

INFORME GEOTÉCNICO Y ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

BTR AEROPUERTO

SOLICITADO POR:

**SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRA PÚBLICA
(S.I.O.P.)**

UBICACIÓN:

**ESTACIÓN 9, CARRETERA CHAPALA, ENTRE CALLE
CARRILLO DIAZ, SAN JOSE DEL QUINCE, EL SALTO,
JALISCO.**

CLAVE DE INFORME: BRT-ET09-0423

CONTENIDO

- 1. Introducción:**
- 2. Antecedentes y descripción Geográfica:**
- 3. Información Geotécnica y Geología del Sitio**
- 4. Detalle de los trabajos elaborados en campo:**
- 5. Ensayes de laboratorio:**
- 6. Croquis de ubicación de los sondeos**
- 7. Nivel de aguas freáticas:**
- 8. Capacidad de carga**
- 9. Asentamientos**
- 10. Índice de permeabilidad:**
- 11. Recomendaciones generales y conclusiones**
- 12. Memoria fotográfica**

1. Introducción:

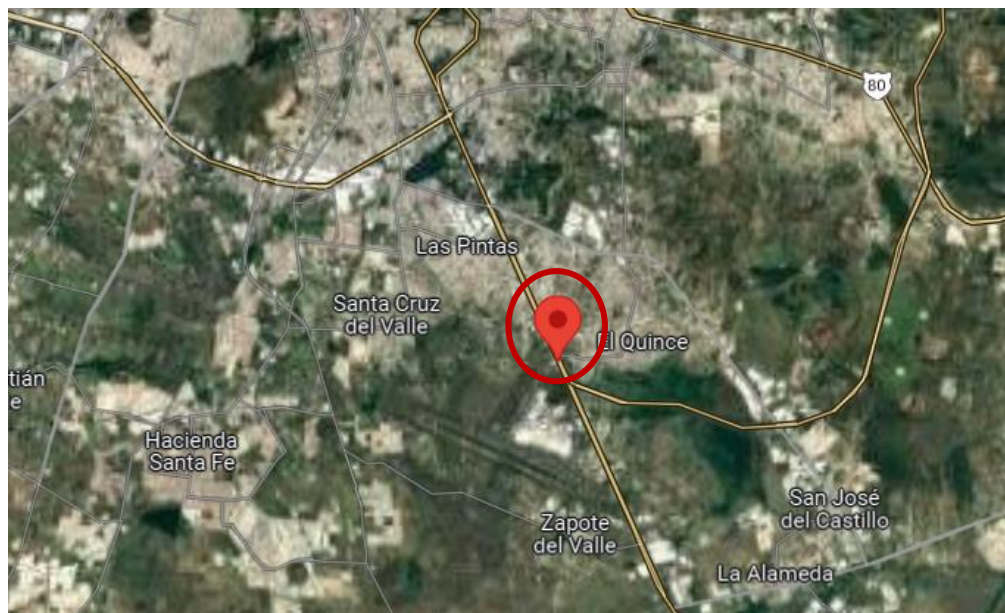
Atendiendo a sus indicaciones para la realización de un estudio de mecánica de suelos para el proyecto de BTR Aeropuerto (estación 9) ubicado sobre carretera Chapala, entre calle Carrillo Díaz, San José del Quince, El Quince, El Salto, Jalisco.

Se realizaron cuatro sondeos por el método de penetración estándar con la finalidad de conocer la capacidad de carga de los estratos inferiores del subsuelo, dichos sondeos se ubicaron de manera aleatoria, pero tratando de comprender toda el área donde se proyecta desplantar la construcción.

2. Antecedentes y descripción Geográfica:

Descripción Geográfica:

El sitio en estudio se localiza en el Municipio del El Salto, Jalisco, en las coordenadas 20°32'28.42"N, 103°17'55.23"O, a una altura de 1526 metros sobre el nivel del mar.

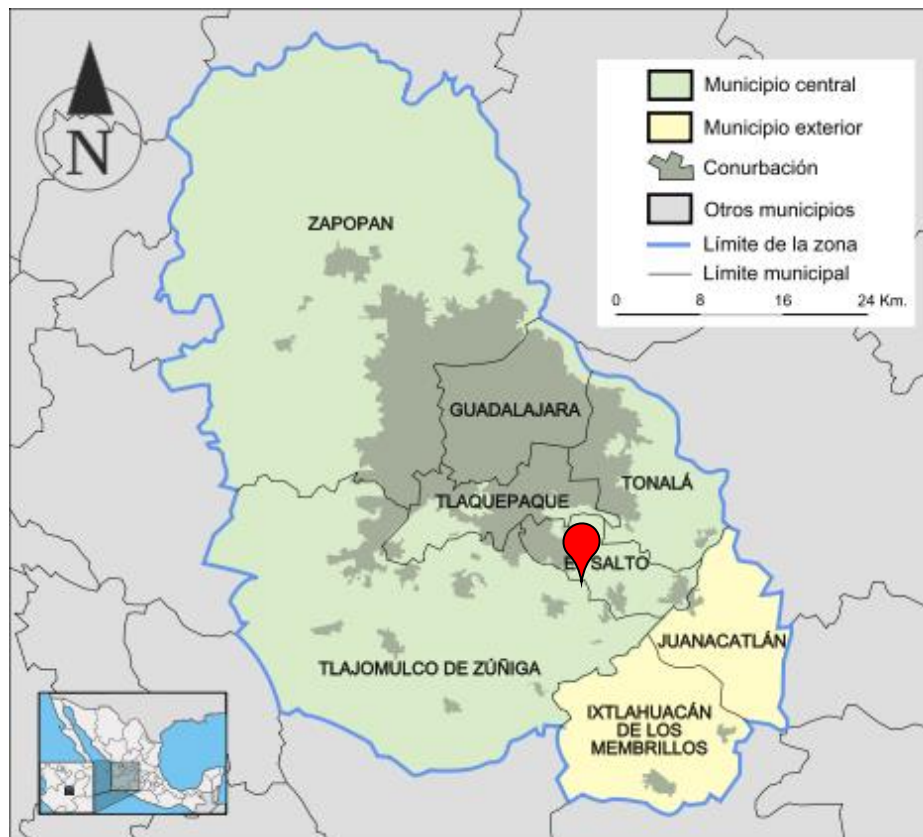


Ubicación general.

3. Información Geotécnica y Geología del Sitio

Localización:

Limita al norte con los municipios de Tlaquepaque y Tonalá; al sur , Tlajomulco de Zúñiga y Juanacatlán; al este, Tonalá y Juanacatlán; y al oeste, Tlajomulco de Zúñiga y Tlaquepaque.



Localidades.

Geología:

El subsuelo del municipio pertenece al período Terciario, y se compone de caliza, rocas ígneas extrusivas, riolita, andesita, basalto, toba y brecha volcánica.

Topografía:

La topografía del municipio es regular, predominando en la mayor parte altitudes entre 1,500 y 2,100 metros sobre el nivel del mar, y en las partes sur y suroeste varía entre 900 y 1,500 metros sobre el nivel del mar.

