INFORME EJECUTIVO

Al sur del distrito capital, en uno de los más populosos y tradicionales sectores de Bogotá, se asientan los barrios Granada Sur, Granada Sur III Sector, San Luis, Montebello, Padua y Villa Nataly, adosados al flanco suroeste de los cerros orientales del Distrito Capital, en jurisdicción político-administrativa de la localidad San Cristóbal. Sector regido por la "resignación" de los habitantes que conviven desde hace más de cuatro décadas con varios deslizamientos complejos y activos, posiblemente los más antiguos, reconocidos y estudiados en la ciudad, pero aún no resueltos.

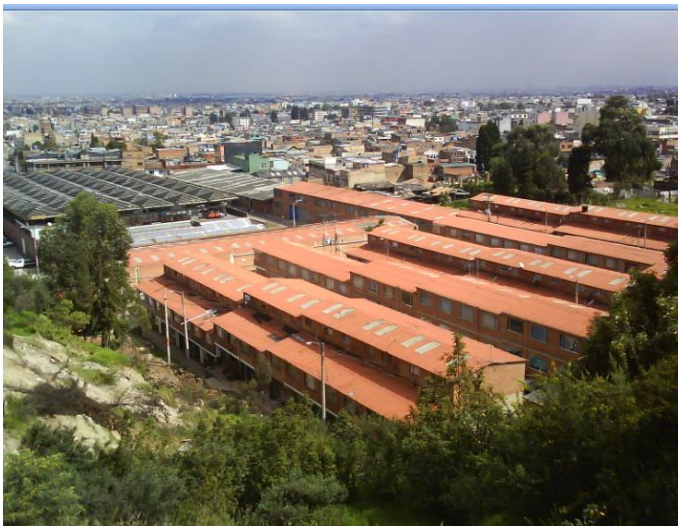

FOTO 1 PANORÁMICO DE LA URBANIZACIÓN SAN LUÍS Y LOS BARRIOS GRANADA SUR, MONTEBELLO Y VILLA NATALY.

Los barrios (Montebello y Granada Sur en los que se erigen las urbanizaciones San Luis, Portal Real y Villa Nataly, y los barrios Padua, Granada Sur III Sector, San Miguel y S.C. Granada Sur), tienen asiento en la vertiente sur del Río San Cristóbal, entre las calles 20A Sur y 27A Sur, y entre la Carrera 6 y la Transversal 3 (al NW y W, respectivamente) y la Carrera 1 Bis y la Transversal 1 Este. Su extensión superficial comprende un poco más de 27 hectáreas de una sucesión de pendientes estructurales, intensamente retrabajadas por la actividad minera, con elevaciones entre los 2599 msnm y los 2660 msnm. Adicionalmente están integrados por cerca de un millar (en sentido estricto 934) de viviendas de dos (2), tres (3) y cuatro (4) niveles con sistema estructural en pórticos (incompletos), muros portantes no confinados y mampostería semiconfinada en algunos edificaciones, losas de entrepiso y de cubierta en concreto.

Por otra parte el uso del suelo es esencialmente urbano; calles vehiculares pavimentadas en concreto y asfalto, accesos peatonales, construcciones unifamiliares, multifamiliares (v.g. la urbanización Portón Real) y comerciales de todo tipo (panaderías, plazas de mercado, supermercados, licoreras, bancos, almacenes, etc.), asentadas desde hace cerca de cuarenta años, y zonas de recreación, diagramadas por canchas de juegos múltiples y espacios para juegos infantiles, dan el matiz dominante a la mayor parte de los barrios y los lotes baldíos con cobertura vegetal corta, no edificables, por ser parte de masas inestables activas – avanzadas, dormidas y suspendidas, y rotuladas como zonas de alto riesgo no mitigable, (alerta emitida por el FOPAE), encarnan la llamativa muestra de la problemática en el sector.

