



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EDIFICIO SEDE DEL FOVISSSTE

**CALLE MIGUEL NOREÑA No. 28
COLONIA SAN JOSÉ INSURGENTES
DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ
CIUDAD DE MÉXICO**

OCTUBRE / 2017



ÍNDICE

1 - ANTECEDENTES.

1.1 - ZONIFICACIÓN GOTÉCNICA.

1.2 - CARACTERÍSTICAS DE LA COLONIA.

1.3 - CARACTERÍSTICAS DE LA DELEGACIÓN.

2 - GEOLOGÍA.

3 - EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.

4 - ENSAYES DE LABORATORIO.

5 - ESTRATIGRAFÍA.

5.1- DEL SITIO.

5.2- DE LA ZONA.

6 - ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.

6.1- ESTADO LÍMITE DE FALLA.

6.2 -ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.

6.3- ESTABILIDAD DE TALUDES.

6.4 - EMPUJE EN MUROS DE CONTENCIÓN.

6.5 - ZONIFICACIÓN SÍSMICA.

7- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

❖ BIBLIOGRAFÍA.

❖ FIGURAS.

❖ FOTOGRAFÍA.



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PARA EL EDIFICIO DEL FOVISSSTE, UBICADO EN LA CALLE MIGUEL NOREÑA No. 28, COLONIA SAN JOSÉ INSURGENTES, C.P. 03900, DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ, EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

1 - ANTECEDENTES.

En virtud del sismo ocurrido el pasado 19 de septiembre de 2017, procedente del estado de Morelos con referencia de localización del epicentro a 12 km al sureste de la localidad de Axochiapan, con una magnitud de 7.1 grados en la escala de Richter y que afectó gravemente varias estructuras de la Ciudad de México, el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, solicito a Grupo ARTEDI, realizar diversos estudios de Ingeniería al edificio sede del FOVISSSTE, con el objetivo de evaluar las condiciones actuales de seguridad y estabilidad estructural o posibles daños, conforme a los lineamientos del Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México 2004 y sus Normas Técnicas Complementarias.

Desde hace más de 30 años, se han realizado diversos peritajes estructurales al edificio, cuyos resultados indican que el inmueble ha tenido un comportamiento satisfactorio a lo largo del tiempo, el estudio de la UNAM es el más reciente, realizado en el año 2015. Las principales conclusiones definidas por el estudio que la Universidad Nacional Autónoma de México realizó hace dos años, son las siguientes.

El estudio de mecánica de suelos realizado en septiembre de 2017, tiene como objetivo definir las condiciones estratigráficas existentes en el predio en cuestión, determinar las propiedades índice y mecánicas de los materiales característicos del sitio, llevar a cabo el análisis y diseño geotécnico que permita precisar el comportamiento de la cimentación del edificio de oficinas de 15 pisos existente, así como verificar la capacidad de carga y los asentamientos que ha presentado la estructura actualmente, y su desempeño esperado a futuro.



De acuerdo a los objetivos antes planteados, los alcances que comprende el presente estudio de mecánica de suelos son los siguientes: las características generales del proyecto, la exploración del subsuelo por medio de la perforación de un sondeo profundo, la ejecución de las pruebas de laboratorio y la elaboración del informe geotécnico, se detallan los trabajos de la exploración geotécnica, se reportan los resultados de los ensayos de laboratorio llevados a cabo para determinar las propiedades índice de los materiales característicos del sitio, se describe la estratigrafía encontrada y los criterios empleados en los análisis geotécnicos realizados para definir las características de la de cimentación.

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

La estructura del edificio en estudio está conformada por 2 Sótanos, Planta Baja, Mezanine y 11 niveles más, localizada en calle Miguel Noreña # 28, colonia San José Insurgentes, Delegación Benito Juárez, C.P. 03900 en la Ciudad de México.

Actualmente el área presenta una superficie plana, que ha tenido un ligero emergimiento del orden de 8 cm., en relación al nivel de la ciudad de México.

El edificio cede del FOVISSSTE, cubre un área aproximada de 2400 m², está formada por una estructura de marcos rígidos de concreto

Cuenta con una cimentación a base de pilas trabajando por punta, fijos por medio de dados, están colocadas una por apoyo. De acuerdo con la información proporcionada las pilas son de sección redonda de 1.80 a 2.0 m de diámetro, desplantadas a 10.50 m de profundidad con relación al nivel de la calle.

