

T
551.22
TEN

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Carta Geoambiental del Gran Guayaquil, Estudio Preliminar
Componente 5:
Riesgos por sismos, deslizamientos e inundaciones



TÓPICO DE GRADUACIÓN

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO EN GEOLOGÍA



Presentado por:
José Tenelema Chenche



AÑO: 2005



GUAYAQUIL - ECUADOR



AGRADECIMIENTO



CIB-ESPOL

A Dios por permitirme la finalización de mis estudios superiores.



CIB-ESPOL

A mis profesores del Tópico, a todos los profesores de la FICT.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

DEDICATORIA



CIB-ESPOL

A mis Padres Yoise y
César, mis hermanas,
familiares y amigos.



A mi querida abuela María
Luisa, que ya está con el
Señor.

CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Julio Rodríguez
SUB-DECANO FICT
PRESIDENTE

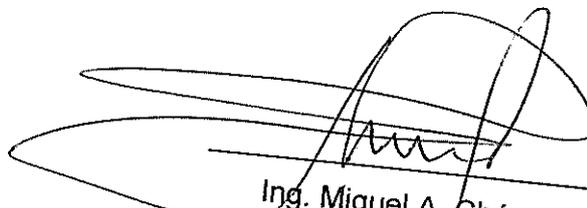


Ing. Jorge Calle G.
DIRECTOR DE TÓPICO



Ing. Héctor Ayón Jo
VOCAL

Ing. Carlos Martillo
VOCAL



Ing. Miguel A. Chávez
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de éste Tópico de Graduación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de el mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”



José Fenelema Chénche

RESUMEN

El componente 5 del Estudio Preliminar para la elaboración de la Carta Geoambiental del Gran Guayaquil, que identifica los riesgos ante la ocurrencia de sismos, deslizamientos e inundaciones en la ciudad, constituye: 1) una revisión de información referente a fenómenos sísmicos en la ciudad y a estudios realizados hasta la presente fecha al respecto y, 2) se limita a la identificación de sitios en la ciudad sensibles a deslizamientos e inundaciones, para que posteriormente estos elementos conlleven a una zonificación de áreas sensibles respaldada con estudios más especializados.

El objetivo de éste trabajo es iniciar la identificación de zonas sensibles en la ciudad, para que autoridades competentes y ciudadanía en general consideren bajo especificaciones técnicas, que áreas sirven para expansión urbana, teniendo en cuenta que la mayores de zonas de afectación son las que constituyen asentamientos informales y que es la acción antrópica la que multiplica las consecuencias negativas de las ocurrencias de los fenómenos antes mencionados.

En éste trabajo se presenta los fundamentos teóricos respecto a estos tres tipos de riesgos, se describe los diferentes sitios de interés por su frecuencia de afectación y finalmente se utiliza como herramienta el Sistema de Información Geográfica Arc View para el diseño de los mapas temáticos a escala 1: 100000.

La información obtenida durante el desarrollo de éste documento se complementa con la que contienen los otros componentes 1,2,3 y 4 del proyecto de elaboración de la Carta, para de esa manera realizar la correlación entre varios elementos como: litología, estructuras geológicas, hidrología, hidrogeología, el crecimiento poblacional, áreas degradadas, zonas de riesgos y población afectada.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FOTOS.....	VII
1. INTRODUCCION.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 SISMOS.....	4
2.2 DESLIZAMIENTOS.....	9
2.3 INUNDACIONES.....	11
3. RIEGOS POR SISMOS, DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL	
3.1 RIESGOS POR SISMICIDAD.....	13
3.1.1 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN GUAYAQUIL....	16
3.1.2 REFERENCIAS DE ESTUDIOS REALIZADOS ANTERIORMENTE PARA LA CIUDAD.....	18

3.1.3 MAPA DE ZONIFICACION SÍSMICA BASADO EN TRABAJOS ANTERIORES.....	20
3.2 RIESGOS POR DESLIZAMIENTOS.....	26
3.2.1 METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS.....	31
3.2.2 ESTUDIO ANTERIORES DE CASOS DE LOS CERROS EL JORDÁN Y AZUL.....	44
3.2.3 DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE UBICACIÓN DE SITIOS SENSIBLES A DESLIZAMIENTOS.....	49
SENSIBLES A DESLIZAMIENTOS	
3.3 RIESGOS POR INUNDACIONES.....	60
3.3.1 METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE ÁREAS DE INUNDACIÓN.....	63
3.3.2 DESCRPCIÓN DEL MAPA DE UBICACIÓN DE SITIOS SENSIBLES A INUNDACIONES.....	65
4. CONCLUSIONES.....	71
5. RECOMENDACIONES PARA LA REALIZACIÓN FINAL DE LA CARTA GEOAMBIENTAL DEL GRAN GUAYAQUIL, COMPONENTE RIESGOS.....	76

6. BIBLIOGRAFIA.....	78
----------------------	----

7. ANEXOS

Anexo A1	Mapa de canales y conductos de descarga de aguas de los sectores de Guayaquil, INTERAGUA
Anexo A2	Zonificación de la ciudad por INTERAGUA para planes pre-invernales
Anexo B1	Mapa 1: Zonificación sísmica de la ciudad de Guayaquil
Anexo B2	Mapa 2: Ubicación de sitios sensibles a deslizamientos
Anexo B3	Mapa 3: Ubicación de sitios sensibles a inundación
Anexo B4	Mapa 4: Bosquejo de zonificación de zonas sensibles a deslizamientos
Anexo B5	Mapa 5: Bosquejo de zonificación de zonas sensibles a Inundaciones

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 2.1 Cuadro comparativo entre escalas de Mercalli y Richter.....	8
CUADRO 3.1 Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de Guayaquil.....	17
CUADRO 3.2 Aceleración esperada en roca basal de la ciudad de Guayaquil.....	19
CUADRO 3.3 Factores generadores de movimientos de laderas.....	27
CUADRO 3.4 Metodología para el estudio de deslizamientos.....	32
CUADRO 3.5 Propiedades para estudio de materiales en la ciudad.....	37
CUADRO 3.6 Mapa de canales y conductos de descarga de aguas de los sectores de Guayaquil, INTERAGUA.....	61
CUADRO 3.7 Metodología para el estudio de áreas de inundación.....	64

ÍNDICE DE FOTOS

	<i>Localidad, Pág</i>
FOTO 1,4 y 6	Facies volcano sedimentarias, 23 -39 - 41
FOTO 2	Llanura aluvial del Río Guayas, 25
FOTO 3	Afloramiento Granodiorita (Pascuales), 38
FOTO 5	Fracturamiento en lutitas, 40
FOTO 7	Fm. Guayaquil, 42
FOTO 8	Cerro Azul, 50
FOTO 9, 10 y 11	Cerro El Jordán, 51-52
FOTO 12, 13, 14 y 15	Mapasingue, 53-54
FOTO 16, 17 y 18	Cerro del Carmen, 55-56
FOTO 19	Cerro Santa Ana, 57
FOTO 20	Bellavista, 58
FOTO 21, 22, 23 y 24	Ferroviaria, 59-60
FOTO 25 y 26	Las Orquídeas y Vergeles, 66 – 67
FOTO 27 y 28	Bastión Popular, 69
FOTO 29	Guasmos, 70

1. INTRODUCCIÓN

Guayaquil, ciudad costera situada al Oeste del Ecuador, capital de la provincia del Guayas y principal puerto del país, está ubicada en el inicio de la ría Guayas, cuyo estuario se confunde con el Golfo de Guayaquil. Constituye la ciudad más grande del territorio nacional, con un gran movimiento económico, pues concentra las más importantes industrias y una población de 2.117.553 habitantes aproximadamente.

El crecimiento incontrolado de la ciudad, afectando indiscriminadamente sus ecosistemas, es lo que ha llevado a plantear la elaboración de la Carta Geoambiental, considerándose indispensable incluir en ésta la zonificación de áreas sensibles antes sismos, deslizamientos e inundaciones.

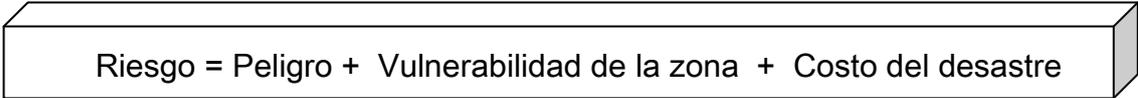
Es de vital importancia, tener claramente definido ciertos conceptos, además de conocer la diferencia entre riesgo y peligro, que está muy lejos de la concepción que habitualmente tenemos.

Riesgo es la posibilidad de sufrir daño debido a un peligro. Un peligro es una sustancia o acción que puede causar daño, enfermedad, pérdida económica y/o daño ambiental. (Miller, 1994)

Vulnerabilidad o sensibilidad es la medida en que un objeto o área puede ser afectado por la ocurrencia de un fenómeno.

Desastre es un siniestro o calamidad que en el momento de ocurrencia, supera la capacidad de atención social de los recursos humanos y tecnológicos, disponibles por las autoridades de la región afectada.

Así mismo, se puede concluir que riesgo es la relación que existe entre el factor peligro, vulnerabilidad y el costo que implica la presencia de un desastre natural.


$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} + \text{Vulnerabilidad de la zona} + \text{Costo del desastre}$$

2. MARCO TEÓRICO

RIESGOS GEOLÓGICOS

Para definir los riesgos geológicos se utiliza el conocimiento de los procesos de la naturaleza que conllevan a la prevención de desastres, y ésta definición consiste en un proceso que involucra conceptos, métodos y técnicas de análisis y administración de riesgo relacionados con otras ramas profesionales ligadas al área industrial y defensa civil.

Los análisis de peligro y riesgo son comúnmente utilizados por la Ingeniería, siendo los análisis de peligros una técnica de naturaleza predictiva que tiene por objeto identificar los tipos de eventos peligrosos, determinar la frecuencia de tales eventos y definir las condiciones espaciales y temporales de su ocurrencia; y, los análisis de riesgos son técnicas que a partir de los análisis de peligros, tratan de cuantificar las informaciones, correlacionando la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos con probabilidad de consecuencias indeseables, estimándose los daños y realizándose estudios de vulnerabilidad.

En este trabajo se presentan como peligros potenciales en la ciudad de Guayaquil: la ocurrencia de sismos (fenómenos endógenos), deslizamientos

e inundaciones, (fenómenos exógenos), para luego, de manera preliminar determinar áreas de influencia en las que existe el riesgo de afectación ante estos peligros, dejándose por sentado que consiste en un bosquejo preliminar, para luego al realizar la carta final, implementarse las técnicas para el análisis de peligros y de riesgos.

2.1 SISMOS

Sismo o Terremoto, son movimientos producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra. Esta energía se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones. El punto en que se origina el terremoto se llama foco o hipocentro; este punto se puede situar a un máximo de unos 700 Km hacia el interior terrestre. El epicentro es el punto de la superficie de la Tierra directamente sobre el hipocentro.

En la actualidad se reconocen tres clases generales de terremotos: tectónicos, volcánicos y artificiales. Los sismos tectónicos son muy devastadores, además de que plantean dificultades especiales a los científicos que intentan predecirlos.

La causante de los terremotos tectónicos son las tensiones creadas por los movimientos de las placas tectónicas que forman la corteza terrestre. La mayoría de los sismos tectónicos se producen en los límites entre dichas placas, en zonas donde alguna de ellas se desliza en paralelo a otra, como ocurre en la falla de San Andrés en California y México, o es subducida (se desliza bajo otra). Están concentrados en el llamado Anillo de Fuego, una banda estrecha de unos 38.600 Km. de longitud que coincide con las orillas del Océano Pacífico. En estos sismos los puntos donde se rompe la corteza terrestre suelen estar a gran profundidad, hasta 645 km bajo tierra. (Alonso José, 1987)

De las dos clases de terremotos no tectónicos, los de origen volcánico rara vez son muy grandes o destructivos. Su interés principal radica en que suelen anunciar erupciones volcánicas. Estos sismos se originan cuando el magma asciende rellorando las cámaras inferiores de un volcán. Mientras que las laderas y la cima se dilatan y se inclinan, la ruptura de las rocas en tensión puede detectarse gracias a una multitud de pequeños temblores. En la isla de Hawai, los sismógrafos pueden registrar hasta mil pequeños sismos diarios antes de una erupción. Los artificiales son los causados por el hombre, cuando realiza sondeos en el subsuelo al momento de realizar investigaciones o exploración en búsqueda de recursos. Los sismos artificiales son los causados mecánicamente por el hombre.

Entre las consecuencias de la presencia de sismos, indiferentemente de cual fuere su fuente, está la pérdida de estructuras como grandes edificios, puentes y presas, además los sismos provocan movimientos de masas en áreas inestables y consecuentemente se presenta la pérdida de vidas humanas.

Cuando un sismo se produce en el fondo marino, dan origen a los tsunamis que llegan a alcanzar hasta 60 metros de altura dependiendo de la intensidad del sismo que las genere, siendo el caso más reciente y más devastador de los últimos cincuenta años, el tsunami en las costas de Asia oriental (2004) con un saldo de 150000 muertos aproximadamente (según reportes oficiales).

Escalas de intensidad para la medición de sismos

El término intensidad sísmica es comúnmente empleado para notar la severidad de un terremoto en un área determinada. El término magnitud es una medida de la cantidad de energía liberada.

