RESUMEN EJECUTIVO

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá D.C como Establecimiento Público del orden Distrital, el que tiene por finalidad financiar y apoyar administrativamente las actividades que corresponden a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias – DPAE, en atención a la solicitud de la Alcaldía Mayor de Bogotá, elabora los estudios para el análisis e identificación del riesgo sobre la zona de la Urbanización Buena Vista Oriental Etapa III. El origen de la solicitud parte del decreto 043 de 2009 del 12 de febrero de 2009 "Por el cual se adoptan medidas para la prevención y mitigación de situaciones que puedan ocasionar riesgo público en la Urbanización Buena Vista Oriental Etapa III. Los análisis se realizan al considerar dos principales procesos que determinan las condiciones de riesgo del sector; el primero asociado a los fenómenos de remoción en masa y el segundo a la estabilidad local por compresibilidad y expansión del terreno, vinculados a la calidad de las viviendas e infraestructura de la urbanización.

El invierno del segundo semestre del 2008, aunque menos cruel que el del año 2006, ha traído consigo una de las manifestaciones morfodinámicas más impactantes socialmente del año. Su crudeza se hace manifiesta en la evacuación de noventa y seis (96) familias, algunas de ellas provenientes de otros procesos de reasentamiento, en la destrucción de nueve (9) viviendas, y en el dramático deterioro de otras veinticinco (25). Pero las consecuencias del deslizamiento se extienden aún más allá, involucran el desazón y la desconfianza social; la pérdida de imagen de las entidades distritales, de la administración central (v.g. la alcaldía y la secretaría de gobierno) y de los modelos de vivienda de interés social; el deterioro de la calidad de vida de un puñado de ciudadanos que apuntó sus esperanzas de vida en sistemas formales, y aparentemente estructurados, de construcción (en cabeza de un urbanizador "legal"); y repisan la amnistía tácita hacia los dueños de las canteras y los chircales, circunscripción que le sirve de recinto a Buenavista Oriental III Etapa, otorgada por la sociedad.

Buenavista Oriental Etapa III a diferencia del gran potencial de daño de la masa deslizada, de sus cifradas manifestaciones, de su inesperada magnitud y extensión, traducida en múltiples pérdidas en bienes y enseres, es un proceso esperanzador de participación institucional puesto que (en hora buena) ningún perjuicio (i.e. deceso) en la vida de los habitantes tuvo lugar. Su recuperación conllevará un trabajo sostenido en el tiempo, grandes inversiones de capital, y contacto permanente con la comunidad.

La urbanización está adosada al flanco suroeste de los cerros orientales del Distrito Capital, ocupa el tercio superior de la microcuenca de Ramajal y pertenece a la jurisdicción político-administrativa de la localidad San Cristóbal (véase *la Figura 1*). Tiene asiento entre la Carretera a Oriente y la transversal 12A sur, y desde la periferia de la fabrica El Tabor hasta la calle 31 sur. Limita al occidente con el barrio Ramajal, al norte con la fábrica El Tabor, al sur con las etapas I y II de Buena Vista y al oriente con espacio abierto. Su extensión superficial comprende cuatro (4) hectáreas de una pendiente estructural de morfología montañosa (Véase la foto 1), con elevaciones entre los 2798 msnm y los 2874 msnm.



FOTO 1 PANORÁMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Conjunto residencial es una agrupación de 96 viviendas de dos (2) y tres (3) niveles con sistema estructural en mampostería estructural, y mampostería semiconfinada en algunos sectores, losas de entrepiso y de cubierta prefabricadas en concreto. Cada vivienda ocupa un área de tres (3) metros de frente y siete (7) metros de fondo. Las edificaciones están agrupadas en módulos o unidades estructurales independientes desde cuatro (4) y hasta nueve (9) unidades, razón por la que comparten en su mayoría los muros de los costados norte y sur. El emplazamiento de la Urbanización recae en un espeso relleno escalonado, creado entre el 2002 y el 2003 (deducción salida de la comparación de las fotos satelitales de los años 2002 y 2005 – Fuente GoogleEarth-) confinado de occidente por un muro en cantiliver, y tratado con tubería perforada.

Se emplaza en una antigua zona de explotación de arcilla, en la que los niveles productivos se correlacionan con estratos de la Formación Bogotá. Las laderas evidencian los rasgos de disección de una extinta red de drenaje subparalela, matizada por depósitos coluviales, que enmascaran la pendiente estructural tallada en la base por las Formaciones Cacho y Guaduas. Este conjunto hace parte del flanco occidental del anticlinal de Bogotá, se distingue por una fuerte tectónica, inicialmente de compresión, seguido por un fallamiento complejo y finalizado con el colapso gravitacional de grandes bloques, tal vez determinados por la fracturación ocurrida.

