RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS LECTURAS REALIZADAS

CONTROL DE VIVIENDAS

En el cuadro 1 se muestra las fechas de ejecución de las diferentes campañas de topografía llevadas a cabo durante el transcurso del presente estudio de monitoreo.

Cuadro 1 fechas de ejecución de campañas topográficas.

NONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA	
FECHAS DE EJECUCION DE CAMPAÑAS TOPOGRAFICAS	
CAMPAÑA	FECHA DE EJECUCION
Levantamiento inicial	Enero 17 - 22 del 2000
1	Febrero 2 - 7 del 2000
2	Febrero 15 - 19 del 2000
3	Febrero 29 - Marzo 4 del 2000
4	Marzo 15 - 20 del 2000
5	Marzo 28 - Abril 1 del 2000
6	Abril 11 - 15 del 2000
7	Abril 25 - 28 del 2000
8	Mayo 9 - 13 del 2000
9	Mayo 23 - 27 del 2000
10	Junio 7 - 11 del 2000
11	Junio 21 - 25 del 2000
12	En ejecución

Concluidas las campañas de control topográfico 10 y 11, realizadas en el mes de junio se determinó la magnitud, dirección y velocidad del desplazamiento de las viviendas seleccionadas para el monitoreo.

Como ya es sabido, los mayores desplazamientos están ocurriendo en la parte baja de la zona de estudio localizada mas exactamente en el barrio de San Antonio; dichos movimientos lo reportan los puntos sobre las viviendas localizadas en este sector.

Durante el mes de junio se observaron desplazamientos acumulados que varían entre 1.40 y 0.98 m siendo la vivienda 12 la que presenta el mayor desplazamiento y la casa 8 la de menor magnitud. En solo el mes de junio estas casas se desplazaron 95 y 58 cm respectivamente. Vale la pena destacar otras viviendas de menor magnitud de desplazamiento, con valores hasta de 50 cm en 30 días tales como las casas 68, 69 y 70. En cuanto a las cotas estas continuaron descendiendo con cifras hasta de 1.55 m, como es el caso de la vivienda 15. En el formato 1 – V se muestran los datos de los desplazamientos horizontales ocurridos en el mes de junio así como los desplazamientos verticales.

Hasta la fecha se han destruido seis puntos de control topográfico sobre las viviendas por diferentes causas. Dichos puntos pertenecen a los números 10, 24, 26, 35, 36 y 52. En el plano anexo se pueden observar los vectores de desplazamiento de cada punto.

CONTROL DE LADERA

El control topográfico de los diferentes mojones, GPS, y puntos de perforación ejecutado durante el mes de junio arrojó los siguientes resultados:

Los mojones M1, M3, y M18 muestran los mayores valores de desplazamiento. El mojón 1 localizado en la parte baja de la zona de estudio, mas exactamente en el barrio San Antonio se ha desplazado 158 cm con respecto a la lectura inicial, el mojón 3 se ha desplazado 60 cm y el mojón 18 se ha corrido 141 cm. Las cotas de los anteriores puntos han disminuido entre 100 y 24cm.

La zona donde más se presenta movimiento en la actualidad pertenece a los sitios donde están ubicados los puntos de referencia del piezómetro 1 e Inclinómetro 1. Esta zona se ha desplazado hasta 2 metros y las cotas han descendido 1 m aproximadamente.

En la zona que se ha denominado como de transición no se nota un desplazamiento significativo. Sin embargo, las lecturas que se han tomado en estos puntos muestran un desplazamiento hasta de 10 cm. catalogándose como de muy bajo a bajo.

Los mojones 7 y 12 programados para ser instalados en la zona de Vista Hermosa donde en la actualidad se están ejecutando unas obras contratadas por el DEPAE fueron construidos en la zona de transición, 20 metros arriba aproximadamente del escarpe principal. Esta decisión fue tomada en común acuerdo entre el consultor y la interventoría. Las coordenadas y cotas iniciales de estos mojones se presentan en el formato 1- V. En el plano anexo se referencia la nueva ubicación de estos puntos.

