E 180

2854

000001

TRANS - EQUIPOS LTDA.

Transporte de Materiales y Equipos y Construcciones Ltda.

NIT No. 860.513.398-8

DOCUMENTO ILEGIBLE

GRABADO
No. 2336

Santafé de Bogotá D.C. Mayo 28 de 1997

TRAN-97-83A

Doctor
DIEGO ZUBIETA
Director Nacional para la
Prevención de Desastres
MINISTERIO DEL INTERIOR
Ciudad.-

REF: PROBLEMAS DE INESTABILIDAD - URBANIZACION SAN LUIS

Ante la gravedad de la situación y solicitando la intervención de la entidad a su cargo, con todo respeto me permito acompañar el Resumen del Informe Final de Asesoria Geotécnica referente al estudio de los problemas de inestabilidad de taludes en la URBANIZACION SAN LUIS. De los apartes que transcribo de dicho informe, se puede deducir el peligro inminente que corren las vidas y los bienes de los habitantes de la URBANIZACION SAN LUIS.

"En vista de que se ha establecido una relación directa entre el movimiento de falla de dicha masa y las presiones de agua filtrada en el substrato, se explica el carácter periódico o cíclico de dichos empuies, que se manifestarán de acuerdo con los periodos de fuertes lluvias. Esto crea a su vez una condición de **riesgo permanente**, teniendo en cuenta la alta pluviosidad que se registra en el área; existen grandes posibilidades de que durante y después de aguaceros intensos y prolongados se produzca una activación de deslizamiento y los daños consiguientes a la urbanización.

Dentro de las consideraciones de riesgo también deben tenerse en cuenta los efectos inestabilizantes del terreno que pueden producir los movimientos sísmicos. Se realizó el análisis de estabilidad correspondiente, aplicando al terreno la aceleración horizontal por sismo que recomienda el Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes para esa región de la Sabana de Bogotá; los resultados se representan en la figura 9 y puede verse que arrojaron un valor del factor de seguridad menor que la unidad (Fs=0,597). Esto **permite destacar la alta posibilidad de que ante un sismo esperado de magnitud promedio**, pueda inducirse un movimiento súbito de la masa de suelo involucrada en el deslizamiento secundario; el desplazamiento que ocurriría sobre las manzanas de la URBANIZACION SAN LUS produciria ciertamente un evento catastrófico.

71

000002

DOCUMENTO
ILEGIBLE

Como desde el 20 de Enero/97 estamos solicitando la intervención de las entidades Distritales tales como Oficina de Riesgos de Bogotá, Secretaria de Obras Públicas, Alcaldia Local de San Cristobal, Secretaria de Gobierno de Bogota, Alcaldia Mayor de Bogotá, sin obtener ninguna respuesta concreta , atentamente solicitamos la intervención de la entidad a su cargo con el objeto de evitar una tragedia de graves proporciones.

Agradeciendo su atención a la presente,

Cordialmente,

LUIS A. GALEANO R.
Gerente

bgl

000003

TRANSEQUIPOS Y CONSTRUCCIONES LTDA

ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES EN LA URBANIZACION SAN LUIS

Barrio 20 de Julio, Santafé de Bogotá, D.C.

INFORME FINAL DE ASESORIA GEOTECNICA

RESUMEN

Trabajo No. 1414
INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

Santafé de Bogotá D.C., mayo de 1997.

TRANSEQUIPOS Y CONSTRUCCIONES LTDA

ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES EN LA URBANIZACIÓN SAN LUIS
Barrio 20 de Julio, Santafé de Bogotá, D.C.

RESUMEN DEL INFORME FINAL DE ASESORIA GEOTECNICA

1- INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene un resumen de los resultados del estudio geotécnico de los problemas de inestabilidad ocurridos en el sector oriental de la Urbanización San Luis, localizada al oriente de la plaza de mercado del Barrio 20 de Julio de Bogotá. Dichos problemas afectan a un grupo de viviendas entre las construídas en las manzanas A, B y C de la urbanización e imponen riesgos futuros tanto a ellas como al resto de las viviendas de dichas manzanas. En la figura 1 se muestra la localización general de la urbanización.

2- ANTECEDENTES

En un informe preliminar se trataron dos fenómenos de inestabilidad principales debidos al fuerte invierno de los meses de enero y febrero del presente año (los cuales se representan en la figura 2):

a) Un flujo de lodos ocurrido el 20 de enero/97 sobre la esquina sureste de la manzana C, desprendido de la parte alta del sector suroccidental del Barrio Montebello vecino al lote, desde la parte trasera de dos casas levantadas en el costado occidental de la Transversal 2a.A, en frente de la intersección de ésta con la Calle 26 Sur, y

b) La intensificación de un deslizamiento secundario en el flanco izquierdo (sur) de un inmenso deslizamiento que tiene lugar desde años atrás en el sector noroeste de los Barrios Granada Sur y Montebello, vecinos a la parte alta de los terrenos de la urbanización San Luis. Dicho deslizamiento secundario produce serios daños en casas del borde occidental del barrio Montebello, se desplaza hacia el noroeste y origina empujes sobre el talud oriental de la urbanización, los cuales afectan el sector oriental de las manzanas B y C, y los sectores oriental y central de la manzana A.

El deslizamiento mayor, denominado en la figura 2 "Deslizamiento activo Barrio Granada Sur" ha mostrado reactivación notoria y creciente en lo que va corrido del presente año; avanza en dirección al noroeste y amenaza numerosas viviendas construídas en la inmediata vecindad de la corona y el flanco derecho (oriental), y a continuación de la pata del mismo entre la Calle 21 Sur y la Avenida Primero de Mayo.

El deslizamiento secundario, indicado en la figura 2 como "Hundimiento y agrietamiento recientes Barrio Montebello" se ha considerado en el presente estudio como un satélite del grande, inducido por éste mediante fuerzas de arrastre o desgarre frecuentes en casos de movimientos de falla de taludes de gran magnitud. También podría interpretarse como una ampliación del deslizamiento mayor, y entonces amenazaría un área más extensa que la indicada en la figura 2.

En el informe final que aquí se resume, se presentan los resultados de la investigación sobre las condiciones geológicas del área de la urbanización y sus alrededores, del reconocimiento geotécnico detallado, la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio efectuados, el inventario de grietas y deformaciones producidas en las viviendas, corredores y zonas verdes o peatonales de la Urbanización San Luis, así como en el talud oriental y suroriental y en las diversas estructuras de contención y drenaje ejecutadas previamente, los análisis de deformación y estabilidad realizados, y las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó en el estudio.

En la determinación de las conclusiones se tuvieron en cuenta opiniones y conceptos expresados por los Ingenieros Dr. Luis Guillermo Aycardi (de la firma PCA Ltda.), Especialista en Análisis y Diseño Estructural y Alvaro J. González García (de la firma Análisis Geotécnicos Colombianos Ltda.), Especialista en el análisis geotécnico de problemas de Mecánica de Suelos y de Rocas, cuyo concurso buscaron IGL y Transequipos Ltda., dada la complejidad de los problemas estudiados. (El autor del presente informe, en su carácter de profesor del curso de Estabilidad de Taludes, perteneciente al programa de postgrado en Geotecnia del departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, también tuvo en cuenta consideraciones técnicas expresadas en un informe académico presentado dentro de las actividades prácticas de dicho curso por el Ing. Alfredo Engativá, conocedor de los problemas de los barrios Granada Sur y Montebello, por haber participado en su estudio como colaborador de otra firma consultora de Bogotá).

3- RESUMEN DE RESULTADOS

Como resultado del estudio efectuado se ha encontrado lo siguiente:

3.1 Condiciones geológicas y geotécnicas generales

El área inestable de los barrios Granada Sur, Montebello y San Luis se localiza dentro de las unidades geológicas del piedemonte occidental de la Cordillera Oriental que limita por el costado oriental a la Sabana de Bogotá. Los terrenos afectados hacen parte de depósitos coluviales que tienen espesores del orden de 20 a 30 metros ~~de espesor~~. Dichos depósitos son acumulaciones de fragmentos de rocas duras y suelos (arcillas arenosas y limosas) formadas a partir de antiguos deslizamientos; en el sector de los barrios mencionados descansan sobre rocas de edad Terciaria de la Formación Bogotá, principalmente arcillolitas; hacia el sur del barrio Montebello se localizan areniscas de la Formación Regadera.

