

2. Condiciones geológicas-geotécnicas del sitio

La delegación Iztapalapa se encuentra dentro del Valle de México, el cual forma parte del Eje Neovolcánico o Faja Volcánica Transmexicana extendiéndose en dirección este-oeste, atravesando la República Mexicana.

La roca ígnea extrusiva cubre el 70% de la superficie centro-sur de Iztapalapa, estos afloramientos corresponden al periodo cuaternario (60 millones de años aproximadamente), formados por la solidificación del magma en la superficie de la corteza terrestre. La parte norte en su mayoría son suelos aluviales y lacustres, representando el 30%.

En la figura 1.11 se muestra la geología del Distrito Federal, con el cual se pueden inferir algunas de las causas, a grandes rasgos, del agrietamiento en Iztapalapa.



Figura 2.1 Mapa geológico del Distrito Federal (INEGI).

2.1. Antecedentes geohidrológicos

La delegación Iztapalapa se encuentra al sureste de la Cuenca del Valle de México, originada posteriormente a una intensa actividad volcánica en la que aparecieron un conjunto de sierras formando entre sí un vaso de almacenamiento natural donde se depositaron rellenos cuaternarios. Entre la aparición de las sierras de Las Cruces al poniente de la cuenca y de Río Frío al oriente de Edad Pleistocénica y el cierre de la cuenca al Sur durante el Cuaternario Superior, correspondiente a la Sierra de Chichinautzin, existían dos grandes valles que drenaban hacia el sur en el Río Amacuzac. El más grande corría paralelo a la Sierra de las Cruces y pasaba por lo que ahora es Xochimilco, mientras que el menor corría paralelo a las faldas de la Sierra Nevada hasta llegar a Cuautla. Durante la formación de estos valles se formaron acarreos aluviales que llegaron a un espesor de hasta mil metros. Con el cierre de la cuenca comenzaron a formarse depósitos lacustres que descansan sobre los aluviones, depósitos provenientes de actividad volcánica, como cenizas, transportados por acción del aire o del agua.

Es así como se formaron los lagos de la parte sur de la cuenca. Los basaltos de la Sierra de Chichinautzin impidieron el paso de las corrientes de agua convirtiéndose en el vaso de almacenamiento en la zona de Xochimilco. El azolve paulatino dio lugar a los primeros rellenos aluviales en el valle, estos azolves están formados por material volcánico rebajado, interestratificados con tobas que se mezclan con depósitos netamente lacustres hacia las partes centrales de la cuenca. Al mismo tiempo se formó el Chichinautzin, surgió la Sierra de Santa Catarina; el último afloramiento de la Sierra de Santa Catarina corresponde al Cerro de la Estrella. Durante este mismo periodo geológico se edifica el cuerpo norte del Cerro del Peñón del Marqués el que a su vez había iniciado su periodo formativo 700 mil años atrás al levantarse el cuerpo sur. A lo largo del cuaternario finalmente, tras erupciones volcánicas, se desarrolló la formación de los depósitos provenientes de la sedimentación de cenizas arrojadas por esas erupciones en medios lacustres y que dio origen a los potentes depósitos arcillosos blandos, formación que se alternó eventualmente con suelos aluviales y emisiones de arenas también de origen volcánico en toda la zona exlacustre de Texcoco.

Iztapalapa se asienta sobre suelos de diferente naturaleza: al oriente suelos compactos que forman parte de estructuras montañosas de la Sierra de Santa Catarina, la cual evoluciona al suroeste culminando con el Cerro de la Estrella, mientras que al poniente predominan los suelos de consistencia muy blanda; también hacia el poniente se levanta el cerro del Peñón del Marqués. Al norte de esta sierra se encuentra la zona exlacustre de Texcoco, y al sur se sitúa el exlago de Chalco-Xochimilco.

Entre el Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina existe una gran depresión rellena por potentes depósitos de suelos de consistencia muy blanda (ver figura 2.2).