El sistema de piso del Sótano 1 está constituido por losas de concreto reforzado que no han soportado hundimientos diferenciales importantes, notando la ausencia de asentamientos en la parte central de la estructura.



El inmueble colinda a su vez con un edificio anexo propiedad del FOVISSSTE el cual funciona como oficinas. El área de oficinas es un edificio de 2 niveles estructurado a base de muros de mampostería reforzado por columna y trabes de concreto armado, que se encuentra cimentado por medio Zapatas.

Como complemento de la revisión también se verificó la calidad del concreto empleado, armados de acero de refuerzo en trabes, desplomes en esquinas y asentamientos que han presentado las losas de entrepiso, cuyos resultados se indican en otro apartado independiente. (ver el apartado correspondiente)

Las actividades y resultados de la ingeniería de mecánica de suelos, se informan en el presente estudio.

En la figura No. 1 se muestra la ubicación del predio.

En las figuras 2 y 3, se indica la planta y un corte arquitectónico del edificio.

En la figura No. 4 se proporciona el plano topográfico del lugar.

1.1 - ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.

De acuerdo con la "Zonificación Geotécnica del Valle de México", que se establece en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF) y las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones (NTCDCC), el terreno en estudio está ubicado en la denominada "Zona I o de Lomas", según se indica en la figura No. 5. La Zona I comprende la región perimetral del valle, se caracteriza por presentar tobas compactas de cementación variable, depósitos de origen glacial y aluviones, que se caracterizan por su alta capacidad de carga y baja compresibilidad.



1.2 - CARACTERÍSTICAS DE LA COLONIA SAN JOSÉ INSURGENTES.



La colonia San José Insurgentes es una colonia de la delegación Benito Juárez, ubicada en la zona sur poniente de la Ciudad de México y limitrofe al oriente con la Avenida Insurgentes Sur, al norte con avenida Río Mixcoac, al poniente con avenida Revolución y al sur con avenida Barranca del Muerto.

Hoy día, la colonia alberga importantes oficinas corporativas, comercios y hoteles, así como el icónico Teatro de los Insurgentes.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano, para la Delegación Benito Juárez las construcciones en la colonia deben ser principalmente residenciales (H3/20/B, Habitacional, 3 niveles máximo, 20% de área libre y baja densidad o bien, 1 vivienda cada 100 metros).

Está habitada fundamentalmente por familias de nivel socio-económico medio alto y alto.



HISTORIA.

A finales de los años treinta, la familia Alemán desarrolló la colonia San José Insurgentes, así como también lo hizo con Polanco y Ciudad Satélite, desde entonces, la colonia ha sido residencia de grandes personajes, como el Presidente Adolfo Ruiz Cortines, María Félix y Jorge Negrete.

1.3 - CARACTERÍSTICAS DE LA DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ.

La Delegación Benito Juárez es una de las 16 demarcaciones territoriales de la Ciudad de México. Fue creada a principios de los años cuarenta, pero tomó sus límites territoriales el 29 diciembre de 1970.

Se encuentra en la región central de la ciudad y ocupa 26,63 km² a 2.232 msnm. Al norte, sus delegaciones vecinas son Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc; al poniente la delegación Álvaro Obregón, al sur la delegación Coyoacán y Álvaro Obregón, y al oriente las delegaciones Iztacalco e Iztapalapa.

La posición céntrica de la delegación Benito Juárez la convierte en cruce de caminos entre las diversas zonas de la ciudad, por lo mismo cuenta con abundantes vías de comunicación. Sus habitantes conviven diariamente con dos millones de visitantes.

Esta gran población flotante se beneficia de la vialidad y el mobiliario urbano de la región, y también contribuye a la intensa actividad económica de la misma, estimada en 2005 en 3.350 millones de dólares.

Benito Juárez es la demarcación con mayor índice de desarrollo humano en México.



TOPONIMIA.