Las arcillolitas presentan alto grado de meteorización, proceso geológico que origina la formación de un manto de suelo arcilloso a partir de las transformaciones de la roca; ese suelo se denomina "residual", por referencia a su origen, es de consistencia firme en condiciones normales, pero sufre ablandamiento con facilidad al aumentar el contenido de agua del suelo. El ablandamiento es en esencia una pérdida de la resistencia al deslizamiento (reducción de la cohesión del suelo), y cuando ocurre, propicia la falla por corte de los materiales y su flujo eventual en la forma de flujo de lodos. Si la arcilla ablandada proporciona el soporte de otras capas de suelo posibilita el deslizamiento de éstas. En el caso estudiado también hace parte de la constitución de los depósitos coluviales arcilla del mismo tipo y características; por tanto, la susceptibilidad al deslizamiento del coluvión sobre arcillollita es bastante alta.

Por otra parte, la arcillolita y la arcilla residual son de permeabilidad muy baja. La permeabilidad es la propiedad por la cual el agua infiltrada circula a través de una masa de suelo; al ser muy baja, quiere decir que el agua que entra al subsuelo en la capa superior (el depósito coluvial) interrumpe su curso al llegar al contacto con la arcilla residual o la arcillolita y por lo tanto va almacenándose en el interior de la masa del depósito y subiendo de nivel, originando así lo que se denomina un nivel freático colgado. Dado que la resistencia al deslizamiento de los suelos sobre una superficie potencial de falla depende de los esfuerzos efectivos existentes en dirección perpendicular a dicha superficie, y estos esfuerzos a su vez disminuyen a medida que aumenta la presión del agua sobre esa superficie, se encuentra que al subir el nivel freático en el depósito

coluvial están aumentando las presiones del agua, disminuyendo los esfuerzos efectivos y por ende la resistencia al deslizamiento. En este fenómeno radica la alta influencia que tienen las aguas infiltradas como causa de deslizamiento, y la gran importancia del drenaje dentro de las medidas correctivas de éstos.

Los rasgos estructurales no son muy notorios, observándose que los estratos de arcillolita buzan (se inclinan) hacia el occidente con ángulos entre 20° y 40° y rumbo general al NE.

3.2 Estudios previos

De acuerdo con recopilación hecha por A. Engativá, el deslizamiento mayor de los barrios Granada Sur y Montebello ha sido estudiado desde hace más de treinta años. "Un primer reconocimiento fue realizado por los Geólogos Diezemann y López en 1955, orientados a evaluar las condiciones de estabilidad de las explotaciones de arcilla existentes desde principios del siglo, sin que registraran peligros inminentes de inestabilidad que amenazan zonas urbanas, por lo demás bastante alejadas de los frentes de explotación. Un segundo reconocimiento fue realizado por el Geólogo Marino Arce Herrera para el Servicio Geológico Nacional en enero de 1968, con motivo de movimientos que amenazaban la estabilidad de las viviendas del costado norte del barrio Montebello y como resultado del cual fueron suspendidas las explotaciones de arcilla, recomendando el perfilado de todos los taludes de explotación, con medidas complementarias de drenaje y arborización, obras que se implementaron, con relativo éxito."

"En 1984 el Ingeniero Luis Mancilla G. realizó para la Secretaría de Obras Públicas, un estudio de estabilidad en el sector nor-oriental del barrio Granada Sur (Carreras 1A y 2A y Calles 20 y 21 sur) y en el sector sur-occidental de Montebello (transversal 2A) donde se localizaba un botadero. En este estudio se llevaron a cabo trabajos de exploración a base de apiques y barrenos manuales y ensayos de laboratorio tanto de clasificación como de caracterización geomecánica. Como resultado de sus análisis recomendó terraceos y medidas de drenaje superficial; los terraceos fueron realizados, pero las obras de drenaje no fueron implementadas en ningún sector. Estas medidas no fueron del todo afortunadas y por el contrario la inestabilidad se incrementó en los siguientes tres años."

"En 1987 la firma IEH LTDA. (Ingeniería e Hidrosistemas Ltda.) realizó para la SOP, un estudio detallado, recopilando y revisando la información existente, complementándola con la implementación de un sistema de instrumentación sencilla, apiques, sondeos profundos con recuperación continua e instalación de piezómetros de tubo abierto. Esto llevó a una sectorización de dos zonas: una inestable conformada por tres movimientos independientes y a la identificación de sus mecanismos de falla y otra relativamente estable, delimitadas por la calle 24 sur. Dentro de las principales obras correctivas

recomendadas están la reconstrucción y sustitución inmediata de los sistemas de acueducto y alcantarillado, esto evitaría la implementación costosos de sistemas de drenaje, la integración de las medidas de terraceo en las tres zonas, sellamiento de grietas, construcción de rellenos de contrapeso y sistemas de filtro de drenaje en la pata, empradización general, la evaluación y demolición de viviendas más deterioradas sobre todo las ubicadas sobre la calle 21 sur y carrera 2A, seguimiento del fenómeno ya que si continua se puede extender y afectar las viviendas ubicadas en la Calle 24 sur oriente de la carrera 1B, evitar la desestabilización del botadero y/o retirarlo, evitar la urbanización del área, transformándola en un parque de recreación. Como se pudo observar en esta visita y en otra realizada por el autor en el año 1991, ninguna de estas obras remediales se llevaron a cabo por el contrario se perdió la instrumentación y amojonamiento instalado."

..."La corona del deslizamiento ha avanzado al sur afectando gravemente la parte trasera de las casas ubicadas sobre el costado norte de la Calle 24 sur, las que sin embargo en su frente no muestran en su mayoría mayor deterioro... La relajación del terreno como efecto directo de su avance y de la generación de un nuevo movimiento en el costado sur occidental, antiguo botadero, ha hecho que la deformación de las vías y de las casas ubicadas sobre las calles 25 y 26 sur y transversal 2A, sea muy notaria, insinuando en la mayoría un cabeceo en el sentido NW.

"Sobre la cabeza del deslizamiento se observa la presencia de un fenómeno de Graben con hundimientos cercanos a los 0.50 m,... la formación y propagación intensa de grietas de hasta 0.15 m de abertura, bastante profundas y la colocación indiscriminada y sin control de escombros de construcción y basuras...; esto hace que siendo una zona en la cual la presencia de lluvias es casi que continua, la infiltración de las aguas de escorrentía y las provenientes de las fugas de acueducto y alcantarillado..., sea inmediata, recargando y saturando el material, condición crítica para su comportamiento estable."

Es de anotar que el Ingeniero A. Engativá al citar el estudio de IEH Ltda. se refiere a una zona de botadero que viene a ser el área del talud oriental y sector vecino a la pata de este talud en los terrenos hoy en día ocupados por la urbanización San Luis. Igualmente, la línea de demarcación entre zonas estables e inestables a la cual se refiere se trazó en los planos de dicho estudio precisamente por lo que vendría a ser el paramento norte de la manzana A de la urbanización.

Se destaca también que el fenómeno de formación de un "graben", nombre que se da en la geología a fosas o asentamientos de cuñas del terreno por efecto de la distensión de masas de suelo vecinas a ambos lados de la cuña, hace parte de un mecanismo de falla, que abarca hundimiento sucesivo de cuñas que van produciendo cabeceo y

1414-DEF.WP sobreempinamiento de bloques o cuñas de suelo que le siguen en la dirección del descenso de la ladera, todo dentro de un movimiento general de traslación. Este mecanismo de falla ocurre en el gran deslizamiento del Barrio Granada Sur inmediatamente al noreste de la urbanización.

3.3 Deslizamiento en el borde occidental del barrio Montebello y empuje sobre el talud oriental de la urbanización San Luis

El deslizamiento gigantesco del Barrio Granada Sur (figura 2), ha mostrado en los meses transcurridos del presente año una fuerte reactivación, que se manifiesta en un aumento serio del agrietamiento y hundimiento de la parte posterior de las casas existentes sobre el costado norte de la Calle 24A Sur y en el avance de lengüetas masivas de material arcilloso sobre casas y edificios ya construidos o en construcción mas al noreste de la urbanización de la urbanización San Luis, aproximándose a la Avenida 1º de Mayo. (Al parecer estas zonas urbanizadas reciben los nombres de Barrios Padua y Villa Marleny).

En la parte superior del flanco izquierdo (suroccidental) de este deslizamiento se han reactivado también los empujes sobre la saliente del terreno que ocupa la manzana A de la Urbanización San Luis, reiniciando el proceso de agrietamiento de las casas de los sectores oriental y central de dicha manzana. Los caissons construidos sobre el extremo oriental de la manzana están resistiendo en alto grado dichos empujes y han hecho que sus efectos sean moderados sobre el sector oriental más cercano a ellos.

