

**INFORME TÉCNICO  
FISURAMIENTO DE CASAS – SOLANDA****1. ANTECEDENTES**

La Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, ante el pedido de varios moradores de las calles José Belda y José María Alemán, del barrio Solanda Etapa No.1, parroquia Turubamba, perteneciente a la Administración Zonal Eloy Alfaro, para que se realice una inspección a sus viviendas por cuanto se han detectado un incremento de las fisuras tanto en la parte exterior como interior de sus inmuebles; considerando esto el 5 de enero del 2018, se acude al sitio a realizar un primer reconocimiento y acercamiento ante los moradores; en esta primera visita se ha identificado que algunas viviendas presentan fisuras leves a moderadas en las mamposterías, lo que ha criterio de los afectados indican que el aparecimiento de fisuras leves fue desde el mes de noviembre del 2017, incrementándose en el mes de enero del 2018; ellos aseguran que estas afectaciones se produjeron desde que se inició la construcción del túnel del Metro.

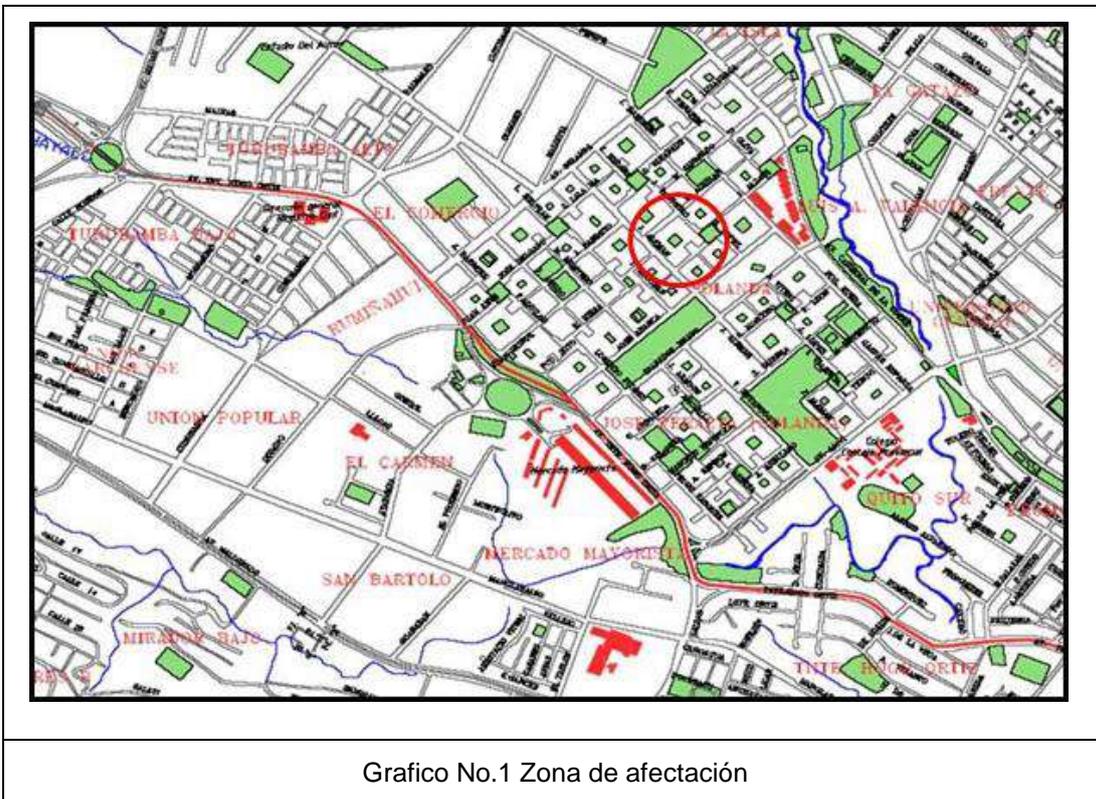


Gráfico No.1 Zona de afectación

Para dar respuesta a esta preocupación el día 11 de enero del 2018 en la sala de reuniones del PAI de Solanda, se realiza una reunión interinstitucional EPMAPS, METRO-QUITO, ADMINISTRACION ZONAL ELOY ALFARO, Dirección Metropolitana de Gestión de Gobernabilidad (DMGG), Centro Metropolitano de Operaciones de Emergencias (COE-M) y DMGR, con la finalidad de emitir criterios al respecto de esta problemática y planificar las diferentes actividades para descartar supuestos y poder emitir un informe técnico preliminar del escenario de riesgo; consecutivamente la comisión realiza la visita a las viviendas en presencia de la comunidad, verificándose que efectivamente se presentan fisuras en las paredes de algunas edificaciones, determinándose que muchas de ellas eran antiguas.

Dentro de las intervenciones inmediatas, se propuso efectuar las siguientes actividades:

- EPMAPS: realizar la investigación televisiva, por medio del robot en diferentes colectores
- METROQUITO: Entregar el trazado de la Línea 1 del Metro, con la ubicación del avance desde el mes de noviembre del 2017 hasta enero del 2018, la ubicación de inclinómetros y de las perforaciones de control.
- ADMINISTRACION ZONAL ELOY ALFARO: Deberá realizar el levantamiento de fichas catastrales de la franja de afectación.
- DMGR: Conformará una comisión interdisciplinaria integrada por técnicos en Geología, Geotecnia, Hidráulica y Estructuras, a fin de tener un criterio que permita establecer de manera global las causas que han motivado estos reclamos y de este modo determinar las condiciones de vulnerabilidad de los predios afectados.

## 2. SITUACION DEL AREA AFECTADA PREVIO AL DESARROLLO URBANO

El barrio de Solanda se encuentra ubicado en la zona sur del DMQ, emplazada en un sector que históricamente ha mantenido características de humedal y que con el paso de los años se ha ido consolidando como área urbana como se puede ver en grafico No. 2.



Grafico No.2 Fotografía aérea de 1956, se observa el humedal.

La condición desfavorable de los suelos donde se ha efectuado la cimentación de las viviendas e infraestructuras públicas y privadas, es un factor que no se presentó recientemente en este sector, pues esto data de miles de años atrás. Los estudios y levantamientos geológicos realizados en la zona sur del DMQ, se ha identificado que en una gran parte de la cuenca existe la presencia de este tipo de suelos blandos que fueron mapeados y denominados según los expertos (Alvarado 1996, Montalvo 2004) como suelo pantanoso altamente orgánico. (Grafico No.3)



### 3. EVALUACION GEOLOGICA-GEOTECNICA

#### 3.1 CONSIDERACIONES GEOLOGICAS

La subcuenca de Turubamba que forma parte de las cuenca del sur de Quito se encuentra cruzada en esta área por la quebrada Grande y quebrada Sanshayacu y está conformada en su base por una secuencia volcano-clástica denominada cangahua y que está cubriendo, la mayor parte de la penillanura. Esta secuencia, lo constituyen capas de tobas con presencia de pómez, cenizas limo arenosas, depositadas en medios subacuáticos. La potencia de estas capas es mayor a los 50 metros. Las tefras o tobas depositadas en esta cuenca mantienen una selección granulométrica, siendo los fragmentos más pesados o brechosos depositados en la parte inferior y luego los más finos hacia la superficie

Yaciendo sobre esta secuencia en los sitios donde la paleo-topografía presentaba hundimientos, los materiales de arrastre fueron depositándose aquí y al tener material orgánico han dado lugar a la formación de turbas que se encuentran en potencias variables y de un color café oscuro, conteniendo raíces y exhibiendo una cierta estratificación marcada por la presencia de lentes pequeños de lapilli y cenizas volcánicas gradadas

De la investigación realizada en los sectores de Turubamba y Solanda No.4 y que forman parte de esta subcuenca, se ha podido determinar la secuencia litológica siguiente:

- En la parte superficial se encuentra como recubrimiento una capa de suelo de color café oscuro, orgánico, con presencia de raíces, en una potencia variable de 20 a 50 cm.
- En forma normal se encuentra, subyaciendo, una capa de material de color verdoso, bastante húmedo, con raíces denominada Turba, su potencia en promedio es de 9 metros.
- Bajo esta capa se presenta una cangagua re trabajada, de color café claro, con presencia de líticos de pómez, relativamente seco y bien consolidada, su potencia según los testigos de perforación llegan a ser mayor a 20 metros.
- Siguiendo la secuencia volcanoclástica se presentan una secuencia de diferentes estratos arenosos y brechosos, conteniendo un alto contenido de agua artesiana.