El emplazamiento de las urbanizaciones recae en espesas masas de fluvioglaciar y de relleno, estas últimas creadas durante los años 60 y 70 del siglo pasado (deducción salida de la comparación de las aerofotografías de los años 1956, 1970 y 1977) reconfiguradas al final de los sesenta, a medidos de los ochenta y a comienzos de los dos mil, a la par con los pulsos de actividad. En lo referente a las redes, la malla del acueducto, forjada en concreto, asbesto-cemento y PVC, diverge entre las 3" y las 24" de diámetro. Su tendido y construcción data de mediados de los años 70 y 80 (FOPAE, 2011); el sistema de recolección de aguas negras está constituido por líneas talladas en gres y concreto con diámetros que varían entre las 8" y las 30", y pozos de inspección tallados en ladrillo y en concreto; El sistema de aguas lluvias está conformado por cunetas en concreto perimetrales a los corredores peatonales y vehiculares, que permiten el desagüe de las aguas de escorrentía; su entrega se lleva a cabo a través de sumideros y colectores en gres y concreto, que van desde las 12" hasta las 16" de diámetro. El sistema de recolección es de tipo mixto, en su mayoría, la excepción la hace un tramo que conduce de manera exclusiva las aguas lluvias de la urbanización Padua.

Uno de los fenómenos con mayor impacto en la comunidad han sido los deslizamientos, el mayor haciendo referencia al de los barrios Granada Sur y Montebello (estudiado desde hace más de treinta años), el intermedio (apodado así al de la urbanización San Luis) y el menor, rector en el pasado de los daños en las viviendas de Granada Sur III Sector, permaneciendo activos, y sin posibilidad de estabilización. Las masas movidas, superiores en volumen a los 240.000 m^3, a los100.000 m^3 y a los 40.000 m^3, respectivamente, mantienen intactos sus factores condicionantes y detonantes (como el aporte de las aguas residuales). Su importancia es tal que ha provocado el reasentamiento de más de cuatro decenas de familias, el deterioro de cerca de un centenar de casas, la zozobra de sus habitantes, el seguimiento permanente del FOPAE y de la institucionalidad distrital y la ejecución de una docena de estudios técnicos acometidos desde los años sesenta, algunos en manos de prestigiosas firmas de consultoría (v.g. Ingeniería y Geotecnia, Ingeniería e Hidrosistemas Ltda. – IEH) y otros en cabeza del Servicio Geológico Nacional (hoy día conocido bajo el nombre de Ingeominas). Adicionalmente, en los barrios se conocen reportes de actividad desde 1955 (IEH, 1988), y de daños en las viviendas desde el año 1986, los daños menores consistían en fisuras en muros y placas de piso, sin embargo para esta época no era claro el tamaño del área comprometida. Con el transcurrir del tiempo, las fisuras y el número de viviendas implicadas aumentaron paulatinamente. De acuerdo con el análisis realizado y los valores obtenidos (estaciones Vitelma y El Delirio) se deduce que la posibilidad de que ocurra un fenómeno de remoción en masa en la zona es latente si la precipitación acumulada es superior o igual a los 163.5 mm en 8 días.

La auscultación *geológica y geomorfológica* ha permitido establecer el contexto particular de este proyecto, que se enmarca en el bloque estructural sur de la Sabana de Bogotá sobre dos provincias geomorfológicas: los Cerros Orientales y la Sabana de Bogotá. El marco de trabajo general, definido por el cuadrángulo, cuyos vértices opuestos responden a las coordenadas: 95835 m N y 97300 m E, si se trata de la esquina suroccidental, y 97835 m N y 100300 m E, en lo que respecta a la esquina nororiental, tiene influencia de la secuencia de rocas sedimentarias que van desde el Cretáceo Superior (Grupo Guadalupe) pasando por

