

INFORME DE APOYO B
RECONOCIMIENTO GEOLOGICO

APOYO-B : RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

INDICE

	Página
1. Introducción.....	B-1
1.1 General	B-1
1.2 Características Geográficas y Posición Geológica.....	B-2
2. Revisión de la Literatura	B-3
3. Generalidades Geológicas del Área de Estudio	B-4
4. Topografía del Área Objeto.....	B-5
5. Geología de Área Objeto.....	B-5
5.1 Reconocimiento Geológico	B-5
5.2 Estratigrafía	B-5
6. Deslizamiento de Tierra y Derrumbamiento de taludes.....	B-12
6.1 Deslizamiento de Tierra	B-13
6.2 Derrumbamiento de Taludes	B-16
6.3 Creación del Mapa de Amenaza de Deslizamientos de Tierra y Derrumbamientos de Taludes	B-23
6.4 Descripción de Bloques de Deslizamientos de Tierra de Categoría A.....	B-23
7. Selección de Medidas de Reducción de Daños.....	B-24
8. Medidas no Estructurales.....	B-25
8.1 General	B-25
8.2 Sistema de Advertencia de Deslizamientos de Tierra	B-25
8.2.1 Advertencia por Cantidad de Lluvias	B-26
8.2.2 Alerta por Cambios en la Superficie y Mediciones Simples de Campo	B-28

APOYO-B : RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla B 1.1	Definición de Deslizamiento de Tierra y Derrumbamiento de Taludes ..B-1
Tabla B.2.1	Bibliografía.....B-3
Tabla B.3.1	Geología en y alrededor del Area de Estudio en un Estudio Previo.....B-4
Tabla B.5.1	Estratigrafía en el Area ObjetoB-31
Tabla B.6.1	Grado de Peligro de los Deslizamientos de TierraB-14
Tabla B.6.2	Ángulos de Taludes Colectores de Cada LechoB-18
Tabla B.6.3	Descripción de la Geología y Topografía de Talud del Derrumbamiento de TaludesB-32
Tabla B.6.4	Lista de Grados de Derrumbamiento de Talud en la Región de Distribución de Tcg.....B-20
Tabla B.6.5	Valores Límite para Peligro de Derrumbamiento de Taludes para cada GeologíaB-33
Tabla B.6.6	Área Peligrosa de Derrumbamientos de Taludes.....B-23
Tabla B.6.7	Bloques de Deslizamiento de Tierra de Categoría A.....B-34
Tabla B.6.8	Características de Deslizamientos de Tierra de Categoría A.....B-35 - B-39
Tabla B.7.1	Medidas de Reducción de Daños por Bloques de Deslizamiento de Tierra.....B-24
Tabla B.8.1	Nivel de Advertencia de Deslizamiento de Tierra PlaneadoB-26
Tabla B.8.2	Estándar de Alerta por Medición de Desplazamiento SimpleB-30

APOYO-B : RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura B.1.1 La posición estructural geológica de Honduras.....	B-2
Figura B.1.2 Distribución de Terremotos en Honduras.....	B-3
Figura B.3.1 Mapa Geológico del Area de Estudio.....	B-40
Figura B.4.1 Topografía del Area objeto para la Prevención de Desastres	B-41
Figura B.4.2 Mapa de Elevación del Area Objeto para la Prevención de Desastres....	B-42
Figura B.4.3 Distribución de Ángulo de Pendiente en el Area Objeto para la Prevención de Desastres	B-43
Figura B.5.1 Mapa Geológico del Area Objeto	B-44
Figura B.5.2 Sección Geológica	B-45
Figura B.5.3 Distribución de Clasificación Geológica	B-6
Figura B.5.4 Distribución de Miembros Geológicos	B-6
Figura B.6.1 Clasificación de un Movimiento de Talud por Vanes (1978).....	B-12
Figura B.6.2 Estructuras Geológicas del Deslizamiento de Tierra en el Area	B-46
Figura B.6.3 Distribución de las Masas de Deslizamiento de Tierra	B-47
Figura B.6.4 Distribución de las Masas de Deslizamiento de Tierra (parte norte del área).....	B-48
Figura B.6.5 Ejemplo de Estimación del Area Afectada por el Deslizamiento de Tierra.....	B-15
Figura B.6.6 Mapa de Ubicación del Deslizamiento de Tierra durante el Huracán Mitch	B-49
Figura B.6.7 Grado del Talud de los Derrumbamientos de Taludes.....	B-17
Figura B.6.8 Clasificación Geológica del Derrumbamiento de Taludes	B-17
Figura B.6.9 Topografía de Derrumbamiento de Talud.....	B-18
Figura B.6.10 Distribución de Frecuencia de Derrumbameinto de Talud	B-18
Figura B.6.11 Ángulos de Pendiente Recolectados de cada Roca de Lecho	B-19
Figure B.6.12 Relación entre Altura y Ángulo de Derrumbamiento de Talud	B-19

Figura B.6.13	Relación entre el Ángulo de Pendiente y Ratio de Ocurrencia de Derrumbamiento de Talud en Área Tcg	B-21
Figura B.6.14	Longitud del Area Afectada.....	B-22
Figura B.6.15	Correlación entre la Altura de la Longitud del Area Afectada	B-22
Figura B.6.16	Mapa de Análisis de Derrumbamientos de Taludes	B-50
Figura B.6.17	Mapa de Amenaza de Deslizamientos de Tierra y Derrumbamientos de Taludes	B-51
Figura B.6.18	Mapa de Ubicación de Deslizamientos de Tierra de Categoría A.....	B-52
Figura B.6.19	Plan Detallado de Canaan.....	B-53
Figura B.6.20	Plan Detallado de Reparto	B-54
Figura B.6.21	Plan Detallado de Bambú	B-55
Figura B.6.22	Plan Detallado de Bosque.....	B-56
Figura B.6.23	Plan Detallado de Buena Vista	B-57
Figura B.6.24	Plan Detallado de Berinche	B-58
Figura B.6.25	Plan Detallado de Campo Cielo.....	B-59
Figura B.6.26	Plan Detallado de San Martín.....	B-60
Figura B.6.27	Plan Detallado de Fror1 y Zapote Norte.....	B-61
Figura B.6.28	Plan Detallado de Zapote Centro.....	B-62
Figura B.6.29	Plan Detallado de Villa Unión	B-63
Figura B.6.30	Plan Detallado de Brasilia	B-64
Figura B.6.31	Plan Detallado de Centro América	B-65
Figura B.6.32	Plan Detallado de Nueva Esperanza.....	B-66
Figura B.6.33	Plan Detallado de Las Torres Este y Las Torres Oeste.....	B-67
Figura B.8.1	Ubicación de Estaciones de Medición Planeadas.....	B-68
Figura B.8.2	Concepto de Establecimiento de Estándar de Lluvias para la Alerta/Evacuación de Desastres por Sedimentos	B-28
Figura B.8.3	Observación Típica de Tablero de Desplazamiento	B-29
Figura B.8.4	Distribución de las Estacas de Desplazamiento	B-30

APOYO-B RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERAL

En el reconocimiento geológico, se crearon mapas de amenaza de los deslizamientos de tierra y derrumbamientos de taludes. Se utilizan estos mapas de amenaza para preparar un plan maestro de prevención de desastres con medidas estructurales y no estructurales.

El reconocimiento geológico se realizó de la siguiente forma

1. Creación del mapa geológico con escala de 1/10,000 basado en el reconocimiento de campo
2. Investigación de las condiciones actuales de un desastre de talud
3. Una interpretación del área de amenaza de los deslizamientos de tierra y derrumbamientos de taludes, y creación del mapa de amenaza con una escala de 1/10,000
4. Estudio de influencias por desastre de talud esperado
5. Creación de datos para advertencia y evacuación

Para crear un mapa de amenaza de deslizamiento de tierra y derrumbamiento de taludes con una escala de 1/10,000, es necesario crear un mapa geológico preciso con la escala de 1/10,000 ya que los mapas geológicos existentes tienen una escala de 1/25,000 y 1/50,000 y no son suficientemente precisos.

El desastre natural provocado por el movimiento de tierra y roca se clasifica en tres categorías en Japón, es decir “deslizamiento de tierra”, “derrumbamiento de taludes” y “flujo de escombros”. En el caso de desastres en Tegucigalpa por el Huracán Mitch, el “deslizamiento de tierra” y el “derrumbamiento de taludes” son los principales problemas y hubo pocos casos de “flujo de escombros”. Por lo tanto, en el Estudio sólo se consideran el “deslizamiento de tierra” y el “derrumbamiento de taludes”. El “deslizamiento de tierra” y el “derrumbamiento de taludes” se definen tal como se muestra en la *Tabla B 1.1*.

Tabla B 1.1 Definición de Deslizamiento de Tierra y Derrumbamiento de Taludes

	Deslizamiento de tierra	Derrumbamiento de taludes
Escala	grande	pequeña
Gradiente	medio	abrupto
Movimiento	lento	rápido

El estudio de deslizamiento de tierra incluye la interpretación topográfica de la fotografía aérea, observación de la fotografía aérea que muestra los deslizamientos de tierra reales provocados por el Huracán Mitch y el reconocimiento geológico de campo.