Foto No.1 Perforación para un plinto en sector Solanda, se presenta un material fluvio lacustre, el material arcilloso orgánico y nivel de agua superficial



Foto No. 2 Material arcilloso orgánico plástico con alta humedad (turba)



Foto No.3 Bajo la turba se presenta una toba gris verdosa bastante consistente



Foto No. 4 Las tobas descansan sobre un material arenoso (posible aluvial)

### 3.2 CONSIDERACIONES GEOMORFOLÓGICAS

En lo referente a la morfología, esta forma parte de la cuenca fluvial Turubamba, que se encuentra cruzada por varios drenajes profundos, como son las Quebradas Pasocucho, Quebrada Shanshayacu y Quebrada Grande que llegan a descargar en el Río Machangara; su configuración es de un drenaje dendrítico grueso. Grafico No.4

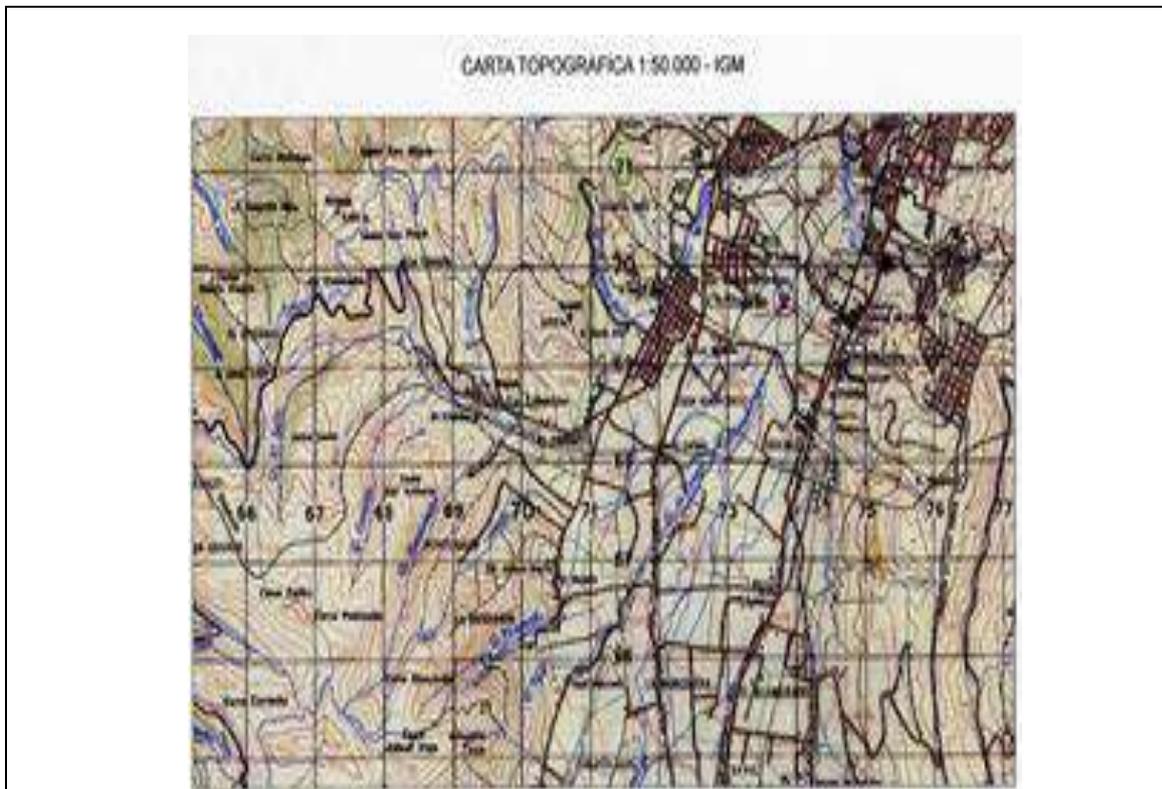


Grafico No.4. Tipo de drenaje en cuenca sur de quito. (Dendrítico grueso).

Por otro lado, en la parte baja en las confluencia de las quebradas, en esta penillanura se formó un avenamiento endorreico, es decir se produjo una llanura de inundación, en las cuales se acumuló el agua y drenaban hacia las quebradas mayores con unas redes de drenajes desorganizados.

Al hacer una interpretación foto geológica, de las cartas aéreas de 1956, se pudo identificar la extensión de los humedales, siendo la parte central la de mayor incidencia la que actualmente se ha convertido en zona con elevada densidad de edificaciones. (Grafico No.2)

### 3.3 CONSIDERACIONES GEOTECNICAS

Los suelos de este sector, se han determinado como limo arenoso, limo arcillosos plásticos, limos orgánicos semi plásticos y Turba fuertemente orgánica y plástica. De acuerdo a los ensayos de SPT (STANDARD PENETRATION TEST) efectuados en varios sitios de esta cuenca, se ha podido determinar que tiene valores bajos y presencia de un nivel freático somero entre 0.50 m. a 2.00 m.

Este suelo limo arcilloso blando y sobresaturado tiene una potencia variada que va entre 3 a 12 metros, su característica geotécnica de estos materiales son de una capacidad portante baja

### 3.4 DIAGNOSTICO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

De acuerdo a las investigaciones realizadas dentro de esta sub cuenca en la que está inmersa el barrio de Solanda y que se presenta la zona de humedad; además, tomando en cuenta las tipologías de afectación que son características en otros barrios, se ha podido determinar en principio las causas que han dado lugar a la presencia de las fisuras, que son lo siguiente:

- Los suelos presentes en los primeros metros donde se ha realizado la implantación de las diferentes estructuras son unas turbas, cuya características geológicas y geotécnicas son de un material orgánico, con una buena plasticidad y presencia de agua.
- Este material blando plástico, está actuando en toda la zona de humedal como una masa amorfa, que migra de lado a lado.
- Del análisis de suelos se ha determinado que estos tienen un alto índice de humedad y plasticidad.
- La presencia de fracturamientos abiertos, hundimientos y levantamientos en diferentes sitios especialmente en los parques, da la medida de que estos suelos blandos están sufriendo un reacomodo, o denominado **deslizamiento retrogresivo**, el mismo que se evidencia, por una serie de simples deslizamientos o acomodos de los suelos plásticos en forma de arrugas, movimiento lento de los estratos superiores blandos sobre estratos más duros; este desplazamiento esta direccionándose hacia los sitios donde existe menor esfuerzo y peso, lo que quiere decir que la masa de material plástico está sufriendo un rompimiento de su equilibrio. (Ver foto No. 4 y 5)
- En varios sitios donde las edificaciones se realizaron bajo el nivel del suelo, se pudo ver la masa blanda produjo la supresión del soporte lateral, formando en estos sitios arrugamientos o combas, es decir el material tiende a buscar el nivel original y se producen estos efectos.
- Es probable que la masa blanda, por la presencia de material orgánico, este descomponiéndose y la capa este deformándose.



Foto No.4 Levantamiento en forma de ola, en calzada por reacomodo del material plástico



Foto No. 5 Rompimiento del hormigón y abombamiento por migración del suelo plástico.

### 3.5 EVALUACION HIDROGEOLOGICA

Tomando en cuenta el Estudio y Caracterización Hidrogeológica del Acuífero Sur de Quito (ver foto No.6), efectuado por la EPMAPS, se indica que este acuífero que hace más de 40 años ha sido objeto de explotación, principalmente para uso industrial. Vale señalar que las industrias de mayor envergadura que se asientan en el parque industrial del Sur de Quito, cuentan con pozos propios de extracción de agua subterránea. La explotación para uso doméstico de las aguas del Acuífero Sur es mínima y se centra en unos seis pozos operativos que son de propiedad de la EPMAPS- Q.

El Barrio Solanda, se encuentra asentado sobre parte del Acuífero Sur, particularmente del Yacimiento Guamaní, la que abarca los sectores Guamaní, Guajaló, San Bartolo, Cutuglahua, Quitumbe, El Calzado, Turubamba, Solanda, La Ecuatoriana, Chillogallo, Las Cuadras; limitando al Norte con el Yacimiento El Pintado, al Oeste con los macizos hidrogeológicos de Ungí, El Cinto y El Atacazo, al Este el horts que separa a Quito Sur del Valle de los Chillos y al Sur se extiende hasta la divisoria de aguas (sitio la Joya), tiene un área de acumulación de 39.3 Km<sup>2</sup> y un área de recarga de 51.00 Km<sup>2</sup>.

De las exploraciones subterráneas realizadas por la EPMAPS, se ha establecido que este Yacimiento Guamaní, está compuesto por dos niveles acuíferos de aproximadamente 70 m de espesor, separados por un estrato de baja permeabilidad, correspondiente a depósitos fluvio-lacustres y flujos de lodo de aproximadamente 20 m de espesor. El Yacimiento alcanza la profundidad de 165 m.; la cobertura superior corresponde a depósitos de cangahua retrabajada con un espesor promedio de 15 m.



Foto No.6. Vista panorámica del Acuífero Sur.