alternancias terciarias (Formación Guaduas, Formación Cacho y Formación Bogotá), hasta depósitos del Terciario tardío y del Cuaternario no litificados, posteriores al levantamiento de la Cordillera Oriental, como las formaciones Tilatá, Río Tunjuelo y Sabana. En particular los barrios Montebello, Granada Sur, Padua, San Luis y Villa Nataly yacen sobre la Formación Bogotá y sobre materiales fluviales con influencia glacial. El dominio de los depósitos de la Formación Río Tunjuelo, cuya expresión morfológica son abanicos y conos del río Fucha, poco o nada alcanza a cobijarlos. También tienen lugar coberturas de suelos residuales, producidos por la meteorización de las rocas preexistentes (particularmente las lodolitas), depósitos de ladera y suelos negros orgánicos que incuban una fuerte influencia del vulcanismo ocurrido durante los últimos 3 Ma. Producto de la fuerte intervención antrópica abundan multitud de rellenos, emplazados para adecuación urbanística. El Piedemonte central de los Cerros Orientales, dominio en el que están dispuestos Granada Sur y Montebello, hace parte del límite oriental de la Sabana de Bogotá. Está conformado por elevaciones abruptas (por encima de los 3000 msnm), y es intervenido por un sistema de fallamiento principal con dirección aproximada Norte – Sur, que define la dirección de la principal estructura geológica de la subcuenca: el Anticlinal de Bogotá – Usaquén. La estructura está limitada al oriente por el Sinclinal de Teusacá y al occidente por el Sinclinal de Usme; su flanco occidental está influenciado por la Falla de Bogotá; y el pliegue discurre entre fallas inversas de bajo ángulo (Falla de Bogotá), resultantes del pulso de levantamiento principal de la Cordillera Oriental (Orogenia Andina).

El paisaje de la zona de estudio es el producto, principal, de la combinación de procesos tectónicos, relacionados con el levantamiento de la Cordillera Oriental, y procesos erosivos recientes, que han dado lugar a vertientes montañosas, con laderas escarpadas que contrastan con las laderas moderadamente inclinadas a abruptas generadas por la secuencia de finales del plioceno y del cuaternario. Un aspecto importante de las laderas actuales son las glaciaciones y los procesos relacionados especialmente en los últimos dos millones de años; se estiman períodos de recurrencia cada 100.000 años entre glaciación y deglaciación en los cuales la erosión es muy intensa (debido al arranque y movilización de un volumen considerable de materiales pétreos) por las lenguas glaciares. En el caso de litologías arcillosas como es el caso de la Formación Bogotá, se generan remoldeos de grandes espesores del material, incorporación de fracciones clásticas a la matriz arcillosa y posteriormente con los procesos de deshielo, el desarrollo de flujos y movimientos en masa con contenidos importantes de agua.

Con respecto a la ***Morfodinámica*** se establecen los procesos que modifican el relieve y los agentes que inciden en estos cambios, principalmente aquellos que tienen algún grado de importancia para los barrios. Cada unidad posee rasgos morfológicos particulares que dependen, entre otros elementos, de los procesos denudativos que en ella se desarrollan. Tales rasgos permiten dilucidar el tipo de fenómeno esperado, las causas intrínsecas y extrínsecas (detonantes), y su estado y desarrollo, variables y características definidas acorde con los derroteros fijados Varnes (1978) y Vargas (1999). Entre los más relevantes procesos se citan: la meteorización, los procesos de erosión y los procesos de remoción en masa (v.g reptación, flujos de tierra y deslizamientos), estos últimos (objeto de un número considerable de estudios) actualmente presentes en la zona, ratificación respaldad por la presencia de tres nichos de deslizamiento, el primero presente en el sector de San Luis, que está moldeado por seis deslizamientos locales, activos-avanzados, de poca profundidad (inferior a los tres metros): el DT-001AA, el DT-002AA, el DT-003AA, el DT-004AA, el DT-005AA y el DT-006AA (representados en el ***Plano 5*** y descritos en el ***Anexo C.4***) Las coronas poseen longitudes 10 my 12 m; los escarpes principales marcan alturas máximas de dos (2) metros y el material deslizado se circunscribe exclusivamente en los desechos mineros (o depósitos antrópicos mineros) y en basuras locales. Esta problemática hasta el momento da como resultado el daño en trece (13) de las residencias de la manzana 55, y en cerca de media docena de las del bloque 56, estos daños comprenden inclinación de los muros, basculamientos y hundimientos de los pisos, deformación de los marcos de puertas y ventanas, separación

de las juntas de construcción y agrietamientos en pisos y paredes; huellas que no sólo comprometen el arreglo estructural sino su habitabilidad. El segundo desarrollado entre las calles 24 Sur y 20A Sur, y al noroccidente de la carrera 1B Sur. Allí un deslizamiento traslacional lento (con un área de influencia aproximada de poco más de 150 metros de ancho y 180 de largo) y un flujo de tierras (en el que la masa deslizada oscila entre los cuatro y los siete metros) llenos moldean las laderas. El último entalla las proximidades a la Avenida Primero de mayo, por lo que no son cartografiables ni son parte del estudio, sin embargo se detectaron flujos de tierra y deslizamientos traslacionales.

