

PROPIEDADES DINAMICAS DE DOS SITIOS EN EL VALLE DE
MEXICO

José Luis León T.*

1. *Introducción*

Es bien conocida la influencia que tiene la presencia de suelos blandos apoyados en roca, para modificar los movimientos en la superficie del terreno. Con anterioridad se han efectuado estudios para determinar los factores de amplificación que pueden esperarse en zonas céntricas de la Ciudad de México (refs 1 a 3), utilizando los resultados de pruebas dinámicas efectuadas en el laboratorio.

Con el propósito de ampliar el conocimiento de las propiedades dinámicas de los suelos que constituyen el Valle de México, aquí se presentan dos perfiles estratigráficos que corresponden a sitios localizados en la zona de transición y en la zona del lago, según la zonificación propuesta por Marsal y Mazari (1959), ref 4.

2. *Descripción de los sitios.*

2.1 *Sitio en la Zona del Lago.*

Este corresponde al lugar donde se ubicó el Palacio de los Deportes y corresponde a la zona del lago, no afectada por sobrecarga en la superficie.

Se dispuso de la información obtenida en siete sondeos efectuados por la empresa DIRAC, que alcanzaron una profundidad máxima de 60 m. También se tomó en cuenta los resultados del sondeo PC-143, presentados por Marsal y Mazari (1959).

En la Tabla 1 se presenta en detalle la descripción de los suelos encontrados; en lo que sigue se menciona brevemente la estratigrafía.

En el sitio se observa un suelo superficial que consiste en limo arcilloso café con intercalaciones de arena fina y arena pumítica, hasta una profundidad del orden de 4.2 m.

Más abajo se encuentra la formación arcillosa superior hasta una profundidad de 39.8 m. El contenido de agua del material varía entre 255 y 400 por ciento y el número de golpes de penetración estándar es cero prácticamente en todo el espesor excepto en los cuatro metros superiores en donde llega a ser dos. Intercalada en esta capa existe arena fina con algo de limo color negro entre 8.2 y 9.0 m de profundidad. Este suelo se encuentra en todos los sondeos efectuados, así como en otros en la misma zona.

Entre 39.8 y 43.0 m se encuentra la primera capa dura y consiste en un limo arenoso cuyo número de golpes de penetración estándar está comprendido entre 25 y 40.

La formación arcillosa inferior se observa entre 43.0 y 57.2 m de profundidad. Intercaladas se detectan varias capas intermitentes de arena pumítica o limo arenoso cuyo espesor es pequeño.

A profundidades mayores de 57.2 m se localizan los depósitos profundos en donde se distinguen capas de arena grava y arcilla, de los cuales no existe información sobre su resistencia. Los datos presentados por Marsal y Mazari (1959) demuestran que hay todavía capas de arcilla entre 70 y 75 m cuya resistencia a la compresión no confinada es del orden de 1 kg/cm²; en cambio la resistencia de los suelos limosos es mayor que 2.5 kg/cm². Por otro lado, datos presentados por Marsal y Graue (1969) en el lago de Texcoco indican la presencia de arcilla con contenido de agua entre 100 y 250 por ciento a profundidades entre 65 y 82 m. A profundidades mayores reportan limos y arenas con contenido de agua menor que 50 por ciento, excepto entre 144 y 158 m en que se detectan valores del orden de 100 por ciento.

* Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM.

Por lo que respecta a los niveles piezométricos en el sitio, se observaron abatimientos de 13 y 20 m a 60 y 100 m de profundidad respectivamente. El nivel freático se encuentra a 2 m de profundidad.

2.2 Sitio en la zona de transición

Este se encuentra en la esquina que forman la avenida Alfonso Reyes y la calle Michoacán.

En la Tabla 2 se describen en detalle los suelos encontrados; en lo que sigue se menciona brevemente la estratigrafía.