De manera particular en la zona donde se está construyendo la Línea 1 del Metro de Quito, que es el motivo de análisis por los fisuramiento y asentamientos de las viviendas reportados en la etapa 1 de Solanda, se debe indicar que al estar a una profundidad de aproximadamente 30 metros, no atravesó por el manto superficial que es un primer nivel de saturación, producto de la infiltración de las aguas lluvias, que lo convierten en una zona pantanosa, constituida por los niveles de limos arcillosos orgánicos de potencia promedio 8 metros y que está protegido con apenas uno a dos metros de cobertura de suelo; el nivel freático se localiza entre los 0.50 a 2.50m de profundidad y varía estacionalmente (ver foto No. 7 y 8), verificándose en varios sitios donde se ha realizado excavaciones para subsuelos o para pozos de extracción de agua, que los niveles freáticos se mantiene con una ligera variación dependiendo de la época invernal, bajo este manto se encuentra una toba retrabajada de una potencia entre 20 a 40 metros que es impermeable y que sirve de cobertura del acuífero Guamaní que está bajo los 70 metros hasta los 165 metros de profundidad y que la excavación del túnel del Metro tampoco paso.

En lo que se refiere al manto superficial que se alimenta de la infiltración de las aguas lluvias, hay que indicar que esta se ha ido abatiendo durante los últimos años, pues la densificación poblacional ha dado lugar a que los antiguos campos de infiltración sean impermeabilizados por la pavimentación o recubrimiento con adoquín.



Foto No.7 Proceso de bombeo por nivel freático alto



Foto No. 8 Presencia de nivel freático en superficie.

#### 4. EVALUACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

La Gerencia de Operaciones a través del Departamento de Alcantarillado, ha iniciado un proceso de Evaluación y Diagnóstico de las redes de alcantarillado que están dentro de la etapa No.1 de Solanda (Grafico No.5), con la finalidad de verificar las condiciones en las que se encuentra el sistema de colectores y redes auxiliares de alcantarillado, pues estas fueron construida hace más de 35 años.



Grafico No.5 Calles a realizar la inspección televisiva



Foto No.9 Reunión para planificar intervención en colectores



Foto No. 10 Avenida José Alemán, para realizar investigación televisiva.

#### 4.1 EVALUACION DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA EXISTENTE

Mediante recorrido interno de los colectores e inspección televisiva se investigaron los siguientes tramos:

<b>LONGITUD INSPECCIONADA:</b>	269.29 metros lineales
<b>DIÁMETRO/SECCIÓN:</b>	200, 400, 450, 1000 mm
<b>ELEMENTO:</b>	Red de alcantarillado
<b>MATERIAL DE LA ESTRUCTURA:</b>	Hormigón
<b>UBICACIÓN:</b>	José María Alemán y Varios Pasajes Sector Solanda
<b>FECHA DE INSPECCIÓN:</b>	19 de febrero de 2018 03 y 07 de marzo de 2018
<b>EQUIPO UTILIZADO:</b>	Cámara Autopropulsada
<b>OPERADOR:</b>	Diego Guanotuña Jimmy Gualoto Jairo Guasumba Nelson Toro Juan Carlos Chacha Gonzalo Guillen
<b>SOLICITANTE:</b>	U.O.S

De esta inspección televisiva se ha podido determinar que al ser una red de alcantarillado antigua y que ha sido construida con tuberías de hormigón estas se encuentran fisuradas en varios tramos, posiblemente por las condiciones del terreno donde fueron construidos estos colectores, en cuadro que se anexa a continuación se encuentran los tramos en los que se debería intervenir.

TRAMO	LONG. (m)	DIÁMETRO / SECCIÓN (mm)	ADMITIDOS (m)	REPARACIÓN PUNTUAL (m)	REHABILITACIÓN TOTAL (m)	LIMPIEZA (m)
P2-P4	33.70	400	-	4.00	-	33.70
P4-J15	34.00	450	-	2.00	-	34.00
P2-P3	35.00	400	-	-	-	35.00
P9-P10	30.00	200	-	2.00	-	30.00
P14-P13	25.00	200	-	-	-	25.00
P14-P15	50.00	200	-	-	50.00	-
J21-J22	29.77	1000	-	-	29.77	-
B1-B2	26.30	200	-	-	26.30	-
B2-B3	35.07	200	-	-	35.07	-
B3-B4	30.50	200	-	-	-	30.50
J17-J18	30.00	1000	-	-	30.00	-
J18-J19	3.50	1000	3.50	-	-	-
J19-J20	26.00	1000	-	-	26.00	-
J20-J21	22.00	1000	-	-	22.00	-
<b>TOTAL (m)</b>			3.50	8	219.14	188.20
<b>TOTAL TRAMOS</b>			1	3	7	6
<b>PORCENTAJE (%)</b>			-	30	20	50



Foto: 1\_4A  
0m, Fractura longitudinal, en 09 en punto, within 200mm of joint: NO, Arrancar / Se recomienda la reparación total del tramo.

Foto No.11 Colector Av. José Alemán, tramo J7-J18 fractura longitudinal



Foto: 1\_5A  
30m, Fractura longitudinal, en 09 en punto, within 200mm of joint: NO, Acabado / Se recomienda la reparación total del tramo.

Foto No. 12 Colector Av. José Alemán, tramo J7-J18, Fractura longitudinal.



Foto: 5\_A  
0m, Agregado Protuberante por causa desconocida, para 12 a 12 en punto, within 200mm of joint: NO / Se recomienda realizar la reparación total.



Foto: 6\_A  
7m, Alineación Izquierda Abajo, 15 % / Se recomienda realizar la reparación total.

Foto No.13 Colector José Belda, deterioro de tubería, se ve el agregado



Foto: 1\_3A  
1,72m, Infiltración en goteo, para 03 a 06 en punto, # J / Se recomienda realizar la reparación puntual

Foto No. 14 Colector José Belda, presenta levantamiento de tubería

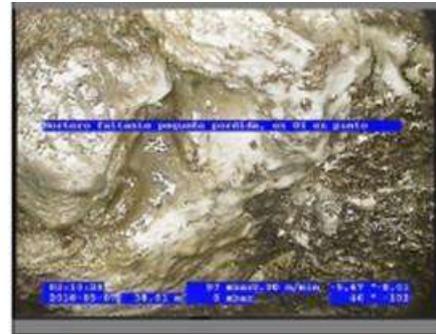


Foto: 6\_3A  
35,61m, Mortero faltante pequeña pérdida, en 04 en punto / Se recomienda realizar la reparación puntual

Foto No.15 Pasaje M, presenta filtraciones

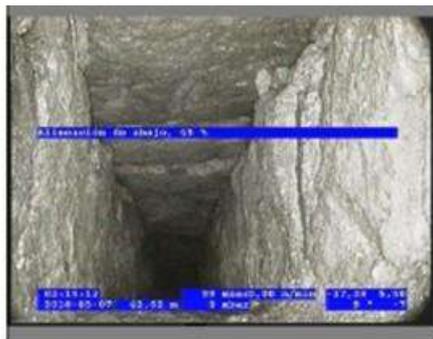


Foto: 6\_12A  
42,62m, Alineación de abajo, 45 % / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

Foto No.16 Pasaje M, se manifiesta filtraciones



Foto: 6\_10A  
39,02m, Conexión por rotura, en 02 en punto, 150mm, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

Foto No.17 En Pasaje M cambia a colector cuadrado, tiene pendiente

Foto No.18 Pasaje M, al colector cuadrado ingresa tubería no hay daño.

## 4.2 CONCLUSIONES

De manera general se puede concluir que en esta zona investigada se ha presentado que las tuberías de hormigón que están instalada han sufrido un deterioro y en varios puntos se evidencia fracturamientos longitudinales y presencia de infiltraciones de aguas de los niveles freáticos; además, en pocos sitios se ha podido verificar cambios de pendiente y acumulación de materiales gruesos; que en tramos no fue posible hacer la investigación por estar obstruyendo el paso del robot.

## 4.3 RECOMENDACIONES

Con estos hallazgos que se han localizado, en el cuadro resumen se indica los tramos que hay que intervenir, recomendando el arreglo puntual, arreglo total o limpieza del sistema de alcantarillado, los mismos que se deberán efectuar a corto plazo.