Hidrografía:

El principal río es el Santiago; y el arroyo permanente de El Ahogado. Cuenta con los manantiales del cerro de La Cruz y con las presas de Las Pintas y El Ahogado. Sus recursos hidrológicos forman parte de la subcuenca “río Santiago” (Verde-Atotonilco), perteneciente a la región hidrológica “Lerma-Chapala-Santiago”.

Suelos:

La composición del suelo dominante corresponde al de tipo Planosol eútrico y pélico; y como suelo asociado se encuentra el tipo Feozem lúvico.

Zona Sísmica:

“La intensidad del movimiento sísmico es uno de los peligros al que están expuestas las construcciones. Para tomar en cuenta el peligro sísmico, frecuentemente se recurre al uso de espectros de diseño que dependen, entre otros aspectos, de la cercanía del sitio a las fuentes generadoras de temblores y de las condiciones locales del terreno. En el pasado, esto se resolvió mediante una regionalización sísmica del territorio mexicano que consistía en cuatro zonas, y una clasificación en tres tipos de terreno. Se proporcionó una forma funcional del espectro de cinco parámetros consignados en una tabla en que se atendía la zona sísmica y el tipo de terreno.”



Regionalización Sísmica de la República Mexicana (CFE)

“Los avances en materia de ingeniería sísmica e ingeniería estructural, han permitido refinar los criterios de diseño sísmico de estructuras, basándose en modelos matemáticos más complejos” (Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por sismo, C.F.E., 2008), dichos cálculos se pueden realizar con el programa PRODISIS (Programa para Diseño Sísmico), para la obtención del valor de la aceleración máxima del terreno rocoso en cualquier parte del país, generación de acelerogramas sintéticos y espectros de diseño. Para conocer más detalles, será necesario consultar el Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por sismo de la C.F.E., 2008.

4. Detalle de los trabajos elaborados en campo:

Los trabajos de exploración se efectuaron con la prueba de penetración estándar a cada 0.60 m de profundidad, determinando el diagrama de compacidad relativa de los estratos del subsuelo, rescatando una muestra alterada del terreno a cada 0.60 m de profundidad hasta alcanzar la profundidad antes mencionada; para su análisis en el laboratorio, se determinaron las características físicas y mecánicas, así como las propiedades índice que nos proporcionen las condiciones y limitaciones para el diseño de la cimentación de las edificaciones que se proyectan.

Trabajos de Campo:

- 1.- Prueba de penetración estándar mecánica.
- 2.- Posteo por medios manuales.
- 3.- Identificación de las muestras y de estrato(s).
- 4.- Muestreo de los diversos materiales.
- 5.- Traslado del muestreo al laboratorio.
- 6.- Investigación de información en campo.

En el sitio en estudio se realizaron dos sondeos con pruebas de penetración estándar.

Sondeo	Profundidad	Coordenadas
1	4.80 metros	20°32'29.24"N 103°17'53.66"O
2	4.50 metros	20°32'27.58"N 103°17'52.82"O
3	4.00 metros	20°32'28.65"N 103°17'52.63"O
4	3.60 metros	20°32'28.31"N 103°17'53.99"O

5. Ensayes de laboratorio:

En los sondeos que se realizaron se muestrearon los estratos de los materiales que conforman el subsuelo y de los cuales se obtuvieron varias muestras de cada estrato detectado durante los trabajos de campo realizados; las muestras se trasladaron al laboratorio para determinar sus características físicas y mecánicas:

Pruebas de Laboratorio:

- 1.- Determinación del porcentaje de suelos gruesos.
- 2.- Determinación del porcentaje de suelos finos.
- 3.- Determinación Contenido de agua o del (%) de Humedad.
- 4.- Secado, Disgregado, Cuarteo, Granulometrías.
- 5.- Límites de consistencia (límites de Atterberg).

Características físicas y mecánicas del suelo:

A continuación, se detallan los resultados de los análisis de laboratorio de control de calidad que se realizaron a las muestras obtenidas de los sondeos del subsuelo, al realizar los trabajos de campo para el desarrollo del estudio de mecánica de suelos.

Características físicas y mecánicas del suelo sondeo 1:

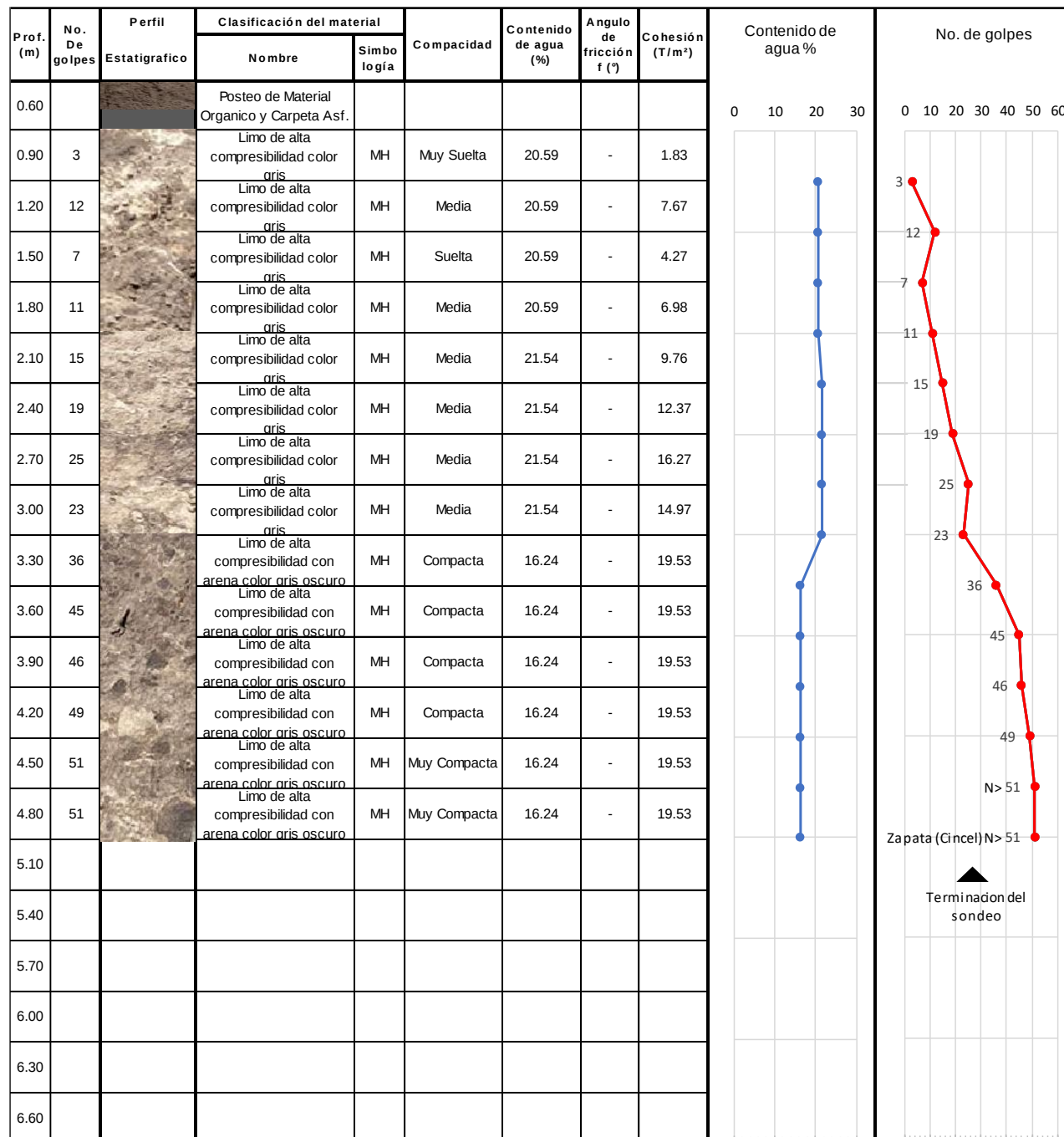
IDENTIFICACIÓN	Sondeo No.		1		
	Muestra No.		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
	Profundidad (m)	de	0.60	1.80	3.00
		a	1.80	3.00	4.80
PRUEBAS	Tamaño Máximo		1/4"	4.76 mm	2.38 mm
	% Pasa malla 4		99%	99%	100%
	% Pasa malla 40		97%	97%	92%
	% Pasa malla 200		85%	84%	71%
	Masa Volumétrica Seca Suelta (kg/m³)		891	874	866
	Límite Líquido		60.61%	57.82%	50.14%
	Límite Plástico		41.30%	35.32%	36.67%
	Índice Plástico		19.30%	22.50%	13.47%
CARACTERÍSTICAS	Apariencia Física		color gris	color gris	color gris oscuro
	Clasificación SUCS		MH	MH	MH
	Descripción SUCS		Limo de alta compresibilidad	Limo de alta compresibilidad	Limo de alta compresibilidad con arena
	Tipo de Suelo		A	A	A