Reposa en una pendiente estructural, sin traslocación o cambio de polaridad relevantes. La secuencia estratigráfica descansa con dirección de buzamiento medio 288 e inclinación de 30 grados, pero con variaciones locales que discurren desde los 22 grados hasta los 45 grados. Lo anterior remarca que Buena Vista se encuentra en un único dominio estructural.
La morfodinámica en el Barrio se relaciona fundamentalmente con la extracción desordenada y antitécnica de materiales pétreos. Las fotografías aéreas previas a la intervención minera exponen laderas estables, sin

evidencias de problemas de remoción en masa. En la década del 50 la otrora Autopista a Villavicencio, hoy conocida como Carretera a Oriente, está rodeada por frentes de extracción activos; las ladrilleras El Tabor, La Esperanza, Santa Elena y La Cuesta, propietaria de los predios en los que se erige hoy día la urbanización Buenavista, y la Fábrica de Ladrillos La Gidel; las evidencias de actividad morfodinámica se enmarca en dos cuerpos de deslizamiento: uno gestado al suroccidente de Buena Vista, pero próximo a ella, en aparente reposo (i.e. dormido) y otro al suroriente en el recinto de la microcuenca, sin injerencia en la urbanización. Abanico que remarca el potencial inherente del material a movilizarse.

En los años setenta la actividad extractiva continúa su avance desordenado, calificativo aún más acentuado. Se trabaja con intensidad hacia el oriente, i.e. ladera arriba, y norte de las explotaciones pre-existentes. El crecimiento es notorio en las ladrilleras El Tabor (cimentada al norte de Buenavista, pero contigua a ella), La Cuesta (industria asentada en los predios ocupados por la urbanización) y en la Fábrica de ladrillos Gidel, esta última remarcada por su desbordante y desordenada ocupación. En todos los casos los frentes de explotación son irregulares, caracterizados por alternancias de cortes y explanaciones, algunas de formas ovoides, y sin corredores viales definidos. Los procesos de inestabilidad están a la orden del día, los flujos de tierra y los desprendimientos labran los taludes de corte.

La expansión urbanística, sin control, en los años 80, reduce al mínimo los predios baldíos alrededor de la Carretera a Oriente. Ramajal, Los Alpes, San Vicente, entre otros barrios alcanzan su máxima expansión y consolidación. La explotación minera (a cielo abierto) restringe su proliferación al norte y sur y se desborda al oriente. En La Cuesta los frentes extractivos cubren buena parte de la plataforma de la III Etapa de Buenavista, y casi la totalidad del lote de las etapas I y II. La explotación permanece errática y desordenada, las bermas están ausentes y los cortes alcanzan alturas superiores a la decena de metros.

Al inicio del milenio (año 2002) la actividad minera sede su lugar a las tres etapas de la urbanización, y los últimos vestigios subsisten al norte de Buenavista, en los dominios de la Ladrillera El Tabor. Los movimientos de tierra son los rasgos característicos; el talud al oriente de las futuras viviendas cobra vida, su conformación es regular y se erige en materiales antropogénicos (hipótesis fijada en el tono oscuro de la imagen), su forma en planta y su perfil son rectilíneos, y su orientación es NE/NW, pero con buzamiento fuerte (superior a los treinta grados), y la cubierta superficial es escasa, tan sólo tienen asiento un pequeño parche de vegetación en la franja media. La superficie libre (i.e el talud) está enmarcada por la terraza, que le servirá de albergue a las canchas de juego, y la vía principal de la antigua ladrillera, estructura que se convertirá en la franja de aislamiento de la urbanización con los predios contiguos a la Carretera a Oriente. Proceso que concluye, entre los años 2003 y 2004, con la construcción de la tercera etapa de Buenavista

El compendio completo de los factores de seguridad y de las probabilidades de falla FS-P_f, obtenidos en el análisis de estabilidad, permiten definir las condiciones que mejor develan el comportamiento de las laderas hoy día. De éstas se extrae que los taludes S1 y S2, propios de los cuerpos de deslizamiento poseen probabilidades de falla en un año, superiores al 34%; su progresión (movilización) se produce cualquiera sea el agente exógeno que participe, y en estado seco sin sismo si operan los parámetros de resistencia mínimos. La esperanza del factor de seguridad (Fs) en ninguna condición de trabajo (combinaciones de agentes detonantes y parámetros) es superior a 1.09, sí y solo sí el sismo y el agua estén ausentes. Respuesta apenas lógica: los movimientos hoy día son activos, aunque sus tazas de deformación son disímiles, particularidad que justifica las variaciones en la cohesión efectiva.

