



Quito, 26 JUN 2019

Oficio No. 1353 - GG-GEF 1707 - SG -

Hoja de Ruta No TE-MAT-05857-19  
Ticket GDOC No 080250

Asunto: Asentamientos de viviendas en el sector de Solanda

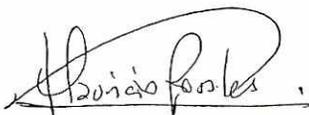
Señor  
Luis Robles Pusda  
Concejal Metropolitano de Quito  
Venezuela y Chile – Palacio Municipal-2do piso-Oficina 12  
Presente

De mi consideración:

En atención al oficio N° 042-LRP-2019, del 12 de junio de 2019, adjunto se envía el informe de análisis de la situación de asentamientos de las viviendas de Solanda. Cabe mencionar que esta evaluación se fundamenta en las inspecciones realizadas al lugar y en el Estudio de Diagnóstico Preliminar Denominado "Asentamientos de Viviendas en el barrio de Solanda, en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha" realizado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

El informe elaborado por la EPMMOP, en la parte concerniente a las recomendaciones, coincide con el criterio de la PUCE en cuanto a que es necesario "...continuar con la siguiente etapa del estudio consistente en la cuantificación de los aportes de cada uno de los factores que se considera estarían originando los asentamientos...".

Atentamente,



Ing. Mauricio Rosales E.  
Gerente General

Copia Abg. Carlos Alomoto Rosales  
Secretario General Concejo Metropolitano Quito

Anexo: Informe de análisis asentamientos Solanda (5 hojas)  
1CD que contiene: El Estudio de Diagnóstico Preliminar Denominado "Asentamientos de Viviendas en el barrio de Solanda, en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha" realizado por la PUCE

Elaborado por:	Ing. Francisco Bonifaz Y.	DE	
Supervisado por:	Ing. José Salvador U. Director de Estudios.	DE	
Aprobado por:	Ing. Fausto Novoa A. Gerente de Estudios y Fiscalización	GEF	