Los sismólogos han diseñado dos escalas de medida para poder describir de forma cuantitativa los terremotos. Una es la escala de Richter, nombre del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter, que mide la energía

liberada en el foco de un sismo. Ésta es una escala logarítmica con valores mensurables entre 1 y 10; un temblor de magnitud 7 es diez veces más fuerte que uno de magnitud 6, cien veces más que otro de magnitud 5, mil veces más que uno de magnitud 4 y de este modo en casos análogos. Se estima que al año se producen en el mundo unos 800 terremotos con magnitudes entre 5 y 6, unos 50.000 con magnitudes entre 3 y 4, y sólo 1 con magnitud entre 8 y 9.

En teoría, la escala de Richter no tiene cota máxima, pero hasta 1979 se creía que el sismo más poderoso posible tendría magnitud 8,5. Sin embargo, desde entonces, los progresos en las técnicas de medidas sísmicas han permitido a los sismólogos redefinir la escala; hoy se considera 9,5 el límite práctico.

La otra escala es la introducida al comienzo del siglo XX por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli, que mide la intensidad de un temblor con gradaciones entre I y XII. Puesto que los efectos sísmicos de superficie disminuyen con la distancia desde el foco, la medida Mercalli depende de la posición del sismógrafo. Una intensidad I se define como la de un suceso percibido por pocos, mientras que se asigna una intensidad XII a los eventos catastróficos que provocan destrucción total. Los temblores con intensidades entre II y III son casi equivalentes a los de magnitud entre 3 y 4 en la escala de Richter, mientras que los niveles XI y XII en la escala de

Mercalli se pueden asociar a las magnitudes 8 y 9 en la escala de Richter.
(Ver Cuadro 2.1)

ESCALA DE MERCALLI		ESCALA DE RICHTER	
I	Casi nadie lo ha sentido	2,5	En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos
II	Muy pocas personas lo han sentido		
III	Temblor notado por mucha gente que, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto	3,5	Sentido por mucha gente
IV	Se ha sentido en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado un edificio		
V	Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando.		
VI	Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven. Pueden producirse pequeños daños.	4,5	Pueden producirse algunos daños locales pequeños.
VII	Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto.		
VII	Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban.	6,0	Terremoto destructivo
IX	Todos los edificios muy dañados, desplazamientos de muchos cimientos. Grietas apreciables en el suelo.		
X	Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado.	7,0	Terremoto importante
XI	Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo.	8,0 ó	Grandes terremotos
XII	Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del suelo, los objetos se mueven y voltean.		

CUADRO 2.1: Cuadro comparativo entre escalas de Mercalli y Richter

2.2 DESLIZAMIENTOS

El deslizamiento es un movimiento de masa lento en su inicio, aunque adquiere, más tarde, gran velocidad por el aporte de rocas, lodo o suelo a lo largo de una superficie de deslizamiento. Ésta superficie de deslizamiento puede ser una línea de falla o fractura, o el plano de unión entre dos estratos rocosos diferentes.

El deslizamiento consiste en un resbalón de cuerpos rocosos o suelo hacia superficies más bajas, o puede ser generado por un movimiento rotatorio constante a lo largo de un plano de deslizamiento cóncavo. Los deslizamientos de rocas, que pueden ser considerados como una enorme caída de roca, son a menudo los más espectaculares y catastróficos movimientos en masa y pueden tener su causa en terremotos.

Muchas de estas caídas se inician, de forma especial, en materiales poco consolidados, por la acción de los ríos y la inundación de los materiales de las vertientes. Por ejemplo, las coladas de barro son masas de derrubios arcillosos en lento movimiento, que por lo general, muestran ciclos de movimientos relacionados con patrones estacionales de precipitaciones. Los

hundimientos son deslizamientos de materiales blandos que no conservan siempre la forma inicial de la masa.

Los deslizamientos ocurren por influencia de factores del medio ambiente específicos (físicos, biológicos y antrópicos), que deben ser entendidos, a fin de que estos procesos puedan ser evitados y estabilizados.

Tipos de deslizamientos considerados en éste trabajo

Deslizamientos traslacionales

Estos deslizamientos se producen cuando el ángulo de buzamiento de la discontinuidad es superior al ángulo de fricción interna a lo largo de la misma. En la ciudad se presenta éste tipo de deslizamientos donde los estratos buzan hacia la cara libre del talud y/o el ángulo de buzamiento aparente o verdadero de la superpie potencial de deslizamiento es inferior al ángulo de inclinación del talud.

Deslizamientos rotacionales

Estos son debidos a que los factores que generan un deslizamiento (Véase *Cuadro 3.3, Pag 27*) producen un movimiento de rotación alrededor de un

punto localizado sobre el centro de gravedad de la masa que se desliza. La superficie del movimiento tiene forma cóncava.

Desprendimientos de rocas en cuña

Cuando dos o más discontinuidades se interceptan forman un bloque rocoso en forma de cuña, que puede deslizarse según la línea de intercepción entre ellas. La inestabilidad ocurre cuando la inclinación de la intersección está dirigida hacia el exterior de un talud, según un ángulo inferior a la pendiente del mismo.

2.3 INUNDACIONES

El problema de las inundaciones en ciudades es una consecuencia de asentamientos poblacionales en áreas de escaso drenaje natural, lo que se liga o asocia a una deficiente planificación urbana, produciéndose mayormente en zonas en las que no se respetó la existencia de áreas sensibles a la ocurrencia de estas; esto genera la alteración de las redes de drenaje a medida que se van incrementando las áreas ocupadas por viviendas u otras estructuras, teniendo como consecuencia un mal drenaje de aguas lluvias.

Bajo esta conceptualización, el problema ambiental al que se denomina "inundaciones urbanas" puede ser entendido como la disputa por el uso del territorio entre: 1) el agua, que según los distintos momentos del ciclo hídrico discurre o se asienta sobre ese territorio y, 2) la sociedad que ocupa y usa ese mismo territorio, para desarrollar alguna actividad urbana.

Entonces, se puede entender la inundación como una consecuencia desastrosa provocada por los habitantes de la ciudad.

La ingeniería actualmente permite determinar las áreas propensas a inundación y cuando existen áreas destinadas a ser urbanizadas en superficies sensibles a inundación, entonces en la instancia previa a esa ocupación urbana se debe considerar como respuesta más apropiada ejercer la menor interferencia en los ciclos naturales, respuesta que sería la de menor costo económico, para ello existen mecanismos para ayudar al encauzamiento del agua hacia zonas no pobladas o a la retención temporal para un uso doméstico o industrial.

3. RIEGOS POR SISMOS, DESLIZAMIENTOS E INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.1 RIESGO POR SISMICIDAD

Sismología regional

En el Ecuador han ocurrido más de 97 sismos destructivos desde 1535 hasta la actualidad, como ejemplo de gran relevancia está el sismo de Esmeraldas (1906), que ha sido catalogado como uno de los diez de mayor magnitud en el mundo (Richter 8.9).

La sismicidad en el Ecuador obedece a tres grandes fuentes de generación: como principal causa está el sistema de subducción de la placa Nazca por debajo de la placa Sudamericana; como segunda causa el fallamiento continental; y finalmente la sismicidad asociada al vulcanismo activo.

Sismicidad local

Como se ha descrito anteriormente, el Ecuador esta localizado en una zona de alta sismicidad por la actividad tectónica que se presenta cerca de sus costas.

En Guayaquil el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica (IIFI-UC) en atención al alto riesgo sísmico, desarrolló el proyecto RADIUS “Risk Assessment tools for Diagnosis of Urban areas against Seismic disasters”, para el Municipio de Guayaquil, contando con la asesoría de la Secretaría para la reducción de Desastres Naturales de las Naciones Unidas. Así mismo, inicia en el 2004 el estudio “Comportamiento dinámico de suelos y microzonificación sísmica de la Ciudad de Guayaquil” con el auspicio de la Municipalidad de Guayaquil.

La vulnerabilidad sísmica de una ciudad envuelve el manejo de una gran cantidad de información referente a la evaluación de la zonificación sísmica, amenaza geológica, clasificación de las propiedades del suelo local, análisis de la respuesta dinámica de los depósitos, evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura, planificación urbana y la evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras de las edificaciones existentes.

Para el desarrollo del análisis de vulnerabilidad se hace referencia a la metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de Guayaquil presentada por el IIFIUC (1992) (Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica) (*Ver Cuadro 3.1, Pág. 17*)

TERREMOTOS HISTÓRICOS MEDIDOS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Mayo 13 de 1942¹

Un terremoto de magnitud 7.9 en la Escala de Richter y de intensidad IX en la de Mercalli, se generó en las costas del Pacífico, cerca de la ciudad de Jama al norte de la Provincia de Manabí, que fue sentido con gran intensidad en la ciudad de Guayaquil, generando gran destrucción en las estructuras del casco comercial de la ciudad de Guayaquil, por la amplitud de las vibraciones debido al tipo de suelo presente en la zona.

Mucha gente salió de sus casas y no regresaban a ellas por temor a réplicas, muchos durmieron en parques y vehículos, esto en un marco de oscuridad por la falta de fluido eléctrico. Murieron 40 personas y las pérdidas materiales fueron incalculables.

Agosto 18 de 1980¹

Ocurrido a las 10h00 am., tuvo una magnitud de 6.1 en la escala de Richter e intensidad VII en la de Mercalli, con epicentro en Nobol, a 30 km. de Guayaquil.

¹ PROYECTO RADIUS

Este caso, nos permite analizar como en la actualidad nos podría afectar un sismo de escala semejante, en ese entonces, causó 10 muertos y mas de 100 heridos, afectó las redes telefónicas y eléctricas, dejando a muchos ciudadanos sin estos servicios, obligó al cierre de escuelas y muchas estructuras fueron afectadas y quedaron inestables, teniendo que ser demolidas posteriormente.

3.1.1 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN GUAYAQUIL

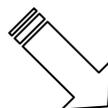
En la metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica (*Cuadro 3.1*), la macrozonificación sísmica implica el estudio regional, considerando las fuentes sismogénicas. Los niveles de aceleración esperados en la roca, así como el mecanismo de generación y propagación. La microzonificación sísmica involucra el estudio de las características dinámicas del suelo local, así como mediciones experimentales en diferentes zonas de interés por sus características litológicas y geotécnicas, haciendo uso de instrumentación especializada.

CUADRO 3.1

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN GUAYAQUIL (Tomado de IIFIUC 1992)

MACROZINIFICACION SÍSMICA

Estudio de fuentes sismogénicas
Leyes de atenuación de aceleraciones
Niveles de aceleración en roca de Guayaquil
Geología regional
Mecanismos focales de los sismos
Modelos probabilísticos de recurrencia
Acelerogramas en Guayaquil según la fuente



MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Características genéticas del subsuelo
Propagación de ondas sísmicas desde roca hasta los otros suelos
Efectos de microzona (filtrado, amplificación, atenuación de ondas sísmicas en unidades geográficas pequeñas)
Determinación experimental de las características dinámicas en cada microzona mediante medición de microtemblores, uso de acelerogramas y otras técnicas experimentales

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Selección de la estructura tipo
Determinación experimental de propiedades dinámicas de estructura tipo
Determinación experimental de la resistencia de los materiales, diseño y geometría de los elementos, etc.
Análisis estructural (modelos matemáticos) de estructuras tipo
Determinación de riesgo de la resonancia
Evaluación de grado de vulnerabilidad (estimación del nivel de daños y pérdidas de vida)



Realizada la microzonificación sísmica, se definen las propiedades en la localidad y se indica el tipo de construcción que se puede implantar, haciendo la determinación experimental de la resistencia de los materiales, diseño y geometría de los elementos a utilizarse. Así mismo, el riesgo de resonancia es cuantificado haciendo uso del estudio de microzonificación y en función de este indicador y de los de resistencia se califica la vulnerabilidad de una estructura.

3.1.2 REFERENCIAS DE ESTUDIOS REALIZADOS ANTERIORMENTE PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

En 1991 el IIFI-UC (Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica) y el CISMID (Centro Peruano Japonés de Mitigación de Desastres), miden las microtrepidaciones en diez zonas de la ciudad, obteniéndose como resultado un espectro suavizado que ilustra el rango de periodos predominantes del depósito de arcilla aluvial de Guayaquil y las amplitudes de los desplazamientos comúnmente observados durante los ensayos.

En 1992, estudiantes de Universidad Católica, dirigidos por el Ing. Agustín Serrano, procesan alrededor de mil ensayos geotécnicos de setenta perforaciones en el sector comercial de la ciudad para obtener perfiles de

subsuelo, obteniéndose entre las conclusiones un promedio de 100 metros como profundidad hasta el basamento.

En un análisis de la Red de acelerógrafos de la Universidad Católica de Guayaquil en 1993, se analiza los datos obtenidos desde 1990. El Ing. Alex Villacrés, es quien integrando la señal de aceleración, establece los valores esperados de aceleración en el basamento rocoso de la ciudad para diversas fuentes o áreas sismogénicas. Obteniéndose los siguientes valores:

CUADRO 3.2

MAGNITUD	PERIODO DE RETORNO	DISTANCIA HIPOCENTRAL	FUENTE SISMOGENÉTICA	ACELERACIÓN ESPERADA
Mb	T (años)	R (Km)		cm/s ²
7.5	50	250	Lejana	5.4
8.0	100	250	Lejana	14.2
6.7	50	60	Cercana	8.5
7.1	100	60	Cercana	16.6

Cuadro 3.2 Aceleración esperada en roca basal de la ciudad de Guayaquil

Se midió en 68 puntos diferentes de la ciudad con esta técnica que permite sondear intensamente y con rapidez extensas áreas mediante sismógrafos móviles, produciendo información para la adecuada formulación, calibración y verificación de los modelos matemáticos, los mismos que asistidos por el conocimiento experimental de la respuesta elástica de los suelos permiten inferir el comportamiento inelástico de los suelos durante la acción de sismos severos.

