



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA
Fondo de Prevención y Atención de Emergencias

MONITOREO TOPOGRÁFICO, GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL PARA EL SEGUIMIENTO DEL MOVIMIENTO EN MASA DE LA ZONA DE ALTO RIESGO DEL SECTOR DE ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR

CONSULTOR:

CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE – CI AMBIENTAL SAS

RESUMEN:

El presente informe obedece al análisis y resultados del monitoreo Topográfico, geotécnico, seguimiento de procesos y estructural del sector de Altos de la Estancia.

PALABRAS CLAVES:

ALTOS DE LA ESTANCIA, LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR, MONITOREO, AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO, FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

TERMINOS PARA GLOSARIO E INDICE:

AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO, FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, INDICE DE DAÑO, PIEZOMETRO, INCLINOMETRO, ESTABILIDAD.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD: CLASIFICADO	CONTRATO: No:363-2011	IDIOMA: ESPAÑOL	NUMERO DE PAGINAS: 48	NUMERO DE COPIAS: 2
---	---------------------------------	---------------------------	---------------------------------	-------------------------------

CLASIFICADO

MONITOREO TOPOGRÁFICO, GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL PARA EL SEGUIMIENTO DEL MOVIMIENTO EN MASA DE LA ZONA DE ALTO RIESGO DEL SECTOR DE ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FOPAE

Diagonal 47 No 77 B – 09 Interior 11

PBX 4297414

www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co

Bogotá – Colombia

Director: Ingeniero Geólogo Javier Pava Sánchez

Elaborado por:

CONSULTORES EN INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE – CI AMBIENTAL SAS



CONTRATO 363 DE 2011

INFORME EJECUTIVO

VOLUMEN 1

ORIGINAL

08 DE FEBRERO DE 2013

Nota especial: De acuerdo con el artículo 20 de la ley 23 de 1982, los Derechos de Autor pertenecen al FOPAE. La solicitud para reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al Director del FOPAE.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	7
3.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	9
4.	METODOLOGIA DE TRABAJO	10
5.	RESULTADOS MONITOREO	17
	5.2. <i>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</i>	<i>17</i>
	5.1. <i>CAMPAÑA DE CONTROL TOPOGRÁFICO</i>	<i>21</i>
	5.2. <i>SEGUIMIENTO DE PROCESOS</i>	<i>24</i>
	5.3. <i>PIEZOMETROS E INCLINOMETROS</i>	<i>27</i>
	5.4. <i>ESTRUCTURAL.....</i>	<i>30</i>
	5.5. <i>AMENAZA</i>	<i>34</i>
	5.6. <i>RIESGO.....</i>	<i>37</i>
	5.7. <i>ALERTA TEMPRANA</i>	<i>37</i>
6.	CONCLUSIONES.....	41
7.	RECOMENDACIONES.....	44
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Localización área de estudio.....	9
Figura 4. 1. Canal construido en gaviones.....	12
Figura 4. 2. Vista general Sector Altos de la estancia.....	12
Figura 4. 3. Canal construido con sacos de suelo-cemento.....	12
Figura 4. 4. Evidencia del mal estado en el que se encontraban los Inclínómetros entregado por el FOPAE. 13	
Figura 5. 1. Plano Topográfico del terreno - Vectores resultantes del monitoreo topográfico.....	18
Figura 5. 2. Zona 1: Cambios en el curso de drenajes y zonas Húmedas – Deslizamiento La Carbonera.....	19
Figura 5. 3. Zona 2: Nuevos canales de conducción del agua – Conexión de aguas lluvias con la quebrada Santa Rita.....	19
Figura 5. 4. Zona 3: Construcción del muro de contención - Sector El Espino I.....	20
Figura 5. 5. Zona 4: Movimientos de tierra y aparición de grietas en el terreno – Barrio Santa Viviana - Vista Hermosa.....	21
Figura 5. 6. Desplazamiento Puntos de Control.....	23
Figura 5. 7. Ubicación de Zonas.....	25
Figura 5. 8. Vista general ubicación grieta Santa Viviana Sector Vista Hermosa. 16 de Diciembre de 2012)..	26
Figura 5. 9. Carrera 76 C entre Calles 64 D sur y 64 A sur. Espino I.....	32
Figura 5. 10. Zonificación de Amenazas por fenómenos de Remoción en Masa, Escenario 1.....	34
Figura 5. 11. Zonificación de Amenazas por fenómenos de Remoción en Masa, Escenario 2.....	36
Figura 5. 12. Zonificación Grados de alerta según la última campaña de monitoreo.....	40
Figura 6. 1. Lluvias Vs Desplazamientos de los Instrumentos.....	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 4. 1. Instrumentación entregada por FOPAE	12
Tabla 4. 2. Instrumentación seguimiento Geotécnico.....	15
Tabla 5. 1. Puntos de control.....	22
Tabla 5. 2. Monitoreo Estructural	31
Tabla 5. 3. Observación y/o Índice de Daño	33
Tabla 5. 4. Viviendas con Índice de Daño (Vulnerabilidad) Alto y Muy Alto	33
Tabla 5. 5. Resultados de alerta – Diciembre 2012	39

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe ejecutivo el cual contiene de forma resumida la descripción del proyecto, las actividades realizadas, los procedimientos y resultados de cada una de las etapas del monitoreo y los resultados, conclusiones y recomendaciones generales, que hace parte del Contrato 363 de 2011, el cual tiene por objeto el Monitoreo Topográfico, geotécnico, seguimiento de procesos y estructural de 225 viviendas definidas previamente por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias en el sector de Altos de la Estancia, realizados durante el 8 de Julio de 2011 al 7 de Febrero de 2013.

Teniendo en cuenta la problemática y dinámica de los procesos de remoción en masa, denominados el Espino y la Carbonera, existentes en la zona del sector Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar, y el análisis y seguimiento que se ha realizado a dicho fenómeno por el Consorcio Altos de la Estancia 2007 y Monitoreo ejecutado por el Consorcio Altos de la Estancia 2009; El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE suscribió el Contrato de Consultoría No. 363 de 2011 con CONSULTORES EN INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE – CI AMBIENTAL SAS, cuyo objeto es el “Monitoreo topográfico, geotécnico y estructural para el seguimiento del movimiento en masa de la zona de Alto Riesgo del sector de Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar”.

Con este monitoreo topográfico, geotécnico y estructural se analizaron cambios en la configuración del terreno, los cuales tendrán repercusiones en la estabilidad del terreno y de las viviendas. De igual manera se analizó dirección preferencial de los vectores de desplazamientos, extensión y magnitud de los procesos de remoción en masa presentes. Es importante precisar que los resultados de este monitoreo son un insumo técnico para la toma de decisiones tanto preventivas como correctivas por parte del FOPAE.

2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

Los principales objetivos y alcances del estudio son los siguientes:

- a) Levantamiento topográfico general del deslizamiento de Altos de la Estancia declarado suelo de protección mediante resolución 2199-2010 de la SDP con el fin de identificar el estado actual del terreno, incluyendo planimetría y altimetría de los elementos de control, los cuales servirán como referencia para el seguimiento.
- b) Realizar el análisis de las condiciones de amenaza evaluadas en los estudios existentes y actualizar la zonificación de amenaza y riesgo a la luz de la interpretación de los resultados de controles topográficos, instrumentales y estructurales, seguimientos de procesos y análisis de estabilidad y presentarlos al FOPAE con sus respectivas representaciones gráficas (mapa).
- c) Suministrar e instalar un sistema de instrumentación geotécnica conformada por piezómetros, Inclínómetros, medidores de grietas y puntos de control, teniendo en cuenta las necesidades evidenciadas y con previa aprobación de la Supervisión del FOPAE.
- d) Evaluar el incremento en los daños de las viviendas monitoreadas ubicadas en el perímetro del polígono, para determinar el índice de daño de acuerdo con la clasificación global de riesgo, según la estabilidad de la estructura y del terreno.
- e) Evaluar la actividad de los fenómenos de remoción en masa del sector denominado Altos de la Estancia y su afectación a las viviendas ubicadas en el perímetro del polígono y obras ejecutadas y/o en ejecución, además, de identificar nuevas zonas posibles de afectación por dichos movimientos; apoyados entre otros en el control topográfico como en los resultados obtenidos de la instrumentación.
- f) Realizar por 13 meses un total de veintiocho (26) campañas de monitoreo con una frecuencia quincenal, que incluyen: lecturas de instrumentos instalados y existentes, aspectos topográficos y geotécnicos.
- g) Realizar por 4 meses un total de cuatro (4) campañas de monitoreo con una frecuencia mensual, que incluyen: lecturas de instrumentos instalados y existentes, aspectos topográficos y geotécnicos.
- h) Realizar mensualmente el seguimiento y levantamiento de procesos de inestabilidad del

sector y presentarlos al FOPAE con sus respectivos análisis y representación gráfica del seguimiento (mapa).

- i) Realizar mensualmente análisis de estabilidad para condiciones normales y con agentes detonantes de inestabilidad (agua y sismo) en seis (6) secciones y presentarlos al FOPAE con sus respectivas representaciones gráficas.
- j) Identificar las viviendas con mayor índice de daño y determinar las acciones a seguir con cada una de ellas en el marco del monitoreo, informando sobre posible compromiso de habitabilidad de forma oportuna al FOPAE.
- k) Realizar un seguimiento periódico de las viviendas seleccionadas por el FOPAE para determinar la evolución de los daños.
- l) Levantar, para cada una de las viviendas a monitorear, una ficha predial y hacer una base de datos que contenga toda la información levantada en cada una de la fichas conforme a estándar FOPAE.
- m) Realizar (para cada campaña) una cobertura (en formato *.shp o *.e00) georreferenciada (acorde con el sistema de coordenadas planas cartesianas origen Bogotá – 100.000N y 100.000 E) que contenga los resultados obtenidos en cada campaña de seguimiento. La cobertura debe contener la base de datos en su totalidad o un atributo con el cual se pueda vincular a dicha base.
- n) Revisar, implementar, mejorar o rediseñar el sistema de alerta y Aviso frente a la posibilidad de deslizamiento en el sector, de acuerdo con la metodología establecida en la Consultoría No. 755 de 2009 y presentarlos al FOPAE con sus respectivas representaciones gráficas (mapa).

3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Sector Altos de la Estancia se encuentra ubicado en la Localidad de Ciudad Bolívar, Unidad de Planeamiento Zonal UPZ 69 Ismael Perdomo, en la parte suroccidental del Distrito Capital, está limitado al norte por los barrios San Rafael del Alto de la Estancia, Rincón del Porvenir, Mirador de La Estancia y Los Tres Reyes I Etapa; al occidente por los barrios El Espino I Sector, Santo Domingo y Santa Viviana; al sur por los barrios Santa Viviana y Santa Viviana Sector Vista Hermosa y al oriente por los barrios Santa Viviana Sector Vista Hermosa, Sierra Morena, La Carbonera, La Carbonera II y El Espino III Sector. En los costados norte y sur se encuentran respectivamente las quebradas Santa Rita y La Carbonera.

El sector objeto de monitoreo se encuentra delimitado por el polígono definido por la Secretaría Distrital de Planeación mediante la Resolución No 436 de 2004 y actualizada mediante la resolución 2199 de 2010, tal y como se precisa en la figura 3.1.

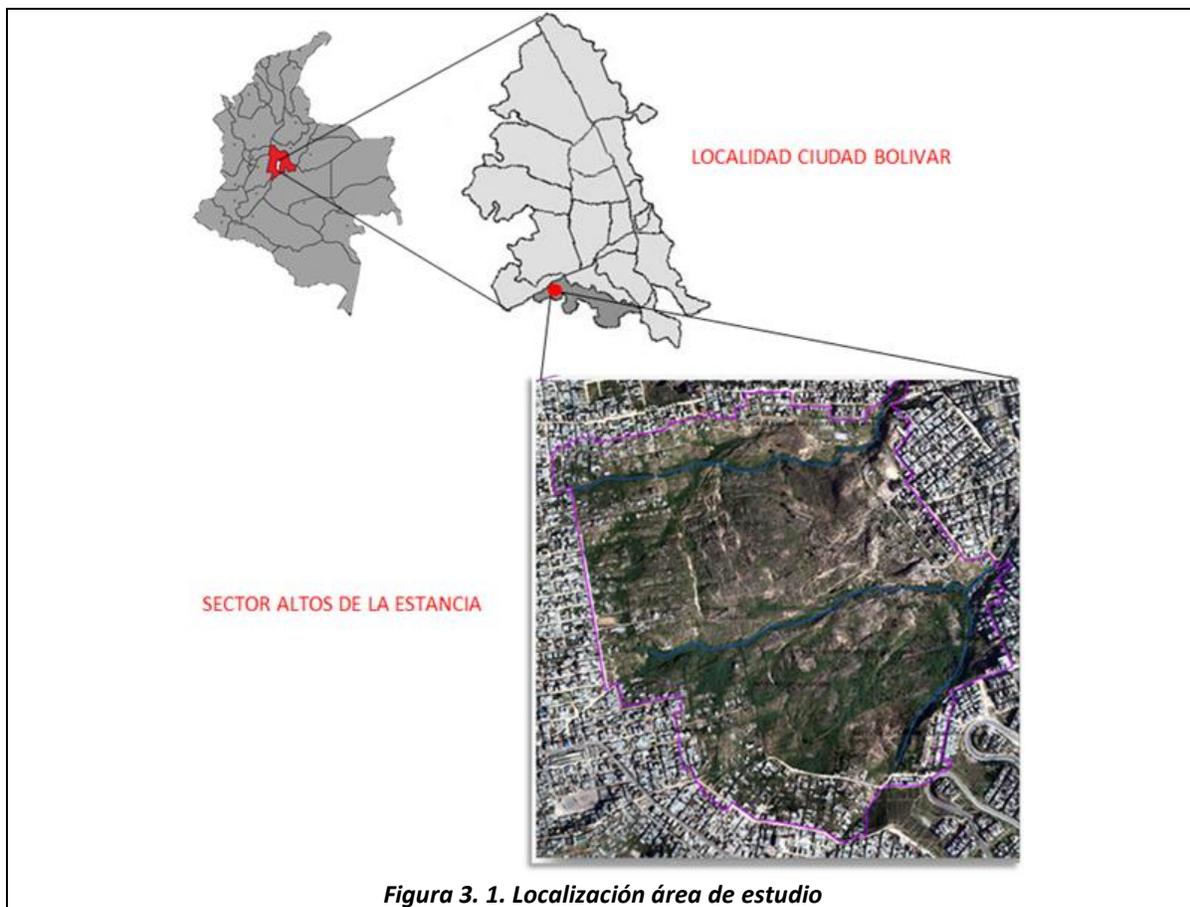


Figura 3. 1. Localización área de estudio

4. METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología implementada para la ejecución del *MONITOREO TOPOGRÁFICO, GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL PARA EL SEGUIMIENTO DEL MOVIMIENTO EN MASA DE LA ZONA DE ALTO RIESGO DEL SECTOR DE ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR*; incluyó las siguientes actividades:

- **Levantamiento topográfico:**

Se realizó un levantamiento topográfico inicial para un área de 73.5 ha entre el 16 de Agosto y el 4 de Septiembre de 2011, en donde se incluyó la localización de viviendas, vías, redes de servicios públicos, cajas de alcantarillado, tanques, corrientes de agua, cercado, accidentes topográficos, escarpes principales de los deslizamientos y grietas del terreno, postes (alumbrado y telefónicos), elementos de control existentes en la zona (mojones, piezómetros e Inclínómetros).

Durante los días 21 de Noviembre hasta el 4 de Diciembre de 2012 se realizó un segundo levantamiento Topográfico correspondiente a la zona de amenaza alta de los deslizamientos Carbonera y Espino correspondientes a 36.32 Ha, para el cual se realizó un trabajo de superposición con el levantamiento topográfico inicial y se definieron los cambios presentados en estas zonas que son de especial interés para el monitoreo.

- **Socialización del Proyecto con la comunidad:**

La socialización del proyecto a la comunidad de Altos de la Estancia del “Contrato de consultoría 363 de 2011” se realizó en el mes de Julio de 2011 en cuatro (4) reuniones a nivel de barrio, durante dos jornadas de trabajo con el objeto de socializar el alcance, desarrollo y tiempo de las actividades, para que la comunidad se apropiara y se generara corresponsabilidad.

Con el fin de generar interacción, colaboración y apropiación de la comunidad del sector de Altos de la Estancia del sistema de instrumentación instalada así como de la participación activa del control estructural a las viviendas objeto del mismo. Por lo tanto, se programaron reuniones para socializar el proyecto con la población beneficiada. En estas reuniones se explicó de forma general el objetivo, alcance, las actividades a desarrollar tanto del monitoreo geotécnico, instrumentación y del control estructural.

Estas reuniones contaron con la presencia de personal profesional por parte del FOPAE y profesional técnico de CI AMBIENTAL SAS. Mediante la presentación realizada para cada uno de los barrios, se les informó los predios objeto de monitoreo estructural.

- **Recopilación y procesamiento de información existente**

Se realizó a partir de la recopilación y análisis de la información disponible como estudios y monitoreo anteriores en el sector; y en general toda la información que se considerara representativa para el objeto de monitoreo (topografía, identificación y seguimiento de procesos, instrumentación y análisis de estabilidad), así mismo información documental de tipo cartográfico, fotográfico, imágenes satélites y registros climáticos.

Para dar inicio con el objeto del monitoreo y a fin de contextualizar la problemática las actividades a realizar, fue necesario hacer una recopilación de información de estudios técnicos adelantados por el FOPAE, en cumplimiento de su misión y debido al impacto generado sobre la población. Estos estudios desarrollados en el sector han tenido diferente alcance como zonificación de amenaza, evaluación de riesgo y monitoreos de instrumentación (extensómetros, Inclínómetros, piezómetros, mojones) instalados en el sector de Altos de la Estancia.

- **Evaluación de las condiciones del Proyecto**

Para la evaluación del proyecto se realizó una revisión general del estado actual del sector denominado Altos de la Estancia y las viviendas de la zona periférica, considerando los estudios de monitoreo y mitigación realizados en el sector. El día 5 de julio de 2011 se realizó la primera visita al sector Altos de la Estancia, con el objeto de reconocer la zona y determinar las condiciones iniciales del proyecto. A esta visita asistió el FOPAE y personal técnico de CI AMBIENTAL SAS. En esta reunión se mencionaron las actividades a realizar durante la ejecución del proyecto, se indicaron las obras de drenaje construidas en el sector (Ver **figura 4.1 a 4.3**) y se mencionaron las obras propuestas como medida de mitigación de riesgo, definidas en estudios previos identificando la zona de ubicación de las mismas.

De la visita y la inspección realizada, se concluyó el estado activo de los deslizamientos y la necesidad de implementar y continuar con el monitoreo tanto geotécnico, topográfico y estructural, así como de las posibles ubicaciones de la instrumentación que hacían parte del monitoreo. De acuerdo con las visitas de reconocimiento y entrega de la instrumentación por el FOPAE el día 11 de julio de 2011, se identificó inicialmente en campo, 11 Inclínómetros, 8 piezómetros y una lista con coordenadas de 17 mojones los cuales no fueron identificados al momento de la visita. La instrumentación entregada se muestra en la **Tabla 4.1**.



Figura 4. 1. Canal construido en gaviones



Figura 4. 2. Vista general Sector Altos de la estancia



Figura 4. 3. Canal construido con sacos de suelo-cemento

Tabla 4. 1. Instrumentación entregada por FOPAE

INCLINOMETROS	PIZOMETROS	MOJONES
I1	P2	M2
I4	P3	M3
I6	P7	M4
I11	P8	M5
I14	P9	M6
I9	P11	M7
I16	P14	M9
I17	P15	M10
I19		M12
I20		M13
I21		M14
		M15
		M16
		M17

Los Inclínómetros y piezómetros instalados por la consultoría 755 de 2009, no fueron entregados en su totalidad el 11 de julio de 2011, dado que la EAAB debía reparar o reponer el Inclínómetro I12, los Piezómetros P12, P10 y los Mojones M1, M8, M11. Así mismo durante el recorrido realizado en campo para la entrega de la instrumentación no fueron hallados los Inclínómetros I10, I5 y el piezómetro P1.

Es importante mencionar que el estado de la instrumentación existente no fue el más óptimo (Ver figura 4.4). Al estar a la intemperie, y por poseer una tapa metálica sujeta con tornillos del mismo material, los tornillos y dispositivo de cierre de los instrumentos se encontraban con alto grado de oxidación, lo que dificultó la apertura de los mismos, retrasando el proceso de monitoreo y ocasionando el daño de algunas tapas de estos instrumentos. La consultoría considera que el mantenimiento de la instrumentación es una actividad importante aun cuando este monitoreo no sea tan frecuente, como en el caso de cambio de esta consultoría; dado que, proporcionan información importante para la toma de decisiones.



- Sectorización del área de estudio

El área de estudio se dividió en doce (12) sectores de comportamiento homogéneo de estabilidad según sus características geológicas, geotécnicas y de movimientos identificados en las visitas a campo realizadas por el Geólogo; teniendo en cuenta lo anterior, se tomó como base la zonificación Geotécnica desarrollada por la firma Ingeniería y Georiesgos mediante el contrato ACCI – 001 de 2004.

Las zonas definidas en dicho estudio fueron delimitadas con base en la correlación de las descripciones geológicas con los resultados de las pruebas de campo y laboratorio de los trabajos de exploración del subsuelo y caracterización geotécnica realizados.

- Instalación de instrumentación

Se implementó un sistema de instrumentación geotécnica conformada por 6 Inclinómetro – piezómetros, 2 inclinómetros, 43 mojones para monitoreo topográfico y 6 extensómetros de

estacas, adicionalmente se tomaron como puntos de control topográfico los Inclinómetros y Piezómetros existentes e instalados por la presente consultoría para un total de 51 puntos de control instalados.

- **Campañas de control topográfico**

Las campañas de control topográfico consistió en la ejecución de altimetría y planimetría de cada uno de los puntos de control instalados por CI AMBIENTAL SAS y la instrumentación entregada por el FOPAE al inicio del contrato, para detectar movimientos en cualquier sentido, para lo cual se realizaron campañas quincenales durante 13 campañas y campañas mensuales durante 4 campañas para un total de treinta (30) campañas, con un GPS satelital de doble frecuencia.

- **Campañas de seguimiento y levantamiento de procesos**

Con el fin de realizar un adecuado seguimiento de los procesos de inestabilidad presentes en el sector, se realizó la identificación y seguimiento de nuevos procesos, 19 para el deslizamiento La Carbonera y 10 para el deslizamiento El Espino, así como de aspectos morfométricos (grietas, elevaciones de terreno, entre otros) que permitieron establecer nuevos procesos. De igual forma, se realizó el seguimiento a los procesos y aspectos morfométricos identificados en las anteriores consultorías.

El seguimiento a los procesos de inestabilidad y los indicios morfométricos, se realizó mensualmente apoyado en las campañas quincenales topográficas de seguimiento de mojones localizados en los escarpes y/o grietas. Adicional a esto, se instalaron 6 extensómetros de estacas los cuales permitieron determinar el avance de abertura de las grietas monitoreadas.

De igual forma y con el fin de llevar un seguimiento fotográfico de los procesos, se llevó un registro fotográfico desde 6 estaciones definidas en el sector.

- **Campaña de lectura de Inclinómetro – Piezómetros**

Para la medición y control de los desplazamientos de los deslizamientos en La Carbonera y en El Espino, se realizaron campañas quincenales durante 13 campañas y campañas mensuales durante 4 campañas para un total de treinta (30) campañas de la instrumentación existente e instalada por CI AMBIENTAL SAS. Ver Tabla 4.2.

Tabla 4. 2. Instrumentación seguimiento Geotécnico

INSTRUMENTOS	ENTIDAD
I-1	FOPAE
I-4	FOPAE
I-5	FOPAE
I-6	FOPAE
I-9	FOPAE
I-10	FOPAE
I-11	FOPAE
I-14	FOPAE
I-16	FOPAE
I-17	FOPAE
I-19	FOPAE
I-20	FOPAE
I-21	FOPAE
P-01	FOPAE
P-02	FOPAE
P-03	FOPAE
P-07	FOPAE
P-08	FOPAE
P-09	FOPAE
P-11	FOPAE
P-14	FOPAE
P-15	FOPAE
IP-1	CI AMBIENTAL
IP-2	CI AMBIENTAL
IP-3	CI AMBIENTAL
IP-4	CI AMBIENTAL
IP-5	CI AMBIENTAL
IP-6	CI AMBIENTAL
I-7	CI AMBIENTAL
I-8	CI AMBIENTAL

- Análisis de estabilidad de laderas

Con base en los estudios básicos (geología, geomorfología, hidrogeología), la topografía del terreno, los resultados de la exploración de campo y la información de otros estudios, se elaboró un modelo geológico-geotécnico para cada sector (La Carbonera y El Espino) representado por seis (6) secciones de control, de las cuales 4 fueron definidas por la consultoría 755 de 2009 y 2 más definidas por CI AMBIENTAL SAS y aprobadas por FOPAE. Sobre este modelo se realizaron análisis

de estabilidad de taludes para la condición actual del terreno y para varios escenarios de nivel de agua subterránea y fuerza sísmica.

- **Campañas de control estructural**

La campañas de control estructural se realizó a un grupo de 225 viviendas ubicadas en la zona periférica del polígono denominado Altos de la Estancia, definidas previamente por el FOPAE, con el fin de determinar la evaluación de los daños y establecer el nivel de riesgo permisible, de acuerdo con la metodología de Clasificación Global del Riesgo, que tiene en cuenta la estabilidad estructural y del entorno, identificando las viviendas con mayor grado de deterioro. Para dicha evaluación de daños se implementó un formato de campo el cual se diligenció para cada vivienda monitoreada de forma mensual.

Así mismo, como elementos de control y medición se realizó el uso de yeso en las grietas de algunas viviendas con el fin de medir el avance de las mismas y obtener datos reales relacionados con los daños en términos de agrietamiento e incrementos de estos.

- **Interpretación y Análisis de Resultados**

La interpretación y Análisis de Resultados se realizó dentro de cada uno de los capítulos correspondientes, lo que incluyó el procesamiento, cálculo, presentación de los registros (datos) e interpretación para la determinación del comportamiento del terreno en el área de proyecto a partir de los registros y análisis obtenidos en el monitoreo (piezómetros, Inclinómetros, control topográfico, medición de grietas del terreno, control estructural de viviendas, entre otros), teniendo en cuenta los modelos geotécnicos del subsuelo, actualización de sectores de comportamiento homogéneo de estabilidad.