El estudio de derrumbamiento de taludes incluye la observación de fotografías aéreas que muestra los derrumbamientos de taludes reales provocados por el Huracán Mitch y el reconocimiento geológico. Se hizo también un análisis de talud para cada clasificación geológica.

Se preparó el mapa de amenaza con una escala de 1/10,000 que contenga toda la información de

área de riesgo en ambos términos de deslizamiento de tierra y derrumbamiento de taludes. El mapa muestra no sólo los bloques del deslizamiento de tierra y taludes peligrosos sino también las áreas afectadas por la aparición de deslizamientos de tierra y derrumbamiento de taludes.

Después de crear el mapa de amenaza de deslizamiento de tierra y derrumbamiento de taludes, los destinos de la evacuación se estudiaron para cada clasificación A de bloques de deslizamiento de tierra (más peligrosos).

1.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y POSICIÓN GEOLÓGICA

La República de Honduras está ubicada al sur de la Península de Yucatán en América Central. El ancho de la tierra en el lugar más angosto es de 300-500km, y tiene el Océano Pacífico al sur y el Mar Caribe al norte.

Tal como aparece en la *Figura B.1.1*, esta área está ubicada en la posición donde encuentran la placa norteamericana, la placa caribeña y la placa de Cocos en la estructura geológica y Honduras actúa como la forma donde está montada la placa caribeña. Como la placa Cocos se hunde dentro de la placa caribeña, se generan terremotos en la costa del Pacífico donde golpean los límites de placas. La *Figura B.1.2* muestra la distribución hipocéntrica de 1898 a 1986. Los hipocentros se distribuyen principalmente a lo largo de la costa del Pacífico en la bahía de Fonseca y El Salvador, y Nicaragua, y se descubre que casi no hay distribución de un hipocentro cerca de Tegucigalpa que es el Área de Estudio.

Tegucigalpa está ubicada en una latitud norte de 13-14 grados y cerca de la longitud este de 87 grados y está en el altiplano con una altitud de 1000m.

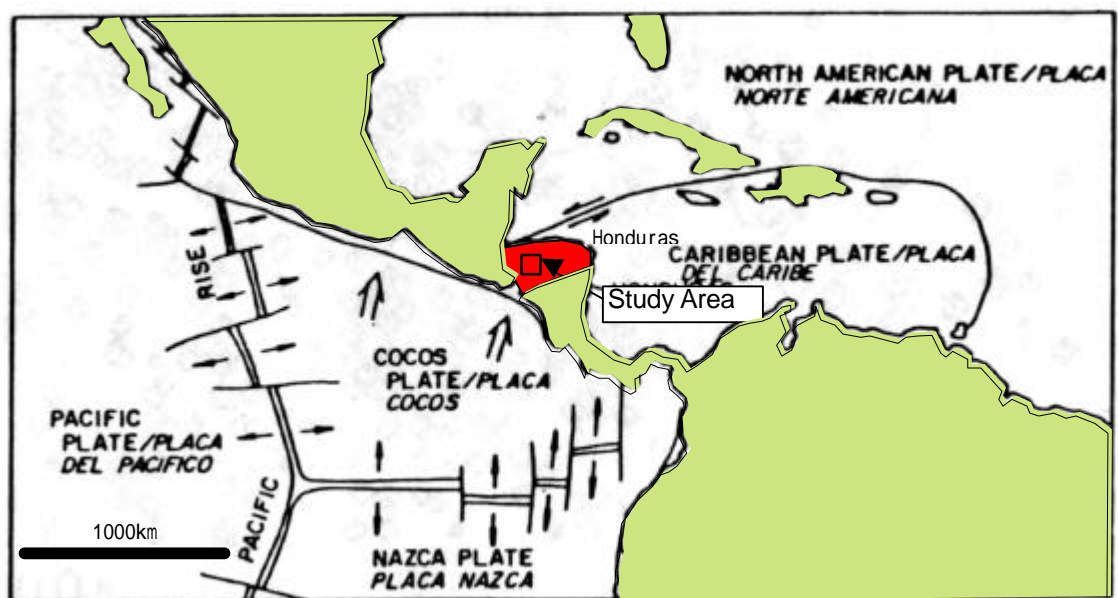


Figura B.1.1 La Posición Estructural Geológica de Honduras

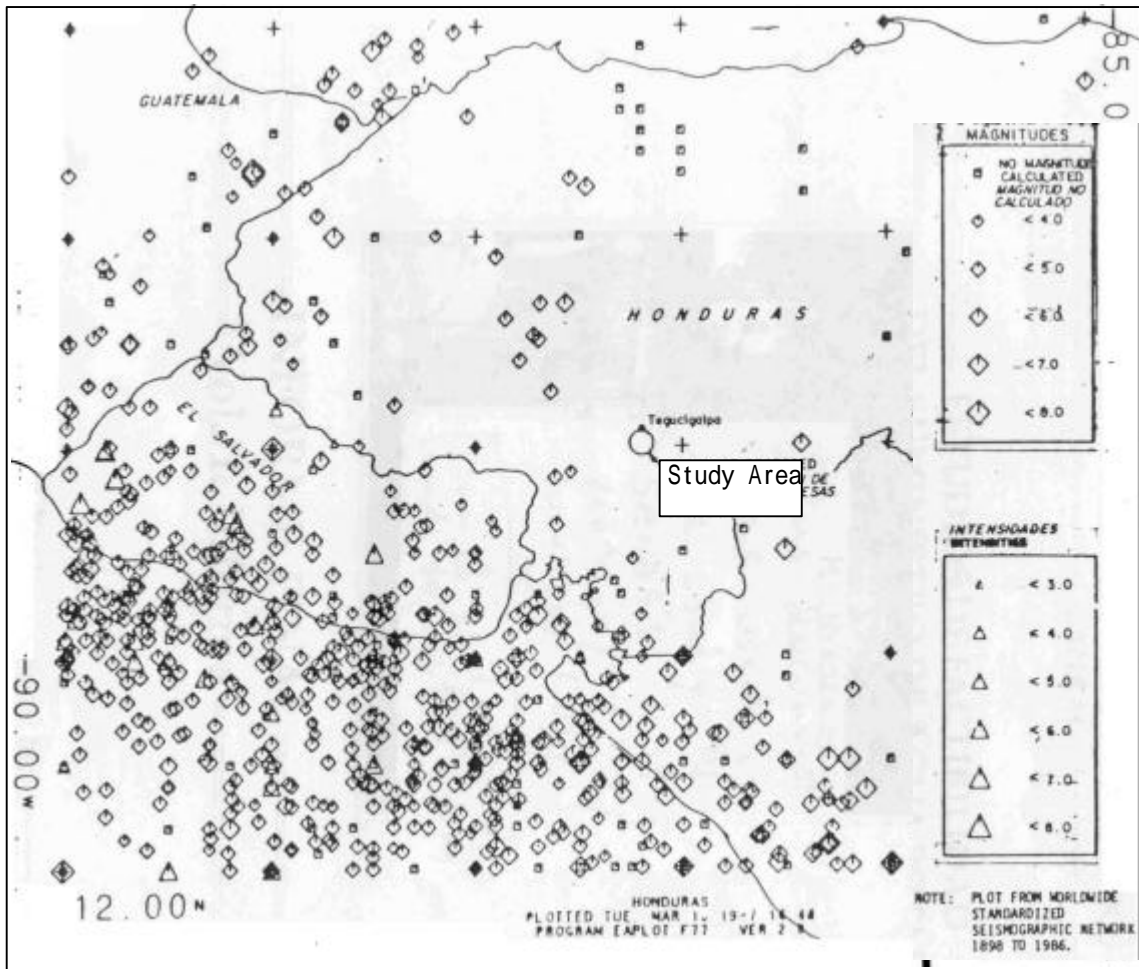


Figura B.1.2 Distribución de Terremotos en Honduras

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Las principales referencias para el reconocimiento geológico e investigación de deslizamientos de tierra utilizadas para examinar las características geográficas y las de roca geológica en el Área del Estudio aparecen en la *Tabla B.2.1*.

Tabla B.2.1 Bibliografía

Año de publicación	Autor	Nombre de monografía y origen de publicación
1993	SANAA, Reconocimiento geológico británico	Mapa geológico de Honduras Tegucigalpa, Lepaterique, y San Buenaventura S=1/50,000 (IGN)
1987	SANAA, Cooperación técnica italiana	Plan Maestro para el proyecto de Tegucigalpa D.C, "Agua subterránea y montaña Chile en Tegucigalpa" Mapa geológico S=1/25,000
Julio, 1999	Ryuichi Hara	República de Honduras Proyecto de apoyo de desastres del Huracán Mitch, Informe "Medidas preventivas del deslizamiento de tierra • Instrucción Técnica acerca del mantenimiento del método de advertencia-evacuación"

3. GENERALIDADES GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Tabla B.3.1 y la Figura B.3.1 muestran el mapa geológico existente y los estratos alrededor del Área de Estudio.