A= Arenas

B= piedras medianas y pequeñas

C= rocas de gran tamaño

Perfil estratigráfico sondeo 1



A.S.T.M. D1586, el avance del sondeo se suspende cuando el número de golpes de la técnica de penetración estándar es mayor de 50 golpes.

Características físicas y mecánicas del suelo sondeo 2:

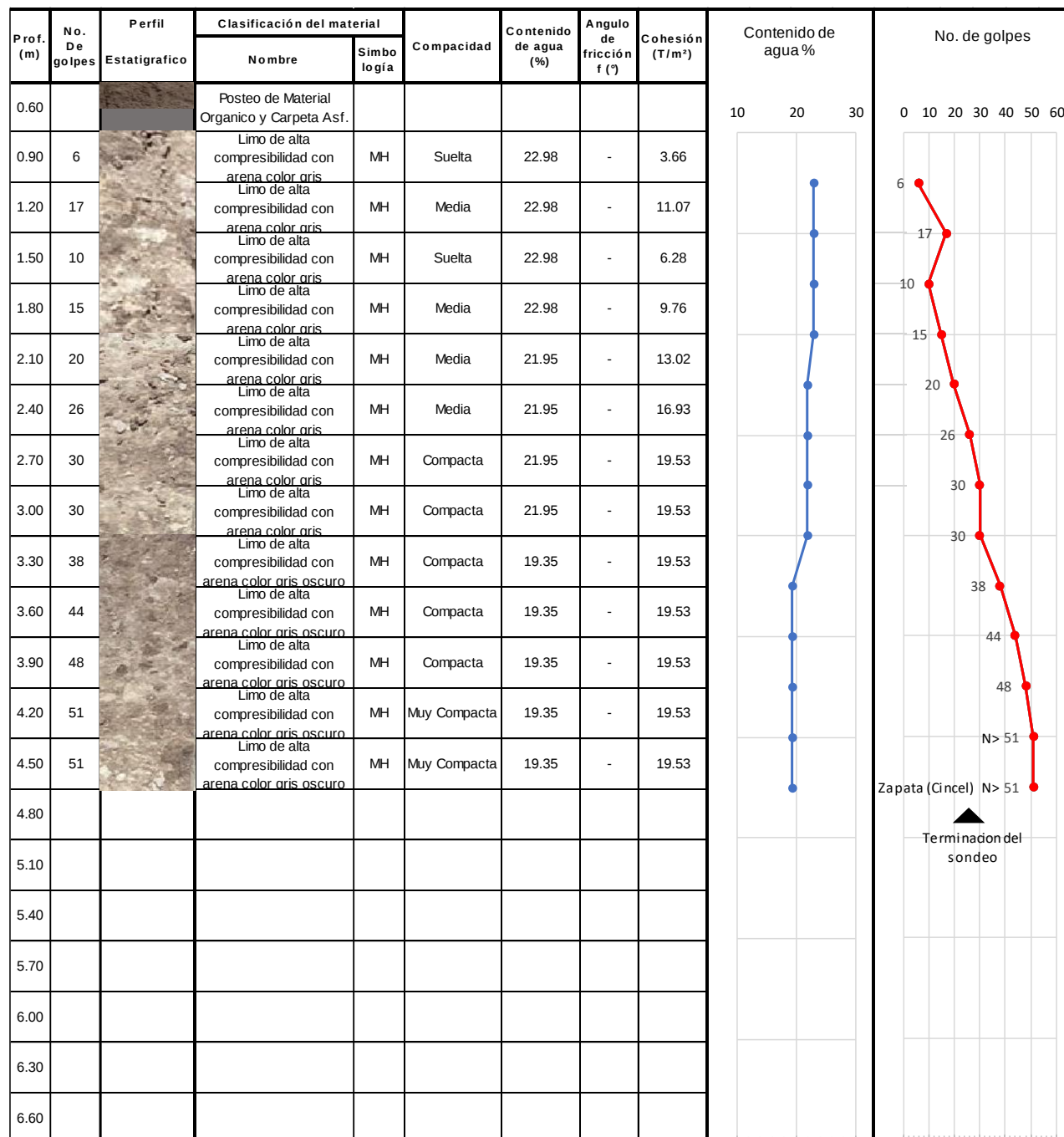
IDENTIFICACIÓN	Sondeo No.		2		
	Muestra No.		MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
	Profundidad (m)	de	0.60	1.80	3.00
		a	1.80	3.00	4.50
PRUEBAS	Tamaño Máximo		1/4"	4.76 mm	2.38 mm
	% Pasa malla 4		99%	99%	100%
	% Pasa malla 40		97%	98%	91%
	% Pasa malla 200		80%	83%	66%
	Masa Volumétrica Seca Suelta (kg/m³)		898	902	873
	Límite Líquido		58.34%	56.19%	51.63%
	Límite Plástico		40.83%	40.52%	36.84%
	Índice Plástico		17.51%	15.67%	14.79%
CARACTERÍSTICAS	Apariencia Física		color gris	color gris	color gris oscuro
	Clasificación SUCS		MH	MH	MH
	Descripción SUCS		Limo de alta compresibilidad con arena	Limo de alta compresibilidad con arena	Limo de alta compresibilidad con arena
	Tipo de Suelo		A	A	A

A= Arenas

B= piedras medianas y pequeñas

C= rocas de gran tamaño

Perfil estratigráfico sondeo 2



A.S.T.M. D1586, el avance del sondeo se suspende cuando el número de golpes de la técnica de penetración estándar es mayor de 50 golpes.