El talud oriental de la Urbanización San Luis está sufriendo los empujes que ejerce en dirección al nor-occidente un deslizamiento secundario intensificado en enero y febrero del presente año, el cual abarca una zona del borde occidental del barrio Montebello entre la Transversal 2A y las calles 24A a 26 sur, como se indica con el conjunto de grietas en forma de arco que se representan en la figura 2. En la corona del deslizamiento secundario ocurre el hundimiento de una faja de terreno, en fenómeno que consiste en la formación de una fosa o "graben" (término geológico). Ese hundimiento produce asentamiento hacia el occidente de varias casas del área descrita del barrio Montebello y es evidencia del desplazamiento traslacional también hacia el occidente, que que sufre el cuerpo del deslizamiento secundario. Al desplazarse este bloque de suelo encuentra terreno sin sobrecarga por edificaciones en el ancho de la Transversal 2ª A y la zona verde que sigue hacia el occidente de la transversal, y sin confinamiento vertical y horizontal en la zona del talud oriental de la urbanización San Luis. En estas circunstancias se produce el hundimiento de una cuña amplia y profunda del terreno, localizada entre la Transversal 2A y la corona del talud oriental de la Urbanización San Luis, o sea que allí se forma un nuevo "graben".

Como consecuencia del hundimiento de la cuña descrita, se produce un empuje lateral interno sobre los materiales que forman el talud oriental de la urbanización, por lo cual éstos sufren un proceso de cabeceo o sobreempinamiento, que consiste en un aumento en la pendiente del talud. La ocurrencia de este fenómeno se pudo comprobar al dibujar en un mismo gráfico los perfiles topográficos de una sección localizada a partir de la divisoria de patios en el extremo oriental de la manzana B, levantados por IGL en Junio de 1994 y por Transequipos Ltda. bajo supervisión de IGL en mayo de 1997. Pueden verse en la figura 3 dichos perfiles y comprobar que se ha producido un desplazamiento promedio de 2.0 m de la parte superior del talud. Además, el sobreempinamiento puede llevar a deslizamiento superficial en la cara del talud, fenómeno que se ha manifestado en la zona del talud oriental de la urbanización que se encuentra a partir del extremo oriental de la manzana C. Al respecto, ver la parte inferior de la figura 3.

Los empujes del terreno impuestos por el desplazamiento del deslizamiento secundario, junto con las presiones debidas al fenómeno local de sobreempinamiento, se transmiten al sistema de cimentación de las manzanas A, B y C, y originan las deformaciones y agrietamientos que se han registrado en varias casas de los módulos orientales de dichas manzanas.

fig 2.

3.4 Análisis de deformación y estabilidad

Se realizó una evaluación del estado de deformaciones ante empujes de tierra y presiones hidrostáticas en la zona que comprende el piso de cimentación de la urbanización San Luis, el talud oriental de ésta y el área occidental del barrio Montebello, mediante la construcción de un modelo de elementos finitos, con la geometría del terreno y de los materiales que lo conforman. El modelo consiste en un sistema tricapa, que representa aproximadamente la conformación estratigráfica del subsuelo de la zona. El análisis se realizó con la ayuda del programa PLAXIS, Versión 5.1, que establece el equilibrio entre esfuerzos y deformaciones en el subsuelo siguiendo las leyes de la mecánica de un medio continuo.

En la figura 4 se presentan los vectores de desplazamiento relativo de los nodos que insinúan una tendencia al desplazamiento en dirección de la pendiente del talud en la parte superior, y un movimiento marcadamente horizontal hacia la base. Esta tendencia se debe a la mayor rigidez del estrato de arcillolita y de la roca basal y por analogía con el comportamiento real de los bloques de las manzanas A, B y C explica el empuje que sufren en los módulos más orientales y que se transmite al resto de módulos gracias a la continuidad estructural del sistema de fundación.

En la figura 5 se muestran las curvas de iso-desplazamiento relativo de la masa de suelo. El máximo desplazamiento se presenta en la inmediata vecindad de la corona del talud

y disminuye progresivamente hacia la base. Este comportamiento coincide con las observaciones de campo, pues en la faja situada entre la Transversal 2ºA y la corona del talud oriental de la urbanización se ha evidenciado un hundimiento del terreno (fosa o "graben" en términos geológicos) asociado con el sobre-empinamiento de dicho talud.

En la figura 6 se representan los valores de esfuerzo de corte relativo $\tau_{max}/\tau_{actuante}$ (o sea, la relación entre el esfuerzo de corte máximo que puede desarrollar el material -resistencia al corte- y el esfuerzo cortante existente en un punto dado, equivalente al inverso del Factor de Seguridad) en la masa del suelo. En el estrato superficial se registra una zona en estado plástico (τ_m/τ_a = 1.0), que cubre la masa del talud y que insinúa la forma de movimientos de "cuñas del tipo Rankine", las cuales están limitadas en la base, por el estrato de arcillolita. Esta tendencia disminuye en forma progresiva hacia los costados de la zona de falla.

En el estrato intermedio de arcillolita se generan tensiones, hacia la parte media del talud debido al efecto de subpresión del agua producida por los niveles piezométricos imperantes en el estrato basal. Este efecto se reduce gradualmente hacia los costados y en profundidad.

Este comportamiento tiene la implicación seria de que en el caso de colocar elementos de contención del movimiento general del talud en la base del mismo (en la práctica entre la pata del talud y el extremo oriental de las manzanas B y C), dichos elementos estarían sometidos hasta gran profundidad a unos empujes que no pueden resistirse por sistemas estructurales convencionales, por ejemplo filas de pilotes de gran diámetro o caissons, tablestacados hincados, etc.

4- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las zonas aledañas a la Urbanización San Luis, en los Barrios Granada Sur y Montebello, existen grandes masas de suelo en estado de deslizamiento. Dada la pendiente suave de la superficie del terreno y la magnitud de dichas masas, se considera que su inestabilidad se debe a presiones hidrostáticas también grandes, causadas por aguas infiltradas durante los períodos lluviosos en estratos relativamente permeables que deben estar subyaciendo al conjunto de arcillolitas y depósito coluvial que forma el manto superior del terreno. Localmente ejercen acción desestabilizadora las aguas provenientes de tuberías de acueducto y alcantarillado que se han roto por razón de los movimientos de falla del terreno. Pueden verse en inmediaciones del paramento norte de la manzana A, y sobre grietas del flanco izquierdo del deslizamiento del Granada Sur, dos sitios en los cuales surgen aguas negras de manera permanente.

De acuerdo con los resultados resumidos en los puntos anteriores y los análisis de estabilidad efectuados se establece que al oriente de la urbanización, y en el borde occidental del barrio Montebello se produce un deslizamiento secundario (asociado con el gran deslizamiento del barrio Granada Sur), activado e intensificado por altas presiones hidrostáticas y por un mecanismo de desgarre o tracción lateral ejercido por el deslizamiento del Granada Sur. En la figura 7 se muestra la sección analizada, que corresponde al perfil levantado por la divisoria de patios de la manzana B. En la figura 8 se representa la superficie de falla y el valor del factor de seguridad arrojados por el análisis, obrando ante todo como causa de la inestabilidad la presión de las aguas infiltradas.

El factor de seguridad (FS) se define como la relación obtenida de dividir el valor de las fuerzas resistentes al deslizamiento por las fuerzas que tienden a causarlo; en consecuencia un valor del FS igual a la unidad (FS = 1,0) indica que dichas fuerzas están igualadas y por lo tanto se tiene una condición de falla inminente del terreno involucrado. Puede verse en la figura 8 que para las condiciones geométricas y de presiones hidrostáticas ya mencionadas, y utilizando las propiedades de resistencia al corte halladas en ensayos de laboratorio sobre muestras del material arcilloso del talud, se obtuvo un factor de seguridad de 1,0. Se verifica asi el estado crítico en que se encuentra la masa de suelo del deslizamiento secundario y se concluye que su desplazamiento impone empujes y deformaciones sobre el talud oriental y el piso de cimentación de las manzanas de la urbanización San Luis. En vista de que se ha establecido una relación directa entre el movimiento de falla de dicha masa y las presiones del agua infiltrada en el substrato, se explica el carácter periodico o cíclico de dichos empujes, que se manifestarán de acuerdo con los períodos de fuertes lluvias. Esto crea a su vez una condición de riesgo permanente, teniendo en cuenta la alta pluviosidad que se registra en el área; existen grandes posibilidades de que durante y después de aguaceros intensos y prolongados se produzca una activación del deslizamiento y los daños consiguientes a la urbanización.

Dentro de las consideraciones de riesgo también deben tenerse en cuenta los efectos inestabilizantes del terreno que pueden producir los movimientos sísmicos. Se realizó el análisis de estabilidad correspondiente, aplicando al terreno la aceleración horizontal por sismo que recomienda el Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes para esa región de la Sabana de Bogotá; los resultados se representan en la figura 9 y puede verse que arrojaron un valor del factor de seguridad menor que la unidad (FS = 0,597). Esto permite destacar la alta posibilidad de que ante un sismo esperado de magnitud promedio, puede inducirse un movimiento súbito de la masa de suelo involucrada en el deslizamiento secundario; el desplazamiento que ocurriría sobre las manzanas de la urbanización San Luis produciría ciertamente un evento catastrófico.