La geología en y alrededor del Área de Estudio se divide básicamente en tres categorías, es decir, el Grupo Padre Miguel, la Formación Matagalpa en el Período Terciario y el Grupo Valle de Ángeles en el Período Cretáceo. Las otras rocas de base de Cacaguapa Schist, Grupo Honduras y el Grupo Yojoa no están distribuidos en el Área de Estudio.

La lava basáltica cubre el Grupo Padre Miguel y la Formación Matagalpa en el período Cuaternario temprano. Estas rocas de base consolidadas están cubiertas por depósitos de terraza, depósitos de talus y depósitos de río en el período Cuaternario.

Tabla B.3.1 Geología en y alrededor del Area de Estudio en un Estudio Previo

Era	Período	Epoca	Símbolo	Nombre de la Formación	Litología
Cenozoico	0	Holoceno	Qal	Río, planicie de inundación dt.	arena y grava con arcilla
	Cuaternario 2	Pleistoceno	Qb	Basalto	basalto (flujo de lava)
			Grupo Padre Miguel		
	Terciario	Mioceno	Tpm	volcán joven	ignimbrita riolítica
				Miembro Periodista (Tep)	arenisca tobácea con grava
				Miemb. Tenampua.	depósito local, caída de ceniza
				ignimbrita	Ignimbrita riolítica vítrica
				Miembro Nueva Aldea.	toba clasificada con piedra pómez local
				Miembro Puerta de Golpe	lutita tobácea, lutita calcárea, caliza
	Tc	Miembro Cerro Grande (Tcg)	ignimbrita		
65	Oligoceno	Formación Matagalpa			
		Tm		andesita con alteración hidrotérmica	
Mesozoico	Cretáceo	Superior	Grupo Valle de Ángeles		
			Krc	Form. Río Chiquito	arenisca rojizo-marrón, limolita, roca arcillosa con lente de caliza
			Kvac		Capa de caliza en Krc
	Jurásico 247*	Inferior	Kvn	Form. Villa Nueva	conglomerado
			Ky	Grupo Yojoa	caliza, roca arcillosa
			Jkhg	Grupo Honduras	lutita y arenisca con rocas volcánicas
Paleozoico			Pzm	Cacaguapa Schist	mica-esquistos, cuarzita con mármol, meta-diabeso

Fuente: Mapa geológico de Tegucigalpa, Lepaterique y San Buenaventura (1/50,000)

Nota: Grupos itálicos y formaciones no distribuidas en el Área de Estudio

247*: era geológica (x 106 años atrás)

4. TOPOGRAFÍA DEL ÁREA OBJETO

El área objeto para la prevención de desastres es el área urbana de Tegucigalpa, que aparece en la *Figura B.4.1*, *Figura B.4.2*, con un área total de 105 km². La elevación del área urbana es de entre 900 m y 1,400 m. El área tiene una topografía de cuenca compuesta de los valles del río Choluteca y sus afluentes. La *Figura B.4.1* muestra la topografía del área objeto para la prevención de desastres.

La *Figura B.4.2* muestra el mapa de elevación del área. Se observó una planicie relativa con una elevación entre 940 m y 1040 m, donde está la mayor parte del área urbana de la ciudad. Fuera de la planicie hay una serie de montañas con una elevación más alta que 1040 m, donde hay poca densidad de habitantes.

La *Figura B.4.3* muestra la distribución de ángulo de talud del área. El área de un talud fuerte con un ángulo de talud de más de 30 grados ocupa el 8% del área total. El área con talud fuerte se distribuye a lo largo del tronco principal y afluentes del río Choluteca.

5. GEOLOGÍA DE ÁREA OBJETO

5.1 RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

Se hizo el reconocimiento geológico desde abril de 2001 a julio de 2001.

Para el reconocimiento de campo se utilizó un mapa topográfico con escalas de 1/10,000 y una escala de 1/5,000 creado en este Proyecto. El alcance del trabajo se limitó a 105km² en el Area Objeto de este Proyecto. Sin embargo, se investigó también la periferia del Area Objeto por si fuera conveniente crear un mapa geológico. En el campo, se observaron afloramientos que aparecen en el corte de camino, los peñascos a lo largo del río, el lecho del río, el lugar de construcción, etc. Y se estudiaron detenidamente la categoría de una roca geológica, el recorrido y inclinación de un estrato y fractura, el espesor de una capa erosionada, la cubierta del suelo superficial. Además, se estudió la distribución de deslizamientos y derrumbamientos de talud.

El resultado del reconocimiento geológico se resumió en un mapa geológico con escalas de 1/10,000. Basado en esto, se dibujaron las secciones geológicas con escalas de 1/10,000. La *Figura B.5.1* muestra el mapa geológico y la *Figure B.5.2* muestra las secciones geológicas.

5.2 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del Area Objeto aparece en la *Tabla B.5.1*.

Las rocas del Area Objeto (105km²) se muestra en la *Figura B.5.3*. Se reconoció que la formación del Río Chiquito (Krc), los miembros de Cerro Grande (Tcg), y secuencias de Ignimbritas (Tpm) ocupan un área grande.

La *Figura B.5.4* muestra la distribución de las rocas por la edad de la formación. El estrato (Kvn+Krc) del Cretáceo representa el 25% del Area Objeto. El miembro Tm que comprende la secuencia Ignimbrítica del Neogeno ocupa 43%. El miembro Qe que comprende depósitos en terrazas del Cuaternario representa el 15%.

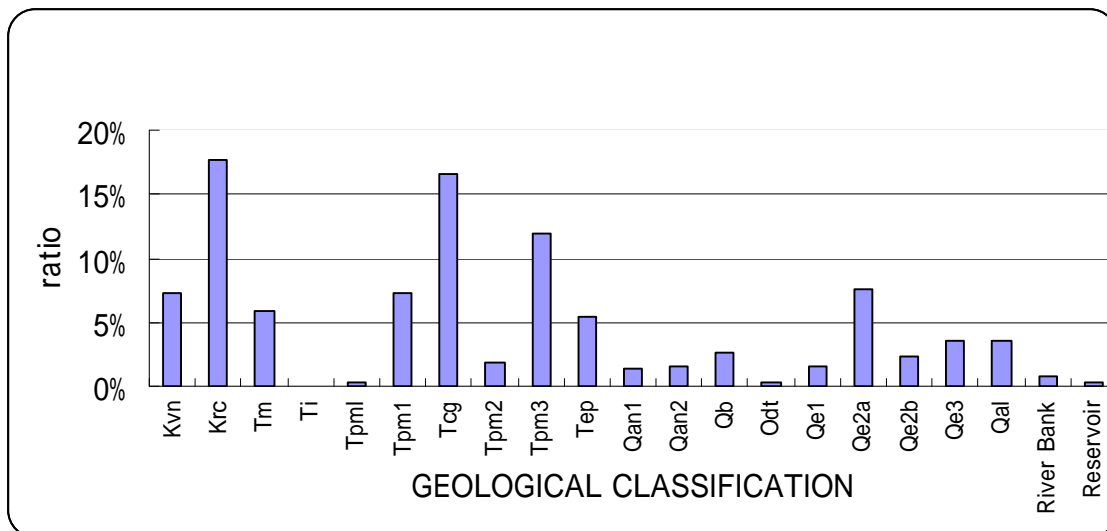


Figura B.5.3 Distribución de Clasificación Geológica

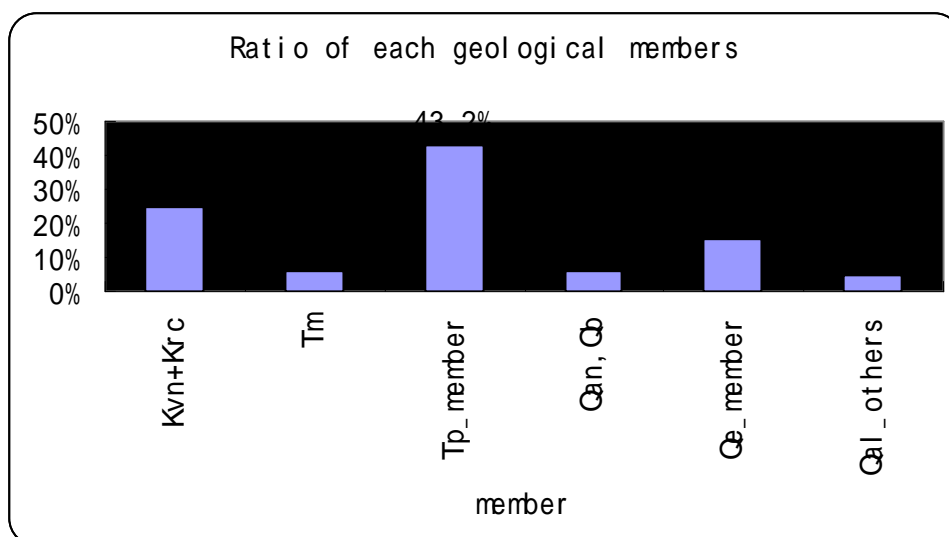


Figura B.5.4 Distribución de Miembros Geológicos

Las características de cada formación se describen de la siguiente forma:

Grupo Valle de Angeles

Formación Villa Nueva (Kvn)

Estas capas rojas son la formación basal de la Formación Valle de Angeles. La mejor representación de esta formación es a lo largo del primer kilómetro de Tegucigalpa a lo largo del camino a Danli cerca de Villa Nueva y se encuentran otros afloramientos importantes al sur de Tegucigalpa a lo largo del camino a Yaguasire. Estas rocas están expuestas al sur de Kennedy y Plaza Residencial, donde están plegados e inclinados en distintas direcciones.

