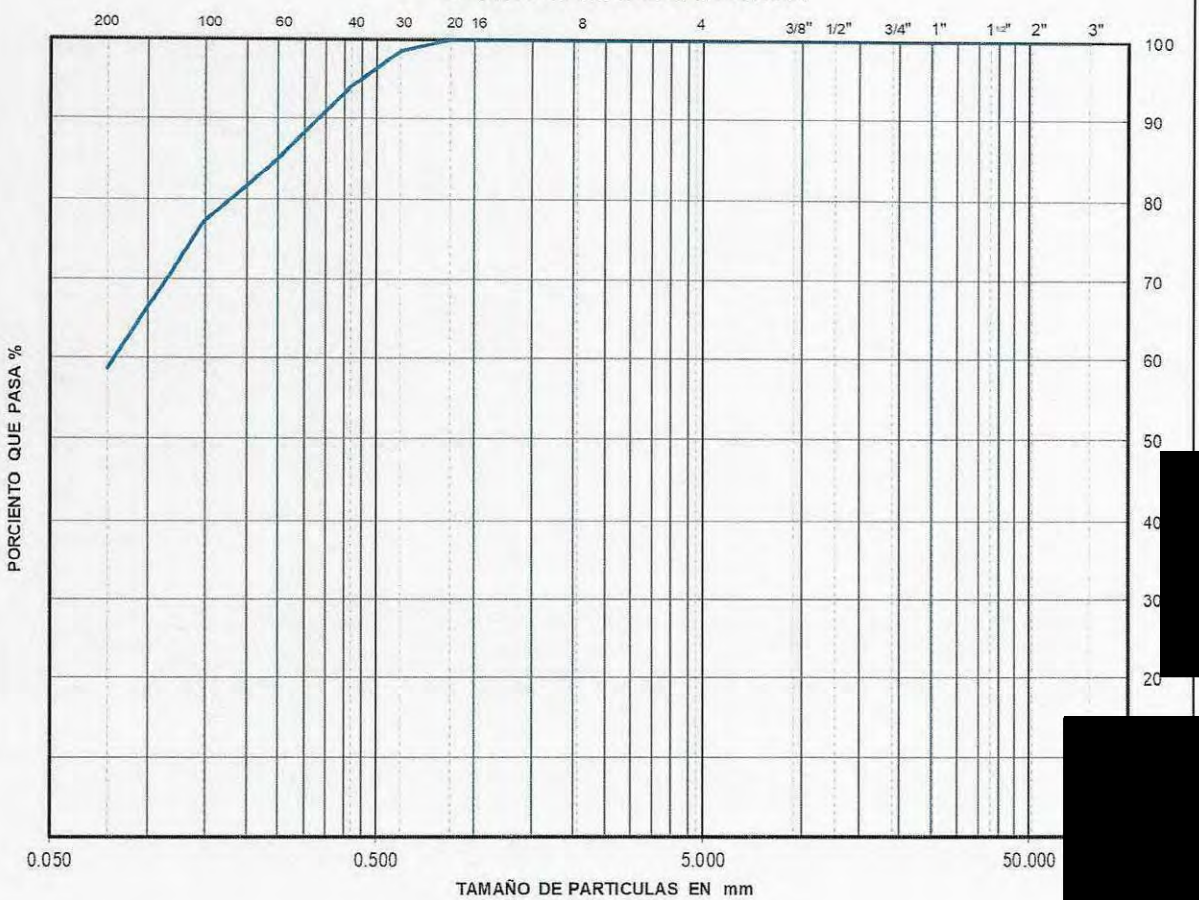
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 22
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 12.60-13.20 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = ____ D_{60} = 0.079

D_{50} = ____ D_{90} = 0.334

$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ ____ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{90})(D_{10})} =$ ____

% GRAVA : [redacted]
% ARENA : [redacted]
% FINOS : [redacted]
S. U. C. S. : ML

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 25 SONDEO: SM-6

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 14.40-15.00 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES : ARENA PUMITICA

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	0.38	0.29	99.71
	suma	0.38	0.29	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 152.46 gr.

TARA # : 111 Peso de la tara: 20.57 gr:

Peso de la muestra total : 131.89 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	1.70	1.29		98.42
16	1.00	9.15	6.94		91.49
20	850	4.45	3.37		88.11
30	600 µ	13.76	10.43		77.68
40	425 µ	9.46	7.17		70.51
60	250 µ	11.83	8.97		61.54
100	150 µ	6.90	5.23		56.30
200	75 µ	17.32	13.13		43.17
	charola	57.32	43.46		
	suma	74.57			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.29

% ARENA : 56.54

% FINOS : 43.17

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

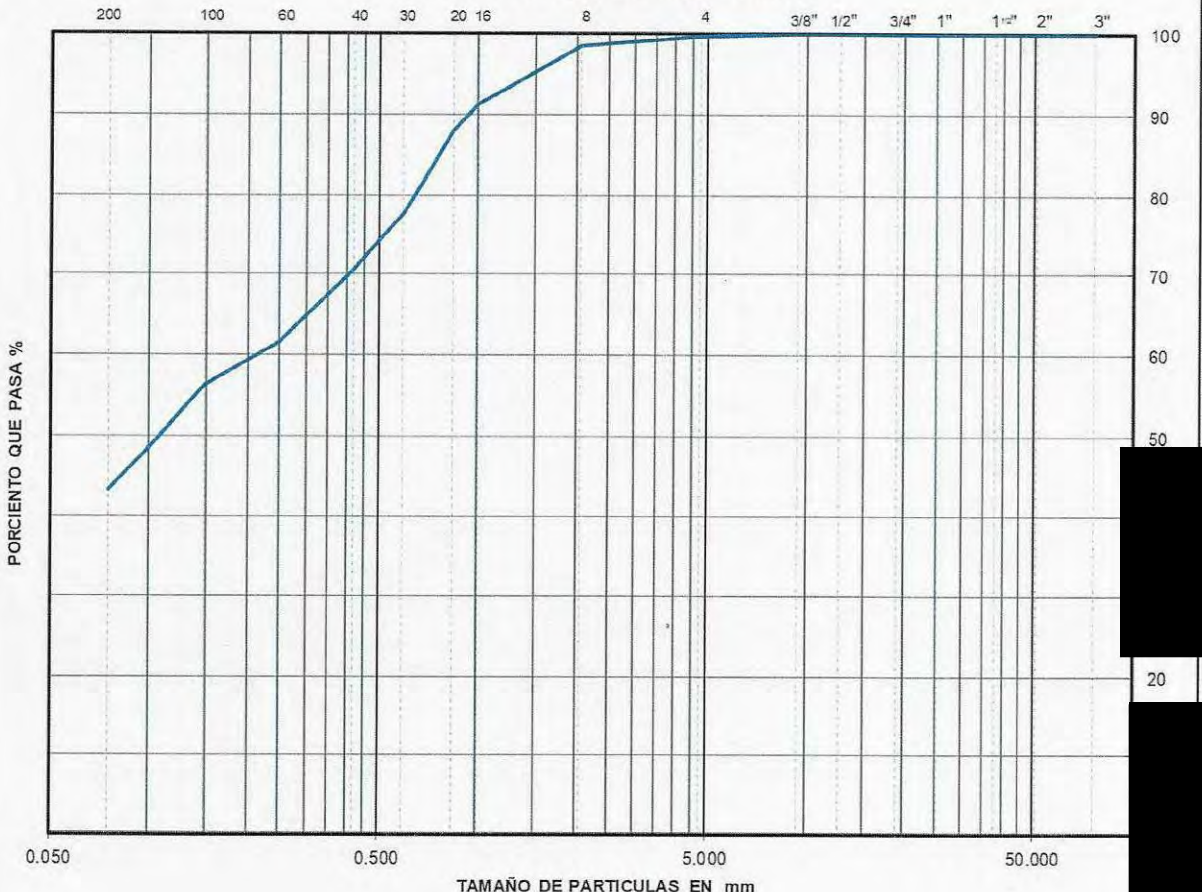
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 25
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 14.40-15.00 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES : ARENA PUMITICA

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = _____ D_{30} = _____ D_{60} = 0.215

D_{50} = 0.107 D_{90} = 0.928

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

% GRAVA : 0.2
% ARENA : 56.
% FINOS : 43.
S. U. C. S. : 0.0

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 30 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 17.80-18.00 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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 : 143.24 gr.

TARA # : 45 Peso de la tara: 20.90 gr:

Peso de la muestra total : 122.34 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	1.14	0.93		99.07
16	1.00	7.08	5.79		93.28
20	850	3.76	3.07		90.21
30	600 μ	10.04	8.21		82.00
40	425 μ	9.07	7.41		74.59
60	250 μ	11.77	9.62		64.97
100	150 μ	7.49	6.12		58.84
200	75 μ	16.80	13.73		45.11
	charola	55.19	45.11		
	suma	67.15			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 54.89

% FINOS : 45.11

CLASIFICACION S. U. C. S. : SM

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

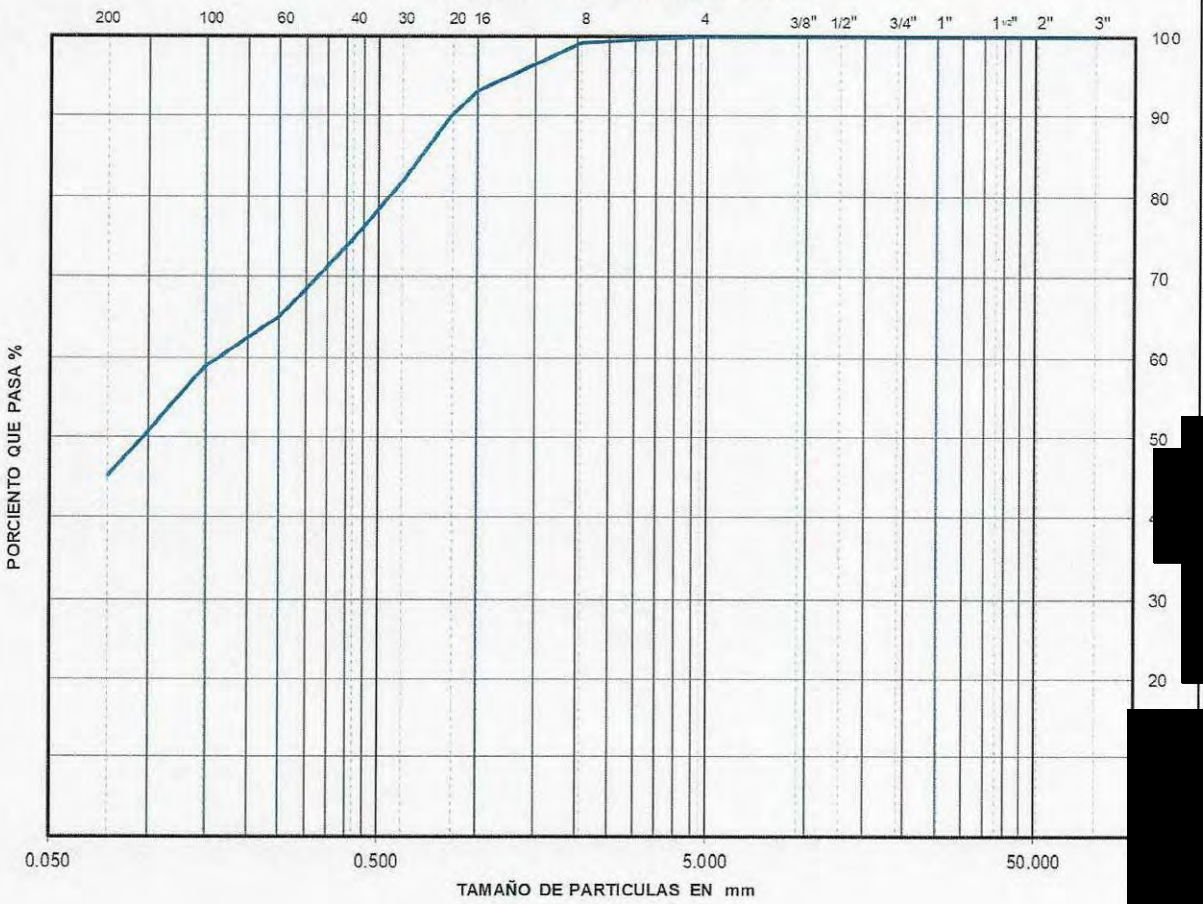
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA N° : 30
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 17.80-18.00 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = _____ D_{30} = _____ D_{60} = 0.164

D_{50} = 0.096 D_{90} = 0.834

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

% GRAVA : 0.
% ARENA : 54.
% FINOS : 45.
S. U. C. S. : SM

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 32 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 18.60-19.20 m.

DESCRIPCION 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	0.00	0.00	100.00
	suma	0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 194.94 gr.

TARA # : 281 Peso de la tara: 33.27 gr:

Peso de la muestra total : 161.67 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	0.77	0.48		99.52
20	850	0.72	0.45		99.08
30	600 µ	3.73	2.31		96.77
40	425 µ	6.41	3.96		92.81
60	250 µ	11.27	6.97		85.84
100	150 µ	10.38	6.42		79.41
200	75 µ	22.23	13.75		65.66
	charola	106.16	65.66		
	suma	55.51			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 34.34

% FINOS : 65.66

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÒN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 32
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 18.60-19.20 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = _____ D_{30} = _____ D_{60} = _____

D_{50} = _____ D_{90} = 0.341

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

% GRAVA :	0.00
% ARENA :	34.34
% FINOS :	65.66
S. U. C. S. :	0.00

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 34 SONDEO: SM-6

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 19.80-20.40 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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 : 165.18 gr.

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

Peso de la muestra total : 145.33 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	0.26	0.18		99.82
20	850	0.48	0.33		99.49
30	600 µ	2.76	1.90		97.59
40	425 µ	5.55	3.82		93.77
60	250 µ	13.09	9.01		84.77
100	150 µ	10.74	7.39		77.38
200	75 µ	23.43	16.12		61.25
	charola	89.02	61.25		
	suma	56.31			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 38.75

% FINOS : 61.25

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

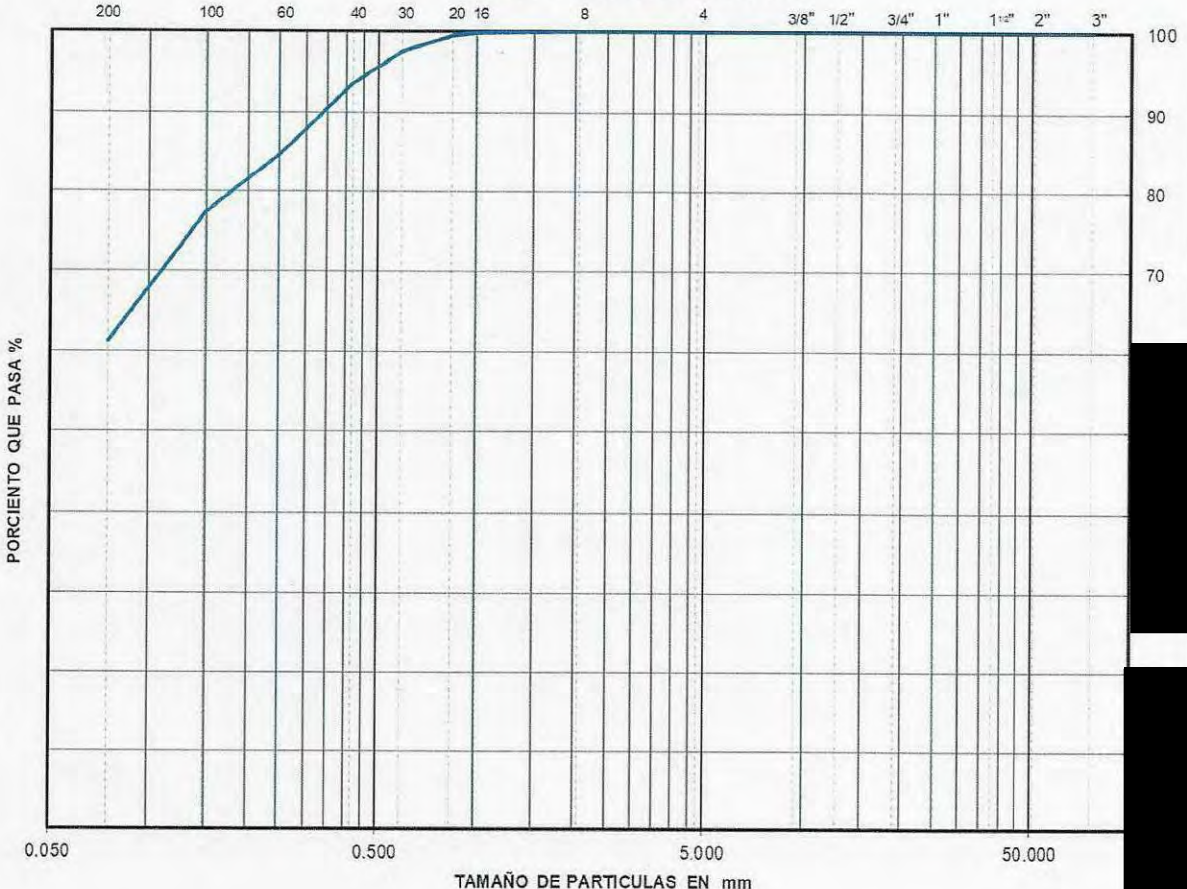
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 34
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 19.80-20.40 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = _____ D_{30} = _____ D_{60} = _____

D_{50} = _____ D_{90} = 0.338

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

% GRAVA :	0.00
% ARENA :	38.75
% FINOS :	61.25
S. U. C. S. :	0.00

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 40 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 23.40-24.00 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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 : 176.11 gr.

TARA # : 323 Peso de la tara: 26.08 gr.

Peso de la muestra total : 150.03 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	0.55	0.37		99.63
16	1.00	1.30	0.87		98.77
20	850	1.07	0.71		98.05
30	600 µ	4.77	3.18		94.87
40	425 µ	6.64	4.43		90.45
60	250 µ	12.92	8.61		81.84
100	150 µ	11.54	7.69		74.15
200	75 µ	32.15	21.43		52.72
	charola	79.09	52.72		
	suma	70.94			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 47.28

% FINOS : 52.72

CLASIFICACION S. U. C. S. : ML

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

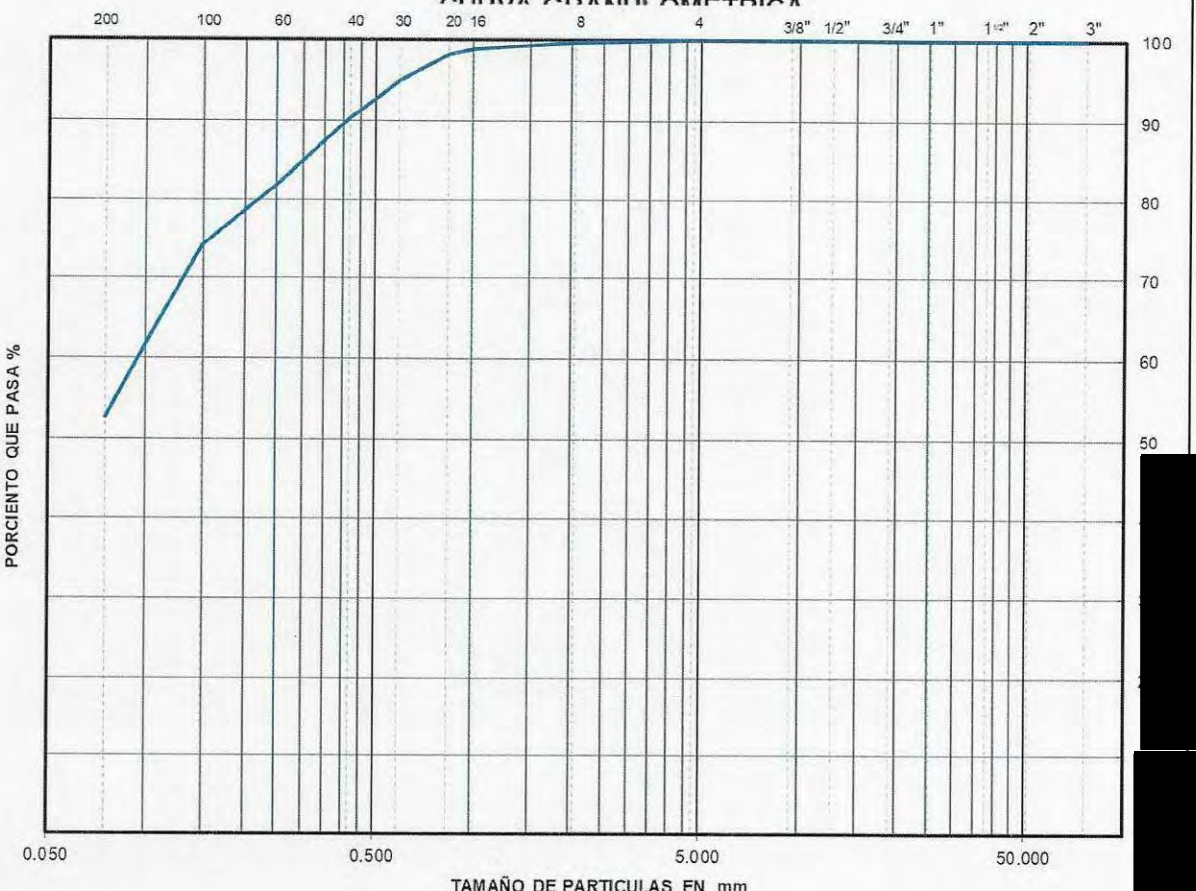
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA N° : 40
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 23.40-24.00 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = _____ D_{30} = _____ D_{60} = 0.095

D_{50} = _____ D_{90} = 0.409

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

% GRAVA : 0.00
% ARENA : 47.28
% FINOS : 52.72
S. U. C. S. : ML

[redacted]

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 45 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 26.40-27.00 m.

DESCRIPCION 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	3.04	2.14	97.86
3/8 "	9.50	0.81	0.57	97.30
4	4.76	2.93	2.06	95.24
	suma	6.78	4.76	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 176.65 gr.

TARA # : 333 Peso de la tara: 34.27 gr.

Peso de la muestra total : 142.38 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	6.00	4.21		91.02
16	1.00	9.31	6.54		84.49
20	850	3.99	2.80		81.68
30	600 µ	13.51	9.49		72.19
40	425 µ	13.31	9.35		62.85
60	250 µ	15.98	11.22		51.62
100	150 µ	10.10	7.09		44.53
200	75 µ	21.65	15.21		29.32
	charola	48.53	34.08		
	suma	93.85			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 4.76

% ARENA : 65.92

% FINOS : 29.32

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

0

0

FECHA : 12/01/2023

SONDEO : SM-6

LABORATORISTA SOCRATES MATILDES

MUESTRA Nº : 45

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD : 26.40-27.00 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = 0.077 D_{60} = 0.368

D_{50} = 0.222 D_{90} = 1.838

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

% GRAVA :	4.76
% ARENA :	65.92
% FINOS :	29.32
S. U. C. S. :	0.00

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 49 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 28.80-29.40 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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	3.69	2.17	97.83
3/8 "	9.50	8.75	5.15	92.67
4	4.76	7.55	4.45	88.23
	suma	19.99	11.77	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 190.46 gr.

TARA # : 150 Peso de la tara: 20.66 gr.

Peso de la muestra total : 169.80 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	11.78	6.94		81.29
16	1.00	12.36	7.28		74.01
20	850	4.99	2.94		71.07
30	600 µ	15.32	9.02		62.05
40	425 µ	15.76	9.28		52.77
60	250 µ	16.82	9.91		42.86
100	150 µ	11.76	6.93		35.94
200	75 µ	22.20	13.07		22.86
	charola	58.81	34.63		
	suma	110.99			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 11.77

% ARENA : 65.37

% FINOS : 22.86

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

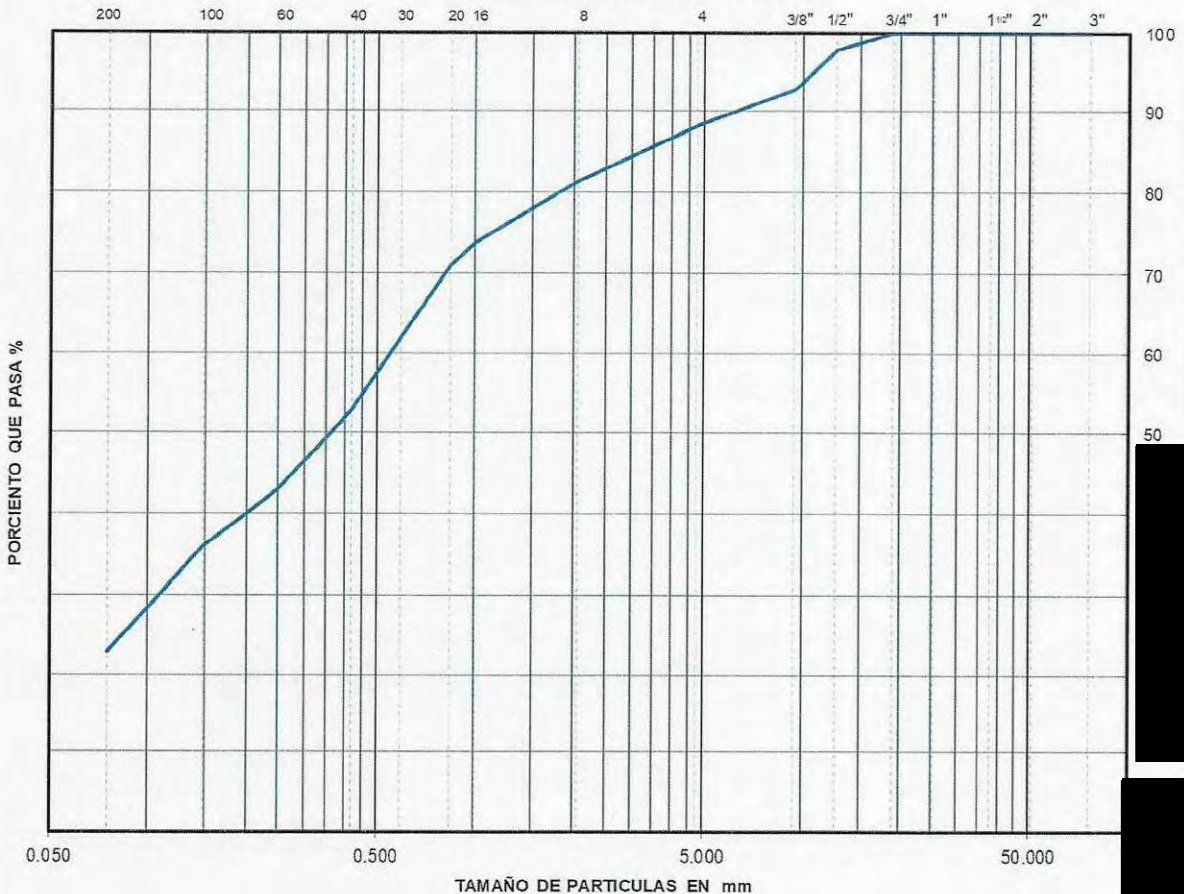
ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 49
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 28.80-29.40 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = 0.109 D_{60} = 0.551

D_{50} = 0.363 D_{90} = 6.276

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

% GRAVA : 11.
% ARENA : 65.
% FINOS : 22.
S. U. C. S. : 0.

[redacted]

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 53 SONDEO: SM-6 CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 31.20-31.80 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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	2.64	1.66	98.34
1/2 "	12.50	3.06	1.92	96.42
3/8 "	9.50	5.44	3.41	93.01
4	4.76	10.17	6.38	86.62
	suma	21.31	13.38	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 179.84 gr.

TARA # : 137 Peso de la tara: 20.52 gr.

Peso de la muestra total : 159.32 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	15.61	9.80		76.83
16	1.00	14.97	9.40		67.43
20	850	4.62	2.90		64.53
30	600 µ	13.27	8.33		56.20
40	425 µ	12.87	8.08		48.12
60	250 µ	16.82	10.56		37.57
100	150 µ	9.57	6.01		31.56
200	75 µ	17.66	11.08		20.47
	charola	53.93	33.85		
	suma	105.39			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 13.38

% ARENA : 66.15

% FINOS : 20.47

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

0

0

FECHA : 12/01/2023

SONDEO : SM-6

LABORATORISTA SOCRATES MATILDES

MUESTRA Nº : 53

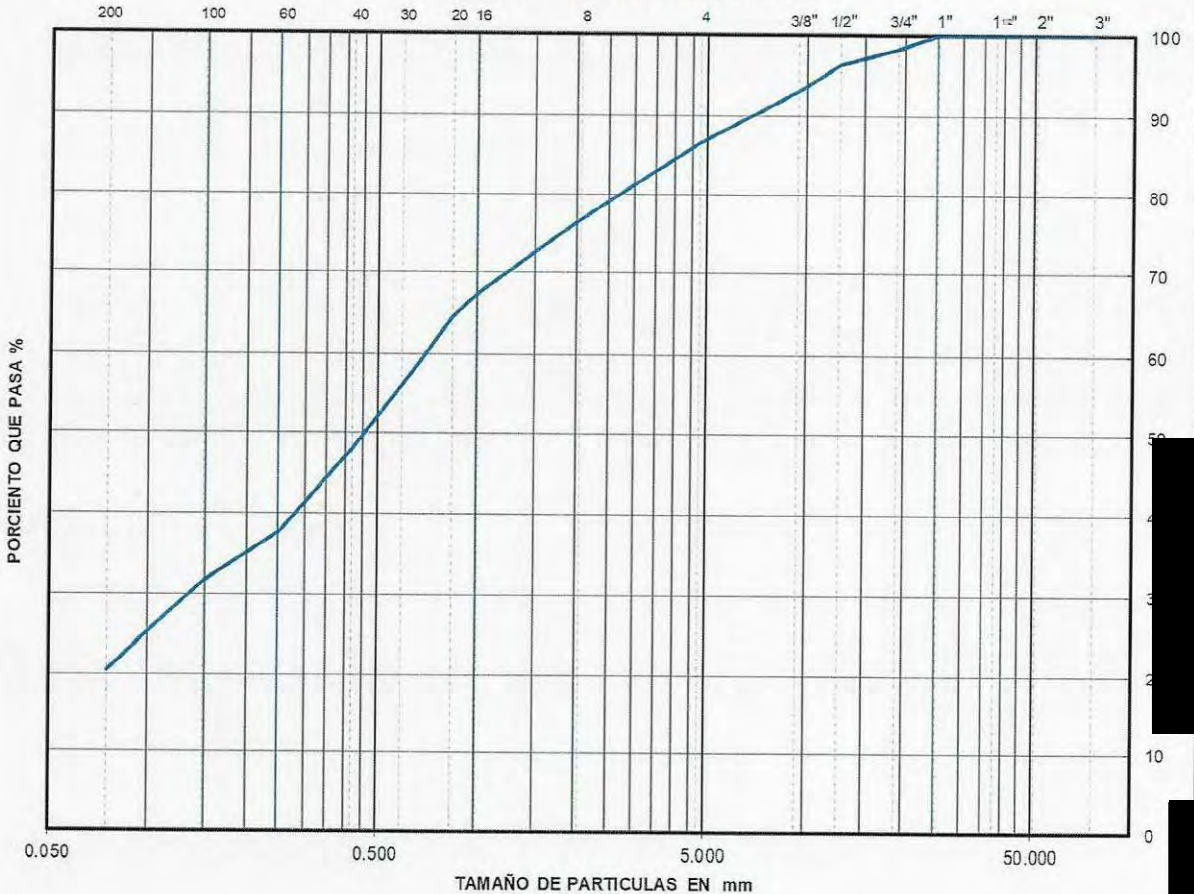
CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD : 31.20-31.80 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = 0.135 D_{60} = 0.697

D_{50} = 0.455 D_{90} = 6.869

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

% GRAVA : 13.38
% ARENA : 66.15
% FINOS : 20.47
S. U. C. S. : 0.00

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA: 12-ene.-23

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDE

MUESTRA Nº : 57 SONDEO: SM-6

CALCULISTA: NELSON BARRERA

PROFUNDIDAD: 33.60-34.20 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la nPeso 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	7.17	4.09	95.91
1/2 "	12.50	2.66	1.52	94.39
3/8 "	9.50	7.18	4.10	90.29
4	4.76	8.28	4.73	85.57
	suma	25.29	14.43	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 195.87 gr.

TARA # : 113 Peso de la tara: 20.66 gr.