- **Sistemas de Alerta y Aviso**

Para el sistema de alerta se tomó como base la metodología establecida en el informe de consultoría No 755 de 2009 de acuerdo a la presentada por IGR 2004. Esta metodología, plantea generar un índice de alerta, haciendo uso de la instrumentación instalada en el sector, puntos de control, Inclinómetros, piezómetros y el monitoreo estructural de los predios definidos por el FOPAE. Teniendo en cuenta que los datos arrojados por esta metodología no eran consistentes con lo observado en campo, se realizó un ajuste a la metodología en la cual se cambiaron los rangos de calificación así como algunos de los factores tenidos en cuenta en la formulación.

5. RESULTADOS MONITOREO

En el actual capítulo se presentará una descripción de los aspectos más relevantes de la instrumentación y monitoreo adelantado en el sector altos de la estancia. De igual manera, se darán una serie de recomendaciones orientadas a mejorar futuras campañas de monitoreo, esto con el fin de continuar con el programa de instrumentación que hasta el momento ha ejecutado el FOPAE, el cual se ha venido desarrollando en el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2012. Es importante destacar que el FOPAE, ha adelantado campañas de monitoreo con diversas firmas expertas en la materia, y con cada una de ellas, se ha ido incrementado el número de equipos instalados, con el fin de garantizar una adecuada confiabilidad en cuanto a mediciones, las cuales a su vez redundará en información confiable que permita una rápida toma de decisiones en el sector de Altos de la Estancia.

Teniendo en cuenta la problemática y dinámica de los procesos de remoción en masa, denominados el Espino y la Carbonera, existentes en la zona del sector Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar y el análisis y seguimiento que se ha realizado a dicho fenómeno, en el presente contrato se realizó el monitoreo Topográfico, Geotécnico, Procesos y Estructural para el seguimiento del movimiento en masa de la zona de Alto Riesgo del sector de Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar; este monitoreo se realizó por medio del control quincenal durante 14 campañas y mensual durante 4 campañas de puntos de control entregados por el FOPAE e instalados por CI AMBIENTAL SAS (mojones, piezómetros e inclinómetros), así como la instalación de extensómetros, definición de zonas de procesos activos en la zona denominada polígono suelo de protección y la evaluación de 225 viviendas ubicadas en los barrios Santa Viviana, Santo Domingo, Espino I, Tres Reyes, Mirador de la Estancia, Rincón del Porvenir, San Rafael del Alto de la Estancia , Carbonera, Carbonera II y Santa Viviana Vista Hermosa. Lo anterior como insumo para definir mensualmente de forma parcial la amenaza de la zonas de deslizamiento así como las aledañas al polígono, teniendo en cuenta dos escenarios definidos en los términos de referencia; adicionalmente, definir el riesgo de cada una de las viviendas evaluadas y finalmente presentar un sistema de alerta por zonas teniendo en cuenta los desplazamientos de la instrumentación así como lo observado en campo mensualmente. En este orden de ideas, se presenta a continuación un resumen de los resultados de la presente consultoría:

5.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó un levantamiento topográfico inicial para un área de 73.5 ha entre el 16 de Agosto y el 4 de Septiembre de 2011, en donde se incluyó la localización de viviendas, vías, redes de servicios

En relación a lo observado mediante la figura 4.1 se presentan importantes cambios a analizar con respecto a los puntos de control instalados como se muestra a continuación:

- **Análisis Zona 1:** Cambios en el curso de drenajes y zonas Húmedas – Deslizamiento La Carbonera

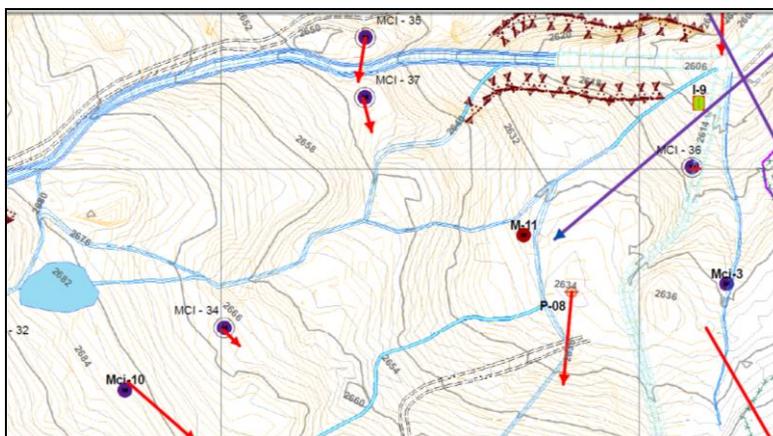


Figura 5. 2. Zona 1: Cambios en el curso de drenajes y zonas Húmedas – Deslizamiento La Carbonera

Se observan cambios en las curvas de nivel, dado el desvío del curso del drenaje, además de algunos asentamientos nuevos en cercanías a las zonas húmedas y al instrumento P-8. El punto de control MCI-10 ubicado en cercanías a las zonas húmedas del deslizamiento La Carbonera deja ver un movimiento superficial planimétrico en sentido Suroriental.

- **Análisis Zona 2:** Nuevos canales de conducción del agua – Conexión de aguas lluvias con la quebrada Santa Rita

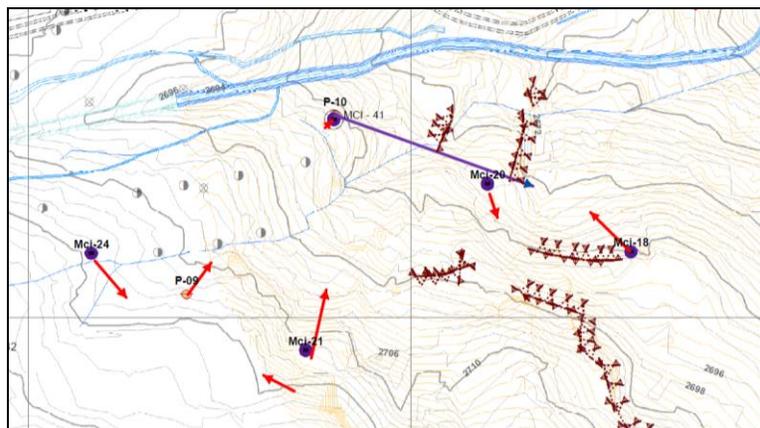


Figura 5. 3. Zona 2: Nuevos canales de conducción del agua – Conexión de aguas lluvias con la quebrada Santa Rita

Se observa un cambio en las curvas de nivel en relación a los movimientos de tierra realizados como parte de la construcción del canal que conecta las aguas lluvias con el canal de la quebrada Santa Rita. Adicionalmente los instrumentos P-9 y MCI-21 registran un movimiento superficial hacia la ubicación de la quebrada Santa Rita en la zona del deslizamiento El Espino.

- **Análisis Zona 3:** Construcción del muro de contención - Sector El Espino I

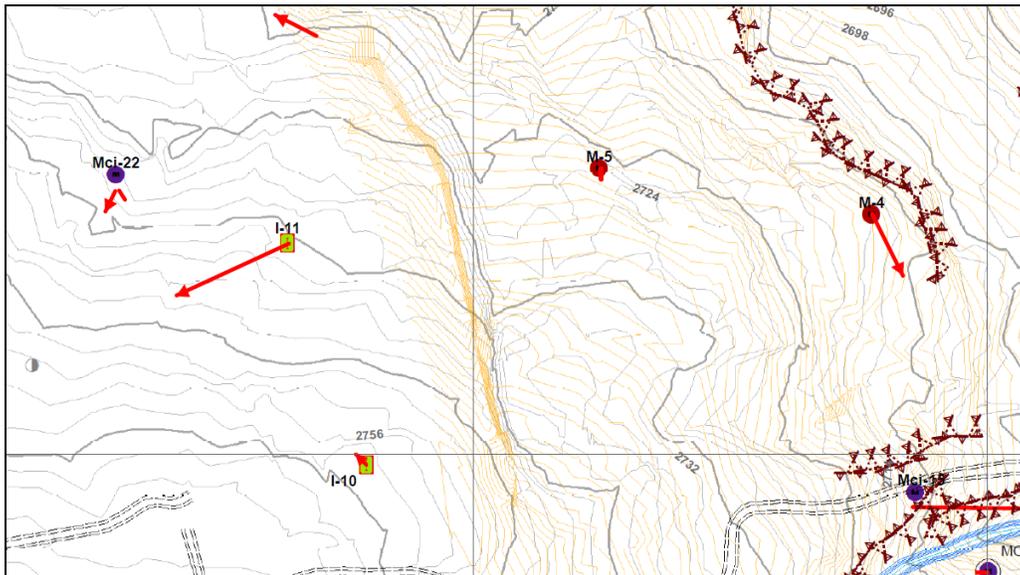


Figura 5. 4. Zona 3: Construcción del muro de contención - Sector El Espino I

Son notorios los cambios en las curvas de nivel, dada la construcción del muro en el barrio El Espino I Sector. Los instrumentos M-5, I-10 y MCI-22 no registran fuertes movimientos superficiales, sin embargo el vector resultante del punto I-11 es amplio teniendo en cuenta que este fue monitoreado hasta la campaña 10 por daños en el instrumento debido al paso de maquinaria en el sector.

- **Análisis Zona 4:** Movimientos de tierra y aparición de grietas en el terreno – Barrio Santa Viviana - Vista Hermosa

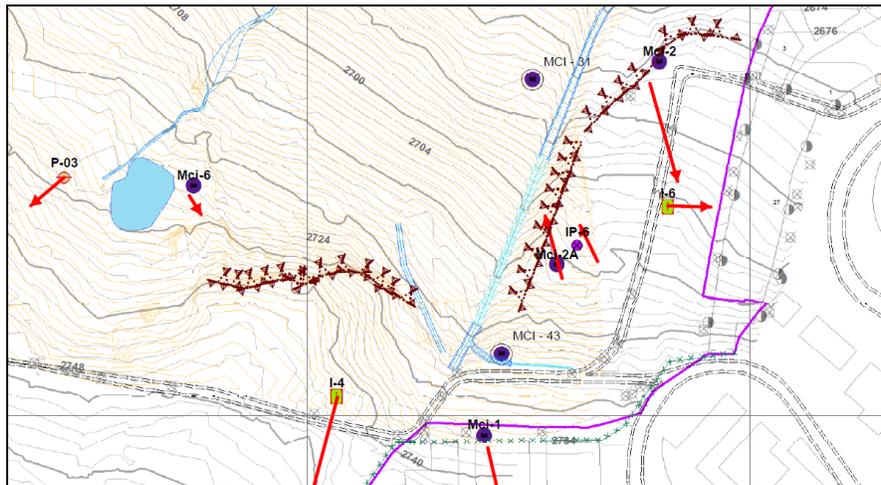


Figura 5. 5. Zona 4: Movimientos de tierra y aparición de grietas en el terreno – Barrio Santa Viviana - Vista Hermosa

No se observan mayores cambios en la topografía del terreno en cercanías a la grieta que apareció en el Barrio Santa Viviana – sector Vista Hermosa, sin embargo los puntos de control MCI-2A e IP-6 dejan en evidencia un movimiento superficial en sentido Noroccidental hacia la ubicación de la quebrada La Carbonera.

5.1. CAMPAÑA DE CONTROL TOPOGRÁFICO

El monitoreo topográfico llevado a cabo en el sector de altos de la estancia entre el mes de Septiembre del 2011 y Diciembre del 2012 tuvo por objetivo monitorear los desplazamientos presentados a nivel superficial del terreno en los sectores del deslizamiento El Espino y La Carbonera, mediante campañas quincenales y mensuales a partir de la campaña 15, de lo cual se buscaba obtener la posición absoluta de los puntos de control instalados en el sector.

Para adelantar la presente consultoría se contó con una serie de equipos suministrados por el FOPAE, 52 instalados por C.I. AMBIENTAL S.A.S y 4 instrumentos recuperados por el Consorcio Obras de Estabilidad de El Espino. En la tabla 5.1, se ilustra el punto de control, y la entidad encargada de instalar el equipo.