Estas capas son principalmente conglomerados de cuarzo de matriz arenosa con guijas y algunas capas de grano fino intercaladas. Algunos conglomerados de cuarzo son muy duros y otros son más blandos. Se observó la capa más fina principalmente cerca de la superficie de contacto con la Formación Río Chiquito.

Los colores de estas capas varían del rojo en las partes más finas al morado en la parte más basta. En Villa Nueva esas rocas están subyacentes a las tobas del Riolítico del Grupo Padre Miguel sin conformidad. En la cercanía de La Peña, subyace las tobas en banda del Grupo Padre Miguel sin conformidad.

El espesor de estas capas varía de 10 cm a 200 cm. La edad se estima como Aptiano a Albiano (Por Finch, 1972). En algunos lugares, esto contiene mucha vena de yeso desarrollada en fracturas y estructuras plegadas. Las estructuras sedimentarias tienen pendiente normal y laminación sencilla. Los materiales de esta capa son fuertes en general. Sin embargo, las fronteras de capas son frágiles y hace resbalón superficial potencial de deslizamiento.

Formación Río Chiquito (Krc)

Estas rocas superponen las capas de Kvn con conformidad. Se diferencian del Kvn debido al grano fino. Estas piedras areniscas, limolitas y rocas arcillosas de color rojo aparecen con frecuencia en el camino al Valle de Angeles y la parte inferior de El Hatillo y a lo largo del Río Chiquito. Otros importantes afloramientos están en la colina Juan A Lanes superpuesto por tobas del Terciario y Loma Linda, El Hogar y 3 de Mayo están superpuestas por tobas del terciario. Una buena representación de esta formación Chiquito está en Residencial El Molino cerca del camino a Valle de Angeles.

Estas rocas están inclinadas y plegadas en distintas direcciones. La deformación de esta capa la hace suave y fácil de erosionarse y se producen muchos deslizamientos en las áreas donde existen estas capas. El espesor de esta capa varía de 2 cm a 20 ó 30 cm y a veces más. La edad de esta capa identificada por el polen es del Cretáceo Superior. La estructura sedimentaria es de laminación plana e granulometría normal. La parte superior de esta capa está superpuesta sin conformidad por tobas del Riolítico en el Grupo Padre Miguel. Estas rocas son susceptibles de erosión y se vuelven frágiles. Hay una gran cantidad de deslizamientos reconocidos en estas rocas.

La frontera entre Krc y el Grupo Padre Miguel es especialmente inestable y algunos manantiales se encuentran cerca de este contacto y muchos deslizamientos se observan aquí. A veces la erosión hace que caiga roca volcánica dura y fracturada del Padre Miguel que lo superpone.

Formación Matagalpa (TM)

Esta formación se compone de lavas basálticas y andesíticas y algunas capas de tobas básicas. Estas rocas se han alterado ampliamente por erosión y alteración hidrotérmica. La mayoría de los afloramientos tiene color verde y algunos son rojizos. Feldespato se alteró a arcilla blanca (argilizada) y la anfíbolita y la piroxena se han alterado a clorita y epidota. Esta formación se identifica por los suelos grises que se desarrollan sobre ella. La parte superior de esta formación está superpuesta sin conformidad por las rocas del grupo Padre Miguel. La frontera inferior del grupo Valle de Angeles es desconocida. Los afloramientos de esta formación aparecen en la esquina noroeste del área reconocida a lo largo de la carretera a El Lolo y en el camino viejo al norte está siempre subyacente del miembro Tcg del grupo PM. Al norte a lo largo del viejo camino a Olancho más alto encima de la granja de pollos Cadeca, esta roca aparece subyacente debajo del miembro Tpm3 del grupo Padre Miguel.

Al este del campamento Sagastume delante del camino a la granja de pollos Cadeca del banco del río oeste, hay un afloramiento de deslizamiento con estructura de flujo de lava clara con una presa de andesita. Aparecen otros afloramientos pequeños a lo largo del camino de El Chile a

Cerro Grande. Este afloramiento subyace Tcg. La edad de esta formación se estima como Oligoceno (Fred Mac Dowell de la Universidad de Texas) porque está entre el Cretáceo Superior de Krc y el Mioceno del Grupo Padre Miguel. Estas rocas son susceptibles de erosionarse y volverse frágiles. Por eso muchos deslizamientos se reconocen en estas rocas y en las fronteras con las capas superiores.

Grupo Padre Miguel

Este grupo está compuesto de las rocas más comunes en el área de Tegucigalpa. Estas son principalmente tobas riolíticas volcánicas, lavas riolíticas y capas sedimentarias de composición volcánica.

Miembro Tpm :

Hay un afloramiento volcanoclástico a 1.5 km de Tegucigalpa a lo largo del camino del Valle de Angeles con una longitud de 200 m. Este miembro es un depósito caótico sedimentario de color amarillo. No se encuentran estructuras sedimentarias y los granos bastos y más finos están distribuidos al azar. La matriz está compuesta de limo y ceniza volcánica. Las guijas son principalmente de las tobas riolíticas y dacíticas. Hay menos proporción de guijas de rocas areniscas rojas de Krc, tobas andesíticas gris verdoso(Tm), y Basaltos. Las guijas pueden ser angulares o sub-redondas y el tamaño varía de 0.1 cm hasta 40 cm con un promedio de 2-4 cm.

El depósito está lleno de matriz de arenas finas y medias. Este afloramiento se extiende al sur del camino donde está superpuesto por Tpm (1 ó 3). El norte del contacto entre esta unidad y Krc está formado por una falla de 80 grados oeste y 85 grados en inclinación al sur. Este miembro se definió no como lahar sino como corriente de barro de alta viscosidad porque la arcilla no es principalmente contemporánea con una erupción volcánica. Es un depósito sedimentario amarillo que aparece en el afloramiento a 1.5 km de Tegucigalpa en el camino a Valle de Angeles.

La matriz está compuesta principalmente de ceniza volcánica y limo, y los cantos y guijas son principalmente volcánicos y en menos proporción son sedimentarios.

Tpm-1:

Esto es la secuencia ignimbrítica más baja. En este miembro se encontraron principalmente tobas pómez riolíticas y también dacíticas/andesíticas. A veces, se parece a una toba pómez arenosa. El color varía entre el blanco, amarillo pálido y verde o rosado pálido.

El fondo de este miembro está superpuesto sin conformidad en el grupo Valle de Angeles y la parte superior está superpuesta por una capa roja que la separa de Tpm2. Esta capa roja es una superficie alterada probablemente debido al contacto con toba Tpm2 muy caliente.

En este miembro se encontraron principalmente tobas pómez riolíticas y también tobas dacíticas/andesíticas. El color varía entre el blanco, amarillo pálido y verde o rosado pálido. Está bien representado en las áreas inferiores de los afloramientos en el paso de Las Brisas, cerca de la iglesia Suyapa, donde la capa superior roja está visible. Son tobas macizas cuyo espesor llega a 15 ó 20 metros en algunos afloramientos. Los fragmentos pómez tienen espesor promedio de 0.5 a 3.0 cm y se encontraron pocos líticos.

En el paso Las Brisas se encontró una toba arenosa blanco amarillenta justo debajo de la capa

roja. Como puede verse una erosión diferenciada fácilmente y esta capa es aparentemente más suave que Tpm2.

La frontera entre esta capa y Krc es susceptible a deslizamientos.

Tpm-2:

Este es el miembro medio de la secuencia ignimbrítica. Este miembro superpone con conformidad sobre Tpm1 y el contacto está caracterizado por la presencia de la capa roja, probablemente causado por el calor de Tpm2 sobre Tpm1.

Estas capas están relativamente blandas y consisten de tobas rayadas que aparecen en muchas áreas de Tegucigalpa. El espesor de esta capa varía de 1 metro hasta 20 m aproximadamente. Son tobas de banda blanca limosas que aparecen en muchos lugares de Tegucigalpa. Muchos lugares de afloramiento está en el paso de Las Brisas cerca de la iglesia Suyapa en el camino a Colonia Nueva Suyapa.

Las capas en banda en estas rocas son susceptibles de deslizarse. Se produjeron varios deslizamientos en las capas de banda.

Tcg:

Este miembro se caracteriza por lavas riolíticas y tobas unificadas dacíticas. Es el miembro más duro del Grupo Padre Miguel y es fácil de reconocer por sus fracturas verticales existentes. Los flujos de lava riolítica incluidos en este miembro se caracterizan por la prevalencia de estructuras de flujo. El lugar del afloramiento principal es Cerro Grande y La Primavera (área alta).