Peso de la muestra total : 175.21 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	16.07	9.17		76.39
16	1.00	17.07	9.74		66.65
20	850	4.88	2.79		63.87
30	600 µ	14.41	8.22		55.64
40	425 µ	13.77	7.86		47.78
60	250 µ	17.55	10.02		37.77
100	150 µ	10.45	5.96		31.80
200	75 µ	19.30	11.02		20.79
	charola	61.71	35.22		
	suma	113.50			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 14.43

% ARENA : 64.78

% FINOS : 20.79

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 21
0
0
FECHA : 12/01/2023
SONDEO : SM-6
LABORATORISTA SOCRATES MATILDES
MUESTRA Nº : 57
CALCULISTA: NELSON BARRERA
PROFUNDIDAD : 33.60-34.20 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



D_{10} = ____ D_{30} = 0.133 D_{60} = 0.715

D_{50} = 0.463 D_{90} = 9.126

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

LAB BARRERA

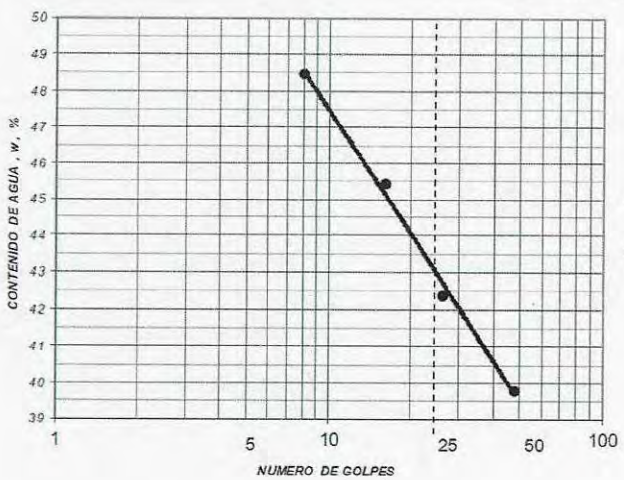
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES				
UBICACIÓN:	AV. CONSTITUYENTES TORRE 21				
				FECHA	10/01/2023
SONDEO:	SM-6			LABORATORISTA	SOCRATES MATILDES
MUESTRA No.	3	PROFUNDIDAD	1.20-1.80 m.	CALCULISTA	NELSON BARRERA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON 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.	134	108	158	69
NUMERO DE GOLPES	48	26	16	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	19.71	19.44	18.48	18.88
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	17.04	16.68	15.94	16.00
PESO DEL AGUA (gr)	2.67	2.76	2.54	2.88
PESO DE TARA (gr)	10.33	10.17	10.35	10.06
PESO DEL SUELO SECO (gr)	6.71	6.51	5.59	5.94
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	9.38	9.27	8.13	8.82
CONTENIDO DE AGUA , w , %	39.79	42.40	45.44	48.48



LIMITE LIQUIDO 42.92

LIMITE PLASTICO, Pw 29.68

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 13.24

CONTRACCION LINEAL, CL

SUCS ML

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	277	98
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.44	12.90
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.92	12.28
PESO DEL AGUA (gr)	0.52	0.62
PESO DE TARA (gr)	10.16	10.20
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.76	2.08
CONTENIDO DE AGUA , w , %	29.55	29.81

LAB BARRERA

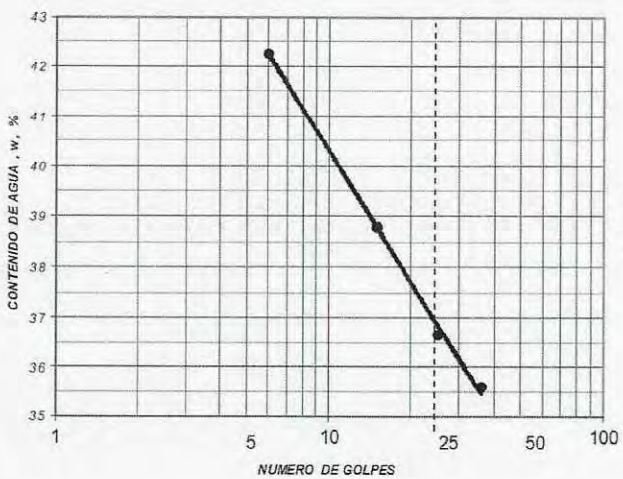
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES				
UBICACIÓN:	AV. CONSTITUYENTES TORRE 21				
				FECHA	10/01/2023
SONDEO:	SM-6			LABORATORISTA	SOCRATES MATILDES
MUESTRA No.	11	PROFUNDIDAD	6.00-6.60 m.	CALCULISTA	NELSON BARRERA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO CON 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.	288	273	12	153
NUMERO DE GOLPES	36	25	15	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.52	15.70	17.66	16.53
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.99	14.12	15.55	14.65
PESO DEL AGUA (gr)	1.53	1.58	2.11	1.88
PESO DE TARA (gr)	7.69	9.81	10.11	10.20
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.30	4.31	5.44	4.45
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5.83	5.89	7.55	6.33
CONTENIDO DE AGUA , w , %	35.58	36.66	38.79	42.25



LIMITE LIQUIDO **36.83**

LIMITE PLASTICO, Pw **27.39**

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi **9.44**

CONTRACCION LINEAL, CL

SUCS **ML**

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	119	29
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.66	12.31
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.23	11.88
PESO DEL AGUA (gr)	0.43	0.43
PESO DE TARA (gr)	10.67	10.30
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.56	1.58
CONTENIDO DE AGUA , w , %	**27.56**	**27.22**

LAB BARRERA

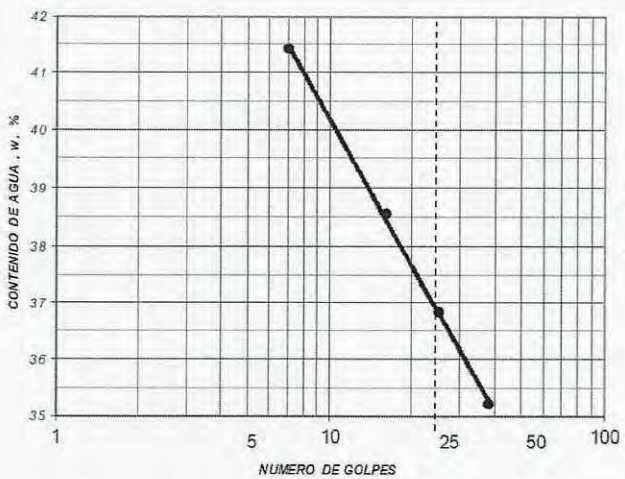
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES				
UBICACIÓN:	AV. CONSTITUYENTES TORRE 21				
				FECHA	10/01/2023
SONDEO:	SM-6			LABORATORISTA	SOCRATES MATILDES
MUESTRA No.	22	PROFUNDIDAD	12.60-13.20 m.	CALCULISTA	NELSON BARRERA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO CON 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.	290	100	165	132
NUMERO DE GOLPES	38	25	16	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.52	16.31	16.34	18.81
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.70	14.63	14.59	16.30
PESO DEL AGUA (gr)	1.82	1.68	1.75	2.51
PESO DE TARA (gr)	10.53	10.07	10.05	10.24
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.17	4.56	4.54	6.06
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.99	6.24	6.29	8.57
CONTENIDO DE AGUA , w , %	35.20	36.84	38.55	41.42



LIMITE LIQUIDO 36.81
LIMITE PLASTICO, Pw 28.06
INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 8.75
CONTRACCION LINEAL, CL
SUCS ML

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	20	78
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.40	12.03
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.98	11.58
PESO DEL AGUA (gr)	0.42	0.45
PESO DE TARA (gr)	10.48	9.98
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.50	1.60
CONTENIDO DE AGUA , w , %	28.00	28.13

LAB BARRERA

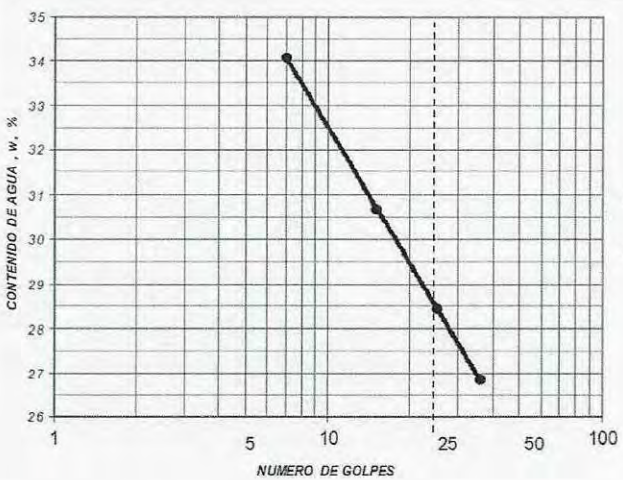
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES				
UBICACIÓN:	AV. CONSTITUYENTES TORRE 21				
				FECHA	10/01/2023
SONDEO:	SM-6			LABORATORISTA	SOCRATES MATILDES
MUESTRA No.	30	PROFUNDIDAD	17.40-18.00 m.	CALCULISTA	NELSON BARRERA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO CON ARENACAFE 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.	275	187	35	57
NUMERO DE GOLPES	36	25	15	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.50	16.09	16.11	18.95
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.09	14.71	14.15	16.82
PESO DEL AGUA (gr)	1.41	1.38	1.96	2.13
PESO DE TARA (gr)	9.84	9.86	7.76	10.57
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.25	4.85	6.39	6.25
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.66	6.23	8.35	8.38
CONTENIDO DE AGUA , w , %	26.86	28.45	30.67	34.08



LIMITE LIQUIDO 28.45

LIMITE PLASTICO, Pw 25.60

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 2.85

CONTRACCION LINEAL, CL

SUCS

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	238	27
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.96	12.43
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.46	11.98
PESO DEL AGUA (gr)	0.50	0.45
PESO DE TARA (gr)	10.51	10.22
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.95	1.76
CONTENIDO DE AGUA , w , %	25.64	25.57

LAB BARRERA

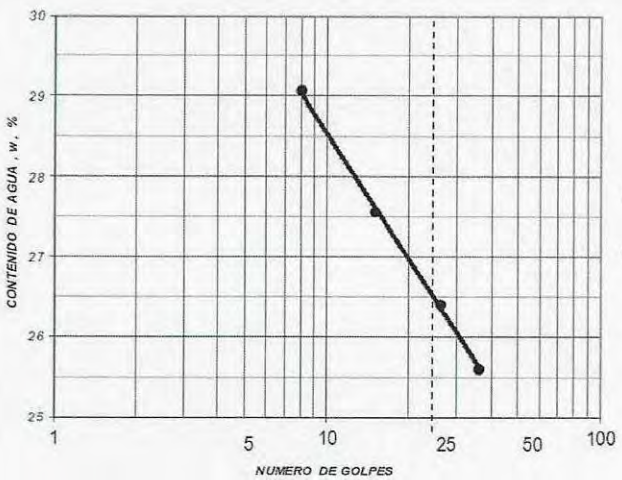
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES				
UBICACIÓN:	AV. CONSTITUYENTES TORRE 21				
				FECHA	10/01/2023
SONDEO:	SM-6			LABORATORISTA	SOCRATES MATILDES
MUESTRA No.	40	PROFUNDIDAD	23.40-24.00 m.	CALCULISTA	NELSON BARRERA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO CON 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.	59	198	227-A	251-A
NUMERO DE GOLPES	36	26	15	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.38	18.05	16.22	19.17
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.89	16.30	14.82	17.22
PESO DEL AGUA (gr)	1.49	1.75	1.40	1.95
PESO DE TARA (gr)	10.07	9.67	9.74	10.51
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.82	6.63	5.08	6.71
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.31	8.38	6.48	8.66
CONTENIDO DE AGUA , w , %	25.60	26.40	27.56	29.06



LIMITE LIQUIDO **26.44**

LIMITE PLASTICO, Pw **23.46**

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi **2.98**

CONTRACCION LINEAL, CL

SUCS

[redacted]

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	22	263
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.66	12.37
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.19	11.89
PESO DEL AGUA (gr)	0.47	0.48
PESO DE TARA (gr)	10.20	9.83
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.99	2.06
CONTENIDO DE AGUA , w , %	**23.62**	**23.30**

LAB BARRERA

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: AV. CONSTITUYENTES TORRE 21
LABORATORISTA : LEONARDO MATILDES
FECHA: 10/01/2023
CALCULISTA : NELSON BARRERA

	ENSAYE Nº	1	2	3	
	SONDEO, Nº	SM-6	SM-6	SM-6	
	MUESTRA , Nº	3	8	33	
	PROFUNDIDAD, m	1.20-1.80	4.20-4.45	19.20-19.80	
PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, γp, g/cm³		0.884	0.884	0.884	
PESO MUESTRA HUMEDA, Wm, g		68.45	100.47	60.91	
PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, Wmp, g		78.99	113.4	70.05	
VOLUMEN	LECTURA INICIAL, Io, cm³	255.1	253.55	253.46	
	LECTURA FINAL, If, cm³	302.26	320.59	296.63	
TESTIGO DE HUMEDAD					
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA, Ph + T, g		60.73	86.55	56.87	
PESO MUESTRA SECA + TARA, Ps + T, g		52.9	74.86	48.72	
PESO DE TARA, T, g		20.53	35.58	21.02	
PESO AGUA g.		7.83	11.69	8.15	
PESO SECO g.		32.37	39.28	27.70	
CONTENIDO DE AGUA		24.19	29.76	29.42	
CALCULOS					
VOLUMEN DESALOJADO: Va = If - Io, cm³		47.16	67.04	43.17	
VOLUMEN DE PARAFINA: Vp = Wmp - Wm/ p, cm³		11.923	14.627	10.339	
VOLUMEN DE LA MUESTRA: Vm = Va - Vp, cm³		35.237	52.413	32.831	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO: m = Wm/Vm, g/cm³		1.943	1.917	1.855	
PESO VOLUMETRICO SECO, s = Wm/1 + w/100, g/cm³		1.564	1.477	1.434	

OBSERVACIONES :

LAB BARRERA

DENSIDAD DE SOLIDOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 21

FECHA : 12-ene.-23

SONDEO: SM-6

LABORATORISTA : EZEQUIEL RODRIGUEZ

CALCULISTA : NELSON BARRERA

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 cm3	Ss
30	17.40-18.00	16	19.00	158.98	209.86	687.62	657.56	50.88	20.82	2.444
		17	19.00	163.93	214.15	692.18	662.48	50.22	20.52	2.447
										2.446
40	23.40-24.00	18	19.00	164.70	215.24	693.54	663.28	50.54	20.28	2.492
		19	19.00	161.14	211.33	690.04	659.96	50.19	20.11	2.496
										2.494

FORMULA

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

Vs= Ws+Wbws

OBSERVACIONES :

NORMA:

[redacted]

TEC. SOCRATES MATILDES		TEC. NELSON E. BARRERA	No. de Formato:
RESPONSABLE		AUTORIZO	

13. ANEXO 4. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR

[redacted]

[redacted]

SERGBEN
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA ESTACIÓN 04 "LIENZO CHARRO" DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALCALDÍA MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.



[redacted]

ELABORADO POR:

SERGBEN
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

[redacted]

PARA:

GAMI INGENIERÍA E INSTALACIONES S.A. DE C.V.
GRUPO INDI

MARZO 3 DEL 2023.

LAS FLORES No. 92 "C", COL. TLACOPAC, C.P. 01040, CD. DE MEXICO. SITIO WEB : WWW.SERGBEN.CO
TEL (55) 55 36 48 24, (55) 55 43 38 32 CEL (55) 54 08 81 96

INDICE GENERAL

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS.

2. GEOLOGÍA

2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

2.3 FOTOINTERPRETACION

3. RESULTADOS

4. CONCLUSIONES

ANEXO I MÉTODO DE GEORADAR

ANEXO II FOTOGRÁFICO

[redacted]

[redacted]

INFIN GEORADAR CABLEBUSL3 EST04 LIENZO CHARRO.DOC RED SISSA / M01 / INFIN 2023 / GAMI / LIENZO CHARRO / INFINAL

[redacted]

1. GENERALIDADES

En la actualidad se lleva a cabo la exploración para el proyecto de la Línea 3 del Cable Bus en su tramo de la Ave. Constituyentes al poniente de la ciudad.

Esta parte poniente de la Ciudad de México, es un área que antiguamente se caracterizó por la presencia de bancos de materiales para la extracción de arenas pumíticas tanto de forma superficial como de forma subterránea, esto se llevó desde finales del siglo 19 hasta mediados de la década de los años sesenta del siglo pasado, además que en el Atlas de Riesgo de la Ciudad de México la consideran como de alto riesgo por la probable presencia de cavidades.

Es por ello que la empresa **GAMI INGENIERÍA E INSTALACIONES S.A. de C.V**, *quien es la responsable del proyecto, ingeniería y construcción nos solicitó la realización de un Estudio Fotogeológico y Geofísico en el predio que ocupara la Estación 04 "Lienzo Charro", ubicada en la Ave. Constituyentes s/n, este estudio deberá definir las condiciones litológicas del subsuelo del predio su potencial presencia de cavidades en el área donde se desplantara la estación.*

El informe describe los trabajos realizados, así como sus resultados y conclusiones.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es el definir la distribución de los materiales del subsuelo, así como definir la potencial presencia de cavidades bajo el área de la Estación 04 "Lienzo Charro" y las Torres T21 y T22.

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

- Reconocimiento del sitio

En la primera etapa del estudio se efectuó una visita preliminar al sitio, para conocer las condiciones del predio, así como identificar los materiales que afloran en el área, sobre los cuales están construidas las actuales edificaciones del complejo Los Pinos, para de esta manera efectuar un programa de exploración que cubra lo mejor posible el área donde se planea construir la estación 04 del Cable bus.

Como parte de las actividades realizadas se hizo un reconocimiento físico de la zona donde se ubica el predio, que permitiera conocer e identificar los posibles diferentes materiales que afloran en la zona, así como se correlacionaron los resultados con los obtenidos en la mecánica de suelos que se realizó en el predio.

Ya en la segunda etapa se realizo una recopilación y análisis fotogeológico de las fotografías aéreas antiguas para determinar la evolución del predio en los últimos 80 años. Se lograron consultar los años de 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019 (Fotografías 1 a 6).

Para de esta manera conocer las condiciones antiguas y actuales del predio identificar los materiales que afloran en el área, sobre los cuales se construyeron y así se las condiciones del subsuelo del predio.

Exploración Geofísica

El método de exploración que se uso fue el de georadar con una antena de 100 MHz, la cual nos permitió tener una profundidad de exploración de 20 m reales, ya que debido al tipo de material no se pudo profundizar más, así como un perfil continuo de información sin dejar zonas sin explorar.

El método se basa en que con un equipo que cuenta con dos antenas, una transmite un pulso electromagnético al subsuelo, y este viaja al subsuelo, y regresa y es captado por otra antena receptora. La información se va observando en una computadora a manera de una grafica llamada "Radagrama". Que es una especie de grafica de ultrasonido como el que se le hace al ser humano en la medicina. En este radagrama se puede observar directamente en campo como se va obteniendo esta grafica, e identificarse desde ahí posibles puntos criticos.

Esta información es almacenada en una computadora, para posteriormente en gabinete hacer un procesado mayor y una interpretación final de los resultados obtenidos. Asociando las observaciones de campo, mecánica de suelos y lo encontrado en las fotografías aéreas.

Ya en el predio que ha sido usado como las oficinas de la presidencia de la república, el cual hasta el momento de hacer la exploración geofísica este se encuentra en operación, por lo que se tuvo que sujetar a los espacios disponibles para la realización de la exploración geofísica.

Teniendo de referencia el plano del sembrado del proyecto de la estación 04 del Cable bus se hicieron líneas en la parte exterior sobre la banqueta y primer carril de Ave. Constituyentes, así como dentro de las instalaciones del lienzo charro en las áreas disponibles y que quedaron dentro de la zona del proyecto tratando de darle continuidad a las líneas exteriores. También se hicieron dos líneas más en la calle de Cda de Noche Buena, ubicada del otro lado de la Ave. Constituyentes donde habrá una escalera de acceso a la estación. Se realizaron en total 33 (TREINTA Y TRES) líneas de georadar, que incluyo también las áreas de las Torres 21 y 22. (Ver Plano 1 y Fotografías 8 a 44). A continuación se presenta la tabla con el volumen de exploración realizado:

[redacted]

No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)	No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)
1	80.10	11	7.50
2	81.45	11 A	6.40
3	80.05	12	11.60
4	7.90	12 A	8.10
4 A	6.40	13	11.50
5	7.80	13 A	7.85
5 A	6.30	14	7.50
6	7.80	14 A	8.60
6 A	6.65	15	6.70
7	7.60	16	7.25
7 A	6.50	17	7.25
8	7.70	18	7.65
8 A	5.95	19	15.10
9	7.60	20	14.15
9-10	3.15	A 1	33.75
10	7.60	A 2	6.55
		A 3	17.30
Total 1	330.55	Total 2	184.75
Gran Total 1 + 2		515.30	

Es decir en total se realizaron 515.30 metros lineales de exploración con georadar, aún cuando inicialmente solo se realizarían un total de 400, existiendo una diferencia de 115.30metros lineales más, lo cual no impactara en el costo final del estudio.

- *Procesamiento e interpretación de la información*

En el presente texto se describen los resultados obtenidos y en los Planos 2 y 3 ilustran cada una de las líneas realizadas, con su ubicación, y su correspondiente radagram procesado e interpretado, asociando los resultados a los materiales del subsuelo. información recolectada en cada una de las líneas, pasó por una serie de procesos y anális para llegar a determinar la distribución de los diferentes materiales explorados y del subsue así como de las anomalías asociadas a las diferentes condiciones del concreto analizado.

Se usó el siguiente software para el procesado de la información: Ground Visi V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013), Reflex V 3.5 (Germany 2005), RadExplorer V 1.41 (Ru 2018), IXGPR V2.3 (USA 2007), Mala Vision (Sweden 2022).

Finalmente se analizaron cada una de las líneas realizadas y obtuvieron una serie áreas donde se ubicaron la posible presencia de algunas heterogeneidades sobre las líne exploradas con georadar, marcándose sobre la línea correspondiente atendiendo a ubicación en cada uno de los planos generados.

Es de suma importancia aclarar que la exploración geofísica es una tipo de exploración INDIRECTA, ya que se basa en la medición de propiedades físicas del subsuelo para posteriormente hacer una modelado matemático del comportamiento del mismo, y finalmente una interpretación de estos modelos matemáticos, pudiendo existir una serie de factores externos y ajenos a las mediciones geofísicas que pueden alterar esta interpretación.

Es muy certera la exploración geofísica cuando se tiene información adicional (Mecánica de Suelos, Fotografías aéreas, otros estudios, etc.) para hacer una interpretación correcta al modelo matemático.

También es importante recordar algo que se llama anisotropía de los materiales que significa que existen cambios importantes en la señal y/o valores de medición cuando se realizan mediciones en líneas ortogonales y no hay una coincidencia clara en los espesores modelados, ya que el medio no es homogéneo e isótropo, que también lo vemos en algunas de las líneas de georadar realizadas en este proyecto.

Como se mencionó de manera breve en la exploración con georadar se usa una señal electromagnética en la cual se mide la longitud de onda de la señal la cual depende de la frecuencia de la antena que se use y del material explorado, en este caso se usó una de 100MHz, la cual tiene una longitud de onda de unos 0.6 a 0.8m por lo que objetos de menores dimensiones no son detectados.

En el Anexo 1, se presenta una breve descripción del método empleado, el cual incluye los principios físicos del georadar en los cuales se fundamenta, el equipo empleado y un breve apartado que describe el procesamiento de la información.

El Anexo 2 muestra las fotografías tomadas durante el proceso de levantamiento georadar en campo.

El Anexo 3 corresponde a los planos generados.

2. GEOLÓGIA

2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

La zona de estudio se ubica al poniente de la ZMCM, misma que se conforma por las 16 delegaciones del Distrito Federal y los Municipios conurbados del Estado de México. Fisiográficamante, la ZMCM se localiza en la porción sur de la Cuenca de México, la cual se caracteriza por la presencia de una altiplanicie de origen lacustre, endorreica; ubicada a más de 2,200 msnm, cercada por sierras de origen volcánico que se levantan a más de 1,000 m sobre la parte baja de la Cuenca.

A su vez, la Cuenca de México se ubica en la porción central de la Provincia Geológica de la Faja Volcánica Transmexicana. La Cuenca se constituye por una depresión azolvada (conocida de manera errónea como Valle de México), a manera de gigantesca presa, y delimitado por las sierras de Pachuca, Tepotzotlán, Guadalupe, Patlachique y Tepozán hacia el norte; de las Cruces al poniente, Nevada y de Río Frío al oriente y Chichináutzin al sur. Su origen se asocia al levantamiento de la corteza en los inicios del Terciario, y su fracturamiento en bloques, con los consecuentes eventos de intensa actividad volcánica iniciados durante el Mioceno Temprano (hace unos 24 millones de años), con la extravasación de las Series Volcánicas de la Sierra de Pachuca, al norte. La última sierra en levantarse, con lo cual se cerró la cuenca, fue la de Chichináutzin, desde hace aproximadamente 800,000 años.

En el Reciente, la actividad volcánica se manifiesta dentro de la Cuenca de México con el levantamiento de la Sierra de Chichináutzin, aunque este fenómeno se asocia, ahora, a la subducción de la placa tectónica marina Rivera, bajo la Placa Norteamericana. La Sierra Chichináutzin se considera como un campo monogenético (aparatos que tiene un solo evento eruptivo, que puede durar varios años, usualmente entre 5 y 15) en actividad, baste señalar que el Volcán Xitle, ubicado en su ladera noroccidental, hizo erupción hace apenas 2,400 años, es decir, ya en tiempos históricos.

La constante actividad volcánica en la Cuenca durante el Cuaternario, con abundantes emisiones de piroclásticos que se depositaron tanto en ambientes secos al pie de las sierras, como en agua, dieron origen a su asolvamientos. Los últimos materiales que se depositaron corresponden con las conocidas arcillas blandas de la Ciudad de México.

En las zonas altas que bordean al valle hacia la porción poniente y sur existen coladas lávicas andesíticas y domos de la Formación Las Cruces, y los depósitos piroclásticos característicos de la Formación Tarango, así como derrames basálticos y depósitos de escorias (tezontle) de la Sierra de Chichináutzin.

Al pie de las sierras, a manera de abanicos, se depositaron grandes volúmenes materiales arrastrados por los ríos y arroyos, de composición muy diversa y c estratificaciones paralela y cruzada o con estructura lenticular, con procesos de corte y relle de paleocanales, que se interpretan como la dinámica erosiva que se ajustaba a periodos lluvias con intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y, principalmente hacia el centro, es posible detec potentes depósitos lacustres constituidos por ceniza volcánica desvitrificada, intercalada c arena fina de pómez, arena fina lítica y limo; estos depósitos aparecen intercalados c estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en contacto c formaciones pétreas de las zonas altas.

Las estructuras geológicas mayores que fácilmente se reconocen en el mapa, y en el campo, son fallas y fracturas paralelas de dirección NE – SW, sobre los cuales han labrado sus cauces los escurrimientos que bajan de la Sierra de Las Cruces, por ejemplo, de los ríos y arroyos Magdalena, Atzoyapan, Becerra, Tacubaya, Borracho, Del Muerto, El Moral entre otros más. En esta sierra también se reconocen fracturas y fallas menores que cortan a las anteriores de manera más o menos perpendicular, sobre las que arroyos tributarios labran su cauce para descargar a los principales.

La unidad litológica que tiene mayor importancia en la porción poniente de la ZMCM, tanto por su distribución como por sus implicaciones geotécnicas, es la Formación Tarango. La Formación Tarango se distribuye al pie de la Sierra de las Cruces, desde San Bernabé – San Jerónimo – San Ángel, al sur del Distrito Federal, hasta las cercanías de Tepozotlán, Edo. De México, al norte. Dicha unidad de roca alberga un amplio conjunto litológico que incluye tobas de matriz limosa, arenosa y limo-arenosa ("tepetates"), horizontes de arena pumítica, lahar, ignimbrita, brechas volcánicas, aglomerados y depósitos híbridos (materiales volcánicos depositados directamente sobre cuerpos de agua, fluviales y lacustres).

Los diversos materiales de la Formación Tarango se depositaron a manera de abanicos volcánicos en torno a los centros eruptivos mayores, con capas gruesas y horizontes estratificados de forma regular, irregular, lenticular, con discordancias angulares y erosionales. Al depositarse al pie de elevaciones, estos paquetes se inclinan hacia el oriente entre 4 y 10 grados, pero al rellenar paleotopografías es factible encontrarlos con inclinaciones mayores y, aun, horizontales.

Cabe señalar que las erupciones más violentas de los conos de la Sierra de las Cruces dieron origen a las emisiones de arenas pumítica, por lo cual tienen distribución uniforme a lo largo de varios kilómetros. Estas arenas de pómez se encuentran interestratificadas con el resto de las unidades litológicas de la Formación.

Comúnmente son identificables de uno a dos horizontes de este tipo, sin embargo, en casos excepcionales se han reportado hasta tres y cuatro horizontes de estas arenas en una sola barranca. El espesor promedio de sus horizontes varía entre 0.8 y 2.5m. El espesor de esta Formación Tarango varía de punto a punto, pero se estima del orden de 300 a 400m.

Dado el lapso de tiempo que transcurrió entre el depósito de una y otra de las emisiones de sus piroclásticos, hubo períodos de tranquilidad en los que se erosionaron sus estratos, formándose paleocanales que frecuentemente se rellenaron con aglomerados provenientes de macizos rocosos andesíticos.

Sobre esta formación se han acumulado aluviones de arena, grava y arcilla en estado suelto, y suelos residuales; en ocasiones, el hombre ha colaborado con el relleno de depresiones naturales (barrancas) o antrópicas (bancos de materiales) al depositar re... (deshecho de las minas o de cortes para la apertura de caminos), cascajo y basura.

La morfología que presenta la Formación Tarango es de lomeríos orientados SW ... delimitados por arroyos que escurren a través de cañadas y barrancas, generalmente ango... y profundas, en forma de "V" cerrada.

La zona poniente de la ZMCM se caracteriza por la presencia de cañadas y lomeríos paralelos de dirección SW – NE. Los ríos y arroyos que escurren por dichas barrancas labraron su cauce siguiendo fallas y fracturas mayores, verticales a subverticales, algunas de carácter regional, como en los casos de los ríos Magdalena, Barranca del Muerto, Tacubaya, Becerra, El Moral entre otros, cuya traza de falla se han interpretado que cruza totalmente el Distrito Federal y se prolonga hacia el oriente dentro de los estados de México e Hidalgo.

Los contactos son usualmente sensiblemente paralelos a los planos de estratificación; sin embargo, los periodos de calma entre erupción y erupción, sin depósito de materiales, con erosión permanente, así como el corte y relleno de paleocanales, implican la presencia de discordancias que ponen en contacto materiales depositados en diferentes edades.

2.2 GEOLOGÍA DEL SITIO

En el predio existe una serie de instalaciones en la parte alta del área, donde debe de existir un relleno, y un suelo vegetal bajo el cual según la mecánica subyace el terreno natural que está constituido por un a Toba arenosa que puede variar a pumítica, color café claro amarillento.

Estos materiales pertenecen a la Formación Tarango, la cual esta constituida por una secuencia y alternancia de Tobas ya sea de predominancias arcillosas, limosas, pumíticas y/o arenosas francas, así como cualquiera de sus combinaciones.

Esta formación tiene una amplia distribución en la parte poniente del Valle de México, donde se localiza la zona de estudio.

2.3 FOTOINTERPRETACION.

Se localizaron fotografías de los periodos 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019 (Fotografías 1 a 6), al ubicar el predio en las fotografías aéreas antiguas se definió lo siguiente:

En el año de 1939 (Fotografía 1); el predio donde se proyecta la Estación 04 "Lienzo Charro" se ubica sobre la Ave. Constituyentes (Antes Madereros), se observan aun las vías del tren a Belén de las Flores sobre la Ave. Observatorio, de hecho esta aún no está pavimentada. En la ladera sur se observan una serie de mancha blanquecinas y caminos que pasan frente a estas (Se marcan con flechas rojas), esas son zonas de explotación que pudieran ser solo rascaderos, pero al haber caminos de acceso seguramente son bocaminas. En la parte alta ya donde se ubica la huella de la estación 04 y al poniente del predio, se observa una gran zona casi blanca (Línea discontinua verde), que en otros sitios ha correspondido por estas características a una explotación superficial del arenas pumíticas.

Para 1945 (Fotografía 1); las manchas que se veían en la ladera sur ya casi han desaparecido y en otros casos ya tiene construcciones encima. En la zona al poniente del predio de la huella de la estación se ve solo un rascadero alargado, y por el color de gris [redacted] el suelo debió de estar cubierto por pasto, se ven también más árboles. Se observa existen casas entre la Ave. Constituyentes y Observatorio.

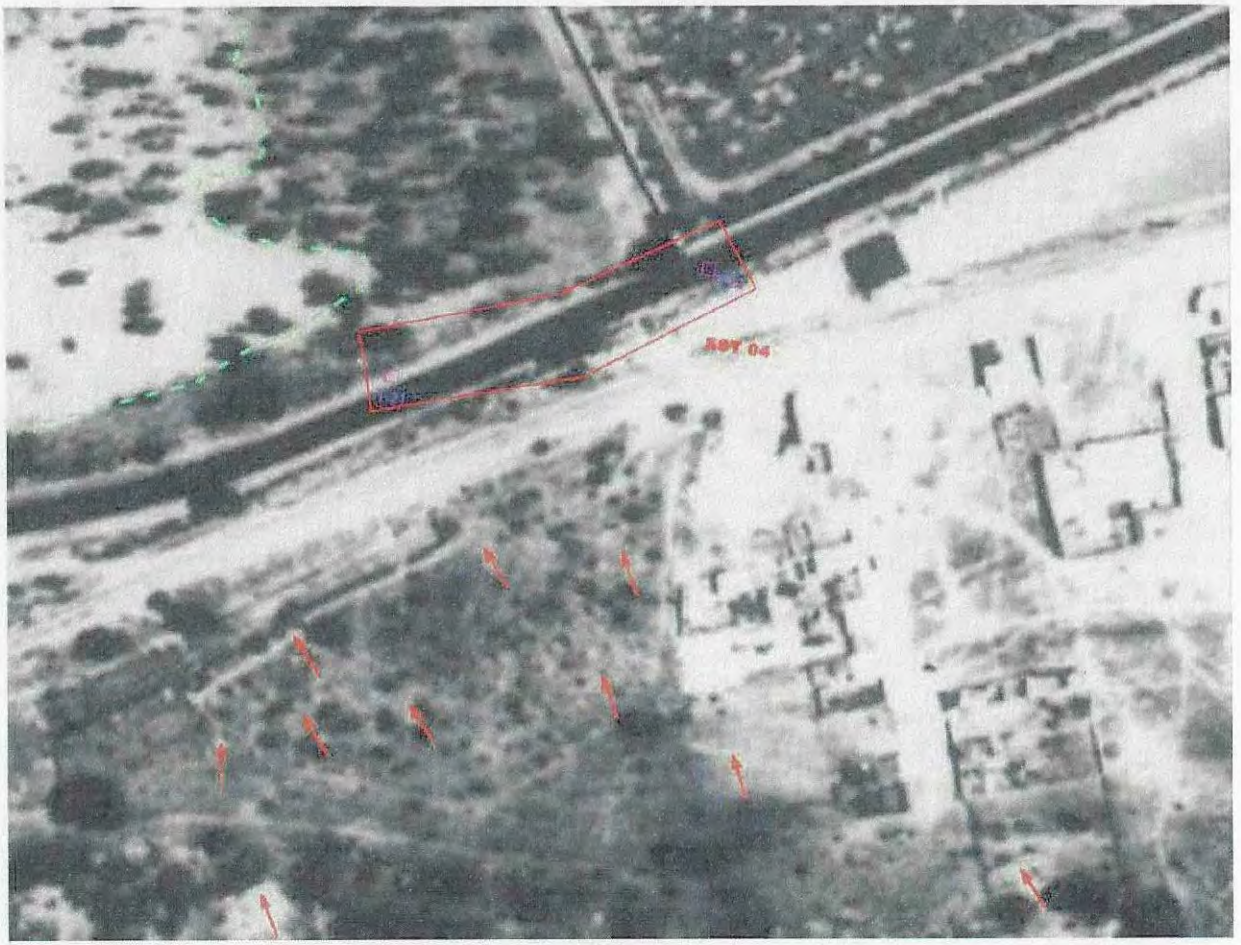
En 1959 (Fotografía 1); se pueden ver más construcciones en la ladera sur de Ave. Constituyentes, aun cuando se ve un tanto borrosa la fotografía ya prácticamente no hay vestigios de los caminos de acceso a las minas y tampoco de las bocaminas. En la zona ubicada al poniente de la huella de la estación 04 se observa que ya hay construcciones en lo que sería el Lienzo Charro, de hecho por la forma de ellas podrán ser ya caballerizas. La Ave. Constituyentes y Observatorio están urbanizadas y tienen más o menos el mismo trazo que el actual.

Ya en 1970 (Fotografía 1); se ve que ya no existe ningún vestigios de los caminos y bocaminas, ya está totalmente urbanizado, se observan las misma construcciones en la zona del Lienzo Charro

Para el 1987 (Fotografía 1); se observa ya con las instalaciones del Lienzo Charro más o menos como en la actualidad, el área que lo circunda está totalmente urbanizada.

En el 2019 (Fotografía 1); se observa como en la actualidad y ahí ya está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 0 4 Lienzo Charro.

[redacted]



FOTOGRAFÍA 1

[redacted]

En el año de 1939 [redacted] Estación 04 "Lienzo Charro" se ubica sobre la Ave. Constituyentes (Antes Madereros), se observan aun las vías del tren a Belén de las Flores s[redacted]cho esta aún no está pavimentada. En la ladera sur se observan una serie de mancha blanquecinas y caminos que pasan frente a estas (Se ma[redacted]n zonas de explotación que pudieran ser solo rascaderos, pero al haber caminos de acceso seguramente son bocaminas. En la parte alta ya d[redacted]ación 04 y al poniente del predio, se observa una gran zona casi blanca (Línea discontinua verde), que en otros sitios ha [redacted]lido por estas caracteristi[redacted] pumíticas.



FOTOGRAFÍA 2

Para 1945 se observan [redacted] ra sur ya casi han desaparecido y en otros casos ya tiene construcciones encima. En la zona al poniente del predio de la huella de l[redacted] rgado, y por el color de grisáceo el suelo debió de estar cubierto por pasto, se ven también más árboles. Se [redacted] e existen casas entre la Ave. Constituyentes y Observatorio.