El 30 de diciembre de 1972 la delegación recibió el nombre de Benito Juárez, en alusión al político, abogado liberal y expresidente de México, siendo el jefe del Departamento del Distrito Federal, Octavio Senties Gómez.

DIVISIÓN TERRITORIAL.

La delegación Benito Juárez está dividida en 56 colonias, destacando por su tamaño, población e importancia:

Demarcación territorial



DELEGACIÓN
BENITO JUÁREZ

Escudo



Ubicación de Benito Juárez



<u>Coordenadas</u>	
	19°24'06"N 99°09'30"O <u>Coordenadas:</u> 19°24'06"N 99°09'30"O (mapa)
<u>Capital</u>	Santa Cruz Atoyac
<u>Entidad</u>	<u>Demarcación territorial</u>
• <u>País</u>	<u>México</u>
• <u>Entidad</u>	 <u>Ciudad de México</u>
<u>Jefe delegacional</u>	Christian Damián Von Roehrich De La Isla 
<u>Subdivisiones</u>	56
<u>Superficie</u>	
• <u>Total</u>	26.63 <u>km²</u>
<u>Altitud</u>	
• <u>Media</u>	2242 <u>m s. n. m.</u>
<u>Población</u>	
• <u>Total</u>	385,439 hab.
• <u>Densidad</u>	0,14 hab/km ²
<u>Gentilicio</u>	Juarense
<u>Código postal</u>	03000–03949
<u>Código INEGI</u>	014



2 – GEOLOGÍA.

Las lomas que se elevan al oeste de la Ciudad de México constituyen los abanicos volcánicos de la Sierra de las Cruces. Comprenden la potente acumulación de materiales piroclásticos que se depositaron a los pies de los distintos aparatos volcánicos durante la vida explosiva de estos. Como tal actividad se desarrolló a partir de fines del Mioceno y se extendió hasta aproximadamente mediados del Plioceno, los citados abanicos volcánicos contienen productos de esta misma edad. Midiendo en la escala absoluta de años, lo anterior abarca entre 10 y 5 millones de años antes del presente. Por lo que las lomas se formaron principalmente en el Plioceno Inferior dentro de un lapso de unos 5 millones de años.

Al contemplar la Cuenca de México resalta su estructura casi simétrica respecto a un eje NNW-SSE: a las lomas que se extienden al pie de las sierras elevadas en el Oeste, corresponden aquellas que se desarrollan al pie de las sierras en el Este. Por consiguiente, pueden describirse las lomas que se elevan a ambos lados de la extensa planicie lacustre de la Cuenca de México, como los depósitos piroclásticos acumulados a los pies de las Sierras Mayores, sierra de Las Cruces, Nevada y Río Frío.

La Formación Tarango representa un conjunto estratificado a veces regular, a veces irregular y hasta lenticular, ligeramente inclinado, compuesto de los seis siguientes elementos litológicos.

- ~ Horizontes de cenizas volcánicas.
- ~ Capas de erupciones pumíticas.
- ~ Lahares.
- ~ Ignimbritas,
- ~ Depósitos fluviales.
- ~ Suelos.



Todos estos elementos, con excepción de los suelos, son producto de erupciones por lo general violentas, emitidas por las chimeneas de grandes volcanes andesíticos estratificados. La Formación Tarango alcanza espesores de 300 a 400 m.

3. - EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.

Se efectuó con un sondeo mixto de 15.00 m de profundidad que se practicó en el sitio señalado en la figura No. 6, que alternó el muestreo del suelo con penetrómetro estándar y con broca de tungsteno. Durante la ejecución de la perforación se efectuó la prueba dinámica de hincado.

El nivel freático no se detectó.

Las pruebas de penetración estándar se efectuaron siguiendo lo especificado por la norma ASTM D-1586 (American Standard Testing of Materials), la cual consiste en el hincado de un tubo partido ó de media caña de 60.0 cm de longitud y 5.0 cm de diámetro por medio de la energía proporcionada por un martillo de 63.5 kg de peso dejado caer desde una altura libre de 76.0 cm (referencia No.8).

Durante este proceso se obtienen muestras alteradas del subsuelo, llevándose además un registro del número de golpes necesarios para hacer penetrar dentro del suelo los 30.0 cm intermedios del penetrómetro.