Tabla 5. 1. Puntos de control

PUNTO DE CONTROL	ENTIDAD QUE INSTALÓ	PUNTO DE CONTROL	ENTIDAD QUE INSTALÓ	PUNTO DE CONTROL	ENTIDAD QUE INSTALÓ
I-1	FOPAE	P-15	FOPAE	MCI-4	CI AMBIENTAL
I-4	FOPAE	M-1	FOPAE	MCI-5	CI AMBIENTAL
I-5	FOPAE	M-3	FOPAE	MCI-6	CI AMBIENTAL
I-6	FOPAE	M-4	FOPAE	MCI-7	CI AMBIENTAL
I-9	FOPAE	M-5	FOPAE	MCI-8	CI AMBIENTAL
I-10	FOPAE	M-6	FOPAE	MCI-9	CI AMBIENTAL
I-11	FOPAE	M-8	FOPAE	MCI-10	CI AMBIENTAL
I-14	FOPAE	M-11	FOPAE	MCI-13	CI AMBIENTAL
I-16	FOPAE	M-12	FOPAE	MCI-14	CI AMBIENTAL
I-17	FOPAE	M-13	FOPAE	MCI-15	CI AMBIENTAL
I-19	FOPAE	MC-1	FOPAE	MCI-16	CI AMBIENTAL
I-20	FOPAE	MC-2	FOPAE	MCI-18	CI AMBIENTAL
I-21	FOPAE	MC-3	FOPAE	MCI-19	CI AMBIENTAL
P-1	FOPAE	IP-1	CI AMBIENTAL	MCI-20	CI AMBIENTAL
P-2	FOPAE	IP-2	CI AMBIENTAL	MCI-21	CI AMBIENTAL
P-3	FOPAE	IP-3	CI AMBIENTAL	MCI-22	CI AMBIENTAL
P-7	FOPAE	IP-5	CI AMBIENTAL	MCI-23	CI AMBIENTAL
P-8	FOPAE	IP-4	CI AMBIENTAL	MCI-24	CI AMBIENTAL
P-9	FOPAE	IP-6	CI AMBIENTAL	MCI-27	CI AMBIENTAL
P-10	ACUEDUCTO	MCI-1	CI AMBIENTAL	MCI-28	CI AMBIENTAL
P-11	FOPAE	MCI-2	CI AMBIENTAL	M-2	CI AMBIENTAL
P-12	ACUEDUCTO	MCI-2A	CI AMBIENTAL	M-9	CI AMBIENTAL
P-14	FOPAE	MCI-3	CI AMBIENTAL	M-10	CI AMBIENTAL
M-14	CI AMBIENTAL	M-2-N	CONSORCIO OBRAS DE ESTABILIDAD EL ESPINO	MCI-21-N	CONSORCIO OBRAS DE ESTABILIDAD EL ESPINO
MCI-22-N	CONSORCIO OBRAS DE ESTABILIDAD EL ESPINO	M-5-N	CONSORCIO OBRAS DE ESTABILIDAD EL ESPINO	I-7	CI AMBIENTAL
I-8	CI AMBIENTAL	MCI-29	CI AMBIENTAL	MCI-30	CI AMBIENTAL
MCI-31	CI AMBIENTAL	MCI-32	CI AMBIENTAL	MCI-33	CI AMBIENTAL
MCI-34	CI AMBIENTAL	MCI-35	CI AMBIENTAL	MCI-36	CI AMBIENTAL
MCI-37	CI AMBIENTAL	MCI-38	CI AMBIENTAL	MCI-39	CI AMBIENTAL
MCI-40	CI AMBIENTAL	MCI-41	CI AMBIENTAL	MCI-42	CI AMBIENTAL
MCI-43	CI AMBIENTAL				

Durante la campaña de monitoreo, los mojones localizados a lo largo de la sección No.6 registraron desplazamientos de mayor magnitud y baja confiabilidad en relación a las demás. Estos instrumentos corresponden al MCI-2A ubicado en el barrio Santa Viviana – Vista Hermosa, el MCI-3 ubicado en la parte baja del Barrio Carbonera II y el MCI-4 ubicado en la parte baja del barrio La Carbonera I. Estos desplazamientos no corresponden con lo observado en campo ni se relaciona con los resultados del monitoreo de instrumentación (inclinómetros y piezómetros), de procesos y estructural y se atribuye a que estos puntos se encuentran cerca a algún obstáculo como son viviendas y/o árboles, los cuales no permiten una toma de datos confiable.

Los instrumentos que reportaron mayor estabilidad a lo largo del monitoreo son: M-1, MCI-6, MCI-21, P-11, P-14, IP-5, I-10 e I-17, debido a que no presentaron desplazamientos altos, lo que era concordante con lo observado en campo mediante el monitoreo de procesos así como con los datos arrojados por la lectura de inclinómetros.

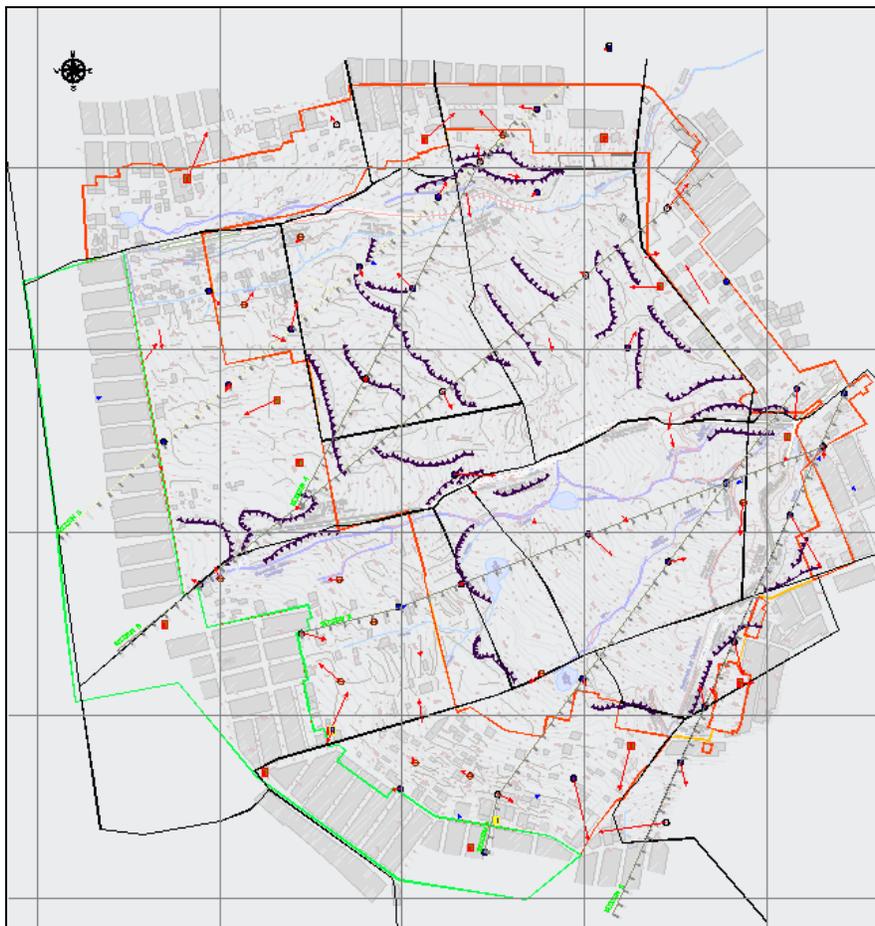


Figura 5. 6. Desplazamiento Puntos de Control

Del análisis realizado a los desplazamientos de los instrumentos, y que fueron validados durante la inspección de campo, se encontró lo siguiente:

- Los máximos desplazamientos en altimetría registrados son de 0,389 m. y -0,363 m para los instrumentos MC-1 ubicado en el barrio Santa Viviana y P-2 ubicado a la altura del barrio Santo Domingo, respectivamente, ambos registrados durante las campañas 15 y 16, es decir entre el mes de Septiembre y Octubre de 2012.
- Los máximos desplazamientos en planimetría registrados son de 0,246 m, en la resultante horizontal del instrumento M-5 ubicado a la altura del muro Espino I Sector entre campañas 9B y 10 (Marzo a Abril de 2012) y de -0,185 m. en componente Este del instrumento MC-1 entre campañas 15 y 16 (Septiembre a Octubre de 2012) ubicado a la altura del barrio Santa Viviana. Cabe aclarar que el instrumento M-5 fue recuperado por el Consorcio Obras de Estabilidad el Espino, el cual fue dañado en el mes de septiembre de 2012, durante la ejecución de las obras de estabilización.
- No existe una dirección preferencial en cuanto a la dirección de los desplazamientos del terreno. Lo que se observa es que para el deslizamiento El Espino la tendencia de los movimientos es en la dirección de los estratos en sentido noreste, mientras que para el Deslizamiento La Carbonera, la dirección preferencial es más errática, algunos van hacia el noreste y otros hacia el sureste. Al agrupar los desplazamientos del terreno por direcciones preferenciales se encuentra, la presencia de pequeños desplazamientos en la direcciones de las excavaciones en sentido noreste en su gran mayoría.

5.2. SEGUIMIENTO DE PROCESOS

Se analizaron los diferentes procesos activos que se están presentando actualmente en el sector de Altos de la Estancia. Con el fin de identificarlos claramente a cada proceso se le asignó un nombre (código). Para el deslizamiento la Carbonera se delimitaron 20 zonas en donde se observaron procesos (LC-01, LC-02, LC-03, LC-04, LC-05-01, LC-05-02, LC-06, LC-07, LC-08, LC-09, LC-10-01, LC-10-02, LC-11, LC-12, LC-13-01, LC-13-02, LC-13-03, LC-13-04, LC-14, LC-15) y para el deslizamiento El Espino 10 zonas en donde se observaron procesos (EE-01, EE-02, EE-03, EE-04-01, EE-04-02, EE-05-01, EE-05-02, EE-06, EE-07, EE-08) como se muestra en la figura 5.7.

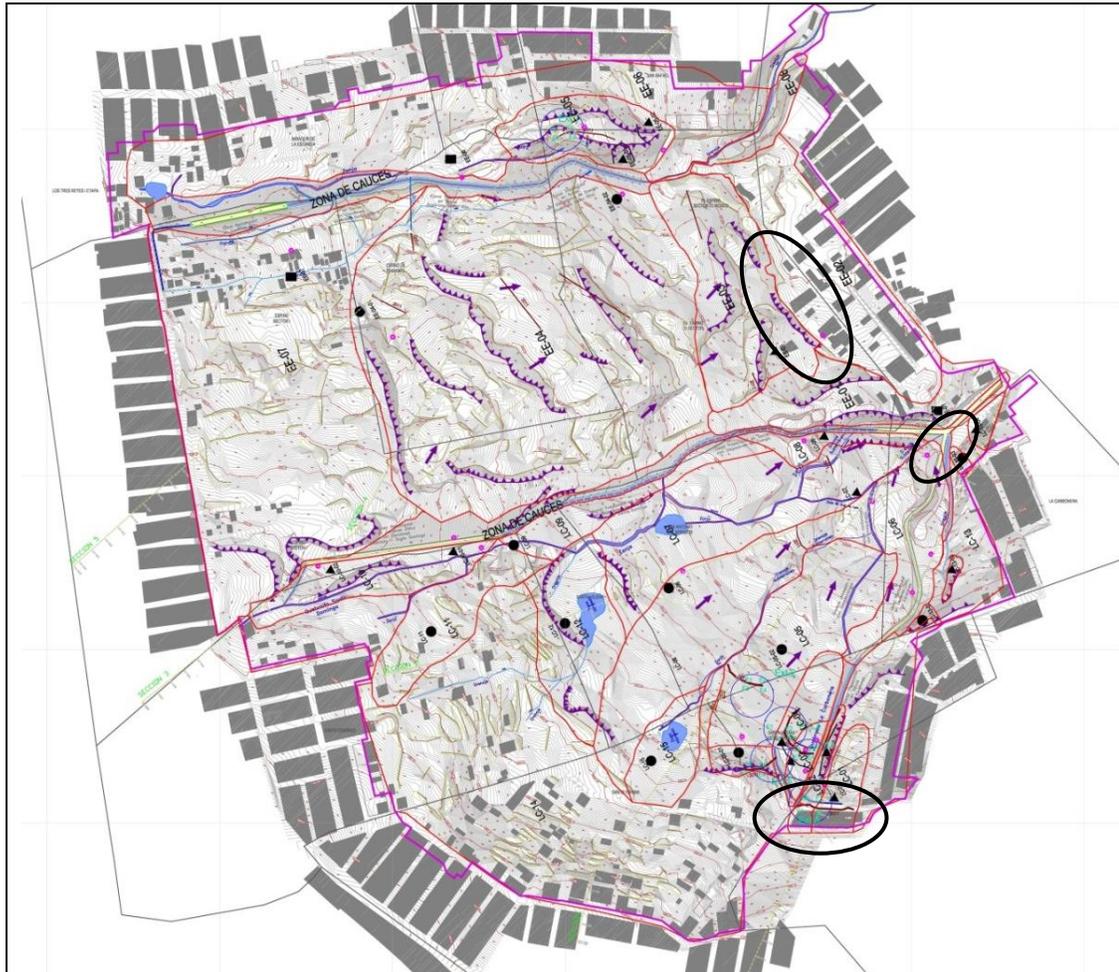


Figura 5. 7. Ubicación de Zonas

Dentro de estos procesos se destacan las viviendas que pueden ser afectadas por el proceso EE-03 debido al desprendimiento de bloques en el Espino III sector. En este orden de ideas, se reiteran las recomendaciones dadas por el FOPAE en el diagnóstico Técnico DI-5844 referentes a evacuar definitivamente las viviendas localizadas en Zonas de Alto Riesgo NO Mitigable, con el fin de salvaguardar la vida de los habitantes (debido a que el desprendimiento de bloques puede continuar y reactivarse durante un periodo de lluvias o sismo). Esto es sumamente importante ya que estas fallas son súbitas y no dan tiempo de evacuar las personas.

Así mismo, se destaca la grieta que se identificó en el mes de Diciembre de 2011 a la altura de Santa Viviana – Vista Hermosa. Esta grieta se mantuvo constante hasta el mes de abril de 2012. Sin embargo, después de este periodo se observó un incremento en la abertura de la grieta, tanto en profundidad como en el área aferente la cual presenta una abertura de 29 cms y una altura de

30cms. A este respecto se reitera, sobre el inminente peligro de las viviendas ubicadas en la manzana U9 en la parte superior de la grieta



Figura 5. 8. Vista general ubicación grieta Santa Viviana Sector Vista Hermosa. 16 de Diciembre de 2012).

En la parte baja de Carbonera II, lugar en el que se presentó el deslizamiento en el mes de Diciembre de 2011, no se observaron nuevas reactivaciones de deslizamientos, que pusieran en peligro a las viviendas. Es importante destacar que el terreno se ha mantenido estable, lo cual está relacionado con la disminución de las lluvias en el sector. Sin embargo, es necesario mantener un monitoreo permanente de este sector, especialmente en épocas invernales.