## 5. EVALUACION POR LA CONSTRUCCION DE LINEA 1 DEL METRO

Considerando, las especulaciones de los moradores de la Etapa I de Solanda, de que desde que se inició la construcción del túnel del metro, sus viviendas empezaron a sufrir fisuramientos, cuarteamientos y más inconvenientes en sus edificaciones; por lo cual, los funcionarios de la EPMMQ, propietaria del proyecto Túnel de la Primera Línea del Metro de Quito, han manifestado que están gustosos en dar la información suficiente para desvirtuar los comentarios de que desde el mes de noviembre que paso la excavadora por este sitio se produjeron dichos fisuramientos; de los registros de avance se tiene que la tuneladora HK-S1019, atravesó la zona de influencia en el mes de julio; además, el sitio de reclamo se encuentra a 130 metros del eje del túnel y la excavación se encuentra a una profundidad promedio de 30 metros. (Grafico No. 6)

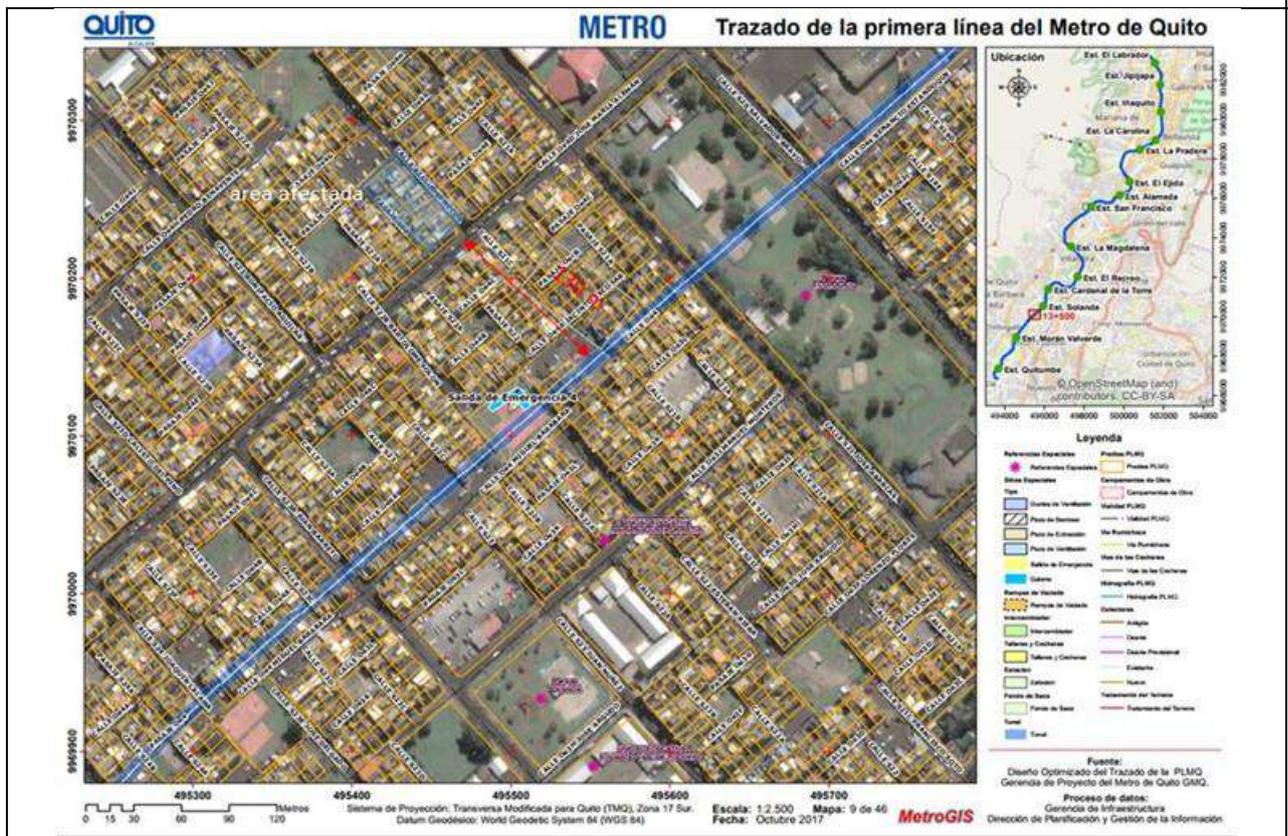


Grafico No.6 Ubicación de la zona de afectación con relación al trazado de la línea del metro

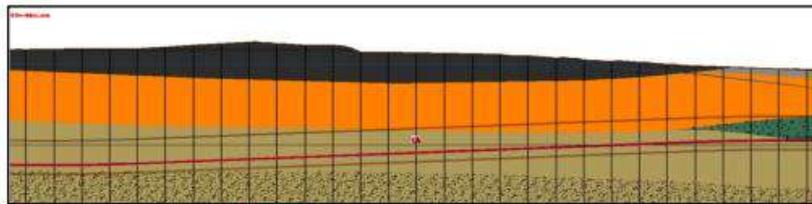
El Consorcio Línea 1 Metro de Quito, constructora del proyecto previo a iniciar sus actividades realiza una campaña de colocación sistemática de sensores, para determinar si en superficie se produce algún comportamiento anómalo en los 40 metros a cada lado del eje del túnel que se ha determinado como de incidencia directa.

Para realizar el monitoreo geotécnico del tramo que se presume es el causante de las afectaciones a varias viviendas se ha enviado los resultados obtenidos desde el mes de julio del 2017 hasta el 8 de febrero del 2018, en las que se puede ver el comportamiento en superficie antes, mientras y después de pasar la tuneladora por este sitio. (Grafico No. 7, 8, 9 y 10)



**QUITO METRO ALCALDÍA** **TRAMO M.VALVERDE-SOLANDA** **Obras de construcción de la Línea 1 del Metro de Quito** **REGLETAS DE NIVELACIÓN** **CONSORCIO LINEA 1 METRO DE QUITO** **eminec.ecuador**

**PLANO DE SITUACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN**



	WALLONES ARTIFICIALES		LIMO ARCILLO-ARENOSO CON FRAGMENTOS DE LADRILLOS, BLOQUE, MADERA, PLÁSTICO, ETC.		TIERRA COMPACTADA		REJILLA Y ANCLAS REINFORCIS		UNIDAD VOLCÁNICO-CENIZAS DE GUAMANI		CONCRETO
	CONCRETO		REJILLA Y ANCLAS REINFORCIS		REJILLA Y ANCLAS REINFORCIS		REJILLA Y ANCLAS REINFORCIS		REJILLA Y ANCLAS REINFORCIS		REJILLA Y ANCLAS REINFORCIS

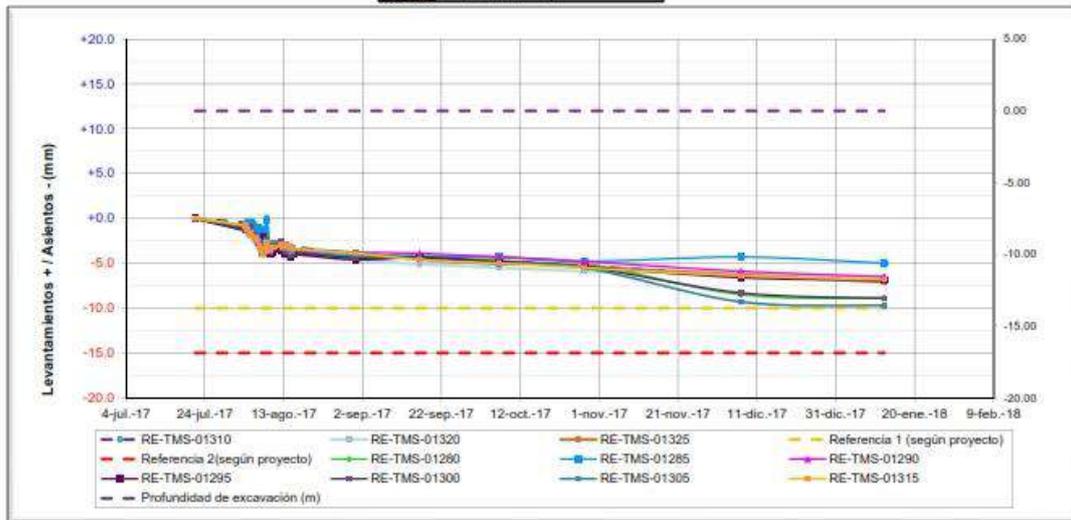
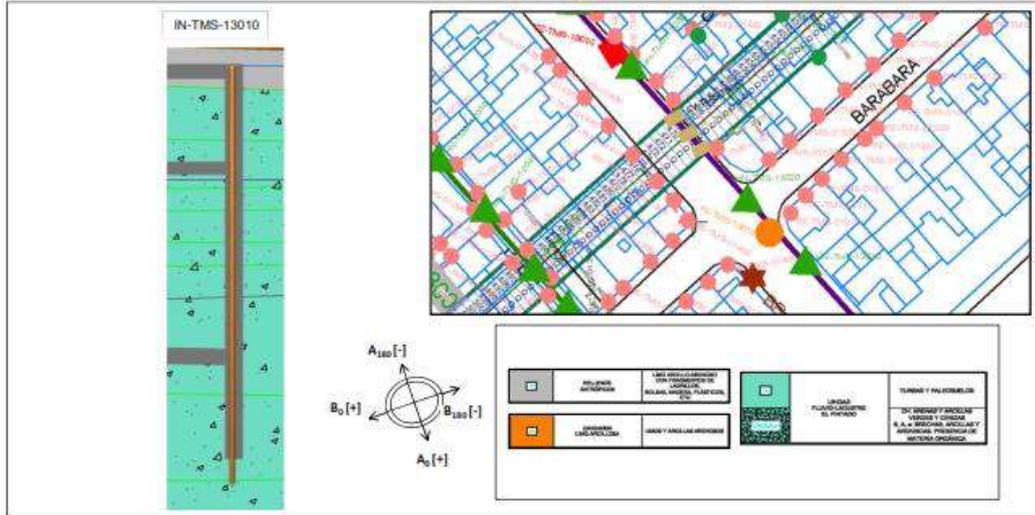