La retrogresión, parece innegable, las superficies de movilización trasiegan al respaldo de los escarpes de deslizamiento, y se extienden hasta las canchas de juego, exponen estados de falla aún sin la participación de los agentes detonantes (agua y sismo); las probabilidades condicionales superan el 25% en el primer año, y el 42% en cuanto al período de trabajo (i.e. la exposición) se acerca a los 10 años.

Réplica en menor escala pero no menos trascendente se enmarca en la zona homogénea LEI-edu-I-1, tipificada por la sección S-6. Los antrópicos (depósitos) diagraman precarios o marginales estadios de trabajo; los taludes esbozan condiciones seguras sólo en ausencia de los agentes detonantes, las esperanzas del factor de seguridad se circunscriben entre el 0.50 y el 0.84; la activación tiene asidero toda vez que participe por lo menos uno de los coeficientes de resistencia mínimos. La probabilidad de falla alcanza el 30% a los 10 años (estado actual) o supera el 60% si la vida útil se extiende hasta los 50 años. Panorama que sumado a las deficiencias de la cimentación, específicamente en la capacidad portante en el marco de los llenos más espesos, transcriben (e incuban) los daños de las viviendas 39 a 46, y 16 a 23.

El comportamiento de las demás masas antrópicas, ejemplificadas por las superficies libres S-3 (SEC31 y SEC34), S-4 (SEC41), S-5 (SEC51 y SEC52) y S-7 (SEC73 y SEC75), si bien es más halagüeño, no es suficientemente tranquilizador (véase la figura 2). El cuaternario permanece estable toda vez que no haya sismo ni lluvia, o se movilicen la cohesión máxima o los parámetros máximos: $c_{máx}$, $\phi'_{máx}$, simultáneamente; los factores de seguridad recorren el intervalo [1.05 - 2.3], y exhiben desviaciones estándar y coeficientes de variación inferiores al 30% (lo que representa un buen grado de confiabilidad en los parámetros de resistencia seleccionados) y las probabilidades de falla oscilan entre el 0.2% y el 10%, si el escenario de estudio es a un año; los valores describen (por lo menos desde la perspectiva del razonamiento aproximado y del sentido común) con objetividad el comportamiento de las laderas; durante los siete años de vida de Buena Vista, son los ambientes antrópicos más estables, sin que esto signifique que son escenarios excepcionales o muy seguros: su estabilidad está próxima a la marginal y su activación puede tener lugar en inviernos prolongados o durante lluvias intensas, pero sin la participación adicional del hombre, él catalizaría el proceso.

En la configuración actual, los escenarios de amenaza alta, se concentran en los dos cuerpos de deslizamientos, zonas homogéneas LEI-trat-I-1 y LEI-trat-I-2, causantes del daño de las viviendas 89 a 96, en la terraza receptora de su movilización, las unidades LEI-edu-I-1 y LEI-edu-I-2; y en los espacios de retrogresión, la zona LEI-edu-I-3. Le siguen en importancia las regiones LEI-tra-I-3, LEI-tra-I-2, LEI-tra-I-1, LEI-tra-I-5, LEI-text-I-1, LEI-tex-I-3, LEI-exr-I-1, LEI-edu-I-2, estas dos últimas por su papel como receptores de las masas potenciales a deslizarse, todas con categoría de amenaza media. Las fajas de terreno restantes, entre los que sobresalen las zonas LNI, LEI-rep-I-1, LEI-exp-I-2 y LEI-tra-I-4, obedecen a niveles de amenaza baja (véase la figura 2).