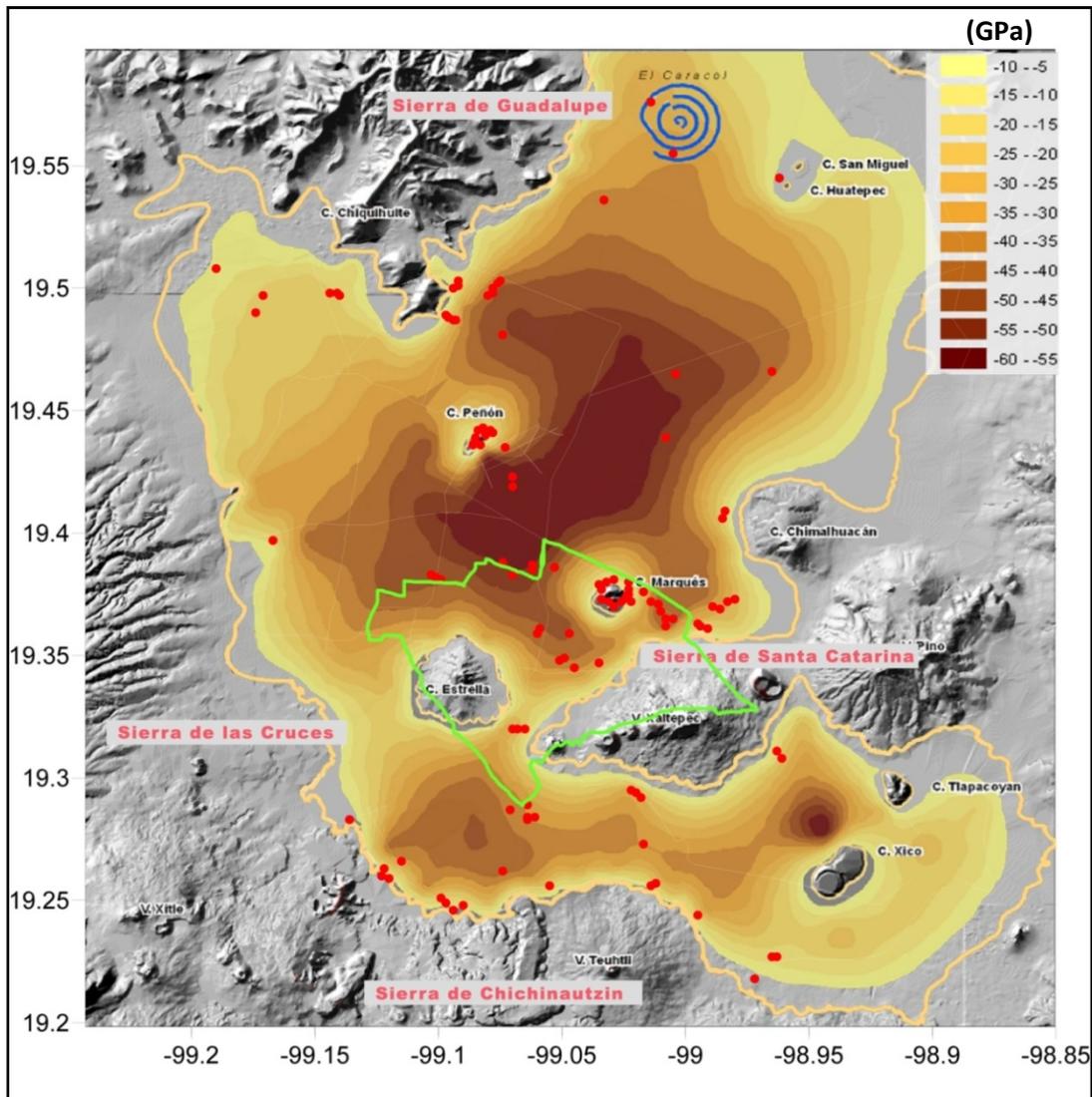


Figura 2.2 Compresibilidad de materiales en la Cuenca del Valle de México. Puntos rojos: sitios identificados con agrietamiento. Línea verde: límite delegacional. (Auvinet 2007)

En las franjas en donde sucede el contacto entre los suelos compactos propios de las estructuras montañosas y los materiales blandos que dominan el subsuelo de la planicie, existe una gran heterogeneidad estratigráfica sobre todo en los sitios en donde la caída de los cerros es pronunciada.