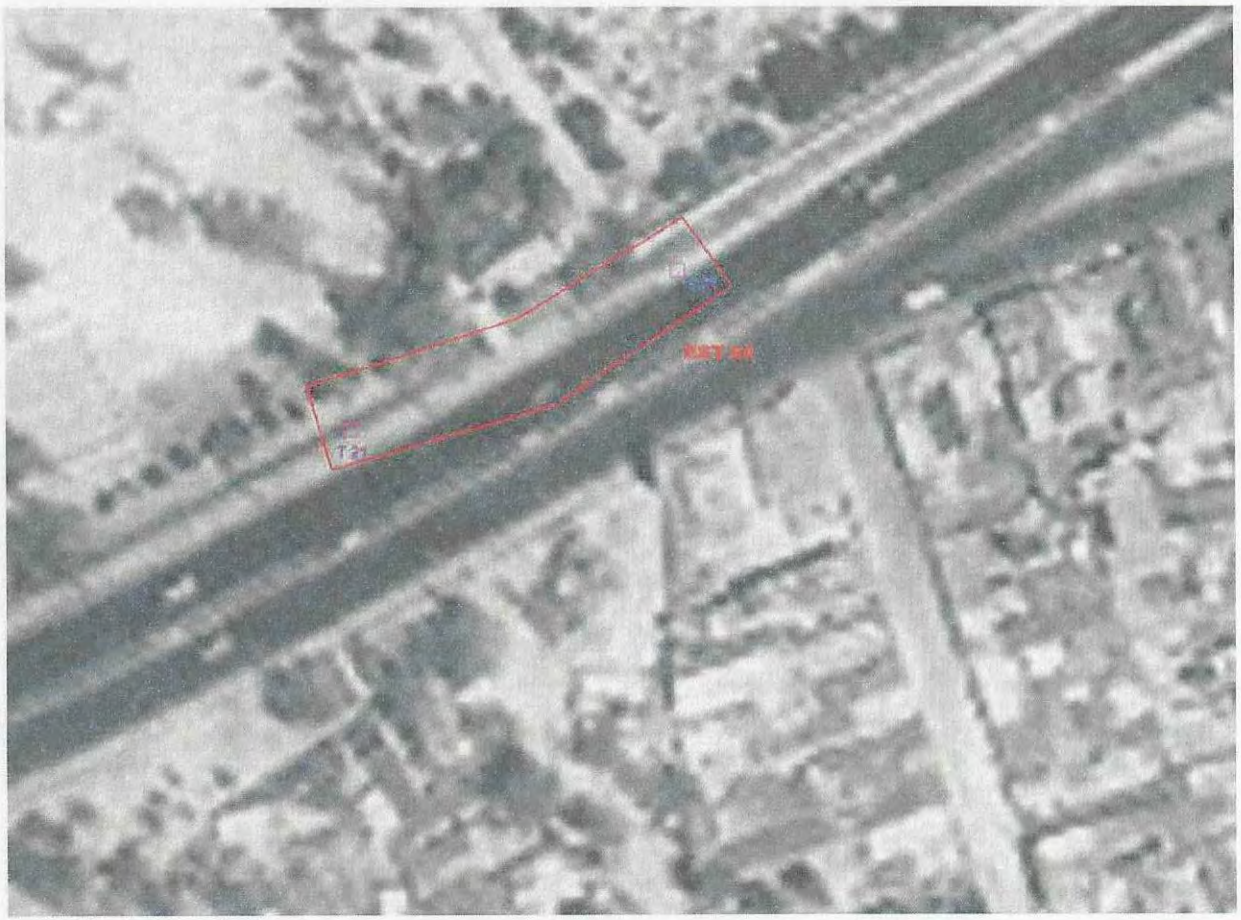


FOTOGRAFÍA 3

[redacted]

oservan m[redacted]ur de Ave. Constituyentes, aun cuando se ve un tanto borrosa la fotografía ya prácticamente no hay vestigios de los eso a las [redacted]as. En la zona ubicada al poniente de la huella de la estación 04 se observa que ya hay construcciones en lo que sería zo Charro, [redacted]odrán ser ya caballerizas. La Ave. Constituyentes y Observatorio están urbanizadas y tienen más o menos el mismo trazo que el actual.

[redacted]



FOTOGRAFÍA 4

[redacted]

Ya [redacted] existe ningún vestigio de los caminos y bocaminas, ya está totalmente urbanizado, [redacted] an las misma construcciones en la zona del Lienzo Charro

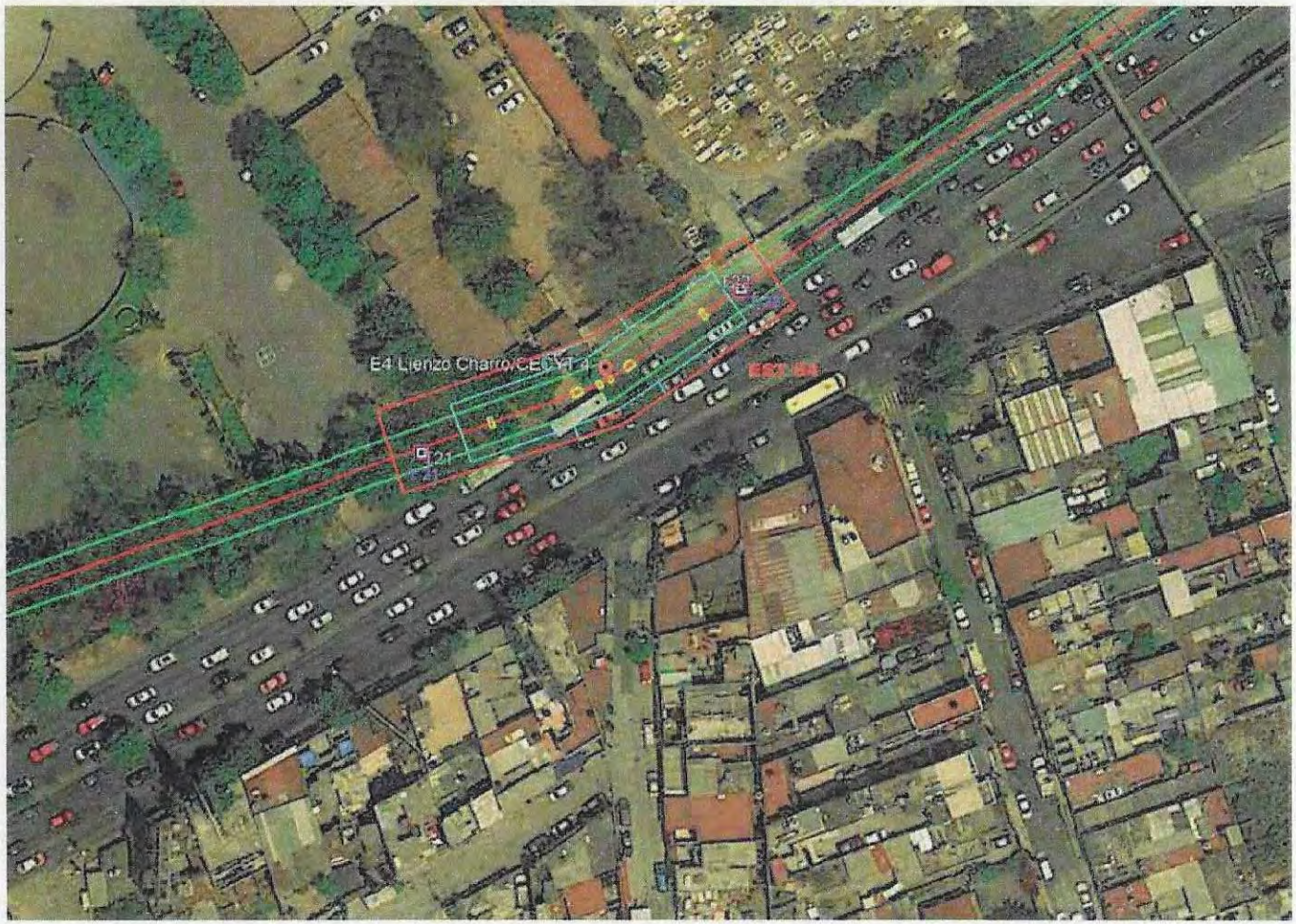
[redacted]



FOTOGRAFÍA 5

[redacted]va ya c[redacted]nzo Charro más o menos como en la actualidad, el área que lo circunda está totalmente urbanizada.

[redacted]



FOTOGRAFÍA 6

En el 2019 se obs[redacted]a está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 0 4 Lienzo Charro.

[redacted]

3. RESULTADOS

*Se realizaron un total de 33 **(Treinta y Tres)** líneas, se ubicaron las líneas de acuerdo la retícula y a la zona de cimentación de la estructura y adecuándose a los espacios disponibles en el momento de la realización de la exploración geofísica. (Fotografías 6 a 37 y Plano 1).*

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y para su interpretación se basó en los resultados de la mecánica de suelos proporcionada por Ingenieros Cuevas, S.C., en donde se identifica una estratigrafía constituida por 4 (Cuatro) diferentes estratos hasta los 35m de la exploración con el georadar.

Ya que el objetivo del estudio es definir la potencial presencia de cavidades en el subsuelo de la base de la torre se sabe que se realizó una la mecánica de suelos (Sondeo SPT-6 T21) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica, el primero entre 11 a 15m, mientras que en la Torre T22 se realizó el sondeo SPT-1 T22 definiéndose algo que pudiera ser una Toba areno limosa que pudiera tener gravas de pómez, este estrato se ubica más o menos entre los 12 a15m de profundidad casi en el mismo intervalo que el otro sondeo. Motivo por el cual es importante en esta zona identificar en los radagramas anomalías que se pudieran asociar a la presencia de cavidades a esa profundidad y/o rasgos que indiquen fracturamiento y/o zonas de colapsos en proceso asociadas a la presencia de cavidades a esa profundidad en estos materiales.

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y de su interpretación se definieron DOS grupos de anomalías geofísicas asociadas la primera a la estratigrafía constituida por 4 (Cuatro) diferentes estratos hasta los 20m de profundidad de investigación del georadar. y la segunda a la ubicación de anomalías asociadas a posibles cavidades en el área explorada.

A continuación se describen cada una de estos materiales:

PRIMER GRUPO: Estas son anomalías asociadas la respuesta de los diferentes materiales del subsuelo, en donde se definieron básicamente cuatro tipos de material:

*El material **M1**; es un material constituido por relleno y una Toba Arenosa que va de fina a gruesa e incluso algunas gravas que se distribuye superficialmente en toda el área explorada, este material al estar constituido por otros materiales diferentes presenta una compacidad variable pero predominantemente baja, por lo que deberá de retirarse para dar lugar a la cimentación. Tiene un espesor de 2.0 a 2.5m.*

*El **M2** de acuerdo a la mecánica de suelos este material se asocia a una Toba Areno Limosa pero con arenas finas que varían a medias y gruesas eventualmente, se parece algo al horizonte que le subyace, pero la respuesta del georadar es diferente. Se presenta entre los 2.5 a 11.0m de profundidad en promedio en las 33 líneas de georadar levantadas.*

En los radagramas está muy lejos de ser homogénea, realmente se observa errática y sumamente heterogénea, se observa que la señal no es totalmente cóncavas pero si alcanza cierta curvatura que pudiera estar asociado a la migración de cavidades. Su distribución y comportamiento vertical y lateral es totalmente aleatorio, aun cuando se presenta en posición casi horizontal, tiene un espesor de casi de 8 a 9m en promedio.

Es importante señalar que en la mecánica de suelos NO se definieron cavidades pero de acuerdo a lo que se observa en la respuesta de los radagramas en este material pareciera que si existieran, aun cuando la Toba Pumítica está entre 11 y 15 m de profundidad.

El las fotografías aéreas se observan que en la ladera sur de Constituyentes si hay evidencia que hubo bocaminas y caminos de acceso a ellas, pero en la mecánica de suelos no se detectaron, lo cual no quiere decir que no existan.

El material M3; ya se asocia a la presencia de una Toba Arenosa Pumítica con algo de limos pero pumítica, se presenta en las 33 Líneas exploradas, de acuerdo a la mecánica de suelos este horizonte va de 11 a 15m de profundidad. Se observa en los radagramas procesados e interpretados que existe un importante amortiguamiento en la señal del georadar producto que encima la señal de georadar se ha disipado mucho por la heterogeneidad de los materiales que le sobreyacen.

Finalmente el material M4; se asocia a una alternancia de Tobas Limo Arenosas, con algunos horizontes de arenas gruesas, se presenta en todas las líneas exploradas, se pueden observar en los radagramas procesados e interpretados prácticamente se pierde la señal del georadar en este material por la profundidad y el amortiguamiento de la señal en los materiales que le sobreyacen, aparentemente más compacto que los materiales arriba descritos, se presenta a partir de los 15m de profundidad.

SEGUNDO GRUPO; Se observa que casi en todas las líneas de georadar las se presentan principalmente en el material M2 en donde se observa que la señal de georadar tiene un comportamiento errático, presentando repetidamente zonas con discontinuidades laterales.

En algunos casos la señal hace una especie de cúpula y/o concavidad, así como zona irregulares donde la "estratificación" (continuidad de la ondas) se ve interrumpida y desplazada en el sentido vertical, esto se debe justo a que pueden existir cavidades bajo subsuelo del área explorada, así por los antecedentes de las fotografías aéreas analizadas, observa que si hubo explotación subterránea en el área.

Por el comportamiento de la señal del georadar se infiere que al presentarse la anomalías no exactamente en el horizonte de las Tobas Pumíticas (M3) sino en los materiale que le sobreyacen esto quiere decir que las cavidades están migrando (Con el tiempo l techos de las cavidades se colapsan, rellenan parte de la antigua mina y nuevamente vuelve a colapsar el techo y se genera otro "relleno" interno de la mina, pero el agujero se va haciendo más grande. (Ver Figura 1)



Figura 1: Aquí se ejemplifica como una cavidad y/o mina migra hacia la superficie producto de la erosión, humedad y el tiempo, primero existe la cavidad, se erosiona y empieza a colapsar su techo generando un hueco arriba del estrato de explotación (1 y 2), más tarde vuelve a colapsar el techo y genera un hueco más arriba del anterior y "rellena" de forma muy irregular el hueco haciéndose más grande hacia arriba y muy irregular, dejando abajo el horizonte explotable y un hueco mayor arriba. Al casi llegar a la superficie se van generando grietas en el terreno y también asentamientos tipo vados en la superficie lo cual antecede al colapso del suelo.

Por el tipo de anomalías que se están definiendo en este sitio correspondiente a la Estación 04, y los antecedentes de las fotografías áreas se observa en los radagramas que esta condición pudiera estar sucediendo en el subsuelo.

También puede ser que exista una importante variación lateral de los materiales que sean más gruesos en su granulometría y un tanto heterogéneos, que nos estuvieran generando anomalías de este tipo similares a posibles cavidades.

Algo que también se pude ver el los radagramas de los plano 2 y 3 es que profundidad de las anomalías es variable, que bien puede ser que efectivamente el estrato d Toba Pumítica no se horizontal, pero seguramente esto está más asociado a la cantidad d material colapsado que se encuentra en la zona de la antigua mina más a que varié profundidad del estrato de la Tobas Pumíticas.

Esta variación se observa que va de los 2.0 a 11 ó 12m y hasta 14m de profundidad. E el plano 1 se ubicaron estas anomalías en planta sobre cada una de las líneas exploradas co un recuadro achurado color magenta, indicándose la profundidad máxima a la que se encuent la anomalía.

A continuación se presenta a manera de tabla la ubicación en cada línea de estas anomalías asociadas a posibles cavidades y/o heterogeneidades laterales importantes del material.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

3. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.

- *Se realizó un análisis de fotografías aéreas en los periodos de 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019.*
- *De este análisis de fotografías aéreas antiguas que en la parte sur del predio en la ladera de la Ave. Constituyentes se ve que existió desde 1936 una importante zona de caminos y de accesos (bocaminas) a las minas subterráneas, pudiéndose prolongar bajo la zona de la huella de la Estación 04 Lienzo Charro.*
- *A partir de 1945 se observa empiezan a desaparecer estos caminos y bocaminas y para 1959 ya se empieza a urbanizar el área cubriendo los vestigios de las antiguas minas.*
- *La exploración con georadar realizada se llevó hasta 20m de profundidad, ya que el tipo de material y su heterogeneidad no permitió una mayor profundidad de exploración.*
- *Se observa en los radagramas de las 33 líneas realizadas que existen zonas con deformaciones en la señal del georadar, lo cual nos evidencia la presencia de anomalías en los diferentes materiales del subsuelo, pero teniendo el antecedente de este tipo de anomalías en otros proyectos se le puede asociar este tipo de anomalías a la posible presencia de cavidades en el subsuelo, y en este caso también a posibles variaciones laterales en la constitución de los materiales que pudieran ser más gruesos [redacted] su distribución.*
- *En la mecánica de suelos se identificó un horizonte de tobas pumíticas que [redacted] 15m en la parte de la torre 21, mientras que en la torre 22 se presenta entre [redacted] por lo que de haber cavidades se esperaría que existieran anomalías a p[redacted] hacia arriba.*
- *En los radagramas de 33 líneas realizadas se colocaron los contactos lit[redacted] acuerdo con la mecánica de suelos, así como a la respuesta de la señal del g[redacted] esos puntos. Se observa que estos muestran una gran heterogeneidad en[redacted] los materiales M1, M2 y M3, siendo esta última la que corresponde con la Toba Pumítica, pero lo importante radican en que en todas las líneas se muestra una gran anomalía que se marcó con una línea discontinua color azul en los planos 2 y 3 definiendo grandes zonas de heterogeneidad del subsuelo, pudieran ser producto de l[redacted] migración de las cavidades a la superficie. (Figura1).*
- *La profundidad de estas anomalías asociadas a las zonas de colapso y r[redacted] heterogéneos se observan con un comportamiento muy variable ya que van de[redacted] 2.5 hasta los 15.0m.*

- *Con estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar y especificamente en la zona de la Estación 04 "Lienzo Charro" y de las Torres T21 y T22 de la Línea 3 del Cable Bus, SE PUEDE CONCLUIR QUE SI EXISTEN ANOMALÍAS QUE SE ASOCIAN A LA PRESENCIA DE POSIBLES CAVIDADES Y/O ZONAS EN PROCESO DE COLAPSO, PERO PUDIERA SER TAMBIÉN VARIACIONES LATERALES DE LOS MATERIALES*

- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (15.0m) y tomara en cuenta eventualidades como posibles hundimientos en las anomalías someras a la hora de colocar equipos pesados en las zonas afectadas.*

- *Estos resultados pueden tener implicaciones mayores al proyecto, se sabe que las Torres T 21 y T 22 serán desplantadas en pilas de por lo menos 1.0m de diámetro, hasta 24m de profundidad. Encontrándose seguramente problemas en esos primeros 2 a 15m de profundidad con material inestable y que seguramente se tendrá que usar ademe en esa parte para las pilas, si es que estas anomalías fueran cavidades.*

- *Lo que habrá que considerar es la estructura como tal de la estación, hasta que profundidad cimentarse, ya que el terreno no es muy apropiado para ello, pero ya la mecánica de suelos y estructuristas decidirán hasta donde será la cimentación de la estación y en qué condiciones.*

- *Estos resultados solo son válidos única y exclusivamente para el área explorada en la Estación 04 "Lienzo Charro" especificamente, ya que es sabido que en el área hay una alta probabilidad de tener cavidades y/o minas subterráneas en su subsuelo.*

- *De ser necesario se requerirá de hace alguna verificación de estas anomalías con exploración directa para verificar el estado del subsuelo y* [redacted]
geomecánicas y determinar si es apto o no para soportar la estructur [redacted]
construir ahí.

[redacted]

Bibliografía.

ASTM (D 6432-99) Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation. (U.S.A 2005).

Daniels, David J. 2004. Ground Penetrating Radar 2nd Edition, Ed. The Institution of Electrical Engineers, London, UK.

Harry M. Jol, 2010 Ground Penetrating Radar: Theory and Applications, Ed. Elsevier Netherlands Firts Edition.

http://www.atlas.cdmx.gob.mx/

MALA, Adquisition software Ground Vision V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013).

Software Reflex , Dr. Sandmeier Karl-Josef. V 5.2 (Germany 2010),

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).

ANEXO 1

MÉTODO DE GEORADAR

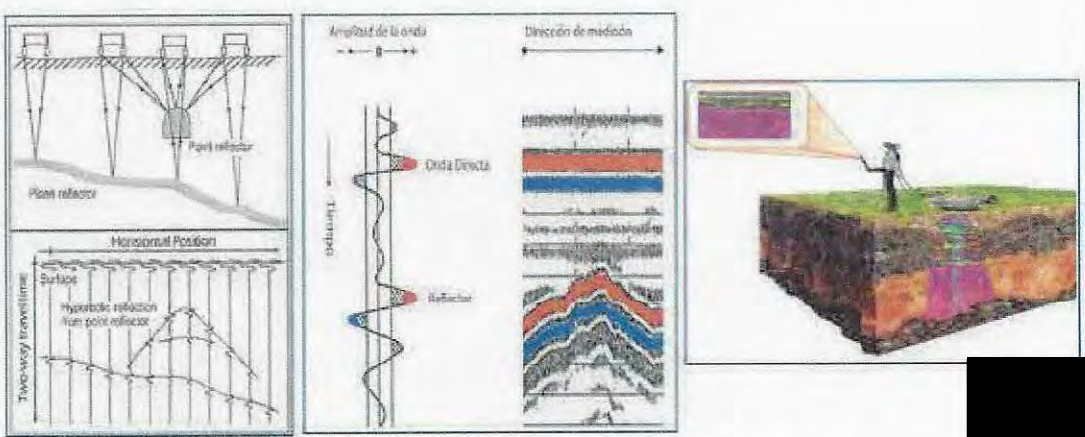
INTRODUCCION:

El Radar de Penetración Terrestre (GPR) es un método de estudio geofísico de exploración que proporciona un perfil continuo del sitio. Es relativamente rápido de realizar y se puede obtener información desde unos cuantos centímetros hasta decenas de metros.

El método se empleó exitosamente en los 60's en la investigación de capas de hielo en Groenlandia y a partir de entonces se empezó a utilizar para la búsqueda de cables, tuberías, etc. Dando como resultado un rápido desarrollo de nuevos equipos así como también su aplicación en otros campos.

PRINCIPIOS TEORICOS

Los principios básicos del Radar de Penetración Terrestre (GPR) son muy simples, la antena transmite un impulso electromagnético corto de radiofrecuencia a través del terreno y cuando el pulso encuentra una interfase electromagnética, parte de la energía es reflejada mientras el resto se refracta siguiendo su viaje a través del medio hasta encontrar otra interfase. El sistema medirá el tiempo transcurrido entre la onda transmitida y la onda reflejada, proceso que se repite en intervalos cortos de tiempo mientras la antena esta en movimiento mostrando la señal de salida como trazas consecutivas formando un perfil continuo del medio llamado radagrama (figura anexa).



Principio de medición del Radar de Penetración Terrestre, muestra de una traza individual y el despliegue de las múltiples trazas formando una imagen, para su posteriormente hacer su procedimiento en gabinete.

[redacted]

La velocidad de propagación de onda y la reflexión son afectadas por la constante dieléctrica (la capacidad de un material para retener o almacenar una carga cuando un campo eléctrico es aplicado) y la susceptibilidad magnética del medio (es la medida de que tanto puede ser magnetizado un material). La conductividad eléctrica (es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica) del medio contribuye a la atenuación de la onda ya que cuando se tiene una conductividad alta las condiciones para el trabajo con radar se dificultan p. e. arcilla húmeda, lutita húmeda, etc., las mejores condiciones para el trabajo con radar se presentan cuando tenemos una conductividad media o baja p. e. agua dulce, hielo, nieve, arena, arcilla seca, basalto, concreto, asfalto, granito, caliza, aire, etc.,

PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

La interpretación y el procesamiento de los sondeos es la fase del trabajo que requiere más tiempo y experiencia. El objeto de la interpretación es identificar el origen de las reflexiones y los cambios que presenten por lo que es importante conocer de antemano cual es el objetivo del trabajo para saber qué es lo que se está buscando. Dentro de este proceso los datos de los perfiles son sujetos a procesos de filtrado, variación de ganancia, deconvolución y migración. Las amplitudes de interés pueden ser enfatizadas utilizando colores o mostrar los barridos en formato wiggle (formato sísmico) o bien ambas al mismo tiempo.

La Deconvolución es un filtrado especial que se utiliza para incrementar la resolución y suprimir múltiples en los datos, mientras que la Migración es un tipo de procesamiento que enfoca el patrón de radiación de la antena proporcionando una imagen más exacta de los objetos del subsuelo eliminando las distorsiones causadas durante la adquisición de datos. Finalmente los datos ya interpretados se pueden presentar en color, y/o en tonos de grises y azul en formato wiggle o bien la combinación de este último con los dos primeros.

PARAMETROS DE CAMPO

Para poder llevar a cabo un levantamiento con Georadar es in
conocimiento del sitio y saber qué es lo que se está buscando, profundidad y
objeto, para que de esta forma se haga una buena selección de la antena, de l
utilizar y el diseño de la exploración.

EQUIPO EMPLEADO

- *Georadar Mca MALA GEOSCIENCE MOD. X3M (Fotografía 38)*
- *Antena de 100 M Hz.*
- *Computadora portátil para la captura de datos.*

[redacted]



CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

LOCALIZACIÓN DE LA EXPLORACIÓN CON GEORADAR

UBICACIÓN DE POSIBLES CAVIDADES Y PROFUNDIDAD MÁXIMA CON GEORADAR.

NOTAS

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBÓ	Vo.Bo.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX

Dirección General de Obras para el Transporte

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales

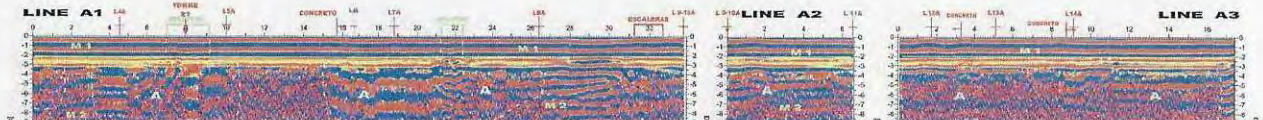
Proyectos Ejecutivos Línea 3 Cablebús

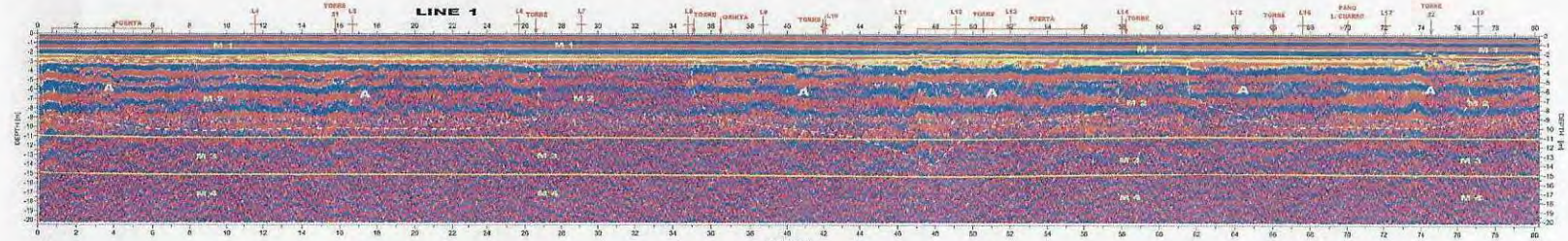
DGOT-LPI-F-1-042-2022

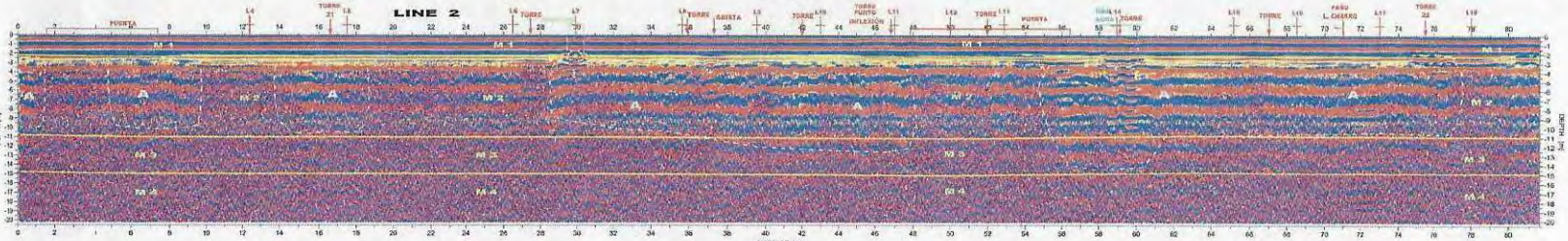
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

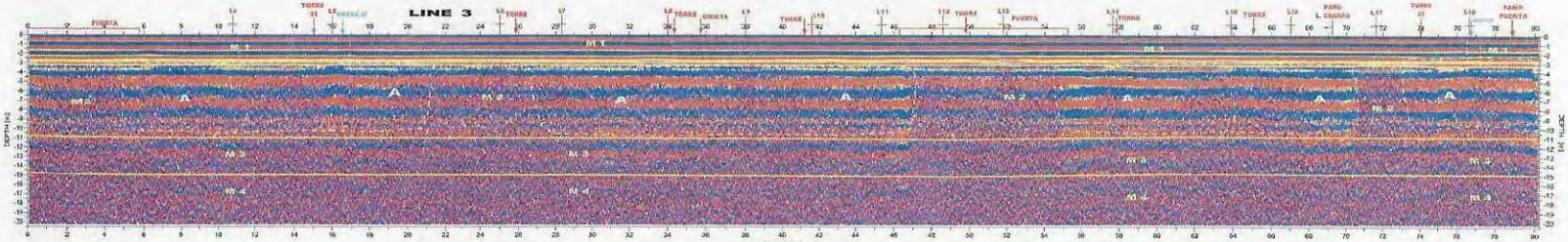
[redacted]

[redacted]









SIMBOLOGÍA

LEYENDA

[redacted]

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

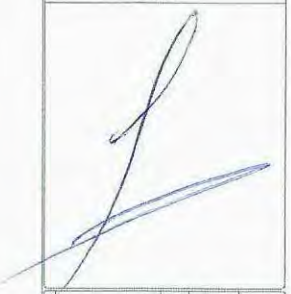
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

NOTAS



No.	REVISIÓN	FECHA	APROBÓ	VISTA

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefa de Gobierno de la Ciudad de México
Mtra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretario de Obras y Servicios de la Ciudad
Mtro. Jesús Antonio Esteva Medina

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Bustos Nieto

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Ma. Fernanda Meneses Rosendo

Proyectó: Ejecutivo - Líbert 2 Cadenas

LIGOT-LPS-1-042-2022

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.

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA – LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIONAMIENTO

SIMBOLOGÍA

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE PERIFÉRICO – LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA – LOS PINOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

LEYENDA

SIMBOLOGÍA

LINE 4

LINE 4A

LINE 12

LINE 12A

LINE 5

LINE 5A

LINE 13

LINE 13A

LINE 6

LINE 6A

LINE 14

LINE 14A

LINE 7

LINE 7A

LINE 15

LINE 19

LINE 8

LINE 8A

LINE 16

LINE 20

LINE 9

LINE 9-10

LINE 17

LINE 10

LINE 18

LINE 11

LINE 11A

ANEXO 2
FOTOGRÁFICO

[redacted]

[redacted]



FOTOGRAFÍA 7

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



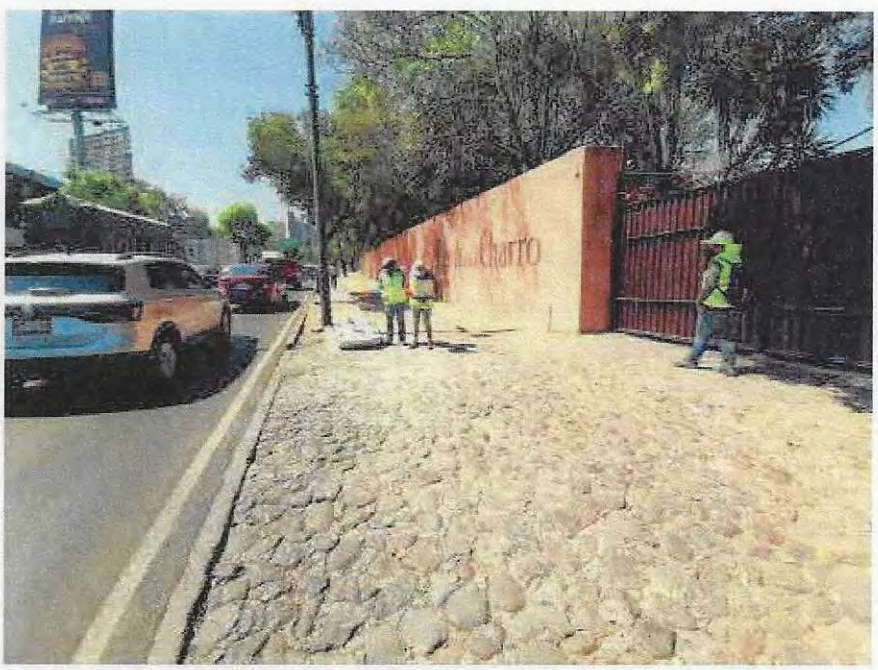
FOTOGRAFÍA 8

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 10

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 13

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.



FOTOGRAFÍA 14

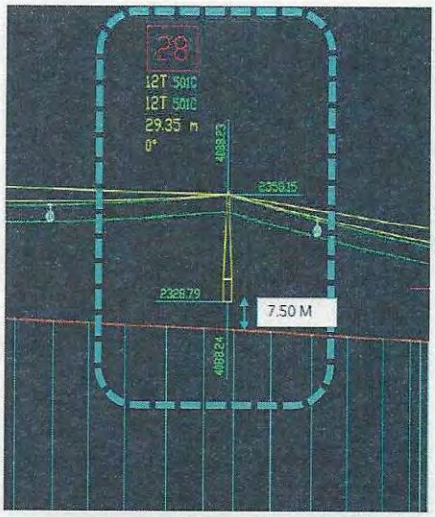
Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4 A.

14. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, CONCÉNTRICA

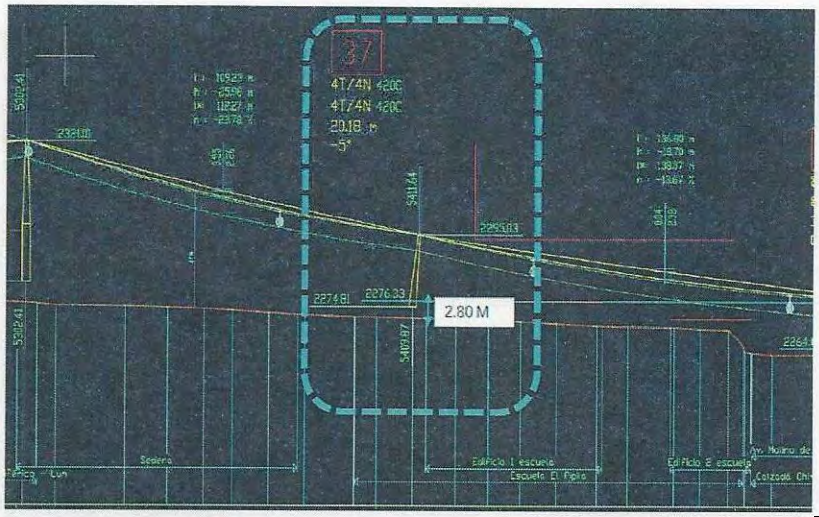
[redacted]

[redacted]

TORRES CONSIDERACIONES

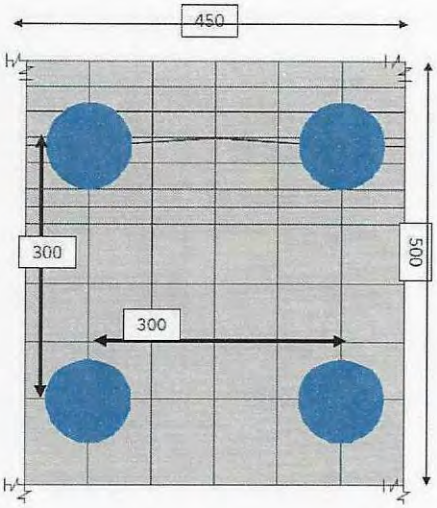


TORRE CONCENTRICA



TORRE INCLINADA

TORRES CONSIDERACIONES



TIPOLOGIA DE CIMENTACION

TORRES CONSIDERACIONES

Doppelmayr 13.12.2022 07:08:41 OLI

Project [-No]: 10-MGD Chapultepec Seccion 2 [WAA0006193] Tower 28

Detailed support reactions CTF global (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions						
Self-weight	0.0	0.0	-334	-1.5	3.8	0.0
Variable actions						
Rope loads IO, friction and dynamic effects included	-14.1	0.0	-186	-128	-414	26.0
	-11.8	0.0	-181	95.2	-337	18.3
	-29.1	0.0	-223	-12.7	-854	23.6
	-10.2	0.0	-141	0.2	-298	5.0
Rope loads OO	-9.2	0.0	-94.1	-0.1	-276	0.0
	-8.3	0.0	-85.0	-0.1	-244	0.0
Signal cable without ice	-13.3	0.0	-42.0	-2.1	-427	7.7
Signal cable with ice	-13.3	0.0	-42.0	-2.1	-427	7.7
Wind IO	0.0	32.6	0.0	814	0.0	-6.8
	0.0	-32.6	0.0	813	0.0	-7.5
	-12.1	0.0	0.0	0.0	-203	0.0
	12.1	0.0	0.0	0.0	203	0.0
Wind OO	0.0	122	0.0	-2909	0.0	0.7
	0.0	-122	0.0	2909	0.0	-0.7
	-58.1	0.0	0.0	0.0	-973	0.0
	58.1	0.0	0.0	0.0	973	0.0
Wind actions OO on ice	0.0	9.9	0.0	-316	0.0	0.0
	0.0	-9.9	0.0	316	0.0	0.0
Snow	0.0	0.0	-10.3	0.0	0.0	0.0
Avalanche, snow creeping						
Ice load on lattice tower						
Additional action						
Accidental actions						
Severance of a signal cable						
Derailment IO	-49.6	0.0	-205	-201	-1430	123
	4.1	0.0	-210	189	110	93.8
	-64.6	0.0	-244	-98.2	-1575	112
	7.7	0.0	-211	166	216	81.6
Derapement IO	-12.6	0.0	-125	-406	-369	40.3
	-7.9	0.0	-123	392	-216	-23.5
Derailment / Derapement OO	-5.1	0.0	-51.8	-169	-148	16.2
	-5.1	0.0	-51.7	165	-148	-16.2
	-10.6	0.0	-109	-54.9	-307	8.3
	-5.1	0.0	-51.7	165	-148	-16.2
Avalanche, snow creeping						
Seismic actions	50.6	169	-33.7	-3252	976	2.9
	50.6	-169	33.7	3252	975	-3.0
	-169	50.6	33.7	-976	-3253	1.0
	169	50.6	-33.7	976	3253	-0.3
[redacted] not	-14.1	0.0	-148	0.1	-416	-1.6
	-13.3	0.0	-168	-0.2	-391	0.0
[redacted] not	0.0	147	0.0	-3619	0.0	1.1
	0.0	-147	0.0	3619	0.0	-1.1

[redacted].11.2022_Rev_0B.MGD; CIN:1670830949 Page 207
Copyright (c) Innova Patent GmbH

TORRE CONCENTRICA

Doppelmayr 13.12.2022 07:09:52 OLI

Project [-No]: 10-MGD Chapultepec Seccion 2 [WAA0006193] Tower 37

Detailed support reactions CTF global (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions						
Self-weight	0.0	0.0	-227	-1.6	376	0.0
Variable actions						
Rope loads IO, friction and dynamic effects included	-17.6	0.0	-121	-83.3	-130	24.1
	-15.4	0.0	-119	83.8	-169	4.0
	-31.3	0.0	-149	1.6	-610	17.3
	-13.3	0.0	-103	30.5	-147	16.7
Rope loads OO	-10.4	0.0	-60.5	0.0	-169	0.0
	-9.4	0.0	-54.5	0.0	-153	0.0
Signal cable without ice	-8.7	0.0	-21.9	-0.6	-241	4.1
Signal cable with ice	-8.7	0.0	-21.9	-0.6	-241	4.1
Wind IO	0.0	23.7	0.0	662	0.0	89.4
	0.0	-25.7	0.0	660	0.0	-63.9
	-13.2	0.0	1.2	0.0	-234	0.0
	13.2	0.0	1.2	0.0	234	0.0
Wind OO	0.0	107	0.0	-2557	0.0	238
	0.0	-107	0.0	2557	0.0	-238
	-65.0	0.0	5.8	0.0	-1172	0.0
	65.9	0.0	-5.8	0.0	1172	0.0
Wind actions OO on ice	0.0	7.0	0.0	-250	0.0	21.8
	0.0	-7.0	0.0	250	0.0	-21.8
Snow	0.0	0.0	-9.5	0.0	25.1	0.0
Avalanche, snow creeping						
Ice load on lattice tower						
Additional action						
Accidental actions						
Severance of a signal cable						
Derailment IO	-41.3	0.0	-128	-121	-1006	87.6
	-7.4	0.0	-139	141	152	61.7
	-47.2	0.0	-158	-90.7	-1117	73.6
	-4.9	0.0	-130	139	249	42.6
Derapement IO	-14.5	0.0	-80.1	263	-235	18.9
	-10.8	0.0	-82.4	264	-103	-33.0
Derailment / Derapement OO	-5.7	0.0	-33.3	107	-92.9	18.2
	-5.7	0.0	-33.3	107	-92.9	-18.2
	-11.9	0.0	-69.5	35	-195	-8.0
	-5.7	0.0	-33.3	107	-92.9	18.2
Avalanche, snow creeping						
Seismic actions	48.0	160	-32.0	-3065	954	2.6
	-48.0	-160	32.0	3065	-954	-2.6
	-160	48.0	32.0	-901	-3058	80.7
	160	48.0	-32.0	902	3058	76.6
Rope loads with carriers not sheltered AC	-17.5	0.0	-101	-0.7	-287	-4.6
	-16.4	0.0	-93.0	0.0	-274	0.0
Wind actions on carriers not sheltered AC	0.0	124	0.0	-3152	0.0	2.9
	0.0	-124	0.0	3152	0.0	-2.9

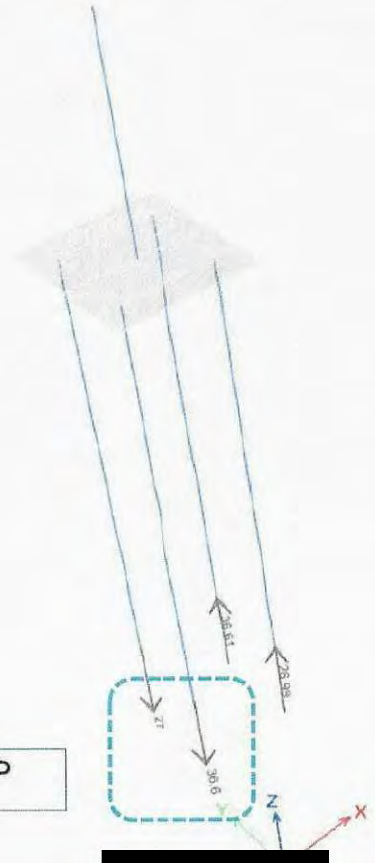
WAA0006193_3000_24.11.2022_Rev_0B.MGD; CIN:1670830949 Page 327
Seilva 1.69.3(TFC 2.4); Copyright (c) Innova Patent GmbH

TORRE INCLINADA

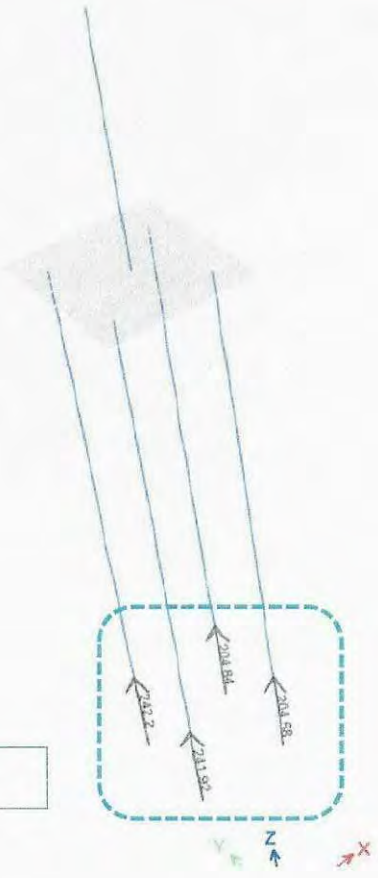
Preliminary! NOT for use!

[redacted]

TORRE CONCENTRICA DESCARGAS



TENSIONES POR SISMO
(FACTORIZADAS)



DESCARGAS
(FACTORIZADAS)

[redacted]

15. ANEXO 6. AMEMORIA DE CÁLCULO

[redacted]

[redacted]

[redacted]

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = \left(P'_v N^*_q F_R + P_v\right) A_p$$

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

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

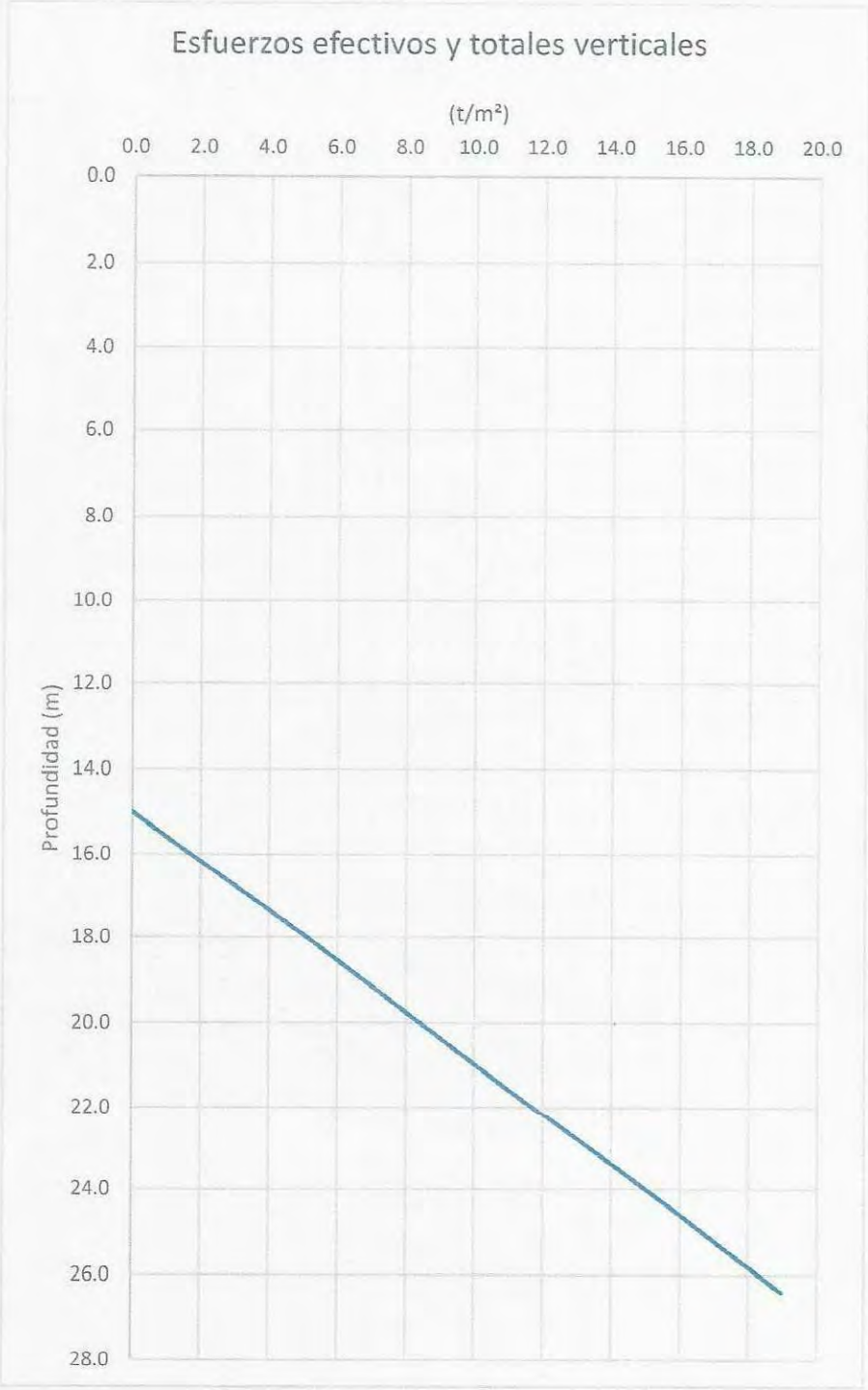
D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	ϕ	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	24.4	45.99	2.4	2.40	36	175.60	46.80	86.18	18.00	0.35	18.00	440.54
1.2	1.131		66.23		2.00				79.61				587.61
1.4	1.539		90.15		1.71				74.93				754.35

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

	Profundidad (m)	g (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Hi (m)	βi
	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0			
	0.9	1.6	1.4	0.0	1.4			
	1.8	1.6	2.9	0.0	2.9			
	1.8	1.7	2.9	0.0	2.9			
Dado	2.0	1.7	3.2	0.0	3.2			
	6.6	1.7	11.0	0.0	11.0			
	11.4	1.7	19.2	0.0	19.2			
	11.4	1.7	19.2	0.0	19.2			
	12.5	1.7	21.0	0.0	21.0			
	13.5	1.7	22.8	0.0	22.8			
	13.5	1.3	22.8	0.0	22.8			
	14.3	1.3	23.7	0.0	23.7			
	15.0	1.3	24.7	0.0	24.7			
	15.0	1.7	24.7	0.0	24.7	0.00	3.00	0.59
	16.5	1.7	27.3	0.0	27.3	2.55		
	18.0	1.7	29.8	0.0	29.8	5.10		
	18.0	1.7	29.8	0.0	29.8	5.10	4.20	0.48
	20.1	1.7	33.3	0.0	33.3	8.57		
	22.2	1.7	36.8	0.0	36.8	12.03		
	22.2	1.7	36.8	0.0	36.8	12.03	1.80	0.00
	23.1	1.7	38.2	0.0	38.2	13.52		
	24.0	1.7	39.7	0.0	39.7	15.00		
	24.0	1.7	39.7	0.0	39.7	15.00	2.4	0.34
	24.6	1.7	40.7	0.0	40.7	15.99		
	25.2	1.7	41.7	0.0	41.7	16.98		
Df	26.4	1.7	43.7	0.0	43.7	18.96		

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	73.0
1.2	3.770		87.6
1.4	4.398		102.2



Gráfica 1. Esfuerzos efectivos y totales verticales

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

☐ Autorizado para construcción — Fecha _____

☐ Autorizado para implementación — Fecha _____

☐ Solo para información — Fecha _____

☐ Obsoleto — Fecha _____

Copia Controlada para: SUPERVISIÓN CABLEBUS L3

Autoriza: _____

Elaboró	Autorizó.	
[redacted]		A[redacted] peri[redacted]

Contenido

1. RESUMEN 3
2. ANTECEDENTES 6
3. OBJETO 7
4. ALCANCES 7
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 22 7
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO 8
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE 8
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 9
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO 9
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA 10
6.5 MODELO GEOMECÁNICO 12
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN 12
7.1 CARGAS ACTUANTES 12
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN 13
7.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA 13
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 15
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO 17
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS 17
8.2 PILAS 17
8.3 EXCAVACIÓN 19
8.4 MINAS 20
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21
10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA 24
11. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR 27
12. ANEXO 3. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR 31
13. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, INCLINADA 62
14. ANEXO 5. AMEMORIA DE CÁLCULO 66

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús 8

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 8
Tabla 2. Resumen de profundidades de anomalías detectadas con Georadar 11
Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño 12
Tabla 4 Valores de N_{max} y N_{min} 14
Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación 15
Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas 16
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para pilas ..... [redacted]
Tabla 8. Módulos de reacción horizontal para dado ..... [redacted]

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación
Figura 4. Procedimiento de excavación
Figura 5. Localización de la exploración de georadar y ubicación de las anomalías detectadas
Figura 6. Radagramas interpretados de las líneas 1 a 4, A1, A2 y A3
Figura 7. Radagramas interpretados de las líneas 4 a 20, A1, A2 y A3

1. Resumen

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 del presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 22, originalmente encomendado a la empresa LABORATORIOS CONEXA.

Para determinar las unidades estratigráficas del sitio, se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-22), a una profundidad de 35.05 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.

Como complemento para el diseño de esta Torre, se tomaron en cuenta los resultados de los sondeos de avance controlado y sondeo mixto realizados en la Estación 4, a una profundidad de 35.0 m. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades de 6.8, 18.0 y 28.0 m. Así mismo, se tomó en cuenta el sondeo de penetración estándar realizado en la Torre 21, ejecutado a una profundidad de 35.25 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.

El ficómetro consiste en una sonda cilíndrica de acero denticulada, de 970 mm de longitud y diámetro de 6.1 cm, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración en el terreno, al inflar una membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la indentación, se aplica una fuerza ascendente de extracción, provocando su desplazamiento y midiendo la fuerza que logra romper la adherencia- fricción entre la sonda y el terreno.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posible presencia de anomalías en el suelo, asociadas a minas, se realizó un estudio geofísico, con un análisis foto geológico y mediante la técnica de georadar, que de conformidad con los sondeos exploratorios se profundizó hasta 20.0 m; la longitud de las 16 líneas realizadas es de 515.30 m. Esta exploración se hizo en la envolvente de la Est[redacted] 21 y 22.

Además de los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, también se inc[redacted] de laboratorio y su interpretación estratigráfica, para determinar las propiedades índice y [redacted] emplearán para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación, que garantiza el buen[redacted] durante su vida útil.

Información geotécnica disponible. El sitio se localiza en la denominada "**Zona de Lomas**[redacted] sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanico[redacted]cánicos,

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.**

Interpretación estratigráfica (con profundidades respecto al sondeo SPT): De 0.00 a 1.20 m. Material de relleno compuesto limos de baja plasticidad (ML). El contenido natural de agua de 20%. El porcentaje de finos es de 28%, arena de 43% y grava de 29%. El Límite Líquido de 33% y el Límite Plástico de 25%. El número de golpes medido de 7.

De 1.20 a 11.40 m. Arena limosa (SM), color café en estado muy compacto. El contenido natural de agua varía de 17.40% a 34.74%. El porcentaje de finos varía de 32% a 44%, arena de 41% a 55% y grava de 13% a 17%. El Límite Líquido varia de 37% a 40% y el Límite Plástico varia de 27% a 30%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 11.40 a 13.65. Arena limosa (SM), color café en estado semicompacto a muy compacto. El contenido natural de agua varía de 28% a 64%. El porcentaje de finos varía de 29% a 59%, arena de 51% a 63% y grava de 0% a 3%. El Límite Líquido varia de 40% a 41% y el Límite Plástico varia de 27% a 37%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 24 a más de 50.

De 13.65 a 15.0 m. Arena pumítica color gris claro, limosa. El contenido natural de agua varía entre 40 y 70%.

De 15.60 a 22.00 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de consistencia dura a muy dura, color café. El contenido natural de agua varía de 24% a 31%. El porcentaje de finos de 57%, arena de 30% y grava de 13%. El Límite Líquido de 35% y el Límite Plástico de 23%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 25 a 54.

De 22.00 a 26.40 m. Arena limosa (SM), en estado compacto a muy compacto, color café. El contenido natural de agua varía de 11.34% a 27.76%. El porcentaje de finos varia de 26% a 44%, arena varia de 46% a 57% y grava varia de 10% a 17%. El Límite Líquido varia de 28% a 35% y el Límite Plástico varia de 24% a 29%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 43 a más de 50.

De 26.40 a 35.00 m. Arena arcillosa-limosa (SC-SM), con gravas, en estado muy compact[redacted] contenido natural de agua varía de 6.90% a 25.65%. El porcentaje de finos varia de 24% a 26[redacted] a 57% y grava varia de 19% a 20%. El Límite Líquido varia de 26% a 28% y el Límite Plástico d[redacted] golpes medido en la prueba de penetración estándar de más de 50.

Condiciones piezométricas. Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freá[redacted] presenta a gran profundidad.

Coeficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Torre 21 y el software SASID, el coeficiente [redacted] elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, a_0= 0.119. Queda a juicio del Ingeniero estructur[redacted] factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del es[redacted] de diseño.

Minas. Durante la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances controlados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizadas en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la ubicación, en cada línea, de las anomalías detectadas con el georadar.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22; en condiciones medias, se identifica una toba entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en estado muy compacto, con un número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semicompacto. Por esta razón, se considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterránea[redacted]s migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torre 22, se c[redacted] de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel [redacted]

Solución de cimentación. Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada [redacted] la presencia de rellenos utilizados para las antiguas minas subterráneas, así como la posible pres[redacted] migración de minas subterráenas, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular [redacted] 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 recomendabl[redacted] diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trab[redacted] 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 a profundidades diferentes que las consideradas con la geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.

Teniendo en cuenta los resultados de la exploración geotécnica y geofísica, la profundidad de desplante de las pilas para la Torre 22 es de 26.4 m; respecto al nivel de terreno existente del centro de la Torre.

Capacidad de carga. La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe, para pilas de diferentes diámetros.

Procedimiento constructivo. El procedimiento constructivo para erigir la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe.

Fe de hechos. Antes de iniciar los trabajos es necesario que se realice un levantamiento del estado físico de las estructuras cercanas al sitio en estudio, que sea certificado por un notario; permitiendo así, deslindar responsabilidades por daños asociados a la construcción de la estructura en cuestión. Los resultados aquí presentados son aplicables exclusivamente al predio en estudio, en el que se consideraron las condiciones estratigráficas del sitio y las características particulares del proyecto. Los cambios que se generen en el proyecto podrán modificar las recomendaciones presentadas en este informe.

2. Antecedentes

Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRU
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 del presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 22, originalmente encomendado a la empresa LABORATORIOS CONEXA. 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.

3. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la esta Torre 22. Con base en los resultados de la exploración geotécnica, geofísica y 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 la torre 22, denominada T-22, la cual tiene las coordenadas X=477,658.6392; Y= 2,145,083.4720, se sitúa a las afueras del predio Rancho del Charro y el Panteón Civil Dolores, Av. Constituyentes, Alcaldía Miguel Hidalgo, 11100 Ciudad de México, CDMX (Fig. 1).

4. 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).

5. Características generales y ubicación de la Torre 22

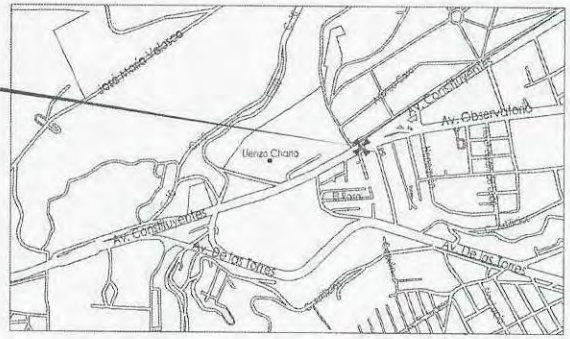
La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edi
proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte m
pasajeros/hora en cada sentido.

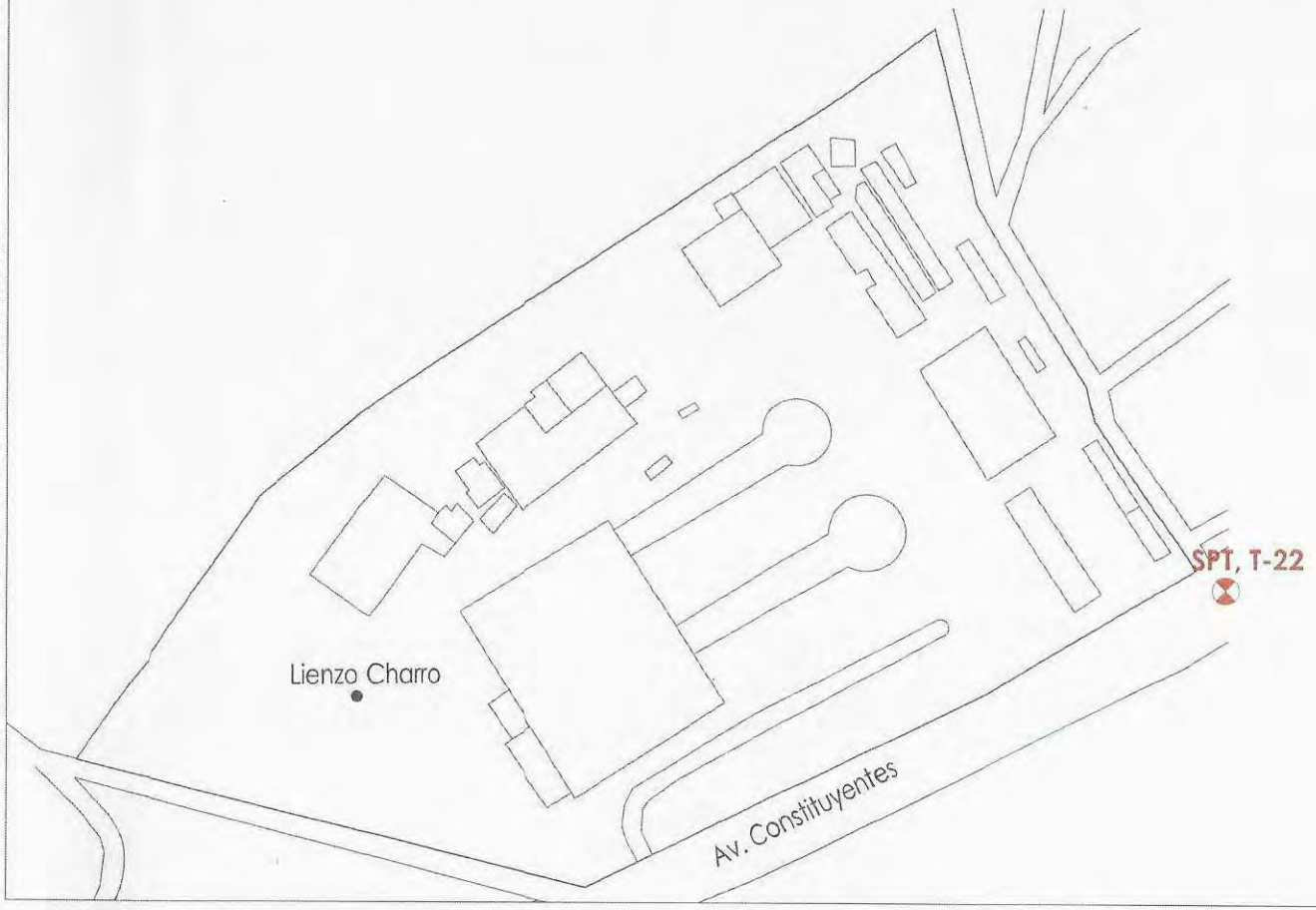
El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel H
zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena Co
Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalc
con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez. La denominación y u
inicial de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia h su próx estación (k
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

Cablebús L-3, T-22

SITIO EN ESTUDIO





CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBÓ	Vo.Bo.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

¡Más Gobierno en la Ciudad de México

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX

Dirección General de Obras para el Transporte

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPAP-1-043-2022

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.

[redacted]

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia hacia su próxima estación (km)
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

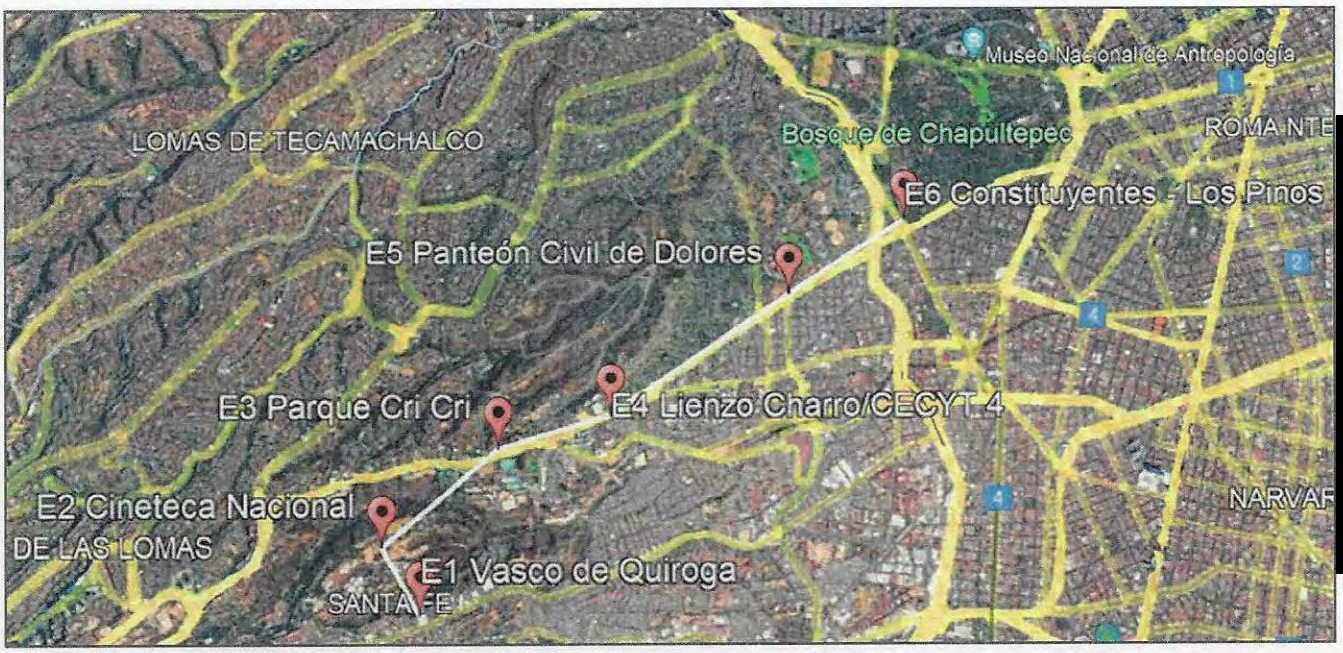


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 22, la cual tiene las coordenadas X=477,658.6392; Y= 2,145,083.4720 se sitúa a las afueras d
Rancho del Charro y el Panteón Civil Dolores, Av. Constituyentes, Alcaldía Miguel Hidalgo, 11100 C
México, CDMX, donde se presentan algunos postes de telefonía y energía eléctrica, en el área de af
Esta torre es del tipo inclinada y tendrá una altura de 18.0 m.

6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

6.1 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.**

6.2 Exploración geotécnica

Para determinar las unidades estratigráficas del sitio, se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-22), a una profundidad de 35.05 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.

Como complemento para el diseño de esta Torre, se tomaron en cuenta los resultados de los sondeos de avance controlado y sondeo mixto realizados en la Estación 4, a una profundidad de 35.0 m. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades de 6.8, 18.0 y 28.0 m. Así mismo, se tomó en cuenta el sondeo de penetración estándar realizado en la Torre 21, ejecutado a una profundidad de 35.25 m.

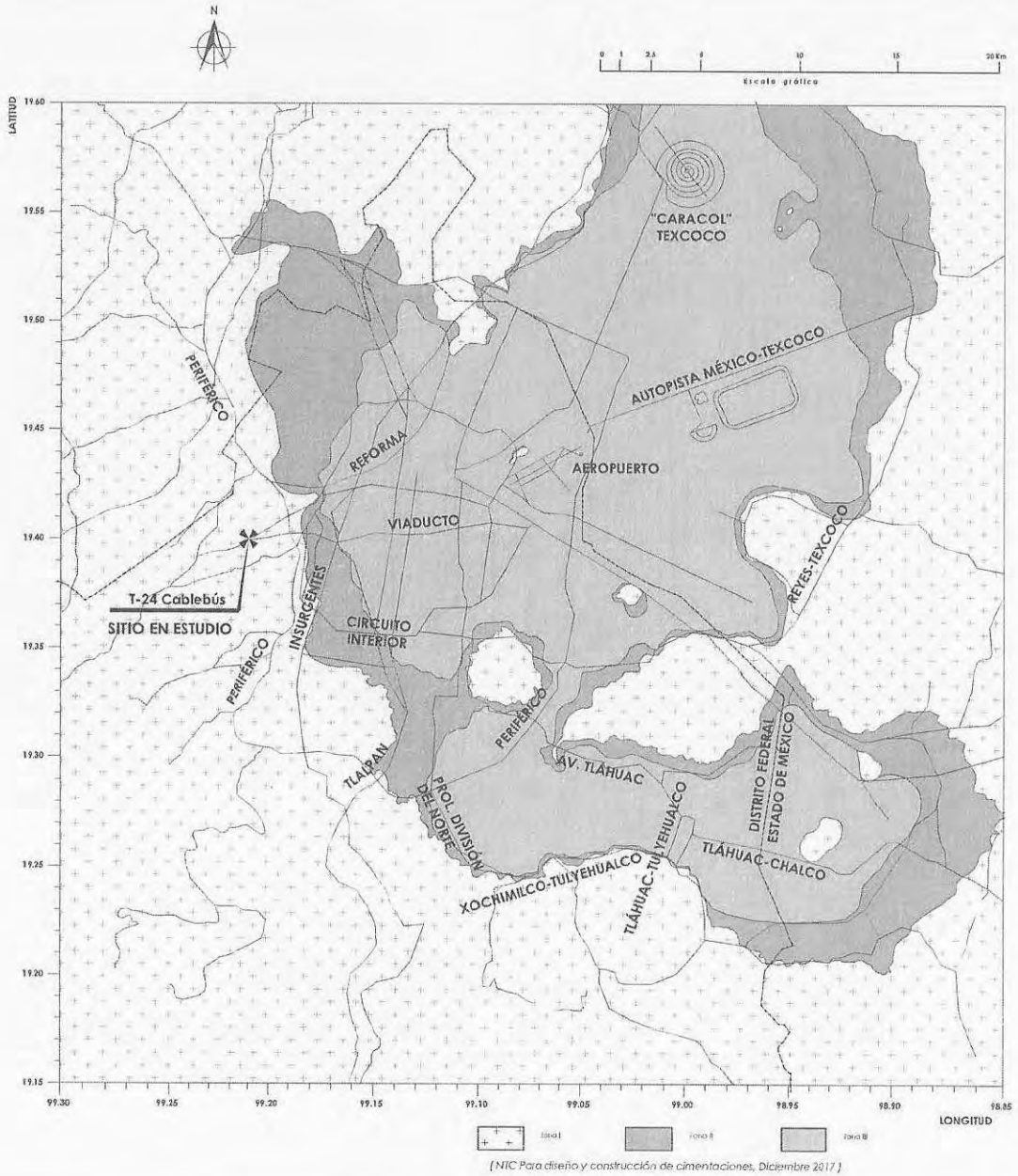
El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 cm de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16" de diámetro. Anotando la vibración, la presión y el color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a identificar inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

El ficómetro consiste en una sonda cilíndrica de acero denticulada, de 970 mm de longitud y diámetro de 6.1 cm, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración en el terreno, al inflar una membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la indentación, se aplica una fuerza ascendente de extracción, provocando su desplazamiento y midiendo la fuerza que logra romper la adherencia- fricción entre la sonda y el terreno.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posible presencia de anomalías en el suelo, asociadas a minas, se realizó un estudio geofísico, con un análisis foto geológico y mediante la técnica de georadar, que de conformidad con los sondeos exploratorios se profundizó hasta 20.0 m; la longitud de las 16 líneas realizadas es de 515.30 m. Esta exploración se hizo en la envolvente de la Estación 4 [redacted] s 21 y 22.

6.3 Ensayes de laboratorio

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



(NTC Para diseño y construcción de cimentaciones, Diciembre 2017)

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

NO.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBO	VISTO

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
Dirección General de Obras para el Transporte
Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPS-F-1-042-2022

CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A MEDIO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

[redacted]

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

Cabe mencionar que, hasta el momento de la emisión de este estudio, no se han recibido los registros de las pruebas de laboratorio, para poder anexarlas a este documento.

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 exhibe el perfil del sondeo realizado en la Torre 22. En el Anexo 3 se presentan el estudio de georadar ejecutado en la zona. En el Anexo 4 se presentan las cargas de una torre tipo, inclinada y en el Anexo 5 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.

6.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio **(con profundidades referidas el nivel de brocal del SPT, Fig. 3)**: **De 0.00 a 1.20 m. Material de relleno compuesto limos de baja plasticidad (ML)**. El contenido natural de agua de 20%. El porcentaje de finos es de 28%, arena de 43% y grava de 29%. El Límite Líquido de 33% y el Límite Plástico de 25%. El número de golpes medido de 7.

