

Peligrosidad de Terrenos Inestables en Quito, Detección y Mitigación

**Ing. Hernán Orellana J.
José Zea-La-Rochelle D.**
CODIGEM

ANTECEDENTES

La ciudad de Quito en los últimos treinta años, casi ha cuadruplicado su población, lo que ha determinado la utilización irracional del terreno, incluidas zonas consideradas como de protección natural y de alta peligrosidad ante diversas catástrofes naturales, causando el consiguiente riesgo a la población y su infraestructura civil.

CODIGEM a través del Departamento de Geotecnia de la División de Riesgos Naturales, con el apoyo de la DHA/UNDRO, bajo las actividades del proyecto **ECU/91/004: "Mitigación de los Desastres Naturales y Preparación para enfrentarlos en el Ecuador"**, y dentro de éste, el **Subproyecto No.5: "Protección a las Personas y Bienes Amenazados por los Deslizamientos en Quito"**, desarrolló el presente trabajo. (I Parte) con el objetivo de definir la peligrosidad de terrenos inestables en Quito, lo que permitirá, mitigar

sus efectos sobre la ciudad y su población.

ESTUDIO REGIONAL

Con el fin de detectar los terrenos inestables se realizó un estudio regional con mapas temáticos, escala 1:50.000: geológico, suelos, eventos históricos frente a factores geoclimáticos, pendientes y drenajes antiguos, isoyetas anuales, cuencas hidrológicas, acuíferos e inventario de puntos de agua, que definieron el mapa "Diagnóstico del Grado de Estabilidad del Terreno", en la ciudad.

DIAGNOSTICO DEL GRADO DE ESTABILIDAD DEL TERRENO

En función de los mapas precitados, se completó el primer diagnóstico del grado de estabilidad del terreno, que la CODIGEM ha venido realizando a través de su

Departamento de Geotecnia, documentación que ha servido de sustento técnico para la elaboración de Planes de Defensa Civil y Ordenamiento Urbano.

El grado de estabilidad del terreno se ha diferenciado en zonas:

a) **de mayor estabilidad** constituidas por áreas planas y de pendientes inferiores al 25%, con peligro de movimientos nulo o muy localizado; existe incertidumbre bajo la acción de movimientos sísmicos o reactivación tectónica.

b) **de estabilidad moderada o menor** en la que se observan pendientes mayores de 25%. caída de bloques, estancamientos temporales de ríos o quebradas, niveles freáticos superficiales, acuíferos colgados, fallas tectónicas de posible reactivamiento, baja resistencia al corte en áreas con interestratificaciones de lapilli y/o arena, erosión progresiva del suelo debido a factores ambientales o acciones del hombre, explotación de canteras, galerías y labores agrícolas realizadas en forma antitécnica y caótica.

c) **de mayor inestabilidad** del terreno en las que existen deslizamientos antiguos y modernos ligados a una litología altamente permeable con pendientes superiores al 25%, propensos a reactivarse por efectos de fallas tectónicas, recarga de agua o eventos sísmicos, problemas antrópicos como explotación a gran escala de materiales de construcción, galerías o rellenos inadecuados de quebradas.

d) **con peligro o posible peligro a licuefacción:** zonas generalmente planas, afectadas por fallas tectónicas, niveles freáticos bastante superficiales ligados a hetero-

geneidad litológica, presencia de depósitos lagunares susceptibles a licuefacción por eventos sísmicos.

e) **compuestas** por dos o más caracterizaciones de las señaladas.

PLAN PILOTO: ESTUDIO EN DETALLE, CUENCAS QUEBRADAS RUMIPAMBA Y RUMIURCU (I PARTE)

Estas cuencas fueron seleccionadas, pues no sólo son vulnerables a movimientos de terrenos inestables, sino también por peligrosidad volcánica del Guagua Pichincha, como lo demuestran estudios realizados para la mitigación de este riesgo. (Tomos I y II IENMIN - GEOTERMICA ITALIANA, 1989). El plan piloto consistió de dos investigaciones básicas:

1.- MAPA DE RASGOS MORFOLOGICOS Y DE TERRENOS INESTABLES

Este mapa, escala 1:10.000, realizado por el Departamento de Cartografía y Percepción Remota de CODIGEM, tuvo de base una interpretación en detalle de fotografías aéreas, escala 1:20.000 poniendo en relieve los rasgos morfodinámicos del área y la localización de terrenos inestables, para ello se utilizó el sistema de "Mapeamiento Geomorfológico para Regiones de Alta Montaña", de la Universidad de Amsterdam (Holanda). Esta tarea se complementó con la verificación de campo.