Estas rocas forman afloramientos altos y pendientes muy escarpadas. Por lo tanto se producen muchos derrumbamientos de talud en estas formas de tierra. Y en la frontera inferior es susceptible de convertirse en una superficie deslizantes.

Tep:

Este es un miembro volcánico del Grupo Padre Miguel. Este miembro está superpuesto sobre Tcg con conformidad y en muchos lugares está superpuesto sobre Tpm también con conformidad. Se caracteriza por la presencia de estructuras sedimentarias, tales como canales paleo, laminación, imbricación de graduación normal en clasticidad, laminación transversal y otros. Las capas se caracterizan por la buena selección de clastos.

Los mejores afloramientos están en el área sur de Tegucigalpa alrededor del Anillo Periférico y cerca de Colonia Satélite y en Colonia El Periodista donde estas formaciones toman su nombre.

Estas capas son aproximadamente estables.

Tpm-3:

Esta capa es litológicamente similar a Tpm-1 y se define como tobas pómez que superpone Tep. Esta capa superpone Tep y Tcg.

La frontera entre esta capa y Krc es susceptible a deslizamientos.

Roca Intrusiva :Ti

La roca intrusiva riolítica se encuentra en el Grupo Valle de Angeles, generalmente a lo largo de una dislocación está distribuida entre la roca intrusiva y el deterioro de la roca base está ocasionada en el Grupo Valle de Angeles y se vuelve fácilmente la causa de un derrumbamiento de talud.

La edad de la formación de esta geología es desconocida.

Cuaternario

Qan :

Esta formación está marcada por la presencia de lava andesítica (Qan2) y tobas andesíticas y también algunas tobas riolíticas (Qan1). Los principales lugares de esta unidad están en Colonia Cerro Grande en la parte superior de la colina Estacado y la Colonia Centro América (arriba de la colina del tanque de agua), donde esta formación superpone el Miembro Tcg con conformidad.

Qan1: Las tobas andesíticas tienen diferentes colores desde el amarillo pálido y amarillo al marrón rojizo. Esta capa se superpone a la lava andesítica. Esta capa se compone de buenas capas y tiene estructuras en banda.

Qan2: Esta lava andesítica tiene color gris oscuro y la mayoría de ellos son porosas. El intervalo de unión varía entre 10 y 40 cm. Tienen textura porfirítica y algunos tienen grano fino. La roca está muy dura y se rompe en piezas afiladas.

Esta roca es fácil de erosionar y deteriorar. El material de toba es principalmente pómez y ceniza fina. Este intervalo de planos en banda son aproximadamente 30 cm. El espesor de esta formación se estima que es aproximadamente entre 50 a 100 m. Hay varios grandes deslizamientos en esta capa.

Qb :

Esta formación se compone de flujos de lava basáltica con pequeños cristales y algunas escorias piroclásticas. Están ubicados principalmente en la Colonia San Francisco y de aquí al oeste cubriendo toda esta área plana. Esta es porfirítica a afanítica de roca basáltica, sin alteración.

Depósitos de Terraza:

Hay muchos depósitos de terrazas localizados en el Area Meta. Dependiendo de su elevación, se dividen en Qe1, Qe2, y Qe3. El Qe2 se divide en dos diferentes unidades porque se compone de diferentes especies de clastos. El Qe2a está marcado por la inclusión de suelos morados cuyo origen es Krc. El Qe2b está marcado por la inclusión de gris o materiales de gris ligero.

La altura de la distribución de cada depósito es la siguiente;

- Qe1; El 1050 m a 1075 m
- Qe2a; El 930 m a 980 m y 1060 m
- Qe2b; EL 1000 m a El 1011 m
- Qe3; Elevación 920 m a 940 m

Qal:

Son depósitos aluviales jóvenes, localizados en muchas áreas a lo largo de los ríos.

Dt:

Estos depósitos están localizados principalmente en taludes altos a lo largo de valle y el pie del talud.

6. DESLIZAMIENTO DE TIERRA Y DERRUMBAMIENTO DE TALUDES

En Japón los desastres ocasionados por el movimiento de tierras están clasificados en 3 grupos: “deslizamiento de tierra”, “derrumbamiento de talud” y “flujo de escombros”. Esta clasificación fue aplicada también al presente Estudio. El “deslizamiento de tierra” consiste generalmente en un movimiento lento de tierras (menos de cm/minuto) con larga duración de movimiento, o en movimientos repetidos, mientras que el “derrumbamiento de talud” presenta una velocidad de movimiento superior a 1m/s con una duración de movimiento de menos de 1 hora. Los dos grupos difieren también en la magnitud del suceso y la inclinación del lugar del suceso.

Vanes (1978) clasificó el tipo de movimiento de tierras en un pendiente en “vuelco”, “deslizamiento”, “extensión”, “caída” y “flujo”. La clasificación japonesa se funda en el grado de daños causados por la magnitud y velocidad del cuerpo móvil, por lo que no siempre puede corresponder a la clasificación de Vanes, pero el clasificado “deslizamiento de tierra” en el presente Estudio corresponde en general al clasificado “deslizamiento” de Vanes. El “derrumbamiento de talud” corresponde aproximadamente a cualquier fenómeno que sea de menor escala de la “caída” o el “deslizamiento”.

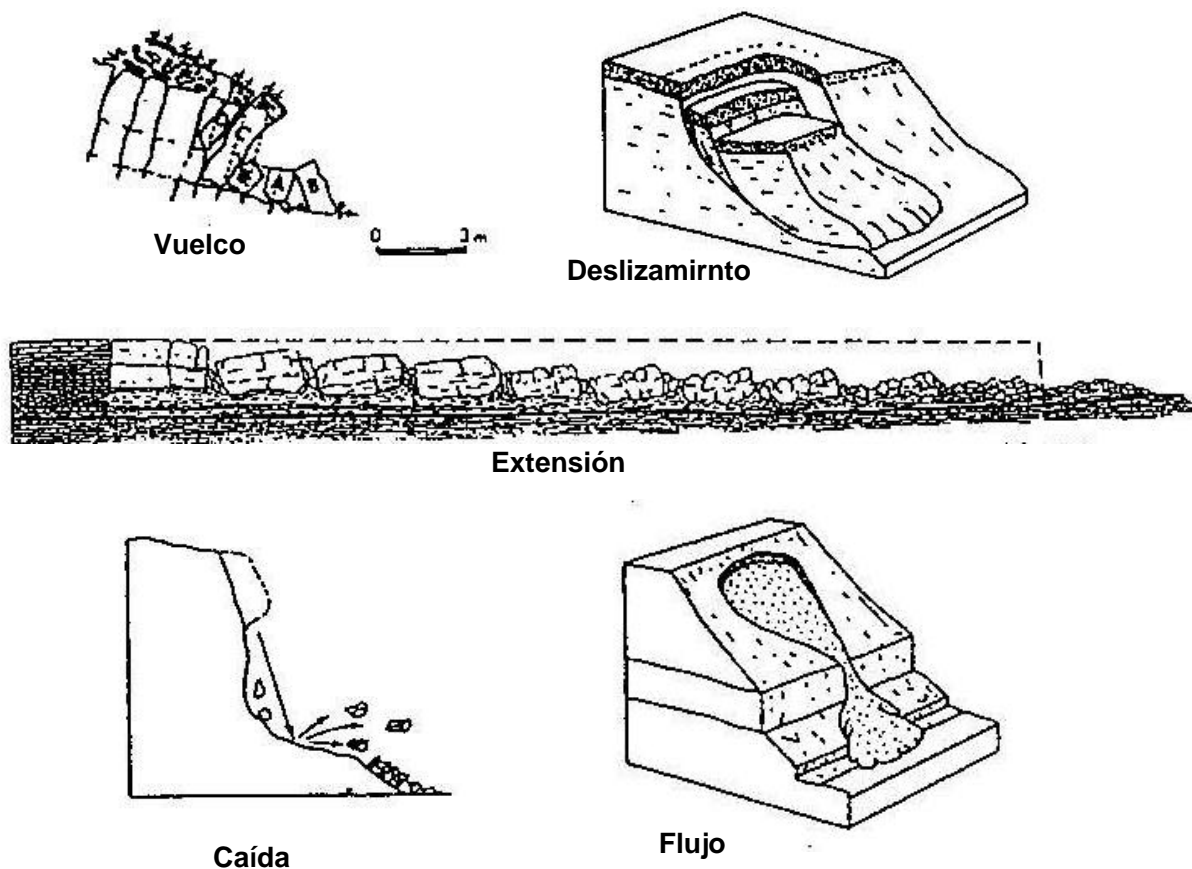


Figura B.6.1 Clasificación de un Movimiento de Talud por Vanes (1978)

6.1 DESLIZAMIENTO DE TIERRA

La interpretación del área de deslizamiento de tierra se realizó con el uso de fotos aéreas (escalas de 1/10,000) y una ortofotografías (escalas de 1/10,000) creadas en el Estudio.