Grafico No.8 Datos de asentamientos

**QUITO METRO** **TRAMOS MORÁN VALVERDE - SOLANDA** **CONSORCIO LINEA 1 METRO DE QUITO**  
Obras de construcción de la Línea 1 del Metro de Quito **eminec.ecuador**  
INCLINÓMETRO IN-TMS-13010

PLANO DE SITUACIÓN



DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES EN PROFUNDIDAD

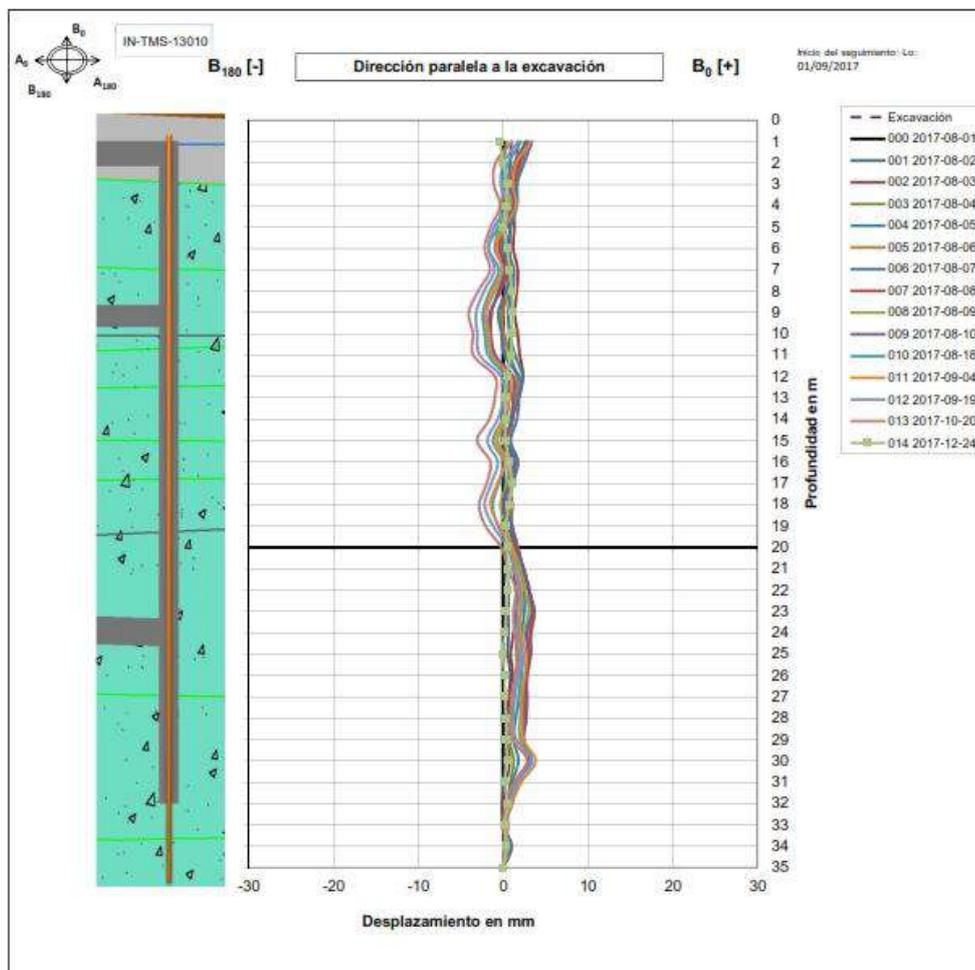
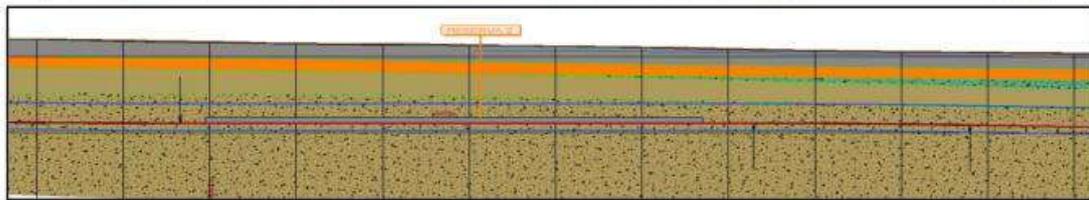


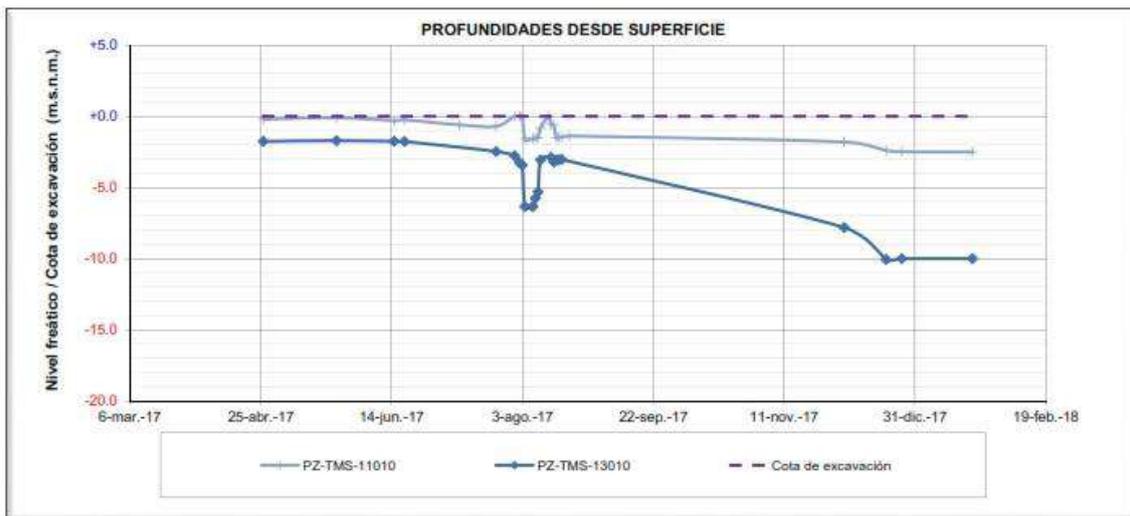
Grafico No.9 Datos de desplazamientos en profundidad

**QUITO METRO** **ALCALDÍA** **TRAMO M.VALVERDE-SOLANDA** **CONSORCIO LINEA 1 METRO DE QUITO**  
Obras de construcción de la Línea 1 del Metro de Quito **eminec.ecuador**  
PIEZÓMETROS

PLANO DE SITUACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN



RELLENO ANTRÓPICO	LIMOS Y ARCILLAS CON FRAGMENTOS DE LADRILLOS, BOLOS, MATERIA PLÁSTICA, ETC.	LANGARRAL, LIMOS Y ARCILLAS	LIMOS Y ARCILLAS ARENOSAS	UNIDAD VOLCANOSEDIMENTARIA GUARAPI	CONCRETO, LIMOS Y ARCILLAS CON GRANES Y BLOQUES
		arenas y oleadas PERICLÍTICAS, FLUJO INTERMEDIARIO BLOCK AND SAND	arenas oleadas gruesas CONCRETO, ARCILLAS CON GRANES Y BLOQUES DE CACTA		



PZ-TMS SE(11-13) (4)(2 de 2)

Gráfico No.10 Datos de niveles de piezómetros

Del análisis de los datos del monitoreo geotécnico presentado por la EPMMQ y que se exhiben en las páginas anteriormente, se tiene que antes y después de que paso la tuneladora se ha registrado un asentamiento casi imperceptible que va del orden de los 2mm a los 8mm; en cuanto a los desplazamientos horizontales de la misma manera se registra movimientos que no llegan a los 5mm.

El trazado del túnel como puede verse en los gráficos, está atravesando por unas tobas consolidadas de color café amarillenta a café gris verdoso, las mismas que tienen un bajo contenido de humedad, las fisuras típicas de este tipo de estrato se encuentran cerrados y no presentan niveles de agua.

En cuanto al nivel de los piezómetros, se registran que desde el mes de agosto del 2017, fecha en la que se inició la construcción del pozo de emergencia, los niveles freáticos bajaron hasta el mes de diciembre en la que se empieza a estabilizar.

En base a los datos que se han obtenido durante un año, se concluye que las edificaciones que se encuentran dentro de la zona de incidencia directa no ha sufrido ninguna afectación y por lo tanto a los 130 metros de distancia que esta la etapa I de Solanda, la construcción del túnel no tiene incidencia, pudiendo ser otras causas las que motivaron que se reactiven los asentamientos y cuarteamientos de las edificaciones.