CONTROL MEDIANTE PIEZOMETROS E INCLINOMETROS

Hasta la fecha se han realizado 19 de los 25 controles de monitoreo mediante piezómertos e inclinómetros; En el cuadro 2 se observan las fechas de ejecución.

Cuadro 2 fechas de ejecución de campañas de instrumentación

NONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA	
FECHAS DE EJECUCION CAMPAÑAS DE INSTRUMENTACION	
CAMPAÑA	FECHA DE EJECUCION
(inicial)	Febrero 12 del 2000
2	Febrero 19 del 2000
3	Febrero 26 del 2000
4	Marzo 4 del 2000
5	Marzo 11 del 2000
6	Marzo 18 del 2000
7	Marzo 25 del 2000
8	Abril 04 del 2000
9	Abril 08 del 2000
10	Abril 25 del 2000
11	Abril 29 del 2000
12	Mayo 06 del 2000
13	Mayo 13 del 2000
14	Mayo 20 del 2000
15	Mayo 27 del 2000
16	Junio 3 del 2000
17	Junio 10 del 2000
18	Junio 17 del 2000
19	Junio 24 del 2000
20	Julio 01 del 2000
21	Julio 05 del 2000
22	Por ejecutar
23	Por ejecutar
24	Por ejecutar
25	Por ejecutar

La información actualizada que contiene los formatos I – 2, I – 3 corresponde a las lecturas tomadas durante el mes de junio del monitoreo de instrumentación la cual arrojó la los siguientes resultados:

Inclinómetro No 1

Las lecturas de este inclinómetro no se están realizando como consecuencia de la ruptura de la tubería a una profundidad de 7 metros. Sin embargo, mediante el control topográfico se determinó la magnitud acumulada y dirección del movimiento siendo ésta de 1.36 m con rumbo nor – este. Y disminución en la cota de 0.91 cm con respecto a la lectura anterior

Inclinómetro No 2

Durante la ejecución de la campaña 19 no fue posible tomar las lecturas correspondientes a este Inclinómetro debido a que a una profundidad de 4 m se encontró un obstáculo que impidió el paso de la sonda. Todavía no se sabe si es rotura del tubo por los movimientos o algún objeto que está atravesado. En próximas campañas se definirá.

La deformación máxima acumulada se registra en la superficie del terreno con una magnitud 10.01 cm, en sentido del movimiento del terreno. En cuanto a la deformación máxima perpendicular al movimiento, esta se presenta también en superficie con una magnitud de 4.2 cm

Inclinómetro No 3

La última lectura registró una deformación de 4.5 mm en la dirección del movimiento. La deformación máxima acumulada se presenta en la superficie del terreno con una magnitud de 12.3 cm y ortogonalmente al movimiento del terreno es de 3.4 cm también en superficie. En el último mes éste punto se ha desplazado 3.8 cm aproximadamente.

Inclinómetro No 4

En la última semana del mes de junio se instaló en la parte alta del barrio de Santa Helena el Inclinómetro No 4 a una profundidad de 11 metros con el fin de poder observar el comportamiento de la ladera en la zona de transición al escarpe que se presentó en la parte baja de dicho barrio.

Las lecturas para el control de este inclinómetro se empezarán a realizar en la campaña 20 de instrumentación. El registro de perforación se observa en el anexo correspondiente.

PIEZÓMETROS

En el mes de junio el nivel freático permaneció estable, por lo menos en la zona donde se puede observar la fluctuación del agua que en este caso pertenece al piezómetro No 3. A partir del mes de julio se podrán observar otras zonas donde se instalaron dos piezómetros en los cuales ya se midió la profundidad inicial del nivel freático.

Piezómetro No 1

A partir de la octava campaña se suspendió la toma de lecturas del nivel piezométrico, en la actualidad este piezómetro no funciona ya que fue destruido por el fenómeno de remoción que se presenta en este lugar.