Entre los resultados, se obtuvo que los periodos predominantes obtenidos a partir de las microtrepidaciones coinciden con los calculados a partir de los registros acelerográficos de microsismos; y que la información proporcionada por las mediciones verifica la información geológica disponible hasta ese entonces.

3.1.3 MAPA DE ZONIFICACION SÍSMICA DE GUAYAQUIL

Para el desarrollo del mapa de vulnerabilidad sísmica es básico considerar la litología que existe en la ciudad, para posteriormente, de esa manera realizar una correlación preliminar con el mapa de uso de suelos y la distribución urbana actual.

Se debe considerar en la ciudad de Guayaquil la presencia de zonas altas que son predominantemente constituidas de materiales rocosos sobre las cuales se han asentado obras de infraestructura y se ha incrementado el ocupamiento poblacional sin control alguno; terrenos aluviales de río y estero, y parcialmente sobre estos últimos acumulaciones antrópicas (áreas de relleno), circunstancia última en la que se involucra el tipo y calidad del material que se usó para el mismo, ya que éste puede perder toda su consistencia y comportarse como arenas movedizas cuando se somete a las ondas de choque de un sismo, y con una baja pero significativa referencia del tipo de construcciones en las diferentes zonas.

Por ser la zona con mayores cantidad de edificaciones, el sector comercial de la ciudad es donde se han percibidos los sismos con mayor fuerza desde décadas anteriores, siendo esta zona denominada IIIa (Ruffilli) está constituida por arcilla y arena, producto de la depositación aluvial.

Actualmente se conoce que el alto nivel de aceleración del suelo no representa un alto nivel de peligro sísmico para localidades de un misma región o ciudad; además que, el modelo tradicional de distribución de intensidades sísmicas, que considera que las ondas sísmicas atenúan su amplitud a medida que se transmiten en el lecho rocoso y que este posee características homogéneas, no es aplicable en el caso de sismos con foco

cercano al sitio de estudio, ya que la zona de ruptura de las ondas es aleatoria y el contenido de frecuencias es muy amplio.

Es conveniente considerar en este estudio las observaciones que se realizan en el Proyecto RADIUS, realizado por la Universidad Católica de la Ciudad de Guayaquil, respecto a la deficiente preparación que existe en la ciudad para soportar terremotos de gran magnitud. Se indica: 1), que no existen ordenanzas municipales para la demolición de estructuras no sísmicamente resistentes o para el reforzamiento de las mismas; 2) la alta sensibilidad que tiene el sistema de distribución de servicios básico en la ciudad, y 3) la falta de aislamiento zonal para disminuir impactos; 4) la falta de organización interinstitucional para actuar ante un desastre, así como la falta de un plan de contingencia; 5) la falta de equipamiento en hospitales y clínicas para atender a heridos por consecuencias de un terremoto, lo que debe incluirse en un plan de acción en el área salud; y 6) se define la falta de planes post-emergencia en el que se definan organigramas para la aplicación de acciones posteriores.

Microzonificación sísmica de Guayaquil (Argudo y Yela)

En la microzonificación sísmica de Argudo y Yela (1994), se realizó una división de tres tipos de suelos en la ciudad, correlacionando los resultados

obtenidos a través de las microtrepidaciones y registros de los acelerógrafos, indicando el periodo de tiempo T y el factor de la amplitud A_s/A_b . Concluyéndose con sugerencias del tipo de edificaciones que puede construirse en cada uno de estos suelos.

SUELO TIPO I

Esta denominación de TIPO I, se le da a las formaciones de rocas volcano sedimentarias, compuestas de lutitas, areniscas, areniscas grawaquicas y feldespáticas, lutitas silíceas, lutitas y areniscas calcáreas y calizas, donde las microtrepidaciones y los registros de acelerógrafos estiman un rango de sus periodos dominantes dentro del intervalo 0.07 seg. a 0.28 seg. (Ver *Mapa 1*).



Foto1.- *Facies volcano sedimentarias presentes en la ciudad de Guayaquil, con suelos de espesores variados, según material aflorante en superficie.*

En base a esto y con respecto a las propiedades características de estos suelos, Rodríguez y Yela mencionan que: 1) los suelos rocosos poseen leyes constitutivas que les permiten desarrollar un comportamiento poco inelástico cuando las deformaciones unitarias son menores que 0.1; 2) los porcentajes de amortiguamiento crítico de las rocas son menores que 5%g para los movimientos fuertes esperados y 0.5%g cuando se trata de microsismos, explicándose por que los suelos rocosos pueden desarrollar factores de amplificación muy grandes; y 3) se estimó un valor de 2 para la relación A_s/A_b para la estimación de las máximas amplitudes de éste espectro.

SUELO TIPO II

Consiste en depósitos aluviales que geográficamente están ubicados en las riberas del Río Daule (*Ver Mapa 1*), de poca potencia, para los cuales en base a microtrepidaciones en el trabajo de Rodríguez y Yela se concluyó que: 1) los periodos dominantes de éstos suelos corresponden a los suelos Tipo I y III, ya que tiene la propiedad de vibrar con las características dinámicas de los suelos adyacentes; y 2) que para el diseño de estructuras en ésta zona se recomienda emplear los espectros de diseño propuestos para los suelos Tipo I y Tipo III.



Foto 2.- Vista aérea de la llanura aluvial del Río Guayas.
Tomada por INOCAR, donde se observa parte de Zona Suelo Tipo II

EL SUELO TIPO III

Los suelos blandos tienen la propiedad de amplificar las aceleraciones en la superficie respecto de las que actúan en el basamento, entonces Rodríguez y Yela, condicionan su amplitud según el caso:

Sismos moderados con comportamiento elástico, con ocurrencia menor a 50 años y aceleraciones esperadas menores a 8%g para sismos cercanos y 5%g para sismos lejanos, teniendo se periodos del rango $0.74 \leq T_s \leq 0.9$ seg. y factores de amplificación entre $2.5 \leq A_s / A_b \leq 4.0$.

Sismos severos, comportamiento inelástico del suelo, con aceleraciones esperadas entre 8%g y 17%g para sismos cercanos y entre 5%g y 15%g

para sismos lejanos (mayores a 200 km.). Con rangos de $0.9 \leq T_s \leq 1.1$ seg. y factores de ampliación entre $1.50 \leq A_s / A_b \leq 2.5$ seg.

Sismos catastróficos con posible fallamiento del suelo, el suelo se flexibilizaría tanto como para permitir que periodos de hasta 1.4seg predominen en la respuesta, siendo los factores de ampliación no mayores que 1.5.

COLUVIALES Y ESTUARINOS

Se incluye en ésta zonificación las áreas de coluviales y de sedimentos estuarinos caracterizados como materiales extra blandos, los que incrementarían aun los valores de amplitud.

3.2 RIESGO POR DESLIZAMIENTOS

Los procesos de deslizamientos incluyen una serie continua de eventos de causa y efecto que se originan en la ruptura de materiales terrestres (suelos, rocas y depósitos), cuando las fuerzas motrices o motoras son mayores que la resistencia de estos materiales.

CUADRO 3. 3

ACCIÓN	FACTORES		FENÓMENOS NATURALES/ANTRÓPICOS
AUMENTO DE LA FUERZA MOTRIZ	REMOCION DE MASA (lateral o de la base)		- erosión, deslizamientos - cortes
	SOBRECARGA		- peso del agua de lluvia, nieve, granizo, etc. - acumulación natural de material (depósitos) - peso de la vegetación - construcción de estructuras, rellenos, etc.
	FUERZAS DINÁMICAS		- terremotos, olas, volcanes, etc. explosiones, tránsito, sismos provocados
	PRESIONES LATERALES		- agua de grietas (presión de poros), congelamiento, material expansivo, etc.
REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA	CARACT. INHERENTES AL MATERIAL	textura, estructura, geometría, etc	- características geomecánicas del material, - estado de tensiones iniciales
	CAMBIOS O FACTORES VARIABLES	cambios en la característica del material	- intemperismo, reducción de la - cohesión, - ángulo de atrito - elevación del nivel de agua
	OTRAS CAUSAS		- debilitamiento debido al arrastre progresivo - acción de las raíces de los árboles y - cuevas de animales

CUADRO 3.3 Factores generadores de los movimientos de ladera (Varnes, 1978)

En este cuadro, Varnes agrupa los factores que generan los deslizamientos en los que aumentan la fuerza motriz y los que disminuyen la resistencia de los terrenos.

La identificación precisa de los factores responsables del movimiento, es fundamental para la adopción de las medidas preventivas o correctivas más aceptadas desde el punto de vista técnico-económico. En muchos casos, la causa principal no puede ser eliminada, siendo, por ende necesario reducir sus efectos continuamente o intermitentemente.

En Guayaquil las causas más comunes son: a) perfiles de meteorización; b) las lluvias como agente de deslizamientos y c) la acción del hombre

Perfiles de meteorización

Las características de los perfiles de meteorización son determinadas por el régimen de lluvias, la temperatura, la vegetación, la topografía y la litología existente.

Las rocas, suelos, aluviales y coluviales, presentan propiedades geomecánicas que influyen directamente en la estabilidad o inestabilidad de laderas y taludes.

El estudio de los perfiles de meteorización es indispensable para entender los procesos de movimientos de masas.

Lluvias como agente generador

Las lluvias actúan como principal agente generador de los deslizamientos contribuyendo a través de los siguientes mecanismos:

- a) elevación del nivel de agua y generación de fuerzas de percolación,
- b) llenando temporario de hendiduras, grietas y/o estructuras en rocas con generación de presiones hidrostáticas
- c) formación de frentes de saturación, sin elevación, reduciendo la resistencia de los suelos por la pérdida de cohesión aparente. (Filho, 1985).

Los índices pluviométricos críticos para la generación de los deslizamientos dependen del tipo de proceso de inestabilidad. Los deslizamientos inducidos se generan por índices menores que los deslizamientos naturales. Los torres de masa, en general, necesitan índices mayores todavía.

Los deslizamientos en roca, condicionados por planos de fragilidad, son mas susceptibles a lluvias concentradas o inmediatas (generación de presiones hidrostáticas), siendo menos afectados por los índices pluviométricos acumulados en los días anteriores al evento.

En la ciudad de Guayaquil se midió la precipitación anual durante El Niño de 1998 en 3622.6 mm evento durante el cual se presentaron deslizamientos generados por las lluvias en diferentes sectores.

La acción del hombre y los deslizamientos

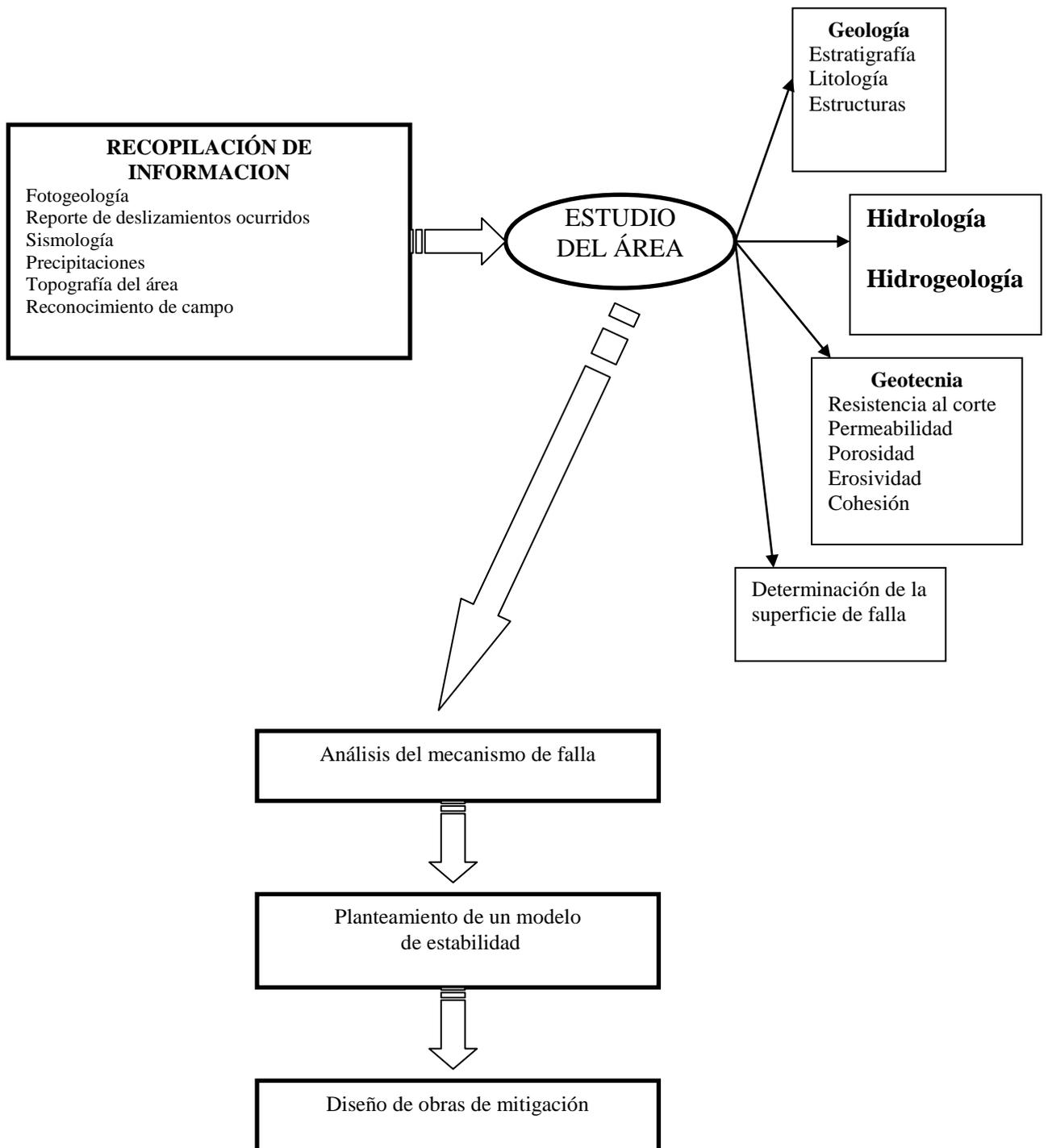
El hombre se está constituyendo en el más importante agente modificador de la dinámica de las laderas. El avance de las diversas formas de uso y ocupación del suelo en áreas naturalmente susceptibles a los movimientos gravitacionales de masa, acelera y amplia los procesos de inestabilización. Los deslizamientos ocurren más frecuentemente en los sectores de ocupaciones informales (no planificados) en la ciudad.