La imagen es más drástica hacia futuro: 50 años. La regiones LEI-tra-I-1, LEI-edu-I-3, LEI-tra-I-3, LEI-tex-I-2, LEI-edu-I-2 y parte de la LEI-exr-I-1, mutan de amenaza media a alta, los deslizamientos rotacionales en los llenos traslocados y en los macizos rocosos alterados, y las fallas planares infinitas tendrían lugar protagónico. El uso residencial (o para construcción de viviendas) es vedado, restricción que sólo podría levantarse en la medida en que se hagan enormes inversiones en sistemas de estabilización, contención y mitigación, p.e. caissons, pantallas ancladas, pantallas con pilotes, muros en tierra armada, y perfilados (reconformación morfológica); sistemas que estarán invariablemente acompañados por redes de drenaje superficial (cunetas, zanjas de coronación, descoles, etc) y subdrenaje. Sólo los espacios circunvecinos a la carretera a oriente, i.e. la LEI-rep-I-1, la LEI-exp-I-2, la LEI-exp-I-1, la LEI-exr-I-2, y la ladera no intervenida

LNI-I-1, exhiben los mejores réditos; su condición de amenaza es baja. De este conjunto, la unidad LNI-I-1, es la más sensible; la ejecución de cortes o excavaciones abrirían el compás para la aparición de nuevos focos de inestabilidad, y por consiguiente para la creación de nuevos espacios de amenaza alta.

El índice de vulnerabilidad obtenido para el abanico completo de viviendas, permite definir que el 46% de las viviendas manifiestan vulnerabilidad alta y el restante 54%, media. Este fenómeno encuentra explicación en las altas tasas de daño: los sistemas estructurales no sólo no cumplen satisfactoriamente las exigencias de la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-98), sino que la totalidad viviendas exhiben alguna patología de daño, y poseen una deficiente calidad de construcción, con entrepisos en prelosas y sistemas de cimentación irregulares y exiguos en cuanto a continuidad y sección. Adicionalmente, su alta vulnerabilidad se lo debe a sistemas de construcción de pobre respuesta sísmica, y altos índices de daño para las solicitaciones de empuje y desplazamiento vertical. En este orden de ideas, los niveles altos de vulnerabilidad coinciden viviendas de mala calidad y mayor exposición, es decir las numeradas como 16 a 23, 39 a 46, 59 a 71 y 82 a 96. Las viviendas restantes se califican con vulnerabilidad media. Cabe notar que ninguna vivienda adquiere la calidad de vulnerabilidad baja. Escenario similar describe el riesgo.

La urbanización y cada una de sus unidades estructurales, es desde la óptica sísmica, altamente vulnerable. Sus deficiencias sismorresistentes involucran: a) escasas cuantías de refuerzo, defecto que se origina en el diseño y se acentúa en la construcción; b) ausencia de elementos de borde para algunos muros y vigas de voladizo; c) menores cantidades de refuerzo horizontal; d) irregular o inexistente amarre de los muros estructurales; e) pobre calidad de la construcción; f) irregular e insuficiente sistema de cimentación; g) resistencias operativas de los materiales muy bajas (inferiores a la mínimas exigidas por la NSR-98).

Para la formulación de un plan de acción que permita atenuar las consecuencias de los procesos actuales y potenciales, y de esta manera mitigar, y conservar o controlar los niveles de amenaza, se consideran en general, tres alternativas:

La alternativa 1 Involucra el reasentamiento de las 96 familias, la demolición del área de juegos y la reconformación geomórfica de la zona afectada, tarea última que acoge el retiro parcial o total de los espesos cuerpos de lleno, en especial de las masas activas, el confinamiento de la unidad LEI-edu-I-1, y el cambio paisajístico: todo con base en el terraceo y en muros en tierra armada.

La alternativa 2 parte de la premisa de mantener en su sitio de habitación 32 familias (reasentamiento en el sitio), las propietarias de las casas 1 a la 12, 24 a la 31, 47 a la 54 y de la 72 a la 75, y reubicar las 64 restantes, decisión avalada bien por el alto deterioro estructural de las edificaciones (caso patente de las familias propietarias de las casas: 87 a 96, 63 a 71 y 39 a 46) o por su alto grado de riesgo (sísmico-estructural o por remoción en masa). Para su cumplimiento es prioritario reforzar estructuralmente las edificaciones, incluido el recalce la cimentación; adecuar las plataformas ocupadas por las construcciones reasentadas y por la (proyectada) cuarta etapa; reforestar y estabilizar (con dos juegos de muros en pilotes) la ladera norte; reconformar morfométricamente (terracear) el cuerpo del deslizamiento principal; mejorar la respuesta mecánica de las laderas contiguas a las viviendas 22, 23 y 46; y disponer pantallas ancladas (como sistema de contención) en los cuerpos de deslizamiento y en los depósitos antrópicos de la zona homogénea LEI-tra-I-3, constituidas, básicamente, por dos filas de anclajes con longitudes entre 6 m y 12 metros, y cargas operativas desde los 200 KN hasta los 300 KN. Su objetivo permitir el servicio de la zona de juegos,

estabilizar las masas activas, incluido el escarpe principal, contener los llenos del corredor oriental (regiones: LEI-tra-I-3, LEI-trat-I-1 y LEI-trat-I-2), norte y central (unidades LEI-tra-I-1 y LEI-edu-I-1).