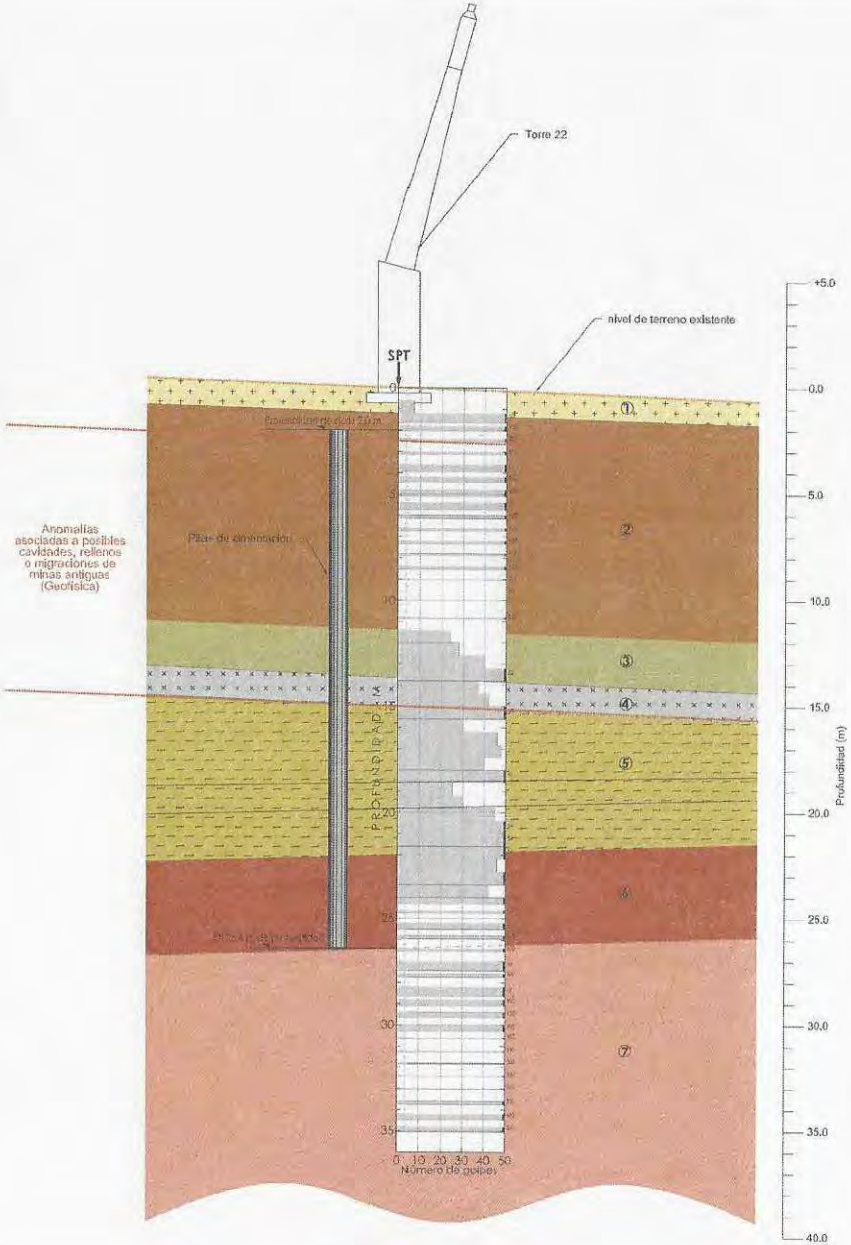
De 1.20 a 11.40 m. Arena limosa (SM), color café en estado muy compacto. El contenido natural de agua varía de 17.40% a 34.74%. El porcentaje de finos varía de 32% a 44%, arena de 41% a 55% y grava de 13% a 17%. El Límite Líquido varia de 37% a 40% y el Límite Plástico varia de 27% a 30%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 11.40 a 13.65. Arena limosa (SM), color café en estado semicompacto a muy compacto. El contenido natural de agua varía de 28% a 64%. El porcentaje de finos varía de 29% a 59%, arena de 51% a 63% y grava de 0% a 3%. El Límite Líquido varia de 40% a 41% y el Límite Plástico varia de 27% a 37%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 24 a más de 50.

De 13.65 a 15.0 m. Arena pumítica color gris claro, limosa. El contenido natural de agua varía entre 40 y 70%.

De 15.0 a 22.00 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de consistencia dura a muy dura, color café. El contenido natural de agua varía de 24% a 31%. El porcentaje de finos de 57%, arena de 30% y grava de 13%. El Límite Líquido de 35% y el Límite Plástico de 23%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 25 a 54.

De 22.00 a 26.40 m. Arena limosa (SM), en estado compacto a muy compacto, color [redacted] agua varía de 11.34% a 27.76%. El porcentaje de finos varia de 26% a 44%, arena [redacted] de 10% a 17%. El Límite Líquido varia de 28% a 35% y el Límite Plástico varia de 24% a 29%. El número medido en la prueba de penetración estándar varia de 43 a más de 50.



Interpretación estratigráfica (con profundidades referidas el nivel de brocal del SPT)

① **De 0.00 a 1.20 m. Material de relleno compuesto limos de baja plasticidad (ML).** El contenido natural de agua de 20%. El porcentaje de finos es de 28%, arena de 43% y grava de 29%. El Límite Líquido de 33% y el Límite Plástico de 25%. El número de golpes medido de 7.

② **De 1.20 a 11.40 m. Arena limosa (SM).** color café en estado muy compacto. El contenido natural de agua varía de 17.40% a 34.74%. El porcentaje de finos varía de 32% a 44%, arena de 41% a 55% y grava de 13% a 17%. El Límite Líquido varía de 37% a 40% y el Límite Plástico varía de 27% a 30%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

③ **De 11.40 a 13.65. Arena limosa (SM).** color café en estado semicompacto a muy compacto. El contenido natural de agua varía de 28% a 64%. El porcentaje de finos varía de 29% a 59%, arena de 51% a 63% y grava de 0% a 3%. El Límite Líquido varía de 40% a 41% y el Límite Plástico varía de 27% a 37%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 24 a más de 50.

④ **De 13.65 a 15.0 m. Arena pumítica** color gris claro, limosa. El contenido natural de agua varía entre 40 y 70%.

⑤ **De 15.0 a 22.00 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML).** de consistencia dura a muy dura, color café. El contenido natural de agua varía de 24% a 31%. El porcentaje de finos de 57%, arena de 30% y grava de 13%. El Límite Líquido de 35% y el Límite Plástico de 23%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 25 a 54.

⑥ **De 22.00 a 26.40 m. Arena limosa (SM).** en estado compacto a muy compacto, color café. El contenido natural de agua varía de 11.34% a 27.76%. El porcentaje de finos varía de 26% a 44%, arena varía de 46% a 57% y grava varía de 10% a 17%. El Límite Líquido varía de 28% a 35% y el Límite Plástico varía de 24% a 29%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 43 a más de 50.

⑦ **De 26.40 a 35.00 m. Arena arcillosa-limosa (SC-SM).** con gravas, en estado muy compacto, color café claro. El contenido natural de agua varía de 6.90% a 25.65%. El porcentaje de finos varía de 24% a 26% arena varía de 56% a 57% y grava varía de 19% a 20%. El Límite Líquido varía de 26% a 28% y el Límite Plástico de 24%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar 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 la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances continuados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizadas en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2,5 y 15,0 m de profundidad.

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22; en condiciones medias, se identifica una toba entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en estado muy compacto, con un número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semicompacto. Por esta razón, se considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torre 21, se considera la presencia de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente.

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3. VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBO	Vo.Bo.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Ing. Claudio Ghirardini Parda

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
Ing. Jesús Antonio Esteva Molina

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Muñoz Marín

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Humberto Rosario Cervantes

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPI-F-1-042-2022
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.

[redacted]

De 26.40 a 35.00 m. Arena arcillosa-limosa (SC-SM), con gravas, en estado muy compacto, color café claro. El contenido natural de agua varía de 6.90% a 25.65%. El porcentaje de finos varia de 24% a 26%, arena varia de 56% a 57% y grava varia de 19% a 20%. El Límite Líquido varia de 26% a 28% y el Límite Plástico de 24%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar 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 la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances controlados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizadas en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la ubicación, en cada línea, de las anomalías detectadas con el georadar. El informe completo se presenta en el Anexo 6.

Tabla 2. Resumen de profundidades de anomalías detectadas con Georadar

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22; en condiciones medias, se identifica una toba entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en estado muy compacto, con un número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semicompacto. Por esta razón, se considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de esta Torre, se considera la presencia de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente.

6.5 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 3 y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, geofísica, laboratorio y pruebas de ficómetro:

Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	Descripción	γ (t/m³)	c (t/m²)	$\phi°$	E (kg/cm²)	Observaciones
1	0.0 a 1.2	Relleno	1.6	1.5	10	70	De acuerdo con los resultados de la exploración geofísica, se considera la presencia de rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad, entre 3.0 y 15.0 m de profundidad.
2	1.2 a 11.4	Toba (SM) y (ML) arenosa	1.7	1.0	37	1,000	
3	11.4 a 13.65	Toba (SM)	1.65	1.0	32	250	
4	13.65 a 15.0	Arena pumítica	1.3	0.0	30	300	
3	15.0 a 18.6	Toba limosa arenosa	1.65	1.0	32	320	
5	18.6 a 19.8		1.65	5.0	30	300	
6	19.8 a 22.0		1.7	3.0	36	520	
5	22.0 a 26.4	Toba (SM), (SC)	1.7	5.0	37	800	
7	26.4 a 35.0		1.7	6.0	38	1,200	

γ: peso volumétrico; c: cohesión; ϕ: ángulo de fricción interna

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad en los materiales en los cuales no se realizaron pruebas de ficómetro, se determinaron mediante correlaciones con el número de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo.

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

La Torre 22, la cual tiene las coordenadas X=477,658.6392; Y= 2,145,083.4720 se sitúa a las afueras del Rancho del Charro y el Panteón Civil Dolores, Av. Constituyentes, Alcaldía Miguel Hidalgo, 11100 Ciu México, CDMX, donde se presentan algunos postes de telefonía y energía eléctrica, en el área de afec Esta torre es del tipo inclinada y tendrá una altura de 18.0 m.

7.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes para esta torre en particular aún no se tienen determinadas; sin área de estructuras se emitió una memoria de cargas, correspondiente a una torre tipo inclinad presentan en el Anexo 5. ***Resulta muy importante mencionar que, una vez que se tenga el análisis estructural propio de esta torre, se deberá hacer la comparación correspondiente con las capacidades de carga aquí presentadas.*** **Hasta el momento de realizar los presentes análisis, no se nos han proporcionado las cargas a nivel de cimentación, para la revisión del comportamiento en conjunto. Tanto para la capacidad de carga como para las deformaciones.**

7.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la posible presencia de minas subterráneas y los posibles rellenos utilizados para la rehabilitación de estas, 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.**

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 26.4 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 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 24.4 m.

Para el diseño de la cimentación de esta Torre, se considera la presencia de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente. Considerando que los esfuerzos verticales y aportación del fuste, son a partir de 15.0 m de profundidad.

7.3 Estado límite de falla

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

$$R = C_p + C_f - W_p \qquad (1)$$

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:

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

Donde:

p'_v	esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 19.0 t/m^2
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 19.0 t/m^2

Con:

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

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (4)$$

O bien

$$N_q^* = N_{máx} \quad (5)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (6)$$

Donde:

- Le longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 2.4 m
- B diámetro de la pila, m.
- ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 37°

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

Tabla 4 Valores de N_{max} y N_{min}

ϕ	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 la siguiente expresión (Ref. 2):

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^{m} \beta_i \bar{p}_{vi} L_i \quad \text{suelos friccionantes} \quad (7)$$

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
- β_i coeficiente de fricción
- $\bar{p}_{vi}$ esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m²

Con

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

Capacidad a la tensión. Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, tend[illegible] ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará es función de la fricción más una [illegible] del elemento:

$$C_{te} = C_f + 0.65\ W_p$$

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 reduci[illegible] pilas de distintos diámetros:

Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C_p (t)	C_f (t)	R (t)	C_{te} (t)
1.0	46.0	557.3	72.2	583.5	102.1
1.2	66.2	740.7	86.7	761.2	129.7
1.4	90.1	948.2	101.1	959.2	159.7

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C_{te}, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. ***Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m², para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.***

7.4 Estado límite de servicio

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

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

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud efectiva de la pila, igual a 2,440 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 1,000 kg/cm²
- E_c **módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para f'c= 350 kg/cm²**

con

$$E_c = 14{,}000 \sqrt{f'c} \qquad (11)$$

Considerando esta estructura como aislada, la deformación máxima permisibles será de 5.0 cm.

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, rea compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes (Ref. 5):

$$k_v = \frac{q}{\delta}$$

Donde:

- k_v módulo de reacción vertical, t/cm; kg/cm³
- q carga asociada, t
- las demás literales ya fueron definidas

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (10) y (12), se obtienen lo asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k_v (t/cm)	k_v (kg/cm³)
1.0	2.41	191.80	24.42
1.2	2.58	236.56	20.92
1.4	2.76	281.30	18.27

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

$$k_h = 0.2768\, k_2 \frac{z}{B} \qquad (13)$$

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
- k_3 coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³
- B diámetro del cimiento, m
- z profundidad media del estrato en revisión, m.

De acuerdo con las expresiones anteriores, en las Tablas 7 y 8 se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (Kg/cm³) B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 3.0	50	0.5	80.0	1.11	0.92	0.79
3.0 a 15.0	6	7	6.1	1.18	0.98	0.84
15.0 a 18.6	40	14.8	63.0	25.81	21.51	18.43
18.6 a 19.8	27	17.2	42.0	20.00	16.66	14.28
19.8 a 22.0	51	18.9	80.0	41.85	34.88	29.89
22.0 a 26.4	80	22.2	116.0	71.28	59.40	50.92

Tabla 8. Módulos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm³) B (m)
				4.50
0.0 a 1.3	7	0.9	8.00	0.04
1.3 a 2.0	50	1.9	80	0.93

Propuesta de cimentación. La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetr
separación mínima de 3 veces el diámetro. **Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carg**

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.

Esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad.

8. 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.

8.1 Preparación de áreas

En la zona que se desplantará esta torre, se tiene la presencia de algunos postes de telefonía, así como de energía eléctrica. Estas instalaciones deberán ser reubicadas fuera del área de afectación.

8.2 Pilas

Con las áreas liberadas 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 el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, e de indicios de alteraciones en la masa de suelo, adicionales a las ya consideradas.**

c) El concreto para la construcción de las pilas será de una f'_c= 350 kg/cm^2; el tamaño de ag máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un f_y de 4,200 kg

d) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se co cada 2.0 m.

e) Debido a que el estudio geofísico detectó anomalías entre 2.5 y 15.0 m de profundidad. Se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. 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.

f) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse totalmente e 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" p evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería confor asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El cola se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimenta d determine el área de estructuras.

i) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del c ina con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en form en 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.

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.**

8.3 Excavación

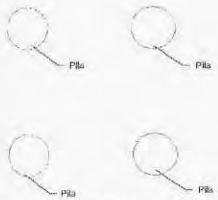
De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 5.0 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la excavación con dimensiones mínimas de 5.4 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

a) Se realizará la excavación hasta 2.0 m de profundidad, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Los análisis de estabilidad, consideran una sobrecarga de 1.5 t/m^2 en la corona, por lo que se deberá evitar la concentración de esfuerzos en esta zona.

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= 150 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 preparacio[redacted]s pa[redacted] conexión con la superestructura.

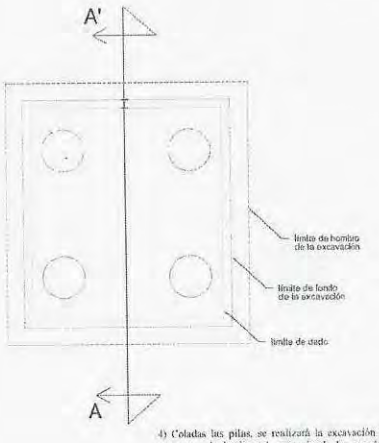
d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será relle[redacted]no fluido o bien, con relleno con calidad de terraplén, colocado en capas de 25 cm suelto y compac[redacted] al 95% de su P.V.S.M.

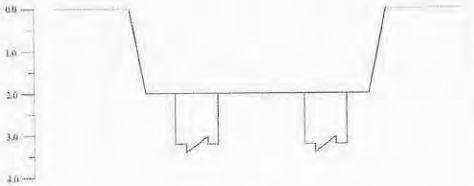


1) Una vez que se tenga el área liberada y se procederá con la reubicación los postes presentes en la zona de afectación.

2) Posteriormente se realizará la perforación y el colado de las pilas de cimentación. Previa inspección por un supervisior en mecánica de suelos, verificando las paredes y fondo de las perforaciones. En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Ver Fotos 1 y 2 del estudio, apartado 8.4). Esta lámina servirá como adorno 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

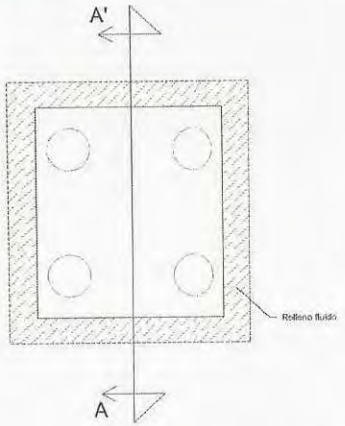
3) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de geotecnia, para revisar nuevamente la profundidad de desplante y las capacidades de carga.

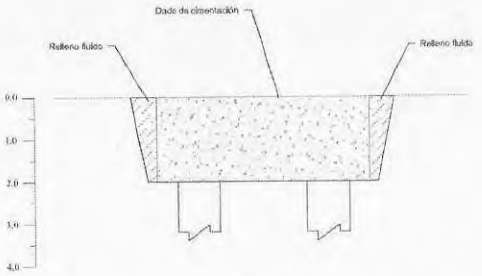




Corte A-A'

4) Coladas las pilas, se realizará la excavación hasta 2.0 m de profundidad con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero. Los análisis de estabilidad consideran una sobrecarga de 1.5 t/m² en la corona de los cortes, por lo que se deberá evitar la colocación de equipos pesados en esta zona.





Corte A-A'

5) 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=150 kg/cm², para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación

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

7) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido. O bien, con material con calidad de banco, compactado al 95% de su P.V.S.M.

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

No.	MODIFICACIÓN	FECHA	APROBO	Vo.Bo.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaría de Obras y Servicios en la CDMX
Mtro. Jesús Antonio Esteva Medina

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Muñoz Yarza

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Humberto Navarro Cavallo

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPF-F-1-042-2022
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-4 DE PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

[redacted]

8.4 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) Para todas las pilas con un diámetro mínimo 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 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.**

c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. 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.

d) En cualquiera de las posibilidades, se deberá revisar nuevamente la capacidad de carga de las pilas, para garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.

[redacted]

[redacted]

9. 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.

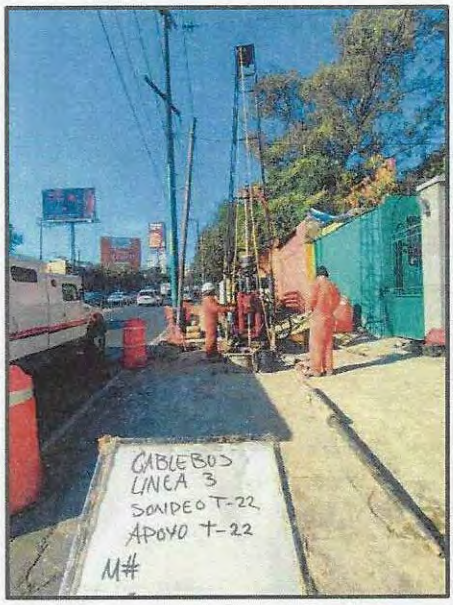
[redacted]

[redacted]

10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA

[redacted]

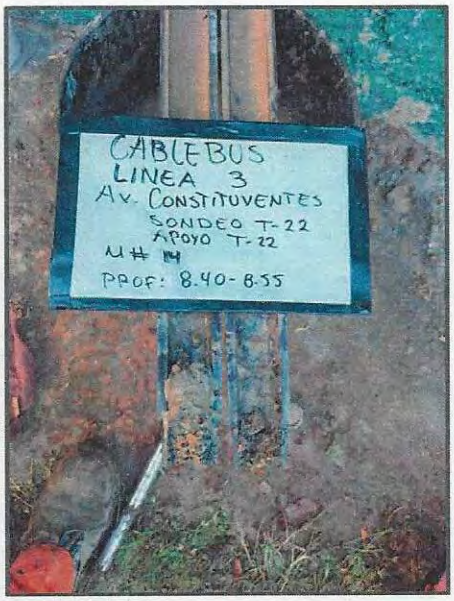
[redacted]





Fotografías 1 y 2. *Ubicación del sondeo para Torre 22*







Fotografías 3 a 8. *Muestras obtenidas por medio de tubo partido.*

[redacted]

[redacted]

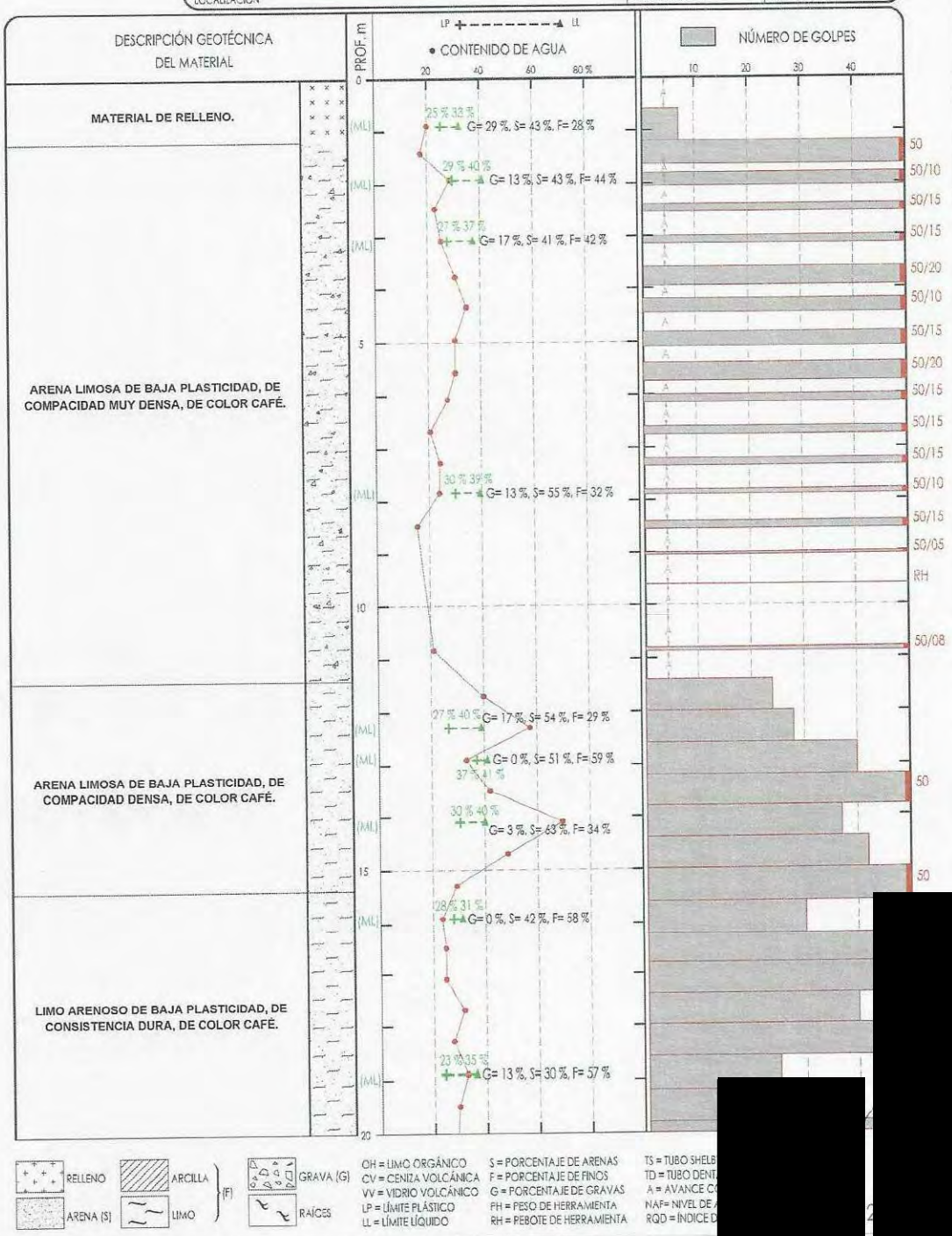
11. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

[redacted]

[redacted]

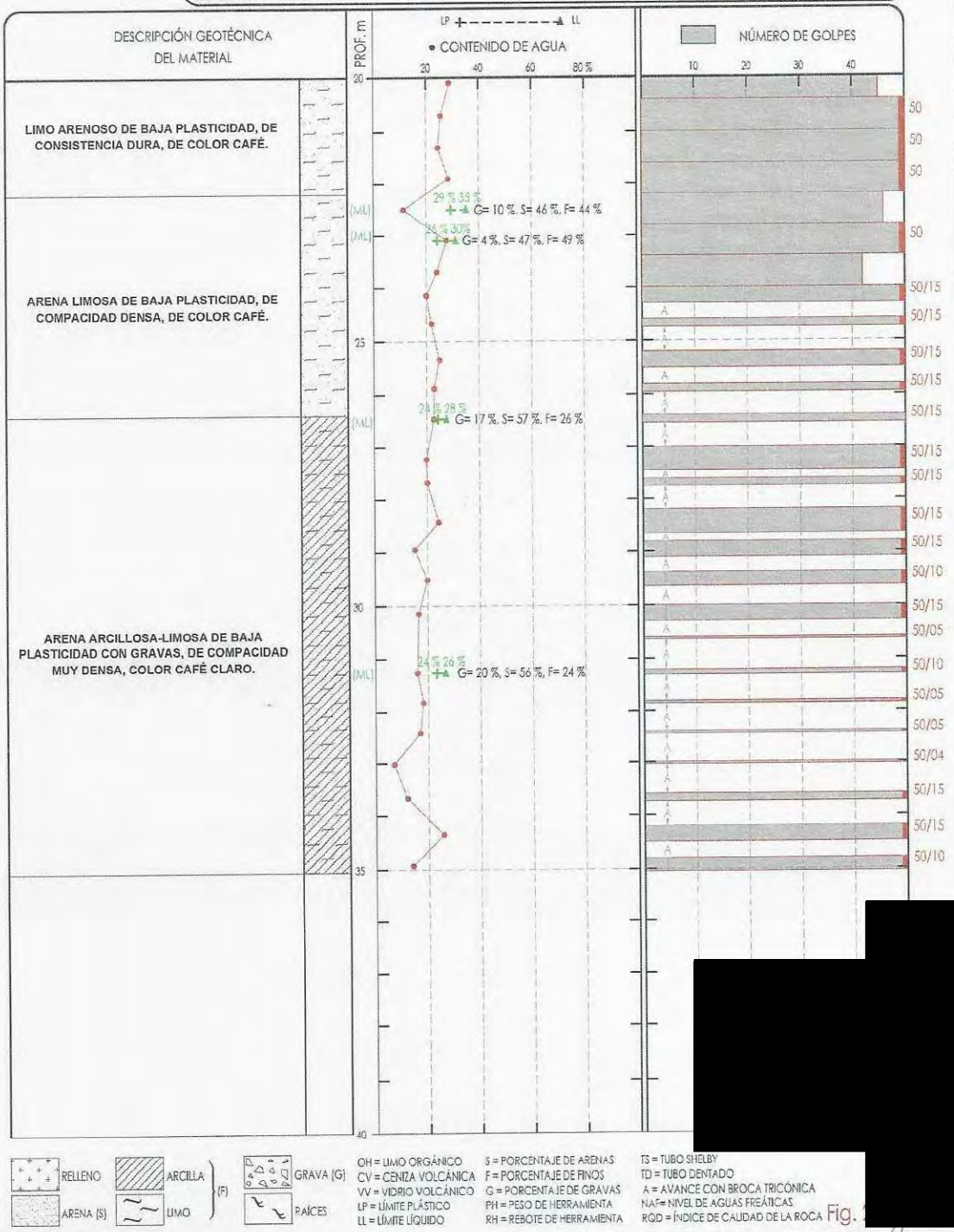
SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO	Cablebús L-3,Torre 22	SONDEO	SPT-1
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	PROF. EXPLORADA: 35.05 m	PROF. NAF: No se detectó



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO	Cablebús L-3, Torre 22	SONDEO	SPT-1
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	PROF. EXPLORADA: 35.05 m	PROF. NAF: No se detectó



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. 1

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO: Cablebús L-3, Torre 21
LOCALIZACIÓN: Av. Constituyentes Cablebús Línea 3
SONDEO: SPT-6
PROF. EXPLORADA: 35.25 m
PROF. NAF: No se detectó

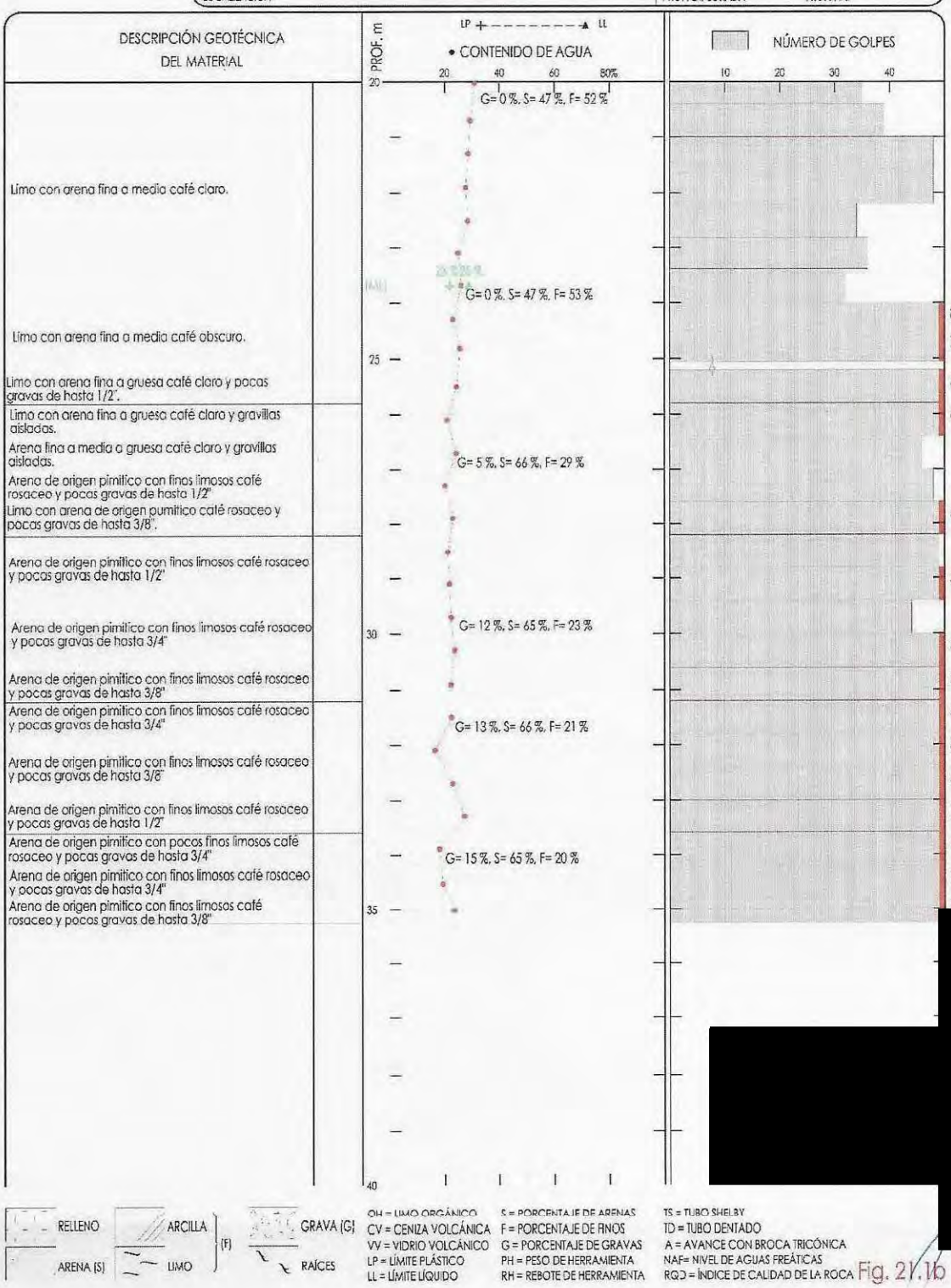


Fig. 21.1b

12. ANEXO 3. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR

[redacted]

[redacted]

SERGBEN
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA ESTACIÓN 04 "LIENZO CHARRO" DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALCALDÍA MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.



[redacted]

ELABORADO PO

SERGBE
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C.

PA

GAMI INGENIERÍA E INSTALACIONES S.A. DE C.V.

MARZO 3 DEL 20

[redacted]

LAS FLORES No. 92 "C", COL. TLACOPAC. C.P. 01040, CD. DE MEXICO. SITIO WEB : WWW.SERGBEN.COM
TEL (55) 55 30 40 24, (55) 55 43 38 32 CEL (55) 54 08 81 95.

INDICE GENERAL

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS.

2. GEOLOGÍA

2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

2.3 FOTOINTERPRETACION

3. RESULTADOS

4. CONCLUSIONES

ANEXO I MÉTODO DE GEORADAR

ANEXO II FOTOGRÁFICO

[redacted]

[redacted]

1. GENERALIDADES

En la actualidad se lleva a cabo la exploración para el proyecto de la Línea 3 del Cable Bus en su tramo de la Ave. Constituyentes al poniente de la ciudad.

Esta parte poniente de la Ciudad de México, es un área que antiguamente se caracterizó por la presencia de bancos de materiales para la extracción de arenas pumíticas tanto de forma superficial como de forma subterránea, esto se llevó desde finales del siglo 19 hasta mediados de la década de los años sesenta del siglo pasado, además que en el Atlas de Riesgo de la Ciudad de México la consideran como de alto riesgo por la probable presencia de cavidades.

Es por ello que la empresa **GAMI INGENIERÍA E INSTALACIONES S.A. de C.V**, *quien es la responsable del proyecto, ingeniería y construcción nos solicitó la realización de un Estudio Fotogeológico y Geofísico en el predio que ocupara la Estación 04 "Lienzo Charro", ubicada en la Ave. Constituyentes s/n, este estudio deberá definir las condiciones litológicas del subsuelo del predio su potencial presencia de cavidades en el área donde se desplantara la estación.*

El informe describe los trabajos realizados, así como sus resultados y conclusiones.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es el definir la distribución de los materiales del subsuelo, así como definir la potencial presencia de cavidades bajo el área de la Estación 04 "Lienzo Charro" y las Torres T21 y T22.

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

- Reconocimiento del sitio

En la primera etapa del estudio se efectuó una visita preliminar al sitio, para conocer las condiciones del predio, así como identificar los materiales que afloran en el área, sobre los cuales están construidas las actuales edificaciones del complejo Los Pinos, para de esta manera efectuar un programa de exploración que cubra lo mejor posible el área donde se planea construir la estación 04 del Cable bus.

Como parte de las actividades realizadas se hizo un reconocimiento físico de la zona donde se ubica el predio, que permitiera conocer e identificar los posibles diferentes materiales que afloran en la zona, así como se correlacionaron los resultados con los obtenidos en la mecánica de suelos que se realizó en el predio.

Ya en la segunda etapa se realizo una recopilación y análisis fotogeológico de las fotografías aéreas antiguas para determinar la evolución del predio en [redacted] Se lograron consultar los años de 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019 (Fo[redacted]

Para de esta manera conocer las condiciones antiguas y [redacted] identificar los materiales que afloran en el área, sobre los cuales se co[redacted] las condiciones del subsuelo del predio.

SERGBEN INGENIERIA DE[redacted]

Exploración Geofísica

El método de exploración que se uso fue el de georadar con una antena de 100 MHz, la cual nos permitió tener una profundidad de exploración de 20 m reales, ya que debido al tipo de material no se pudo profundizar más, así como un perfil continuo de información sin dejar zonas sin explorar.

El método se basa en que con un equipo que cuenta con dos antenas, una transmite un pulso electromagnético al subsuelo, y este viaja al subsuelo, y regresa y es captado por otra antena receptora. La información se va observando en una computadora a manera de una grafica llamada "Radagrama". Que es una especie de grafica de ultrasonido como el que se le hace al ser humano en la medicina. En este radagrama se puede observar directamente en campo como se va obteniendo esta grafica, e identificarse desde ahí posibles puntos críticos.

Esta información es almacenada en una computadora, para posteriormente en gabinete hacer un procesado mayor y una interpretación final de los resultados obtenidos. Asociando las observaciones de campo, mecánica de suelos y lo encontrado en las fotografías aéreas.

Ya en el predio que ha sido usado como las oficinas de la presidencia de la república, el cual hasta el momento de hacer la exploración geofísica este se encuentra en operación, por lo que se tuvo que sujetar a los espacios disponibles para la realización de la exploración geofísica.