La Sierra de Santa Catarina corre paralela a la Sierra de Chichinautzin teniendo su base en la Sierra Nevada localizada al oriente de la Cuenca del Valle de México. La integran entre otros, los cerros de la Estrella, Tehualqui, Xaltepec, Peñón, El Pino y Chimalhuacán. Estudios geológicos informan de la escasa presencia de rellenos en el pie de monte debido a que no pueden lograrse arrastres importantes por lo corto de los tramos y lo inclinado de la ladera. En las cercanías del cerro Tehualqui y la actual zona del Reclusorio Oriente se aprecian pendientes de tal consideración entre el contacto de fragmentos de basalto de este cerro y los depósitos arcillosos de la planicie lacustre, mientras que en las faldas del cerro no existen arcillas. En las vecindades del Reclusorio pueden encontrarse espesores de arcillas superiores a los 60 metros. Aún más hacia el centro de la planicie, se presume la existencia de irregularidades en el relieve del lecho rocoso o manto basal sobre el que descansan los depósitos arcillosos, lo que hace más compleja su evolución geotécnica. Por lo tanto se espera la presencia de una transición abrupta y de condiciones irregulares en el relieve del manto sobre el que se encuentran los materiales compresibles. En la figura 2.3 se tiene la localización de las estructuras montañosas en Iztapalapa y la zona de planicie, perteneciente a la antigua zona lacustre.

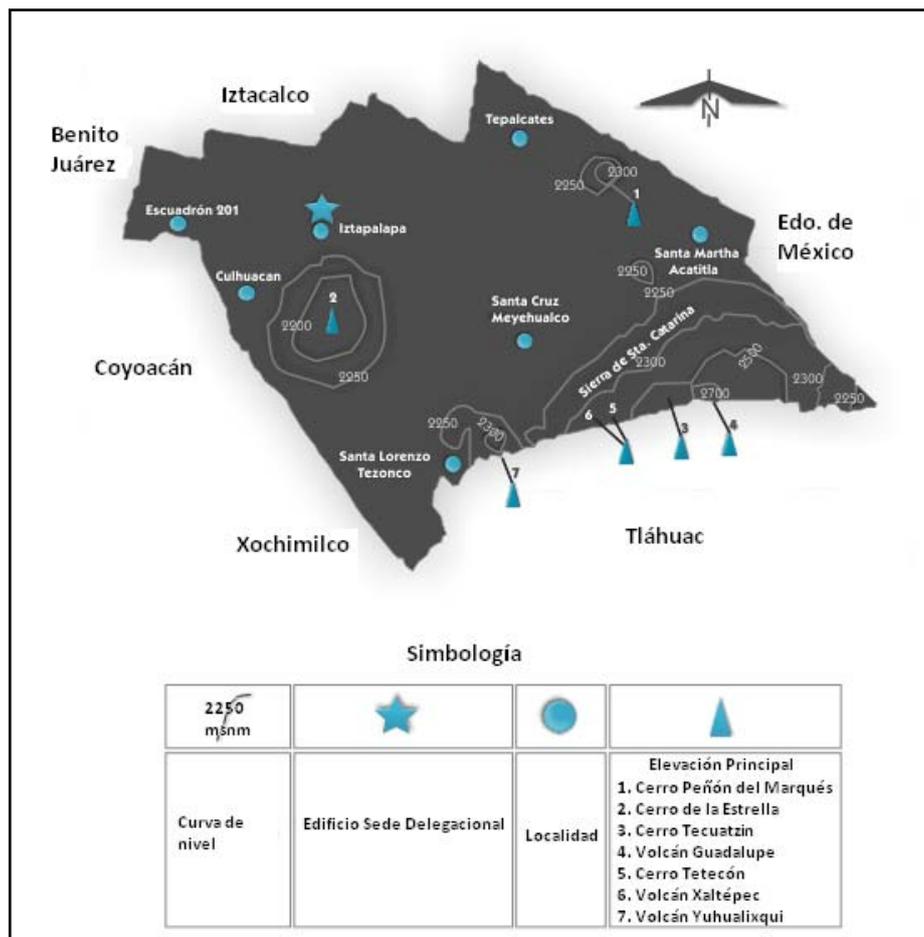


Figura 2.3 Orografía de la Delegación Iztapalapa. (Gobierno de la Ciudad de México)