(1) Patrón de Deslizamiento de Tierra

La *Figura B.6.2* muestra varias estructuras geológicas de deslizamientos de tierra en el área. Estas estructuras se clasifican de esta forma;

Patrón Hay una capa de banda con tobas volcánicas soldadas duras debajo. Estas superficies de bandas están susceptibles a convertirse en superficies deslizantes.

Patrón Existen fallas en la roca de base. La falla se convierte en una superficie deslizante, o bloquean el flujo del agua subterránea y provocan una subida del nivel del agua subterránea induciendo deslizamientos de tierra.

Patrón Hay una capa de tobas volcánicas comparativamente dura y liviana (Tpm-3) superpuesta a la formación Chiquito (Krc) que tiene tendencia a quedar expuesto a las inclemencias del tiempo. Cuando se forma una estructura de buzamiento en las capas Krc, se anticipa un deslizamiento de tierra de gran escala.

Patrón La formación TM tiene subyacente Qa y Tcg. La capa superior es comparativamente dura y la capa inferior tiene tendencia a quedar expuesta a las inclemencias del tiempo y ser débil. En este caso, la andesita del Cuaternario de alta densidad tiene subyacente la capa de la Formación Matagalpa (TM) que tiene tendencia a quedar expuesta a las inclemencias del tiempo. Además, la capa inferior se ha vuelto impermeable y sube el nivel del agua subterránea en la masa y provoca un deslizamiento de tierra de gran escala.

(2) Clasificación del Grado de Peligro de Deslizamientos de Tierra

El grado de peligro del deslizamiento de tierra se clasifica de acuerdo con los siguientes ítems;

- Movimiento actual : ya sea si se está moviendo o si se produjo en años recientes
- Tipo de masa de deslizamiento de tierra : roca bajo inclemencia del tiempo o suelo/tierra o arena
- Estado de aguas subterráneas : ya sea si la influencia de las aguas subterráneas es inminente o no

Entre las condiciones anteriores, el movimiento actual de la masa de deslizamiento de tierra es el factor más importante. En el reconocimiento de campo, se evaluaron los movimientos recientes observando la deformación de las estructuras existentes y la microtopografía del área. También es necesario escuchar a los residentes. En este Estudio, la micro topografía del área y el registro de los movimientos se recogieron y evaluaron cuando fuera necesario.

El grado de peligro se clasificó en tres categorías, es decir A, B y C. La *Tabla B.6.1* muestra la clasificación de grados de peligro de los deslizamientos de tierra.

Tabla B.6.1 Grado de Peligro de los Deslizamientos de Tierra

Rango del grado de peligro	Características topográficas y observación
A	Hay evidencias de movimientos actuales o recientes de la masa de deslizamientos de tierra. Los bloques de deslizamientos de tierra que se movieron durante el Huracán Mitch o los que se consideraron que se movieron en los diez años. El precipicio de deslizamiento no está cubierto por ninguna vegetación y aparece pelado. Se observan grietas en los límites y mala alineación de estructuras artificiales. La parte inferior de la masa de tierra se está hinchando o se observan derrumbamientos de taludes pequeña de forma de lengua.
B	Aunque se observaron las características típicas de deslizamiento de tierra se determina que no hubo movimientos en años recientes. (la pared escarpada o grietas laterales están cubiertas por la vegetación). Sin características topográficas típicas de deslizamiento de tierra, se hicieron las siguientes observaciones; hay ejemplos de deslizamientos de tierra recientes con formación geológica similar en el vecindario la estructura de la masa de tierra se compone de tierra o depósitos coluviales y está débil
C	Aunque se observan características topográficas de deslizamientos de tierra, la edad de ocurrencia del deslizamiento es vieja y el bloque está actualmente estable. El precipicio de deslizamiento forma una terraza pero está cubierto por escombros y tierra superficial y no aparece su forma original. Se observó una hinchazón en el fondo pero no hay nuevos colapsos ni deformación de las estructuras en los alrededores. No hay síntomas de deslizamiento de tierra según las entrevistas con los residentes.

(3) Distribución de Deslizamientos de Tierra

La *Figura B.6.3* muestra la distribución de masas de deslizamientos de tierra con rangos de peligro.

En la figura se observa que muchas masas de deslizamientos de tierra se distribuyen en el norte del área. La *Figura B.6.4* muestra la parte norte del área en una escala más grande con la distribución de lineamientos. Los lineamientos son las estructuras lineales observadas en un mapa topográfico o una fotografía aérea. Frecuentemente representa fallas o debilidades geológicas.

Esta figura muestra que deslizamientos de tierras grandes tales como los de Berinche, Campo Cielo, San Martín y Bambú están sobre un lineamiento y se observa que las fallas y zonas de fracturas están provocando los deslizamientos de tierra.

(4) Área Afectada por un Deslizamiento de Tierra

Cuando se hace un mapa de amenaza completo, es necesario tener en cuenta todas las áreas afectadas por los deslizamientos de tierra, donde las fracturas de tierra o roca se producen y pueden provocar daños en casas e instalaciones públicas.

Generalmente es difícil predecir el área afectada por un deslizamiento de tierra porque el rango de deslizamientos de tierra depende de las condiciones tales como la escala de un deslizamiento de tierra, las características geológicas de la roca de base y la masa de deslizamientos de tierra. Aquí se aplica el método empleado en Japón para estimar el área afectada.

Un ejemplo de estimación del área afectada aparece en la *Figura B.6.5*. Aquí la longitud del

área afectada se supone que es igual que la de la masa del deslizamiento de tierra en sí. El ancho del área afectada es también la misma que la de la masa del deslizamiento de tierra. Este método es cierto cuando la punta de la masa del deslizamiento de tierra es un plano horizontal.

Si la punta del deslizamiento de tierra no es un plano horizontal, el método de estimación es diferente, como sigue;

(1) La punta del deslizamiento de tierra está en el fondo del valle y el deslizamiento de tierra está montado en el valle.

El área afectada se supone por llenar el valle con la máxima profundidad de la masa del deslizamiento de tierra. Se estima la máxima profundidad del deslizamiento de tierra por la topografía del entorno. Cuando la estimación es difícil, puede suponerse que la máxima profundidad sea un séptimo del ancho del deslizamiento de tierra.

(2) La punta del deslizamiento de tierra está en el medio de un talud del mismo sentido.

Debe considerarse que existe la posibilidad de que ocurra un flujo de escombros. El área afectada por el flujo de escombros llega al fondo del valle y el área plana en el lado opuesto del valle, siendo la altura del fondo de menos de unos pocos metros.

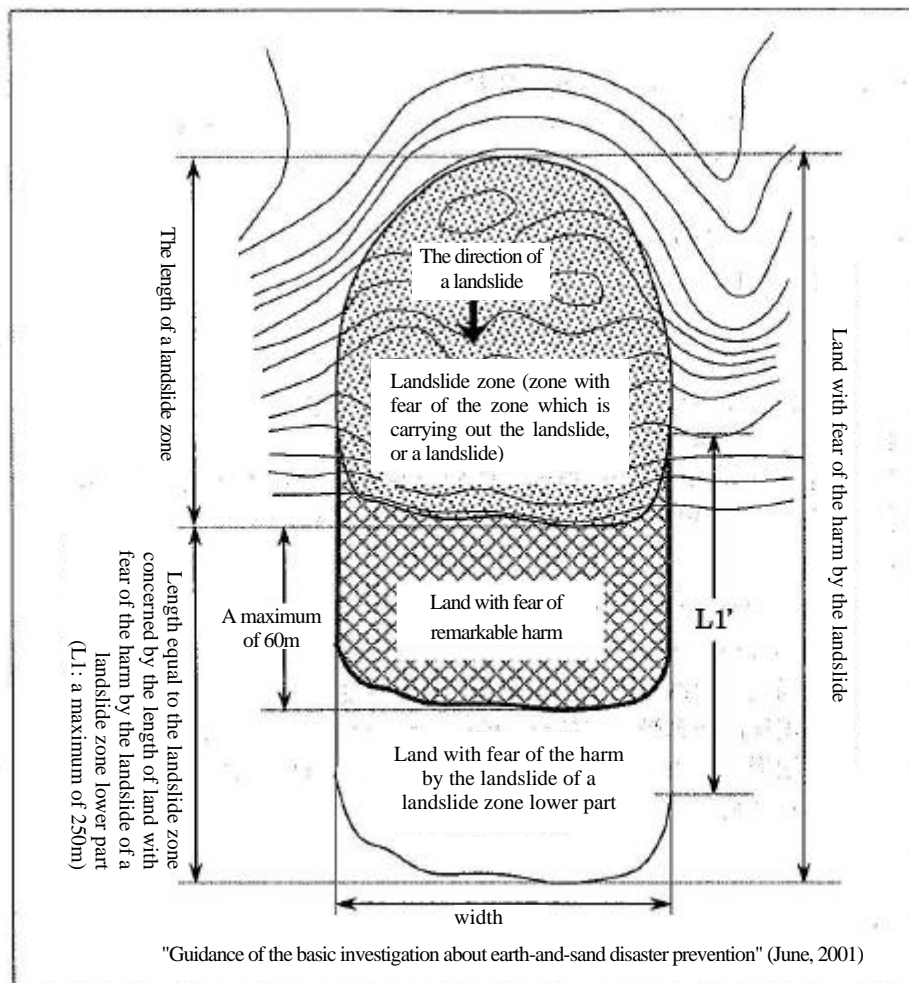


Figura B.6.5 Ejemplo de Estimación del Area Afectada por el Deslizamiento de Tierra

6.2 DERRUMBAMIENTO DE TALUDES

Basados en las características geográficas de los derrumbamientos de taludes existentes se seleccionaron taludes peligrosos. En una extrapolación de taludes peligrosos, el factor de aparición de derrumbamientos de talud está básicamente relacionado estrechamente con la inclinación de los objetos geográficos y es posible que ocurra un derrumbamiento de talud en el futuro en un área donde todavía no aparecen síntomas de derrumbamiento. En este estudio, el área donde pueden ocurrir derrumbamientos de talud en el futuro se predijo a partir de las características geográficas y características de rocas geológicas. Es necesario trabajar mucho para realizar este análisis en toda el Area Objeto. Por esta razón, se utilizó el sistema de información geográfica (GIS) para el análisis. Los detalles de creación de mapa de amenaza utilizando GIS aparecen en el Apoyo H.