Los terrenos inestables están constituidos principalmente por materiales sueltos (suelo, depósitos o roca decomprimida), y fueron clasificados en cinco grupos:

1) **deslizamientos activos**, movimientos

actuales del terreno,

2) deslizamientos progresivos, terreno en proceso de movimiento, a veces lento,

3) deslizamientos antiguos, evidencias de movimientos de masas acaecidos, que sin embargo continúan siendo zonas inestables.

4) movimientos muy lentos del terreno: reptación y solifluxión mayormente superficiales, y,

5) caída de rocas.

2. ANALISIS GEOTECNICO DE ESTABILIDAD DE PENDIENTES

Para el análisis de estabilidad se seleccionaron en el campo 15 perfiles correspondientes a sitios de deslizamientos activos o progresivos. Las características geométricas se determinaron de la cartografía topográfica 1:10.000. No se consideraron las sobrecargas estáticas y cargas dinámicas como sismos. La posible ubicación de la superficie de deslizamiento fue asumida en base a observaciones de campo. El nivel freático se consideró variable en tres posiciones diferentes: coincidente con la superficie de falla (estado seco), coincidente con la superficie del terreno (estado saturado), e intermedia entre las dos superficies mencionadas. Los parámetros internos se obtuvieron de ensayos de identificación SUCS y pruebas triaxiales UU (no consolidado, no drenado). El cálculo de estabilidad, se realizó mediante un programa basado en la teoría de Morgenstern-Price y desarrollado por el Public Works Research Institute del Japón. De los resultados obtenidos para el factor de seguridad, se concluye, que en condicio-

nes secas el 33% de los casos estudiados se encuentran bajo el límite crítico ($FS = 1.0$). Si el nivel freático se ubica entre la superficie de falla y la del terreno, este porcentaje aumenta a 60% y a 87% en condiciones de saturación. el equilibrio actual obedece a la presencia de la vegetación, que según datos bibliográficos, incrementa la resistencia al esfuerzo cortante del suelo hasta 2.5 veces. (Manual de Taludes, Instituto Geológico Minero de España).

Durante el último período invernal que afrontó la ciudad de Quito, (Abril - Mayo 1993) se realizó un **mapa de evaluación de zonas de riesgo o propensas a deslizamientos**, para acciones de prevención y correctivas, en las que se incluyeron zonas de alto riesgo, zonas en proceso de deforestación con propósitos de asentamiento y zonas a implementar medidas correctivas.

CONCLUSIONES

- Los terrenos propensos a inestabilidades se localizan principalmente en zonas de fuerte pendiente (laderas del Pichincha y lomas al este de Quito, flancos de quebradas), zonas de explotación de canteras y de materiales para ladrilleras, rellenos de quebradas y zonas de depósitos lacustres, con niveles freáticos altos, susceptibles a licuefacción en caso de un sismo (Anexo 1a y 1b).

- El agente detonador es principalmente la fuerte precipitación en épocas invernales, complementada por acciones humanas, lo cual produce una erosión

intensa y progresiva del suelo, acarreo de material sólido, desprendimientos y deslizamientos locales. El aumento de la escorrentía superficial sumado al desalojo de desperdicios, escombros, aguas servidas e impermeabilización parcial del suelo debido a construcciones, impide la infiltración del agua, lo que conduce a la formación de flujos de lodo, inundaciones, colapsos de colectores, hundimientos, etc.

- El análisis de estabilidad demuestra las condiciones de equilibrio límite en que se encuentran las laderas en estudio. La peligrosidad de su movimiento al estado natural es alta y su riesgo en época de precipitaciones será mayor si continúa la deforestación y la ocupación de áreas de protección ecológica y, si por otro lado, no se realizan acciones de prevención-mitigación y correctivas. Este cuadro podría alcanzar niveles dramáticos si se agrega el riesgo sísmico, no considerado en esta fase del proyecto.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar un estudio socio-económico de las zonas con propósitos de asentamientos, así como también emprender campañas de educación y difusión del riesgo por terrenos inestables. En igual forma debe realizarse el control del área de protección ecológica para impedir nuevas deforestaciones y asentamientos, promoviendo el desarrollo de la ciudad en áreas de mayor seguridad.