3.2.1 METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS

La metodología para el estudio de deslizamientos presenta los pasos que deben seguirse al momento de que se realice el caracterización de los que ocurran en la ciudad de Guayaquil. Iniciando con la recopilación de la información generada hasta la presente fecha, para pasar al estudio de campo, entonces debe determinarse las causas del movimiento producido para pasar al modelamiento de taludes de equilibrio, planteándose las obras de mitigación y remediación en la zona. (*Ver Cuadro 3.4*)

CUADRO 3.4

METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS



BASADO EN METODOLOGÍA PROPUESTA POR ING. CÉSAR LANDÁZURI SOTO

GENERALIDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Como factores importantes para determinar la caracterización geotécnica se debe conocer datos, entre otros, de estratificación, diaclasamiento, permeabilidad, expansividad y litología, los mismos que van a ser definidos a continuación para los materiales de la ciudad.

Estratificación

Se rige por el comportamiento del pliegue monoclinal que se presenta en toda el área de la ciudad de Guayaquil, con un rumbo hacia el noroeste y buzamiento hacia el suroeste con ángulos variables entre 10° y 25° , y en casos puntuales de hasta 45° . Los estratos ocurren con espesores centimétricos a decimétricos, relacionados con la lutita, y de hasta algunos metros (3 a 5 m), predominantes en areniscas y aglomerados volcánicos.

Diaclasas

Las observaciones de campo permiten establecer que todas las rocas están diaclasadas, con mayor frecuencia las lutitas que las areniscas, mas aún en las lutitas silíceas como es el caso de la Fm. Guayaquil.

El diaclasamiento ocurre en planos de rumbos predominantes hacia el noreste y hacia el noroeste, en ambos casos con buzamientos de alto ángulo. Así mismo, pero en menor proporción, se encuentran los buzamientos hacia el Este, con ángulos entre 40° y 60°. Una pequeña concentración de orientaciones de bajo ángulo (<30°) coincide con los planos (paralelos) de la estratificación y corresponden a diaclasas de liberación de tensiones.

Tal como se las observa en la superficie, la mayoría de las diaclasas están abiertas o rellenas con arcillas, óxidos de hierro, calcita y, esporádicamente sílice. Las diaclasas de alto ángulo son generalmente planas y lisas; las de liberación de tensiones, onduladas y rugosas.

La continuidad de las diaclasas es mayor en las lutitas que en las areniscas. La frecuencia del diaclasamiento es en las lutitas, centimétrica; en las areniscas, decimétrica a métrica. (*Véase Foto 5, Pág. 40*)

Permeabilidad

Las rocas son de baja permeabilidad primaria, acompañada por alta permeabilidad secundaria relacionada con material volcánico, intrusivo y

volcano-sedimentario.

Los volcánicos del complejo Piñón son de baja permeabilidad, pues son rocas compactas de grano fino, pero el diaclasamiento permite la infiltración y flujo subterráneo. Iguales condiciones se registran para los cuerpos intrusivos, con la única diferencia que en éstos la permeabilidad primaria es sensiblemente superior en las costras de meteorización.

Los aglomerados son masivos y con débil fracturamiento, son de baja permeabilidad, habiéndose observado zonas de resumo en áreas vecinas al tramo de la Vía Perimetral. La circulación subterráneo en ésta roca está ligada fundamentalmente a la matriz, que varía de grano grueso a fino.

Las interestratificaciones de lutitas, lutitas tobáceas, areniscas, areniscas tobáceas, tobas y en menor cantidad de calizas y de argilitas son de permeabilidad variada, siendo la permeabilidad horizontal mayor que la vertical por condiciones de anisotropía, sin embargo ésta última se ve mejorada por el intenso fracturamiento en especial en las lutitas.

Los coluvios son de permeabilidad variable, dependiendo de su granulometría y grado de consolidación. De baja permeabilidad los finos y de

mediana a alta los localizados en el flanco occidental del Cerro Azul por ejemplo.

Los aluviales son de permeabilidad elevada, principalmente los arenosos, los limo-arcillosos son de permeabilidad baja.

Expansividad

Ésta propiedad está ligada más bien a los sedimentos finos y a los suelos de formación reciente; será necesario su investigación en las áreas donde la ocurrencia de materiales arcillosos es mayor, puesto que son éstos los que en general aportan minerales expansivos en la constitución de los sedimentos (suelos recientes). Ejemplo de este tipo de materiales arcillosos ha sido detectado en la Loma del Jordán, cerca de Pascuales (Calle, 1979)

Litología

En la ciudad de Guayaquil, de manera general se encuentra tres tipos de materiales: a) las características formaciones volcánico sedimentarias, con la presencia de cuerpos de naturaleza ígnea; b) el material aluvial, correspondiente a las riberas del río Daule y el río Guayas; y c) la zona

estuariana colindante con el Golfo de Guayaquil, caracterizada por la presencia de manglares.

La descripción litológica se desarrollará en el componente de Geología a escala 1:50000, a continuación se presenta una breve descripción de las rocas y suelos característicos en la ciudad, con las propiedades de los materiales y la valoración que se detalla a continuación.

CUADRO 3.5

Propiedades	Dureza	Tenacidad	Deformabilidad	Fracturamiento
Valoración	Baja D ₁	Baja T ₁	Frágil	Bajo
	Media D ₂	Media T ₂	Dúctil	Medio
	Alta D ₃	Alta T ₃	Plástica	Alto

CUADRO 3.5 Propiedades para el estudio de materiales en la ciudad

Rocas Ígneas

Rocas volcánicas correspondientes a la Fm. Piñón del Cretáceo, que es básicamente roca extrusiva basáltica o andesita basáltica. (Bristol & Hoffstetter, 1977), de grano fino de color gris-oscuro y textura masiva, como

en la localidad de La Sequilla (Calle, 1979), donde aflora poco afectada por la meteorización y buen drenaje superficial.

Cuerpos intrusivos, siendo el de mayor escala el Batolito de pascuales de composición tonalítica, de color gris claro y grano grueso a medio, del que se derivan pequeños cuerpos que se afloran en la Vía Perimetral (Véase Foto 3). Un dique de composición riolítica en contacto con estratos de arenisca de la Fm. Cayo (9766072 N/617052 E).

En general, son rocas de tenacidad T_3 y dureza D_3 (altas), y con un grado medio de fracturamiento.



Foto 3.- Afloramiento de granodiorita, a la altura de Pascuales (Vía Perimetral) en las coordenadas 9771651 N/620250 E.

Rocas Volcano sedimentarias

En la zona de Guayaquil, las rocas volcano sedimentarias, consisten de una variada litología: lutitas, areniscas, areniscas grawaquicas, lutitas y areniscas tobáceas, tobas, lutitas silíceas, lutitas y areniscas calcáreas, de colores variados que van de gris-negrusco a marrón, llegando a amarillento (Bristow & Hoffstetter, 1977) (Véase Foto 4), que ocurre con espesores centimétricos a métricos (3 a 5 m.), y con presencia de diaclasas en todas las direcciones.



Foto 4.- Afloramiento de intercalaciones de lutita con arenisca. Form Cayo S.S..



Foto 5.- Presencia de fracturamiento en lutitas, en la fotografía separación entre paredes aprox. 6 mm, sin relleno.

Las rocas tienen propiedades variables dependiendo de la mineralización, las lutitas con dureza D_1 y tenacidad T_1 , con característica plasticidad y alto grado de fracturación y, las areniscas con dureza media a alta (dependiendo del contenido de sílice), con bajo grado de fracturamiento y tenacidad media.

En los afloramientos se observa desprendimiento de bloques, producto del cruce entre la estratificación y las fracturas.

Aglomerados

Constituyen las facies piroclásticas presentes en la Fm. Cayo, conformadas por bloques heterométricos de composición variada, de básicos a ácidos y de afaníticos a porfídicos en matriz fina (Véase Foto 6). El conjunto es masivo y su posición estructural se evidencia por la presencia de intercalaciones de lutita y arenisca.

Las condiciones geotécnicas son variables y ligadas a la matriz y bloques, dureza media a alta, con tenacidad media, bajo grado de fracturamiento y de permeabilidad variada de baja a media.



Foto 6.- Afloramiento de aglomerado volcánico en la Fm. Cayo S.S., bloques decimétricos de textura afanítica, en una matriz areno-arcillosa.

Lutitas silicificadas

Lutitas silicificadas de la Fm. Guayaquil, son de color gris a amarillentas con intercalaciones finas de limonitas y lutitas tobáceas (Bristow & Hoffstetter, 1977) (*Véase Foto 7*).

Es un material que por su contenido de sílice tiene un alto grado de dureza D_3 y tenacidad media, son muy quebradizas y proclives al desprendimiento de pequeños bloques.



Foto 7.- Afloramiento de lutitas silicificadas de la Fm. Guayaquil, con buzamiento de estructura regional hacia el suroeste.

Rocas calcáreas

Las rocas calcáreas de naturaleza orgánica corresponden a la Fm. San Eduardo del Eoceno Medio, que consiste en granos de arrecifes angulares o redondeados, principalmente de algas. El color varía entre crema, habano y amarillo. Con presencia de capas y nódulos de cherts secundarios en la parte superior (Bristow & Hoffstetter, 1977). De dureza D_1 , con un grado medio a alto de tenacidad y fracturamiento medio.

Aluviales

Son limo arcilloso, con cantos de de diferentes diámetros y naturaleza, cubiertos en general por suelo negro de naturaleza orgánica. Los grandes cauces (Río Guayas y Río Daule) contienen aluviales (estuarinos) finos. Otros aluviales son de arena y grava, con matriz arcillosa, en las terrazas propiamente continentales.

Coluviales

Los depósitos de pie de talud, como los de Cerro Azul y parte de laderas de Bellavista, comúnmente son depósitos de cantos de lutitas silíceas, y areniscas. Son de granulometría muy variada, heteromorfos y con matriz

limo-arcillosa, con espesores por determinarse en perforaciones en la zona. Constituyéndose en materiales pobres o medianamente consolidados con taludes relativamente estables.

Debe considerarse que, alrededor de los cerros existen contiguos cuerpos de coluviales depositados previo a la última deglaciación.

3.2.2 ESTUDIOS ANTERIORES DE CASOS DE LOS CERROS EL JORDÁN y AZUL

A continuación se describen dos casos de cerros donde se han producido deslizamientos en la ciudad, consiste en la revisión de estudios realizados previamente por diferentes autores, adjuntando criterios obtenidos en las observaciones de campo a la presente fecha.

CERRO EL JORDAN²

(Proyecto Zumar)

En el Noroeste del cerro El Jordán. La cobertura de suelo residual es menor que 1 m. Las laderas pueden considerarse estables debido al estado de la roca (predominan lutitas) y al buzamiento de las capas (perpendicular al

² Véase ubicación en el Mapa 2, Anexo B2

talud); la presencia de diaclasamiento no es un factor que contribuya significativamente a la inestabilidad del terreno.

En la ladera sureste del cerro El Jordán. Las pendientes varían entre 11 % y 33 %. En los escasos afloramientos rocosos predominan las areniscas. Las casas se encuentran por debajo del nivel de la calle, la cual se erosiona debido al arroyamiento superficial de las precipitaciones pluviales.

En el sector Norte del cerro El Jordán limita con la Vía Perimetral desde la cual se eleva un talud de aproximadamente 500 m de longitud y unos 30 m de alto. La base del talud contiene intercalaciones de lutitas y areniscas medianamente meteorizadas, en cortes del orden de 60°; pero, a partir de los 15 metros de altura, la pendiente muestra rangos de 33 % al 100 % en roca descompuesta y una cobertura profunda de suelo residual. Por el tipo de ocupación del terreno, el sector se considera inestable en el talud medio a superior. El talud inferior debe ser protegido contra la caída de bloques.