En la parte baja del barrio Santa Viviana- Vista Hermosa se encuentra un proceso que moviliza escombros y basuras que han sido acumuladas a media ladera por vecinos del sector. No se observó continuidad en los desplazamientos de material a partir del mes de mayo de 2012, desde la parte media y baja del talud hacia el canal la Carbonera.

Como se mencionó anteriormente, la reactivación de algunos procesos a lo largo del monitoreo coincide con los registros de precipitaciones presentadas en el sector, es decir, las reactivaciones de los desplazamientos se presentan después de un periodo de lluvias.

En el barrio la Carbonera se observaron en el mes de Diciembre de 2011 pequeños desprendimientos, que permitieron el cambio de actividad media a actividad alta, los cuales no se continuaron observando a lo largo del monitoreo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos desprendimientos se pueden seguir presentando y podría afectar la infraestructura ubicada en la parte alta, que anteriormente produjo el colapso del muro perimetral (La granja del Colegio Marmatos).

Adicional a lo anterior, en el monitoreo de procesos se observó que en los deslizamientos La Carbonera y El Espino no existe un manejo adecuado de aguas superficiales (aguas servidas), situación que genera infiltraciones y acumulación de agua en algunos sectores de la parte baja, propiciando condiciones favorables para la reactivación de los deslizamientos.

5.3. PIEZOMETROS E INCLINOMETROS

Los instrumentos ubicados en fase I y II en el deslizamiento La Carbonera en el barrio Santa Viviana que están en funcionamiento son P-14, IP-4 y P-3. Esta es una zona que se caracteriza por presentar cuerpos de agua que hacen vulnerable la zona ante procesos de remoción en masa. Estos instrumentos presentan descenso del nivel freático en los meses de mayo, junio y julio de 2012 que está relacionado con las lluvias presentadas en el sector al momento de realizar el monitoreo. Los piezómetros están ubicados desde la parte más alta de Santa Viviana hasta la parte más baja obteniendo una estabilización del nivel freático de 5.45m, 10m y 11.5m respectivamente, demostrando que entre más cerca este el instrumento de la corona del deslizamiento tendrá el nivel freático más cerca de la superficie, corroborando que los granos están más sueltos y por ende el suelo es más permeable, al estar cerca de las viviendas, las aguas servidas, aguas colgadas y humedales pueden inferir a la hora de tomar las lecturas.

Los instrumentos ubicados en fase I y II en el deslizamiento La Carbonera en el barrio Santo Domingo que están en funcionamiento son P-12, P-15, P-7 y P-2. Los piezómetros están ubicados desde la parte más alta de Santo Domingo hasta la parte más baja obteniendo una estabilización del nivel freático de 1.5m, 11.39m, 8m y 5m respectivamente, los ascensos importantes ocurrieron en los meses de mayo y junio de 2012. El material en el que se encuentran localizados los piezómetros es residual sobre un depósito fluvio-glaciar, donde las humedades del material residual es muy alta, ya que se encuentra compuesto de un material fino, mientras que los depósitos, son materiales grueso-granulares, pero embebidos en un material fino, por tanto, la humedad del material continua siendo alta, además la cercanía de los instrumentos a las viviendas, las aguas servidas, aguas colgadas y al canal natural, pudieron afectar al momento obtener las lecturas.

Los instrumentos ubicados en fase I parte baja del deslizamiento El Espino en el barrio Espino segundo sector que están en funcionamiento son P-9 y P-10. Los piezómetros están ubicados en la parte más baja obteniendo una estabilización del nivel freático de 16m, y 9m respectivamente, Estos instrumentos se encuentran en una zona de areniscas en profundidad, que se caracterizan por velocidades de flujo bajas, dada la permeabilidad del material; además según la localización del piezómetro es fácil deducir que la dirección del flujo es hacia el norte y hacia el talud del terreno, orientada hacia la Quebrada Santa Rita, contribuyendo al flujo base de dicho cuerpo de agua. Se puede constatar que el flujo del agua se encuentra en dirección del talud del terreno, es

una zona que cuenta con una cantidad importante de ocupaciones informales, debido a esto el nivel freático en este instrumento es muy variable y no se relaciona con las precipitaciones ocurridas en el sector al momento de realizar el monitoreo, cabe mencionar que el P-9 no registra nivel freático desde la campaña 12ª que corresponde al mes de junio de 2012 y P-10 está tapado a 4 metros desde la campaña 9ª del mes de marzo.

Los instrumentos ubicados en fase I del levantamiento de San Rafael que están en funcionamiento son P-11 y IP-1. El IP-01 posee una estabilización del nivel freático a los 10m de profundidad, el descenso más importante ocurrió a los 18m de profundidad en la campaña 11b del mes de mayo de 2012, la zona geotécnica en que se encuentra el instrumento IP-1 corresponde a depósitos aluviales de la quebrada Santa Rita los cuales debido a la cercanía del instrumento con la quebrada no afecto directamente la toma de lecturas. El P-11 no registro nivel freático en ninguna de las campañas desarrolladas por CI AMBIENTAL SAS debido a que el material de la zona se encuentra bastante fracturado lo que contribuye al abatimiento rápido de los niveles freáticos.

El instrumento IP-5 se encuentra ubicado en la parte baja del deslizamiento El espino en Fase I barrio espino tercer sector. Se observa una disminución del nivel freático que está relacionado con los niveles de precipitación presentados para el mes de enero de 2012. Esta disminución es mínima y el nivel freático tiende a estabilizarse a una profundidad de 14 m. Además se puede inferir mayores velocidades de flujo sobre los 18 m de profundidad, debido a la presencia de areniscas fracturadas sobre este punto y arcillas grises bajo los 18,0m. Para la campaña 7a del mes de enero de 2012 este instrumento no pudo ser monitoreado, debido a que este se encuentra ubicado en un parqueadero y se encontraba obstruido por un camión.

Los instrumentos se encuentran ubicados en la parte baja del deslizamiento La carbonera en la Fase I en el barrio Carbonera II que están en funcionamiento son P-8 y IP-3. En el P-8 se observa una correspondencia en el aumento y disminución del nivel freático de acuerdo a las precipitaciones presentadas en la zona, el aumento más importante ocurrió hasta llegar a la superficie en las campañas 5 y 6 de los meses de noviembre y diciembre de 2011, El lugar donde se ubica este instrumento se trata de un suelo de relleno y material fino con alta humedad conformado por el deslizamiento ocurrido, y se encuentra localizado en la parte baja del talud. El IP-3 se caracteriza por tener un nivel freático muy variable pero relacionado con las lluvias ocurridas en el sector, a partir de la campaña 8 el Inclínómetro – piezómetro no registro nivel freático. Hacia la parte de arriba de este instrumento existen ocupaciones informales que pueden llegar a generar un aumento en el nivel.

El instrumento IP-6 se encuentra ubicado en Fase II en el deslizamiento la Carbonera en el barrio Santa Viviana Vista Hermosa. Este instrumento posee un nivel freático variable entre los 14m y los 6m, debido a que las lecturas se relacionan con las lluvias presentadas en el sector con un tiempo

de anterioridad de aproximadamente 45 días. El nivel freático más alto se presentó en el mes de diciembre de 2011 a una profundidad de 5.32m y el más bajo ocurrió en marzo de 2012 a 15.34m de profundidad. En la campaña 10b de monitoreo que corresponde al mes de mayo de 2012, el instrumento fue destruido luego de la activación del movimiento en Santa Viviana Vista Hermosa. Debido a lo anterior, lo registrado por la sonda piezométrica corresponde a lodo a la profundidad que el instrumento quedo destruido.

Los Inclinómetros I-5, I-20, I-7 y IP-4 que están en funcionamiento ubicados en Fase II y III en la parte alta del deslizamiento La Carbonera, en el Barrio Santa Viviana, presentaron desplazamientos importantes en la anterior consultoría, pero en las campañas adelantadas por CI AMBIENTAL SAS el Inclinómetro I-20 fue el único que presento desplazamientos milimétricos en la campaña 11 del mes de mayo de 2012, obteniendo con esto que el instrumento arrojaba información errada debido a que no se observaban estos movimientos.

El Inclinómetro I-8 ubicado en Fase II en la parte alta del deslizamiento La Carbonera, en el Barrio Santo domingo no presenta desplazamientos, su instalación ocurrió en la campaña 17 del mes de noviembre de 2012 razón por la cual no se tienen parámetros suficientes para poder determinar la estabilidad del terreno.

Los Inclinómetros I-4 y I-6 que están en funcionamiento ubicados en Fase II en la parte baja del deslizamiento La Carbonera, en el Barrio Santa Viviana Vista Hermosa, en el anterior monitoreo se presentaron desplazamientos y en la presente consultoría la tendencia de falla continua, se presentaron desplazamientos de 4cm a una profundidad de 4m, ahí se destruyó el instrumento IP-6 a los 7m de profundidad, esta profundidad corresponde a la de la superficie de falla del proceso de remoción en masa presentado en el sector durante el mes de abril de 2012. Este fue el mayor desplazamiento registrado en todos los instrumentos durante el monitoreo, actualmente estos instrumentos registran desplazamientos milimétricos, cabe mencionar que los movimientos han disminuido pero que el cualquier momento se puede reactivar.

El Inclinómetro IP-3 ubicado en Fase II en la parte baja del deslizamiento La Carbonera, en el Barrio Carbonera II no presenta mayores desplazamientos, desde su instalación el máximo movimiento registrado fue de 2mm lo que no compromete la estabilidad del terreno ni de las viviendas aledañas.

El Inclinómetro IP-5 ubicado en Fase II en la parte baja del deslizamiento El Espino, en el Barrio Espino tercer sector no presenta mayores desplazamientos, desde su instalación el máximo desplazamiento registrado fue de 2mm en la superficie posiblemente por la caída de rocas, teniendo en cuenta que no se pudo monitorear desde la campaña 7 del mes de enero de 2012, debido a que se encontraba obstruido.

Los Inclinómetros I-17 y IP-1 que están en funcionamiento ubicados en Fase II en la parte baja del deslizamiento El Espino, a la altura del barrio San Rafael, presentaron desplazamientos de 1cm para la campaña 4 y 5 de los meses de octubre y noviembre de 2011. En la actualidad estos instrumentos registran desplazamientos milimétricos.

El Inclinómetro I-19 ubicado en Fase II en la parte alta del deslizamiento El Espino, en el Barrio Los Tres Reyes no presenta mayores desplazamientos, desde su instalación el mayor desplazamiento registrado fue de 1mm en la superficie lo que muestra estabilidad del terreno.

Los Inclinómetros I-10 y I-11N que están en funcionamiento ubicados en Fase II en la parte alta del deslizamiento El Espino, en el barrio El Espino I sector cercanos al muro del espino. Los instrumentos registraron al inicio de la obra movimientos milimétricos pero en la actualidad no presentan alguna actividad, por lo cual no representa alteración de la estabilidad del sector.

5.4. ESTRUCTURAL

Se realizó el monitoreo estructural de las edificaciones localizadas en el barrio Santa Viviana, Santo Domingo, El Espino I, Tres Reyes, Mirador de la Estancia, El Rincón del Porvenir, Carbonera II, Carbonera, Santa Viviana Sector Vista Hermosa y San Rafael del Alto de la Estancia, para un total de 222 predios, entregados inicialmente por el FOPAE. (Ver **Tabla 5.2**), y de 3 predios adicionales incluidos en el mes de Abril de 2012, los cuales se encuentran ubicados 2 en el barrio Tres Reyes y 1 en el barrio Carbonera. Como se mencionó en el informe 10 en el mes de abril de 2012, los predios que se encuentran ubicados en el barrio Tres Reyes son predios cercanos a la vivienda que tiene índice de daño (vulnerabilidad) muy alto, predio 27 manzana 1; se definieron con el fin de identificar si existe una continuidad de los daños estructurales observados en esta vivienda y la vivienda ubicada en el barrio La Carbonera correspondiente al Predio 2 de la manzana 2 se incluyó en el monitoreo estructural teniendo en cuenta que fue propuesta por el FOPAE.

En este sentido se inspeccionaron 225 predios en el sector altos de la estancia, 222 entregados inicialmente por el FOPAE y 3 predios adicionales.

Como se mencionó en las diferentes campañas de monitoreo de los 225 predios monitoreados entregados inicialmente en Altos de la Estancia se encontró que 8 predios conforman el colegio Didascalio el cual está ubicado en el barrio Santa Viviana y 11 predios conforman el colegio Marmatos II ubicado en el barrio Carbonera II.

Tabla 5. 2. Monitoreo Estructural

MONITOREO		
BARRIO	No DE PREDIOS ENTREGADOS INICIALMENTE	No DE PREDIOS ADICIONALES
SANTA VIVIANA	47	
SANTO DOMINGO	4	
ESPINO I	63	
TRES REYES	11	2
MIRADOR DE LA ESTANCIA	15	
RINCON DEL PORVENIR	7	
LA CARBONERA	3	1
LA CARBONERA II	29	
SANTA VIVIANA - SECTOR VISTA HERMOSA	14	
SAN RAFAEL DEL ALTO DE LA ESTANCIA	29	
TOTAL	222	3

En el monitoreo realizado a las viviendas se identificaron los daños que se presentan en los diferentes elementos (cimientos, muros, entrepisos y cubierta). Las construcciones evaluadas en el transcurso del monitoreo en su gran mayoría son hechas por autoconstrucción, sin supervisión o dirección de personal calificado. El sector Altos de la Estancia está construido sobre una pendiente alta; la vía urbana principal pavimentada y otras en afirmado en las cuales se puede observar una deficiente o inexistente canalización de aguas superficiales sin ninguna obra de recolección y en algunos casos no tienen obras de drenaje; como se muestra en la **Figura 5.9**, correspondiente a la Cra 76 C entre Calles 64 D sur y 64 A sur en el barrio Espino I en donde el agua fluía por la mitad de la vía produciendo cárcavas de erosión que se habían estado agrandando en la transición de las campañas 4 el día 26 de octubre de 2011 y campaña 7 el día 20 de Enero de 2012, presentando una profundidad aproximada de 60cms y un ancho variable, en los meses de Noviembre y diciembre de 2012 estas cárcavas fueron rellenadas por personal de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado los cuales se encontraban construyendo la continuidad de la canalización en la parte media y alta del Espino I sobre la vía entre las calles 64 D sur y 64 A sur.