Las características de resistencia al corte (o al deslizamiento) de los suelos arcillosos existentes en la zona estudiada son de tal naturaleza, que una vez superado el valor máximo de resistencia por efecto del desplazamiento del terreno sobre la superficie de falla del talud, se produce una fuerte reducción de la resistencia. Esto quiere decir que al llegar el desplazamiento de la masa de suelo al valor que corresponde a la máxima resistencia, hay altas probabilidades de que ocurra un movimiento de falla a un mayor, y con velocidad más alta, puesto que el suelo involucrado ofrece una resistencia al deslizamiento cada vez menor. Si a esto se suma el efecto desfavorable que ejerce el aumento del contenido de agua del suelo sobre la resistencia (efecto de ablandamiento descrito en el capítulo 2), se concluye que existen los factores naturales que pueden causar en cualquier momento la reactivación del deslizamiento y su acción sobre los terrenos de la urbanización.

Sin ánimo de presentar un panorama tremendista, pero dentro del campo de las probabilidades en el cual se desarrollan los estudios de riesgo por amenazas naturales, se puede considerar la situación por completo desfavorable para la estabilidad del terreno localizado al oriente de las manzanas de la urbanización San Luis, en el caso de que ocurra un sismo coincidente con un período de alta pluviosidad. En conclusión, se establece en el presente estudio que existen factores reales de alto riesgo para la urbanización San Luis, por deslizamiento y empujes de tierra inducidos por éste.

Como aspecto final en lo relacionado con inestabilidad de taludes se menciona que el análisis de las características esfuerzo-deformación del suelo arcilloso del coluvión, y del manto residual de la arcillolita subyacente, permite estimar un desplazamiento total del deslizamiento secundario hacia el talud oriental de la urbanización, en el caso de falla definitiva entre 1,7 y 2,5 metros. Considerando que hasta el momento se hayan registrado deformaciones horizontales de los módulos de las tres manzanas, que suman unos 50 centímetros, restaría por presentarse un desplazamiento de 1,2 a 2,0 metros. Se considera que las edificaciones de las manzanas A, B y C, son incapaces de resistir exitosamente tales desplazamientos, no obstante la alta calidad del diseño estructural y la construcción del sistema de cimentación y de la superestructura.

El cálculo de las presiones de tierra que puede causar el movimiento de la masa de suelo abarcada por el deslizamiento secundario lleva a valores altísimos, del orden de 350 toneladas por cada metro de ancho de la masa. La magnitud de estos empujes permite concluir que son despreciables por completo los efectos que se hubieran producido por por las excavaciones para mejoramiento del talud oriental durante la construcción de la urbanización San Luis. Además debe recordarse que los materiales retirados para dicho mejoramiento eran desechos y basuras arrojados desde años atrás en el lote, que era

un botadero, como se estableció en el estudio realizado por IEH Ltda. en 1988 (ver la página 5 del presente informe); dichos materiales presentan pesos unitarios bastante bajos.

También se considera, que no hay posibilidad práctica de oponer a dichos empujes estructuras de contención convencionales o de dimensiones prácticas y económicas.

Se concluye que los problemas registrados en el sector oriental de la Urbanización San Luis, se deben en esencia a los empujes de tierra producidos por las zonas inestables vecinas, localizadas en sectores de los Barrios Granada Sur y Montebello. Por consiguiente la solución de los problemas registrados en las viviendas de la Urbanización está íntimamente ligada a las obras correctivas o remediales que se acometan en los sectores inestables de los barrios mencionados. Sin estas obras, las que se acometan dentro de los predios de la urbanización pueden ser insuficientes o de corta vida de servicio.

Se considera de la mayor importancia y de carácter urgente estudiar, diseñar y llevar a cabo un programa de obras correctivas que mitiguen el grave riesgo que imponen a los habitantes de la Urbanización San Luis, las condiciones de inestabilidad de las zonas críticas de los barrios vecinos.

Santafé de Bogotá D.C., 21 de Mayo de 1997.

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.

Ing. Manuel García López
Director de la Asesoría Geotécnica
Matrícula IC No. 7245 CND.