En el lado Oeste del cerro El Jordán, se ubica en un paleodeslizamiento. Algunas construcciones están asentadas al pie del talud; entre ellas, varias presentan grietas en sus paredes debido a movimientos de tierra que ocurrieron durante la temporada de lluvias. No se encuentran afloramientos rocosos. Hacia el sur el mayor talud tiene una dimensión de 80 m de largo

por 17 m de alto, en cuya base se encuentran predominantemente areniscas y acumulaciones de bloques medianamente meteorizados a descompuestos. Las viviendas se encuentran en terrazas excavadas al pie del talud.

Problemas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Talud de fuerte pendiente ❑ Suelos profundos ❑ Erosión del suelo ❑ Cambio bruscos de pendiente ❑ Construcciones inadecuadas en los talud ❑ Paleodeslizamientos 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Canalización de aguas lluvias ❑ Adoquinamiento de patios de casas ❑ Aterrazamiento de laderas con adoquinamiento ❑ Implantación de vegetación ❑ Desalojo de viviendas en zonas más sensibles

En el cerro El Jordán afloran rocas meteorizadas y fracturadas que no constituyen un macizo rocoso estable.

Los suelos coluviales, con diferentes espesores, cubren casi todas las laderas, y predominan y son potentes en los sectores bajos del cerro.

La inestabilidad de las laderas se ha manifestado históricamente en deslizamientos traslacionales y circulares de suelos y rocas, cuñas de roca,

y caída de fragmentos rocosos de diferentes dimensiones. Dos grandes paleodeslizamientos han sido detectados en la ladera septentrional. En los otros sectores se producen desestabilizaciones de menor magnitud.

La escorrentía y las infiltraciones de aguas lluvia y servidas constituyen la causa principal de la inestabilidad en las laderas.

La escorrentía se manifiesta como planar en solares y calles, ocasionando la erosión de la superficie del terreno, con la consecuente deformación de estas superficies y acumulación de materiales en los sitios bajos.

Las infiltraciones producen: a) en las rocas, el lavado de los rellenos originales de las diaclasas y la sustitución de los rellenos originales con minerales de arcillas; y, b) en rocas y suelos, el incremento de la carga portante y la lubricación de los eventuales planos de falla.

CERRO AZUL²

(Deslizamiento Cerro Azul. Ing. Chávez, Ing. Proaño)

En el Cerro Azul la principal causa para los deslizamientos es la sobrecarga de agua en el terreno, siendo prioritario limitar o eliminar la infiltración.

² Véase ubicación en el Mapa 2, Anexo B2

Deben construirse drenajes de materiales resistentes a la erosión para dirigir los cursos de agua hacia las partes bajas de las laderas.

Se recomienda la remoción controlada de material deslizado para evitar futuros movimientos incontrolados.

La construcción de bermas en la ladera, realizando el análisis por la determinación de las pendientes y alturas máximas en las mismas.

Problemas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Paleodeslizamiento ❑ Presencia de gran cantidad de agua por infiltración ❑ Zona de meteorización profunda ❑ Explotación de cantera ❑ Falta de cobertura vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Construcción de infraestructura física para limitar infiltración de agua ❑ Canalización de aguas lluvias ❑ Remoción del material deslizado ❑ Implantación de vegetación (poca aplicabilidad) ❑ Construcción de muros de contención con anclajes de hormigón ❑ Diseño y construcción de bermas en la pendiente

3.2.3 DESCRIPCION DEL MAPA DE UBICACIÓN DE SITIOS SENSIBLES A DESLIZAMIENTOS

En el mapa A2 (Anexo B2), se identifican sitios puntuales, donde se debe realizar un estudio detallado para determinar las características geomecánicas en el área, perforaciones que permitan establecer el perfil del horizonte del suelo (top soil) hasta el sustrato rocoso, para establecer las obras apropiadas para su estabilización.

En la ciudad, existen varias zonas proclives a la ocurrencia de deslizamientos, las mismas que suscitan el interés por parte de autoridades y organismos de investigación, debido a que actualmente como consecuencia del problema que ha sufrido la ciudad, esto es el crecimiento urbano desordenado, existe el riesgo de pérdida de vidas humanas e infraestructura, por ende de pérdidas económicas.

CERRO AZUL: Ladera Este

En ésta ladera, a la altura del Centro Comercial Riocentro, años atrás existía una cantera que retiraba material de la zona, ésta remoción de material causó un desequilibrio de fuerzas, que sumado a la gran cantidad de lluvia del invierno de ese año (1997/98), que saturaron la zona, se produjo un gran

movimiento de masa, de horizonte de meteorización ubicado hacia la cabecera. Actualmente, éste debe ser considerado como un deslizamiento fósil, el mismo que está sin movimiento o deslizamiento aparente, pero con riesgo potencial ante cualquier evento pluviométrico inusitado de grandes proporciones (Véase Foto 8). En los estudios realizados en la zona, se recomendó la construcción de obras físicas en la parte alta del cerro para evitar la infiltración de agua, así como el diseño de canales para conducir el agua hacia las partes bajas de las laderas. Lo cual hasta la fecha no se ha emprendido.



Foto 8.- Se observa ladera Este del Cerro Azul, donde en el invierno de 1997 se presentó uno de los más grandes deslizamientos en la ciudad.

CERRO EL JORDÁN

Se determinó que existen varias zonas propensas a deslizamiento. El riesgo se debe a la construcción de viviendas en áreas de suelos residuales y de fácil lavado, y la cercanía a zonas escarpadas donde se producen desprendimientos de bloques (Véase Foto 10 y 11). Otro factor afectante, es la falta del sistema de drenaje de aguas servidas, situación que conlleva a un permanente flujo de agua que parcialmente se infiltra favoreciendo así la generación de deslizamientos.



Foto 9.- Ladera sureste del Cerro El Jordán, con viviendas de construcción mixta ubicadas en laderas sin previo estudio de factibilidad.



Foto 10.- Talud colindante con la Vía Perimetral, se observa las casas construidas en el borde del mismo. Sitio de potencial peligrosidad



Foto 11.- Se observa una vivienda asentada al borde de una ladera. Foto de El Universo, en un reportaje sobre viviendas al borde de laderas (Febrero 2005)

MAPASINGUE

Zona densamente poblada, donde no se ha considerado las pendientes al hacer cortes para la construcción de casas (Véase Foto 12). El uso de letrinas, facilita la infiltración de aguas con alto contenido de grasas, lo que afecta a la ladera suroeste del populoso sector, dirección hacia donde buzan los estratos rocosos en el pliegue monoclinal en la ciudad.(Véase Foto 15).



Foto 12.- *Presencia de casas construidas en laderas que tienen la pendiente en el mismo sentido de la estratificación con riesgo inminente a deslizamiento.*



Foto 13.- Construcción de muros de contención y de escalinatas en las laderas del Cerro Mapasingue.

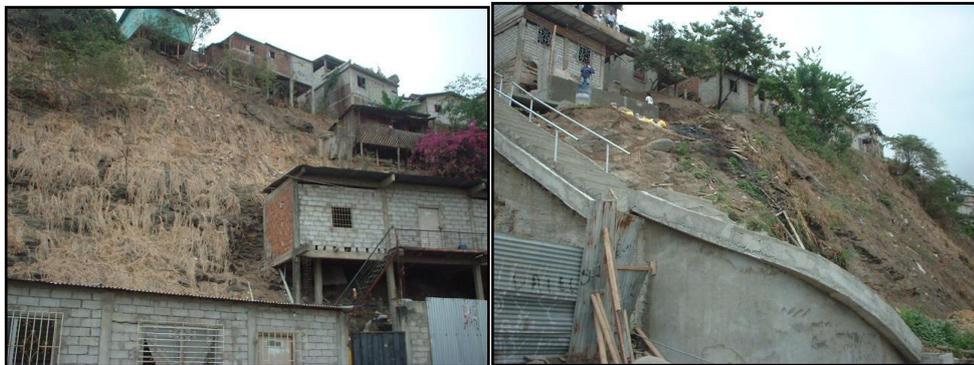


Foto 14 y 15.- Viviendas en laderas del Cerro Mapasingue, donde no existe sistema de drenaje de aguas servidas. Pozos sépticos y letrinas son los que acumulan residuos líquidos y sólidos. En la izquierda se observa como fluyen por fracturas que afloran en la cara libre del talud las aguas descargadas en partes altas.

CERRO DEL CARMEN

El fracturamiento en la zona conjugado con la estratificación, produce el desprendimiento de bloques de variados tamaños, lo que afecta a las instalaciones del Cementerio General. Actualmente se está realizando obras para estabilizar el talud (Véase Foto 16), que incluyen la aplicación de hormigón con la respectiva estructura metálica para evitar futuros desprendimientos.

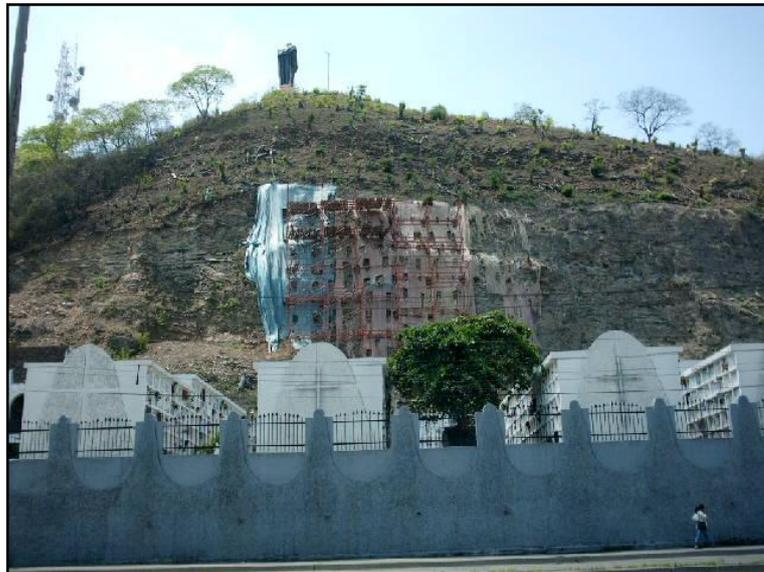


Foto 16.- Afloramiento de lutita de la Form. Cayo, con intercalaciones de areniscas, donde el fracturamiento produce el desprendimiento de bloques.

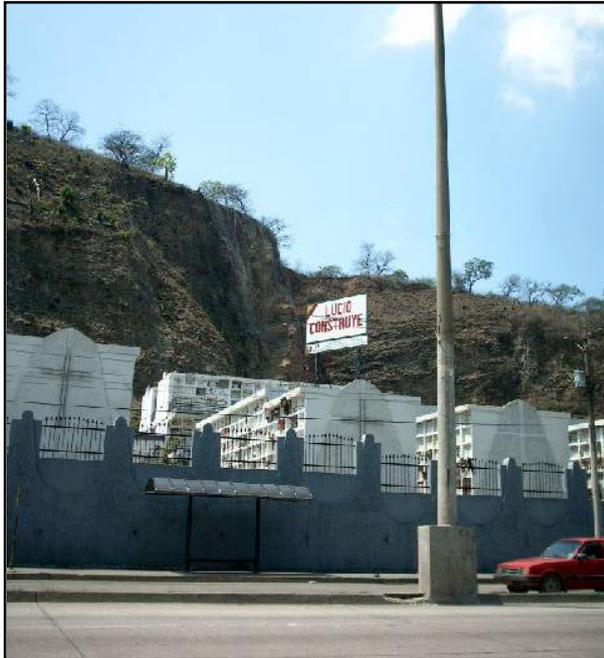


Foto 17.- Se observa la instalación de la malla metálica, previo a la aplicación del hormigón.

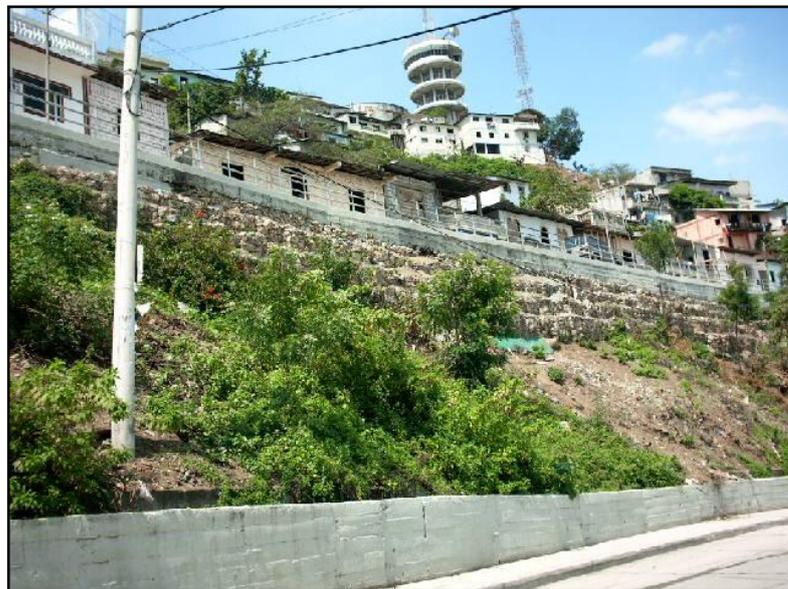


Foto 18.- Obras de estabilización en el Cerro del Carmen, para evitar el deslizamiento de material,

en zona noreste del cerro.