Este registro permite inferir a través de correlaciones la compacidad de los suelos granulares y la consistencia de los materiales finos.

En el reporte fotográfico, se pueden observar las actividades desarrolladas durante los trabajos de exploración geotécnica antes señalados.



4 – ENSAYES DE LABORATORIO.

Para determinar las propiedades índice y mecánicas de los materiales del subsuelo que se emplearán en el análisis de la cimentación del edificio, a los materiales obtenidos de los sondeos, se les aplicaron las siguientes pruebas de laboratorio:

- Contenido natural de agua.
- Clasificación visual y manual, en estado húmedo y seco, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Límite de consistencia líquido.
- Límite de consistencia plástico.
- Índice de plasticidad.
- Clasificación SUCS.
- Análisis granulométricos.
- Pesos volumétricos sueltos y compactos.

Los resultados obtenidos se proporcionan en el complemento “ensayos de laboratorio”.



5 - ESTRATIGRAFIA.

5.1 DEL SITIO.

Con los datos de campo y laboratorio se formó el siguiente perfil.

➤ SONDEO SM – 1.

- ~ Superficialmente existe una capa de 1.20 m de espesor, de rellenos de arcillas con cascajo, asfalto y arena.
- ~ Después de 1.20 a 5.40 m de profundidad, se encontraron limos poco arenosos, de color café, de alta plasticidad, con contenidos de agua de 92 a 134 %, con número de golpes en prueba de penetración estándar de 4 a 12.
- ~ Enseguida se halló un estrato de 4.80 m de espesor, de arenas arcillosas y arenas limosas, de baja plasticidad, con contenido de agua de 25 % y número de golpes de 14 a más de 50, en estado compacto y duro.
- ~ A continuación de 10.20 a 11.40 m, se atravesaron limos arenosos, de color café, con contenido de agua de 17 % y número de golpes de 20.
- ~ Finalmente, hasta 15.00 m de profundidad, se detectaron arenas limosas de alta plasticidad, compactas y duras.
- ~ Este perfil es típico de la Zona de Lomas, se presenta en la figura No. 7.
- ~ El nivel freático no se encontró en los 15.0 m de profundidad explorados.



5.2 – DE LA ZONA.

Mediante un corte estratigráfico (figura No. 8), elaborado a partir de un sondeo realizado con anterioridad y con el sondeo Mixto SM-1 practicado en este estudio, se determinó que el subsuelo está constituido por 4 tipos de materiales

- ✓ ESTRATO 1- Rellenos de arcilla con cascajo, asfalto y arena.
- ✓ ESTRATO 2 – Limos poco arenosos cafés de alta plasticidad con lente de arena y limos arenosos de consistencia media, firme y dura.
- ✓ ESTRATO 3 – Arenas arcillosas, arenas limosas y limos arenosos de alta plasticidad, en estado compacto y duro.
- ✓ ESTRATO 4 – Capa de limos arenosos de color café, compactos.

El perfil anterior es típico de la Zona de Lomas.

6 - ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.

Por las condiciones del Edificio del FOVISSSTE y con las propiedades del subsuelo, se procedió a revisar el comportamiento de Zapatas, Losa de cimentación y Pilas trabajando de punta.

Empleando las siguientes fórmulas y considerando que los primeros 5.40 m del subsuelo tienen una cohesión de 1.0 kg/cm² y un ángulo de fricción de 20 °.

A los estratos compactos y duros, se les asignó una cohesión de 0.50 kg/cm² y un ángulo de fricción de 34 grados.



Para cimientos superficiales se aplicó la Teoría de Skempton, representada por las expresiones.

$$q_a = C N_c Fr. \quad (\text{ZAPATAS}).$$

$$q_a = C N_c Fr. + P_v \quad (\text{LOSA}).$$

En cimentación, con Pilas trabajando de punta, se empleó la Teoría de Meyerhoff.

$$Q_p = q_p A_p$$

$$q_p = C_1 N'_c + \alpha D_f N'_q$$

Donde.

q_a – Capacidad de carga por cortante.

C – Cohesión de la superficie de falla.

N_c - factor de carga de Skempton.

Fr – factor de resistencia.

P_v – presión efectiva a la profundidad de desplante.