Características físicas y mecánicas del suelo sondeo 3:

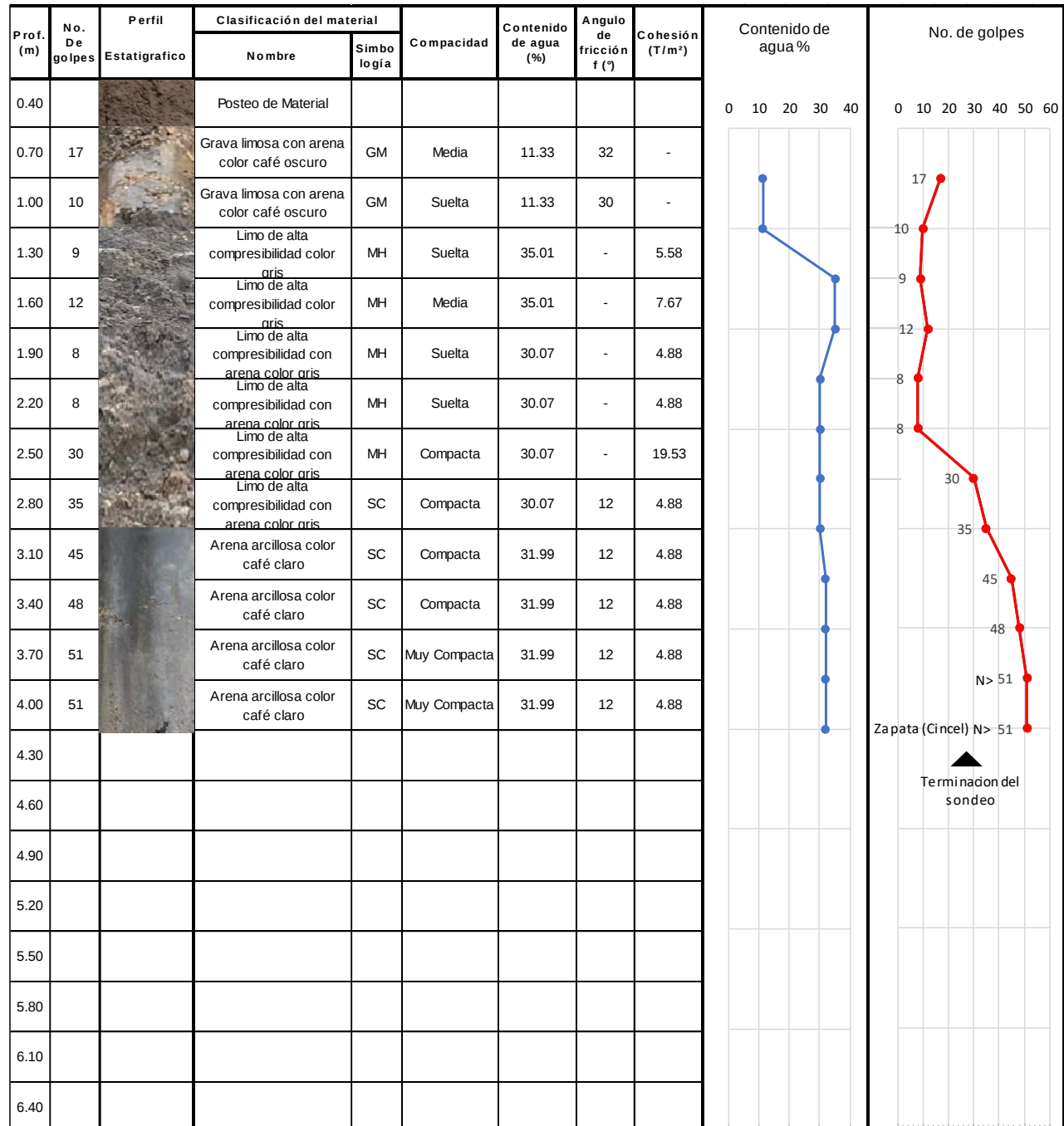
IDENTIFICACIÓN	Sondeo No.		3			
	Muestra No.		MUESTRA 7	MUESTRA 8	MUESTRA 9	MUESTRA 10
	Profundidad (m)	de	0.40	1.00	1.60	2.80
		a	1.00	1.60	2.80	4.00
PRUEBAS	Tamaño Máximo		1/4"	4.76 mm	2.38 mm	2.38 mm
	% Pasa malla 4		61%	99%	100%	100%
	% Pasa malla 40		36%	94%	80%	71%
	% Pasa malla 200		20%	83%	51%	44%
	Masa Volumétrica Seca Suelta (kg/m³)		962	774	801	838
	Límite Líquido		27.57%	68.46%	51.68%	43.05%
	Límite Plástico		N.P.	40.94%	33.61%	25.83%
	Índice Plástico		N.P.	27.51%	18.06%	17.21%
CARACTERÍSTICAS	Apariencia Física		color café oscuro	color gris	color gris	color café claro
	Clasificación SUCS		GM	MH	MH	SC
	Descripción SUCS		Grava limosa con arena	Limo de alta compresibilidad	Limo de alta compresibilidad con arena	Arena arcillosa
	Tipo de Suelo		A	A	A	A

A= Arenas

B= piedras medianas y pequeñas

C= rocas de gran tamaño

Perfil estratigráfico sondeo 3



A.S.T.M. D1586, el avance del sondeo se suspende cuando el número de golpes de la técnica de penetración estándar es mayor de 50 golpes.

Características físicas y mecánicas del suelo sondeo 4:

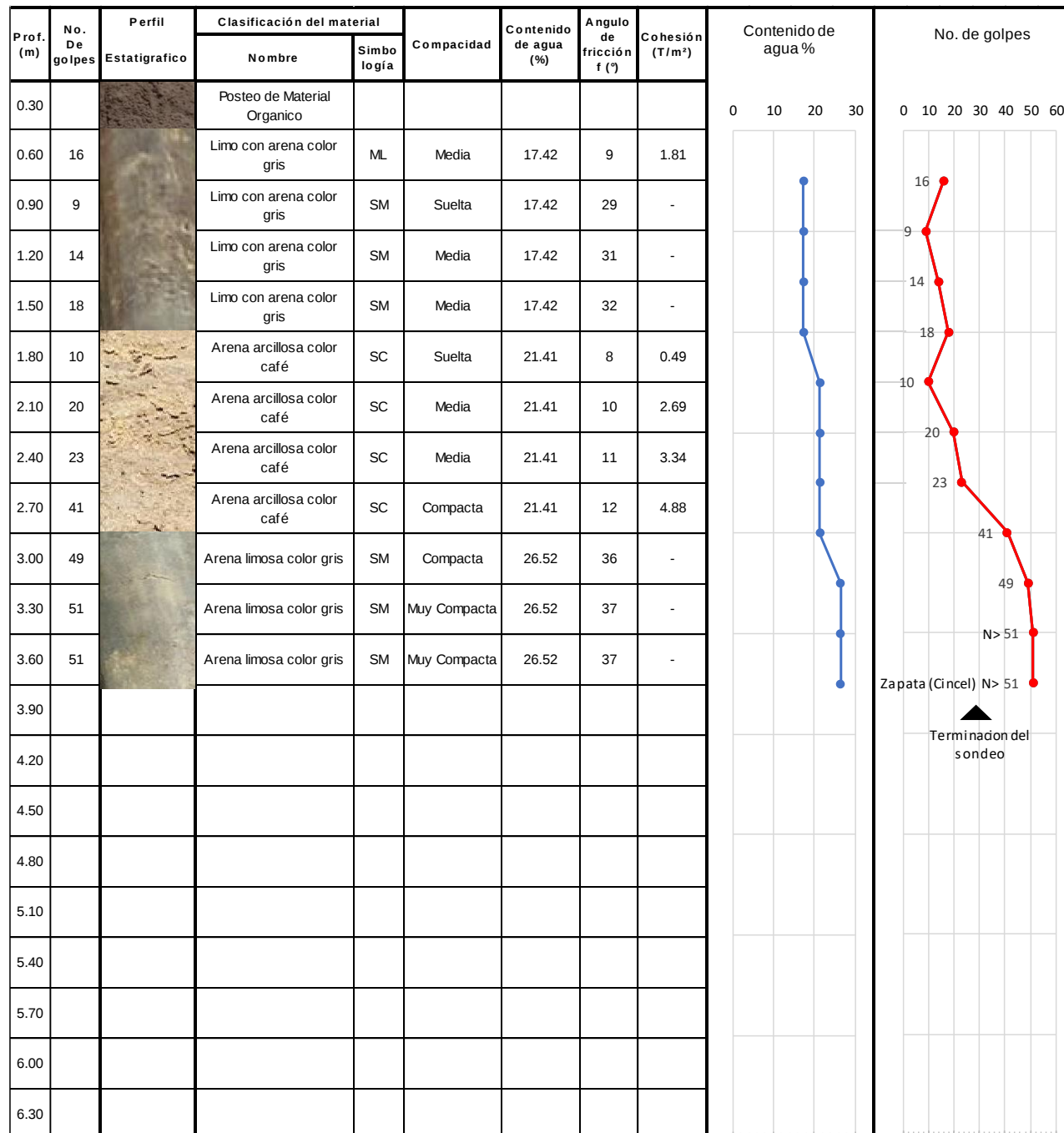
IDENTIFICACIÓN	Sondeo No.		4		
	Muestra No.		MUESTRA 11	MUESTRA 12	MUESTRA 13
	Profundidad (m)	de	0.30	1.50	2.70
		a	1.50	2.70	3.60
PRUEBAS	Tamaño Máximo		3/8"	2.38 mm	2.38 mm
	% Pasa malla 4		86%	100%	100%
	% Pasa malla 40		70%	75%	56%
	% Pasa malla 200		51%	43%	25%
	Masa Volumétrica Seca Suelta (kg/m³)		914	877	832
	Límite Líquido		46.66%	34.06%	27.91%
	Límite Plástico		31.67%	17.01%	N.P.
	Índice Plástico		14.99%	17.05%	N.P.
CARACTERÍSTICAS	Apariencia Física		color gris	color café	color gris
	Clasificación SUCS		ML	SC	SM
	Descripción SUCS		Limo con arena	Arena arcillosa	Arena limosa
	Tipo de Suelo		A	A	A

A= Arenas

B= piedras medianas y pequeñas

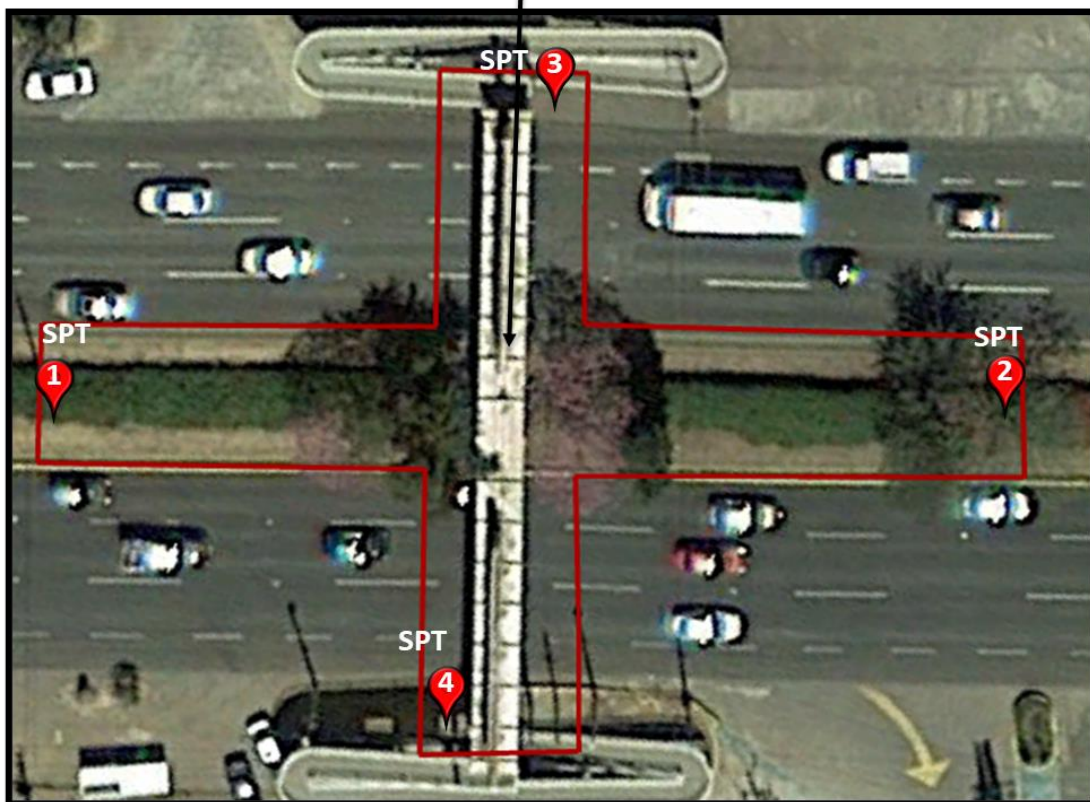
C= rocas de gran tamaño

Perfil estratigráfico sondeo 4



A.S.T.M. D1586, el avance del sondeo se suspende cuando el número de golpes de la técnica de penetración estándar es mayor de 50 golpes.

6. Croquis de ubicación de los sondeos



Ubicación de los sondeos en el sitio.

7. Nivel de aguas freáticas:

No se localizó nivel de aguas freáticas (N.A.F.) en la fecha en la que se efectuó la exploración del subsuelo.

8. Capacidad de carga

De acuerdo con las formulas del Dr. Terzaghi para la determinación de la capacidad de carga utilizamos la siguiente expresión:

$$q_d = C \times N_c + \gamma \times Z \times N_q + 0.5\gamma \times B \times N_w$$

Se presenta un esfuerzo máximo por unidad de longitud, que puede aplicarse a las cimentaciones, y que nos dará como resultados la capacidad de carga límite de la cimentación

Donde:

q_d = capacidad de carga limite ton / m² O kg / m²

c = cohesión del suelo ton / m² O kg / m²

γ = peso volumétrico del suelo ton / m³ O kg / m³

z = profundidad de desplante metros

N_c , N_q , N_w y B son coeficientes sin que dependan del ángulo de fricción interna del suelo y que se llaman factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, a la sobre carga y al peso del suelo.