Por su parte, el *reconocimiento geotécnico* enriquecido y solventado en la toma de 3 columnas estratigráficas, 3 trincheras, 6 sondeos mecánicos, 2 líneas de refracción sísmica, 2 REMI, el levantamiento de datos estructurales (tomados en la zona de construcción del centro comercial), la ejecución de 9 apiques (de no más de 1.30 m de profundidad), y el inventario de procesos junto con el previo análisis de estabilidad develan la división de las vertientes en las zonas homogéneas: LDIM-I-1, LDIM-I-2, DLIMU-I-1, DLIMU-I-2, DLIMT-I-1, DLIMT-I-2, LDIMU-I-1, LDIMU-I-2, LDIU-I-1, LDIU-I-2, LDCR-I-1 y LDMI-I-2, que son el resultado de la subdivisión de unidades geomorfológicas.

El análisis de la *amenaza* se presenta para tres escenarios de exposición: a corto plazo (1 año), mediano plazo (10 años) y a largo plazo (50 años). Con base en el compendio de los factores de seguridad y las probabilidades de falla se puede definir las condiciones que mejor develan el comportamiento de las laderas hoy día. De éstas se extrae que los taludes S1, S2, S5 y S6, propios de los cuerpos de deslizamiento mayor e intermedio poseen probabilidades de falla en un año, superiores al 23%; 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 probabilidad de falla alcanza el 10% a los 10 años o supera el 27% si la vida útil se extiende hasta los 50 años. Panorama que sumado a la irregular calidad constructiva, transcriben (e incuban) los daños de las viviendas en los barrios Granada Sur y Granada Sur III Sector, viviendas por demás reubicadas en la década pasada. Para la probabilidad de falla a 50 años, el panorama sería sencillamente catastrófico la movilización de los depósitos sería inminente, las probabilidades de falla superarían el 69% y su máximo alcanzaría el 96%.

La vulnerabilidad se enfoca en tres diferentes contextos, el primero se orienta hacia lo social, evaluado por el método cualitativo involucrando incisos como: la capacidad económica de los pobladores, la cobertura de los servicios públicos, el acceso a redes de servicios (bienes y servicios), el nivel de escolaridad de los habitantes (factor determinante en el desarrollo de la zona), las organizaciones cívicas, la tipología de las viviendas y, el nivel de conocimiento que los habitantes tienen del problema de inestabilidad, y de las actuales y potenciales repercusiones que éste ocasiona o puede ocasionar sobre sus viviendas. El segundo recae en lo físico se expresa como una medida porcentual de los costos de las averías originadas por un agente destructor, en este caso los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM), con base en un análisis previamente realizado se infiere, que el 70.12% de las edificaciones manifiestan vulnerabilidad baja, éste fenómeno encuentra explicación en las exiguas tasas de daño: los sistemas estructurales aunque insuficientes, de escaso cumplimiento de las exigencias de la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-10), y de deficiente calidad de construcción, pasan en su gran mayoría sin exhibir patología de daño. Los niveles medios de vulnerabilidad, el 23.76%, coinciden con edificaciones de regular calidad de construcción, con mayor exposición i.e. manzanas 60, 6 y 7. Las viviendas restantes, el 9.31%, se califican con vulnerabilidad alta. El tercero encierra lo concerniente a las redes de servicios públicos que son a todas luces altamente vulnerables, por su alta exposición en razón a su necesaria vinculación con el suelo, y su baja resistencia. Particularmente las redes de acueducto y alcantarillado se han visto vinculadas a rupturas y escapes sin poder aún precisar si como fuente generadora o como consecuencia de los FRM activos. De acuerdo a esto

las redes más expuestas son las que se ubican sobre las calles 24 A sur y 25 sur sobre las que se dibuja una grieta que dada su abertura podría causar desempates y rupturas en las líneas. Adicionalmente las redes ubicadas sobre la transversal 2 A ubicada al suroeste de la Urbanización San Luis y las tendidas sobre la carrera 1A sur, al noroeste del área del estudio, todas coincidentes con FRM o deformaciones y desplazamientos.