MGL/ola
1414-DEF.WP

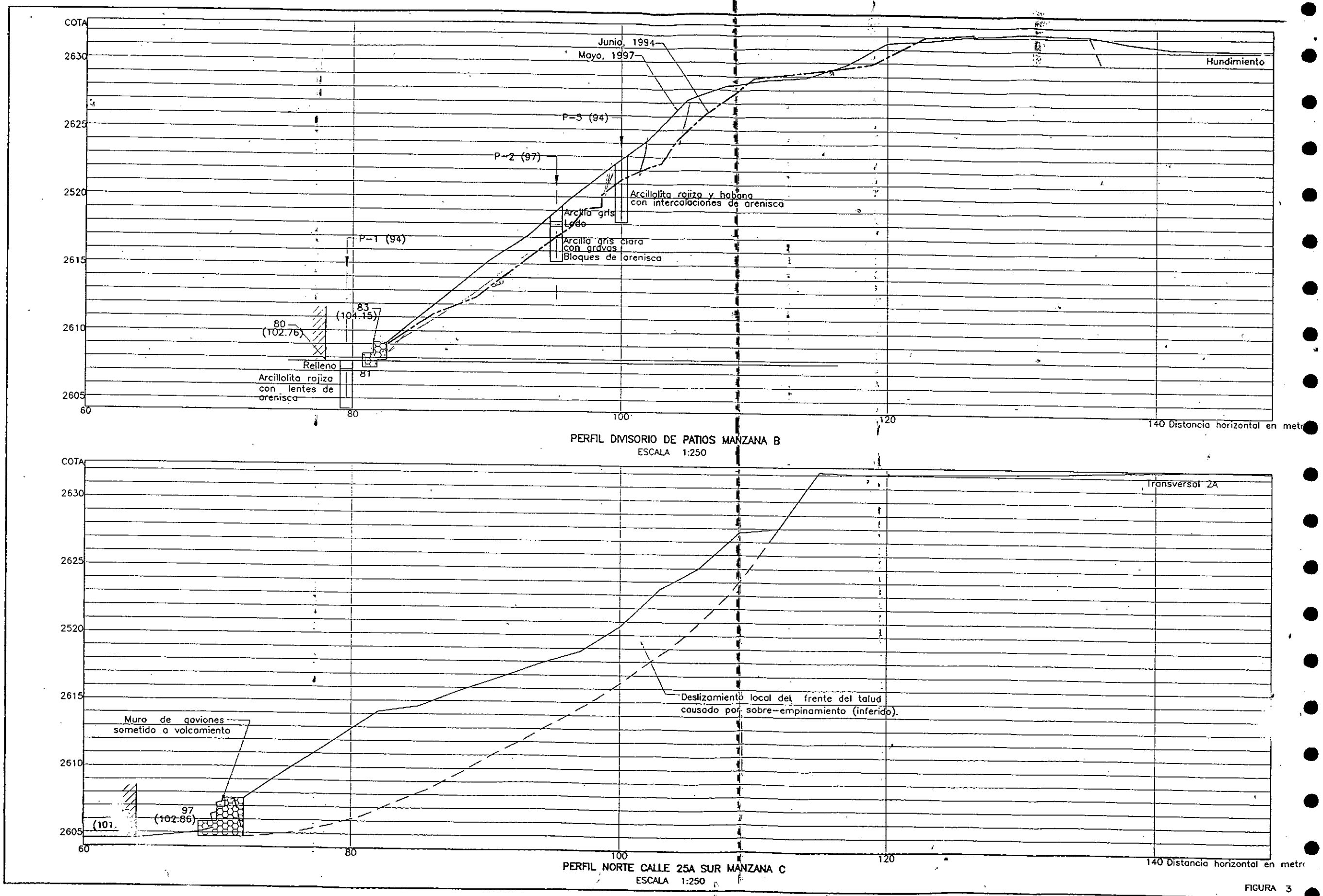
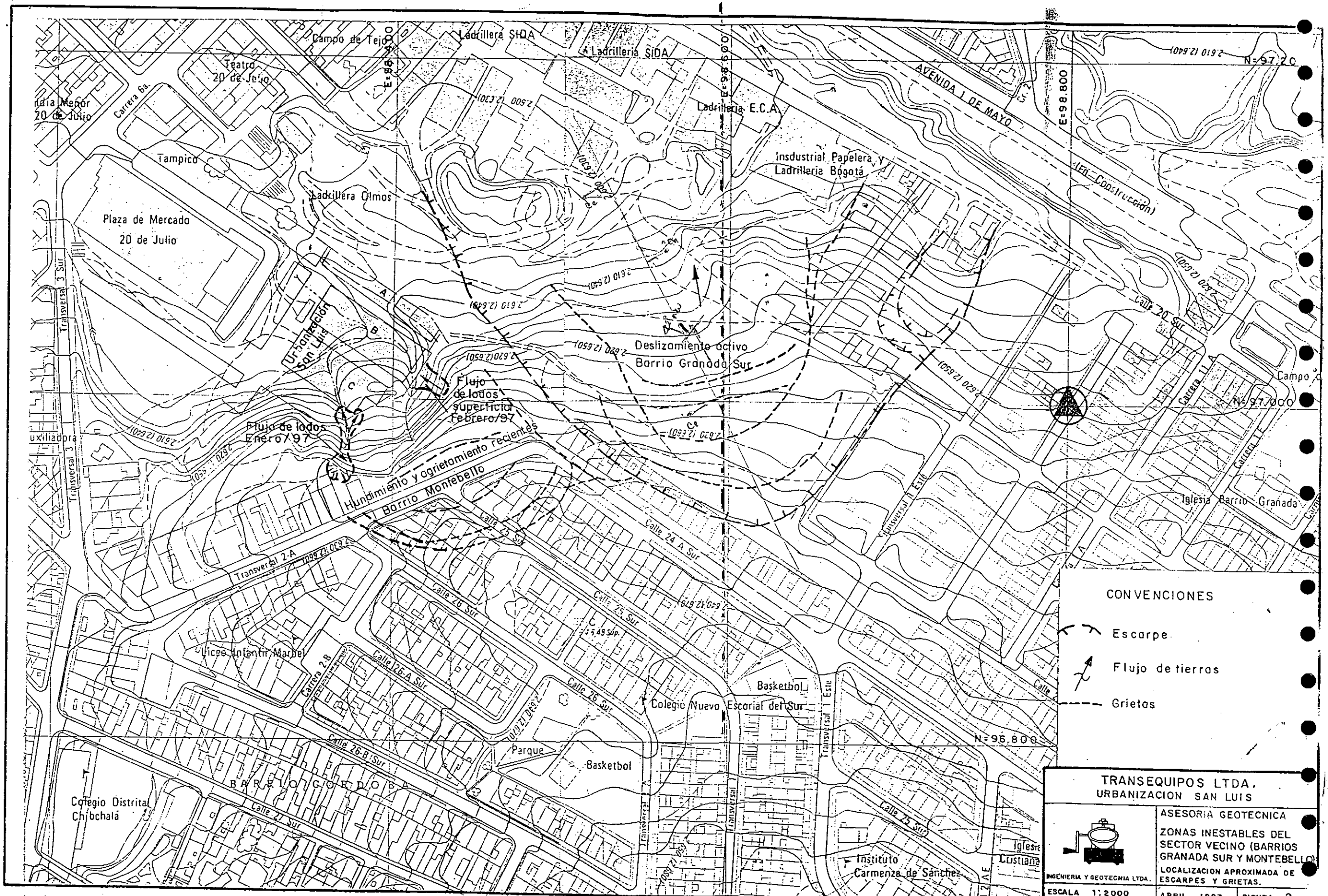
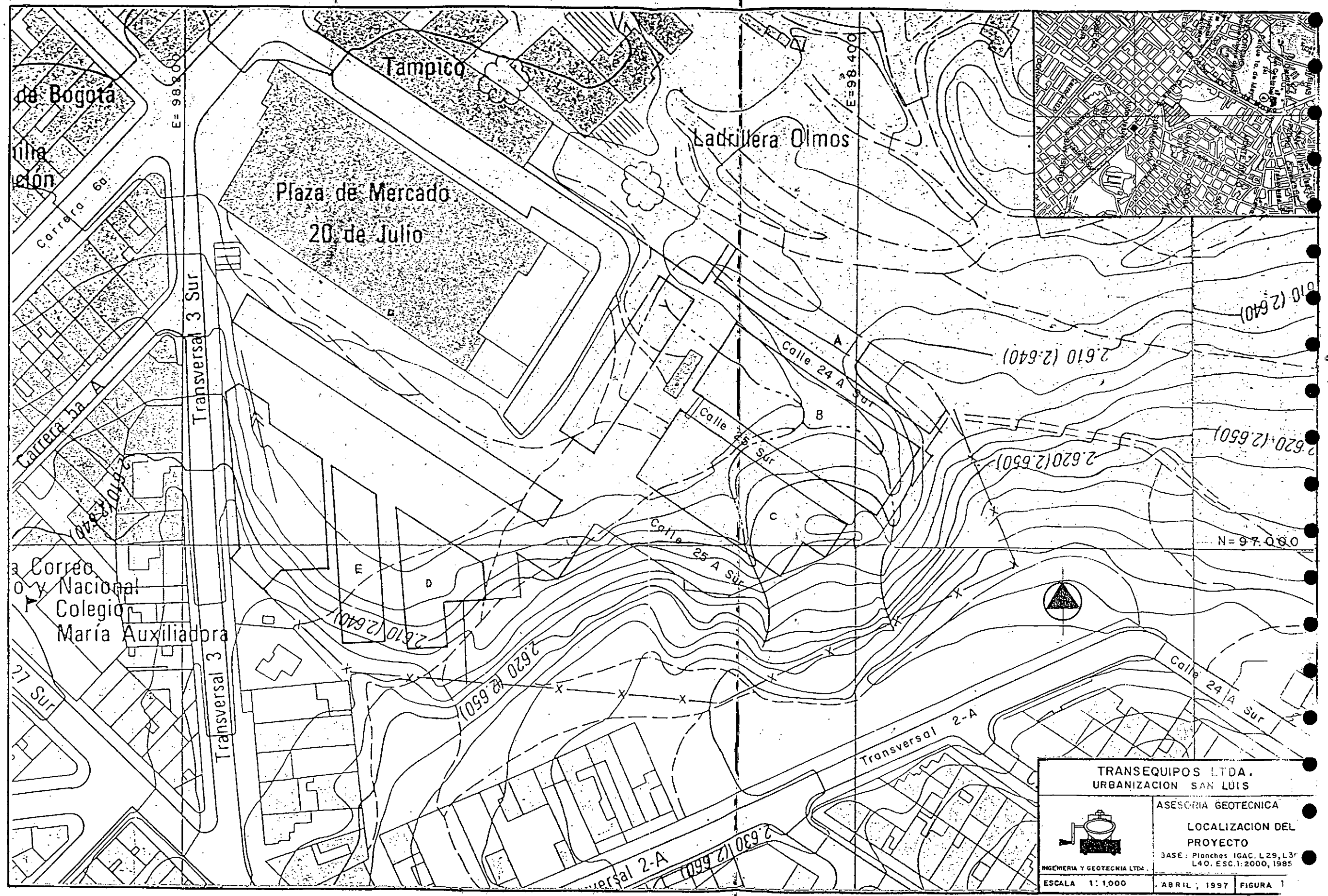
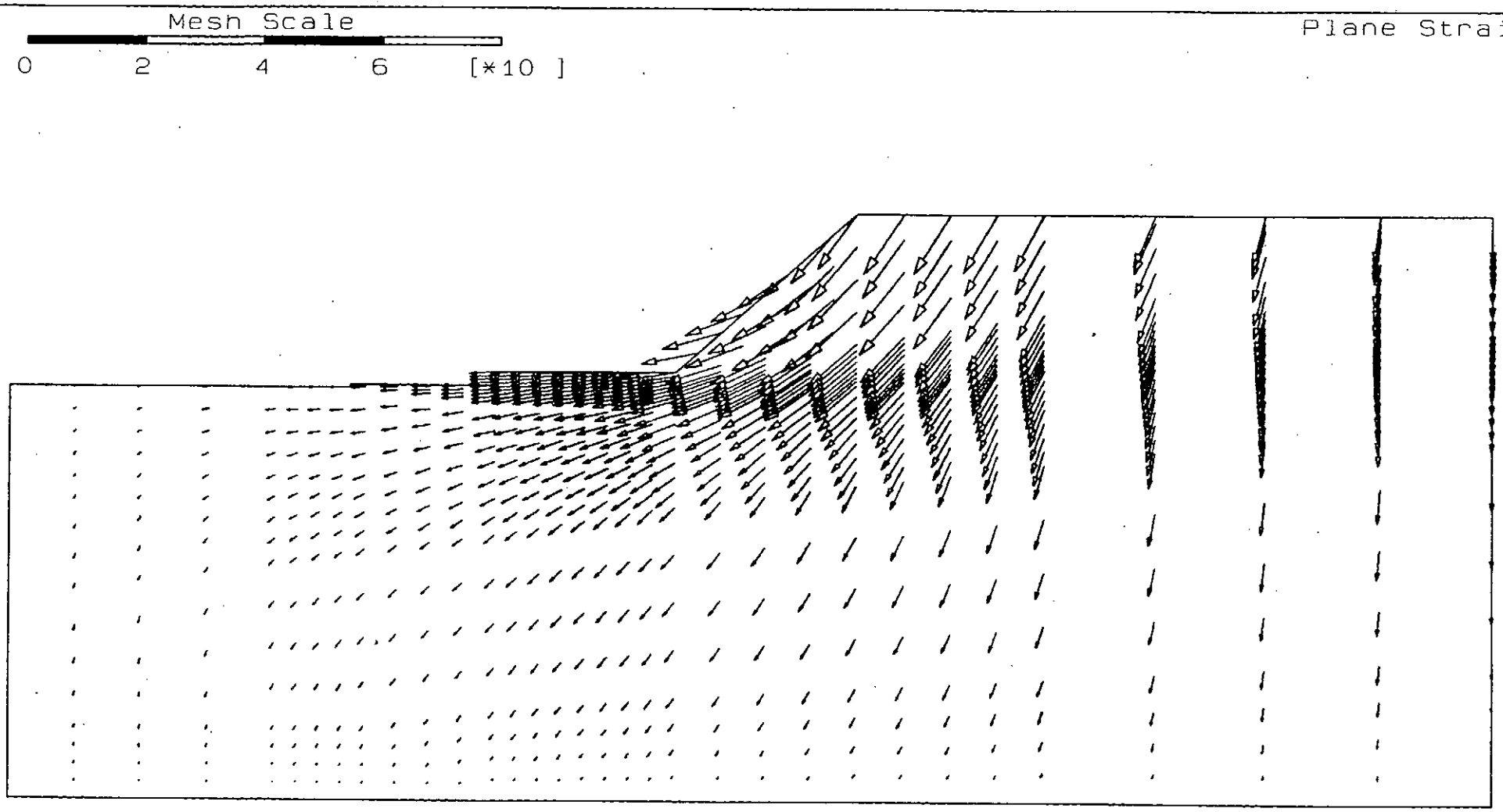