- Emprender campañas de reforestación y tratamiento de laderas mediante métodos naturales y obras complementarias

tanto para las laderas como para obras civiles realizadas. Ejecutar obras para control de escorrentía. Impulsar el sistema separativo de aguas servidas, por un lado, y pluviales, por otro, a fin de reducir la carga de los colectores.

- Impedir la explotación de canteras en el área urbana y alrededor de Quito, y planificar nuevos sitios de explotación en base a estudios técnicos de la CODIGEM, así como también realizar el control técnico de explotación y ubicación de ladrilleras.

- Debe procurarse el control de crecidas, mediante monitoreo visual y redes hidrometeorológicas, así como el control geodésico de los movimientos del terreno.

- Implementar una red de piezómetros y piezógrafos para mantener un monitoreo mensual del nivel de aguas subterráneas de los acuíferos de Quito, considerando que existe una marcada tendencia de recuperación del nivel de los acuíferos por la suspensión de uso de varios pozos, debido a la explotación superficial proveniente del Proyecto "Papallacta", que está generando un nuevo riesgo potencial por incremento en los niveles de agua subterránea (nivel piezométrico), que amerita un control permanente.

- Ejecución e implementación de actividades programadas por el "Comité de Gestión para la mitigación del riesgo por terrenos inestables en Quito", bajo coordinación general de la Presidencia de la República, Dirección Nacional de Defensa Civil, CODIGEM, DHA/UNDRO, I. Municipio de Quito, Ministerio de Gobierno, Ministerio de Relaciones Exteriores,

CONADE, USAID/OFDA, a través de tres subcomités: "Evaluación de la peligrosidad de terrenos inestables en el Area Metropolitana de Quito", II etapa (subcomité N° 1); "Vigilancia del uso de las laderas del Pichincha, área urbana y sector este de Quito" (subcomité N° 2); "Vigilancia de Control de explotación técnica de canteras" (subcomité N° 3). (Anexo N° 2).

- Es indispensable que la CODIGEM continúe la II etapa del proyecto, a través de la cooperación técnica del PNUD/UNDRO-USAID/OFDA, aprobado oficialmente por el Comité Nacional de Cooperación Técnica, mediante la elaboración de mapas regionales a mayor escala y la implementación del plan piloto en el resto de sectores de alta peligrosidad. Para lo cual es necesario actualizar las fotografías aé-

reas de Quito y sus alrededores a una escala 1:20.000, así como el mapacatastral a cargo del I. Municipio de Quito.

Cabe resaltarse que este proyecto ha sido declarado por DHA/UNDRO (Naciones Unidas, como "Plan Piloto" a nivel latinoamericano, por su importancia en el plano investigativo y de aplicación a planes de defensa civil, ordenamiento urbano y de protección socio-ambiental, lo que representa un alto nivel técnico del personal de contraparte nacional reforzado con el concurso de consultores técnicos de DHA/UNDRO.

NOTA: El presente, constituye un resumen del informe "Peligrosidad de terrenos inestables en Quito. Detección y Mitigación, "Primera Etapa, elaborado por el Departamento de Geotecnia de CODIGEM, bajo la cooperación técnica del DHA/UNDRO, Julio 1993.

Anexo 1a.- Alta peligrosidad a los movimientos de terrenos inestables, asentados por problemas de pendientes fuertes, hidrometeorológicos, características geomecánicas de suelos, deforestación y asentamientos humanos en zonas de riesgo. (Flancos Orientales Loma Atucucho).





Anexo 1b.- Problemas de inestabilidad de suelos por explotación ilegal de canteras y en condiciones antitécnicas sin normas de protección ambiental. (Canteras vía Simón Bolívar).

ANEXO Nº 2

INSTITUCIONES Y/U ORGANISMOS PARTICIPANTES

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo /Oficina para la asistencia de Desastres Naturales en el Extranjero:
USAID/OFDA.