Entre 0 y 6.5 m de profundidad se encuentra un suelo superficial con lentes de arcilla limosa, arena limosa y limo. La resistencia a la penetración estándar varía entre 7 y 20.

Entre 6.5 y 14.8 m se observa la formación arcillosa superior, con contenido de agua entre 100 y 200 por ciento.

La primera capa dura se detecta entre 14.8 y 16.8 m de profundidad aproximadamente. Su espesor es variable entre 1.8 y 2.2 m. La resistencia a la penetración está comprendida entre 25 y 50.

Entre 16.8 y 19.0 m de profundidad se encuentra la formación arcillosa inferior. Su espesor es variable entre 1.5 y 2.5 m y el contenido de agua varía entre 100 y 160 por ciento.

A profundidades mayores de 19 m se encuentran los depósitos profundos. Tienen valores de N mayores a 60 m. Algunas pruebas con el Torsómetro dan valores de c mayores de 1.1 kg/cm² a profundidades entre 19 y 23 m.

Por lo que respecta a los niveles piezométricos se observaron abatimientos de 5.8 y 10.0 m a 15 y 25 m de profundidad respectivamente. El nivel freático se encontró a 2.5 m de profundidad.

3. Propiedades dinámicas

3.1 Sitio en la zona del lago

En la tabla 1 y la fig 1 se presentan los valores del módulo de rigidez al corte, G_{max} , el peso volumétrico de los suelos, γ , y la velocidad de propagación de ondas de corte, V_s

En la formación arcillosa superior los valores de G_{max} fueron calculados mediante la relación $G_{max} = 100 c$, donde c es la cohesión del material, determinada mediante la prueba no consolidada no drenada. Además, dichos valores se incrementaron un 20 por ciento a fin de tomar en cuenta el efecto del remoldeo que sufre el material durante la extracción de las muestras.

En la formación arcillosa inferior se pueden distinguir dos capas cuya resistencia es diferente. La más profunda tiene un número de golpes de penetración estándar, N , "alto", entre 6 y 7. La menos profunda, que sobrecarga a la anterior, tiene valores de N entre 1 y 3. En el material más rígido se consideró como bueno el valor obtenido por León, Jaime y Rábago (1974), en una muestra reconsolidada a los esfuerzos in situ, extraída de un lugar a unos 500 m al sur del Palacio de los Deportes, y que corresponde a dicha capa. En el material más blando se consideró que el valor de G_{max} es aproximadamente un tercio del valor supuesto en la capa subyacente. Ese valor, 1/3, corresponde aproximadamente a la relación de resistencia obtenidas en ambos materiales y también a la relación de los valores de N .

Por lo que respecta al suelo superficial, también se supuso que $G_{max} = 100 c$ y se aumentaron los valores obtenidos un 30% a fin de tomar en cuenta el efecto del muestreo.

En el material de la primera capa dura, se supuso el mismo valor obtenido en el sitio de la zona de transición.

3.2 Sitio en la zona de transición

En la tabla 2 y la fig 2 se muestran los valores de G_{max} , γ y V_s .

En el suelo superficial se consideró que $G_{max} = 100c$, pero ahora el valor de c se supuso igual a la resistencia no drenada de muestras reconsolidadas a esfuerzos similares a los in-situ.

Pruebas dinámicas efectuadas en una muestra de la formación arcillosa superior, obtenida en el lugar a 8 m de profundidad, dieron los resultados.

G_{max} (ton/m ²)	Presión confinante (Kg/cm ²)
340	0.5
580	1.0

De los valores anteriores se consideró como representativo, para el estrato entre 6.5 y 10.0 m de profundidad, el de $G_{max} = 500$ ton/m². En el suelo más profundo, de 10.0 a 14.8 m, se supuso que $G_{max} = 700$ ton/m² ya que en la cohesión, determinada con torsómetro, se observa una tendencia a aumentar linealmente con la profundidad hasta un valor máximo de $c = 7$ ton/m².