Q_p – capacidad de carga por punta de la pila.

q_a – capacidad de carga

$$q_p = C N'_c + \alpha D_f N'_q$$

A_p – área del pilote.

C_1 - Cohesión en el estrato duro.

N'_c, N'_q – factores de carga en función del ángulo de fricción del suelo.

La capacidad de carga a de Pilas trabajando a tensión se calculó con la expresión

$$q_t = \alpha C A_p L Fr$$



q_t – capacidad de carga a tensión

@ - factor de adherencia.

C - cohesión del suelo.

A_p – área perimetral de la pila.

L – longitud de la pila.

F_r – factor de resistencia.

Sustituyendo los valores determinados con los resultados de la prueba de penetración estándar se calcularon los siguientes valores.

TIPO DE CIMENTACIÓN	CAPACIDAD DE CARGA
ZAPATA	50 T/M ²
LOSA	90 T/M ²

CAPACIDAD DE CARGA DE PILAS DE 6.50 m DE LONGITUD		
DIÁMETRO (m)	Q_p (COMPRESIÓN) (ton)	q_t (TENSIÓN) (ton)
0.80	436	80
1.00	578	103
1.50	1026	162
2.00	1622	228
2.50	2337	299



OBSERVACIONES:

- a) En la capacidad de carga de pilas se tomó en cuenta el efecto de escala.
- b) No se presentó fricción negativa.
- c) Se recomienda un módulo de reacción vertical de 10 kg/cm^3 , y un módulo de reacción horizontal de 5 kg/cm^3 .
- d) Desde el punto de vista de mecánica de suelos y tomando en cuenta la zona sísmica y la dureza de los materiales encontrados (similares a una roca blanda), se consideró que los esfuerzos de tensión serán moderados.

6.2- ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.

Como las Zapatas, Losa y Pilas se apoyaron en terreno compacto, los Asentamientos que se presentaron fueron de tipo elástico.

Para las Zapatas y Losa se aplicó el Método del Módulo de Reacción representado por la fórmula.

$$S = (2w B^2) / (K (B + 30)^2)$$

S – asentamiento elástico.

w – carga aplicada.

B – ancho de la cimentación.

K – módulo de reacción del suelo.



Para Pilas, la estimación de hundimientos se realizó con la Teoría de la Elasticidad propuesta por Alpan I "Estimating the settlements for foundations on sands" mediante la expresión.

$$S = ((m \cdot c_s \cdot f_p \cdot q \cdot A \cdot (1 - u)^2) / E$$

m – factor de forma

C_s – factor de rigidez.

f_p - factor de profundidad.

E – módulo de elasticidad del suelo.

U – relación de Poisson.

A – raíz cuadrada del área del Pilote o Pila.

Para Pilas, se estimó que los asentamientos fueron de tipo elástico con magnitudes permisibles de 1 a 3 cm.

6.3 - ESTABILIDAD DE TALUDES.

Con el criterio de Jambú, se calculó la estabilidad de cortes en terreno natural.

Los cálculos se realizaron con las relaciones.

$$\lambda = (\gamma H \tan a) / C$$

$$F_s = (N_c / C) / (\gamma H)$$



Donde.

λ - *Parámetro adimensional.*

γH - *presión total al nivel del fondo de la Excavación.*

$\tan a$ - *coeficiente de fricción.*

C - *Cohesión.*

F_s - *factor de seguridad.*

N_{cf} - *número de estabilidad que depende de λ .*

En los análisis de taludes con sobrecargas se emplearon fórmulas similares, utilizando un factor de reducción u_q .

Una vez terminados los cálculos se definieron los siguientes aspectos.

Los cortes verticales sin sobrecarga se pueden realizar hasta 8.0 m de profundidad.

Estos cortes también son admisibles con una sobrecarga de 2.0 t/m².

6.4 -EMPUJE EN MUROS DE CONTENCIÓN.

Los Muros de estructuras enterradas (cisternas o tanques de combustible), consideramos que se diseñaron con un empuje dado por la relación.

$$E = 0.40 H + 0.50 H^2$$

E - empuje en t/m

H - altura del muro en contacto con la tierra. (m)



Se considerará que $0.40 H$ actúa a $\frac{1}{2}$ de H y que $0.50 H^2$ a $\frac{1}{3} H$, medidas tomadas con relación al desplante del Muro.