2.2 Agrietamiento

En las zonas de transición abrupta, donde entran en contacto los suelos lacustres del Valle de México con los domos volcánicos que los confinan, se desarrolla un gradual y continuo hundimiento diferencial con la consecuente aparición de grietas en la superficie. Este fenómeno está íntimamente relacionado con el proceso de consolidación de los suelos blandos, a su vez incrementado por la explotación de los mantos acuíferos.

Con el hundimiento regional, se presentan grietas de tensión hacia las fronteras de la zona lacustre, las que comúnmente siguen trayectorias semejantes a curvas de nivel topográfico delimitando formaciones arcillosas. Lluvias torrenciales han sido los disparadores de este tipo de agrietamiento, aunque se pueden presentar sin su efecto. En ocasiones se manifiestan periódicamente en la misma zona, con cambios de posición o crecimiento subsecuentes hacia el centro de la zona lacustre. La explotación desmedida de los acuíferos ha originado y acelerado el hundimiento regional de la superficie del terreno debido a la pérdida de presión en el agua intersticial, lo que contribuye a la consolidación de los estratos arcillosos altamente compresibles.

2.3 Colonia Lomas de San Lorenzo, Iztapalapa

El primer caso de estudio, en esta tesis, es la socavación aparecida en el mes de julio del 2007, en la calle Vista Hermosa intersección con Guadalupe Victoria, por el flujo de agua en una grieta que atraviesa la Col. Lomas de San Lorenzo, en la delegación Iztapalapa. El socavón fue de 15.0 m de longitud y 7.0 m de profundidad aproximadamente, la repentina aparición de este, causando la muerte de joven cayendo en el mismo, con todo y el vehículo que conducía.

La colonia Lomas de San Lorenzo se encuentra al SE del Valle de México, al oriente limita el Cerro de la Estrella y al poniente la Sierra de Santa Catarina (fig. 2.4).

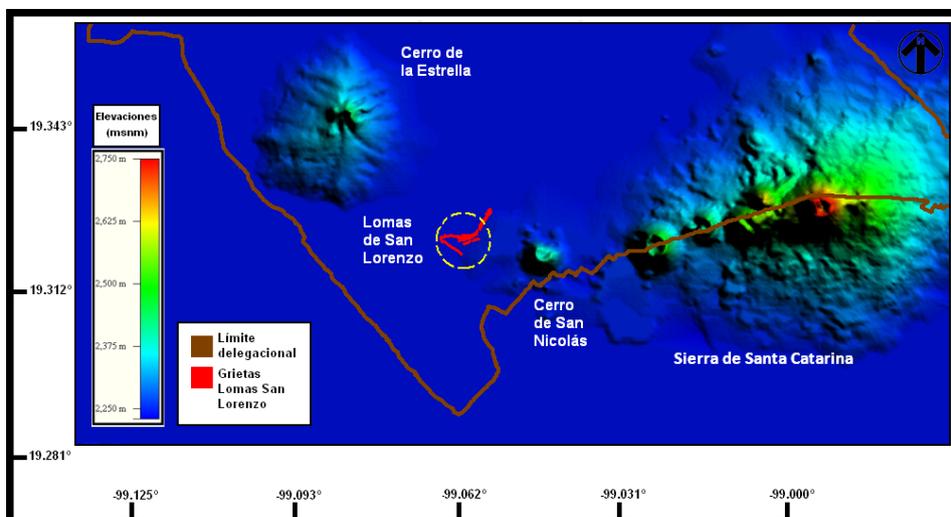


Figura 2.4
Colonia Lomas de San Lorenzo y su influencia geomorfológica.