26 JUN 2019



ASUNTO: Análisis de asentamientos viviendas sector Solanda

FECHA: 24/06/2019

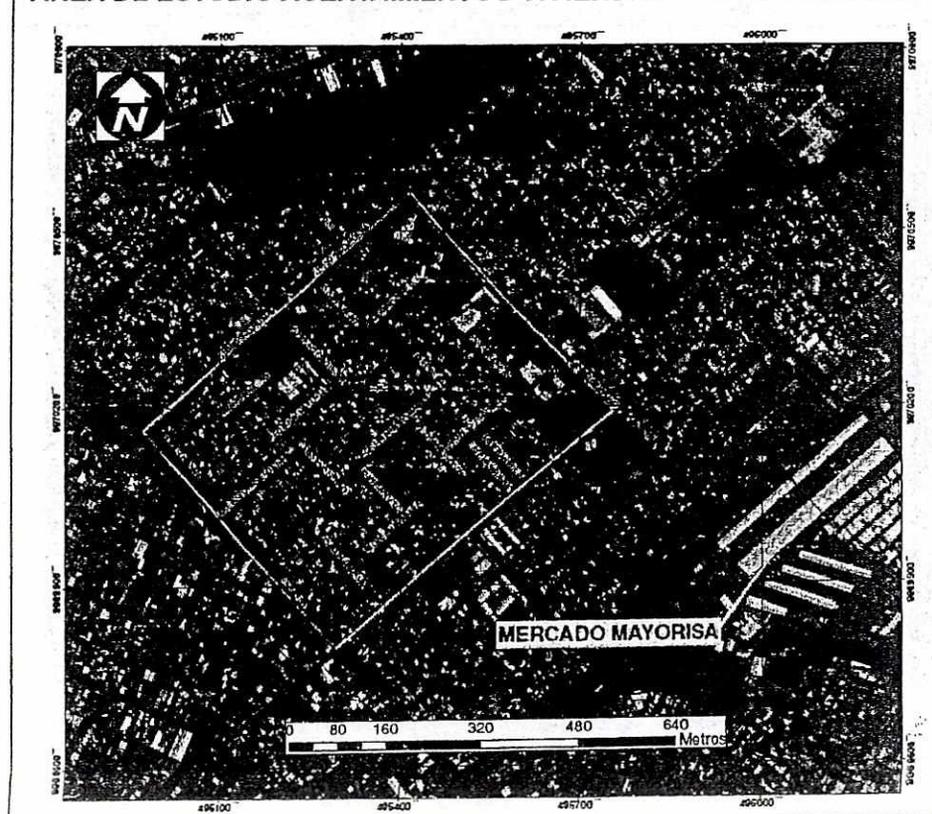
**ANTECEDENTES**

Mediante oficio N.º 390 del 07 de noviembre de 2018, el Despacho de la Alcaldía pone en conocimiento el Estudio de Diagnóstico Preliminar Denominado "Asentamientos de Viviendas en el barrio de Solanda, en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha", cuyos análisis han sido realizados por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). El informe está enmarcado en el Convenio tripartito de Cooperación Técnica en materia de Educación entre el Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito, la Escuela Politécnica Nacional y la PUCE.

Los resultados y el contenido del informe han sido analizados por parte del personal técnico de la Dirección de Estudios, quienes han formulado algunos criterios y recomendaciones, que se ponen en su consideración.

**UBICACIÓN**

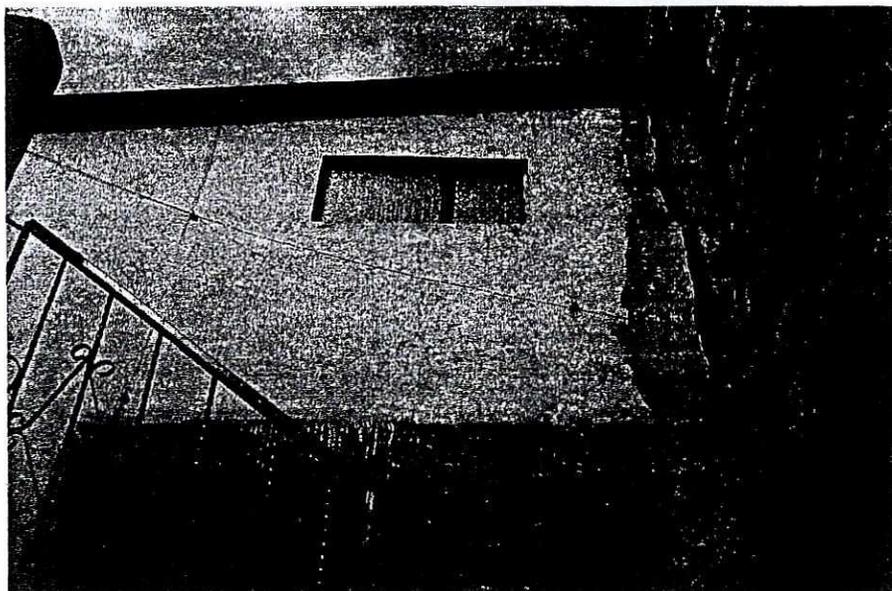
Administración Zonal:	Sur Eloy Alfaro
Parroquia:	Solanda
Sector:	Solanda
Calles:	Av. Solanda. Calle Belda, Calle José María Alemán

**ÁREA DE ESTUDIO ASENTAMIENTOS VIVIENDAS SECTOR SOLANDA**

**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN**

Es de conocimiento público que algunas viviendas ubicadas en el sector de Solanda, desde hace algún tiempo han presentado fisuras en su estructura, sin embargo, en el transcurso de este año estos agrietamientos han ido agudizándose e incrementando su ritmo de actividad. Esta situación en algunos casos ha obligado a los habitantes a desalojar sus viviendas, por el hecho de declarárselas en estado de riesgo.

Para verificar estos problemas se ha realizado una inspección al lugar afectado, cuyas observaciones principales se registran en las siguientes fotografías:



Fotografía 1 Fotografía de vivienda agrietada ubicada en la calle Belda

Fotografía 2 Separación de Viviendas en el sector (Fotografía tomada de <https://labarraespaciadora.com/ddhh/el-metro-de-quito/>)

Claramente se puede notar el grado de afectación presente en el sector, pero, de manera visual, no es posible identificar las causas que las estarían originando. La naturaleza de estos agrietamientos hace suponer que estarían relacionados con los asentamientos producidos por la interacción suelo – estructura.

En la calle José María Alemán también se notan subsidencias a nivel de las veredas, donde los asentamientos han ocasionado algunos hundimientos. Las fotografías a continuación indican lo comentado.