Capacidad De Carga Para Una Cimentación Corrida

Profundidad D_f (m) Desplante de zapatas	1.00	1.30	1.50	1.80
Profundidad D_f (m) Desplante con mejoramiento	1.95	2.35	2.55	2.85
Ancho B (m)	Q_{adm} (t/m ²)	Q_{adm} (t/m ²)	Q_{adm} (t/m ²)	Q_{adm} (t/m ²)
0.50	6.30	7.40	9.50	11.20
0.60	6.40	7.50	9.60	11.30
0.70	6.50	7.60	9.70	11.40
0.80	6.60	7.70	9.80	11.50
0.90	6.70	7.80	9.90	11.60
1.00	6.80	7.90	10.00	11.70
1.20	7.00	8.10	10.20	11.90
1.50	7.30	8.40	10.50	12.20
2.00	7.70	8.80	10.90	12.60

Capacidad De Carga Para Una Cimentación Aislada Cuadrada

Profundidad D_f (m) Desplante de zapatas	1.00	1.30	1.50	1.80
Profundidad D_f (m) Desplante con mejoramiento	2.05	2.35	2.55	2.85
Ancho B (m)	Q_{adm} (t/m ²)	Q_{adm} (t/m ²)	Q_{adm} (t/m ²)	Q_{adm} (t/m ²)
0.50	5.80	6.90	9.00	10.70
0.60	5.90	7.00	9.10	10.80
0.70	6.00	7.10	9.20	10.90
0.80	6.10	7.20	9.30	11.00
0.90	6.20	7.30	9.40	11.10
1.00	6.30	7.40	9.50	11.20
1.20	6.50	7.60	9.70	11.40
1.50	6.80	7.90	10.00	11.70
2.00	7.20	8.30	10.40	12.10

9. Asentamientos

Para zapatas con anchos (B) no mayores de 3.0 m, se puede utilizar un método empírico simplificado para calcular el asentamiento en arenas, el cual se basa en limitar la capacidad de carga (Q_{adm}) del suelo, de tal manera que el asentamiento total máximo que se presente no sea mayor a 2.5 cm, y los asentamientos diferenciales sean del orden de 2.0 cm. La ecuación propuesta es la siguiente:

$$q_a = 1.1N'$$

10. Índice de permeabilidad:

Es la facilidad o dificultad que tiene un suelo de permitir que lo atraviese el agua a través de sus vacíos. Esto permite clasificar los suelos en: suelos permeables y suelos impermeables, la permeabilidad está influenciada por el tamaño de las partículas, espacio de los vanos y la estructura del suelo. La tabla que se muestra a continuación presenta los valores, tipos de permeabilidad para diferentes tipos de suelos.

Tipos de suelo	Grado relativo de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad K (cm./seg.)	Propiedades de drenajes
Grava limpia	Alto	1×10^{-1}	Buena
Arena limpia	Medio	1×10^{-3}	Buena
Grava arenosa	Medio	1×10^{-3}	Buena
Arena fina	Bajo	1×10^{-3} a 1×10^{-5}	Franca a pobre
Limos	Bajo	1×10^{-3} a 1×10^{-5}	Franca a pobre
Arena limo arcilloso	Muy bajo	1×10^{-4} a 1×10^{-7}	Pobre o prácticamente imperceptible
Arcilla homogénea	Muy bajo a prácticamente impermeable	$< 1 \times 10^{-7}$	Prácticamente imperceptible

Fuente: A. Casagrande (Mecánica de Suelo, Juárez Badillo)

Conforme los resultados el Grado relativo de permeabilidad son MUY BAJO pobre o prácticamente impermeable y el Coeficiente de permeabilidad corresponde de 1×10^{-4} a 1×10^{-7} .

11. Recomendaciones generales y conclusiones

Se realizó un estudio de mecánica de suelos para el proyecto de BTR Aeropuerto (estación 9) ubicado sobre carretera Chapala, entre calle Carrillo Díaz, San José del Quince, El Quince, El Salto, Jalisco.

Estratos del subsuelo: Por las pruebas del laboratorio que se realizaron a los materiales le podemos informar a usted que se encontraron: Limo de alta compresibilidad (MH), Limo con arena de alta compresibilidad (MH), Grava limosa con arena (GM), Arena arcillosa (SC), Limo con arena (ML), Arena arcillosa (SC), Arena limosa (SM).

El tipo de cimentación que se adecúa para las condiciones del subsuelo es del tipo superficial conformada por zapatas aisladas y corridas.

Mejoramiento del suelo para cimentación de zapatas

Debido a la plasticidad que presenta el suelo, se deberá realizar el siguiente mejoramiento al suelo que se encuentra por debajo de las zapatas de cimentación.

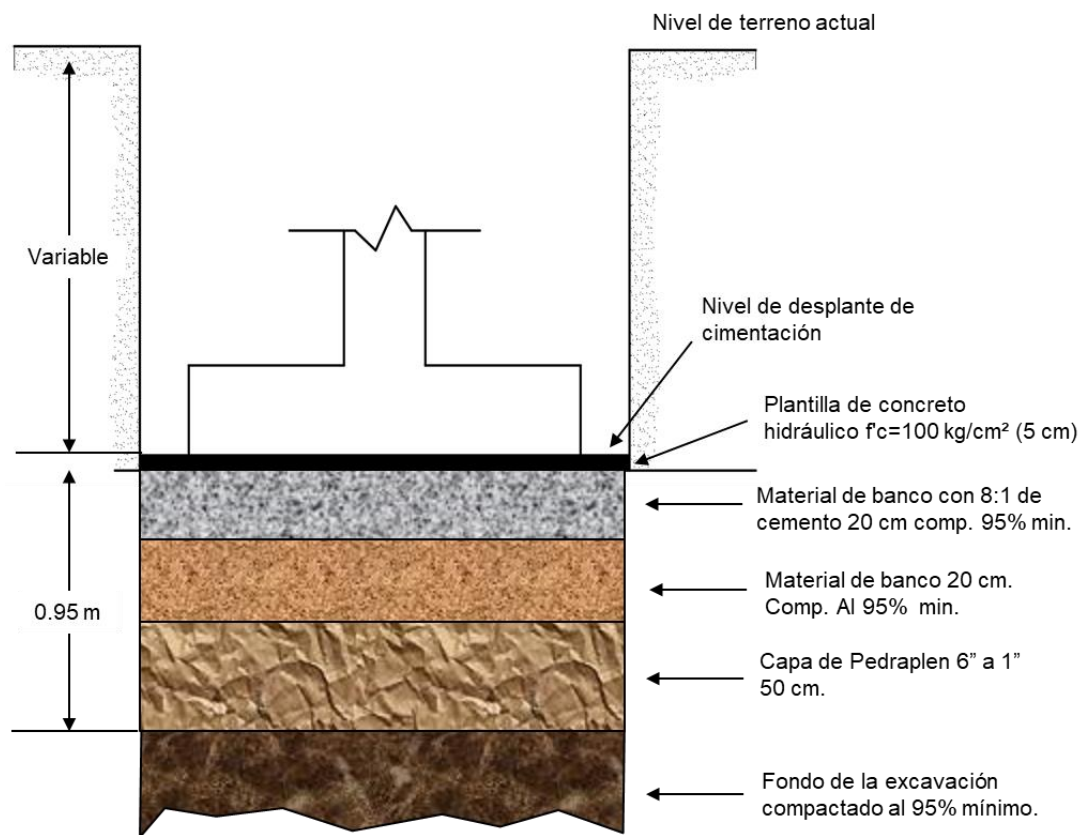
Corte: Abrir caja a 95 cm de profundidad por debajo del nivel de desplante de la cimentación, cuya capacidad de carga sea la adecuada a sus necesidades y previendo los efectos de volteo que considere el estructurista, se deberá compactar el fondo de la excavación buscando un grado de compactación de por lo menos el 95% de su masa volumétrica seca máxima (MVSM) mediante la prueba AASHTO Estándar.