COTA
2630
2625
2520
2615
2610
2605
60
80
100
120
140 Distancia horizontal en metros
Junio, 1994
Mayo, 1997
Hundimiento
P-3 (94)
P-2 (97)
P-1 (94)
Arcillolita rojiza y habana con intercalaciones de arenisca
Arcilla gris
Lodo
Arcilla gris clara con gravas
Bloques de arenisca
83
(104.15)
80
(102.76)
Relleno
81
Arcillolita rojiza con lentes de arenisca
PERFIL DIVISORIO DE PATIOS MANZANA B
ESCALA 1:250
Transversal 2A
Muro de gaviones sometido a volcamiento
97
(102.86)
(101.
Deslizamiento local del frente del talud causado por sobre-empinamiento (inferido).
PERFIL NORTE CALLE 25A SUR MANZANA C
ESCALA 1:250

FIGURA 3


Campo de Tejo
Ladrillera SIDA
Ladrillera SIDA
Ladrillera SIDA
Teatro 20 de Julio
Carrera 6a.
Tampico
Plaza de Mercado 20 de Julio
Ladrillera Olmos
Ladrillera E.C.A.
Insdustrial Papelera y Ladrillera Bogotá
AVENIDA 1 DE MAYO
(En Construccion)
E=98.400
E=98.600
E=98.800
N=97.200
N=97.000
N=96.800
Calle 20 Sur
Carrera 11 A
Transversal 3 Sur
Urbanizacion San Luis
Deslizamiento activo Barrio Granada Sur
Flujo de lodos superficial Febrero/97
Flujo de lodos Enero/97
Hundimiento y agrietamiento recientes
Barrio Montebello
Calle 25 Sur
Calle 24 A Sur
Transversal 2-A
Calle 26 Sur
Calle 25 Sur
Liceo Infantil Marbel
Carrera 2-B
Calle 26-A Sur
Calle 26 Sur
Basketbol
Colegio Nuevo Escorial del Sur
Transversal 1 Este
Parque
Basketbol
Calle 26-B Sur
BARRIO GORDOBA
Colegio Distrital Chibchalá
Calle 27 Sur
Calle 25 Sur
Instituto Carmenza de Sánchez
Iglesia Barrio Granada
Iglesia Cristiana
CONVENCIONES
Escarpe
Flujo de tierras
Grietas
TRANSEQUIPOS LTDA.
URBANIZACION SAN LUIS
ASESORIA GEOTECNICA
ZONAS INESTABLES DEL SECTOR VECINO (BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO)
LOCALIZACION APROXIMADA DE ESCARPES Y GRIETAS.
INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.
ESCALA 1:2000
ABRIL, 1997
FIGURA 2


Tampico
de Bogotá
ilia
ción
Plaza de Mercado
20 de Julio
Ladrillera Olmos
E=98 400
E= 98.2
Carrera 6a
Carrera 5a A
Transversal 3 Sur
Transversal 3
Correo
Nacional
Colegio
María Auxiliadora
27 Sur
Calle 24 A Sur
Calle 25 Sur
Calle 25 A Sur
Calle 24 A Sur
Transversal 2-A
N=97.000
2.610 (2.640)
2.620 (2.650)
2.630 (2.660)
A
B
C
D
E
TRANSEQUIPOS LTDA.
URBANIZACION SAN LUIS
ASESORIA GEOTECNICA
LOCALIZACION DEL PROYECTO
BASE: Planchas IGAC. L29, L3
L40. ESC. 1:2000, 1985
INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.
ESCALA 1:1.000
ABRIL, 1997
FIGURA 1



Displacement field, scaled up (down)