Brigada Pichincha

Cámara de la Construcción

Consejo de Seguridad Nacional: **COSENA**

Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica:
CODIGEM.

Departamento de Asuntos Humanitarios de Naciones Unidas: **DHA/UNDRO.**

Dirección Nacional de Defensa Civil:
DNDC.

Dirección Nacional de Minería: **DINAMI.**

Empresa Municipal de Agua Potable:
EMAP.Q.

Empresa Municipal de Alcantarillado:
EMA.Q.

H. Consejo Provincial de Pichincha.

Ilustre Municipio de Quito (Asesoría, Dirección de Planificación. Dirección de Avalúos y Catastro, Instituto de Capacitación)

tación): **IMG.**

Instituto Nacional de Estadística y Censos: **INEC.**

Instituto Nacional de Forestación: **INEFAN.**

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: **INAMHI.**

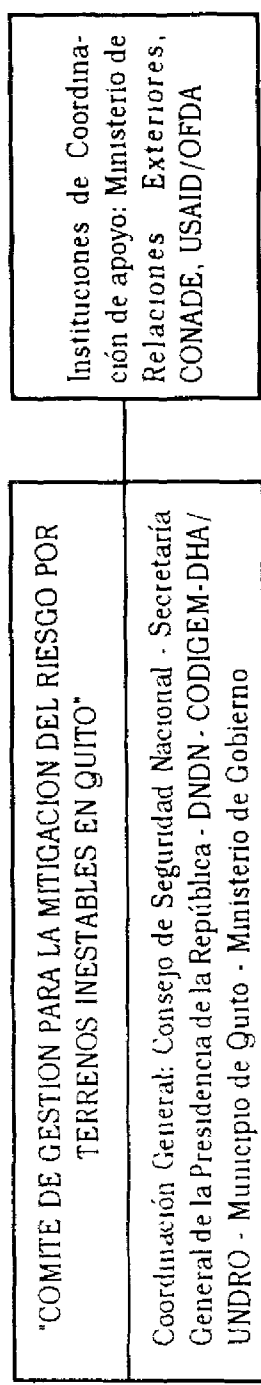
Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización: **INEN.**

Ministerio de Energía y Minas.

Ministerio de Gobierno: Subsecretarías de Gobierno y Policía: Junta Provincial de Defensa Civil de Pichincha (**JPDCP**) y Dirección de Planeamiento para la Seguridad Nacional, **DISPLASE.**

Ministerio de Obras Públicas: **MOP.**

Secretaría General de la Administración: **SGA.**



Sub-Comité No. 1	Sub-Comité No. 2	Sub-Comité No. 3
<p>Evaluación peligrosidad de terrenos inestables en el Area Metropolitana de Quito (II Etapa)</p>	<p>Vigilancia del uso de las laderas del Pichincha, Area Urbana y Sector Este de Quito.</p>	<p>Vigilancia de Control técnico de explotación de canteras</p>
<p>Responsables: * CODIGEM - DHA/UNDRO USAID/OFDA</p>	<p>Responsables: Ministerio de Gobierno Brigada Pichincha I. Municipio de Quito INEFAN INAMHI</p>	<p>Responsables: *Ministerio de Gobierno I. Municipio de Quito DNDN DINAMI FF.AA.</p>
<p>Instituciones participantes de apoyo: USAID/OFDA INAMHI EMA EMAP-Q DIR. PLANIFICACION (IMG) DIR. AVALUOS Y CATASTROS (IMG) ORSTOM</p>	<p>Instituciones participantes de apoyo: DNDN DIR. PLANIFICACION (IMG) DIR. AVALUOS Y CATASTROS (IMG) ICAM ** CODIGEM</p>	<p>Instituciones participantes de apoyo: H. Consejo Provincial de Pichincha ** CODIGEM MOP Subsecretaría Medio Ambiente - Ministerio Energía y Minas Cámara de la Construcción</p>

* División Riesgos Naturales
Departamento de Geotecnia

* Subsecretarías de Gobierno y Policía
DIPLASE
** División de Riesgos Naturales

* Subsecretaría de Gobierno - Policía - DIPLACE
** Div. Riesgos Naturales - Dptos. No metálicos
y Contaminación minero ambiental