Piezómetro No 2

Al igual que en el mes de mayo en este piezómetro no se pudo determinar la profundidad del nivel freático. Durante el tiempo de ejecución del proyecto éste piezómetro no ha registrado un nivel de agua.

Piezómetro No 3

El nivel freático observado en este piezómetro se estabilizó en el mes de junio, la profundidad de la tabla de agua se mantuvo entre 5.74 y 5.76 m. La profundidad máxima que se ha observado en este piezómetro se registro en la última semana del mes de abril siendo de 5.83 m.

Piezómetro No 4

Este piezómetro se instaló a una profundidad de 8.50 m de los cuales 6.2 m pertenecen a un depósito de tipo coluvial muy permeable según el registro de perforación obtenido. El nivel de agua inicial se tomó el 4 de julio siendo éste de 2.92 m de profundidad.

Piezómetro No 5

La profundidad de este piezómetro llega hasta los 7.30 metros que pertenecen a un depósito de coluvión. El registro de perforación se puede observar en el anexo correspondiente. La profundidad inicial del nivel freático se tomó el 4 de julio siendo éste de 2.00 m.

En los dos últimos piezómetros instalados se tiene una buena columna de agua lo cual permite observar por largo tiempo el comportamiento del nivel freático en la

zona de estudio para poder hacer correlaciones entre el desplazamiento de la ladera y la fluctuación del nivel del agua.

CONTROL ESTRUCTURAL

El control de agrietamiento se ha venido realizando conjuntamente con las lecturas de piezómetros e inclinómetros. La relación de fechas de programación y ejecución de esta actividad se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Fechas de ejecución control de agrietamiento

NONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA	
FECHAS DE EJECUCION DE CAMPAÑAS EN AGRIETAMIENTOS	
CAMPAÑA	FECHA DE EJCUCION
1	Febrero 12 del 2000
2	Marzo 03 del 2000
3	Marzo 17 del 2000
4	Marzo 31 del 2000
5	Abril 14 del 2000
6	Abril 28 del 2000
7	Mayo 12 del 2000
8	Mayo 26 del 2000
9	Junio 12 del 2000
10	Junio 23 del 2000
11	Por ejecutar
12	Por ejecutar
13	Por ejecutar

Transcurridas 10 campañas de control sobre el agrietamiento de las viviendas seleccionadas se puede observar que las diez primeras casas no han reportado movimiento alguno; estas viviendas se encuentran localizadas en la parte alta de la zona de estudio específicamente en los barrios de Santa Viviana y Santo Domingo.

Las dimensiones de las grietas de las viviendas 11 – 15 continúan aumentando considerablemente lo cual se puede observar a simple vista producto del movimiento que esta sucediendo en la parte baja del barrio Santa Helena y San Antonio. En el caso de las viviendas 14 y 15, éstas se encuentran en condiciones críticas para ser habitadas. En el formato 10 CE se muestra los valores acumulados del aumento de las dimensiones de las grietas para cada una de las viviendas seleccionadas, así por ejemplo la casa 15 la grieta en la parte superior ha aumentado 9 mm, la media 97 mm y la inferior 61 mm.

ANALISIS DE LA INFORMACION

Luego de realizado el monitoreo hasta el 30 de junio del presente es posible realizar los siguientes análisis:

1. **Sistema de monitoreo**

El sistema de monitoreo topográfico continua como el que más aporta en los análisis, siguiendo el de control de inclinómetros para determinar posición de posibles superficies de falla.

2. **Evaluación de movimientos**

En cada una de las dos zonas en que se ha dividido el área, el comportamiento de los movimientos puede evaluarse en la siguiente forma:

a) Zona inferior.

Esta es la zona de mayores desplazamientos, limitada por las quebradas Rosales y Carbonera en las partes laterales y el escarpe en la parte superior. El escarpe es muy evidente en las proximidades de las quebradas, mientras hacia la parte media este no es muy claro.

La masa de esta zona, correspondiente a San Antonio, Mirador y parte inferior de Santa Helena, tiene movimientos que paulatinamente han aumentado su velocidad, Creándose un problema complicado, pues existe un factor que acelera los desplazamientos. No se sabe si ese factor es la lluvia o acumulación de aguas subterráneas en alguna parte.