CERRO SANTA ANA

En éste caso particular se observa la construcción de una pared de hormigón sin considerar la infiltración de agua que se da en el material del área (Véase *Foto 19*), principalmente lutitas con alto grado de fracturamiento y con intercalaciones de areniscas.

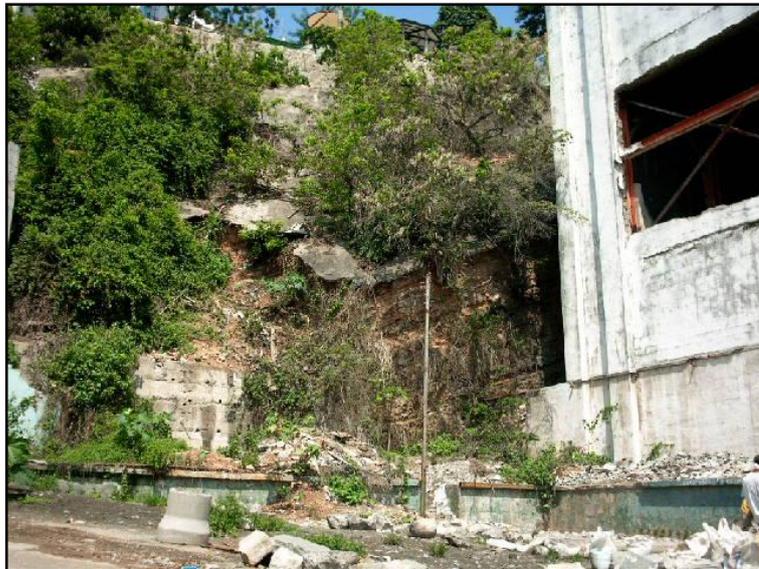


Foto 19.- *Se observa la destrucción de la superficie de hormigón por no haber considerado canales de desfogue de agua para evitar sobrecarga.*

SAN EDUARDO - BELLAVISTA

En esta zona por su litología silicificada, ocurre fracturamiento intenso de la roca, por ende el desprendiendo de material en las laderas. En el afloramiento de la Avenida principal de Bellavista, hacia el norte se observa el derrumbe de material, lo que afecta tanto a las construcciones que se encuentran en la parte alta del cerro, como las que está en las partes bajas.

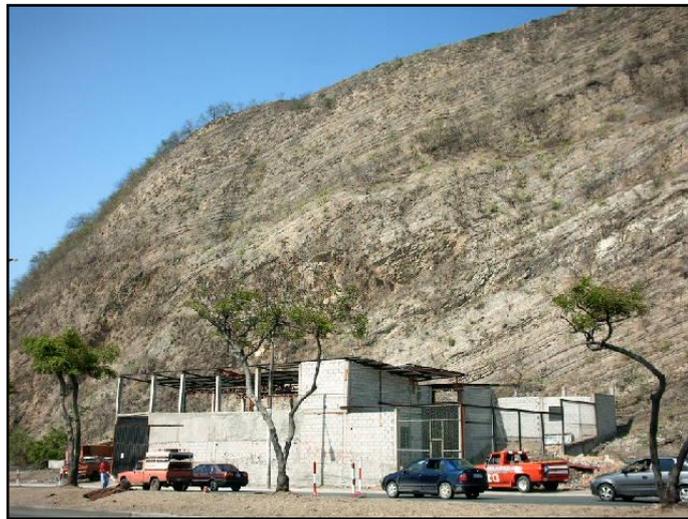


Foto 20.- Afloramiento de lutitas en la Ciudadela Bellavista, donde ésta construcción está directamente bajo una zona de alto riesgo por desprendimiento debido al intenso fracturamiento de la unidad rocosa predominante (lutitas silíceas).

LA FERROVIARIA

En este caso de menor escala, donde el asentamiento humano es restringido, existe una ladera que ha presentado pequeños deslizamientos,

que para contrarrestarlos se ha construido bermas y se ha implantado una superficie de hormigón apropiadamente diseñada (Véase Foto 21).



Foto 21.- Obsérvese la superficie de hormigón en la parte baja de la ladera Norte. A la izquierda, Centro de Salud Ferroviaria, que está construido frente a ladera Norte en cuyo patio de observa acumulación de sedimentos.

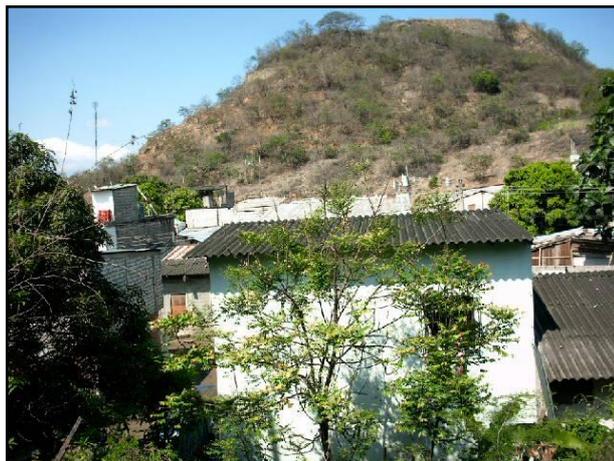


Foto 22.- Ladera Noreste del cerro hacia el sector Ferroviaria. Se

observan pequeños derrumbes, cuya frecuencia es disminuida por la vegetación presente en el sector.



Foto 23 y 24.- Sector propenso a deslizamientos en sentido del buzamiento, afortunadamente el alto grado de coherencia elimina ésta posibilidad. La foto de la izquierda muestra el remanente de la explotación que hubo en el área. La foto de la derecha muestra la panorámica del sector (Ferroviaria) donde en primer plano se observa el horizonte de meteorización.

3.3 RIESGOS POR INUNDACIÓN

Buena parte del Gran Guayaquil está emplazado sobre una superficie de relieve llano, que en concreto constituye parte de la llanura de inundación del Río Guayas, situación que la hace proclive a ser afectada por inundaciones de manera radical en épocas invernales asociadas al Fenómeno de El Niño,

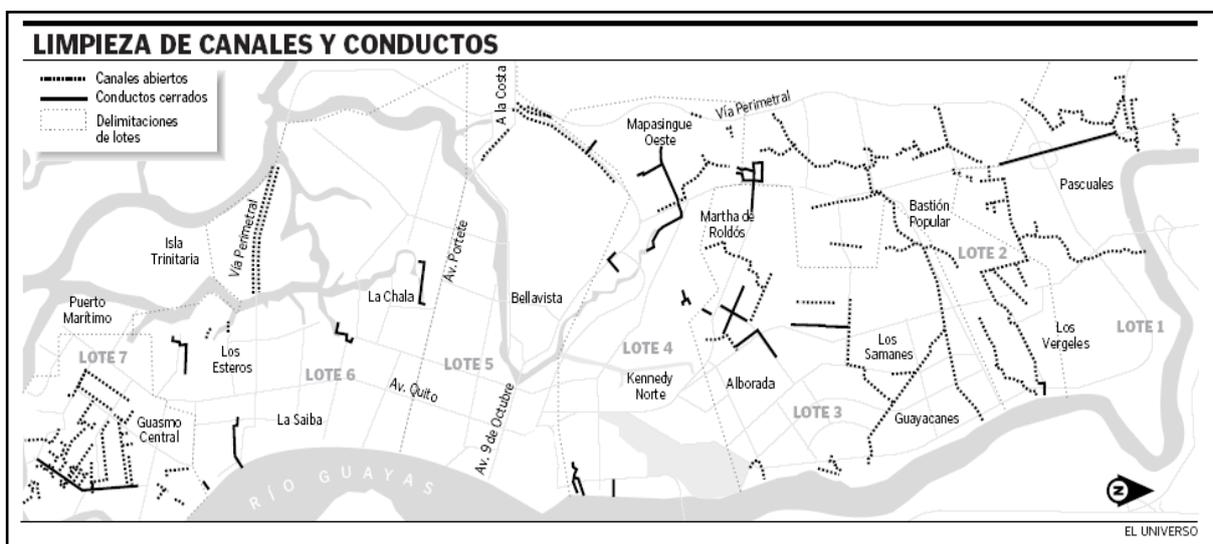
situación hoy agravada por la ocupación del territorio que incluso a perturbado el drenaje natural.

Los inviernos que se presentan en la región con intensidad dejan como consecuencia el desplome de casas de construcción mixta, la contaminación de aguas lluvias con aguas servidas y en ciertas áreas el colapso de pozos sépticos.

Afortunadamente, ésta situación ésta siendo atendida por el organismo competente, INTERAGUA, que en su afán de reducir el impacto realiza oportunamente cada año campañas de limpieza de canales de desfogue de aguas en etapas pre-invernales, dejando así los causes tanto naturales como artificiales para que funcionen a su máxima capacidad, construyendo adicionalmente canales para descargar los excedentes.

El mapa que se adjunta (Cuadro 3.6) presenta el plan aludido para el año 2005.

CUADRO 3.6



La ciudad fue dividida por Interagua en siete lotes que abarcan el norte, centro y sur de Guayaquil, se intervienen 79 canales, 37 conductos, 12 alcantarillas y dos canaletas revestidos. En total 130 unidades de drenaje atraviesan la urbe con una longitud de 103.771 metros lineales.

El uno incluye el sector del Parque Industrial INMACONSA y la Penitenciaría; el dos, Las Orquídeas y parque California; el tres, la avenida Francisco de Orellana y Terminal Terrestre Pascuales; el cuatro, Mapasingue y Pedro Menéndez Gilbert; el cinco, las cooperativas Vicente Rocafuerte y Puerta del Sol; el seis, estero Viernes Santo, Santa Mónica; y el siete, la parroquia Febres Cordero. (Véase Anexo A2.)

Las inundaciones características en la ciudad causan perturbaciones significativas en particular al normal flujo del transporte urbano (congestión, desvíos...), daños en las carreteras, contaminación de agua potable (cisternas), generando consecuentemente enfermedades de tipo infeccioso que atacan a la población menos provista de servicios básicos.

El fenómeno de “El Niño” de 1997-98 fue objeto de un estudio detallado por parte del INAMHI, estudio en el que se determinaron zonas que tienen poca altura, por tanto sufren inundaciones cuando se produce un invierno fuerte, y otras zonas en las que no se cuenta con servicios básicos.

En lo que respecta a las redes de alcantarillado sanitario, el colapso de los elementos del sistema (letrinas, pozos sépticos, colectores de aguas negras, lagunas de oxidación, etcétera) tuvo efectos sobre la salud al producir nuevas amenazas como la generación de focos de contaminación. Igual situación ocurrió con la red de alcantarillado para el drenaje de las aguas lluvias. La obstrucción de la infraestructura por las inundaciones, el taponamiento por sedimentos, etcétera, hicieron colapsar varios sistemas y produjeron anegamientos que afectaron diferentes sectores de la ciudad.

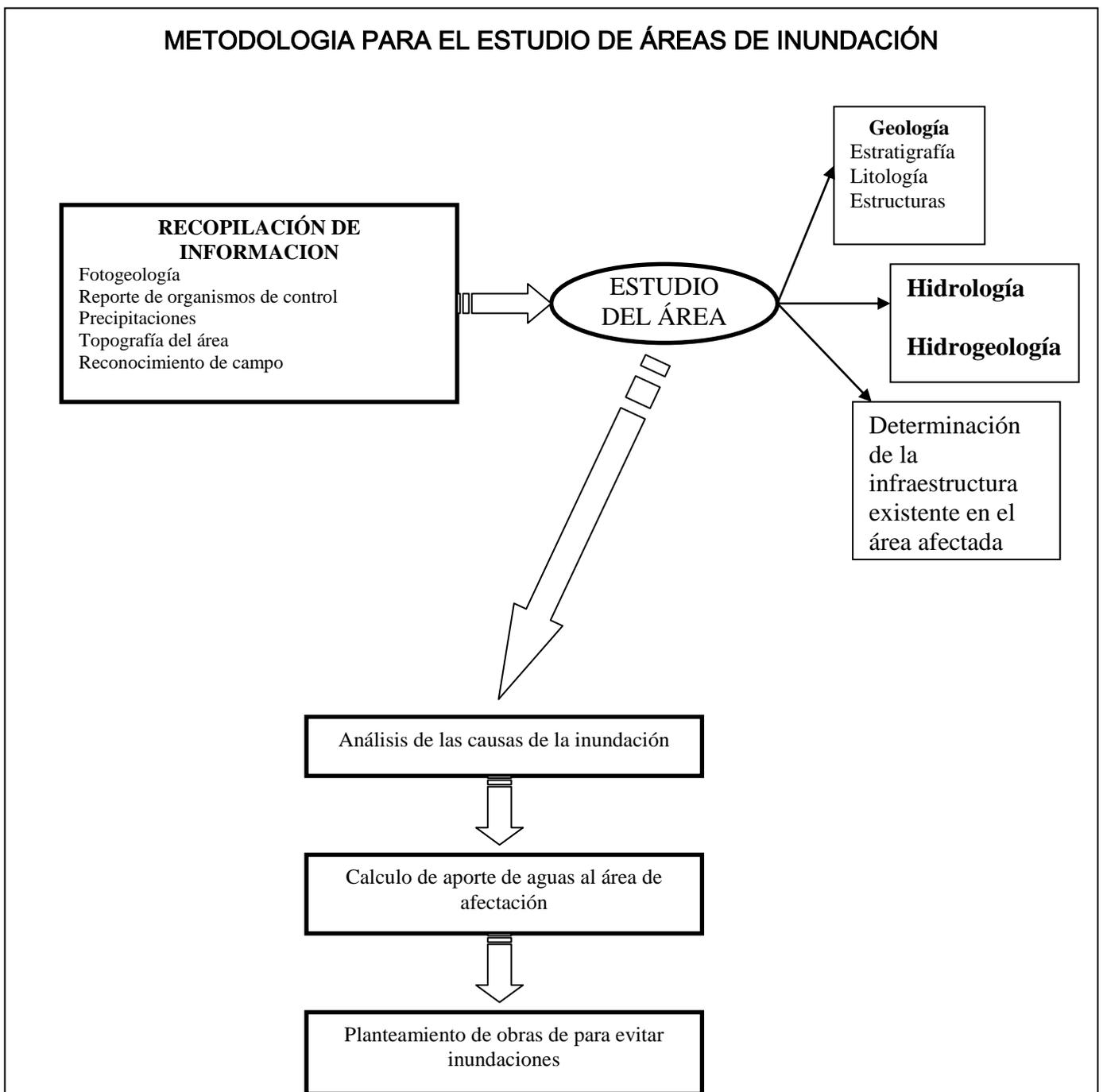
En el año 2002, la Defensa Civil activó un sistema de alarma para anticiparse a las inundaciones. Éste consiste en la instalación de pluviómetros e hidrómetros en diversos sectores de la provincia para medir la precipitación del agua y los niveles de los caudales de los ríos.