## **6. EVALUACION ESTRUCTURAL**

De la inspección técnica efectuada al sector del barrio Solanda etapa I, casa por casa, se puede apreciar que la mayor parte de ellas presenta fisuras en las mamposterías, así como humedad en sus respectivas plantas bajas, en los pisos de la planta baja se exhibe cierta inclinación y en casos rotura de cerámicas del piso.

Las casas de más de una planta de hormigón armado, presentan un asentamiento unas hacia la calle Belda y otras hacia las casas colindantes en la parte posterior existiendo un ligero giro vertical. Este asentamiento diferencial ligero que se aprecia en las fachadas, es por la falta de rigidez del conjunto estructural; por el contrario las que giran demuestran que por su rigidez la estructura trabajó como una unidad presentando solamente un giro vertical que en su parte superior llega a unos 3 cm.

Durante la investigación y levantamiento de los diseños estructurales de las edificaciones, se ha podido observar que la mayor parte de las casas presentan una discontinuidad vertical de la estructura, en otros casos al tener columnas compartidas, los propietarios de los predios colindantes han tomado la mitad de la columna y han levantado las edificaciones, siendo este nodo vulnerable a un esfuerzo cortante y fracturar la estructura en caso de un sismo.

Una prueba de este giro, lo tenemos en la casa OE4-179 ubicada en la calle Belda, en la que se puede apreciar en la planta baja, un levantamiento del piso por la presión que se ejerce al suelo al asentarse la edificación.

Ninguna de las casas inspeccionadas presenta fisuras en las estructuras como son las columnas, vigas y losas; las casas Oe4-163 y Oe4-191 son las que presentan un mayor grado de fracturamiento, encontrándose grietas abiertas que se ve de lado a lado.

### **6.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA EDIFICACIÓN**

**Número de pisos al inicio de la construcción.-** Relacionando las variables número de pisos y el año en que las edificaciones fueron levantadas, se desprende que estas iniciaron con apenas un piso y en promedio hace dos décadas. A medida que fue incrementándose las necesidades

familiares, ya sea por vivienda o por negocio, los lotes experimentaron un proceso de aumento de la edificación, no necesariamente en pisos, sino en estructuras construidas en cada predio.

**Características del suelo para cimentación:** Los dueños de los predios, al ser consultados sobre las condiciones de los suelos, la mayor parte de ellos manifiestan que conocen que las casas están ubicadas en terrenos pantanosos o cienegas y que cuando se construyó hubo presencia de agua, motivo por lo cual tienen humedad en las paredes de la planta baja.

## 6.2 ANALISIS DE FACTORES QUE INFLUYERON EN EL PROCESO DE FISURAMIENTOS

Uno de los principales factores para que se active el proceso de agrietamientos y asentamientos es la calidad geotécnica del suelo y el alto nivel freático, el mismo que en la mayoría de construcciones no fue tomado en cuenta al realizar el diseño de la cimentación. Se ha observado además, que en muchos casos las construcciones originales levantadas hace varios años, eran de 1, 2 y hasta 3 pisos y luego fueron incrementado pisos adicionales, por lo que al aumentar las cargas han producido hundimientos de las estructuras y por consiguiente el apareamiento de fisuras en paredes y pisos.

De las perforaciones que se han realizado en zonas aledañas y por información de moradores del sector, se desprende que el suelo original era potreros con vegetación en toda su área, sobre el que se ha realizado el relleno al volteo, sin limpiar la capa vegetal y utilizando todo tipo de materiales como: basuras, escombros y material proveniente de otras excavaciones (suelos heterogéneos), por lo que la mayoría de construcciones de toda la zona presentan asentamientos.

La mayoría de construcciones se ha realizado sin la participación de un profesional de la Ingeniería, ninguno de los propietarios entrevistados, presentaba estudio de suelos y planos arquitectónicos, estructurales y muy pocos tienen permisos de construcción.

Considerando que el material donde están cimentadas las viviendas es una arcilla limosa orgánica de alta plasticidad, se ha realizado una modelación con ayuda de un software especializado (GEO-SLOPE) con la cual demostraremos que el suelo en la que está asentada el barrio Solanda, al densificar e incrementar peso a las estructuras estas tiende a incrementar su asentamiento y por lo tanto el reacomodo del suelo plástico arcilloso, el mismo que busca sitios con menos pesos formando ondulaciones.

Para este ensayo se considerará una estructura con una carga total de 0.8 ton/m<sup>2</sup>, la que se colocará sobre el material arcilloso orgánico (turba) en un perfil idealizado, con lo que veremos que en este tipo de suelo se produce un bulbo de presión grande y por lo tanto da un resultado de asentamiento que llega a los 35 cm.

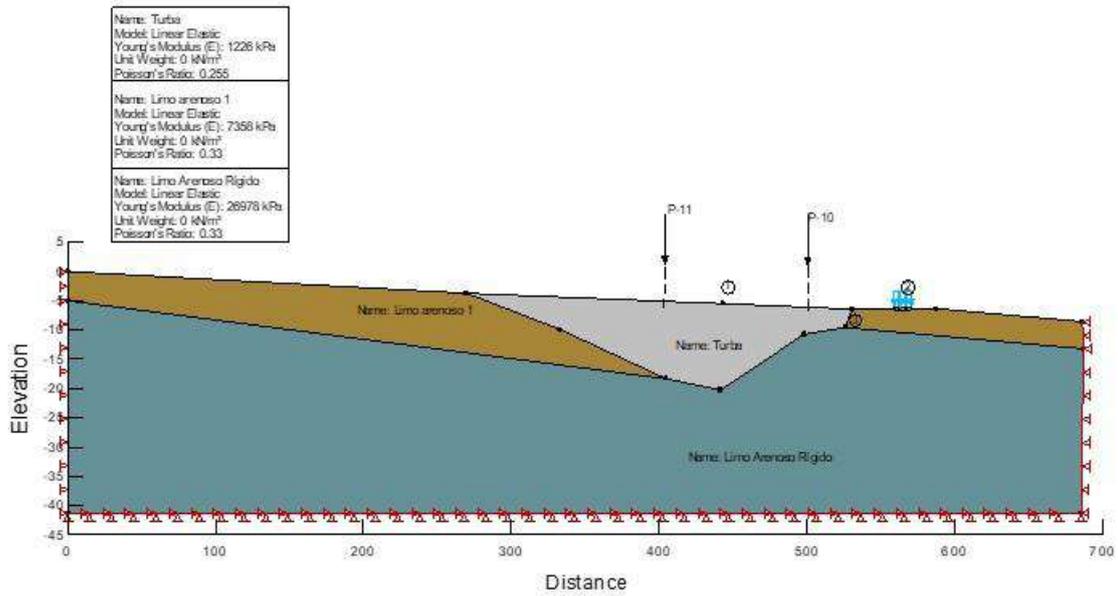


Grafico No.11 Perfil idealizado con presencia de los tres tipos de material que se tiene en la zona de afectación