Pedraplén: Colocar una capa de 50 cm de espesor mínima de roca de 6" en la parte inferior la cual se reducirá hasta 1" en la parte superior. Esta capa funcionara para absorber los cambios volumétricos que se presenten en la arcilla en caso de existir un cambio de humedad.

Terraplén: Se colocar una capa de material con características de calidad similar a una Arena Limosa (Material de banco) según la clasificación SUCS, en un espesor de 20 cm, buscando un grado de compactación de por lo menos el 95% de su masa volumétrica seca máxima mediante la prueba AASHTO Estándar.

Suelo-Cemento: Sobre el terraplén compactado, se colocará un suelo-cemento con relación volumétrica de 8:1, con un material con características de calidad similar a una Arena Limosa (Material de banco) según la clasificación SUCS, este se construirá en una capa de 20 cm de espesor compacto al 95% de su masa volumétrica seca máxima AASHTO Estándar.

Plantilla: Posteriormente se colocará una plantilla de concreto hidráulico $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ con un espesor de 5 cm, con el fin de evitar que el concreto de los elementos estructurales se contaminen con partículas de suelo y que la carga se distribuya correctamente, una vez cumplido esto, se puede continuar con la construcción de la cimentación.



Esquema representativo del mejoramiento (sin escala).

Mejoramiento del suelo para andador a nivel de piso

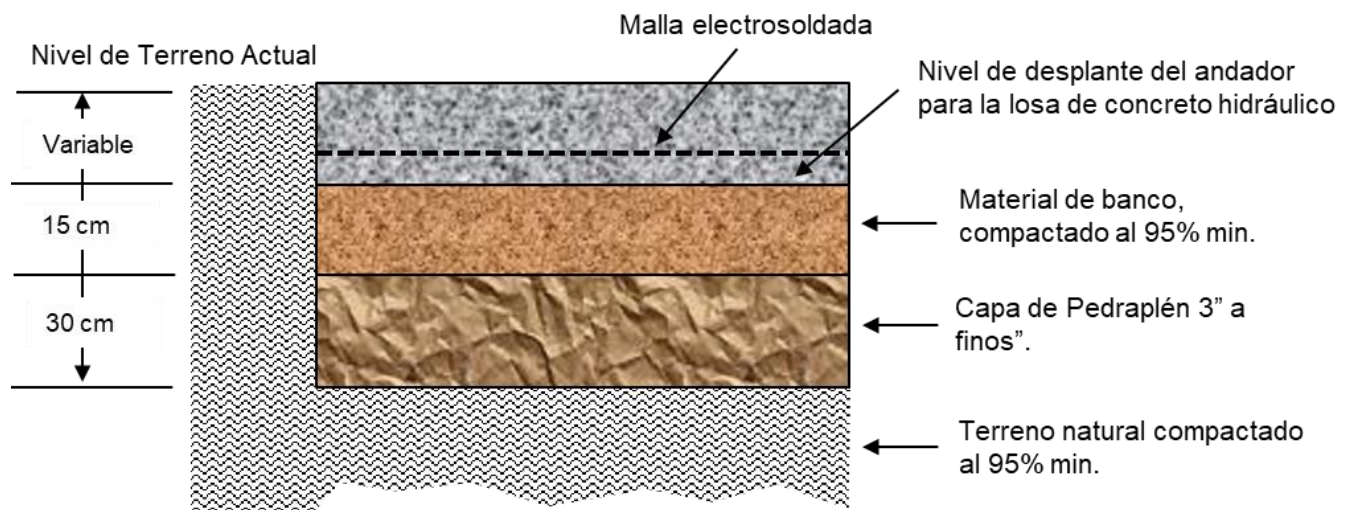
Se deberá realizar lo siguiente para la construcción del andador

Corte: Abrir cajón a 45 cm de profundidad por debajo de desplante del andador, se deberá compactar el fondo del cajón para descartar la presencia de material suelto, buscando un grado de compactación de por lo menos el 95% de su masa volumétrica seca máxima AASHTO Estándar.

Pedraplén: Colocar una capa de 30 cm de espesor mínima de roca de 3" en la parte inferior la cual se reducirá hasta finos en la parte superior. Esta capa funcionara para absorber los cambios volumétricos que se presenten en la arcilla en caso de existir un cambio de humedad.

Relleno: Se colocar una capa de material con características de calidad similar a una Arena Limosa (Material de banco) según la clasificación SUCS, en un espesor de 15 cm, buscando un grado de compactación de por lo menos el 95% de su masa volumétrica seca máxima mediante la prueba AASHTO Estándar.

Malla electrosoldada: Sobre el relleno compactado, se colocará una malla electrosoldada de las características que se requiera, colocada adecuadamente para absorber los esfuerzos de contracción provocados por cambios de temperatura en el concreto. La malla electrosoldada deberá quedar a una distancia de 1/3 del espesor de la losa de piso (Por encima del relleno). Una vez instalada la malla y habiendo dejado las preparaciones para las instalaciones, se colocará la losa de piso de concreto hidráulico del espesor que requiera el proyecto, quedando la malla electrosoldada sumergida en el concreto hidráulico.



Esquema representativo del mejoramiento (sin escala).

Se hace especial recomendación que las excavaciones no se dejen abiertas por mucho tiempo y de preferencia que no se realicen en temporadas de lluvias para que no se altere la estructura natural del suelo y esto provoque la disminución de la capacidad de carga y el incremento de los hundimientos.

Desde el punto de vista del comportamiento del subsuelo, es posible que, durante un sismo intenso, ocurra un reacomodo en las partículas de los depósitos superficiales existentes, por lo cual es conveniente que las estructuras estén capacitadas para admitir movimientos diferenciales sin dañarse