3.3.1 METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE ÁREAS DE INUNDACIÓN

El procedimiento (*Cuadro 3.7*) inicia con la recopilación de información existente del área, el estudio de fotografías aéreas y conversación directa con los pobladores, seguido de la verificación de campo y la determinación

de la infraestructura en el área para el desfogue de aguas lluvias y drenaje de aguas servidas, entonces se determinan las causas de las inundaciones para proceder a plantear acciones de remediación o la construcción de obras físicas.

CUADRO 3.7



3.3.2 DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE UBICACIÓN DE SITIOS SENSIBLES A INUNDACIONES

En la ciudad de Guayaquil, como ya se describió anteriormente, las causas de las inundaciones que se producen, son entre otras, la obstrucción de cursos de agua que deben funcionar a su máxima capacidad en época invernal, el represamiento de aguas por construcciones civiles y, el desbordamiento de causes artificiales y naturales por sobrecarga.

En el mapa 3 (Anexo B3), se realiza la localización de puntos en la ciudad más sensibles a inundación.

LOS VERGELES Y LAS ORQUÍDEAS

Éste sector de nuevas urbanizaciones en la ciudad, por varios años evidenció inundaciones que se debían principalmente al desnivel en que se

encuentran éstas con respecto al nivel de la avenida principal, la cual constituye un verdadero dique que facilita el represamiento. Así mismo, otra causa era el colapso de los ductos de drenaje, por invasión de éstos y la acumulación de basura.

La ciudadela Los Vergeles está asentada sobre el área de un meandro abandonado del cauce del Río Daule, (*evidenciado en el estudio de fotografías aéreas*), el cual ha sido rellenado, sin conseguir la altura suficiente para no constituir área de inundación.

La construcción de un ducto cajón es una medida que aliviará ésta situación, puesto que su diseño habrá contemplado los máximos escurrimientos de éste sector (*Véase Foto 26*).



Foto 25.- *Canales de drenaje a la altura de Las Orquídeas y nuevas urbanizaciones del sector. Obsérvese la vegetación riparia desarrollada y la ausencia de basura. (Obras de limpieza Interagua)*



Foto 26.- Canal de descarga, con tramos de ducto cajón para drenaje de Las Orquídeas y sectores aledaños.

LA FLORIDA Y PANCHO JÁCOME

Pese a que éstos sectores morfológicamente posibilitan un fácil drenaje, es la obstrucción de los causes existentes por asentamientos directos sobre estos, los que han generado áreas de inundación.

Así mismo, las zonas bajas combinadas con las obras físicas producen represamiento de aguas lluvias.

SAUCES

Hasta hace dos años era común escuchar acerca de las inundaciones en sauces 6 y 8, donde el agua pasaba los 0.60 m. de altura, dañando viviendas y electrodomésticos, esto era consecuencia de un mal sistema de desfogue de aguas lluvias, lo que fue considerado por las autoridades de la ciudad y para solucionar aquello se implementó la construcción de nuevos ductos. Aún no ha ocurrido un invierno con la frecuencia de lluvias suficientes para verificar si el problema ha sido solucionado.

BASTIÓN POPULAR

En éste populoso sector de la ciudad no existen redes para conducir las aguas servidas, lo que se constituye en un problema sanitario y ambiental, pues en la actualidad, las aguas lluvias y servidas, corren libremente sobre la calzada de las vías. Y, cuando existen construcciones obstruyendo los drenajes, se ha presentado el caso de desplome de éstas construcciones.



Foto 27.- Parte inundable de Bastión Popular, consecuencia del represamiento de agua por falta de infraestructura física.



Foto 28.- *Moradores limpian las canaletas por las cuales circula el agua servida. (Minga organizada por ZUMAR)*

GUASMOS

La situación en los Guasmos, es consecuencia del bajo nivel al que se encuentran las casas con respecto a las vías principales de acceso. La falta de sistemas de drenaje para aguas servidas y aguas lluvias dificulta aún mas la situación alarmante de este populoso sector en época lluviosa, lo que trae como consecuencia las enfermedades como dengue o paludismo.



Foto 29.- Vista aérea del Guasmo, se observa gran superficie de inundación, que afecta familias del sector.

4. CONCLUSIONES

SISMOS:

Por estar la ciudad de Guayaquil en un área de alta sismicidad, los riesgos por sismos son de gran consideración, deben tenerse en cuenta investigaciones realizadas, entre otras, por Moncayo M. (1997), respecto a la energía que se podría liberar en la zona de subducción frente a las costas

ecuatorianas, que sería capaz de generar sismos de hasta una magnitud de 6 en la Escala de Richter que afectarían a la ciudad.

En el mapa 1 (Anexo B1), solo se ha incluido un bosquejo basado en la litología y el análisis en estudios previos, considerando que debe ser la Carta Geoambiental Final la que incluya datos técnicos.

DESLIZAMIENTOS:

Las principales causas para la ocurrencia de deslizamiento en la ciudad son:

- El suelo erosionado se ablanda y finalmente cede
- La tierra licuada por el agua, se transforma en lodo y fluye con mayor rapidez
- Lluvias prolongadas que generan sobrecarga en materiales
- Asentamientos informales en laderas
- Relleno parcial o total de canales naturales para drenajes de aguas lluvias con la construcción de viviendas.
- Presencia de pendientes pronunciadas desprovistas de vegetación y/o deforestación de cerros.
- Trabajos anti-técnicos de movimientos de tierra

- Construcción de viviendas y muros de contención sin asesoramiento técnico
- Explotación anti-técnica de canteras
- Transmisión de ondas de origen sísmica a través del material.

Zonificación de zonas sensibles a deslizamientos:

Un bosquejo inicial de zonificación de áreas sensibles de la ciudad, basado en los puntos estudiados durante el desarrollo de este Componente se presenta en el Mapa 4, (*Anexo 4*), en el cual se limitan dos zonas: 1) de ocurrencia de deslizamientos en laderas (zonas altas de Guayaquil) y, 2) de deslizamientos en borde de causes.

En la zona de deslizamiento de laderas se incluye a los Cerros El Jordán, Azul, Santa Ana, del Carmen, San Eduardo, Sectores de Prosperina, Florida, Pancho Jácome y el Cerro de Mapasingue, diferenciando como **Zona A1** las laderas hacia el sur, que coinciden con la estratificación de las unidades geológicas, por ende es una zona de alto riesgo y, como **Zona A2** las laderas hacia el norte de la ciudad, considerando que las elevaciones en Guayaquil tienen principalmente ambos flancos.

La zona de deslizamientos en bordes de cauces, **Zona B**, se incluye en ésta zonificación, aunque no se detalla sus características, la mención de la misma obedece al hecho que la carta Geoambiental Final debe incluir su estudio.

INUNDACIONES:

Como ya se ha descrito, la ciudad de Guayaquil presenta asentamientos poblacionales en zonas propensas a inundación o de cursos naturales agua, así mismo, la ciudad ha sido varias veces en su historia inundada en sus zonas bajas por el desbordamiento del Río Guayas y/o ramales del estero, especialmente durante los fenómenos de El Niño.

Generalmente las extensiones de inundación son de consideración y la permanencia de aguas excede las 48 horas en los sitios donde no existe una completa infraestructura de saneamiento y evacuación de las aguas lluvia con consecuencias desastrosas.

Zonificación de zonas sensibles a inundación:

Se presenta un bosquejo de lo que sería la zonificación de áreas sensibles a inundación en el Mapa 5 (*Anexo 5*), ésta se basa en la unificación de sectores inundables de iguales características. Se limitan dos zonas: 1) las planas y/o bajas y, 2) las zonas altas.

Ambas zonas, a su vez se subdividen dependiendo de la suficiencia o no de infraestructura que evite las inundaciones. Entonces, se presenta la **Zona C1** que incluye todas las áreas bajas inundables que poseen infraestructura que permite un desfogue eficiente de aguas, se incluye en ésta el sector el centro de la ciudad y parte hacia el oeste; la **Zona C2** que limita los sectores del sur como Guasmos, Isla Trinitaria y Esteros, y, al norte sectores como Los Vergeles, Las Orquídeas, Alborada y Sauces, que poseen un deficiente sistema de drenaje de aguas o tienen drenajes obstruidos.

La **Zona D1** que incluye las partes altas de la ciudad que tienen un deficiente sistema de drenaje y/o aquellas en las que los drenajes han sido obstruidos por acciones antrópicas, entre otras, la ciudadela El Cóndor, La Florida, Cooperativa de Vivienda Pancho Jácome, Los Rosales y Bastión Popular. La **Zona D2** caracterizada por incluir sectores altos de la ciudad con obras suficientes para evitar represamiento de aguas.

5. RECOMENDACIONES PARA LA REALIZACIÓN FINAL DE LA CARTA GEOAMBIENTAL DEL GRAN GUAYAQUIL, COMPONENTE RIESGOS POR SISMOS, DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES.

Al realizar la Carta Geoambiental del Gran Guayaquil se debe considerar, 1) la *previsión* de la ocurrencia de procesos geológicos, tanto la posibilidad de

identificación de áreas de riesgo y la indicación de los lugares donde podrán producirse eventos geológicos; y, 2) la *prevención*, como la consecuente posibilidad de adoptar medidas preventivas, teniendo por finalidad evitar o disminuir la magnitud de los impactos que se puedan producir. Carta en la que deberá tomarse en cuenta las derivaciones de la aplicación del Principio de Precaución” contemplado en las leyes ambientales.

Los peligros que afectan a la ciudad son conocidos desde el pasado, mas no está determinado el riesgo a que ellos ocurran y todas sus consecuencias sociales, culturales y económicas

Deben incluirse, en cada uno de los mapas presentados el porcentaje de población afectada por la ocurrencia de fenómenos mencionados, valoración que se incluye dentro de consideraciones de riesgo un riesgo.

Es responsabilidad del Cabildo del cantón la consecución de una carta geoambiental detallada para estar prevenidos en caso de desastres, así como el desarrollo de planes de acción y diseños de organigramas de trabajos de remediación, incluyendo a todas las instituciones vinculadas en estas acciones.

Es de vital importancia la Carta Geoambiental del Gran Guayaquil, su

difusión y la capacitación que se brinde al respecto para su correcto uso por parte de autoridades y ciudadanía en general.

6. BIBLIOGRAFIA

ALONSO José, MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE ÁREAS URBANAS, Venezuela, S/F

AYÓN Héctor, ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTECNICO PRELIMINAR DEL CERRO EL JORDÁN. Proyecto ZUMAR, S/F

BONILLA L., RUIZ M. & YEPES H., EVALUATION OF SEISMIC HAZARD IN ECUADOR, Escuela Politécnica Nacional – Instituto Geofísico Nacional, S/F

BRISTOW C. & HOFFSTETTER R., LÉXICO ESTRATIGRÁFICO INTERNACIONAL, Vol. 5 (5 a 2), América Latina, 1977

CALLE Jorge, ESTUDIO GEOLÓGICO TRAMO VIA PERIMETRAL - GUAYAQUIL, Ministerio de Obras Públicas, 1979.

FILHO Oswaldo, DESLIZAMIENTOS, Recopilación de geología aplicada al medio ambiente, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Sao Paulo.

IIFIUC, Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica – Guayaquil, RESUMEN EJECUTIVO PROYECTO RADIUS.

LANDÁZURI César, METODOLOGIA PARA INVESTIGACIONES EN DESLIZAMIENTOS. S/F

MILLER Tyler Jr., ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE, Grupo Editorial Iberoamericana, 1994

MONCAYO Marcelo, MAPA DE POTENCIALIDAD DE ENERGÍA LIBERADA, 1997

TADASHI Agostinho, RIESGOS GEOLÓGICOS URBANOS, Recopilación de geología aplicada al medio ambiente, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Sao Paulo.

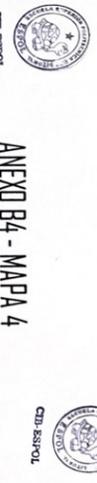
VARNES, MOVIMIENTOS EN LADERAS, 1978

VILLACRES Alex, EL SISMO DE GUAYAQUIL DE 1942, EVIDENCIAS RECIENTES, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, 1995.