De acuerdo a la zonificación geotécnica de la Ciudad de México, se localiza en la Zona de Transición Abrupta (figura 2.5), en la cual existe un contacto de los materiales sedimentados con roca volcánica. La estratigrafía de estas zonas por lo regular está integrada por una serie arcillosa de baja resistencia y alta deformabilidad, intercalada por numerosos lentes duros provenientes de materiales erosionados de los cerros circundantes y cubierta por una costra superficial dura, producto de las últimas emisiones volcánicas.

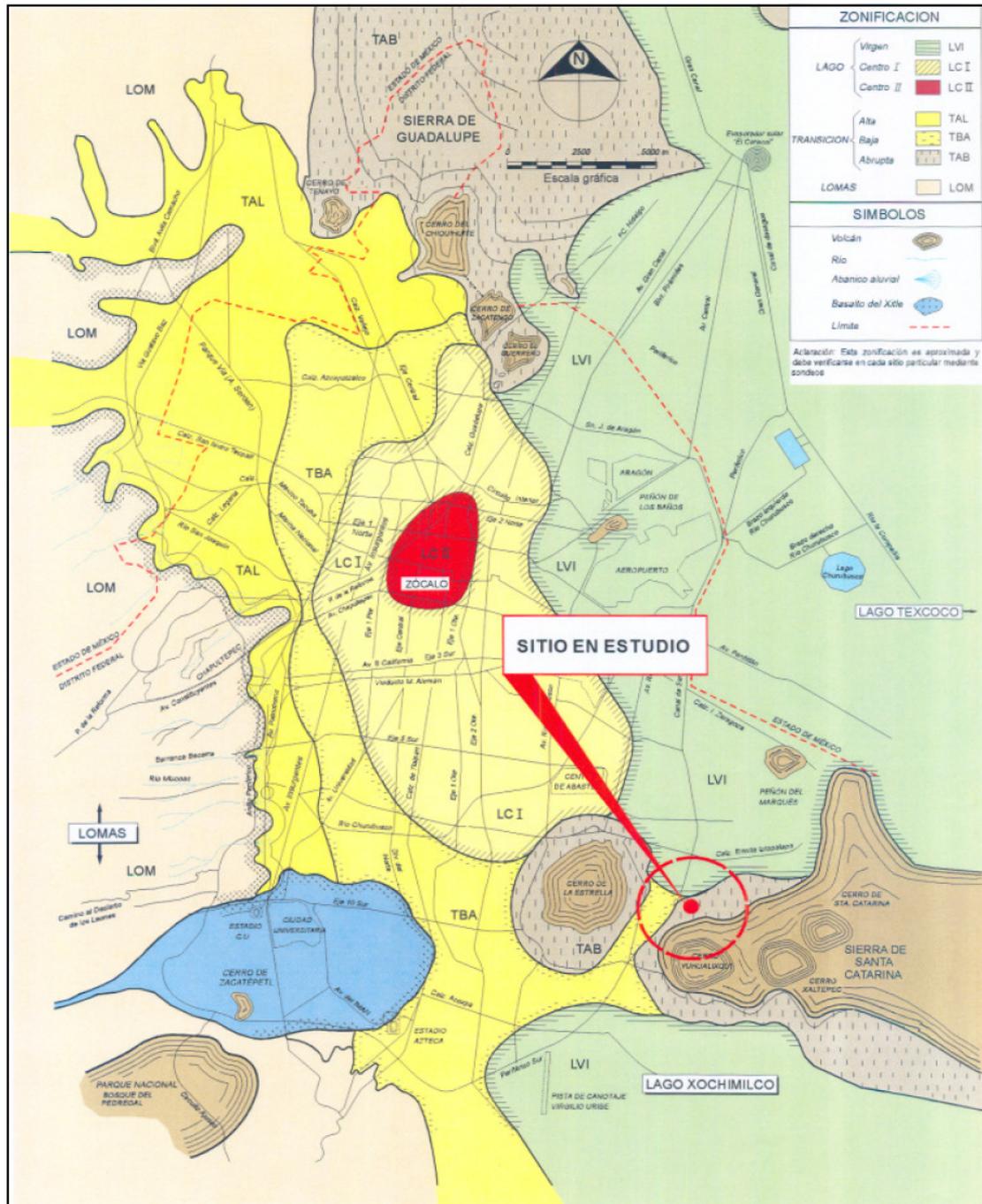


Figura 2.5 Zonificación geotécnica del Valle de México (TGC, 2007)