De la misma manera se observó que el rebosamiento de las alcantarillas ubicadas en la parte baja de Espino en la carrera 76C entre calles 64D sur y 64A sur lo que produjo cárcavas como se muestra en la **Figura 5.9** y que fue identificado en el mes de diciembre de 2011 no se continuo presentando, lo que se puede atribuir a la disminución de las precipitaciones desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre y a que las precipitaciones del mes de los meses de noviembre y diciembre no fueron constantes, de igual manera, según lo observado en la calle 64 A sur, como se mencionó anteriormente se está dando continuidad al canal lo que permitirá que el flujo de agua no fluya por la vía.

CAMPAÑA 4, 5, 6 y 18



Figura 5. 9. Carrera 76 C entre Calles 64 D sur y 64 A sur. Espino I

De las 225 predios evaluados se determinó el índice de daño bajo, medio, alto y muy alto a 178 viviendas, en algunas viviendas no se pudo realizar el ingreso para realizar la respectiva evaluación razón por la cual se realizó monitoreo externo, algunos predios entregados por el FOPAE estaban vacíos o en construcción y otras viviendas estaban construidas en material de recuperación como se muestra en la tabla 5.3.

Tabla 5. 3. Observación y/o Índice de Daño

OBSERVACIÓN Y/O ÍNDICE DE DAÑO	No DE PREDIOS
BAJO	129
MEDIO	47
ALTO	1
MUY ALTO	1
MONITOREO EXTERNO SIN INDICE DE DAÑO	25
MATERIAL DE RECUPERACIÓN	13
LOTES BALDIOS Y/O EN CONSTRUCCIÓN	9
TOTAL	225

En los monitoreos realizados en las 225 Viviendas, se encontró un predio con índice de daño (vulnerabilidad) alto en el barrio Santa Viviana y un predio con índice de daño (Vulnerabilidad) Muy Alto en el barrio Tres Reyes, como se muestra en la **Tabla 5.4.**

Tabla 5. 4. Viviendas con Índice de Daño (Vulnerabilidad) Alto y Muy Alto

BARRIO	MANZANA	PREDIO	DIRECCIÓN	NOMBRE	IDENTIFICACIÓN	INDICE DE DAÑO (VULNERABILIDAD)	EVALUACIÓN INDICE DE DAÑO (VULNERABILIDAD)
SV	27	30	Diag. 76 No 75 H – 03	LUZ AMPARO SAAVEDRA	26566784	3.59	Alto
TR	01	27	CRA 76B No 63ª-11 SUR	EDGAR DIAZ	79423779	4.07	Muy Alto

En el Predio 18, Manzana 16 ubicado en el barrio Mirador de La Estancia, el cual se encontraba con Índice de Daño Alto y se realizó cambio a índice de daño medio, debido a lo arreglos que el propietario había realizado en la vivienda, se recomienda continuar con el monitoreo a la vivienda con el fin de detectar si existe algún cambio evidente, que aumente la calificación de vulnerabilidad.

Es necesario enfatizar que la Evaluación del índice de daño (vulnerabilidad) de las viviendas monitoreadas está basada únicamente en la inspección visual realizada a las viviendas y a la información suministrada por los habitantes de las viviendas evaluadas, por lo que existen situaciones coyunturales que se escapan de la evaluación visual. Finalmente se aclara que la evaluación adelantada no corresponde a una estimación de la capacidad de respuesta sísmica de las edificaciones.

Se observó una disminución en las lluvias a partir del mes del mes de Mayo de 2012 hasta el mes de diciembre de 2012; para el mes de octubre de 2012 se presentó un aumento significativo; sin

embargo, no se observó aumento en el índice de daño (Vulnerabilidad) de las edificaciones monitoreadas.

5.5. AMENAZA

Lo mapas de amenaza se definieron para dos condiciones: para el escenario 1, bajo condiciones de Nivel Freático medido y sin sismo con un área de 39.50 Ha en bajo, 19.56 Ha en Medio y 35.86Ha en Alto; para el Escenario 2, bajo condiciones Nivel Freático medido, Intensidad de lluvias 3.6mm/h y sismo con aceleración 0.12g para el Deslizamiento de Espino y 0.18g para el Deslizamiento Carbonera, con un área de 39.63 Ha en Medio y 55.68 Ha en Alto.

En el Mapa de Zonificación de Amenazas del Escenario 1, se observa que el sector dentro de los límites de los procesos levantados en campo, presenta una actividad alta en el Sector Carbonera y Espino. Esta actividad alta corresponde a zonas en el cuerpo de los deslizamientos.



Figura 5. 10. Zonificación de Amenazas por fenómenos de Remoción en Masa, Escenario 1

Bajo las condiciones de análisis del Escenario 1, en el sector el Espino, la amenaza media presentada es menor que en el deslizamiento La Carbonera, en donde esta amenaza se extiende

hasta el extremo del área denominada como polígono de suelo de protección por riesgo, mientras que en el espino esta amenaza media se presenta como una transición entre la amenaza alta y baja.

Bajo las condiciones del Escenario 1, es importante denotar que dadas las profundidades del nivel freático en el sector de El Espino, del orden de 20m, se obtiene que el talud es estable. Sin embargo, la manera de reproducir la condición crítica que actualmente se presenta, es asumiendo que el nivel freático esta un metro sobre la superficie potencial de falla. Este hecho fue determinado por INGEOMINAS.

En el sector de La Carbonera, en el Escenario 1, se presenta una masa en la parte central del movimiento que se encuentra bajo una calificación de Amenaza Alta, la cual puede tener un comportamiento retrogresivo, dadas las características rotacionales del movimiento en este sector. En este sector aunque los niveles freáticos son mucho más altos en comparación con los encontrados en el sector de El Espino, hace que esta sea una condición más crítica. Esta zona adicionalmente se caracteriza por su alta humedad.

En la parte baja del deslizamiento el Espino a la altura del barrio Espino III sector, se obtuvo una amenaza alta por el fenómeno de caída de rocas que puede ser detonado por una fuerte lluvia o por un evento sísmico. La trayectoria que puede seguir una roca en el talud analizado puede alcanzar una distancia importante durante el trayecto, tal como se obtuvo con los análisis de rockfall.

En el momento de ocurrencia de un evento sísmico junto con una lluvia como la presentada en el Escenario 2, el comportamiento de la zona es mucho más crítico en la parte central y alrededores de los deslizamientos, en comparación con el Escenario 1, ya que los polígonos de amenaza abarcan una mayor área de la zona de estudio, especialmente la zona delimitada en FASE 2.

Bajo las condiciones de contorno del Escenario 2, el deslizamiento La Carbonera y El Espino, entran en amenaza alta, abarcando el área correspondiente al polígono de suelo de protección por riesgo. Por otro lado, en la parte alta del deslizamiento hacia fase III, el nivel de amenaza pasa de baja a amenaza media.

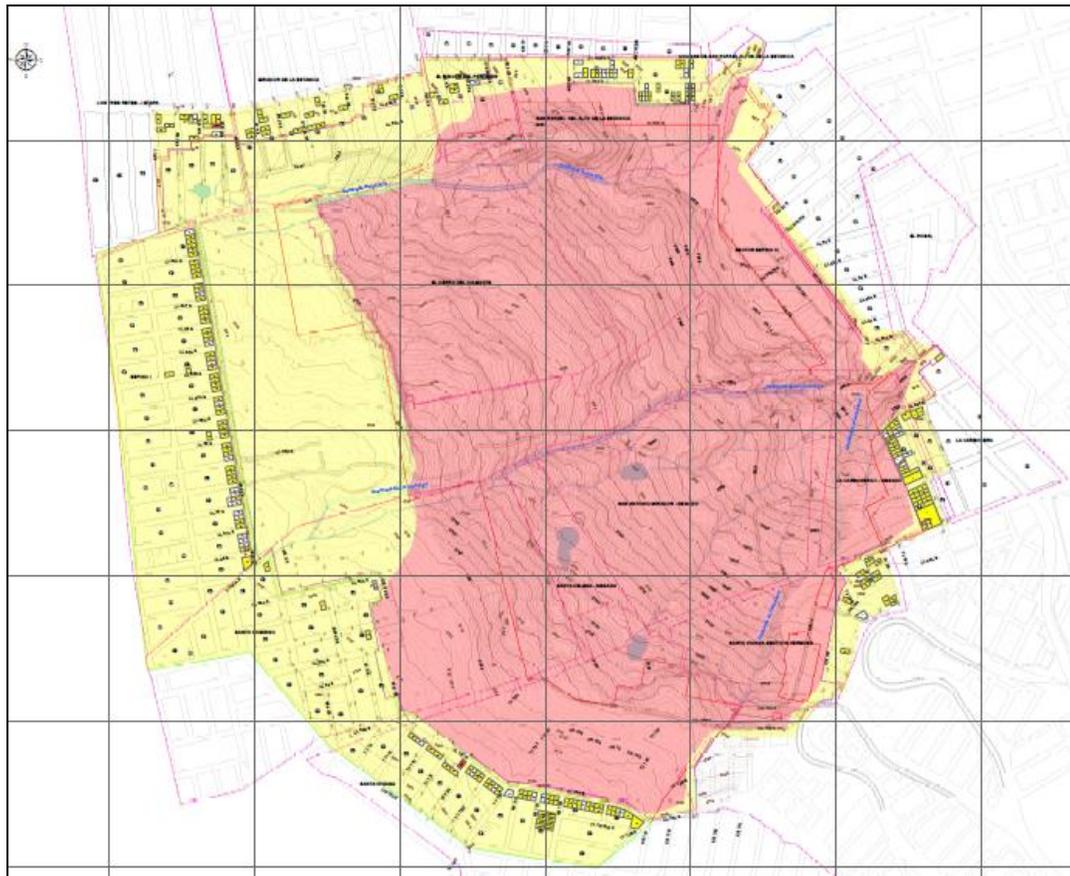


Figura 5. 11. Zonificación de Amenazas por fenómenos de Remoción en Masa, Escenario 2

Debido a la baja permeabilidad del suelo, a la estratigrafía del mismo y la presencia de fallas y grietas, la infiltración de agua en la parte superior de la zona se hace rápidamente a través de las grietas, pero la percolación se ve limitada por dichas permeabilidades, saturando masas superficiales, lo que genera mayores pesos y mayores presiones de poros en el suelo, aumentando la probabilidad de falla, tanto en el sector de La Carbonera, como en el sector de El Espino.

Los resultados obtenidos indican que tal y como se encuentra el sector actualmente, se puede presentar un fenómeno de remoción en masa en los dos grandes cuerpos de deslizamiento, en el caso en que se presente una lluvia y un sismo. Evidentemente, es importante recalcar que ese escenario crítico, toma valores de la aceleración pico máxima para esa zona de la ciudad de Bogotá (microzonificación Sísmica de Bogotá) y la lluvia es mayor a los promedios mensuales de la ciudad de Bogotá, aunque con los intensos inviernos actuales estos valores son altamente probables.

5.6. RIESGO

Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación de riesgo se zonificaron los 178 predios monitoreados entre la Campaña 1 y la Campaña 18 de la siguiente manera: para el escenario 1, bajo condiciones de Nivel Freático medido y sin sismo 115 viviendas se encuentran en Riesgo Bajo y 63 viviendas en Riesgo Medio; para el Escenario 2, bajo condiciones Nivel Freático medido, Intensidad de Lluvias 3.6mm/h y sismo con aceleración 0.12g para el Deslizamiento de Espino y 0.18g para el Deslizamiento Carbonera, 176 viviendas se encuentran en Riesgo Medio y 2 viviendas se encuentran en Riesgo Alto. Es importante destacar sin embargo, que el estudio se limitó a evaluar la estabilidad del talud, y no se ha tenido en cuenta, efectos de amplificación topográfica, ni el comportamiento de las estructuras ante el sismo.

Los resultados de Riesgo obtenidos para las viviendas monitoreadas en el sector de Altos de la Estancia se distribuye de la siguiente manera:

- Escenario 1, bajo condiciones de Nivel Freático medido y sin sismo

Riesgo Bajo 115 predios ubicados en los barrios Santa Viviana, Santo Domingo, Espino I, Tres Reyes, Mirador de la Estancia, Rincón del Porvenir, San Rafael del alto de la Estancia, Carbonera, Carbonera II y Santa Viviana – Vista Hermosa; en Riesgo Medio 63 predios ubicados Santa Viviana, Santo Domingo, Espino I, Tres Reyes, Mirador de la Estancia, San Rafael del alto de la Estancia, Carbonera II y Santa Viviana – Vista Hermosa.

- Escenario 2, bajo condiciones Nivel Freático medido, Intensidad de Lluvias 3.6mm/h y sismo con aceleración 0.12g para el Deslizamiento de Espino y 0.18g para el deslizamiento Carbonera.