Extreme displacement 6.15E-01 units

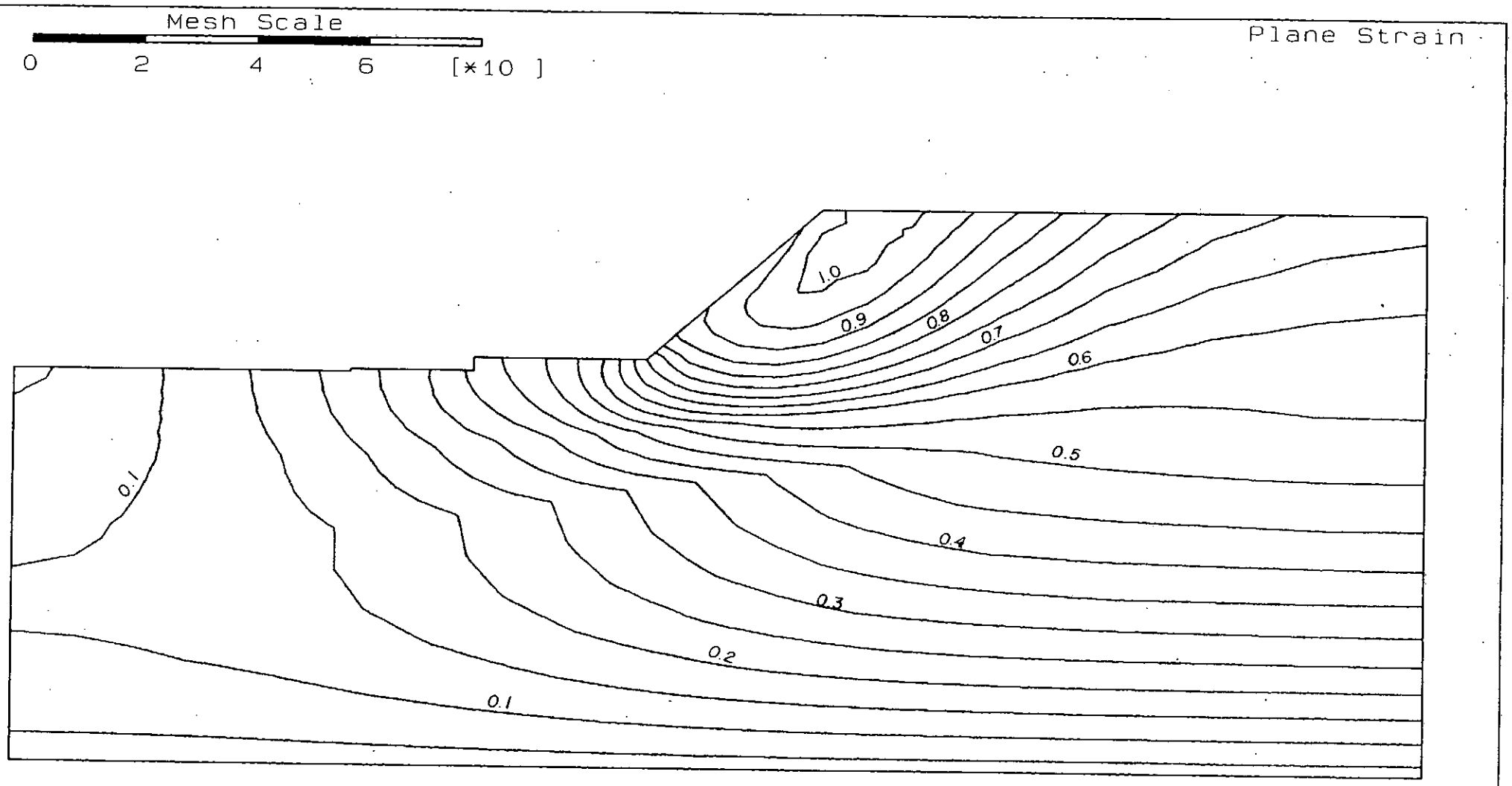
810000

PLAXIS
Professional
Version 5.10

TALUD EN ARCILLOLITA

FIGURA 4

TALUD Step 1	5-4-97	Ingenieria y Geotecnia Ltda



Contours of displacement increments

Minimum value 0.00E+00 units; Maximum value 6.15E-01 units

NOTA: Los valores en las líneas de iso-desplazamiento corresponden a (δ/δ máx)

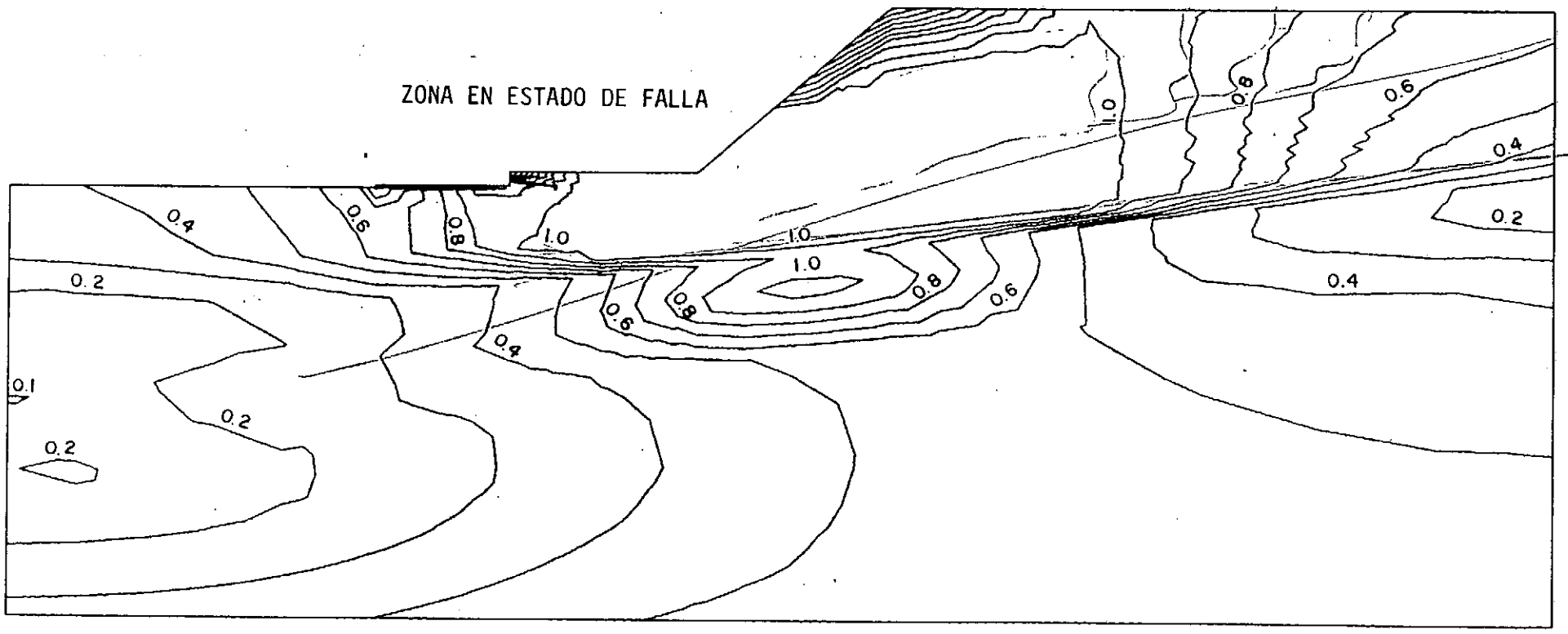
000019

PLAXIS Professional Version 5.10	TALUD EN ARCILLOLITA		FIGURA 5
	TALUD Step 1	5-4-97	Ingenieria y Geotecnia Ltda

Mesh Scale

0 2 4 6 [×10]

Plane Strain



Contours of relative shear stress (tau/tau-max)

Minimum value 0.00E+00 units; Maximum value 1.00E+00 units

020000

PLAXIS Professional version 5.10	TALUD EN ARCILLOLITA		FIGURA 6
	TALUD Step 1	5-4-97	Ingenieria y Geotecnia Ltda

URBANIZACION SAN LUIS SECCION 3 - PERFIL DIVISORIO DE PATIOS - MANZANA B
All surfaces evaluated. C:SECCION3.PLT By: INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA. 04-05

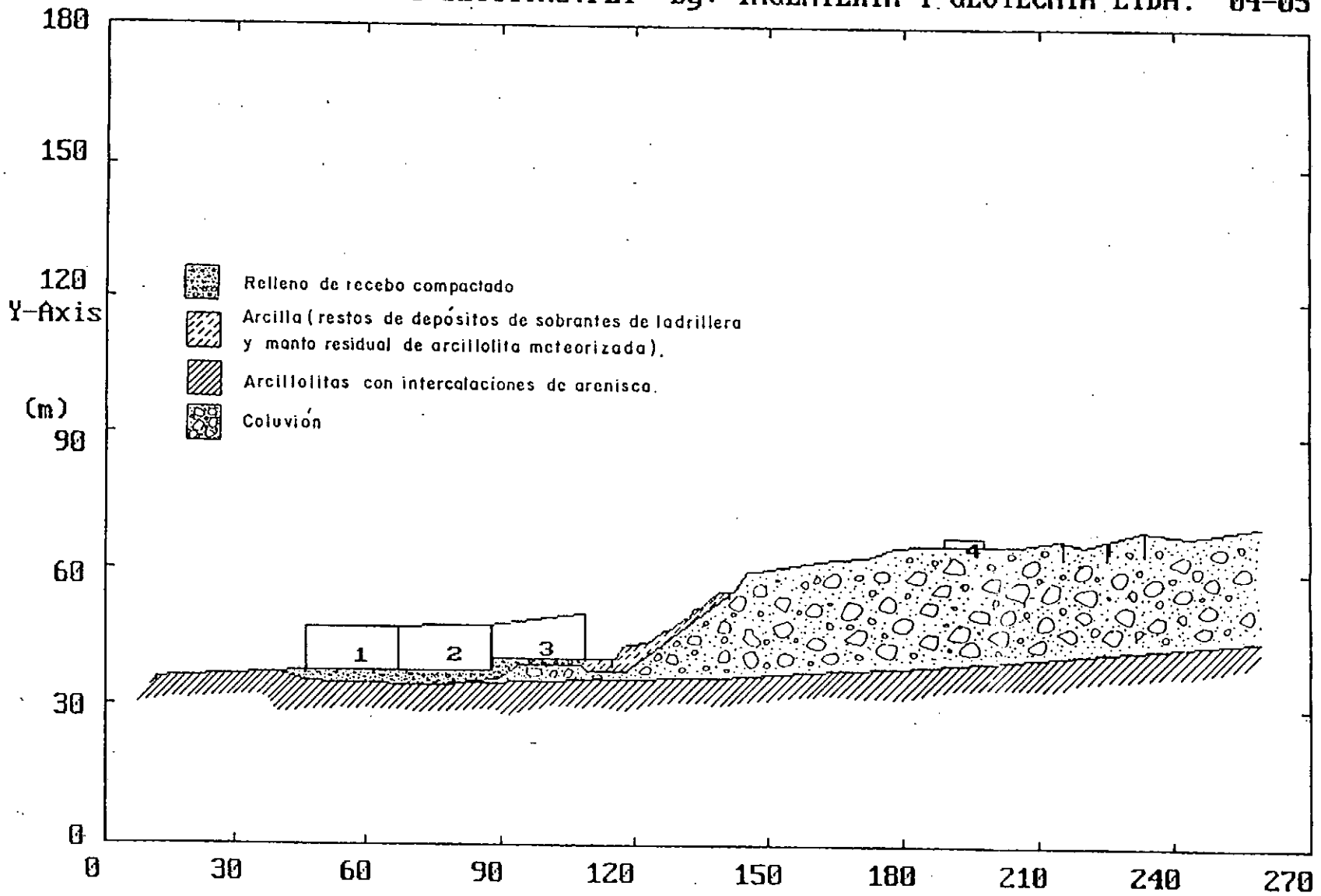


FIGURA 7

000021

URBANIZACION SAN LUIS SECCION 3 - PERFIL DIVISORIO DE PATIOS - MANZANA B
Ten Most Critical. C:SEC3BERU.PLT By: INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA. 04-05-97