2.3.1 Sondeos Geotécnicos

Autoridades del Gobierno del Distrito Federal realizaron un mapeo de grietas de la colonia Lomas de San Lorenzo para así identificarlas y posteriormente implementar algunas acciones para mitigar sus efectos (TGC Geotecnia, 2007). Para ello se llevó a cabo una campaña de exploración con métodos indirectos como son: georadar, sísmica de refracción y sondeos geoeléctricos, a partir de los cuáles se definió la trayectoria principal de la grieta y demás grietas secundarias. A su vez la Dirección General de Obras Públicas encargó a TGC Geotecnia, la realización de sondeos de exploración profunda.

La figura 2.6 muestra la distribución espacial de la grieta y los sondeos ejecutados, en la colonia Lomas de San Lorenzo, empleando distintas técnicas de exploración descritas en el *Anexo A*.

En la tabla 2.1 se indican las profundidades a las que se encontró material firme o roca en cada uno de los sondeos, los cuales se utilizarán posteriormente para realizar perfiles en los que se tienen cambios más abruptos de espesor: SEP-1, SEP-4, SEP-2, SEP-3, SCE-4, SCE-3, SC-7A, SC-4, SC-1.

Profundidades alcanzadas en cada uno de los sondeos (TGC Geotécnica, 2007):

Sondeo	Profundidad a la que se encontró la roca (m)	Sondeo	Profundidad a la que se encontró la roca (m)
SC-1	20.40	SCE'-5	22.00
SC-2	30.60	SCEA-1	67.00
SC-3	30.40	SCEA-2	30.00
SC-4	6.360	SCEA-3	13.00
SC-5	30.20	SEP-1	70.00
SC-6	12.00	SEP-2	30.00
SC-7	15.60	SEP-3	14.00
SC-4A	9.82	SEP-4	38.00
SC-6A	27.55	SM-1	20.25
SC-7A	30.00	SM-2	12.00
SCE'-4	20.00	SM-3	35.00
SCE-2	30.00	SCE-3	25.00
SCE-4	97.00	SCE-5	23.00
SCE-6	98.00	SCE-7	95.00
SCE-1	40.00		

Tabla 2.1 Profundidad a la que se localizó la roca en cada sondeo (TGC, 2007)