*Fotografía 3: Asentamientos en la acera sobre la calle José María Alemán*



Con respecto a las posibles causas que estarían originando los asentamientos, el informe entregado por la PUCE de manera preliminar, ha establecido que estarían vinculadas con:

1. Estado actual de las alcantarillas del sector
2. Tránsferencias de cargas a la cimentación
3. Lavados de finos

4. Extracción de agua en la construcción de la salida de emergencia N.º 4 dentro del proyecto metro de Quito

Quien suscribe el presente informe, ha realizado un análisis de las causas aludidas; estos análisis se fundamentan en los resultados geotécnicos proporcionados en el referido informe de la PUCE y, en el propio conocimiento del contexto geológico geotécnico que implica la dinámica de los asentamientos. Los resultados se presentan a continuación:

#### Estado actual de las alcantarillas del sector

Evidentemente, una falla no detectada a tiempo en el sistema de tuberías de alcantarillado, podría provocar infiltraciones que, según su dimensión y caudal, causaría graves asentamientos.

Para descartar esta posibilidad, es necesario realizar una evaluación integral del sistema de alcantarillado del área de estudio; se conoce que, en algunos casos, ya ha cumplido con su vida útil y, el deterioro que presenta, posibilita que se generen infiltraciones consideradas como de grado medio a alto. Sin embargo, los asentamientos por esta causa se presentan siempre de manera puntual y no general como los que se han identificado (400 viviendas ubicadas de manera dispersa en el área).

Si la causa de los asentamientos radica en fallas del sistema de alcantarillado y, si los asentamientos fueran muy dispersos, se podría pensar en un fallo de toda la red de alcantarillado, lo cual es poco probable y puede descartarse.

#### Trasferencias de Cargas a la Cimentación

El estudio entregado por la PUCE ha fundamentado una parte de sus análisis en las investigaciones geotécnicas realizadas; los resultados así obtenidos han sido considerados para efectuar esta evaluación.

En la zona se han hecho tres perforaciones geotécnicas con algunos ensayos característicos; la ubicación y profundidad alcanzada por cada una de ellas se presenta en el siguiente cuadro.

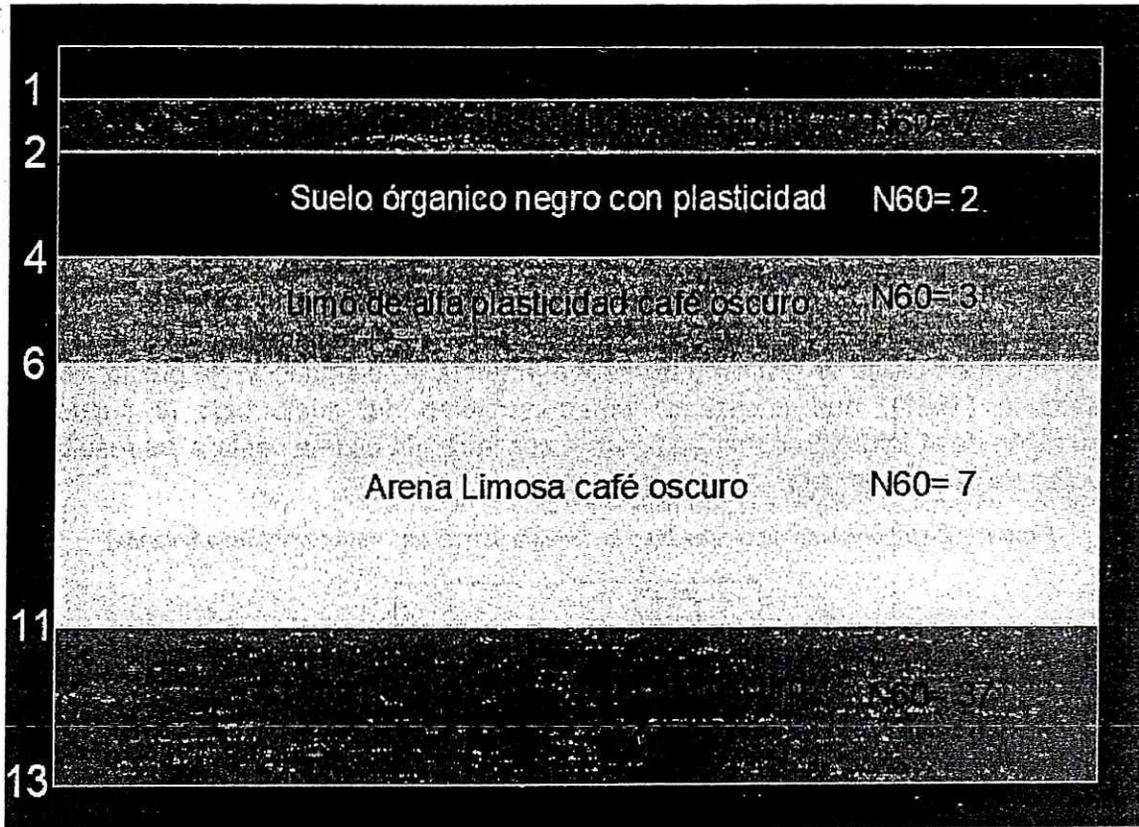
Cuadro 1: Ubicación de Investigaciones geotécnicas Solanda sector 1