En esta zona, entre marzo y abril ocurrió un bajo aumento de velocidad de desplazamiento, mientras entre abril y mayo esa velocidad continuó mas o menos constante en valores medios de 12 a 14 cm/mes, pero en el mes de junio hubo un sustancial aumento de velocidad, ubicándose esta en cifras medias de 24 a 26 cm/mes.

En cuanto al volumen de la masa en movimiento no es posible calcularla, pues no se tiene información confiable con la que se pueda hacer un cálculo. Sin embargo considerando la información del inclinómetro uno se presume que el volumen en movimiento es alrededor de medio millón de metros cúbicos

Lo cierto es que cualquier magnitud de masa con esas velocidades, sigue causando estragos en las viviendas, requiriéndose una acción pronta para evacuar a las familias que todavía permanecen allí.

b) Zona superior

En esta área se ubican los barrios de Santa Viviana, Santo Domingo y la parte superior de Santa Helena, limitada por el escarpe en la parte inferior

Esta zona se caracteriza por ser la mas densamente poblada, donde si llegase a presentarse un desplazamiento traería consecuencias graves para la población. Los movimientos de la zona inferior pueden afectar algunas partes de la zona superior por el desconfinamiento que ocurre. Por esta razón se trató de delimitar una zona denominada como de transición que prácticamente cubre el barrio de Santa Helena donde se han instalado dos piezómetros y un inclinómetro con el fin de observar con mas precisión el comportamiento del terreno.

Los desplazamientos que muestran los diferentes puntos materializados en la zona superior se mantienen dentro del rango de muy bajo a bajo con valores que van de 1 a 10 cm. Los mayores valores se observan en el área próxima al escarpe, en la zona de transición. En la parte alta del barrio Santo Domingo se localizan los puntos 32, 33 y M 10 los cuales presentan un desplazamiento acumulado de 14 a 16 cm, indicando un movimiento local de mediano a alto. Probablemente estas casas estén construidas sobre relleno conformado en un antiguo cauce, donde las aguas negras están actuando a favor de los desplazamientos.

El inclinómetro No 2, instalado en esta zona presentó una obstrucción a los 4 metros de profundidad. Al introducir una varilla de 6 metros esta pasó normalmente, indicando que allí no hay cuerpos extraños. Sin embargo, en un segundo intento con el torpedo, este volvió a travarse a los 4 metros. Parece que allí se presenta una flexión del tubo.

CONCLUSIONES

- En la zona inferior se continúan presentando los desplazamientos de mayor intensidad alcanzando velocidades hasta de 25 cm/mes lo cual se refleja en el notable agrietamiento de las edificaciones ubicadas en ésta área.

- Teniendo en cuenta la aceleración de desplazamiento que hubo en la zona inferior, es necesario intensificar las reubicaciones.

- Aunque es muy probable que haya un margen de error en la toma de lecturas de topografía lo cierto es que se está presentando un ligero movimiento en la zona superior. Es conveniente intensificar la instrumentación en las áreas mas pobladas.

- No es evidente una zona de recarga de aguas lluvias, sin embargo, se observa presencia de agua en la cara del talud localizado junto a la escuela. Esto pone en manifiesto la existencia de aguas subterráneas de origen doméstico.

- La falla del inclinómetro No 2, sin que antes hubiera presentado evidencias de doblamiento, es un tanto extraño. Parece que allí hubo desplazamiento súbito del suelo sobre la roca, la cual se encuentra a 4.5 m de profundidad.

A continuación se presentan los formatos que contienen los resultados de las lecturas realizadas así como los registros de las tres perforaciones que se ejecutaron para la instalación de un inclinómetro y dos piezómetros.

El plano anexo contiene los vectores resultantes de la dirección y magnitud del movimiento, los perfiles muestran el avance del escarpe del deslizamiento que se esta presentando en el barrio de Santa Helena hasta el 30 de junio.