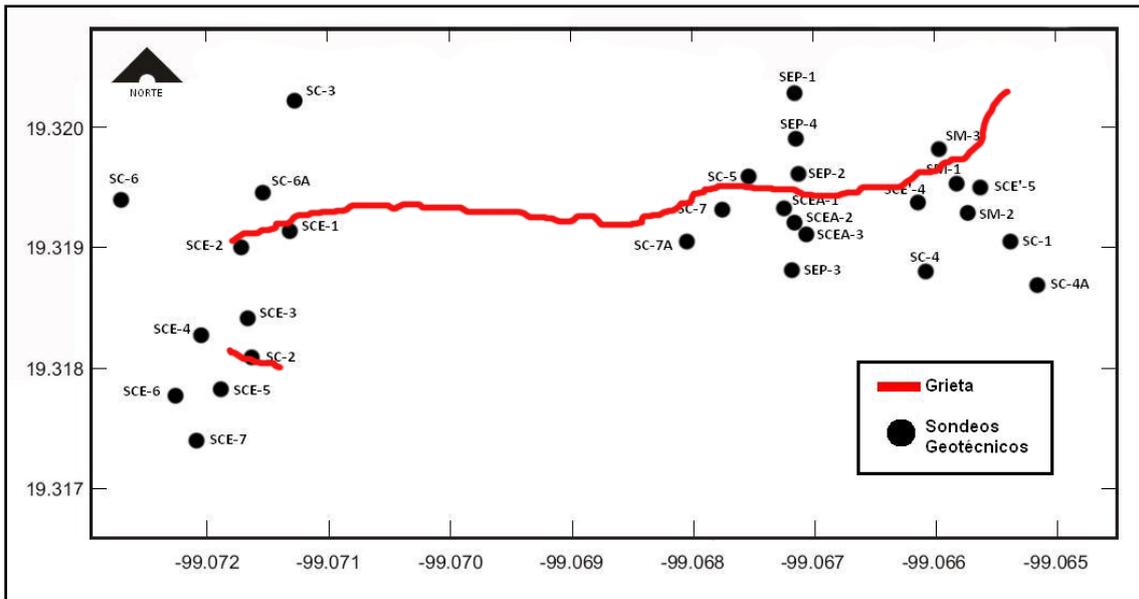


Figura 2.6 Localización de los sondeos geotécnicos en la colonia Lomas de San Lorenzo, Iztapalapa.

Con los resultados de los sondeos efectuados en el entorno de la grieta desarrollada en Lomas de San Lorenzo (TGC-3376, 2007), se ratifica que es de transición abrupta, en la que el contacto de la roca volcánica con los suelos finos lacustres tiene una frontera muy inclinada. Ejemplo de ello son las variaciones de espesor abruptas en distintos perfiles geotécnicos transversales la grieta mostrados posteriormente.

Suelos. El espesor varía de 12.7 (m), en la parte sur de la grieta, a 80.1 (m), en la parte norte, constituidos por una costra superficial de arena limosa de color negro, a la que le subyacen limos y arcillas con lentes de arena limosa, arena y ceniza volcánica. Los suelos finos son principalmente limos de alta compresibilidad, su consistencia y espesor difieren ampliamente en todos los sitios; la arena volcánica de grano fino a medio y de color negro. Entre los sondeos SEP- 1 y SEP-4 (figura 2.6) se tiene el mayor estrato de suelos compresibles y de baja resistencia, cuyo espesor varía de 80.1 a 19.0 (m), en una distancia de 45 (m). Las menores resistencias de punta obtenidas con el cono eléctrico, se presentan hacia el sondeo SEP-1, en los primeros 25.0 (m) se tiene un promedio de 5.0 (kg/cm²), a partir de esa profundidad y hasta la máxima explorada, la resistencia varía de 10.0 a 15.0 (kg/cm²), sin considerar los lentes resistentes.

Los materiales que predominan entre los sondeos SEP-2 y SEP-3 son limos y limos arenosos con una mayor resistencia y menor compresibilidad, las resistencias de punta mínimas son de 12.5 (kg/cm²), siendo por lo regular mayores a 25.0 (kg/cm²).

Roca. Es un basalto en colores negro y gris oscuro, cuyos porcentajes de recuperación son en su mayoría del 100 %, los RQD (Rock Quality Designation) varía entre 90 y 95 %, con valores aislados de 60 y 80 %, lo que lo describe como un basalto de buena a muy

buena calidad. Es una roca porosa y muy sana, por lo tanto no es un material apropiado para realizar ensayos de permeabilidad. En ensayos de compresión simple realizados en muestras representativas, se obtuvieron resistencias variables entre 294 y 634 (kg/cm^2), y pesos volumétricos de 2.4 a 2.6 (t/m^3).

Los sondeos revelan que los materiales de baja plasticidad endurecidos y humedecidos en época de estiaje y lluvias, respectivamente, forman la corteza superior del suelo. Siguiendo la estratigrafía se encuentran arcillas lacustres muy blandas de alta compresibilidad interestratificadas con paquetes de sedimentos de arenas y ceniza volcánica. La profundidad y el grosor de los materiales más duros varían considerablemente. Debajo de los materiales antes mencionados se tiene roca basáltica.