DESCRIPCIÓN	COORDENADA X (m)	COORDENADA Y (m)	GOTA (msnm)	PROFUNDIDAD (m)
P1	773657	9970210	2902	20
P2	773659	9970234	2903	25
CPT	773657	9970213	2902	20

Fuente: Estudio de Diagnóstico Preliminar Denominado "Asentamientos de Viviendas en el barrio de Solanda, en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha" (pág. 64)

Con los resultados de las perforaciones, la Universidad Católica ha conformado un perfil geológico geotécnico; el resultado de esta sección ajustado para el presente análisis, se muestra en la siguiente figura

Figura 1: Perfil Geológico geotécnico tipo para el sector de Solanda1



Fuente: Estudio de Diagnóstico Preliminar Denominado "Asentamientos de Viviendas en el barrio de Solanda, en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha" (pág. 64). Ajustado EPMMOP 2019

Con los datos del valor de SPT (N60) se puede determinar la capacidad de carga de soporte del suelo. Para este cálculo se ha utilizado la fórmula propuesta por Meyerhoff (1975). Los datos de ingreso para el cálculo han sido propuestos utilizando el siguiente criterio: la profundidad de cimentación de la infraestructura estaría aproximadamente a 1,50 metros bajo el actual nivel del terreno, es decir, en el estrato limoso de alta plasticidad y arena gris. En cambio, para el ancho de zapata se adopta un valor de 2 x 2 metros. Los resultados de capacidad de carga con estos datos se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Capacidad de carga para el estrato limo de alta plasticidad y arena gris

Unidad	B m	Df m	Qadm t/m <sup>2</sup>
Limo y arena	2	1,50	10,06

Elaboración EPMMOP 2019

Además, es necesario considerar la capacidad de carga del sustrato que se ubica bajo la cimentación, es decir, la del suelo orgánico con plasticidad. Para este cálculo se ha considerado el mismo ancho de zapata, pero a una profundidad promedio de 2,50 metros. El resultado se ilustra en el Cuadro 3.

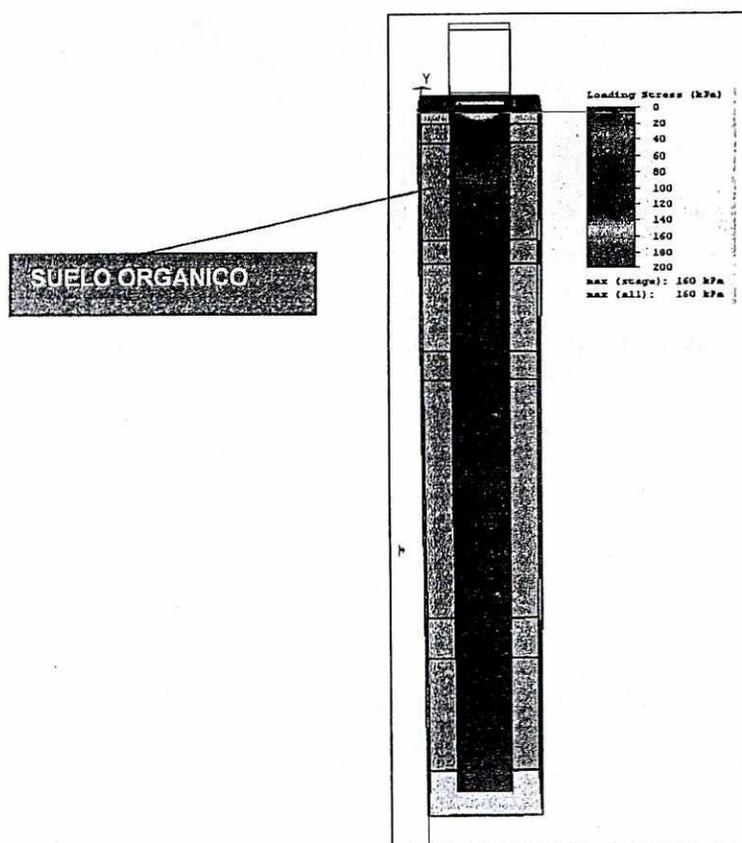
Cuadro 3: Capacidad de carga para suelo orgánico negro con plasticidad