Riesgo Medio 176 predios ubicados en los barrios Santa Viviana, Santo Domingo, Espino I, Tres Reyes, Mirador de la Estancia, Rincón del Porvenir, San Rafael del alto de la Estancia, Carbonera, Carbonera II y Santa Viviana – Vista Hermosa y en Riesgo Alto 2 predios ubicados en Santa Viviana y Tres Reyes.

5.7. ALERTA TEMPRANA

El sistema de alerta temprana es un insumo definido a partir de los datos levantados en campo de los puntos de control y de la inspección visual, de acuerdo a las zonas que presentan actividad reciente así como las que podrían presentar algún tipo de movimiento en el corto plazo. A estas

zonas se le asigna una calificación teniendo en cuenta el cálculo y análisis de la información recolectada en campo. Esta calificación se divide en Roja, Naranja, Amarilla y Verde, los cuales se asignan de las zonas con más vulnerabilidad de ocurrencia de un fenómeno hasta los sectores con menor probabilidad de ocurrencia; lo anterior con el fin de que se tomen las medidas pertinentes teniendo en cuenta la descripción de cada zona y las recomendaciones dadas. A continuación se presenta el nivel de alerta para el sector, donde se describe el mes de Diciembre de 2012 mes en la cual finalizó el monitoreo de los elementos que describen el índice de alerta del sector en función de las zonas definidas de acuerdo al levantamiento de procesos realizado al inicio de la consultoría:

- Las zonas categorizadas como grado de alerta verde corresponden a: LC-14, LC-16, LC-18 ubicadas en la parte alta del deslizamiento La Carbonera, y las zonas EE-06, EE-07, EE-08 y EE-09 ubicadas hacia la parte alta y baja del deslizamiento El Espino. Teniendo en cuenta la dinámica del área de estudio se recomienda realizar monitoreo sencillo en estas zonas (mojones y revisión de viviendas).
- Los sectores categorizados en grado de alerta amarillo corresponden a las zonas: LC-05, LC-06, LC-09, LC-10, LC-11, LC-12, LC-15 y LC-17 ubicadas en la parte intermedia del deslizamiento La Carbonera; así como las zonas EE-01, EE-02, EE-04, EE-10 y Quebrada Santa Rita en la parte intermedia y baja del sector del deslizamiento El Espino. Se recomienda continuar con el monitoreo geotécnico y estructural, con el fin de verificar el avance del deslizamiento y la profundidades de la superficie de falla. Para estos sectores se recomienda la instalación de piezómetros de cuerda vibrante que permitan medir de manera precisa las fluctuaciones del nivel freático y su influencia en la estabilidad.
- Las zonas categorizadas como grado de alerta roja corresponden a: La zona LC-02, LC-03, LC-04, LC-07, LC-08 y LC-13 del sector del deslizamiento La Carbonera, y las zonas EE-03 y EE-05 del deslizamiento El Espino. Teniendo en cuenta que estas zonas están declaradas en alto riesgo no mitigable, se recomienda la evacuación definitiva de las viviendas que se encuentran localizadas en este sector, así como un seguimiento morfométrico visual que permita definir los cambios en superficie que puedan advertir la evolución y magnitud en el proceso. Realizar un monitoreo geotécnico continuo con el fin de verificar el avance del deslizamiento y la profundidades de la superficie de falla. Se recomienda la implementación de obras de estabilización en este sector.

Tabla 5. 5. Resultados de alerta – Diciembre 2012

ZONA	INDICE DE ALERTA	GRADO DE ALERTA
LC-01	2,411	Amarilla
LC-02	2,829	Roja
LC-03	4	Roja
LC-04	2,95	Roja
LC-05	2,157	Amarilla
LC-06	2,167	Amarilla
LC-07	4,175	Roja
LC-08	4,35	Roja
LC-09	2,35	Amarilla
LC-10	2,688	Amarilla
LC-11	2,1	Amarilla
LC-12	2,193	Amarilla
LC-13	2,18	Roja
LC-14	1,721	Verde
LC-15	2,145	Amarilla
LC-16	1	Verde
LC-17	2,038	Amarilla
LC-18	1,748	Verde
EE-01	2,085	Amarilla
EE-02	2,376	Amarilla
EE-03	2,895	Roja
EE-04	2,308	Amarilla
EE-05	2,051	Roja
Q. SANTA RITA	2,194	Amarilla
EE-06	1,486	Verde
EE-07	1,878	Verde
EE-08	1	Verde
EE-09	1	Verde
EE-10	2,05	Amarilla

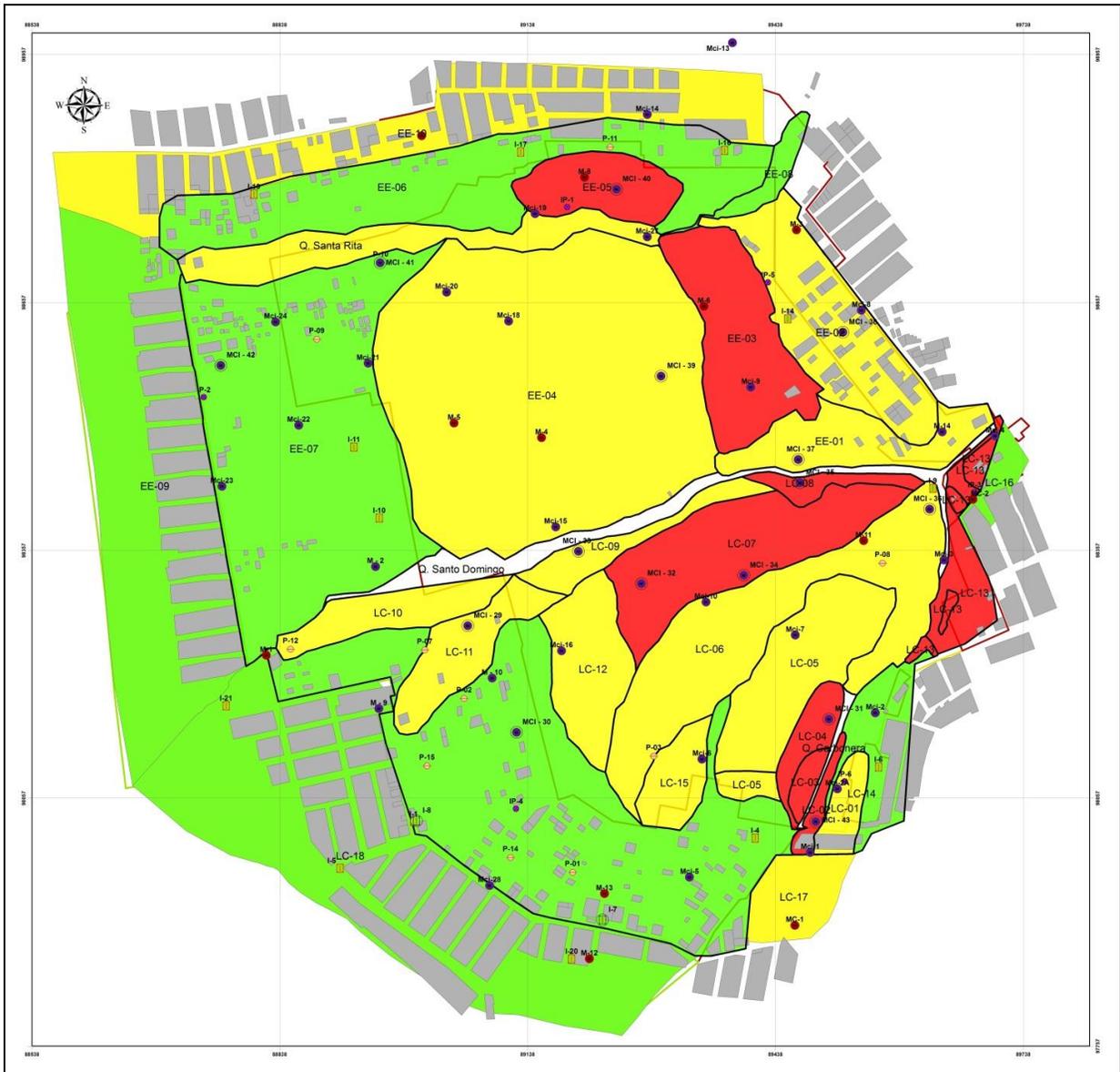


Figura 5. 12. Zonificación Grados de alerta según la última campaña de monitoreo

6. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del monitoreo realizado en la zona se concluye que en la fase III de la zona de estudio, correspondiente a los barrios Santa Viviana, Santo domingo y Espino I sector, teniendo en cuenta los instrumentos instalados M-01, MCI-24, I-05, I-20, I-21, M-12 y M-09, la inspección visual y los análisis de estabilidad, no se están presentando movimientos representativos tanto en superficie como en profundidad; así mismo la construcción de la obra del Muro Espino I sector contribuye con la estabilidad de la parte alta de la zona (Fase III), el cual se encuentra ubicado en la parte baja del barrio Espino I. Por lo anterior la amenaza de esta zona para condición actual se encuentra en baja así como el grado de alerta en verde, lo que concuerda con la evaluación estructural de las viviendas de los barrios mencionados, en las cuales los daños son atribuidos a deficiencias constructivas y no a movimientos del terreno.

En la fase II de la zona de estudio se encuentran instalados 38 instrumentos de control (Piezómetros, Inclínómetros y mojones) de los cuales 18 se encuentran en el deslizamiento El Espino y 20 en el deslizamiento La Carbonera, cuyos desplazamientos resultantes más representativos durante el monitoreo se encuentran aproximadamente entre 10 y 13 cms; estos instrumentos se encuentran ubicados en la parte baja de los barrios Santa Viviana y Santo Domingo en el deslizamiento de La Carbonera y en la parte baja del barrio Espino I sector, lo que nos muestra desplazamientos pequeños en los deslizamientos. De la misma manera los instrumentos ubicados cerca a los barrios Tres Reyes, Mirador de la Estancia, Rincón del Porvenir y San Rafael del alto de la Estancia presentaron desplazamientos resultantes menores a 9 cms. Se debe tener en cuenta que en esta fase II se observa el flujo de aguas servidas hacia el deslizamiento las cuales se recomienda sean controladas.

En la Fase I de la zona de estudio se presentan los mayores desplazamientos resultantes de la instrumentación en los cuales se encontraron desplazamientos entre 13 y 19 cms en sentido noreste y en sentido norte para algunos escarpes, estos instrumentos se encuentran ubicados en la parte alta del barrio Espino III sector, zona en donde se ha observado desprendimiento de rocas y viviendas que se encuentran ubicadas de manera ilegal dentro del polígono de suelo de protección. Otro grupo de estos instrumentos se encuentra en Carbonera I, Carbonera II y el barrio Santa Viviana – Vista Hermosa, en este último barrio se hace referencia la presencia de una grieta producida por un movimiento del terreno reciente la cual en las épocas de lluvias marcadas presenta aumento en abertura y altura y que coincidió con los movimientos presentados durante el monitoreo en los instrumentos ubicados en la zona. Estructuralmente las viviendas evaluadas en esta Fase I no se han visto afectadas por estos movimientos, los daños presentados en estas viviendas se deben a deficiencias constructivas como se ha mencionado anteriormente.

El deslizamiento la Carbonera en su parte media sigue presentando desplazamientos importantes entre 13 y 19 cms aproximadamente, lo cuales son más marcados con el incremento de las lluvias. En este contexto se encontró que la lluvia tiene influencia sobre los desplazamientos del terreno, tal como se aprecia en la figura 6.1. En dicha figura se observa que existe una relación directa entre los desplazamientos del terreno y las lluvias. Es importante destacar sin embargo, que los desplazamientos no son de gran magnitud (máximo 27.0 cm), lo cual es atribuible a que durante la ejecución del estudio no se presentaron lluvias intensas y prolongadas, que generaran algún tipo de inestabilidad de la ladera. En la figura 5.1 se observa que los máximos valores de precipitación están alrededor de 20 mm. Un aspecto que está afectando la estabilidad del sector, pero que es difícil de cuantificar, corresponde a la permanente descarga de aguas negras al talud. Estas aguas provienen de la parte superior del talud y se infiltran desconociéndose el recorrido.