6.5 – ZONA SÍSMICA.

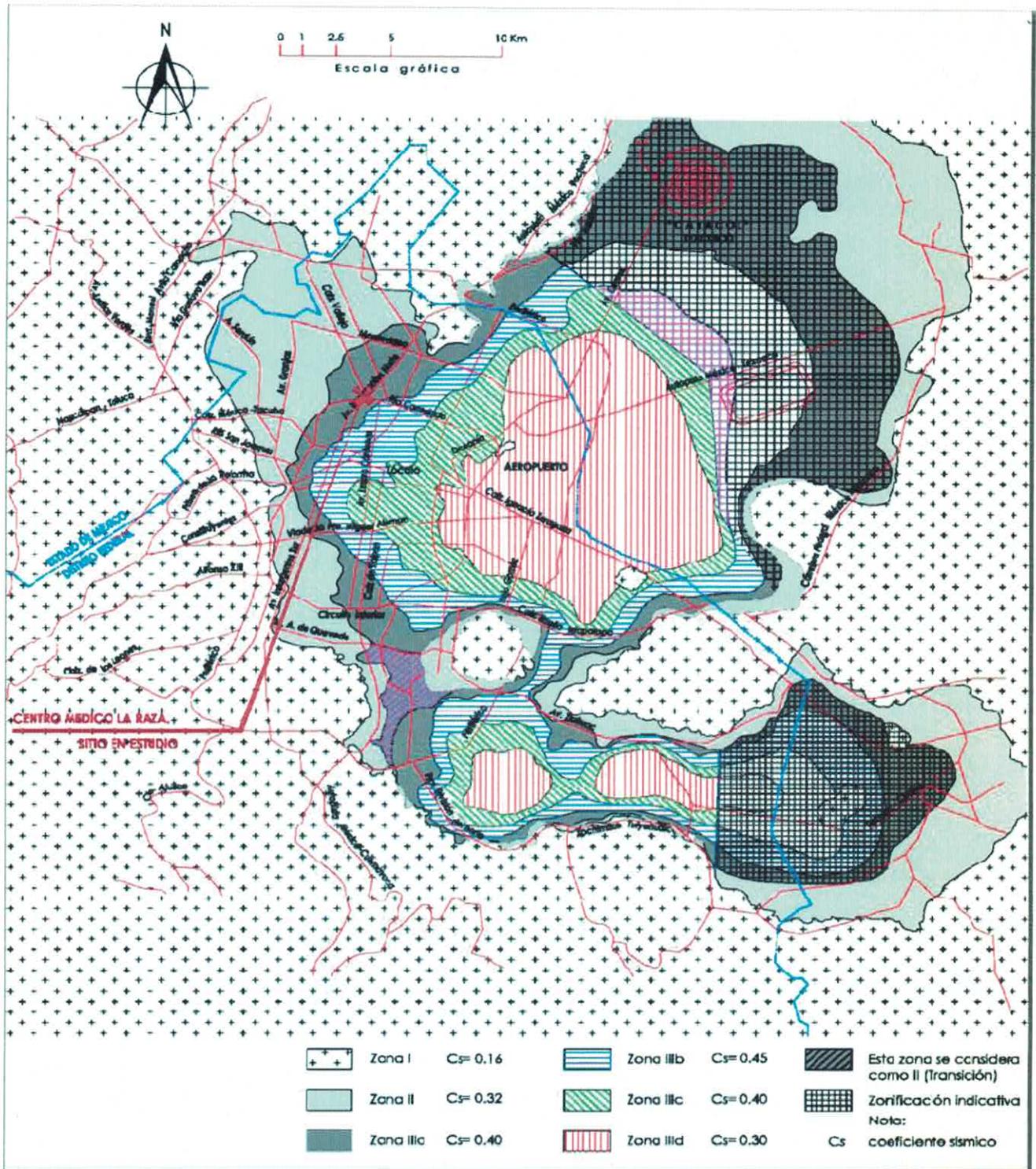
Se tienen delimitadas 4 zonas sísmicas en la República Mexicana, la Ciudad de México queda dentro de la zona “B”

Considerando la Zonificación Sísmica establecida en el mismo reglamento y en las NTCDCC-2004, el predio se ubica en la frontera entre la “Zona I”, tal como se indica en la figura No. 6; por lo cual se recomienda que en el diseño estructural deberá emplearse el coeficiente sísmico (c) igual a 0.16, este valor deberá incrementarse en un 50.0% para construcciones clasificadas dentro del “Grupo A”.