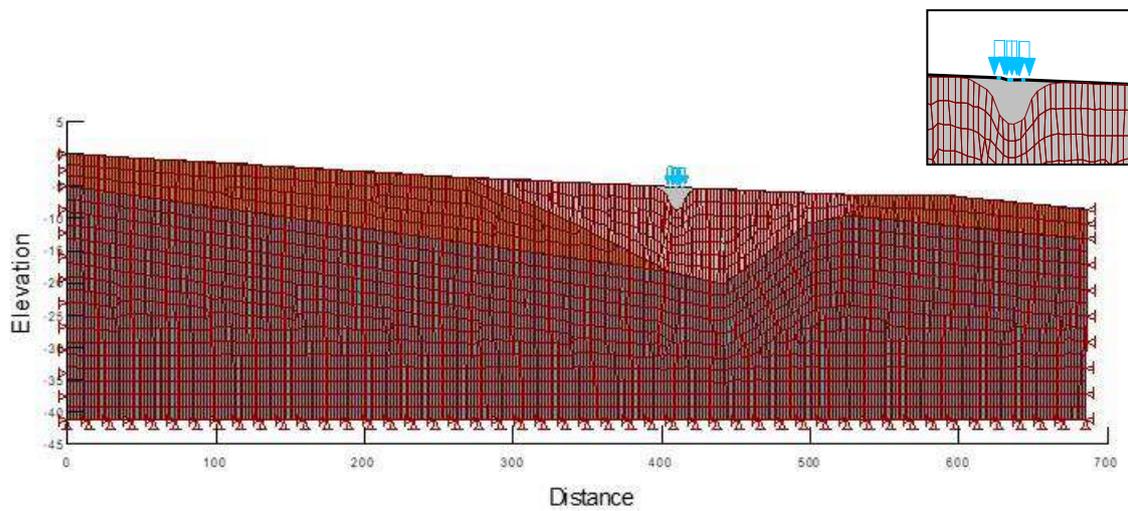


Grafico No.12 Colocación de la carga en la turba

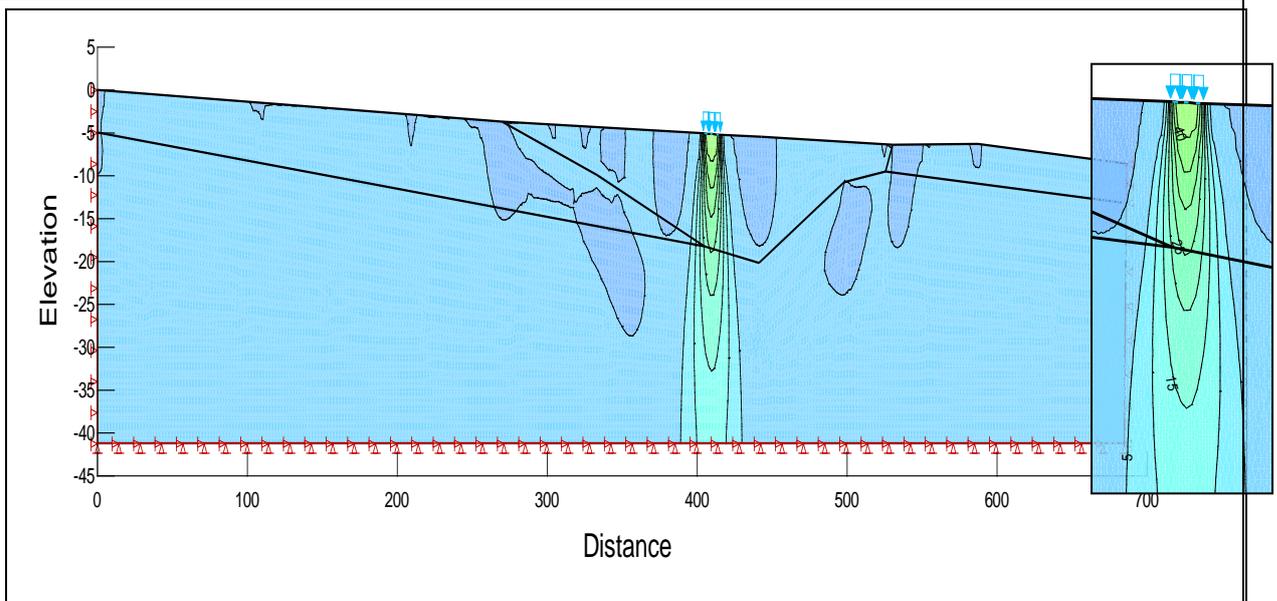


Gráfico No.13 Formación del Bulbo de Presiones en Y

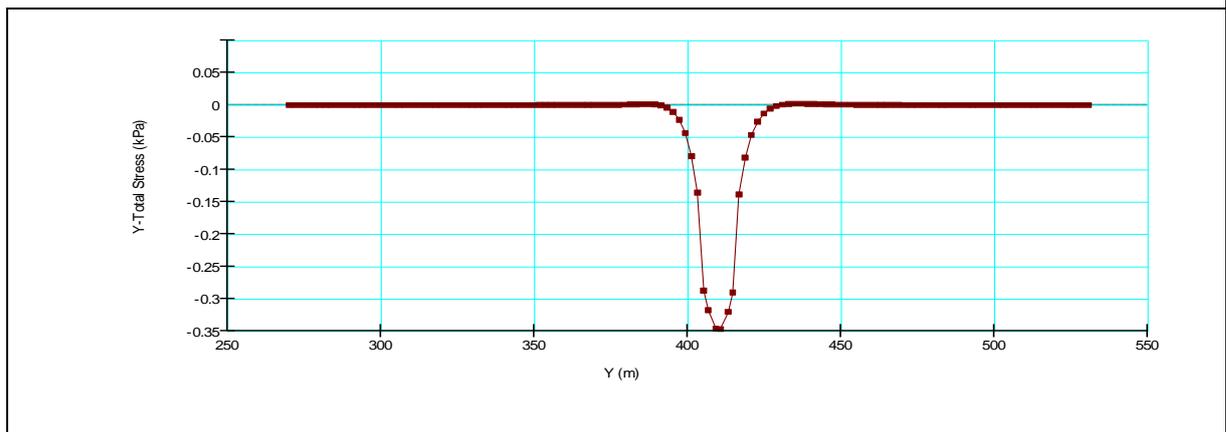


Gráfico No.14 Deformación de la superficie del suelo

De este ensayo podemos concluir que si se tiene carga total de una casa de aproximadamente dos pisos, se produce este tipo de deformación y un hundimiento considerable; no obstante, si se incrementa mayor carga la deformación del suelos será mayor y por consiguiente un mayor asentamiento.

Dentro de la zona de afectación, se está produciendo este tipo de efecto, pues las casas de mayor peso están hundiéndose y levantando a las de menor provocando el giro vertical, lo que hace que se friccionen hacia la otra casa y empiecen con el agrietamiento en las mamposterías.

Otro condicionamiento para el asentamiento, es la pérdida sistemática del agua de la capa superficial, lo que produjo un reacomodo de los materiales plásticos, cambiando el comportamiento de la presión de poros y dando lugar a la subducción o hundimiento paulatino de las infraestructuras implantadas sobre estos materiales.



Foto No.19 Edificios se asientan y levantan a casas de menor peso

Como podemos ver en el mosaico de fotos, los edificios 1, 2, 3 y 4, están cargando sobre el suelos plástico, el mismo que al no tener donde desplazarse, simplemente busca donde ubicarse y en forma de olas se levanta a los costados, provocando el levantamiento de las casas 1, 2 y 3 que son de menos peso, en esta foto se ha remarcado las fisuras para que se entienda el proceso y podemos aseverar que las fisuras de las casas 1 y 2 tienen su dirección hacia el edificio 1 y las fisuras de la casa 3 se dirigen hacia el edificio 4.

En los edificios 1, 2 y 3 no se presentan fisuras, en el edificio 4 se aprecia ligeras fisuras a 45° en el primer piso que posiblemente son antiguas; mientras tanto las casas 2 y 4, exhiben fisuras grandes con apertura y trizamiento de los materiales de las paredes a 45° con dirección a las estructuras más altas, esto debido el mayor esfuerzo que tienen al friccionarse con los edificios; por otro lado la casa 1, se presentan fisuras de leves a moderadas, pero su direccionamiento es hacia los edificios 1 y 2.

En la parte posterior de estos edificios, las casas al ser bajas y de menor peso, están inclinándose hacia los edificios 1, 2, 3 y 4 y las fisuras en las paredes colindantes son verticales y en las paredes laterales la dirección preferencial es a 45° con dirección hacia los edificios.

Del levantamiento a las 21 edificaciones que se encuentran dentro de la manzana comprendida entre la Calle Belda, Av. José Alemán y pasaje 22, se ha realizado una valoración de acuerdo al tipo de fisuramientos y cantidad que se presentaba en cada casa (Anexo No. 1): obteniéndose que siete (7) casas exhiben fisuras leves, nueve (9) viviendas se manifiestan con fisuras moderadas y siete (7) casas se han presentado fisuras graves; es decir estas se encuentran abiertas y con gran continuidad, siendo estas últimas las que se han señalado con anterioridad. (Grafico No. 15)