Unidad	B m	Df m	Qadm t/m <sup>2</sup>
Suelo orgánico	2	2,50	3,00

Elaboración EPMMOP 2019

Se puede notar que, casi inmediatamente, la capacidad de carga desciende de 10 t/m<sup>2</sup> a 3 t/m<sup>2</sup>. Esta diferencia puede repercutir considerablemente en la estabilidad geotécnica de la estructura, pues, la transferencia de carga de este elemento al suelo debe aún permanecer en rangos altos. Para comprobar esta hipótesis se considera una transferencia de carga de 15t/m<sup>2</sup> y utilizando la teoría de distribución de presiones de Boussinesq (1885), que analiza el comportamiento del suelo bajo la supuesta cimentación de la infraestructura. La figura a continuación es una captura del resultado del bulbo de presiones obtenido para este caso.

Figura 2: Distribución de presiones bajo la cimentación de una estructura (Caso Solanda)



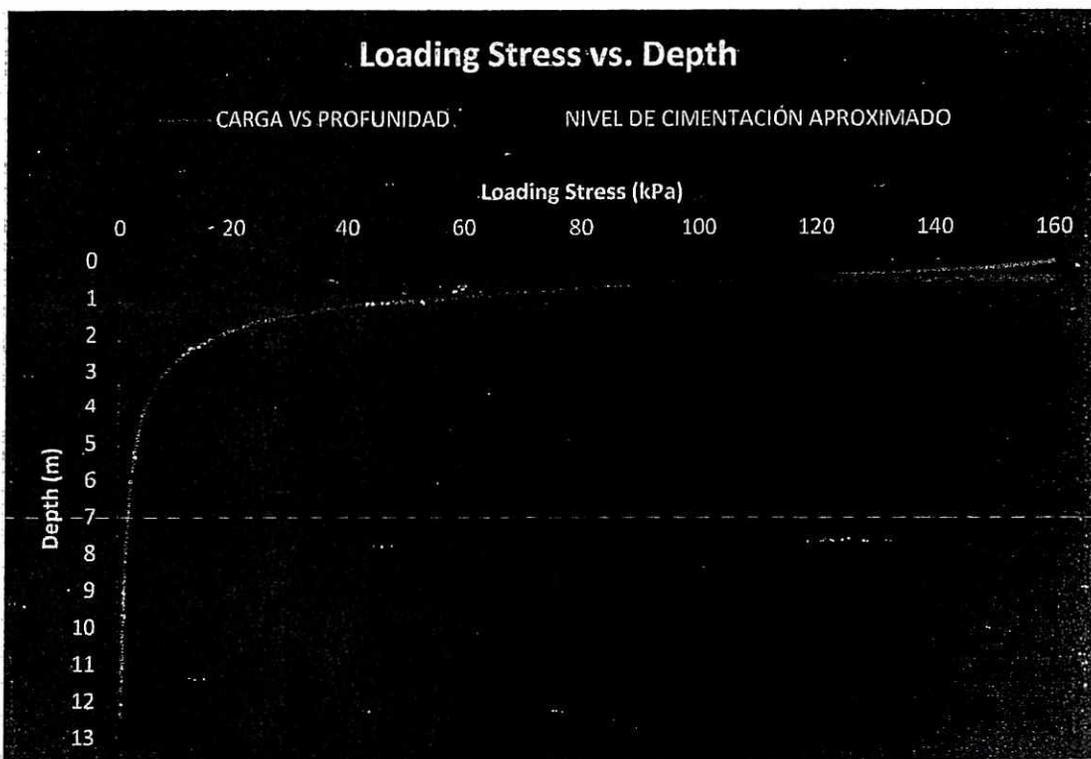
Elaboración EPMMOP 2019

Cada cubo indicado en la imagen corresponde a los estratos presentados en la figura 1 de este informe. Se puede notar que la carga en el tope del estrato, tiene relación con el suelo orgánico y presenta un remanente que se ubica entre 10 y 12 t/m<sup>2</sup>. Si se comparan estos valores con el obtenido en el cuadro 3, se tiene que el suelo a esa profundidad estaría fallando por insuficiente capacidad de soporte.

Posiblemente, este tipo de falla también está vinculado con el módulo de elasticidad del suelo, pues, al ser un suelo orgánico presentaría un grado importante de elasticidad.

La gráfica siguiente muestra cómo varía la distribución de la carga con la profundidad.

Figura 3: Distribución de Carga en Profundidad para el subsuelo del sector de Solanda 1



Elaboración EPMMOP 2019

Es importante señalar que, la transferencia de carga al suelo, también, estaría siendo provocada por el tránsito de vehículos pesados. En este sentido, se coincide con la recomendación establecida en el informe de la PUCE, en cuanto a la necesidad de reorientar este tipo de tránsito en el sector.

#### Lavados de finos y extracción de agua por el metro de Quito,

Para determinar si las causas de los asentamientos proceden de este tipo de trabajos, es necesario realizar un estudio hidrogeológico detallado, lo que permitirá caracterizar la tipología exacta del acuífero presente en la zona.

En relación con el nivel freático, abatirlo de manera acelerada puede dar lugar al vaciado del agua contenida en el espacio interpartícula de las partículas. Esta acción dejaría espacios vacíos, que poco a poco ocasionarían el reacomodo de los granos que componen el suelo. Este fenómeno puede provocar el debilitamiento de la capa de suelo y la posible formación de pequeñas cavernas que producirían los asentamientos identificados en superficie.

Para verificar la certeza de esta hipótesis se debe conocer el comportamiento hidráulico de cada capa de suelo del sector. El modelo hidrogeológico que se establezca deberá