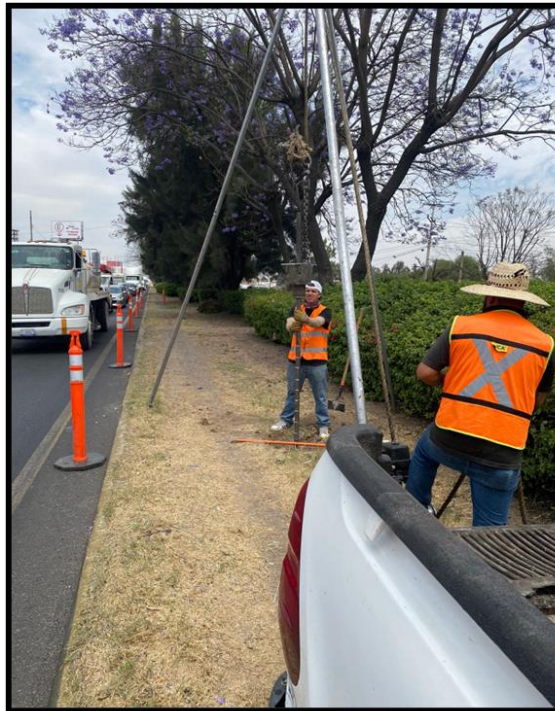
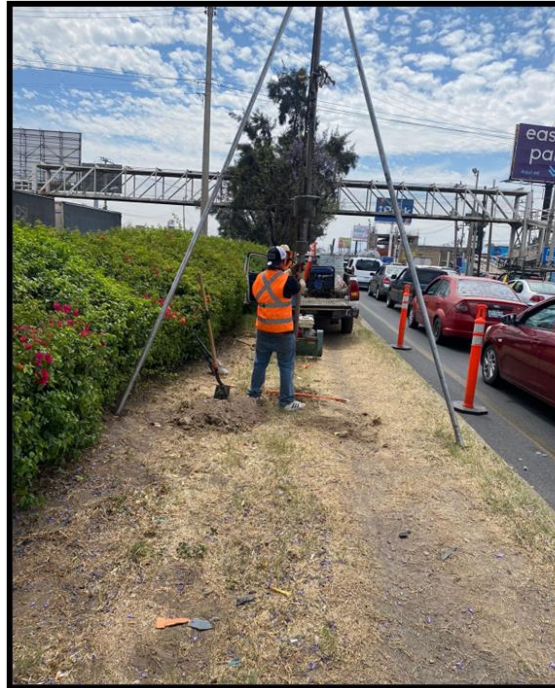
Dentro de las consideraciones importantes es fundamental conducir los escurrimientos para evitar la infiltración de agua cerca de la estructura de cimentación, ya que puede provocar la lubricación de las partículas y el reacomodo de las mismas, lo que se reflejara en asentamientos del terreno.

En caso de tener alguna duda o aclaración sobre el presente informe, estamos a sus órdenes, así como también al momento de iniciar con los trabajos se encuentra condiciones diferentes a las mencionadas, se recomienda notificar lo antes posible con el fin de apoyarlos en las decisiones oportunas.

ATENTAMENTE

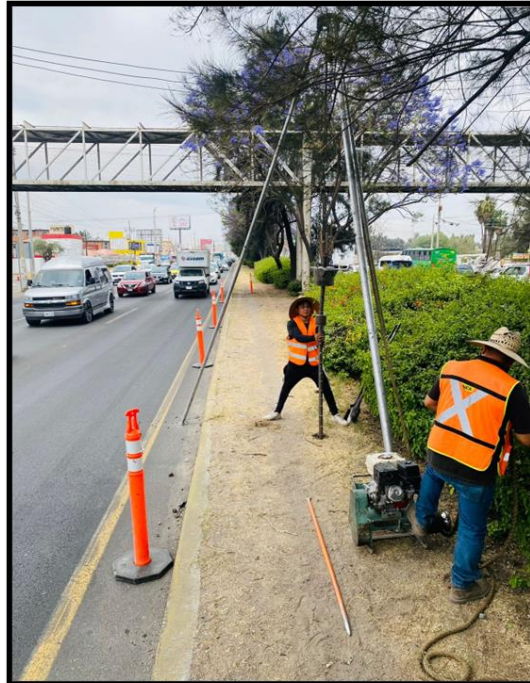
Ing. Joselyne Liliana González Díaz

12. MEMORIA FOTOGRÁFICA



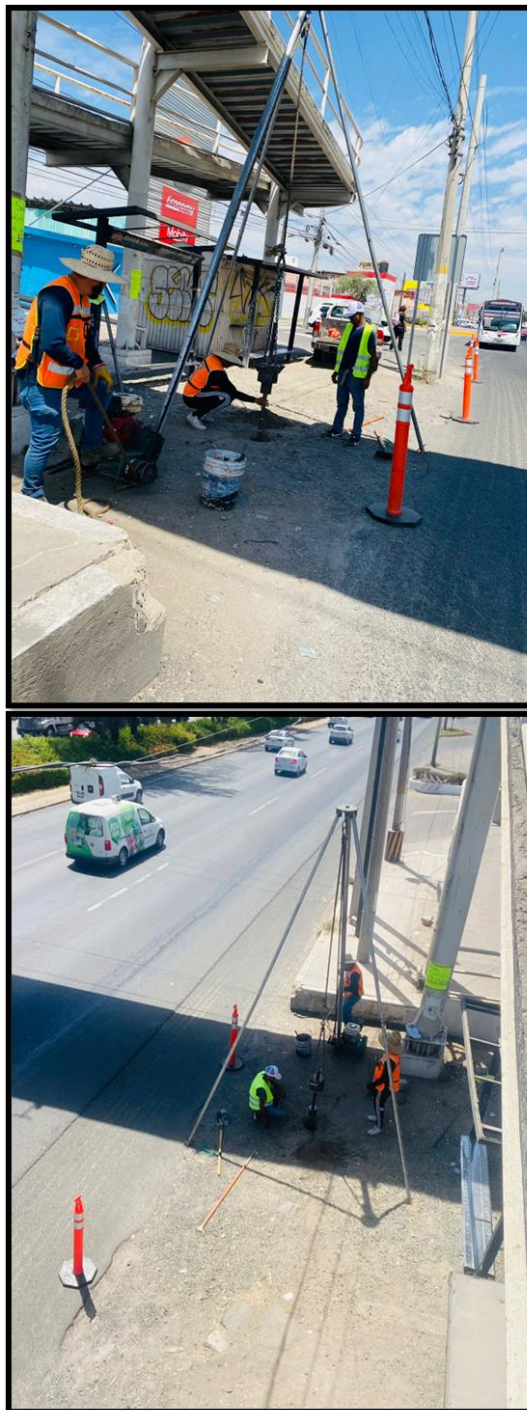
Fotografías: Realización de los sondeos.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Fotografías: Realización de los sondeos.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



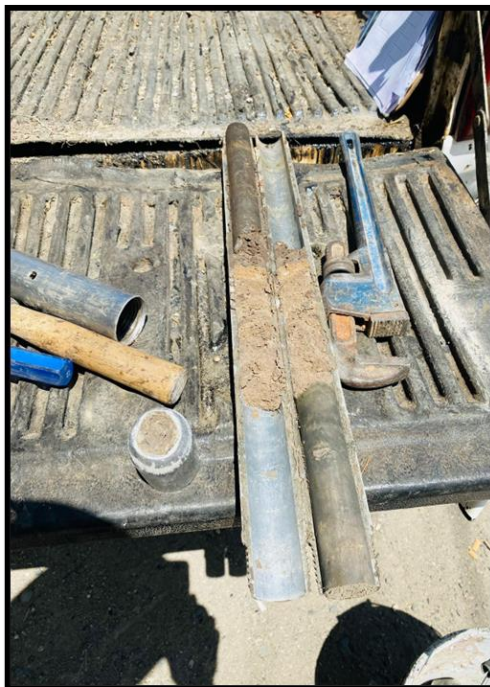
Fotografías: Realización de los sondeos

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Fotografías: Realización de los sondeos

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Fotografías: Material recuperado para su análisis en laboratorio.