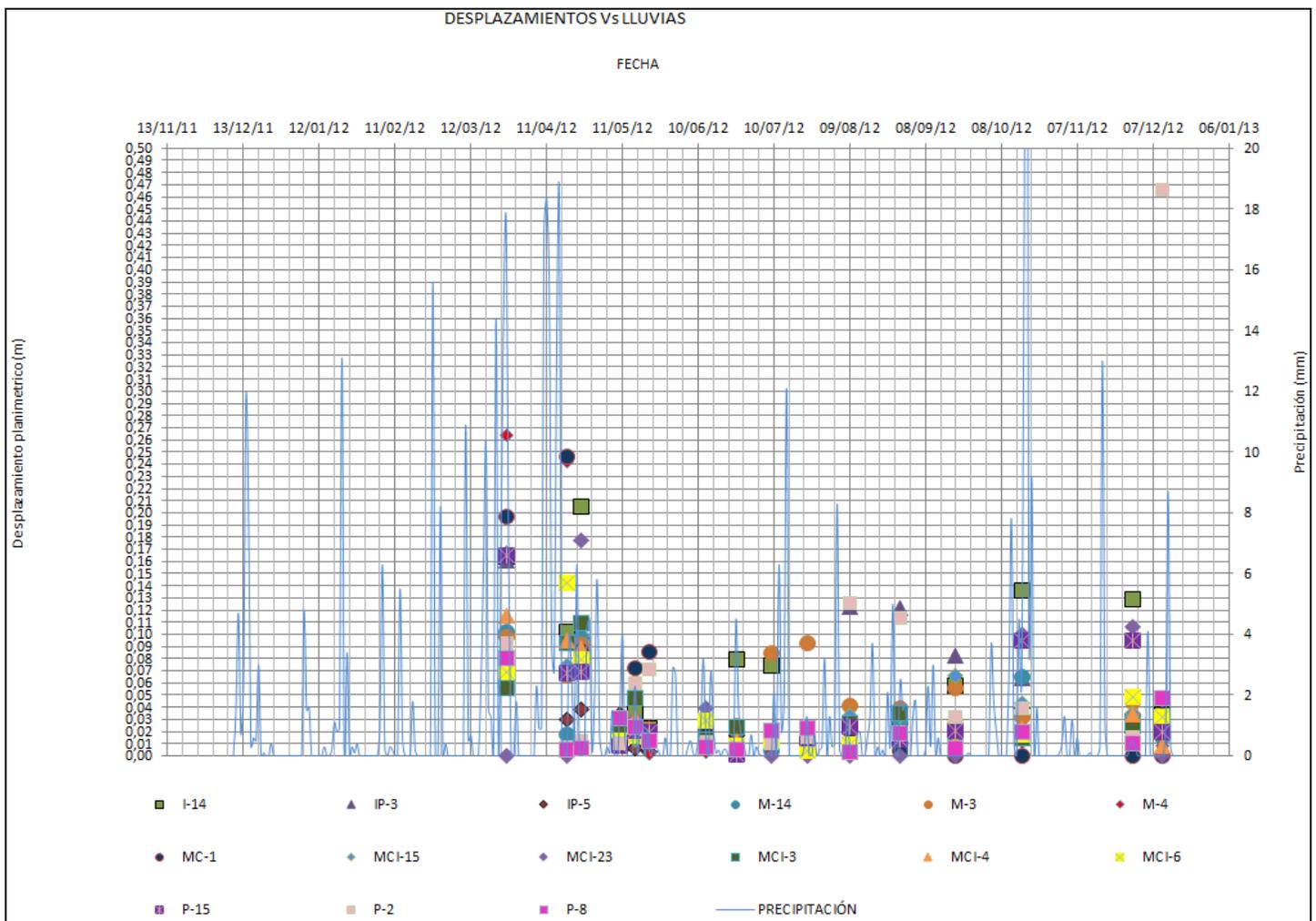


Figura 6. 1. Lluvias Vs Desplazamientos de los Instrumentos

Durante el monitoreo estructural realizado durante 18 campañas a 225 viviendas distribuidas en 10 barrios del sector altos de la estancia (Santa Viviana, Santo Domingo, Espino I, Tres Reyes, Mirador de la Estancia, Rincón del Porvenir, San Rafael del Alto de la Estancia , Carbonera, Carbonera II y Santa Viviana Vista Hermosa) entre los meses de Julio de 2011 y Diciembre de 2012, se concluye, que los daños de las viviendas no están asociados con el deslizamiento, sino a deficiencias constructivas. Es importante destacar sin embargo, como los diferentes periodos invernales no incidieron en los daños encontrados en las viviendas. Sin embargo, se aclara que en el evento de desplazamientos importantes del terreno o un sismo, las viviendas por su misma conformación estructural se pueden ver seriamente afectadas.

En la parte baja del deslizamiento el Espino a la altura del barrio Espino III sector, se obtuvo una amenaza alta por el fenómeno de caída de rocas que puede ser detonado por una fuerte lluvia o por un evento sísmico. La trayectoria que puede seguir una roca en el talud analizado puede alcanzar una distancia importante durante el trayecto, tal como se obtuvo con los análisis de rockfall.

7. RECOMENDACIONES

1. Dentro de los procesos monitoreados se destacan las viviendas que pueden ser afectadas por el proceso EE-03 debido al desprendimiento de bloques en el Espino III sector. En este orden de ideas, se reiteran las recomendaciones dadas por el FOPAE en el diagnóstico Técnico DI-5844 referentes a evacuar definitivamente las viviendas localizadas en Zonas de Alto Riesgo NO Mitigable, con el fin de salvaguardar la vida de los habitantes (debido a que el desprendimiento de bloques puede continuar y reactivarse durante un periodo de lluvias o sismo). Esto es sumamente importante ya que estas fallas son súbitas y no dan tiempo de evacuar las personas.
2. Así mismo, se destaca la grieta que se identificó en el mes de Diciembre de 2011 a la altura de Santa Viviana – Vista Hermosa. Esta grieta se mantuvo constante hasta el mes de abril de 2012. Sin embargo, después de este periodo se observó un incremento en la abertura de la grieta, tanto en profundidad como en el área aferente. A este respecto reiteramos nuevamente lo manifestado en los diferentes informes parciales de monitoreo, sobre el inminente peligro de las viviendas ubicadas en la manzana U9 y se recomienda:
 - Instalar un inclinómetro con el fin de determinar la profundidad de la potencial superficie de falla. Aunque en la zona existen dos inclinómetros estos se encuentran ubicados hacia la parte inferior del talud. Por tanto, recomendamos instalar un inclinómetro adicional cercano a las viviendas y cuyas lecturas permitan tomar decisiones rápidamente.
 - Así mismo, se reitera la necesidad de evacuar definitivamente las viviendas localizadas en la manzana U9, dado que aún se encuentran habitadas, (viviendas que fueron notificadas en el diagnóstico Técnico DI-5977 de Noviembre de 2011).
3. En la parte baja de Carbonera II, lugar en el que se presentó el deslizamiento en el mes de Diciembre de 2011, no se observaron nuevas reactivaciones de deslizamientos, que pusieran en peligro a las viviendas. Es importante destacar que el terreno se ha mantenido estable, lo cual está relacionado con la disminución de las lluvias en el sector. Sin embargo, es necesario mantener un monitoreo permanente de este sector, especialmente en épocas invernales.
4. En la parte baja del barrio Santa Viviana- Vista Hermosa se encuentra un proceso que moviliza escombros y basuras que han sido acumuladas a media ladera por vecinos del sector. No se observó continuidad en los desplazamientos de material a partir del mes de

mayo de 2012, desde la parte media y baja del talud hacia el canal la Carbonera. Se recomienda remover estas basuras, limpiar el talud, y ubicar vallas sobre prohibición, así como multas para los que hagan esta actividad. Es importante aclarar que la falla de este botadero de basura ilegal ocasionará el taponamiento y posterior represamiento de la quebrada la Carbonera.

5. Se recomienda instalar piezómetros de cuerda vibrante con sistema de adquisición de datos programados para tomar mediciones cada 5 minutos, con el fin de obtener datos más acertados de los niveles freáticos en el terreno y poderlos correlacionar con las lluvias presentadas en el sector.
6. En el barrio la Carbonera se observaron desprendimientos pequeños de material a lo largo del monitoreo que se pueden seguir presentando y podría afectar la infraestructura ubicada en la parte alta, que anteriormente produjo el colapso del muro perimetral (La granja del Colegio Marmatos), por lo que se reitera la importancia de perforación en el sitio y ensayos de laboratorio, con el fin de evaluar la estabilidad del talud, el muro y proponer las medidas de estabilización del sector.
7. Se recomienda continuar con las obras y actividades de reconstrucción y recuperación de la totalidad de los canales que transportan la Quebrada Santa Rita, Santo Domingo y Carbonera, con el fin de evitar un deterioro mayor a largo plazo, incrementándose los daños en los alrededores. Es importante destacar, que se identificaron varios sectores, donde los canales pueden ser afectados por deslizamientos que causarían la obstrucción de los mismos. A este respecto, se recomienda tomar medidas de carácter inmediato, con el fin de disminuir la amenaza sobre estos canales, vitales para el adecuado manejo de las aguas superficiales.
8. Para las viviendas de daño alto y muy alto se sugiere lo siguiente:
 - El predio 30 de la Manzana 27 de Santa Viviana, se presentan daños localizados en los muros de la habitación principal que pueden atribuirse a deficiencias constructivas además de presentar problemas en la placa de contrapiso de toda la edificación generados probablemente por asentamientos diferenciales. Aunque el daño no se ha generalizado en toda la vivienda, esta se considera con índice de daño (vulnerabilidad) alto, debido a los daños presentes en la habitación principal. La habitabilidad de esta vivienda puede verse comprometida en el corto plazo, si no se realiza el reforzamiento estructural adecuado. Se debe tener en cuenta que el propietario manifestó en la visita de monitoreo estructural en el mes de diciembre de 2011, haber recibido visita por parte del FOPAE en donde se le

recomendó realizar el reforzamiento estructural pertinente, sin embargo el propietario todavía no ha realizado ningún arreglo a la vivienda.

- En la Manzana 1 Predio 27 del barrio Tres reyes, se presentan grietas importantes y hundimientos en la placa de contrapiso, y grietas en los muros la cual se puede asociar a asentamientos diferenciales en el terreno de cimentación y a las deficiencias constructivas de la vivienda, por lo que dicha calificación es de 4.07 con un índice de daño (vulnerabilidad) muy alto. Por lo anterior la habitabilidad de la vivienda está seriamente comprometida y el día 1 de Febrero de 2012, se emitió acta de recomendación de evacuación y se realizó el DI-6262 por parte del FOPAE, en el cual se concluye y recomienda la evacuación de manera preventiva y temporal hasta mejorar la calidad de la vivienda con el apoyo de personal idóneo. Adicional a esto aunque el FOPAE emitió acta de evacuación para esta vivienda el propietario todavía se encuentra habitándola; por lo anterior se mantiene el índice de daño (Vulnerabilidad) Muy alto, y se encuentra comprometida la habitabilidad de la vivienda.
- 9. En el Predio 18, Manzana 16 ubicado en el barrio Mirador de La Estancia, se recomienda continuar con el monitoreo a la vivienda con el fin de detectar si existe algún cambio evidente, que aumente la calificación de vulnerabilidad.
- 10. De acuerdo con los resultados del monitoreo estructural de las viviendas de Tres Reyes y en especial del Predio 27 de la Manzana 1, se reitera la recomendación al FOPAE de adelantar un estudio de suelos y cimentaciones, con el fin de establecer problemas locales en la zona, dado que se puede presentar un posible problema de arcillas expansivas o estratos blandos que estén generando asentamientos excesivos. Esto es debido a que los agrietamientos de la vivienda no presentan ninguna relación con el deslizamiento.
- 11. En la parte baja del deslizamiento el Espino a la altura del barrio Espino III sector, se mantienen las recomendaciones dadas por el FOPAE en el diagnóstico Técnico DI-5844 de evacuar definitivamente las viviendas localizadas en Zonas de Alto Riesgo NO Mitigable, con el fin de salvaguardar la vida de los habitantes, debido a que bajo el análisis realizado en el presente informe, estas viviendas se encuentran ubicadas en la trayectoria de los bloques.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CONSORCIO ALTOS DE LA ESTANCIA 2009 (2009). Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la estancia de la localidad de ciudad bolívar, en Bogotá D.C.

CONSORCIO ALTOS DE LA ESTANCIA 2007 (2007). Elaborar los diseños detallados, presupuestos y especificaciones técnicas para la construcción de las obras de mitigación de riesgos requeridas en el sector de Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar, en la Ciudad de Bogotá, D.C.

INGENIERÍA Y GEOTÉCNIA LTDA (1999). Estudio Geotécnico, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar la Cuenca de la Quebrada La Carbonera en la Localidad de Ciudad Bolívar.

GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES (2001). Diseño e Instalación de la Instrumentación para el Monitoreo y Seguimiento de los Fenómenos de Remoción en Masa del Barrio El Espino.

GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES (2002). Monitoreo y Seguimiento al Deslizamiento de los barrios San Antonio del Mirador, Santa Helena, Santa Vivian, Vista Hermosa, Santo Domingo (Rosales) y la Carbonera.

INGEOMINAS (2003). Estudio de Evaluación de Amenaza por Deslizamiento para los Barrios El Espino y Cerro del Diamante, e Instalación y Monitoreo de Instrumentación Geotécnica.

MOYA Y GARCÍA LTDA (2003). Monitoreo y Seguimiento al Deslizamiento que Afecta los Barrios San Antonio del Mirador, Santa Helena, Santa Viviana, Santa Viviana Sector Vista Hermosa, Santo Domingo (Rosales) y La Carbonera de la Localidad de Ciudad Bolívar.

INGENIERÍA & GEORIESGOS LTDA (2003). Monitoreo y Seguimiento a los Deslizamientos Activos que Afectan el Sector de Altos de la Estancia.

GEOCING LTDA (2003). Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Protección y Control en el Barrio San Rafael, de la Localidad de Ciudad Bolívar de Bogotá D.C.

INGENIERÍA & GEORIESGOS LTDA (2004). Estudio de Riesgo y Diseño de Medidas de Mitigación en el Sector Altos de La Estancia Localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA Fondo de Prevención y Atención de Emergencias</p>	<p>MONITOREO TOPOGRÁFICO, GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL PARA EL SEGUIMIENTO DEL MOVIMIENTO EN MASA DE LA ZONA DE ALTO RIESGO DEL SECTOR DE ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR</p>	 <p>CI AMBIENTAL Ingeniería Geotécnica y Ambiental</p>
---	--	---

GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES (2005). Monitoreo y Seguimiento a los deslizamientos activos que afectan el Sector Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.

GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES (2007). Estudio – diseño detallado de obras de mitigación para el sector Altos de la Estancia – localidad ciudad Bolívar.