ajustarse a las condiciones reales del sitio; esto es, identificar las zonas de recarga y descarga, los coeficientes de permeabilidad y la evaluación de las condiciones del agua subterránea antes y después de la construcción del metro de Quito y sus respectivos accesos.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con base en la información de la geología y geotecnia, ha sido posible inferir que el sector de Solanda descansa sobre depósitos de origen volcánico sedimentario, caracterizados como limos y arenas de tonos marrón y gris. Las perforaciones realizadas por la PUCE han demostrado que, bajo esta capa de limos y arenas, se ubica un depósito de suelo orgánico de muy baja consistencia.
- Durante este año en el referido sector, se han registrado acelerados procesos de asentamiento de las viviendas, que se ven reflejados en la presencia de grietas en la mampostería de las estructuras y en los hundimientos puntuales de las aceras y calles.
- El Estudio de Diagnóstico Preliminar Denominado "Asentamientos de Viviendas en el barrio de Solanda, en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha", ha establecido que probablemente las causas de los asentamientos estarían vinculadas con lo siguiente:
  - Estado actual de las alcantarillas del sector.
  - Transferencias de Cargas a la cimentación
  - Lavados de finos
  - Extracción de agua en la construcción de la salida de emergencia N.º 4 dentro del Proyecto Metro de Quito
- Este reporte se ha enfocado en el análisis de la causa "Transferencia de Carga", pues, se dispone de información geotécnica obtenida de las perforaciones. Para el resto de los elementos se realizan los respectivos comentarios al final de este documento y, se establecen algunas recomendaciones para que sean consideradas.
- En este análisis se han tomado en cuenta las siguientes hipótesis: las viviendas fueron cimentadas a 1,50 metros del nivel actual de terreno con un ancho promedio de zapata de 2 metros. A esta profundidad y, de acuerdo con las características geotécnicas del estrato, se tendría que la capacidad de carga admisible del suelo sería de 10,06 t/m<sup>2</sup>. El análisis se ha realizado para determinar, con las mismas consideraciones, la capacidad de carga del suelo orgánico identificado bajo el nivel de cimentación adoptado. El cálculo arrojó que este estrato de suelo tendría una capacidad de carga de 3,0 t/m<sup>2</sup> (el valor coincide con el determinado en el informe de la PUCE).
- El análisis del comportamiento del suelo frente a la aplicación de carga, se ha realizado con una supuesta carga de 15 t/m<sup>2</sup>. Los cálculos de incremento del esfuerzo con la profundidad, se efectuaron utilizando la fórmula de Boussinesq.
- La aplicación de la supuesta carga ha permitido notar que el suelo orgánico ubicado bajo el nivel de cimentación, no estaría en condiciones de soportarla,