Teniendo de referencia el plano del sembrado del proyecto de la estación 04 del Cable bus se hicieron líneas en la parte exterior sobre la banqueta y primer carril de Ave. Constituyentes, así como dentro de las instalaciones del lienzo charro en las áreas disponibles y que quedaron dentro de la zona del proyecto tratando de darle continuidad a las líneas exteriores. También se hicieron dos líneas más en la calle de Cda de Noche Buena, ubicada del otro lado de la Ave. Constituyentes donde habrá una escalera de acceso a la estación. Se realizaron en total 33 (TREINTA Y TRES) líneas de georadar, que incluyo también las áreas de las Torres 21 y 22. (Ver Plano 1 y Fotografías 8 a 44). A continuación se presenta la tabla con el volumen de exploración realizado:

[redacted]

[redacted]

No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)	No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)
1	80.10	11	7.50
2	81.45	11 A	6.40
3	80.05	12	11.60
4	7.90	12 A	8.10
4 A	6.40	13	11.50
5	7.80	13 A	7.85
5 A	6.30	14	7.50
6	7.80	14 A	8.60
6 A	6.65	15	6.70
7	7.60	16	7.25
7 A	6.50	17	7.25
8	7.70	18	7.65
8 A	5.95	19	15.10
9	7.60	20	14.15
9-10	3.15	A 1	33.75
10	7.60	A 2	6.55
		A 3	17.30
Total 1	330.55	Total 2	184.75
Gran Total 1 + 2		515.30	

Es decir en total se realizaron 515.30 metros lineales de exploración con georadar, aún cuando inicialmente solo se realizarían un total de 400, existiendo una diferencia de 115.30metros lineales más, lo cual no impactara en el costo final del estudio.

- *Procesamiento e interpretación de la información*

En el presente texto se describen los resultados obtenidos y en los Planos 2 y 3 se ilustran cada una de las líneas realizadas, con su ubicación, y su correspondiente radagrama, procesado e interpretado, asociando los resultados a los materiales del subsuelo. La información recolectada en cada una de las líneas, pasó por una serie de procesos y análisis, para llegar a determinar la distribución de los diferentes materiales explorados y del subsuelo, así como de las anomalías asociadas a las diferentes condiciones del concreto analizado.

Se usó el siguiente software para el procesado de la información: Ground V V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013), Reflex V 3.5 (Germany 2005), RadExplorer V 1.41 (P 2018), IXGPR V2.3 (USA 2007), Mala Vision (Sweden 2022).

Finalmente se analizaron cada una de las líneas realizadas y obtuvieron una ser áreas donde se ubicaron la posible presencia de algunas heterogeneidades sobre las lí exploradas con georadar, marcándose sobre la línea correspondiente atendiendo a ubicación en cada uno de los planos generados.

[redacted]

Es de suma importancia aclarar que la exploración geofísica es una tipo de exploración INDIRECTA, ya que se basa en la medición de propiedades físicas del subsuelo para posteriormente hacer una modelado matemático del comportamiento del mismo, y finalmente una interpretación de estos modelos matemáticos, pudiendo existir una serie de factores externos y ajenos a las mediciones geofísicas que pueden alterar esta interpretación.

Es muy certera la exploración geofísica cuando se tiene información adicional (Mecánica de Suelos, Fotografías aéreas, otros estudios, etc.) para hacer una interpretación correcta al modelo matemático.

También es importante recordar algo que se llama anisotropía de los materiales que significa que existen cambios importantes en la señal y/o valores de medición cuando se realizan mediciones en líneas ortogonales y no hay una coincidencia clara en los espesores modelados, ya que el medio no es homogéneo e isótropo, que también lo vemos en algunas de las líneas de georadar realizadas en este proyecto.

Como se mencionó de manera breve en la exploración con georadar se usa una señal electromagnética en la cual se mide la longitud de onda de la señal la cual depende de la frecuencia de la antena que se use y del material explorado, en este caso se usó una de 100MHz, la cual tiene una longitud de onda de unos 0.6 a 0.8m por lo que objetos de menores dimensiones no son detectados.

En el Anexo 1, se presenta una breve descripción del método empleado, el cual incluye los principios físicos del georadar en los cuales se fundamenta, el equipo empleado y un breve apartado que describe el procesamiento de la información.

El Anexo 2 muestra las fotografías tomadas durante el proceso de levantamiento de georadar en campo.

El Anexo 3 corresponde a los planos generados.

2. GEOLÓGIA

2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

La zona de estudio se ubica al poniente de la ZMCM, misma que se conforma por las 16 delegaciones del Distrito Federal y los Municipios conurbados del Estado de México. Fisiográficamante, la ZMCM se localiza en la porción sur de la Cuenca de México, la cual se caracteriza por la presencia de una altiplanicie de origen lacustre, endorreica; ubicada a más de 2,200 msnm, cercada por sierras de origen volcánico que se levantan a más de 1,000 m sobre la parte baja de la Cuenca.

A su vez, la Cuenca de México se ubica en la porción central de la Provincia Geológica de la Faja Volcánica Transmexicana. La Cuenca se constituye por una depresión azolvada (conocida de manera errónea como Valle de México), a manera de gigantesca presa, y delimitado por las sierras de Pachuca, Tepotzotlán, Guadalupe, Patlachique y Tepozán hacia el norte; de las Cruces al poniente, Nevada y de Río Frío al oriente y Chichináutzin al sur. Su origen se asocia al levantamiento de la corteza en los inicios del Terciario, y su fracturamiento en bloques, con los consecuentes eventos de intensa actividad volcánica iniciados durante el Mioceno Temprano (hace unos 24 millones de años), con la extravasación de las Series Volcánicas de la Sierra de Pachuca, al norte. La última sierra en levantarse, con lo cual se cerró la cuenca, fue la de Chichináutzin, desde hace aproximadamente 800,000 años.

En el Reciente, la actividad volcánica se manifiesta dentro de la Cuenca de México con el levantamiento de la Sierra de Chichináutzin, aunque este fenómeno se asocia, ahora, a la subducción de la placa tectónica marina Rivera, bajo la Placa Norteamericana. La Sierra Chichináutzin se considera como un campo monogenético (aparatos que tiene un solo evento eruptivo, que puede durar varios años, usualmente entre 5 y 15) en actividad, baste señalar que el Volcán Xitle, ubicado en su ladera noroccidental, hizo erupción hace apenas 2,400 años, es decir, ya en tiempos históricos.

La constante actividad volcánica en la Cuenca durante el Cuaternario, con abundantes emisiones de piroclásticos que se depositaron tanto en ambientes secos al pie de las sierras, como en agua, dieron origen a su asolvamientos. Los últimos materiales que se depositaron corresponden con las conocidas arcillas blandas de la Ciudad de México.

En las zonas altas que bordean al valle hacia la porción poniente y sur existen coladas lávicas andesíticas y domos de la Formación Las Cruces, y los depósitos piroclásticos característicos de la Formación Tarango, así como derrames basálticos y depósitos de es (tezontle) de la Sierra de Chichináutzin.

Al pie de las sierras, a manera de abanicos, se depositaron grandes volúmen materiales arrastrados por los ríos y arroyos, de composición muy diversa y estratificaciones paralela y cruzada o con estructura lenticular, con procesos de corte y r de paleocanales, que se interpretan como la dinámica erosiva que se ajustaba a perio lluvias con intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y, principalmente hacia el centro, es posible de potentes depósitos lacustres constituidos por ceniza volcánica desvitrificada, intercalad arena fina de pómez, arena fina lítica y limo; estos depósitos aparecen intercalado estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en contac formaciones pétreas de las zonas altas.

Las estructuras geológicas mayores que fácilmente se reconocen en el mapa, y en el campo, son fallas y fracturas paralelas de dirección NE – SW, sobre los cuales han labrado sus cauces los escurrimientos que bajan de la Sierra de Las Cruces, por ejemplo, de los ríos y arroyos Magdalena, Atzoyapan, Becerra, Tacubaya, Borracho, Del Muerto, El Moral entre otros más. En esta sierra también se reconocen fracturas y fallas menores que cortan a las anteriores de manera más o menos perpendicular, sobre las que arroyos tributarios labran su cauce para descargar a los principales.

La unidad litológica que tiene mayor importancia en la porción poniente de la ZMCM, tanto por su distribución como por sus implicaciones geotécnicas, es la Formación Tarango. La Formación Tarango se distribuye al pie de la Sierra de las Cruces, desde San Bernabé – San Jerónimo – San Ángel, al sur del Distrito Federal, hasta las cercanías de Tepozotlán, Edo. De México, al norte. Dicha unidad de roca alberga un amplio conjunto litológico que incluye tobas de matriz limosa, arenosa y limo-arenosa ("tepetates"), horizontes de arena pumítica, lahar, ignimbrita, brechas volcánicas, aglomerados y depósitos híbridos (materiales volcánicos depositados directamente sobre cuerpos de agua, fluviales y lacustres).

Los diversos materiales de la Formación Tarango se depositaron a manera de abanicos volcánicos en torno a los centros eruptivos mayores, con capas gruesas y horizontes estratificados de forma regular, irregular, lenticular, con discordancias angulares y erosionales. Al depositarse al pie de elevaciones, estos paquetes se inclinan hacia el oriente entre 4 y 10 grados, pero al rellenar paleotopografías es factible encontrarlos con inclinaciones mayores y, aun, horizontales.

Cabe señalar que las erupciones más violentas de los conos de la Sierra de las Cruces dieron origen a las emisiones de arenas pumítica, por lo cual tienen distribución uniforme a lo largo de varios kilómetros. Estas arenas de pómez se encuentran interestratificadas con el resto de las unidades litológicas de la Formación.

Comúnmente son identificables de uno a dos horizontes de este tipo, sin embargo, en casos excepcionales se han reportado hasta tres y cuatro horizontes de estas arenas en una sola barranca. El espesor promedio de sus horizontes varía entre 0.8 y 2.5m. El espesor de esta Formación Tarango varía de punto a punto, pero se estima del orden de 300 a 400m.

Dado el lapso de tiempo que transcurrió entre el depósito de una y otra de las emisiones de sus piroclásticos, hubo periodos de tranquilidad en los que se erosionaron sus estratos, formándose paleocanales que frecuentemente se rellenaron con aglomerados provenientes de macizos rocosos andesíticos.

Sobre esta formación se han acumulado aluviones de arena, grava y arcilla en estado suelto, y suelos residuales; en ocasiones, el hombre ha colaborado con el relleno de depresiones naturales (barrancas) o antrópicas (bancos de materiales) al depositar rezaga (deshecho de las minas o de cortes para la apertura de caminos), cascajo y basura.

La morfología que presenta la Formación Tarango es de lomeríos orientados SW - NE delimitados por arroyos que escurren a través de cañadas y barrancas, ge[redacted]tas y profundas, en forma de "V" cerrada.

La zona poniente de la ZMCM se caracteriza por la presencia de cañadas y lomeríos paralelos de dirección SW – NE. Los ríos y arroyos que escurren por dichas barrancas labraron su cauce siguiendo fallas y fracturas mayores, verticales a subverticales, algunas de carácter regional, como en los casos de los ríos Magdalena, Barranca del Muerto, Tacubaya, Becerra, El Moral entre otros, cuya traza de falla se han interpretado que cruza totalmente el Distrito Federal y se prolonga hacia el oriente dentro de los estados de México e Hidalgo.

Los contactos son usualmente sensiblemente paralelos a los planos de estratificación; sin embargo, los periodos de calma entre erupción y erupción, sin depósito de materiales, con erosión permanente, así como el corte y relleno de paleocanales, implican la presencia de discordancias que ponen en contacto materiales depositados en diferentes edades.

2.2 GEOLOGÍA DEL SITIO

En el predio existe una serie de instalaciones en la parte alta del área, donde debe de existir un relleno, y un suelo vegetal bajo el cual según la mecánica subyace el terreno natural que está constituido por un a Toba arenosa que puede variar a pumítica, color café claro amarillento.

Estos materiales pertenecen a la Formación Tarango, la cual esta constituida por una secuencia y alternancia de Tobas ya sea de predominancias arcillosas, limosas, pumíticas y/o arenosas francas, así como cualquiera de sus combinaciones.

Esta formación tiene una amplia distribución en la parte poniente del Valle de México, donde se localiza la zona de estudio.

2.3 FOTOINTERPRETACION.

Se localizaron fotografías de los periodos 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019 (Fotografías 1 a 6), al ubicar el predio en las fotografías aéreas antiguas se definió lo siguiente:

En el año de 1939 (Fotografía 1), el predio donde se proyecta la Estación 04 "Lienzo Charro" se ubica sobre la Ave. Constituyentes (Antes Madereros), se observan aun las vías del tren a Belén de las Flores sobre la Ave. Observatorio, de hecho esta aún no está pavimentada. En la ladera sur se observan una serie de mancha blanquecinas y caminos que pasan frente a estas (Se marcan con flechas rojas), esas son zonas de explotación que pudieran ser solo rascaderos, pero al haber caminos de acceso seguramente son bocaminas. En la parte alta ya donde se ubica la huella de la estación 04 y al poniente del predio, se observa una gran zona casi blanca (Línea discontinua verde), que en otros sitios ha correspondido por estas características a una explotación superficial del arenas pumíticas.

Para 1945 (Fotografía 1); las manchas que se veían en la ladera sur ya casi han desaparecido y en otros casos ya tiene construcciones encima. En la zona al poniente del predio de la huella de la estación se ve solo un rascadero alargado, y por el color de grisáceo el suelo debió de estar cubierto por pasto, se ven también más árboles. Se observa que existen casas entre la Ave. Constituyentes y Observatorio.

[redacted]

[redacted]

En 1959 (Fotografía 1); se pueden ver más construcciones en la ladera sur de Ave. Constituyentes, aun cuando se ve un tanto borrosa la fotografía ya prácticamente no hay vestigios de los caminos de acceso a las minas y tampoco de las bocaminas. En la zona ubicada al poniente de la huella de la estación 04 se observa que ya hay construcciones en lo que sería el Lienzo Charro, de hecho por la forma de ellas podrán ser ya caballerizas. La Ave. Constituyentes y Observatorio están urbanizadas y tienen más o menos el mismo trazo que el actual.

Ya en 1970 (Fotografía 1); se ve que ya no existe ningún vestigios de los caminos y bocaminas, ya está totalmente urbanizado, se observan las misma construcciones en la zona del Lienzo Charro

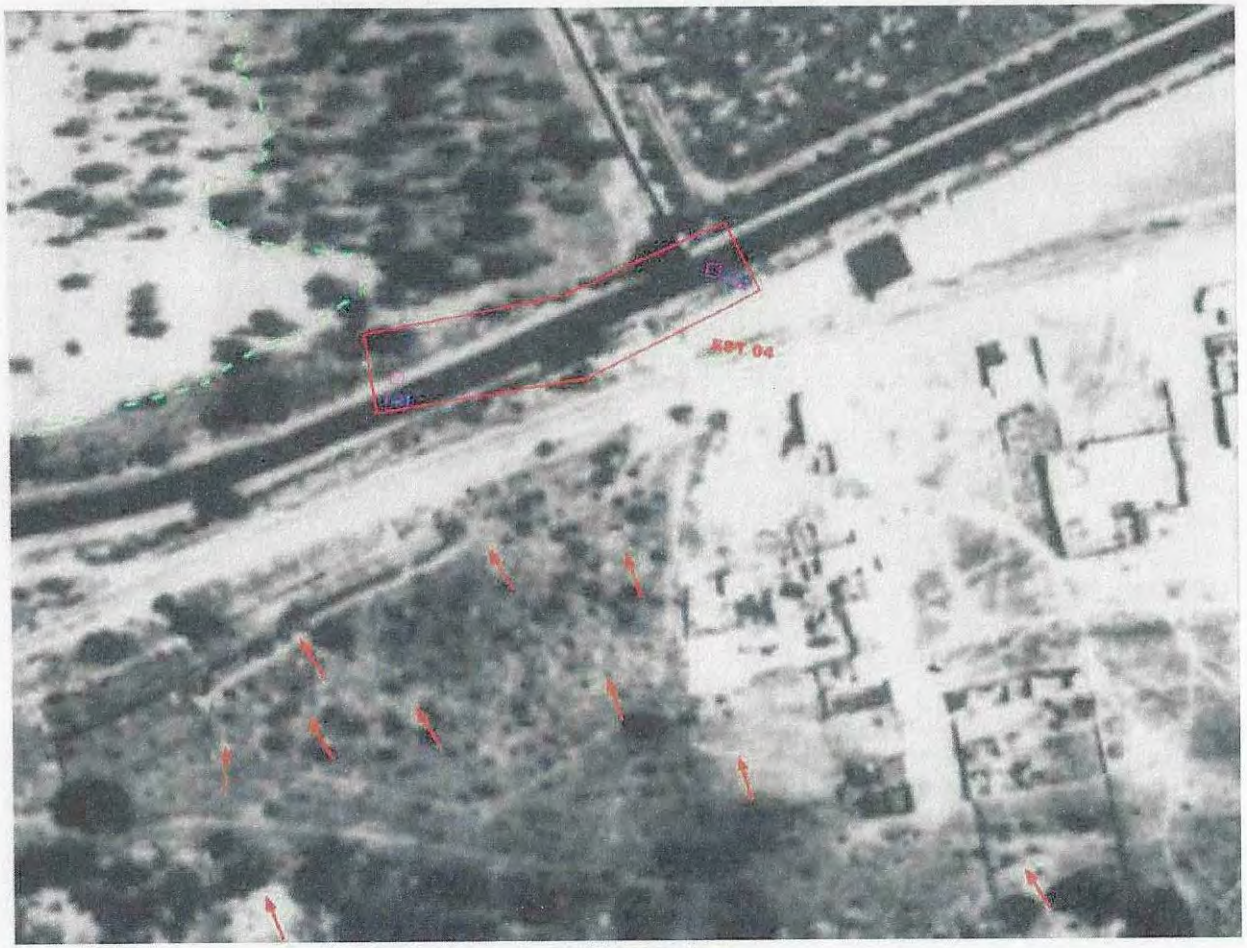
Para el 1987 (Fotografía 1); se observa ya con las instalaciones del Lienzo Charro más o menos como en la actualidad, el área que lo circunda está totalmente urbanizada.

En el 2019 (Fotografía 1); se observa como en la actualidad y ahí ya está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 0 4 Lienzo Charro.

[redacted]

[redacted]

[redacted]



FOTOGRAFÍA 1

[redacted]

[redacted]

el año de 1939 el predio donde se proyecta la Estación 04 "Lienzo Charro" se ubica sobre la Ave. Constituyentes (Antes Madereros), se observan aun las vías del tren a
n de las Flores sobre la Ave. Observatorio, de hecho esta aún no está pavimentada. En la ladera sur se observan una serie de mancha blanquecinas y caminos que pasan
e a estas (Se marcan con flechasrojas), esas son zonas de explotación que pudieran ser solo rascaderos, pero al haber caminos de acceso seguramente son bocaminas.
En la parte alta ya donde se ubica la huella de la estación 04 y al poniente del predio, se observa una gran zona casi blanca (Línea discontinua verde), que en otros sitios ha
correspondido por estas características a una explotación superficial del arenas pumíticas.

[redacted]



FOTOGRAFÍA 2

bservan las manchas que se veían en la ladera sur ya casi han desaparecido y en otros casos ya tiene construcciones encima. En la zona al poniente del ella de la estación se ve solo un rascadero alargado, y por el color de grisáceo el suelo debió de estar cubierto por pasto, se ven también más árboles. Se observa que existen casas entre la Ave. Constituyentes y Observatorio.

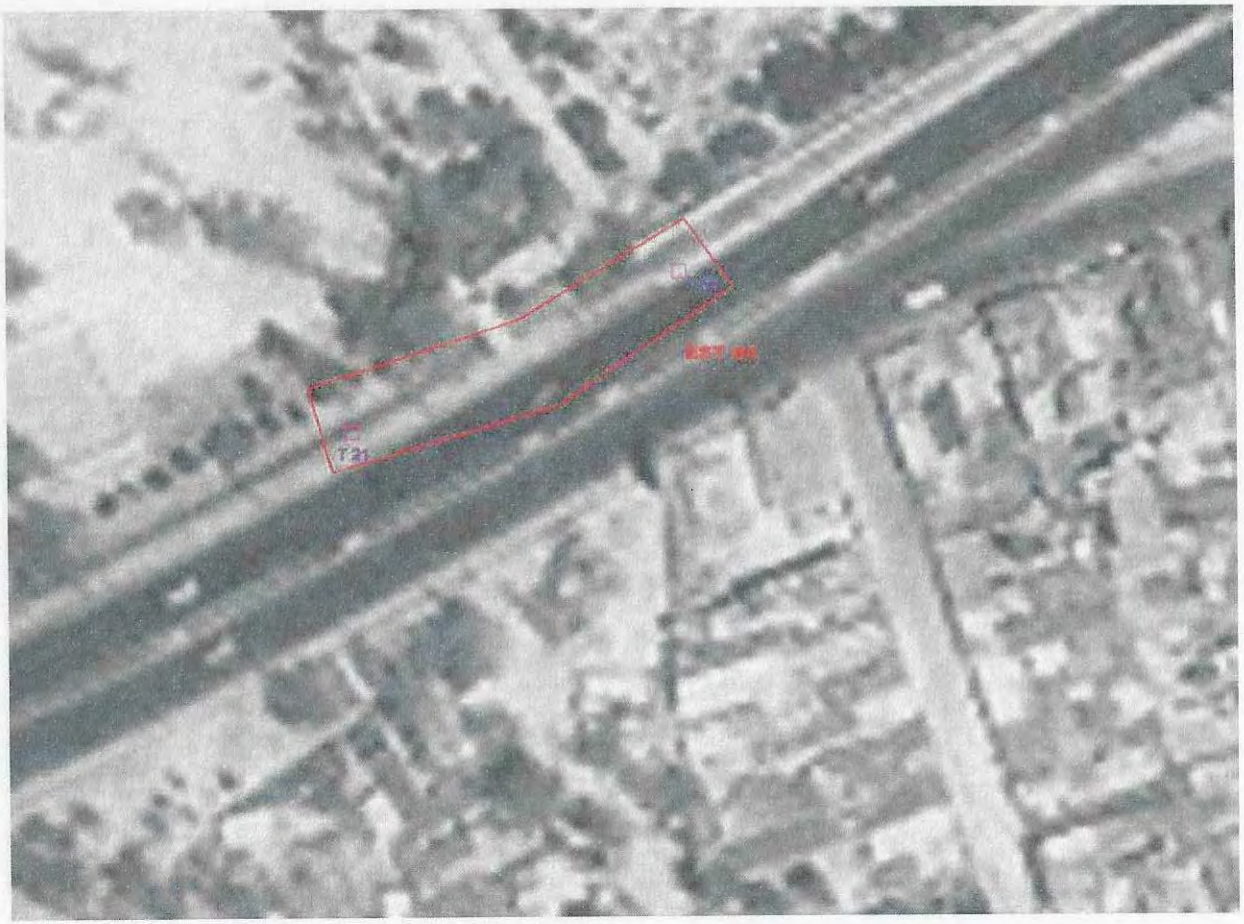


FOTOGRAFÍA 3

e observan más construcciones en la ladera sur de Ave. Constituyentes, aun cuando se ve un tanto borrosa la fotografía ya prácticamente no hay vestigios de los acceso a las minas y tampoco de las bocaminas. En la zona ubicada al poniente de la huella de la estación 04 se observa que ya hay construcciones en lo que sería enzo Charro, de hecho por la forma de ellas podrán ser ya caballerizas. La Ave. Constituyentes y Observatorio están urbanizadas y tienen más o menos el mismo trazo que el actual.

[redacted]

[redacted]



FOTOGRAFÍA 4

Ya en 1970 se observa que ya no existe ningún vestigio de los caminos y bocaminas, ya está totalmente urbanizado, se observan las misma construcciones en la zona del Lienzo Charro

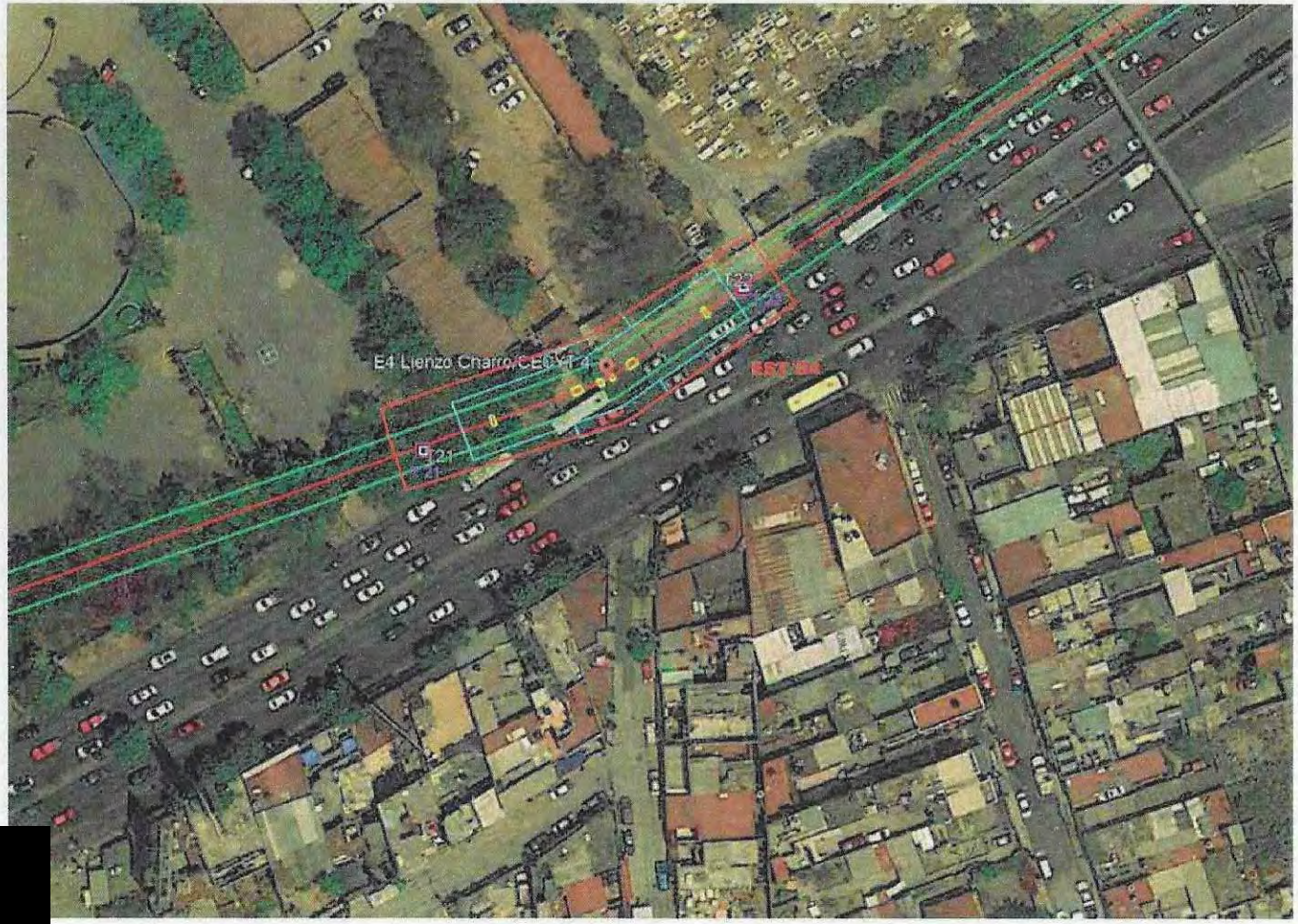
[redacted]



FOTOGRAFÍA 5

[redacted]rva ya con las instalaciones del Lienzo Charro más o menos como en la actualidad, el área que lo circunda está totalmente urbanizada.

[redacted]



FOTOGRAFÍA 6

[redacted]rva como en la actualidad y ahí ya está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 0 4 Lienzo Charro.

[redacted]

3. RESULTADOS

Se realizaron un total de 33 (Treinta y Tres) líneas, se ubicaron las líneas de acuerdo la retícula y a la zona de cimentación de la estructura y adecuándose a los espacios disponibles en el momento de la realización de la exploración geofísica. (Fotografías 6 a 37 y Plano 1).

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y para su interpretación se basó en los resultados de la mecánica de suelos proporcionada por Ingenieros Cuevas, S.C., en donde se identifica una estratigrafía constituida por 4 (Cuatro) diferentes estratos hasta los 35m de la exploración con el georadar.

Ya que el objetivo del estudio es definir la potencial presencia de cavidades en el subsuelo de la base de la torre se sabe que se realizó una la mecánica de suelos (Sondeo SPT-6 T21) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica, el primero entre 11 a 15m, mientras que en la Torre T22 se realizó el sondeo SPT-1 T22 definiéndose algo que pudiera ser una Toba areno limosa que pudiera tener gravas de pómez, este estrato se ubica más o menos entre los 12 a15m de profundidad casi en el mismo intervalo que el otro sondeo. Motivo por el cual es importante en esta zona identificar en los radagramas anomalías que se pudieran asociar a la presencia de cavidades a esa profundidad y/o rasgos que indiquen fracturamiento y/o zonas de colapsos en proceso asociadas a la presencia de cavidades a esa profundidad en estos materiales.

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y de su interpretación se definieron DOS grupos de anomalías geofísicas asociadas la primera a la estratigrafía constituida por 4 (Cuatro) diferentes estratos hasta los 20m de profundidad de investigación del georadar. y la segunda a la ubicación de anomalías asociadas a posibles cavidades en el área explorada.

A continuación se describen cada una de estos materiales:

PRIMER GRUPO: Estas son anomalías asociadas la respuesta de los diferentes materiales del subsuelo, en donde se definieron básicamente cuatro tipos de material:

*El material **M1**; es un material constituido por relleno y una Toba Arenosa que va de fina a gruesa e incluso algunas gravas que se distribuye superficialmente en toda el área explorada, este material al estar constituido por otros materiales diferentes presenta una compacidad variable pero predominantemente baja, por lo que deberá de retirarse para dar lugar a la cimentación. Tiene un espesor de 2.0 a 2.5m.*

*El **M2** de acuerdo a la mecánica de suelos este material se asocia a una Toba Areno Limosa pero con arenas finas que varían a medias y gruesas eventualmente, se parece algo al horizonte que le subyace, pero la respuesta del georadar es diferente. Se presenta entre los 2.5 a 11.0m de profundidad en promedio en las 33 líneas de georadar levantadas.*

En los radagramas está muy lejos de ser homogénea, realmente se observ[redacted] y sumamente heterogénea, se observa que la señal no es totalmente cóncavas para[redacted] cierta curvatura que pudiera estar asociado a la migración de cavidades. S[redacted] comportamiento vertical y lateral es totalmente aleatorio, aun cuando se prese[redacted] casi horizontal, tiene un espesor de casi de 8 a 9m en promedio.

Es importante señalar que en la mecánica de suelos NO se definieron cavidades pero de acuerdo a lo que se observa en la respuesta de los radagramas en este material pareciera que si existieran, aun cuando la Toba Pumítica está entre 11 y 15 m de profundidad.

El las fotografías aéreas se observan que en la ladera sur de Constituyentes si hay evidencia que hubo bocaminas y caminos de acceso a ellas, pero en la mecánica de suelos no se detectaron, lo cual no quiere decir que no existan.

El material M3; ya se asocia a la presencia de una Toba Arenosa Pumítica con algo de limos pero pumítica, se presenta en las 33 Líneas exploradas, de acuerdo a la mecánica de suelos este horizonte va de 11 a 15m de profundidad. Se observa en los radagramas procesados e interpretados que existe un importante amortiguamiento en la señal del georadar producto que encima la señal de georadar se ha disipado mucho por la heterogeneidad de los materiales que le sobreyacen.

*Finalmente el material **M4**; se asocia a una alternancia de Tobas Limo Arenosas, con algunos horizontes de arenas gruesas, se presenta en todas las líneas exploradas, se pueden observar en los radagramas procesados e interpretados prácticamente se pierde la señal del georadar en este material por la profundidad y el amortiguamiento de la señal en los materiales que le sobreyacen, aparentemente más compacto que los materiales arriba descritos, se presenta a partir de los 15m de profundidad.*

SEGUNDO GRUPO; Se observa que casi en todas las líneas de georadar las se presentan principalmente en el material M2 en donde se observa que la señal de georadar tiene un comportamiento errático, presentando repetidamente zonas con discontinuidades laterales.

En algunos casos la señal hace una especie de cúpula y/o concavidad, así como zonas irregulares donde la "estratificación" (continuidad de la ondas) se ve interrumpida y/o desplazada en el sentido vertical, esto se debe justo a que pueden existir cavidades bajo el subsuelo del área explorada, así por los antecedentes de las fotografías aéreas analizadas, se observa que si hubo explotación subterránea en el área.

Por el comportamiento de la señal del georadar se infiere que al presentarse las anomalías no exactamente en el horizonte de las Tobas Pumíticas (M3) sino en los materiales que le sobreyacen esto quiere decir que las cavidades están migrando (Con el tiempo los techos de las cavidades se colapsan, rellenan parte de la antigua mina y nuevamente vuelve a colapsar el techo y se genera otro "relleno" interno de la mina, pero el agujero se va haciendo más grande. (Ver Figura 1)

[redacted]



Figura 1: Aquí se ejemplifica como una cavidad y/o mina migra hacia la superficie producto de la erosión, humedad y el tiempo, primero existe la cavidad, se erosiona y empieza a colapsar su techo generando un hueco arriba del estrato de explotación (1 y 2), más tarde vuelve a colapsar el techo y genera un hueco más arriba del anterior y "rellena" de forma muy irregular el hueco haciéndose más grande hacia arriba y muy irregular, dejando abajo el horizonte explotable y un hueco mayor arriba. Al casi llegar a la superficie se van generando grietas en el terreno y también asentamientos tipo vados en la superficie lo cual antecede al colapso del suelo.

Por el tipo de anomalías que se están definiendo en este sitio correspondiente a la Estación 04, y los antecedentes de las fotografías áreas se observa en los radagramas que esta condición pudiera estar sucediendo en el subsuelo.

También puede ser que exista una importante variación lateral de los materiales que sean más gruesos en su granulometría y un tanto heterogéneos, que nos estuvieran generando anomalías de este tipo similares a posibles cavidades.

Algo que también se pude ver el los radagramas de los plano 2 y 3 es que la profundidad de las anomalías es variable, que bien puede ser que efectivamente el estrato de Toba Pumítica no se horizontal, pero seguramente esto está más asociado a la cantidad d material colapsado que se encuentra en la zona de la antigua mina más a que varié profundidad del estrato de la Tobas Pumíticas.

Esta variación se observa que va de los 2.0 a 11 ó 12m y hasta 14m de profundidad. E el plano 1 se ubicaron estas anomalías en planta sobre cada una de las lín un recuadro achurado color magenta, indicándose la profundidad máxima a la anomalía.

[redacted]

A continuación se presenta a manera de tabla la ubicación en cada línea de estas anomalías asociadas a posibles cavidades y/o heterogeneidades laterales importantes del material.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

[redacted]

3. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.