En el suelo que constituye la primera capa dura, se consideró representativo el valor de $G_{max} = 3000$ ton/m², obtenido también de una prueba dinámica en una muestra a 16.5 m de profundidad. La muestra fue sometida a una presión confinante representativa de los esfuerzos in-situ.

Por lo que respecta a la formación arcillosa inferior, el valor considerado es estimativo. La cohesión, determinada con torsómetro, es similar o un poco mayor que la cohesión de la formación arcillosa superior.

Referencias

1. Faccioli, E. y Ramírez F J (1975) "Respuestas sísmicas máximas probables en la arcilla de la ciudad de México" Instituto de Ingeniería, UNAM, Informe No 359 Noviembre
2. Esteva L., Rascón O y Gutiérrez A (1969) *Lessons from some recent earthquakes in Latinamerica* Proc Proc IV WCEE Santiago Chile Vol 3 (J-2) pp 58-73 (World conference on Earthquake Engineering)
3. Herrera I, Rosenblueth E y Rascón O (1965) *Earthquake Spectrum prediction for the valley of Mexico*. Proc III WCEE Suckland and Wellington, New Zealand, pp 1-61-74
4. Marsal R y Mazari (1969) "El subsuelo de la ciudad de México" Facultad de Ingeniería, UNAM 2a. edición
5. Marsal R y Graue R (1969) "El subsuelo del lago de Texcoco" Vol Nabor Carrillo, *El hundimiento de la ciudad de México y Proyecto Texcoco. Contribución del proyecto Texcoco al VII Congreso Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones*. México
6. Leon J, Jaime A y Rabago A (1974) "Propiedades dinámicas de los suelos. Estudio preliminar!" Informe interno del Instituto de Ingeniería, UNAM.