YELA Rommel y ARGUDO Jaime, MICROZONIFICACIÓN SISMICA DE GUAYAQUIL, IIFIUC, Quito, 1994.



ANEXO B4 - MAPA 4
ZONIFICACION DE ÁREAS SENSIBLES A DESPLAZAMIENTOS



- LEYENDA**
- Zona A1: Laderas que coinciden con estratificación de unidades geológicas
 - Zona A2: Laderas no coincidentes con estratificación
 - Zona B: Desplazamientos de bordes de cauce
 - Estero-Río Guayas
 - Dispersión-acrivos

ESUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 Facultad de Ing. en Ciencias de la Tierra

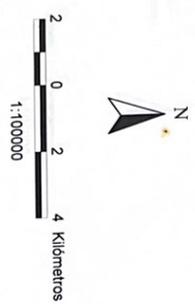
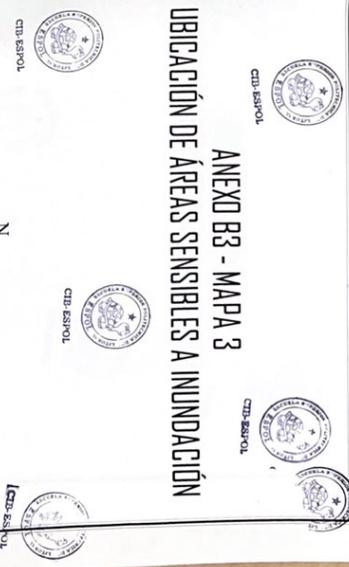
ASPO
 Zonificación de áreas sensibles a desplazamientos

Tipo de Proyecto: Carta Geotécnica del Terreno
 Geología - Estudios Preliminares

Elaborado por: Ingeniero Geólogo
 Responsable: Ing. Fernando
 Tercero, Ing. Jorge A. I.
 Fecha: 04/05/2011



ANEXO B3 - MAPA 3
UBICACIÓN DE ÁREAS SENSIBLES A INUNDACIÓN



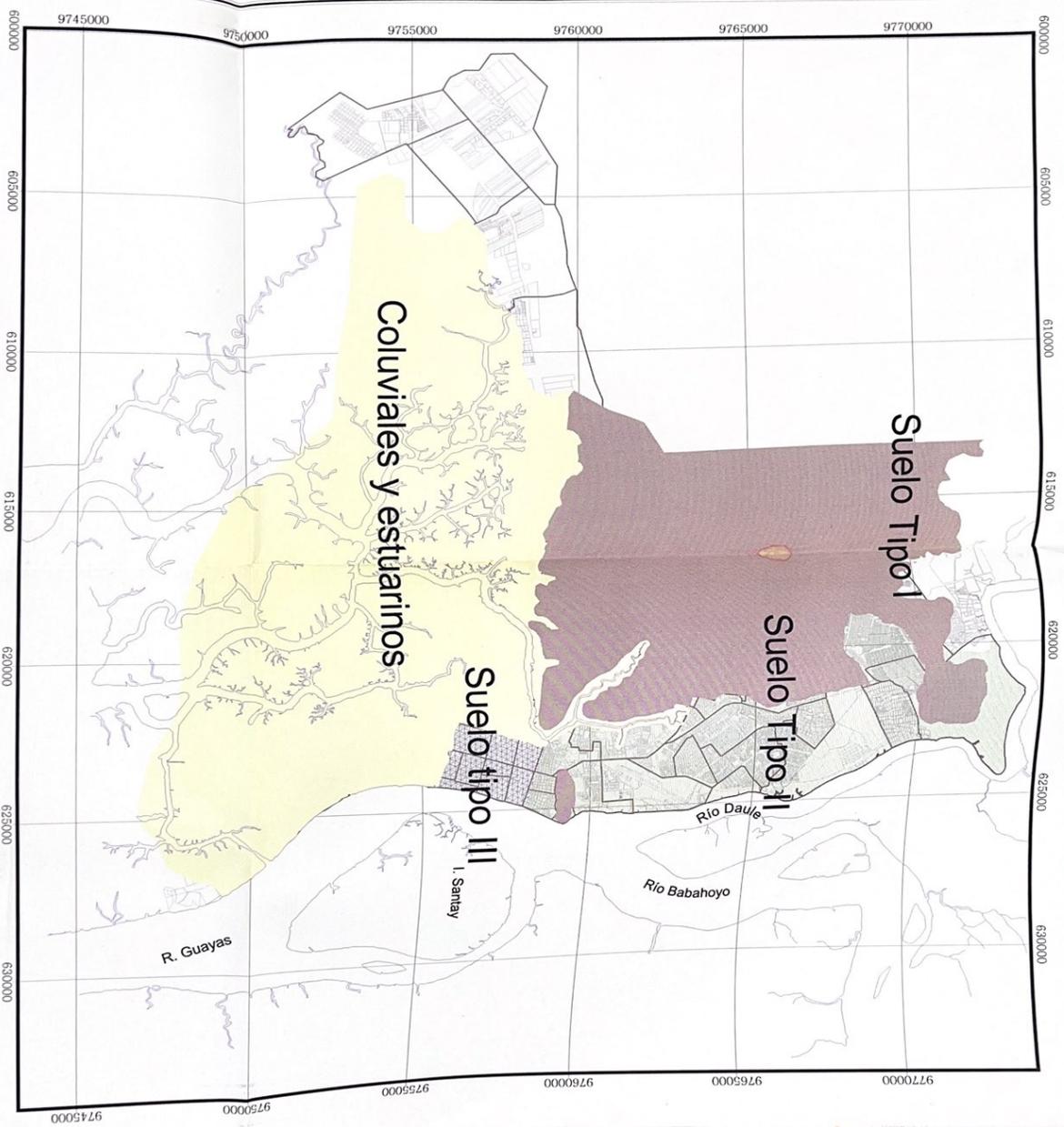
LEYENDA

- Sitios de inundación
- ▴ Estero-Río Guayas
- Guayaquil-sectores

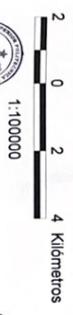
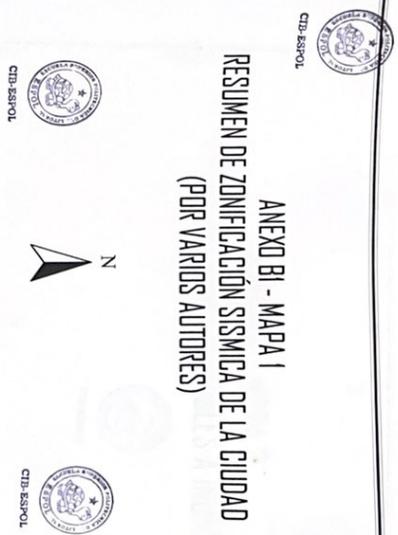
ESUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 Facultad de Ing. en Ciencias de la Tierra

Sitios sensibles a inundación en la ciudad de Guayaquil

Técnica de Producción: Carmy Guamanávilal Cuenca Buenapal - Estación Preliminar	Coordinador y Responsable: Miguel Ángel Guzmán BOLICIA Ing. Jorge León T. Fecha: Mayo 2023
---	---



ANEXO B1 - MAPA I
RESUMEN DE ZONIFICACIÓN SISMICA DE LA CIUDAD
 (POR VARIOS AUTORES)



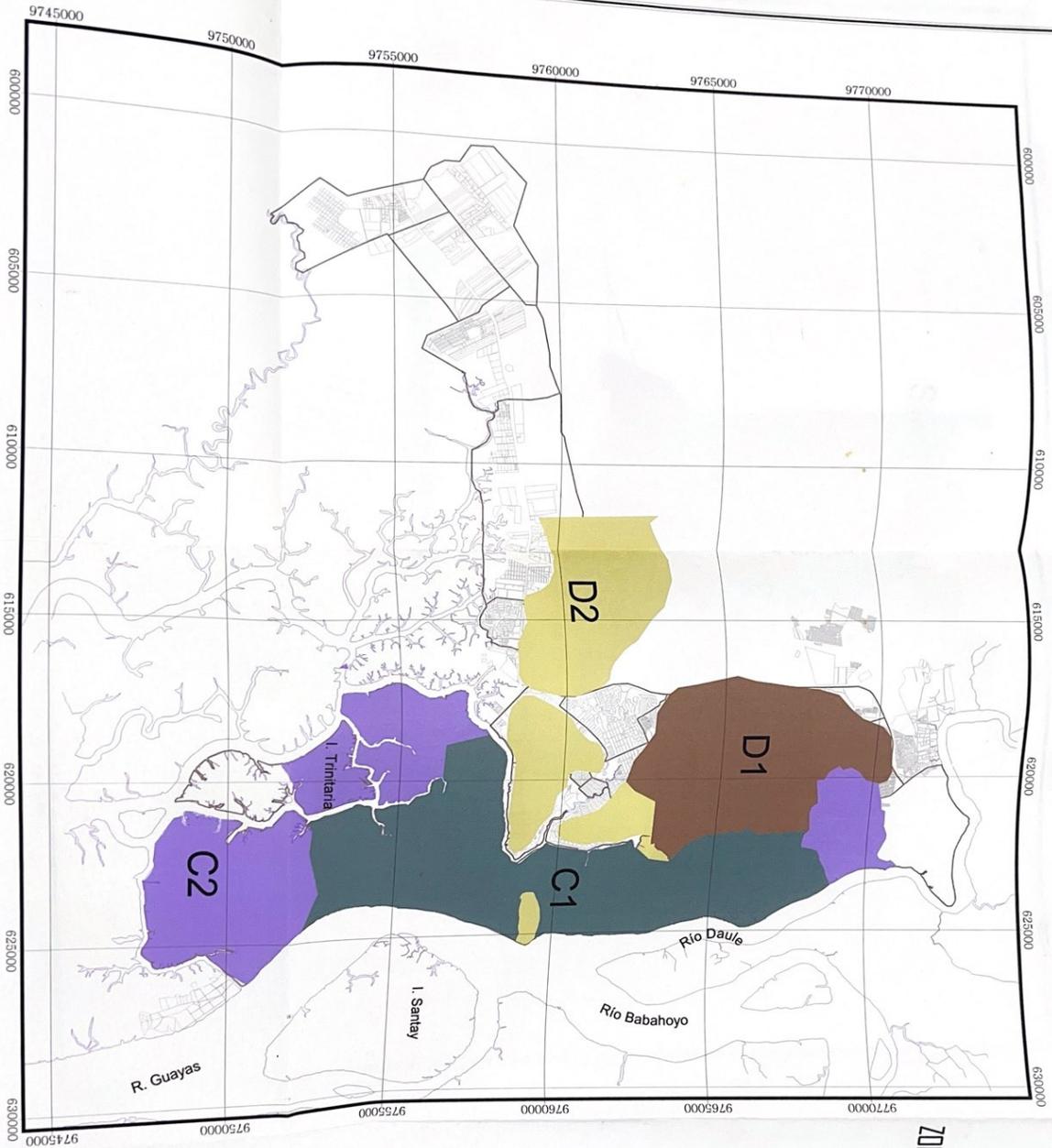
LEYENDA

	Coluviales y estuarinos
	Suelo tipo I - (Argilas y Yelo)
	Suelo tipo II - (Arcilla - (Argilas y Yelo)
	Suelo tipo III - (Rifta)
	Estero-Río Guayas

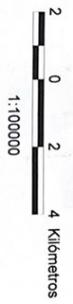
ESUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 Facultad de Ing. en Ciencias de la Tierra

Zonificación sísmica de la ciudad de Guayaquil

Tipo de Graduación: Cera Especial del Gran Guayaquil - Estudio Preliminar	Componete: Ingeniería Geológica Módulo: Sismología Semestre: IV Fecha: Mayo 2005
--	---



ANEXO B5 - MAPA 5
ZONIFICACIÓN DE ÁREAS SENSIBLES A INUNDACIÓN



LEYENDA

- Zona D1 : Áreas bajas con infraestructura suficiente
- Zona C2 : Áreas bajas con infraestructura deficiente
- Zona D1 : Áreas altas con infraestructura deficiente
- Zona D2 : Áreas altas con infraestructura suficiente
- Estero-Río Guayas
- Urbanizaci- sectores

ESPIÑA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL
 Facultad de Ing. en Ciencias de la Tierra

Zonificación de áreas sensibles a inundación

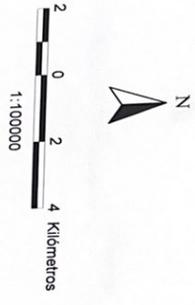
Título de Graduación: Carr. Doctoral del Área Geografía - Estado Prehíster	Responsable del Proyecto: Ingeniero en Geografía Juan Pablo...
--	--







ANEXO B2 - MAPA 2
UBICACIÓN DE SITIOS SENSIBLES A DESPLAZAMIENTOS



LEYENDA

- Sitios de desplazamiento
- Estero-Río Guayas
- Guayaquil-sectoras



ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL
 Facultad de Ing. en Ciencias de la Tierra

Sitios sensibles a desplazamientos
en la ciudad de Guayaquil

Tercer de Grado de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
 Centro Operacional del Poma
 Guayaquil - Ecuador - Promoción 2022

Coordinador: Ing. Carlos Rodríguez
 Elaborado por: Ing. Carlos Rodríguez
 Fecha: Mayo 2022