El riesgo, obtenido del producto matricial de la amenaza por la vulnerabilidad, arroja como resultado que el 68% de las viviendas (655) expone riesgo actual bajo, el 23.5% ostenta niveles de riesgo medio y el 8.5% restante muestra riesgo alto; distribución justificada en el escaso número de edificaciones con niveles altos de vulnerabilidad (totalizadas en 87 viviendas), y en el marcado estado de amenaza, esencialmente bajo; los niveles de riesgo aumentan, para los estados de la amenaza a 50 años, al punto de convertirse casi exclusivamente en bajo y alto

Las alternativas se encaran desde la óptica de los eventos, por simplicidad en la lectura, dejando de lado, el rigor del fenómeno por atender, el escenario o el nivel de riesgo. El listado de las alternativas, consecuente con el costo de cada una se lista como sigue: (1) Reasentamiento Parcial – $17.077.120.174, (2) Drenaje, Subdrenaje y Reconformación Morfológica – $30.878.345.239, (3) Pilas, Descarga y Drenaje - $66.417.084.943, y (4) Elusión – $55.089.882.412.

Este particular contexto acotado por los costos de inversión, excesivos hoy día para las alternativas 2 y 3, máxime si se compara con el valor de los inmuebles, revela la necesidad de plantear una salida técnica que no caiga en la desatención a la comunidad por una parte, marco propio de la elusión, y que se distancie de los elevados presupuestos de las opciones 2 y 3, por otra. Salida denominada *Plan de Acción*.

El *plan de acción* está configurado por el reasentamiento básico, el tratamiento superficial de los cuerpos de inestabilidad, la compra de los predios baldíos y reasentados, y el monitoreo. El papel que desarrolla el Plan de acción como agente transformador de los escenarios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, adquiere especial trascendencia en el destino de uso de las laderas, en la reducción de la vulnerabilidad social y ambiental, y en la reafirmación de la comunidad, en especial la de la urbanización San Luis, a la dinámica institucional del distrito capital. Es, en esencia, un instrumento de planificación, a través del ajuste del POT, y derrotero para las decisiones de expansión de lo urbanizable en los barrios, en la alcaldía local y en el distrito capital. Sus costos directos de inversión se aproximan a los veinticuatro mil millones de pesos y su ejecución tendría cabida en un plazo cercano a los veinticuatro meses (tiempo medio empleado en la negociación con los habitantes finalmente, el monitoreo de las laderas, forjadas en las masas de rellenos antrópicos o de fluvioglacial, a través de piezómetros abiertos, al menos dieciséis alineados en cinco secciones (sin dejar de lado los registros estratigráficos) e inclinómetros (en igual cantidad a los piezómetros).

Dos de las tareas de mayor complejidad social y relevancia del plan de acción residen en la modificación del uso del suelo y en el reasentamiento. La primera requiere desestimar (y de alguna manera rechazar) la incorporación de cualquier asomo de urbanización en las laderas intervenidas por la minería, pobremente recuperadas, y catalogadas como de amenaza alta y media para el escenario actual y futuro; la opción: la recreación pasiva, la salida: un parque, el mecanismo: la compra de los lotes hoy día baldíos. Y la segunda envuelve la adquisición de los inmuebles de mayor riesgo estructural, por remoción en masa o por ambos, sin considerar el riesgo sísmico (fenómeno que dejaría en entredicho, posiblemente, un mayor número de edificaciones) y el reasentamiento de las familias. El valor estimado de compra está tasado en cerca de 61 millones de pesos para San Luis y de 90 millones para los barrios y urbanizaciones restantes.