TABLA 1

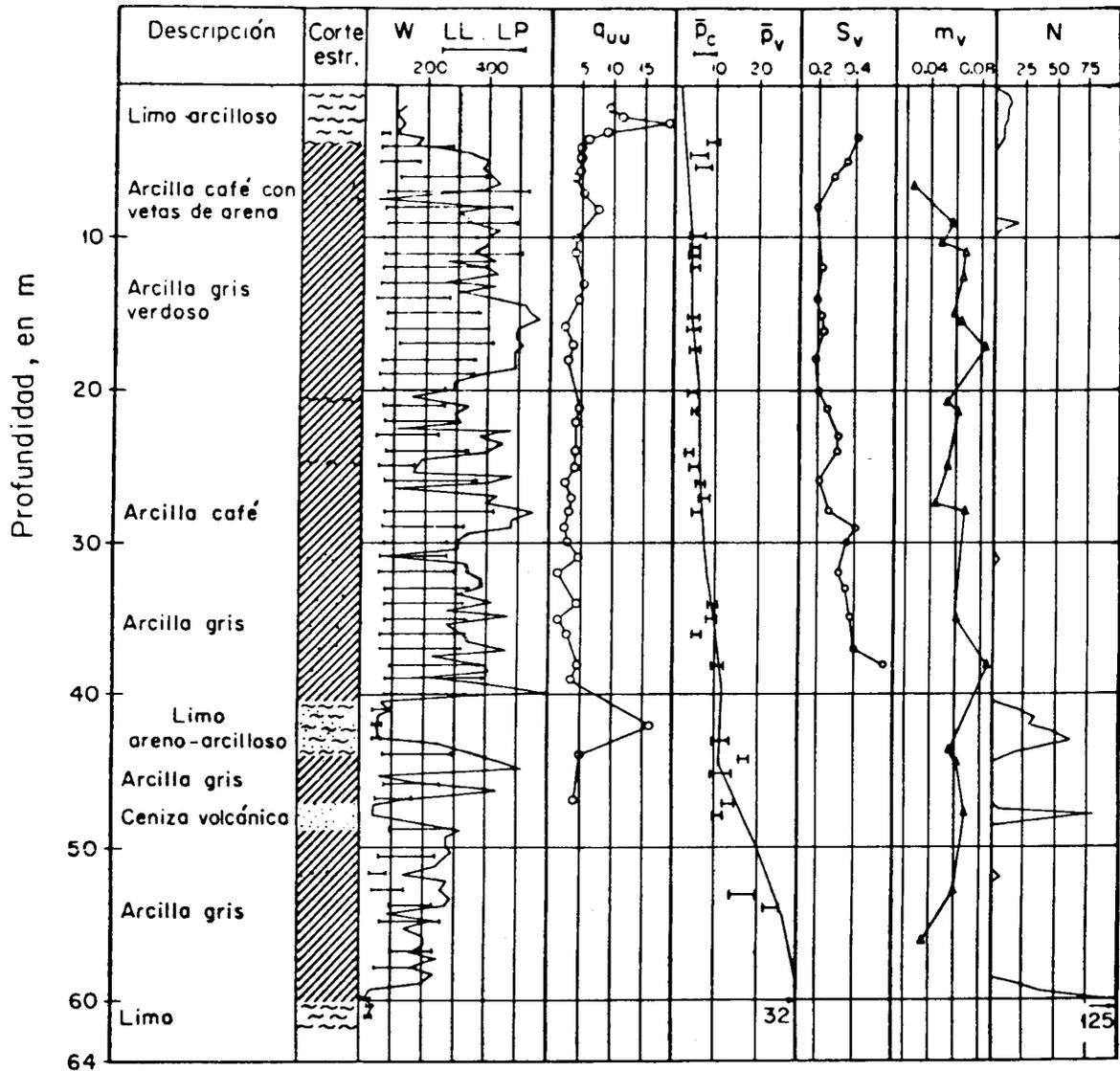
ESTRATIGRAFIA PALACIO DE LOS DEPORTES

Profundidad m	Gmax ton/m ²	V _s m/seg	γ ton/m ³	Material
0 - 4.2	800	72	1.50	Suelo superficial
4.2 - 8.2	230	44	1.17	Formación arcillo sa superior
8.2 - 9.0	2800	118	1.97	Arena fina con limo
9.0 - 15.0	240	45	1.17	Formación arcillosa superior
15.0 - 25.0	200	41	1.16	
25.0 - 32.0	165	38	1.14	
32.0 - 39.8	200	41	1.16	
39.8 - 43.0	3000	137	1.58	Primera capa dura
43.0 - 51.0	500	63	1.23	Formación arcillo sa inferior
51.0 - 57.2	1400	105	1.25	
57.2 -				Depósitos profundos

TABLA 2

ESTRATIGRAFIA AV. ALFONSO REYES Y MICHOACAN

Profundidad m	Gmax ton/m ²	V _s m/s _{eg}	γ ton/m ³	Material
0 - 6.5	700	68	1.50	Suelo superficial
6.5 - 10.0	500	62	1.26	Formación arcillo sa superior
10.0 - 14.8	700	71	1.36	
14.8 - 16.8	3000	132	1.70	Primera capa dura
16.8 - 19.0	800	75	1.38	Formación arcillo sa inferior
19.0 -				Depósitos profundos



- Arcilla
- Limo
- Arena

- W Contenido de agua, en %
- LL, LP Límites de consistencia, en %
- q_{uu} Resistencia a la compresión en prueba triaxial no consolidada-no drenada, en ton/m²
- \bar{p}_c Carga de preconsolidación, en ton/m²
- \bar{p}_v Presión vertical efectiva, en ton/m²
- S_v Resistencia de veleta in situ, en kg/cm²
- m_v Módulo de variación volumétrica, en cm²/kg
- N Número de golpes en penetración estándar

Fig 1 Sondeo efectuado en el Palacio de los Deportes.