pues, a este nivel la carga remante está entre 10 t/m<sup>2</sup> y 12 t/m<sup>2</sup> y el suelo únicamente tiene condiciones de soportar 3 t/m<sup>2</sup>.

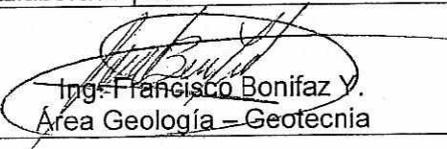
- A la aplicación de la supuesta carga debe sumarse la carga dinámica originada por el paso de los vehículos que, en el caso del transporte pesado, puede originar hasta 32 t/m<sup>2</sup>.
- Un factor adicional a la transferencia de carga es el indiscriminado aumento de pisos o niveles en las infraestructuras habitacionales. Se conoce que, el plan de vivienda Solanda, concebía únicamente la construcción de casas de un piso, en cambio ahora, es común observar viviendas con cuatro y cinco niveles. Esta circunstancia, evidentemente estaría alterando el estrato compresible identificado bajo los niveles de fundación supuestos.
- El informe presentado por la PUCE ha sido entregado a las diferentes instituciones para el análisis y cumplimiento de las recomendaciones. Al respecto, la EPMMOP refiriéndose a la restricción de tránsito pesado en el sector ha colocado la respectiva señalización, para las calles: Antonio Moscoso, Simón Guerra, Juan Yerovi, Ignacio Valencia, Mariano Maya, Benedicto Rincón, Pedro León, José Yerovi, José Antonio Endara y Calisto del Pino.

Como recomendaciones se han establecido las siguientes:

- Los resultados obtenidos en este informe han permitido coincidir con la recomendación del estudio de la PUCE que, considera necesario ***“...continuar con la siguiente etapa del estudio consistente en la cuantificación de los aportes de cada uno de los factores en el asentamiento...”***.
- Se considera conveniente que, en la segunda etapa del estudio, se realice una campaña más densa de perforaciones geotécnicas, con el objeto de conformar un modelo geológico – geotécnico detallado del área de estudio.
- En las investigaciones de segunda fase, se cree necesario incluir análisis pormenorizados de consolidación, que deberán estar sustentados en los resultados de laboratorio que se realicen para caracterizar este tipo de análisis.
- Para el factor ***“extracción de agua subterránea”*** es necesario realizar un estudio hidrogeológico detallado de la zona del proyecto, considerando una evaluación del estado del acuífero antes y después de la construcción del Metro de Quito y, verificar si dicha extracción de agua contribuyó a los asentamientos registrados en el sector.
- Es necesario que la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) analice detalladamente el estado de las alcantarillas de la zona, cuyos resultados permitirán tener un nuevo enfoque sobre las causas que estarían originado los asentamientos.
- Se considera que el tránsito pesado, de cierta manera, puede contribuir a la inestabilidad geotécnica del sector. Una visita permitió observar que el paso de buses es frecuente en el sector, al respecto, se considera conveniente que la Secretaria de la Movilidad analice rutas alternas fuera del área donde se han presentado los asentamientos.
- Es necesario realizar un monitoreo topográfico, para ello, es conveniente la colocación de una red topográfica que esté debidamente enlazada a hitos fijos. Los datos deben ser recopilados y evaluados constantemente para determinar

la tasa de movimiento, especialmente, en los sitios donde se observa un mayor agrietamiento en las viviendas.

Elaborado por:

  
Ing. Francisco Bonifaz Y.  
Área Geología - Geotecnia

  
Ing. Gonzalo Malo B.  
Área Geología - Geotecnia