La USGS analizó los deslizamientos de tierra reales causados por el Huracán Mitch basándose en fotos aéreas tomadas en marzo de 1999. Hay datos bastante precisos como la foto fue tomada poco tiempo después del desastre cuando las heridas todavía estaban frescas. La identificación del derrumbamiento de taludes se hizo por combinación del resultado del reconocimiento de campo con los datos de fotos aéreas. Los datos de USGS incluyen no solo los derrumbamientos de taludes sino también deslizamientos de tierra de gran escala, por ejemplo Berinche y Reparto. Estos deslizamientos de tierra se excluyeron del análisis de derrumbamiento de taludes. El mapa de ubicación del deslizamiento de tierra durante el Huracán Mitch aparece en la *Figura B.6.6*.

(1) Características de los Derrumbamientos de Taludes

En este estudio los datos de altitud en el área objeto fueron generados como datos digitales de cada cuadrado de 10 m por 10 m del modelo de elevación digital (DEM) del área. El talud de la superficie de tierra fue calculada por cada cuadrado.

La *Figura B.6.7* muestra la distribución de la frecuencia del talud de todos los derrumbamientos de taludes durante el Huracán Mitch. El eje X muestra el grado del talud de su topografía original y el eje Y muestra el número de derrumbamientos de taludes. El número de casos de derrumbamientos de taludes es grande cuando el grado del talud está entre 20 y 40 grados. De acuerdo con la figura, el 80 % de los casos tiene el talud con menos de 40 grados.

La *Figura B.6.8* muestra la clasificación geológica de los derrumbamientos de taludes. La figura muestra que el número de casos con Tcg y Tpm es grande. Se observa que es útil analizar el caso de acuerdo con la clasificación geológica de los taludes.

En consecuencia, los casos de derrumbamientos de taludes se analizaron con los dos parámetros, es decir, el grado del talud original y su clasificación geológica.

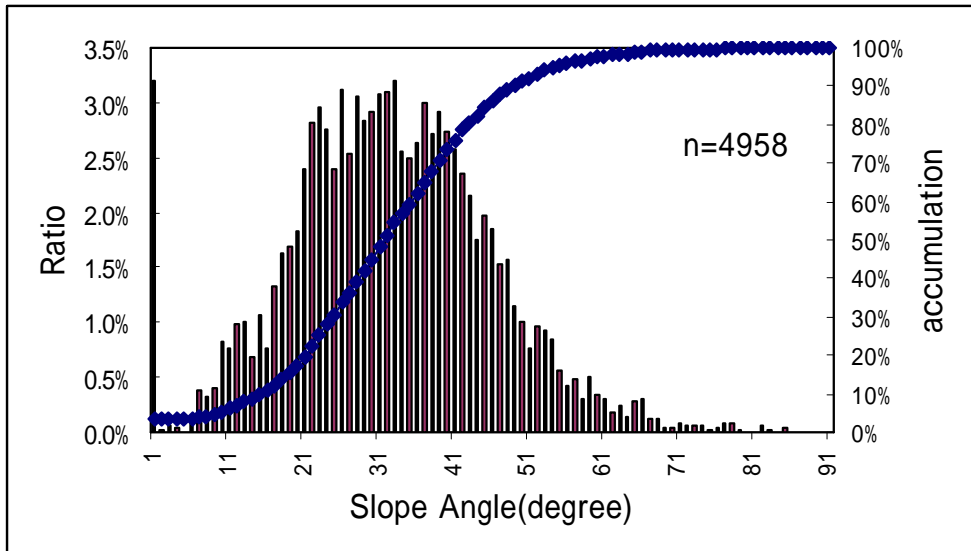


Figura B.6.7 Grado del Talud de los Derrumbamientos de Taludes

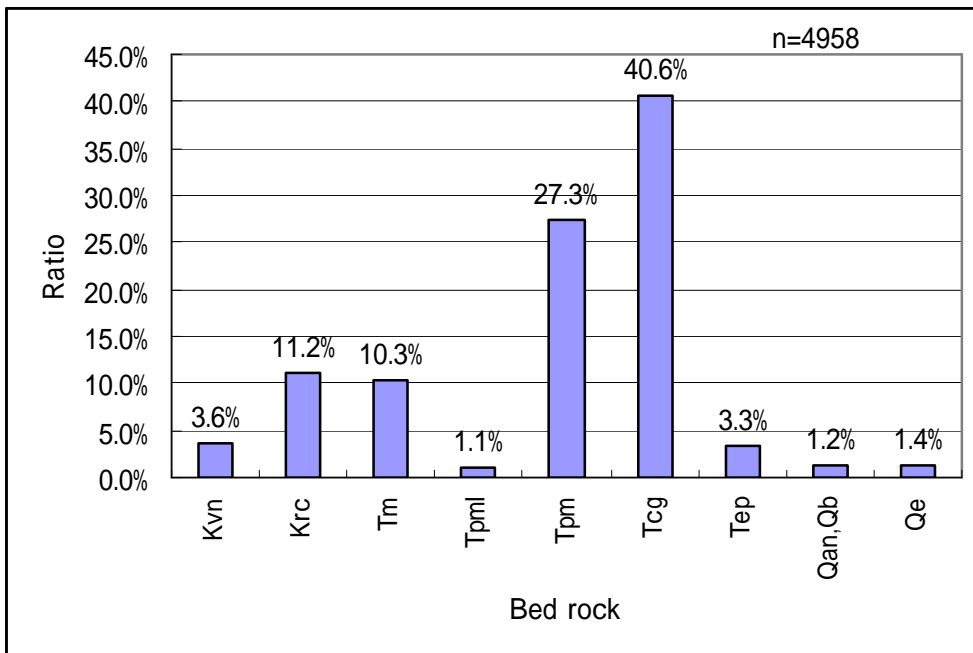


Figura B.6.8 Clasificación Geológica del Derrumbamiento de Taludes

(2) Análisis de Grados por Clasificación Geológica

Tal como se mencionó arriba, se estima que el peligro de derrumbamiento de taludes puede presumirse por el grado del talud y su clasificación geológica. Se clasificaron los casos de derrumbamiento de taludes de acuerdo con su clasificación geológica y se hizo el examen de su grado original del talud.

Apoyo-B : Reconocimiento Geológico

El concepto del análisis topográfico de un caso de derrumbamiento de taludes aparece en la *Figura B.6.9*. En la figura, H es la altura del derrumbamiento de taludes, α es el grado del talud original, y L es la longitud del área afectada.

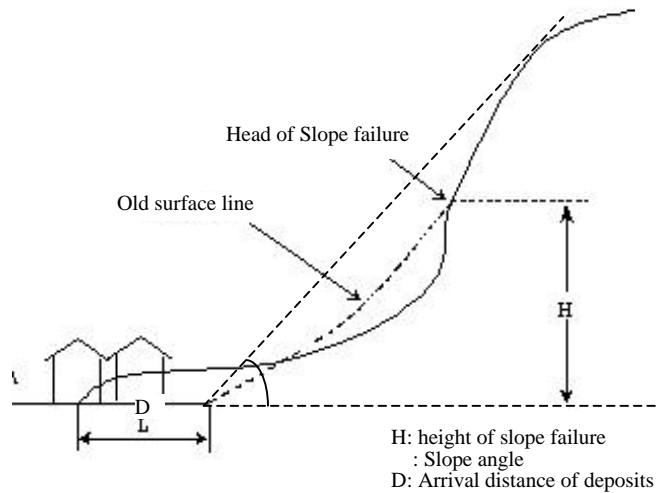


Figura B.6.9 Topografía de Derrumbamiento de Talud

De entre los 691 casos (4,958 células) de derrumbamientos de taludes en el área objeto, se seleccionaron 173 casos aparentes para el análisis de arriba. El resultado del análisis topográfico se

clasificó de acuerdo con la clasificación geológica de los taludes.