Al elegir el coeficiente sísmico se considerará Zona tipo I.

El Corresponsable en Seguridad Estructural está en libertad de elegir el coeficiente sísmico que considere pertinente.

En la siguiente figura se muestra la zonificación sísmica.





7 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- I. El presente estudio es aplicable a una estructura que consta de 2 Sótanos, Planta Baja, Mezanine y 11 niveles más.
- II. La investigación geotécnica de la estratigrafía, se realizó con un sondeo mixto de 15.0 m de profundidad que se complementó con datos de un sondeo realizado con anterioridad.
- III. Con los datos de campo y laboratorio del sondeo SM-1, se formó el siguiente perfil.
 - Superficialmente existe una capa de 1.20 m de espesor, de rellenos de arcillas con cascajo, asfalto y arena.
 - Después de 1.20 a 5.40 m de profundidad, se encontraron limos poco arenosos, de color café, de alta plasticidad, con contenidos de agua de 92 a 134 %, con número de golpes en prueba de penetración estándar de 4 a 12.
 - Enseguida se halló un estrato de 4.80 m de espesor, de arenas arcillosas y arenas limosas, de baja plasticidad, con contenido de agua de 25 % y número de golpes de 14 a más de 50, en estado compacto y duro.
 - A continuación de 10.20 a 11.40 m, se atravesaron limos arenosos, de color café, con contenido de agua de 17 % y número de golpes de 20.
 - Finalmente, hasta 15.00 m de profundidad, se detectaron arenas limosas de alta plasticidad, compactas y duras.
- IV. Este perfil es típico de la Zona de Lomas.



- V. El nivel freático no se encontró en los 15.0 m de profundidad explorada.
- VI. La cimentación y todos los elementos estructurales del edificio, han tenido un comportamiento satisfactorio ante condiciones de servicio.
- VII. Con los resultados de la prueba de penetración y las Teorías recomendadas para los tipos de materiales encontrados, se calcularon las siguientes resistencias.

TIPO DE CIMENTACIÓN	CAPACIDAD DE CARGA
ZAPATA	50 T/M ²
LOSA	90 T/M ²

CAPACIDAD DE CARGA DE PILAS DE 6.50 m DE LONGITUD		
DIÁMETRO (m)	Qp (COMPRESIÓN) (ton)	qt (TENSIÓN) (ton)
0.80	436	80
1.00	578	103
1.50	1026	162
2.00	1622	228
2.50	2337	299

- VIII. En la capacidad de carga de Pilas se tomó en cuenta el empotramiento y el efecto de escala.



- IX. No se presentará fricción negativa.
- X. Se recomienda un módulo de reacción vertical de $= 10 \text{ kg/cm}^3$, y un módulo de reacción horizontal de 5 kg/cm^3 .
- XI. Desde el punto de vista de mecánica de suelos y tomando en cuenta la dureza de los materiales encontrados (similares a una roca blanda), se consideró que los esfuerzos de tensión serán moderados.
- XII. Los cortes sin sobrecarga, de hasta 8.0 m de profundidad, posiblemente se hicieron con talud vertical.
- XIII. De acuerdo con la Regionalización Sísmica de la República Mexicana, la Ciudad de México se encuentra en la Parte B.
- XIV. Al elegir el coeficiente sísmico se considerará Zona tipo I.

ATENTAMENTE

ING. EDMUNDO MARTELL M.
ESPECIALISTA EN CIMENTACIONES



BIBLIOGRAFÍA.