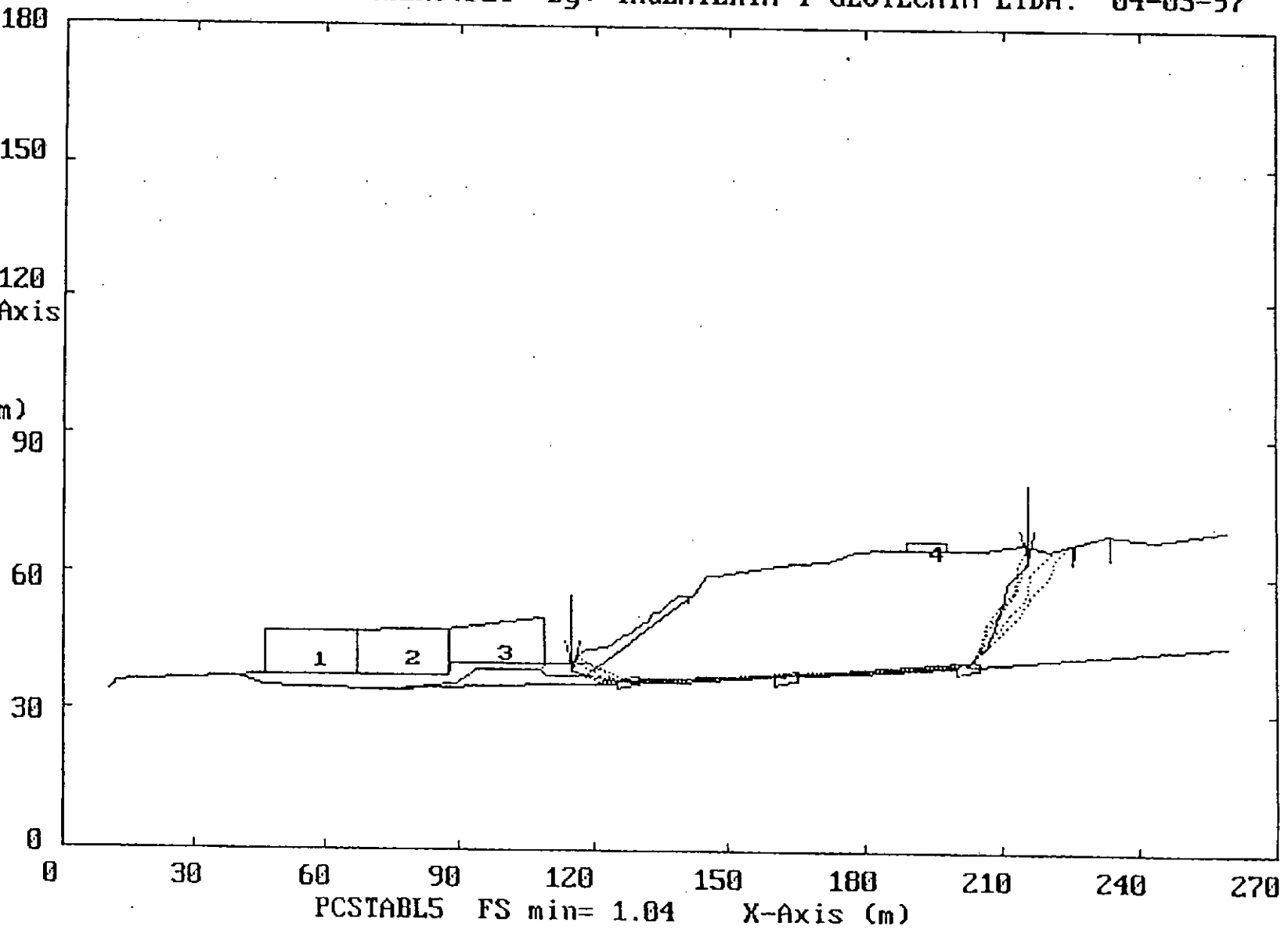


FIGURA 8

220000

URBANIZACION SAN LUIS SECCION 3 - PERFIL DIVISORIO DE PATIOS - MANZANA B
Ten Most Critical. C:SEC3BDRU.PLT By: INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA. 04-05-97

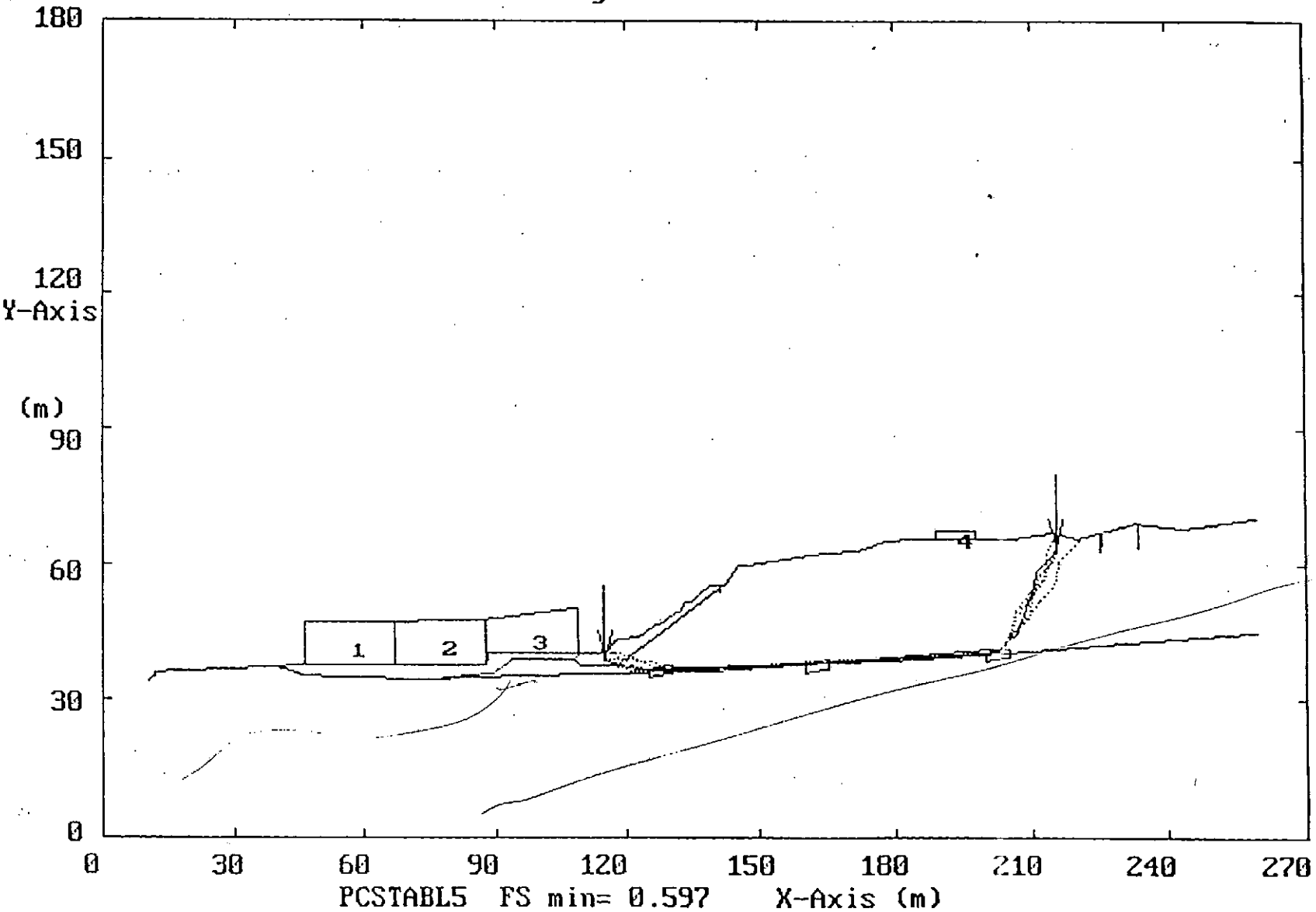


FIGURA 9

000023