**PREDIOS INSPECCIONADOS EN EL SECTOR SOLANDA ETAPA 1**

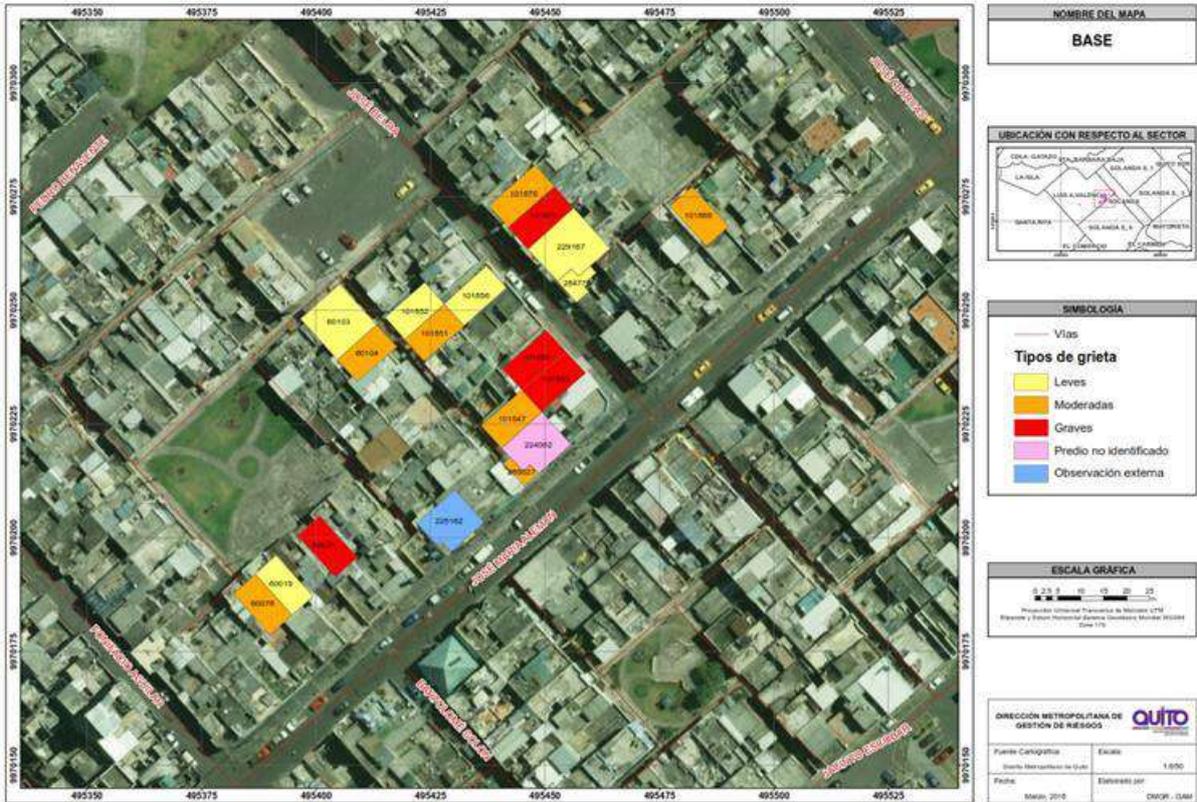


Grafico No.15 Ubicación de casas visitadas



Foto No. 20 Fisuras moderadas a graves en casa Oe4-153



Foto No. 21 Fisuras moderadas a graves en casa Oe4-153



Foto No.22 Calle José Belda, presentan edificaciones de cuatro a cinco plantas



Foto No. 23 Casas adosadas, que comparten las paredes



Foto No. 24 Fisuras graves en casa Oe4-163, pasa al otro lado



Foto No. 25 Fisuras graves abierta en casa Oe4-163



Foto No. 26 Fisuras moderadas en pared compartida casa S21-95



Foto No. 27 Fisuras graves abierta en fachada de casa Oe4-153



Foto No. 28 Fisuras abiertas en pared interior de casa Oe4-153



Foto No. 29 Fisuras abiertas y desplazadas en paredes interiores casa Oe4-163



Foto No. 30 Fisuras abiertas en pared interior de casa Oe4-163



Foto No. 31 Fisuras abiertas y desplazadas en paredes interiores compartidas casa Oe4-163



Foto No. 32 Fisuras leves en fachada de casa Oe4-144 del Pasaje S22



Foto No. 33 Fisuras leves a moderadas en paredes interiores compartidas casa Oe4-144, Pasaje S22



Foto No. 34 Fisuras graves abiertas en paredes interiores de casa Oe4-180 del Pasaje S22



Foto No. 35 Fisuras moderadas en paredes interiores y rotura de vidrios de casa Oe4-180, Pasaje S22

## 7. CONCLUSIONES

- Luego de hacer un análisis patológico de los diferentes detonantes que podían haber causado el proceso de hundimiento y fisuramiento de viviendas, se concluye que la subsidencia en las viviendas de la manzana entre la calle Belda, Av. José Alemán y Pasaje S22, se debe a lo siguiente:
  1. En primer lugar por el abatimiento sistemático de los niveles superficiales de agua.
  2. El cambio y destrucción del diseño estructural inicial, al cambiar de loza de cimentación a plintos aislados.
  3. Cimentación sin considerar la capacidad portante del suelo donde se implanto la estructura.
  4. Incremento excesivo en altura de las edificaciones, sin considerar la capacidad de carga útil y el máximo asentamiento que se tendría por este aumento de carga.
  5. El peso de las edificaciones más altas y de mayor carga, están presionando al suelo arcilloso plástico, provocando el desplazamiento en forma de olas hacia los sitios más frágiles o con menor carga, levantando a las casas colindantes.

- Las fisuras que se han producido en varias edificaciones se deben al proceso de deslizamiento regresivo que se ha mantenido en la zona durante muchos años.
- La presencia de fracturamientos abiertos a lo largo de varias casas, son los indicios de que la masa blanda se está reubicando.
- La evidencia más elocuente de que se está acomodando la masa de turba es la conformación de arrugas o combas en varios sitios.
- El fenómeno está asociado a la mala calidad de los suelos de la capa superior, compuesta por limos orgánicos saturados, niveles freáticos altos y rellenos anti técnicos de las quebradas.
- El área en donde se presentan los asentamientos no es puntual, abarca toda una gran extensión, pues evidencias de fisuramientos antiguos y asentamientos en el pasaje S23, donde se tiene que la manzana se ha inclinado hacia el este y el alcantarillado esta en sentido contrario por el asentamiento.
- Otra consecuencia y que esta actuante, es que las edificaciones se encuentran cimentadas en material blando que hace que se produzcan hundimientos diferenciados.
- Los asentamientos y agrietamientos observados en las mamposterías, contrapisos, aceras y patios, no es un fenómeno actual ni puntual; estos han venido ocurriendo desde años atrás, y estarían asociados a las condiciones geomecánicas adversas de los suelos superficiales, y al abatimiento sistemático del manto de agua superficial, que no se ha recuperado por la impermeabilización de la mayor zona que servía como campo de infiltración.
  - Por otra parte los agrietamientos y asentamientos mencionados, serían producto de diseños de la cimentación efectuados sin estudio de suelos y, en su gran mayoría, a la ausencia de un diseño estructural, agravado por el crecimiento antitécnico de edificaciones en altura.
  - Los asentamientos y deformaciones del suelo presentes, también ha afectado a la infraestructura de alcantarillado existente, por efecto del incremento de peso de las edificaciones, pues se ha evidenciado agrietamientos longitudinales en las tuberías de hormigón.
  - La excavación de la línea 1 del metro, se realiza íntegramente en un estrato consolidado y estable, consistente en una cangahua, que se encuentra a una profundidad de 30 m, por consiguiente no tiene influencia en el nivel superior en el cual están cimentadas las construcciones.
  - Los trabajos de construcción del metro, no son la razón para que se produzca estos asentamientos, sino que se conjugan otros eventos como está arriba señalado.
  - De la modelación realizada se concluye que las edificaciones grandes están provocando el reacomodo de los suelos plásticos y afectando a las casas de menor peso e incluso este suelo está migrando hacia las zonas donde no existe cargas como son las áreas comunales y aceras.

## 8. RECOMENDACIONES

- Intervenir en forma inmediata y a corto plazo en la rehabilitación del sistema de alcantarillado en los sitios que se ha identificado durante a la campaña televisiva según la gravedad detectada, utilizando tubería de PVC que pueden garantizar una mejor estabilidad en este tipo de suelo.
- Completar el monitoreo televisivo en los diferentes sistemas de drenaje del sector, por cuanto por el proceso de desplazamiento regresivo que tiene el manto blando, puede que estén afectadas estas instalaciones.
- Realizar un estudio geológico, hidrogeológico y geotécnico integral de todo el sector en relación al uso potencial del suelo.
- Realizar un análisis multitemporal con fotos aéreas, mapas y planos antiguos, para ver el comportamiento de los suelos y la densificación de esta zona.
- Recopilar los planos estructurales, estudios de suelo y permisos municipales de las construcciones, lo que permitirá disponer de elementos de juicio para el análisis específico del problema de asentamientos y recomendar las soluciones pertinentes

- Hacer un levantamiento geológico, hidrogeológico a detalle de las zonas que se han identificado como humedales.
- Realizar perforaciones de comprobación de las potencias del material blando.
- Colocación de inclinómetros en las casas que ya tienen evidencia de un hundimiento diferencial.
- Determinar mediante topografía si existe un proceso de hundimiento.
- La Administración Zonal Eloy Alfaro, en función de su competencia, deberá buscar el mecanismo apropiado para realizar control de las construcciones, para que de existir incrementos en altura de las edificaciones se obligue a que se lo realice previa aprobación con requerimientos de estudios de suelos y verificación de cálculos estructurales.
- Para nuevas edificaciones deberá exigir los estudios de suelos correspondientes y el cálculo estructural realizado sobre la base de esa información.
- Para nuevas edificaciones deberá exigir los estudios de suelos correspondientes y el cálculo estructural realizado sobre la base de esa información.
- Realizar un estudio de vulnerabilidad de las construcciones del sector, tomando en consideración el fenómeno suscitado y potenciales eventos sísmicos.
- Establecer contacto directo con los involucrados, de acuerdo a la categorización de riesgo que califique el área técnica.
- La Administración Zonal deberá ampliar el levantamiento de vulnerabilidad en el resto de las manzanas.

NOMBRE	CARGO	RESPONSABILIDAD	FECHA	FIRMA
Ing. Rubén Montalvo	Geotécnico AT-DMGR	Elaboración de informe	19/03/2018	
Ing. Victoria Prijodko	Coordinadora DMGR	Revisión	19/03/2018	
Christian Rivera	Director	Aprobación	19/03/2018	

## **ANEXO NO. 1**