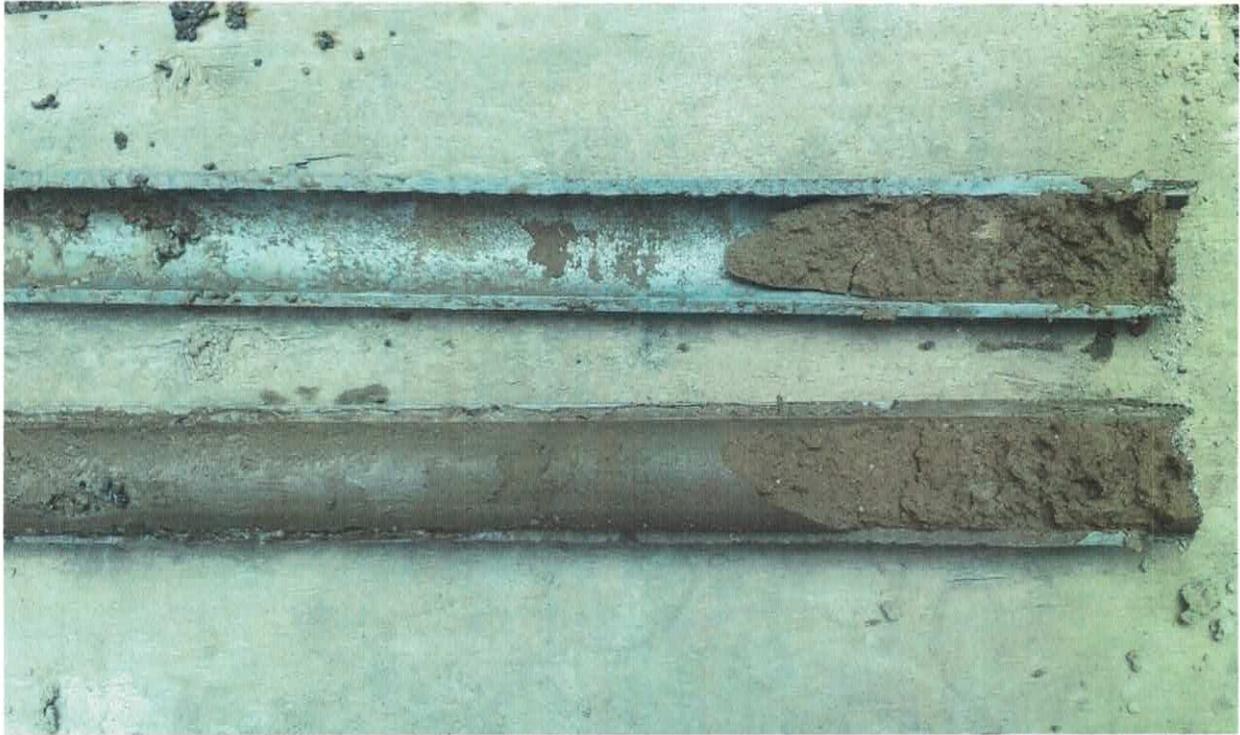
- ❖ MECÁNICA DE SUELOS – TOMO II – EDITORIAL LIMUSA – JUÁREZ BADILLO Y RICO RODRÍGUEZ – 1991.
- ❖ MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA – EDITORIAL EL ATENEO, S. A. – KARL TERZAGHI Y RALPH B. PECK – 1968.
- ❖ INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES – EDITORIAL LIMUSA WILEY – GEORGE B. SOWERS Y GEORGE F. SOWERS – 1972.
- ❖ MANUAL DE DISEÑO DE COSTRUCIÓN DE PILAS Y PILOTES – SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA DE SUELOS – 1983.
- ❖ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMIENTOS PROFUNDOS- CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA – FACULTAD DE INGENIERÍA – UNAM -1974.



SONDEO SM-1, TINA DE ALMACÉN DE LODOS.



EJECUCIÓN DE SM-1 DE 15.00 m DE PROFUNDIDAD CON MAQUINARIA ROTARIA LOCALIZADO EN EL PATIO DEL EDIFICIO ANEXO DEL FOVISSSTE.



**MUESTRA DE ALGUNOS DE LOS ESPECÍMENES OBTENIDOS A CADA 60 cm.
CON TUBO DE MEDIA CAÑA, PARA SU ANÁLISIS EN LABORATORIO.**