Y la alternativa 3, al igual que la alternativa 2, obliga a la relocalización de sesenta y cuatro familias, el reasentamiento en sitio de treinta y dos (32), y la contención y reconformación del cuaternario. Difiere de su antecesora (alternativa 2) al acudir, esencialmente, a las pantallas de pilotes como elementos principales de estabilización, pero comparte con ella el uso de la pantalla anclada en el escarpe principal del movimiento mayor, y el retiro parcial de la masa movida.

Las pantallas-pilotes están armadas por elementos individuales en concreto, de diez metros de longitud, reforzados con perfiles en IPE, diámetros exteriores de hasta 0.40 metros, espaciados 1.20 metros (i.e tres veces el diámetro). Aunque es posible tejer una estela de duda sobre su aplicabilidad, máxime por la masa efectiva a contener (traducida en cerca de siete metros de altura) y suponer que es mejor recurrir a las pilas, los módulos escogidos cumplen con creces las exigencias al cortante, traducidas en 500 KN por elemento, circunstancia que supone su ratificación. No obstante, es pertinente señalar que si se dispusiesen las pilas el procedimiento de análisis (evaluación de amenaza) no sufre modificaciones drásticas, puesto que se funda en el requerimiento al cortante, su mayor ingerencia reside en el costo y en el proceso constructivo.

En este orden de ideas, la relocalización y la reconformación morfológica, fundada en el retiro de gran parte de los cuaternarios es sin lugar a dudas una medida generosa de estabilización. Los beneficios se mantienen en el tiempo, la posibilidad modal máxima es del 8%, si el escenario temporal de análisis toca los 50 años.

La participación de las pantallas ancladas se traduce en una notable mejoría en la estabilidad, en otras palabras la amenaza trasiega desde alta hasta baja para 10 años y 50 años; . La falla puede tener cabida en las instancias más adversas, es decir toda vez que participen los dos agentes exógenos, y los coeficientes efectivos de resistencia mínimos; el comportamiento esperado cualquiera sea la condición de trabajo (participación de la lluvia y el sismo) es siempre satisfactoria, las esperanzas del factor de seguridad oscilan entre 1.10 y 2.58 .

Respuesta similar recae en la pantalla con pilotes, el potencial de movilización desciende desde el 42.50% (región LEI-trat-I-2, sección 2-2') y del 36%, zona LEI-tra-I-3, hasta el 2.6% y el 1.4%, respectivamente, si la vida útil se posiciona en 10 años, o inferior al 5.50% en dominios temporales de 50 años.

De esta forma, la alternativa 1, apunta a ser la alternativa más viable técnicamente. Su selección como la propuesta recomendada será función exclusiva de su beneficio económico frente a las otras alternativas. Las pantallas ancladas y las pantallas con pilotes a pesar de que implican costos mayores a la relocalización y perfilado, la diferencia es poca para descartarlas desde ahora; su viabilidad y selección está ligada a la facilidad constructiva, y a la necesidad de espacio para su implantación, elementos inobjetablemente ligados al costo de la obra, es decir a su relación beneficio-costo. Tema que se trata en adelante.

Finalmente, el reforzamiento de las edificaciones aunque es posible llevarlo a cabo, de ninguna manera GIA lo comparte. Esta postura (o decisión), aunque encierra imponderables como el deterioro de la imagen del distrito y de su institucionalidad, cuestionables dado que de manera alguna ya han sido acarreados al admitir la urbanización de antiguos frentes de explotación deficientemente recuperados, y otorgarlos como asiento a familias en relocalización, deja de lado la condición de vulnerabilidad social de la comunidad (la percepción de

inseguridad estará latente, y la posibilidad de acceso a servicios básicos de calidad será dudosa), y permite la idealización de someter a los residentes a su suerte.

Es por tanto inobjetable, para GIA C. L., la reconstrucción del núcleo social, y de su tejido, en escenarios seguros (de baja amenaza), libres del alto marco de susceptibilidad (geotécnica), y de los dañinos efectos de la intervención antrópica que encierran las laderas de Buena Vista suroriental III Etapa, y en viviendas dignas, sísmicamente competentes, y de buena calidad constructiva. Premisas que refrendan a la relocalización de las noventa y seis familias como la única solución.

.