- *Se realizó un análisis de fotografías aéreas en los periodos de 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019.*
- *De este análisis de fotografías aéreas antiguas que en la parte sur del predio en la ladera de la Ave. Constituyentes se ve que existió desde 1936 una importante zona de caminos y de accesos (bocaminas) a las minas subterráneas, pudiéndose prolongar bajo la zona de la huella de la Estación 04 Lienzo Charro.*
- *A partir de 1945 se observa empiezan a desaparecer estos caminos y bocaminas y para 1959 ya se empieza a urbanizar el área cubriendo los vestigios de las antiguas minas.*
- *La exploración con georadar realizada se llevó hasta 20m de profundidad, ya que el tipo de material y su heterogeneidad no permitió una mayor profundidad de exploración.*
- *Se observa en los radagramas de las 33 líneas realizadas que existen zonas con deformaciones en la señal del georadar, lo cual nos evidencia la presencia de anomalías en los diferentes materiales del subsuelo, pero teniendo el antecedente de este tipo de anomalías en otros proyectos se le puede asociar este tipo de anomalías a la posible presencia de cavidades en el subsuelo, y en este caso también a posibles variaciones laterales en la constitución de los materiales que pudieran ser más gruesos e irregular su distribución.*
- *En la mecánica de suelos se identificó un horizonte de tobas pumíticas que van de 11 a 15m en la parte de la torre 21, mientras que en la torre 22 se presenta entre 12 a 15m, por lo que de haber cavidades se esperaría que existieran anomalías a partir de ahí hacia arriba.*
- *En los radagramas de 33 líneas realizadas se colocaron los contactos litológicos de acuerdo con la mecánica de suelos, así como a la respuesta de la señal del georadar en esos puntos. Se observa que estos muestran una gran heterogeneidad en la zona de los materiales M1, M2 y M3, siendo esta última la que corresponde con la Toba Pumítica, pero lo importante radican en que en todas las líneas se muestra una anomalía que se marcó con una línea discontinua color azul en los planos definiendo grandes zonas de heterogeneidad del subsuelo, pudieran ser producto migración de las cavidades a la superficie. (Figura1).*
- *La profundidad de estas anomalías asociadas a las zonas de colapso y re heterogéneos se observan con un comportamiento muy variable ya 2.5 hasta los 15.0m.*

[redacted]

- *Con estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar y específicamente en la zona de la Estación 04 "Lienzo Charro" y de las Torres T21 y T22 de la Línea 3 del Cable Bus, SE PUEDE CONCLUIR QUE SI EXISTEN ANOMALÍAS QUE SE ASOCIAN A LA PRESENCIA DE POSIBLES CAVIDADES Y/O ZONAS EN PROCESO DE COLAPSO, PERO PUDIERA SER TAMBIÉN VARIACIONES LATERALES DE LOS MATERIALES*

- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (15.0m) y tomara en cuenta eventualidades como posibles hundimientos en las anomalías someras a la hora de colocar equipos pesados en las zonas afectadas.*

- *Estos resultados pueden tener implicaciones mayores al proyecto, se sabe que las Torres T 21 y T 22 serán desplantadas en pilas de por lo menos 1.0m de diámetro, hasta 24m de profundidad. Encontrándose seguramente problemas en esos primeros 2 a 15m de profundidad con material inestable y que seguramente se tendrá que usar ademe en esa parte para las pilas, si es que estas anomalías fueran cavidades.*

- *Lo que habrá que considerar es la estructura como tal de la estación, hasta que profundidad cimentarse, ya que el terreno no es muy apropiado para ello, pero ya la mecánica de suelos y estructuristas decidirán hasta donde será la cimentación de la estación y en qué condiciones.*

- *Estos resultados solo son válidos única y exclusivamente para el área explorada en la Estación 04 "Lienzo Charro" específicamente, ya que es sabido que en el área hay una alta probabilidad de tener cavidades y/o minas subterráneas en su subsuelo.*

- *De ser necesario se requerirá de hace alguna verificación de estas anomalías con exploración directa para verificar el estado del subsuelo y sus condiciones geomecánicas y determinar si es apto o no para soportar la estructura que se proyecta construir ahí.*

[redacted]

[redacted]

Bibliografía.

ASTM (D 6432-99) Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation. (U.S.A 2005).

Daniels, David J. 2004. Ground Penetrating Radar 2nd Edition, Ed. The Institution of Electrical Engineers, London, UK.

Harry M. Jol, 2010 Ground Penetrating Radar: Theory and Applications, Ed. Elsevier Netherlands Firts Edition.

http://www.atlas.cdmx.gob.mx/

MALA, Adquisition software Ground Vision V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013).

Software Reflex , Dr. Sandmeier Karl-Josef. V 5.2 (Germany 2010),

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).

[redacted]

[redacted]

ANEXO 1

MÉTODO DE GEORADAR

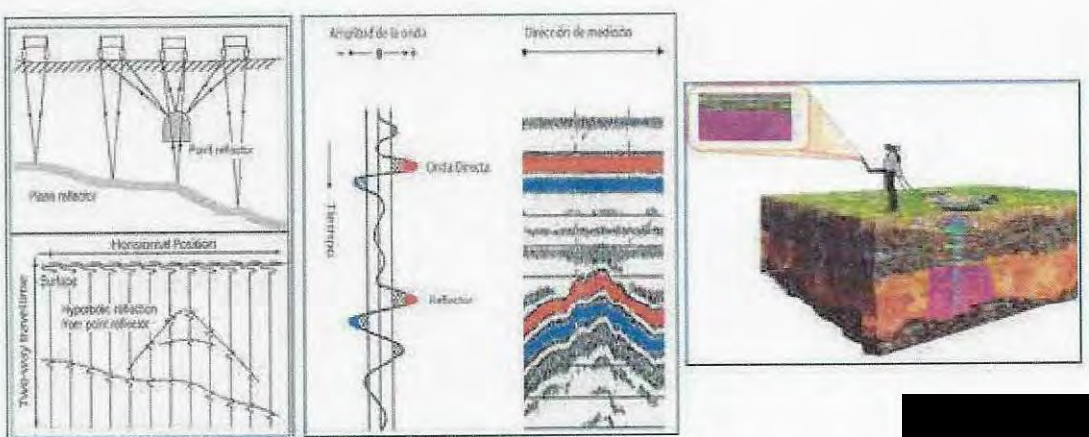
INTRODUCCION:

El Radar de Penetración Terrestre (GPR) es un método de estudio geofísico de exploración que proporciona un perfil continuo del sitio. Es relativamente rápido de realizar y se puede obtener información desde unos cuantos centímetros hasta decenas de metros.

El método se empleó exitosamente en los 60's en la investigación de capas de hielo en Groenlandia y a partir de entonces se empezó a utilizar para la búsqueda de cables, tuberías, etc. Dando como resultado un rápido desarrollo de nuevos equipos así como también su aplicación en otros campos.

PRINCIPIOS TEORICOS

Los principios básicos del Radar de Penetración Terrestre (GPR) son muy simples, la antena transmite un impulso electromagnético corto de radiofrecuencia a través del terreno y cuando el pulso encuentra una interfase electromagnética, parte de la energía es reflejada mientras el resto se refracta siguiendo su viaje a través del medio hasta encontrar otra interfase. El sistema medirá el tiempo transcurrido entre la onda transmitida y la onda reflejada, proceso que se repite en intervalos cortos de tiempo mientras la antena esta en movimiento mostrando la señal de salida como trazas consecutivas formando un perfil continuo del medio llamado radagrama (figura anexa).



Principio de medición del Radar de Penetración Terrestre, muestra de un individual y el despliegue de las múltiples trazas formando una imagen, posteriormente hacer su procedimiento en gabinete.

La velocidad de propagación de onda y la reflexión son afectadas por la constante dieléctrica (la capacidad de un material para retener o almacenar una carga cuando un campo eléctrico es aplicado) y la susceptibilidad magnética del medio (es la medida de que tanto puede ser magnetizado un material). La conductividad eléctrica (es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica) del medio contribuye a la atenuación de la onda ya que cuando se tiene una conductividad alta las condiciones para el trabajo con radar se dificultan p. e. arcilla húmeda, lutita húmeda, etc., las mejores condiciones para el trabajo con radar se presentan cuando tenemos una conductividad media o baja p. e. agua dulce, hielo, nieve, arena, arcilla seca, basalto, concreto, asfalto, granito, caliza, aire, etc.,

PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

La interpretación y el procesamiento de los sondeos es la fase del trabajo que requiere más tiempo y experiencia. El objeto de la interpretación es identificar el origen de las reflexiones y los cambios que presenten por lo que es importante conocer de antemano cual es el objetivo del trabajo para saber qué es lo que se está buscando. Dentro de este proceso los datos de los perfiles son sujetos a procesos de filtrado, variación de ganancia, deconvolución y migración. Las amplitudes de interés pueden ser enfatizadas utilizando colores o mostrar los barridos en formato wiggle (formato sísmico) o bien ambas al mismo tiempo.

La Deconvolución es un filtrado especial que se utiliza para incrementar la resolución y suprimir múltiples en los datos, mientras que la Migración es un tipo de procesamiento que enfoca el patrón de radiación de la antena proporcionando una imagen más exacta de los objetos del subsuelo eliminando las distorsiones causadas durante la adquisición de datos. Finalmente los datos ya interpretados se pueden presentar en color, y/o en tonos de grises y azul en formato wiggle o bien la combinación de este último con los dos primeros.

PARAMETROS DE CAMPO

Para poder llevar a cabo un levantamiento con Georadar es importante tener conocimiento del sitio y saber qué es lo que se está buscando, profundidad y dimensiones del objeto, para que de esta forma se haga una buena selección de la antena, de los parámetros a utilizar y el diseño de la exploración.

EQUIPO EMPLEADO

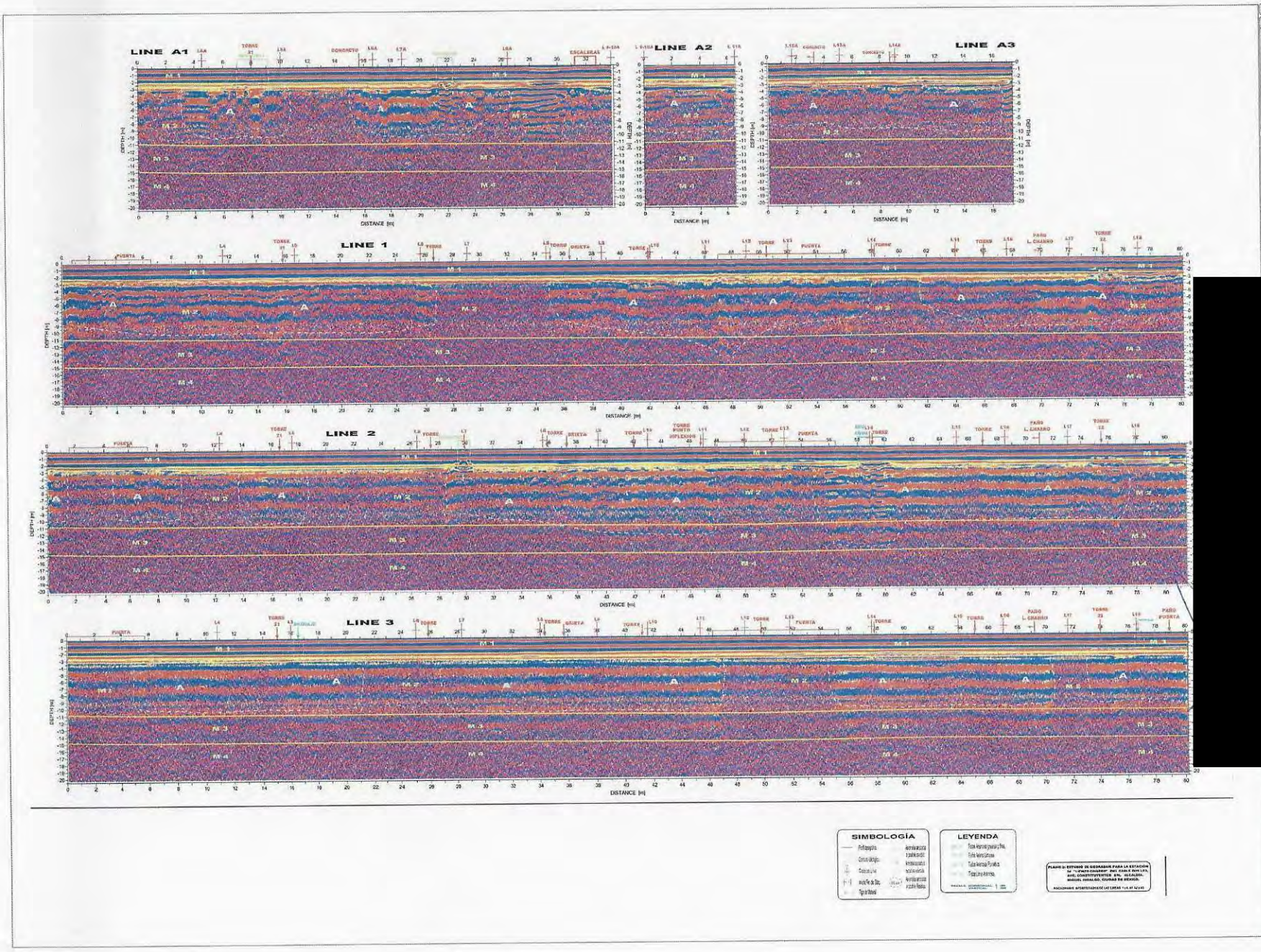
- *Georadar Mca MALA GEOSCIENCE MOD. X3M (Fotografía 38)*
- *Antena de 100 M Hz.*
- *Computadora portátil para la captura de datos.*

[redacted]

[redacted]


CABLEBUS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO
SIMBOLOGÍA
LOCALIZACIÓN DE LA EXPLORACIÓN CON GEORADAR.
UBICACIÓN DE POSIBLES CAVIDADES Y PROFUNDIDAD MÁXIMA CON GEORADAR.
[redacted]
Av. Constituyentes
Av. Constituyentes
Calle Cañamo
Calle de Noche Buena
LINEA A1
LINEA A2
LINEA A3
LINEA 1
LINEA 2
LINEA 3
LINEA 4
LINEA 5
LINEA 6
LINEA 7
LINEA 8
LINEA 9
LINEA 10
LINEA 11
LINEA 12
LINEA 13
LINEA 14
LINEA 15
LINEA 16
LINEA 17
LINEA 18
LINEA 19
LINEA 20
LINEA 1A
LINEA 2A
LINEA 3A
LINEA 4A
LINEA 5A
LINEA 6A
LINEA 7A
LINEA 8A
LINEA 9-10
LINEA 11-12
LINEA 13-14
LINEA 14A
DGOT-LPNF-I-042-2022
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.

[redacted]



CABLEBUS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

DE LA CIUDAD DE MÉXICO

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3. VASCO DE QUIROGA – LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

LEYENDA

CONSTRUCCIÓN DEL CABLEBÚS DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTEGRO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 EN LA ALCALDÍA MIGUEL HIDALGO Y EN LOS LÍMITES CON LA ALCALDÍA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

[redacted]

[redacted]

LINE 4

LINE 4A

LINE 12

LINE 12A

LINE 5

LINE 5A

LINE 13

LINE 13A

LINE 6

LINE 6A

LINE 14

LINE 14A

LINE 7

LINE 7A

LINE 15

LINE 19

LINE 8

LINE 8A

LINE 16

LINE 20

LINE 9

LINE 17

LINE 9-10

LINE 10

LINE 18

LINE 11

LINE 11A

ANEXO 2
FOTOGRÁFICO

[redacted]

[redacted]



FOTOGRAFÍA 7

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 8

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 10

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



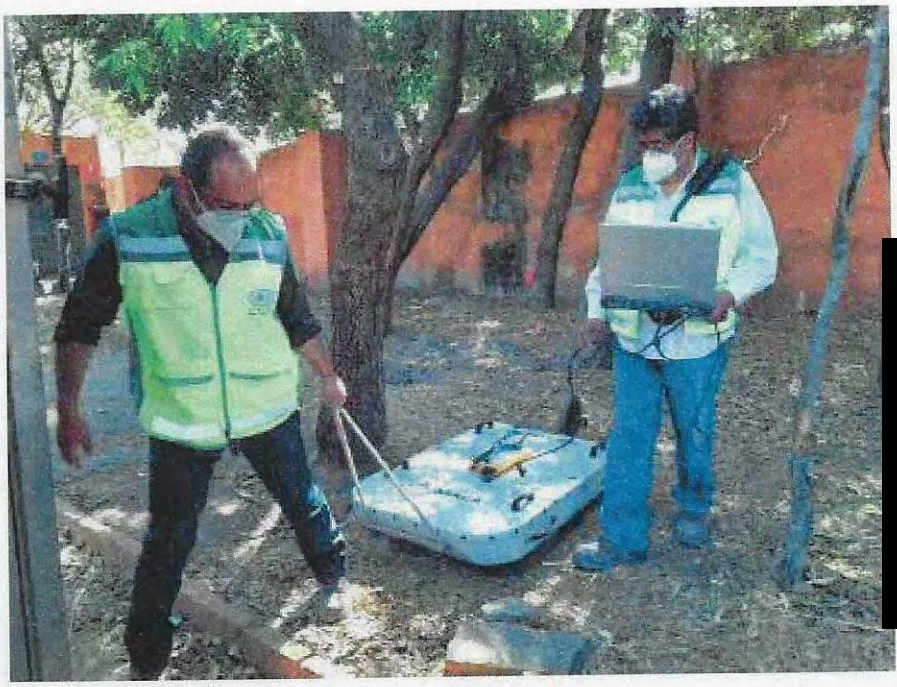
FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 13

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.



FOTOGRAFÍA 14

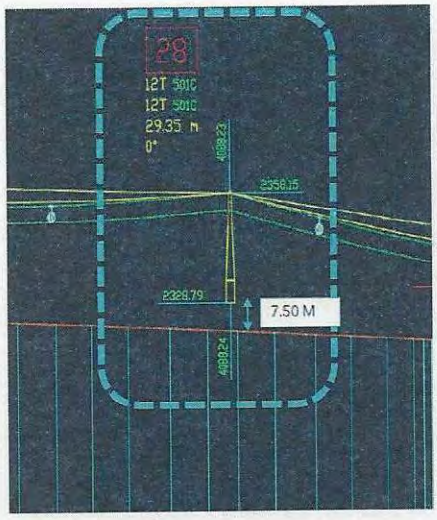
Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4 A.

[redacted]

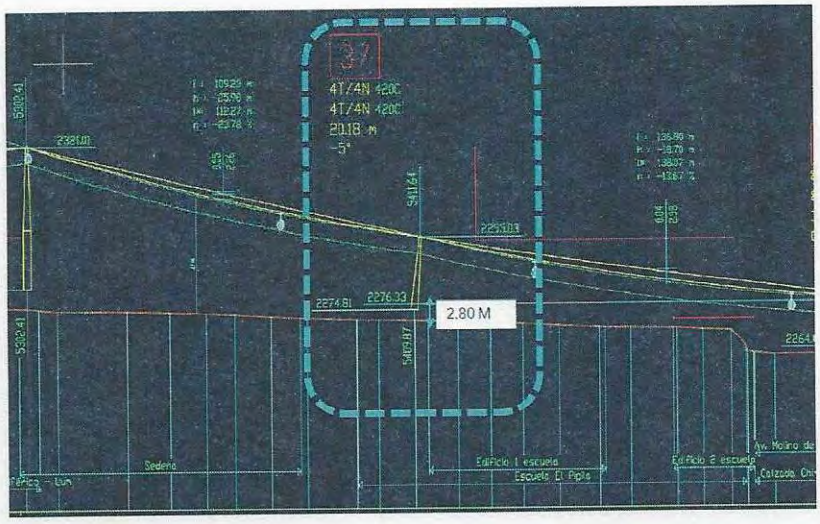
13. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, INCLINADA

[redacted]

TORRES CONSIDERACIONES

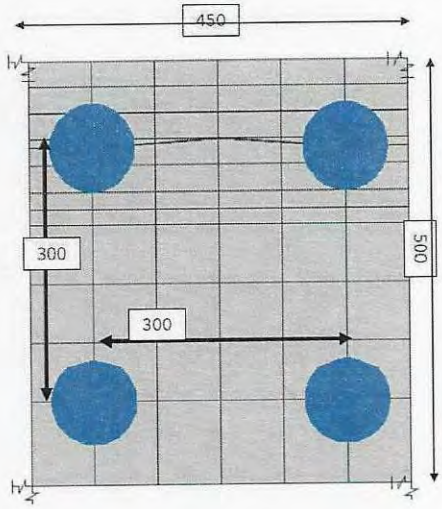


TORRE CONCENTRICA



TORRE INCLINADA

TORRES CONSIDERACIONES



- 4 PILAS DE 1 M DE DIAMETRO
- CABEZAL DE 2 M DE PERALTE

TIPOLOGIA DE CIMENTACION

[redacted]

[redacted]

TORRES CONSIDERACIONES

Doppelmayr
13.12.2022 07:09:41
OLI
Project [-No]: 10-MGD Chapultepec Seccion 2 [WAA0006193] Tower 28

Detailed support reactions CTF global (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions						
Self-weight	0,0	0,0	-239	-1,6	3,8	0,0
Variable actions						
Rope loads IO, friction and dynamic effects included	-14,1	0,0	-186	-120	-414	26,0
	-11,5	0,0	-181	95,2	-337	15,3
	-29,1	0,0	-223	-12,7	-854	23,6
	-10,2	0,0	-141	0,2	-298	5,0
Rope loads OO	-9,2	0,0	-94,1	-0,1	-270	0,0
	-8,3	0,0	-85,0	-0,1	-244	0,0
Signal cable without ice	-13,5	0,0	-42,0	-2,1	-427	7,7
Signal cable with ice	-13,5	0,0	-42,0	-2,1	-427	7,7
Wind IO	0,0	32,8	0,0	-814	0,0	-6,8
	0,0	-32,8	0,0	813	0,0	-7,5
	-12,1	0,0	0,0	0,0	-203	0,0
	12,1	0,0	0,0	0,0	203	0,0
Wind OO	0,0	122	0,0	-2990	0,0	0,7
	0,0	-122	0,0	2990	0,0	-0,7
	-58,1	0,0	0,0	0,0	-973	0,0
	58,1	0,0	0,0	0,0	973	0,0
Wind actions OO on ice	0,0	9,9	0,0	-316	0,0	0,0
	0,0	-9,9	0,0	316	0,0	0,0
Snow	0,0	0,0	-10,3	0,0	0,0	0,0
Avalanche, snow creeping						
Ice load on lattice tower						
Additional action						
Accidental actions						
Severance of a signal cable						
Derailment IO	-49,6	0,0	-205	-201	-1490	123
	-4,1	0,0	-210	169	110	93,5
	-54,6	0,0	-344	-98,2	-1578	112
	7,7	0,0	-211	188	216	81,9
Derapement IO	-12,6	0,0	-125	-400	-369	40,3
	-7,3	0,0	-123	392	-215	-23,5
Derailment / Derapement OO	-5,1	0,0	-51,8	-166	-148	16,2
	-5,1	0,0	-51,7	165	-148	-16,2
	-10,8	0,0	-103	-54,9	-297	5,3
	-5,1	0,0	-51,7	165	-148	-16,2
Avalanche, snow creeping						
Seismic actions	50,6	169	-33,7	-3252	978	2,3
	50,6	-169	33,7	3252	975	-3,0
	-169	50,6	33,7	-976	-3253	1,9
	169	50,6	-33,7	-976	3253	-3,3
Rope loads with carriers not sheltered AC	-14,1	0,0	-148	0,1	-415	-1,6
	-13,3	0,0	-158	-0,2	-391	0,0
Wind actions on carriers not sheltered AC	0,0	147	0,0	3610	0,0	1,1
	0,0	-147	0,0	3610	0,0	-1,1

WAA0006193_3000_24.11.2022_Rev_0B.MGD; CIN:1670830940
Seiba 1.68.3(TFC 2.4); Copyright (c) Innova Patent GmbH

TORRE CONCENTRICA

Doppelmayr
13.12.2022 07:09:52
OLI
Project [-No]: 10-MGD Chapultepec Seccion 2 [WAA0006193] Tower 37

Detailed support reactions CTF global (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions						
Self-weight	0,0	0,0	-227	-1,6	376	0,0
Variable actions						
Rope loads IO, friction and dynamic effects included	-17,8	0,0	-121	-93,3	-230	28,1
	-15,4	0,0	-119	93,8	-169	4,6
	-31,3	0,0	-149	1,6	-610	17,3
	-13,3	0,0	-102	90,5	-147	10,7
Rope loads OO	-10,4	0,0	-60,5	0,0	-165	0,0
	-9,4	0,0	-54,5	0,0	-153	0,0
Signal cable without ice	-8,7	0,0	-21,9	-0,6	-241	4,1
Signal cable with ice	-8,7	0,0	-21,9	-0,6	-241	4,1
Wind IO	0,0	25,7	0,0	-563	0,0	96,4
	0,0	-25,7	0,0	560	0,0	-53,9
	-13,2	0,0	1,2	0,0	-234	0,0
	13,2	0,0	-1,2	0,0	234	0,0
Wind OO	0,0	107	0,0	-2557	0,0	229
	0,0	-107	0,0	2557	0,0	-228
	-65,0	0,0	5,8	0,0	-1172	0,0
	65,0	0,0	-5,8	0,0	1172	0,0
Wind actions OO on ice	0,0	7,0	0,0	-250	0,0	21,8
	0,0	-7,0	0,0	250	0,0	-21,8
Snow	0,0	0,0	-3,5	0,0	25,1	0,0
Avalanche, snow creeping						
Ice load on lattice tower						
Additional action						
Accidental actions						
Severance of a signal cable						
Derailment IO	-41,9	0,0	-128	-121	-1008	87,9
	-7,4	0,0	-138	141	102	91,7
	-49,3	0,0	-158	-39,7	-1117	73,5
	-4,9	0,0	-136	139	249	42,6
Derapement IO	-14,2	-0,7	-55,1	203	-295	48,8
	-10,3	0,0	-52,4	264	-103	-33,0
Derailment / Derapement OO	-5,7	0,0	-33,3	107	-92,9	18,2
	-5,7	0,0	-33,3	107	-92,9	-18,2
	-11,9	0,0	-69,5	-35,4	-195	-5,0
	-5,7	0,0	-33,3	107	-92,9	18,2
Avalanche, snow creeping						
Seismic actions	48,0	160	-32,0	-3005	954	2,5
	-48,0	-160	32,0	3005	-954	-2,6
	-160	48,0	32,0	-901	-3008	80,7
	160	48,0	-32,0	-902	3008	78,6
Rope loads with carriers not sheltered AC	-17,5	0,0	-101	-0,7	-287	-4,6
	-16,4	0,0	-93,0	0,0	-274	0,0
Wind actions on carriers not sheltered AC	0,0	124	0,0	-3192	0,0	2,3
	0,0	-124	0,0	3192	0,0	-2,3

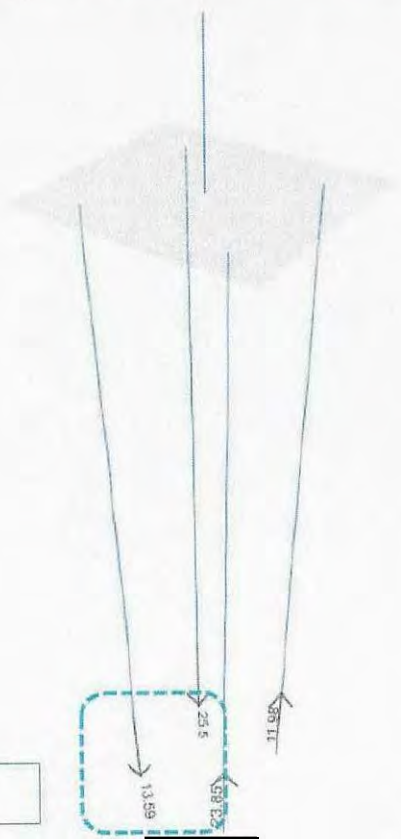
Preliminary! NOT FOR CONSTRUCTION!

WAA0006193_3000_24.11.2022_Rev_0B.MGD; CIN:1670830940
Seiba 1.68.3(TFC 2.4); Copyright (c) Innova Patent GmbH
Page 127

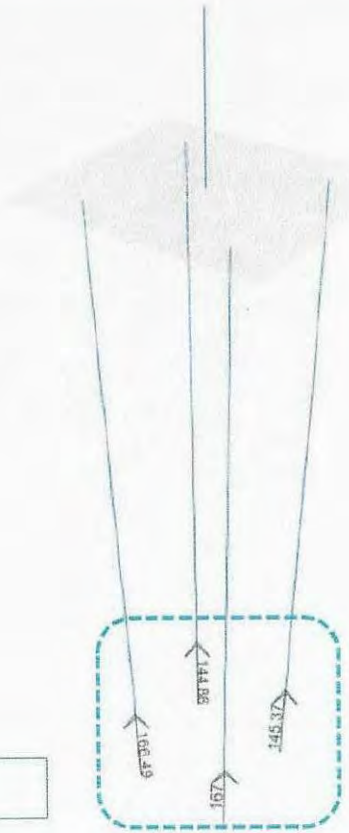
TORRE INCLINADA

[redacted]

TORRE INCLINADA DESCARGAS



TENSIONES POR SISMO (FACTORIZADAS)



DESCARGAS (FACTORIZADAS)

[redacted]

[redacted]

14. ANEXO 5. AMEMORIA DE CÁLCULO

[redacted]

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = \left(P'_v N^*_q F_R + P_v\right) A_p$$

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

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

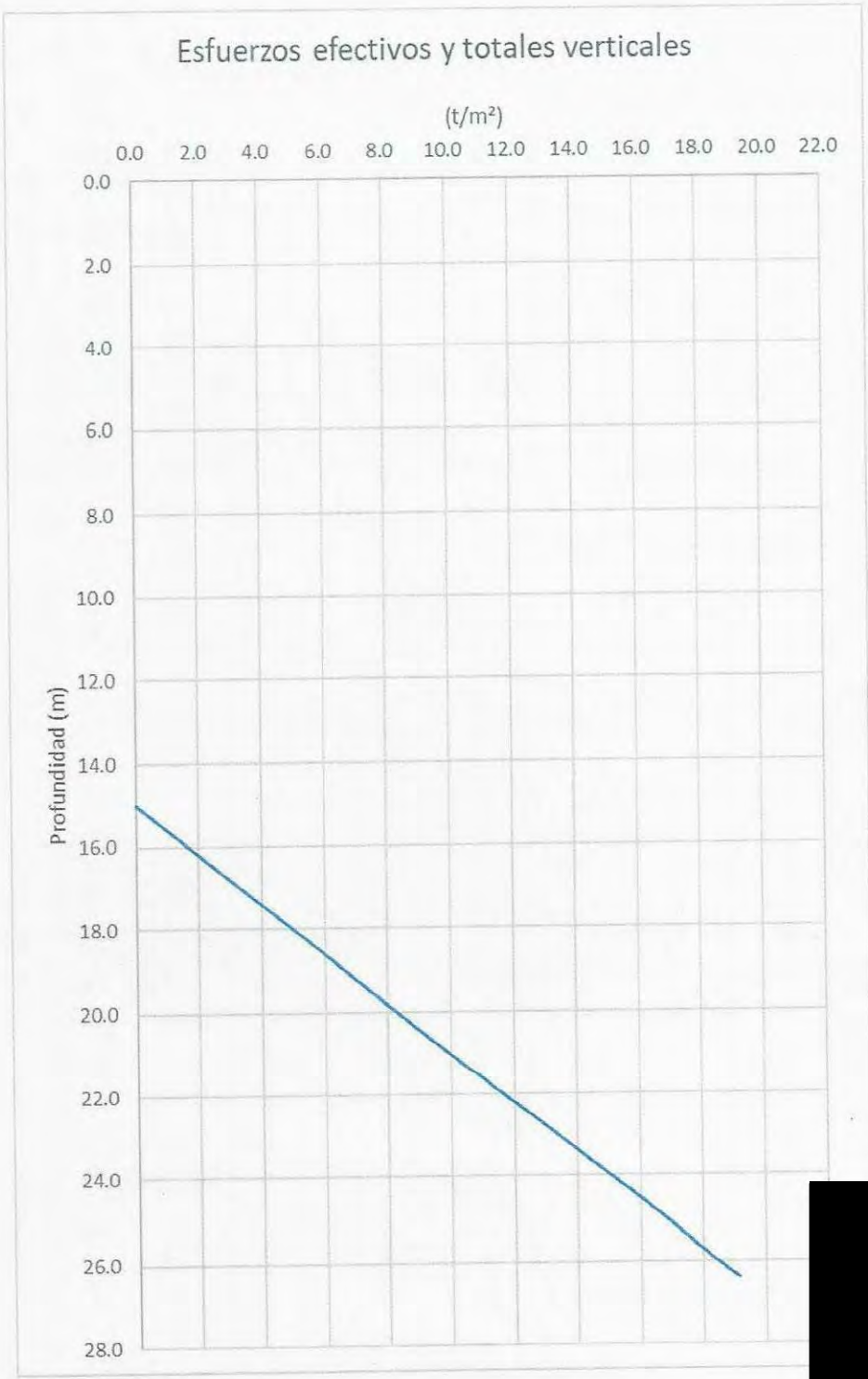
D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	ϕ	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	24.4	45.99	2.4	2.40	37	219.20	54.60	103.84	19.00	0.35	19.00	557.27
1.2	1.131		66.23		2.00				95.63				740.74
1.4	1.539		90.15		1.71				89.77				948.23

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

	Profundidad (m)	g (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Hi (m)	βi
	0.0	1.60	0.0	0.0	0.0			
	0.6	1.60	1.0	0.0	1.0			
	1.2	1.60	1.9	0.0	1.9			
	1.2	1.70	1.9	0.0	1.9			
Dado	2.0	1.70	3.3	0.0	3.3			
	6.3	1.70	10.6	0.0	10.6			
	11.4	1.70	19.3	0.0	19.3			
	11.4	1.65	19.3	0.0	19.3			
	12.5	1.65	21.1	0.0	21.1			
	13.7	1.65	23.0	0.0	23.0			
	13.7	1.30	23.0	0.0	23.0			
	14.3	1.30	23.9	0.0	23.9			
	15.0	1.30	24.7	0.0	24.7			
	15.0	1.65	24.7	0.0	24.7	0.00		
	16.8	1.65	27.7	0.0	27.7	2.97	3.60	0.58
	18.6	1.65	30.7	0.0	30.7	5.94		
	18.6	1.65	30.7	0.0	30.7	5.94		
	19.2	1.65	31.7	0.0	31.7	6.93	1.20	0.50
	19.8	1.65	32.6	0.0	32.6	7.92		
	19.8	1.70	32.6	0.0	32.6	7.92		
	20.9	1.70	34.5	0.0	34.5	9.79	2.20	0.00
	22.0	1.70	36.4	0.0	36.4	11.66		
	22.0	1.70	36.4	0.0	36.4	11.66		
	23.1	1.70	38.3	0.0	38.3	13.53	4.4	
	24.2	1.70	40.1	0.0	40.1	15.40		
Df	26.4	1.70	43.9	0.0	43.9	19.14		

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	72.2
1.2	3.770		86.7
1.4	4.398		101.1



Gráfica 1. Esfuerzos efectivos y totales verticales

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

GRUPO INDI
Doppelmayr

CONTROL DE DOCUMENTOS

☐ Autorizado para construcción Fecha _____

☐ Autorizado para implementación Fecha _____

■ Solo para información Fecha [redacted]

☐ Obsoleto Fecha [redacted]

Copia Controlada para: SUPERVISIÓN CABLE[redacted]

Autoriza: _____ [redacted]

Elaboró	Autorizó.
[redacted]	

Contenido

1. ANTECEDENTES 3
2. OBJETO 3
3. ALCANCES 3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 23 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
7.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS 13
7.2 PILAS 13
7.3 EXCAVACIÓN 16
7.4 MINAS 17
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17
9. ANEXO 1. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO EXCÉNTRICA 21
10. ANEXO 2. MEMORIA DE CÁLCULO 27

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 12

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 23; 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.

2. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la Torre 23. 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-23, la cual tiene las coordenadas X=477,748.0627; Y= 2,145,143.1838 y se proyecta sobre la banqueta de la Av. Constituyentes, a las afueras del panteón Civil Dolores, 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 23

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 Mig
zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías
Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la al
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

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

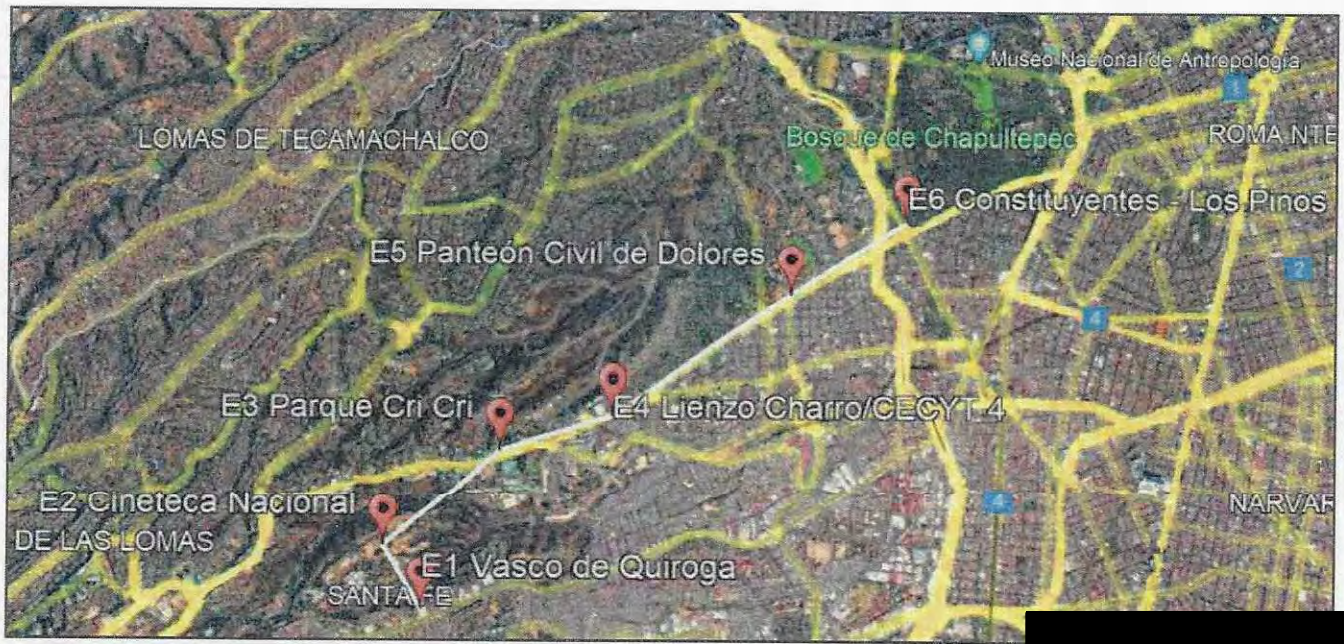


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 23 con coordenadas X=477,748.0627; Y= 2,145,143.1838 y se proyecta so
Constituyentes, a las afueras del panteón Civil Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, C
trazo del proyecto, esta torre es del tipo excéntrica, con una altura de 34.0 m.

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-23), a una profundidad de 35.0 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 ejecutó un sondeo de avance controlado (SAC-1, T-23), a una profundidad de 35.0 m. El sonde[redacted] de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 cm de [redacted] perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16" de diámetro. Anotando la vibración, la presión y el colo[redacted] del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a identifica[redacted] 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 Cla[redacted]
- Contenido natural de agua
- Granulometría por mallas
- Límites de consistencia

5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, los sondeos exploratorios rea[redacted] se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

Corte estratigráfico A-A' y solución de cimentación, con profundidades referidas al nivel de brocal d[redacted]

De 0.00 a 2.00 m. Arena fina limosa (SM), de origen piroclástico (andesítico), en estado muy compa[redacted] color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 13.2% a 24.9%. El porcentaje de finos es de [redacted]

arena de 58.3% y grava de 0.3%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 2.00 a 5.00 m. Limo arenoso de baja plasticidad, (ML), de origen piroclástico, de consistencia muy dura, con gravillas aisladas, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 24.5% a 30.1%. El porcentaje de finos varía de 54.0% a 78.2%, arena de 20.7% a 42.1% y grava de 1.1% a 3.9%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 5.00 a 6.20 m. Arena gruesa a fina, 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 claros. El contenido natural de agua varía de 17.3% a 18.8%. El porcentaje de finos es de 28.3%, arena de 47.7% y grava de 24.0%. El Límite Líquido es de 30.37% y el Límite Plástico de 23.86%. La densidad relativa de sólidos es de 2.479. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 6.20 a 10.40 m. Grava areno limosa, (GM), de origen piroclástico (andesítico), en estado compacto a muy compacto, de color gris en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 12.1% a 20.6%. El porcentaje de finos varía de 8.5% a 10.7%, arena de 36.3% a 43.1% y grava de 46.2% a 55.2%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 42 a los más de 50.

De 10.40 a 16.10 m. Arena fina a gruesa limosa, (SM), de origen piroclástico (andesítico), en estado compacto a muy compacto, con grava con granos aislados de hasta $^1/_2$" de diámetro, de color café, en tonos grisáceo y claro, intercalada con lentes de arena pumítica compacta de color gris claro. El contenido natural de agua varía de 12.8% a 54.8%. El porcentaje de finos varía de 10.3% a 42.7%, arena de 43.0% a 70.9% y grava de 2.5% a 46.7%. El Límite Líquido varía de 28.99% a 29.56% y el Límite Plástico de 23.40% a 24.18%. La densidad relativa de sólidos es de 2.469. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 40 a los más de 50.

De 16.10 a 20.00 m. Arena pumítica limosa, en estado compacto a muy compacto, de color gris claro. El contenido natural de agua varía de 18.5% a 61.5%. El porcentaje de finos varía de 18.6% a 41.7%, arena de 56.5% a 74.8% y grava de 0.5% a 9.4%. La densidad relativa de sólidos es de 2.502. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 44 a los más de 50.

De 20.00 a 27.80 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia muy dura, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 19.2% a 30.0%. El porcentaje de finos varía de 58.9% a 85.0%, arena de 15.0% a 41.1% y grava de 0.0%. El Límite Líquido varía de 29.98% a 30.31% y el Límite Plástico de 23.65% a 27.29%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.371 a 2.521. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas varía de γ_m= 1.780 Ton/m^3 a γ_m= 1.872 Ton/[redacted] medido en la prueba de penetración estándar varía de los 38 a los más de 50.

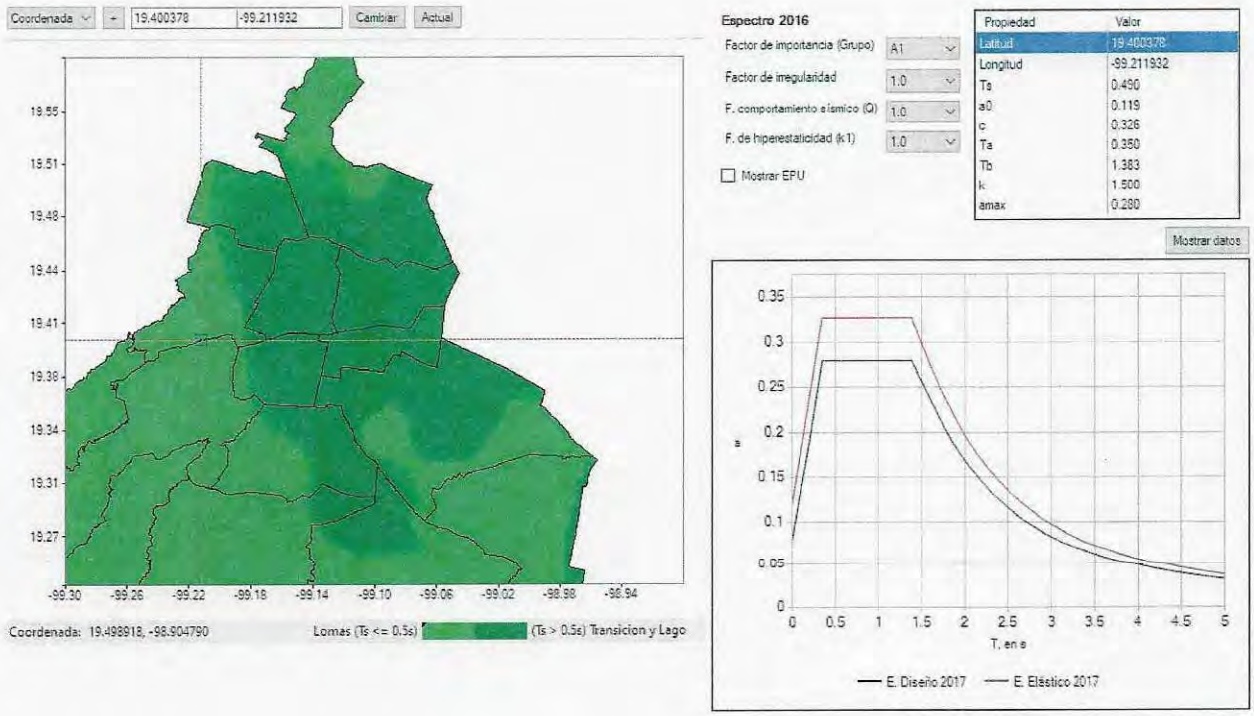
De 27.80 a 35.00 m. Arena fina a gruesa, limosa (SM), de origen piroclástico (an[redacted] compacto, con grava con granos aislados de hasta $^3/_4$" de diámetro y algunos grumo[redacted] rosáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 6.7% a 17.8%. El po[redacted] 18.1% a 42.7%, arena de 57.3% a 67.9% y grava de 0.0% a 18.6%. El número de go[redacted] 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 del sondeo de penetración estándar y sondeo de avance controlado, no se presentaron pérdidas de fluido de perforación, ni caída repentina de barras.

Tomando en cuenta los resultados de la geofísica realizado en las T-24, T-21, T-22 y E-4, así como la información referente a las zonas minadas en esta parte de la Ciudad de México, para el diseño geotécnico de la cimentación de esta Torre 23, se consideran dos lechos de antiguas minas o cavidades. La primera de ellas entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 16.1 m 20.0 m, correspondiente con el material antiguamente explotable.

Coeficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la torre 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 subs
determinación de la capacidad de carga y deformaciones, se presenta en la Tabla
resultados de la exploración geotécnica y laboratorio:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	S.U.C.S	γ (t/m^3)	c (t/m^2)	$\phi°$	E (kg/cm^2)
1	0.0 a 2.0	SM café grisáceo	1.70	2.0	36	800
2	2.0 a 5.0	ML arenoso	1.70	8.0	35	1,000
-	5.0 a 8.0	Antigua mina u oquedad hipotética				
3	8.0 a 10.4	GM arenosa	1.75	10.0	39	1,200
4	10.4 a 16.1	SM con gravas	1.75	5.0	38	900
-	16.1 a 20.0	Antigua mina u oquedad hipotética				
5	20.0 a 27.8	ML arenoso	1.70	4.5	32	600
6	27.8 a 35.0	SM con gravas	1.75	6.0	37	750

γ: peso volumétrico; c: cohesión; ϕ: ángulo de fricción interna

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia se determinaron mediante los resultados de las pruebas de ficómetro realizadas en torres cercanas, mientras que las propiedades de deformabilidad se determinaron con 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.

6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

La Torre 23, con coordenadas X=477,748.0627; Y= 2,145,143.1838 y se proyecta sobre la banqueta de la Av. Constituyentes, a las afueras del panteón Civil Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. De acuerdo con el trazo del proyecto, esta torre es del tipo excéntrica, con una altura de 34.0 m. La banqueta tiene un ancho aproximado de 1.6 m y se presentan diversas instalaciones de fibra óptica y drenaje en el trazo.

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 exc+entrica 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 pro 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 consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, q 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.**

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 23.0 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 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 21.0 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:

$$\sum QF.C < R \tag{1}$$

Donde:

- ΣQF.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):

$$R = C_p + C_f - W_p \tag{2}$$

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

Con:

$$C_p = \left(p'_v N_q{}^* F_R + P_v\right) A_p \tag{3}$$

Donde:

- p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 24.0 t/m^2
- 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 24.0 t/m^2

Con:

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

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45° + \frac{\Phi}{2}\right)$$

O bien

$$N_q^* = N_{máx} \quad (6)$$

Cuando

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

Donde:

- L_e longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 3.0 m
- B diámetro de la pila, m.
- ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 32°

Los valores de $N_{máx}$ y $N_{mín}$, 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}

ϕ	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
- β_i coeficiente de fricción
- $\bar{p}_{vi}$ esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m^2

Con

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

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 capacida[redacted]da p pilas de distintos diámetros:

Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C_p (t)	C_f (t)	R (t)	C_{te} (t)
1.0	39.6	360.6	223.4	544.4	249.1
1.2	57.0	480.9	268.1	692.0	305.1
1.4	77.6	617.3	312.7	852.5	363.2

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C_{te}, 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/m², 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:

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

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,100 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 600 kg/cm²
- **E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm², para f'c= 400 kg/cm²**

con

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

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 posiblem

$$k_v = \frac{q}{\delta}$$

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 d asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k_v (t/cm)	k_v (kg/cm³)
1.0	2.41	177.68	22.62
1.2	2.61	210.98	18.65
1.4	2.82	243.05	15.79

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:

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

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
- k_2 coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³
- B diámetro del cimiento, 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/cm³)		
				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 10.4	>80	7.2	115	22.92	19.10	16.37
10.4 a 16.1	>80	11.25	115	35.81	29.84	25.58
16.1 a 20.0	0	16.05	0	0.00	0.00	0.00
20.0 a 23.0	60	19.5	98	52.90	44.08	37.78

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm³)
				B (m)
				4.50
0.0 a 1.2	>80	1	115	0.71

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

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.

7.1 Preparación de áreas

a) Una vez que tenga el área liberada, se realizará la demolición de la banqueta y carpeta asfáltica, para poder realizar las obras de desvío del colector o protección del mismo, así como de los ductos que atraviesan la zona del dado de cimentación, para evitar las afectaciones a estas instalaciones. Así como luminarias y árboles.

b) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

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 inspecci supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perfor con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada 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 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 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 cor
colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frí

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 hor[redacted]uye el colado. Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que[redacted]nes de las paredes y piso.

l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante prue[redacted] deformación". Los ensayes de integridad deberán ser realizados por mét[redacted] emplear métodos geofísicos como pulso simple o combinado, pozo-abajo, pozos cruzados, gan[redacted] gama o térmicos. **De acuerdo con las NTC cimentaciones (Ref. 1), se deberán realizar pruebas integridad en el 100% de las pilas, ya que las torres y estaciones se tratan de estructuras del gru[redacted] A1.**

7.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 5.0 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 5.4 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

a) Derivado del análisis de estabilidad del corte vertical en la colindancia con el Panteón, se tiene un factor de seguridad estático de 1.34, sin embargo, con la finalidad de evitar cualquier afectación al muro del Panteón Civil Dolores, se podrá proceder como sigue:

   1) Antes de iniciar con la excavación, se colocarán perfiles metálicos en el frente de la excavación con el muro del Panteón Civil Dolores, en este caso se proponen perfiles IR 8 x 21, con una pata de 2.0 m de longitud, colocados una separación de 1.35 m. Se realizará la perforación de 25 cm de diámetro y 4.0 m de longitud. Enseguida se colocarán los perfiles metálicos y el espacio entre estos y las paredes de la perforación se rellenarán con arena, para evitar el desplazamiento de los perfiles.

   2) Cortes verticales, colocando una línea de anclas de varilla del No. 6, de 1.5 m de longitud e inclinación de 5° respecto a la horizontal, hincadas con marro en el espesor de relleno, por debajo del desplante del muro, enseguida se colocará malla de gallinero y se aplicará un zampeado de mortero, para proteger el corte del intemperismo. Las anclas tendrán un espaciamiento de 1.55 y 1.6 m.

b) Para el caso de la estabilidad de los cortes verticales del lado de la vialidad, se tiene un factor de seguridad estático de 1.17, valor que resulta muy bajo. Por esta razón, el corte hacia la vialidad tendrá que guardar la inclinación de 70°, o bien, colocar igualmente los perfiles IR.

c) **Es importante mencionar que el área de estructuras deberá realizar la revisión de esta propuesta de perfiles, de acuerdo con el diagrama de presiones horizontales activas, para verificar que los perfiles son estables para su trabajo en cantiléver, de acuerdo con la sección, empotre y separación**

d) Colocados los perfiles, se realizará la excavación, los frentes de la excavación sur, oriente y poniente se podrá realizar con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero. Los análisis de estabilidad, consideran una sobrecarga de 1.5 t/m^2 en la corona, por lo que se deberá evitar la concentración de esfuerzos en esta zona.

e) En el caso de la cara norte de la excavación (panteón civil Dolores), con [redacted] la excavación se colocarán polines entre los perfiles, que servirán com [redacted] cimbra.

f) Al llegar a la profundidad máxima para el dado; 2.0 m, se realizará [redacted] cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de [redacted] 100 kg/cm^2, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para [redacted]

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

h) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido o bien, con material de banco compactado al 95% de su P.V.S.M.

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 2017.

2. Tamez, E. ***Manual de diseño geotécnico Vol. 1.*** Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, ago 1987.

3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnica ara Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, T 017

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

[redacted]

[redacted]

[redacted]

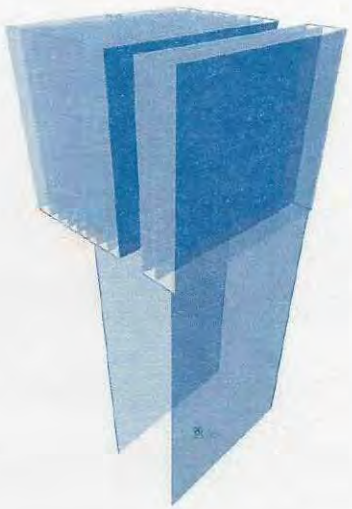
9. ANEXO 1. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO EXCÉNTRICA

[redacted]

[redacted]

De acuerdo con el análisis estructural de la Torre 24, se presentan las cargas siguientes a nivel de cimentación, mismas que ya consideran el peso del dado de cimentación. Este análisis se toma como tipo, para todas las torres excéntricas que se ubican a las afueras del Panteón Civil Colores.

TORRE 24



Combinación Gravitacional con factores

Story	Label	Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Base	156	1	2.31	0	357.3392	171.4843	100.8557	-12.1747

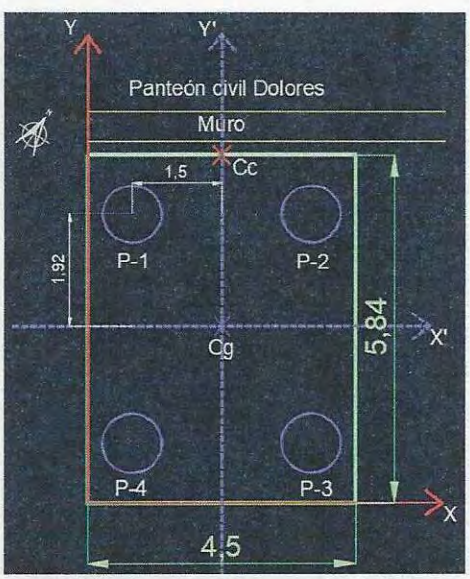
Combinación Sismo con factores

Story	Label	Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Base	156	73	16.6479	19.2943	289.6002	1222.468	358.6149	-24.7621

Combinación Gravitacional sin factores

Story	Label	Output Case	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	156	0DespZ	0	0	217.821	106.589	67.295	-8.116

A continuación, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entr el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondiente al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las carga 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 (m²)	X (m)	Y (m)	AX (m³)	AY (m³)
1	0.785	0.75	4.84	0.58905	3.80132711
2	0.785	3.75	4.84	2.94524	3.80132711
3	0.785	3.75	1	2.94524	0.78539816
4	0.785	0.75	1	0.58905	0.78539816
	3.142			7.1	9.2

X=	2.25	m
Y=	2.92	m

Tabla 1.2

Centro de cargas		
X=	2.25	m
Y=	5.84	m
eX=	0.0	m
eY=	2.9	m

Tabla 1.3

Momentos de inercia, pilas				
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$(Xi)^2$	$(Yi)^2$
1	1.5	1.92	2.25	3.6864
2	1.5	1.92	2.25	3.6864
3	1.5	1.92	2.25	3.6864
4	1.5	1.92	2.25	3.6864
		Σ=	9.00	14.7456

Ix=	14.75
Iy=	9.00

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

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

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				
Mve X=	1043.43	t-m		
Mve Y=	0.00	t-m		
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσest (t)	P max,min (t)
1	1.5	1.92	135.86	225.20
2	1.5	1.92	135.86	225.20
3	1.5	1.92	-135.86	-46.53
4	1.5	1.92	-135.86	-46.53

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 357.3392 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:

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

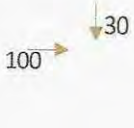
Donde:

$\Delta\sigma_s$ incremento y decremento de carga por condición sísmica, t
M_{vx} momento de volteo sísmico respecto al eje x, igual a 1,222.0 t-m
M_{vy} momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a 358.61 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

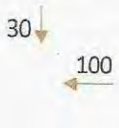
Se realizaron las 8 combinaciones con las variaciones del 100% del momento de volteo en un sentido y el 30% de momento en el otro sentido:

Tabla 1.5

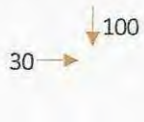
Combinaciones sísmicas para determinación de incrementos y decrementos de cargas en pilas



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.920	-107.52
2	1.500	1.920	12.02
3	1.500	1.920	107.52
4	1.500	1.920	-12.02



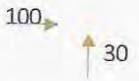
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.5	1.92	12.02
2	1.5	1.92	-107.52
3	1.5	1.92	-12.02
4	1.5	1.92	107.52



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.5	1.92	-177.11
2	1.5	1.92	-141.24
3	1.5	1.92	177.11
4	1.5	1.92	141.24



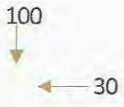
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.92	141.24
2	1.500	1.92	177.11
3	1.500	1.92	-141.24
4	1.500	1.92	-177.11



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.920	-12.02
2	1.500	1.920	107.52
3	1.500	1.920	12.02
4	1.500	1.920	-107.52



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.920	107.52
2	1.500	1.920	-12.02
3	1.500	1.920	-107.52
4	1.500	1.920	12.02



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.5	1.92	-141.24
2	1.5	1.92	-177.11
3	1.5	1.92	141.24
4	1.5	1.92	177.11



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.5	1.92	177.1
2	1.5	1.92	141.2
3	1.5	1.92	-177.1
4	1.5	1.92	-141.2

De acuerdo con la revisión de las 8 combinaciones anteriores:

Tabla 1.6

Incrementos max y min sísmicos		
Pila	Δσs max (t)	Δσs max (t)
1	177.11	-177.11
2	177.11	-177.11
3	177.11	-177.11
4	177.11	-177.11

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

$$P\,Tot_{fact} = P_{max} \pm \Delta\sigma_s \qquad (1.4)$$

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

Tabla 1.7

Cargas Tot máx y mín factorizadas		
Pila	Ptot max (t)	Ptot min (t)
1	402.30	48.09
2	402.30	48.09
3	130.58	-223.63
4	130.58	-223.63

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 1.7 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_{te} (t)	Ptot min (t)
1.0	544.4	402.30	249.1	223.63

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

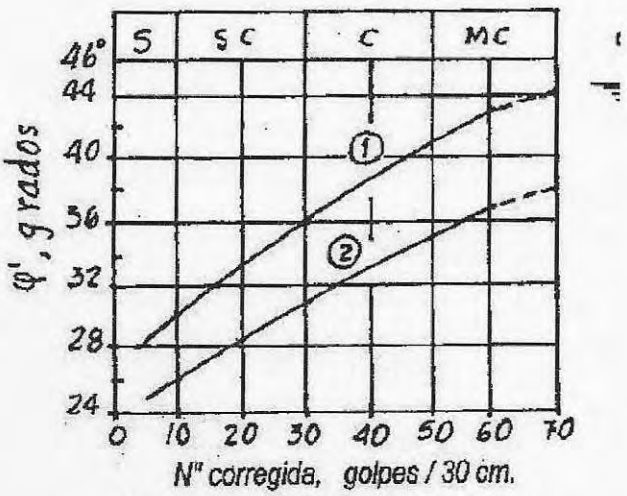
Para el caso de las cargas de servicio "Combinación Gravitacional sin factores", empleando las expresiones (1.1) y (1.2) y sustituyendo los valores correspondientes:

Tabla 1.9

Incremento de cargas serv por excent. estática				
Mve X=	636.04	t-m		
Mve Y=	0.00	t-m		
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσest (t)	P max (t)
1	1.5	1.9	82.82	137.27
2	1.5	1.9	82.82	137.27
3	1.5	1.9	-82.82	-28.36
4	1.5	1.9	-82.82	-28.36

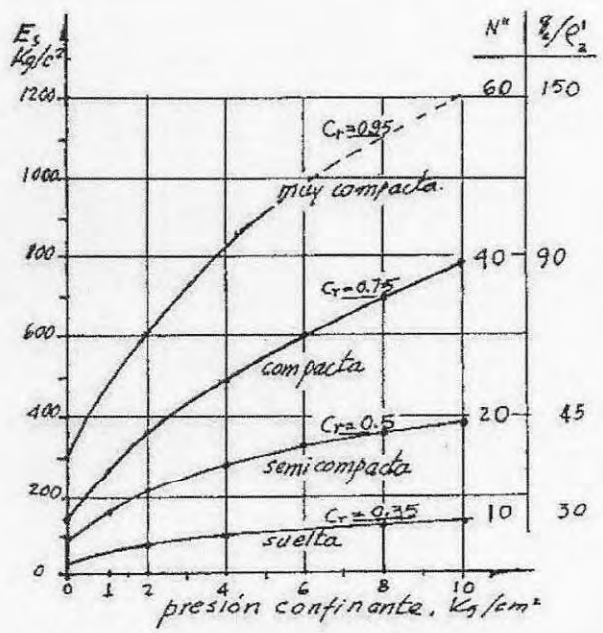
Los valores de la tabla anterior, indican que para el estado de servicio, las pilas 1 y 2 estarán trabajando a compresión y las pilas 3 y 4, a tensión.

10. ANEXO 2. 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, ϕ y Módulo Young, E.

Tabla 2.1

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = \left(P'_v N^*_q F_R + P_v\right) A_p$$

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

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

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	21.0	39.58	3.0	3.00	32	85.8	27.6	51.80	24.00	0.35	24.00	360.6
1.2	1.131		57.00		2.50				47.76				480.9
1.4	1.539		77.58		2.14				44.88				617.3

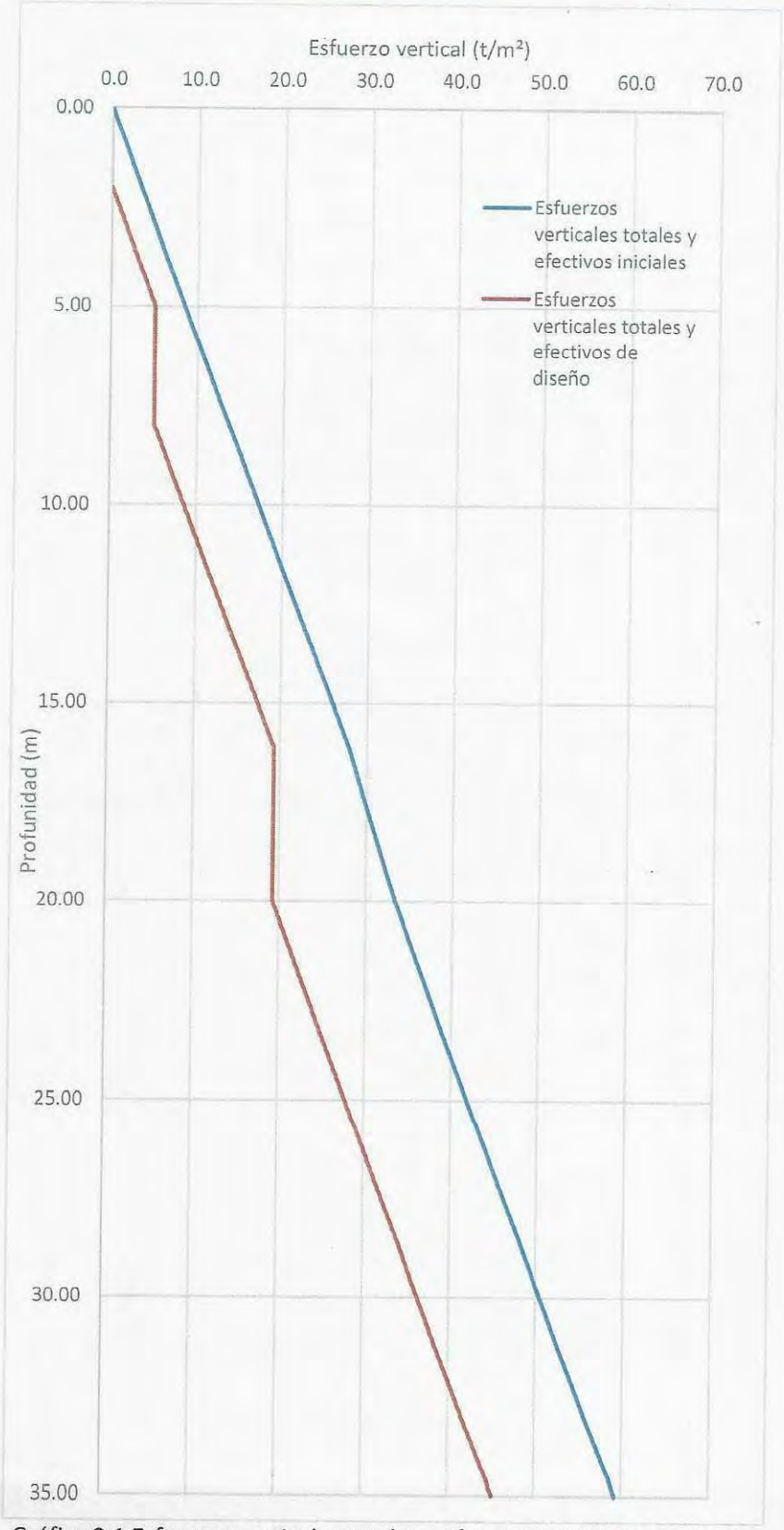
Tabla 2.2

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

	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	89	SM café grisáceo	1.70	2	36	800	0.00	0.00	0.00					
	1.00	89		1.70	2	36	800	1.70	0.00	1.70					
	2.00	89		1.70	2	36	800	3.40	0.00	3.40					
Dado	2.00	140	ML arenoso	1.70	8	35	1,000	3.40	0.00	3.40	0.00	0.00			
	3.50	140		1.70	8	35	1,000	5.95	0.00	5.95	2.55	2.55	3.00	1.20	9.18
	5.00	140		1.70	8	35	1,000	8.50	0.00	8.50	5.10	5.10			
	5.00	0	SM con gravas	1.75	0.0	0.0	-	8.50	0.00	8.50	5.10	5.10			
	6.50	0		1.75	0.0	0.0	-	11.13	0.00	11.13	5.10	5.10	3.00	Mina u oquedad 1	0.00
	8.00	0		1.75	0.0	0.0	-	13.75	0.00	13.75	5.10	5.10			
	8.00	125	GM arenosa	1.75	10	39	1,200	13.75	0.00	13.75	5.10	5.10			
	9.20	125		1.75	10	39	1,200	15.85	0.00	15.85	7.20	7.20	2.40	0.86	14.79
	10.40	125		1.75	10	39	1,200	17.95	0.00	17.95	9.30	9.30			
	10.40	92	SM con gravas	1.75	5	38	900	17.95	0.00	17.95	9.30	9.30			
	13.25	92		1.75	5	38	900	22.94	0.00	22.94	14.29	14.29	5.70	0.70	56.60
	16.10	92		1.75	5	38	900	27.93	0.00	27.93	19.28	19.28			
	16.10	0	Pumítica	1.40	0.0	0.0	-	27.93	0.00	27.93	19.28	19.28			
	18.05	0		1.40	0.0	0.0	-	30.66	0.00	30.66	19.28	19.28	3.90	Mina u oquedad 2	0.00
	20.00	0		1.40	0.0	0.0	-	33.39	0.00	33.39	19.28	19.28			
	20.00	60	ML arenoso	1.70	4.5	32	600	33.39	0.00	33.39	19.28	19.28			
	21.50	60		1.70	4.5	32	600	35.94	0.00	35.94	21.83	21.83	3.00	0.44	28.82
Df	23.00	60		1.70	4.5	32	600	38.49	0.00	38.49	24.38	24.38			
	27.80	60		1.70	4.5	32	600	46.65	0.00	46.65	32.54	32.54			
	27.80	71	SM con gravas	1.75	6	37	750	46.65	0.00	46.65	32.54	32.54			
	31.40	71		1.75	6	37	750	52.95	0.00	52.95	38.84	38.84			
	35.00	71		1.75	6	37	750	59.25	0.00	59.25	45.14	45.14			

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	223.4
1.2	3.770		268.1
1.4	4.398		312.7



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 SERIVICIO

$$\delta = \frac{\left(\left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p\right) + 0.66\frac{C_f}{1.4}\right) L}{10\, A_p\, E_c} + \frac{0.36\left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p\right) D}{10\, A_p\, E_s}$$

$$k_v = \frac{\frac{R}{1.4} + W_p}{\delta}$$

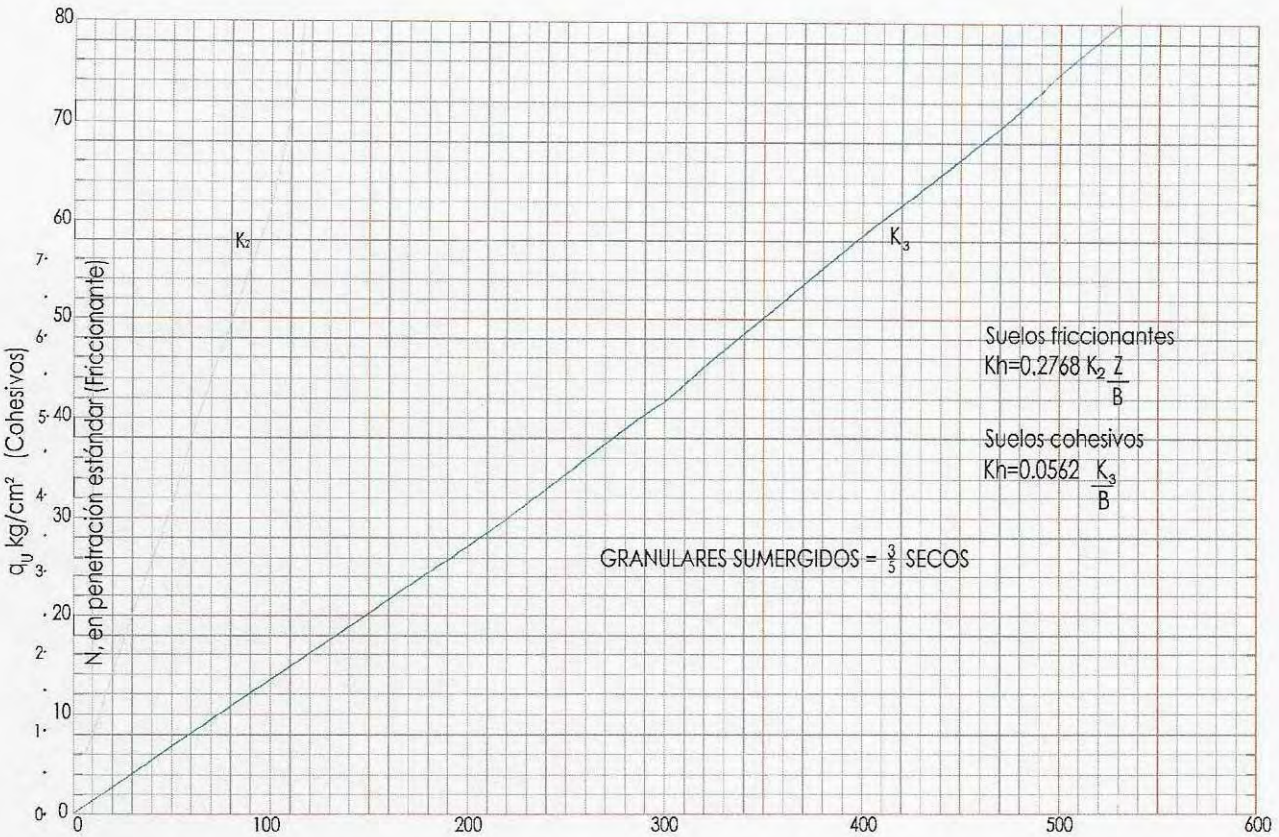
Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m²)	Ec (kg/cm²)	D (cm)	Es (kg/cm²)	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)
360.6	39.6	223.4	2100	0.785	280000	100	600	2.41	544.4	177.68
480.9	57.0	268.1		1.131		120		2.61	692.0	210.98
617.3	77.6	312.7		1.539		140		2.82	852.5	243.05

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

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

Cf1=	223.39	t
P=	137.27	t
Wp=	39.58	t
Cp=	39.58	t
Cf2=	137.27	
L=	21.00	m
Ap=	0.785	m²
Ec=	280000	kg/cm²
Es=	600	kg/cm²
D=	1.0	m
δ=	0.43	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.)

[redacted]

[redacted]