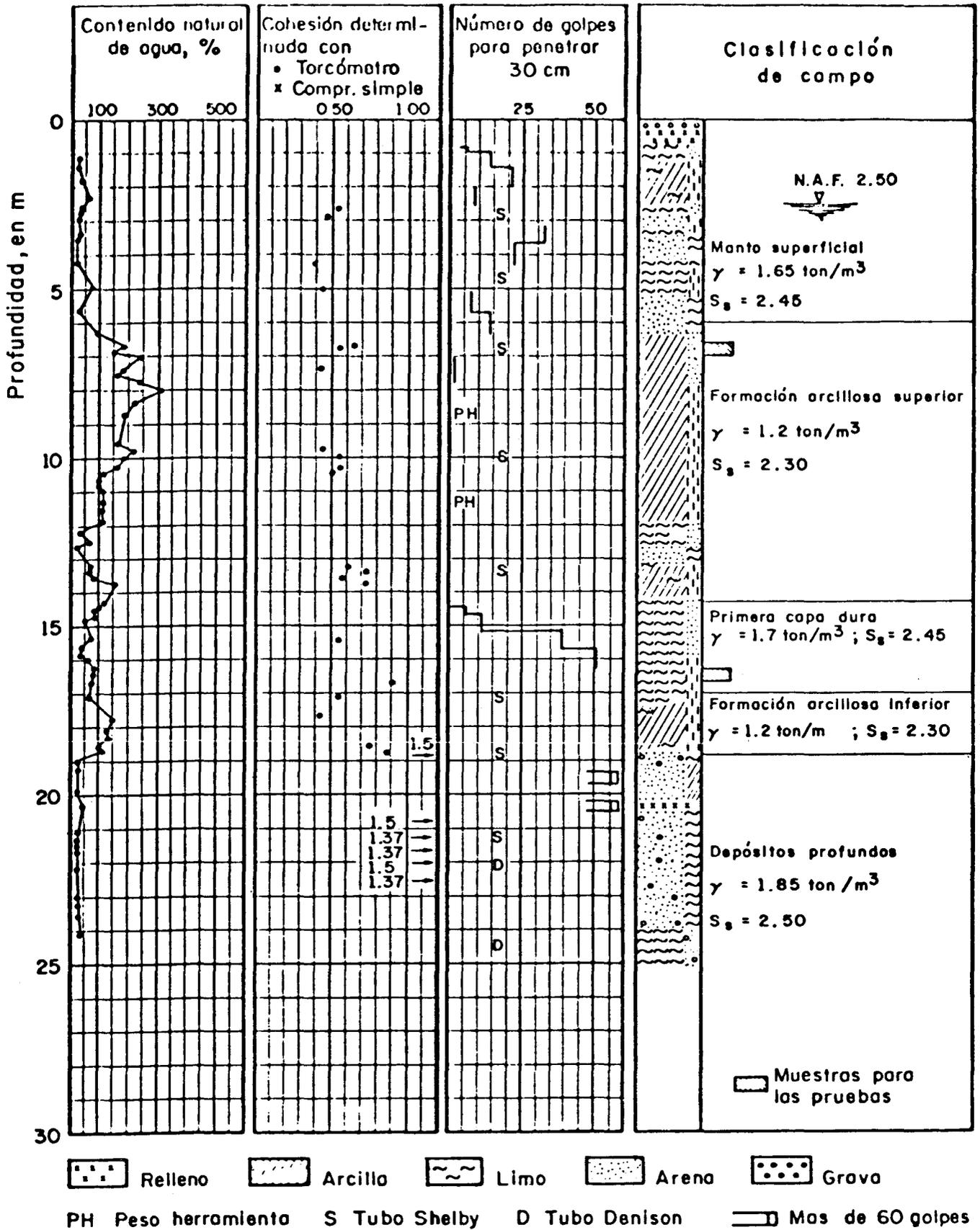


Fig 2 Sondeo efectuado en la av. Juanacatlán y Michoacán