La *Tabla B.6.2* muestra el resultado del análisis. La *Figura B.6.10* muestra la distribución de frecuencias de todos los 173 casos de acuerdo con el grado. El grado mínimo es de 18 grados mientras que el valor máximo es de 70 grados, para un valor promedio de 38.4 grados.

Tabla B.6.2 Ángulos de Taludes Colectores de Cada Lecho unidad:grado

	Kvn	Krc	Tm	Tpm	Tcg	Tep	Qb_an	Qe	ls	dt	total
Max	41	56	44	67	62	49	50	59	40	38	70
Min.	28	18	18	19	25	30	27	20	20	20	18
Promedio	35.8	34.6	29.6	40.4	44.5	39.7	35.2	34.1	30.4	31.4	38.4
Cuenta	10	21	10	30	50	10	10	10	11	10	173

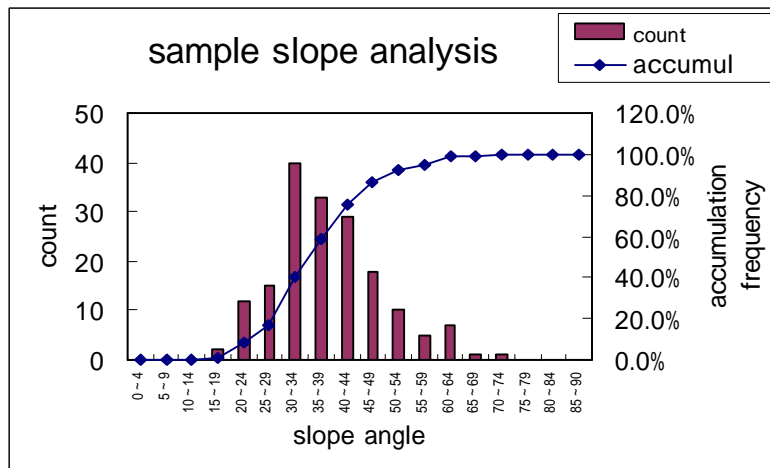


Figura B.6.10 Distribución de Frecuencia de Derrumbamiento de Talud

La *Tabla.B.6.3* y la *Figura.B.6.11* muestran el grado de los taludes de acuerdo con la clasificación geológica. Hay una diferencia en la categoría del grado de una clasificación geológica a otra. La *Figura.6.12* resume la relación entre el grado (theta) y la altura (H) de acuerdo con la clasificación geológica. Muestra una correlación positiva entre el grado y la altura del talud.

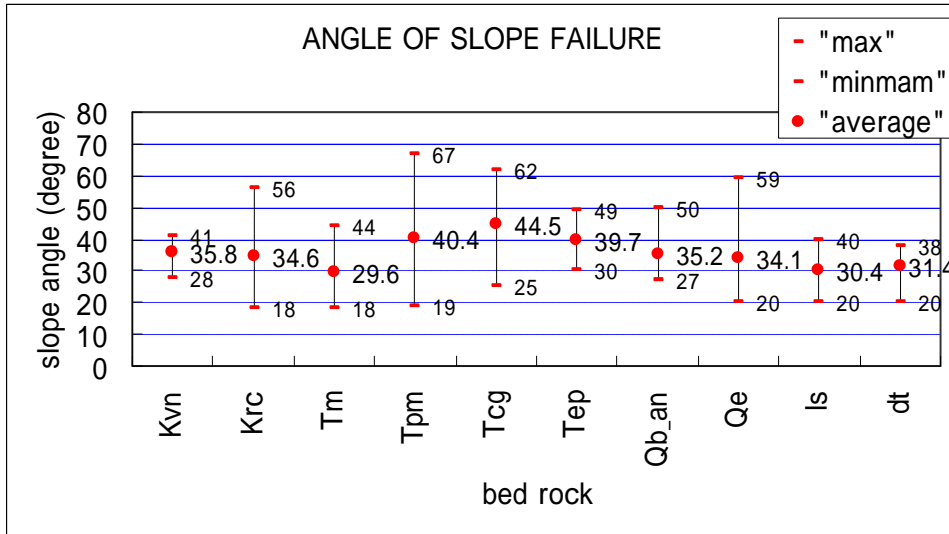


Figura B.6.11 Ángulos de Pendiente Recolectados de cada Roca de Lecho

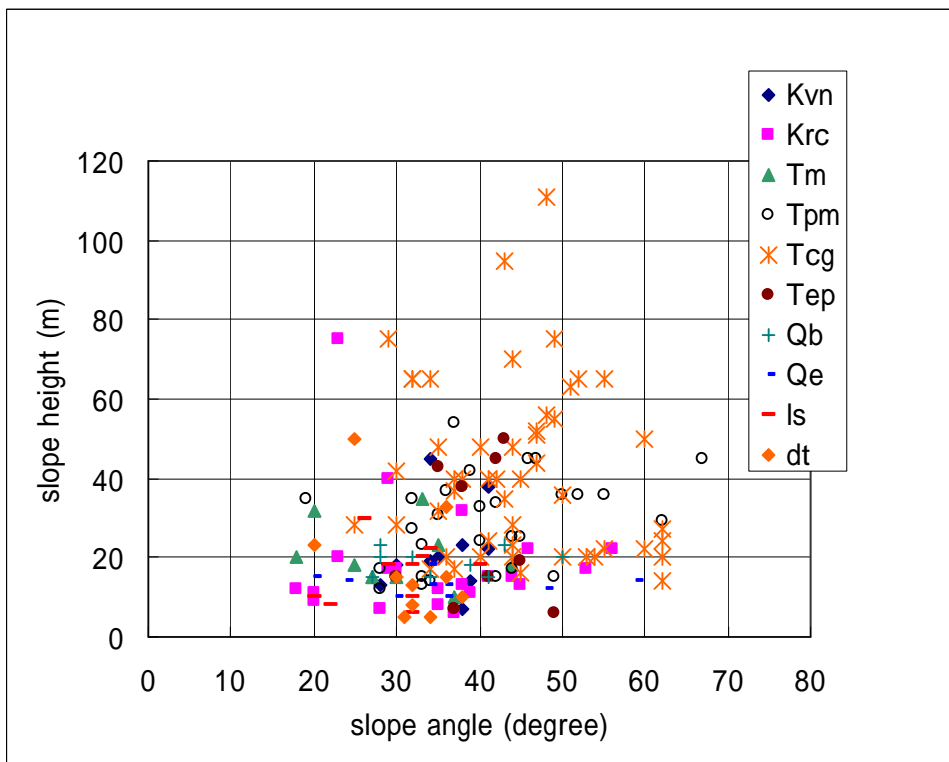


Figure B.6.12 Relación entre Altura y Ángulo de Derrumbamiento de Talud

(3) Estimación del Area de Peligro del Derrumbamiento de Taludes

Los valores mínimo, máximo y promedio del grado de talud clasificado por la clasificación geológica aparecen en la *Tabla B.6.2* y la *Figura B.6.11*.

La idea es tomar los valores mínimos de la *Tabla B.6.2* para los valores límite, para crear un mapa de amenaza. Sin embargo, existe una gran posibilidad de que seamos demasiado

conservadores ya que existen casos con condiciones extraordinarias tales como escorrentía superficial del agua de tormenta o fallo de suelo superficial muy débil. Por lo tanto, se hizo la siguiente estimación del área de peligro en términos de derrumbamientos de taludes;

1. Los valores de grados se distribuyeron en orden ascendente para cada clasificación geológica.
2. El grado de talud correspondiente al 10% se definió como valor límite de "un talud peligroso".
3. Se definió el grado del talud correspondiente al 50% como valor límite para "un talud muy peligroso".

La *Tabla B.6.4* y la *Figura B.6.13* muestran el ejemplo de Tcg. De acuerdo con la tabla y la figura, el valor límite para "un talud muy peligroso" es de 44 grados y el de "un talud peligroso" es de 32 grados.

Tabla B.6.4 Lista de Grados de Derrumbamiento de Talud en la Región de Distribución de Tcg

No	slope angle (degree)	accumulation	No	slope angle (degree)	accumulation
1	25	2.0%	26	44	52.0%
2	29	4.0%	27	44	54.0%
3	30	6.0%	28	45	56.0%
4	30	8.0%	29	45	58.0%
5	32	10.0%	30	47	60.0%
6	32	12.0%	31	47	62.0%
7	34	14.0%	32	47	64.0%
8	34	16.0%	33	48	66.0%
9	35	18.0%	34	48	68.0%
10	35	20.0%	35	49	70.0%
11	36	22.0%	36	49	72.0%
12	37	24.0%	37	50	74.0%
13	37	26.0%	38	50	76.0%
14	37	28.0%	39	51	78.0%
15	38	30.0%	40	52	80.0%
16	40	32.0%	41	53	82.0%
17	40	34.0%	42	54	84.0%
18	41	36.0%	43	55	86.0%
19	41	38.0%	44	55	88.0%
20	42	40.0%	45	60	90.0%
21	43	42.0%	46	60	92.0%
22	43	44.0%	47	62	94.0%
23	44	46.0%	48	62	96.0%
24	44	48.0%	49	62	98.0%
25	44	50.0%	50	62	100.0%

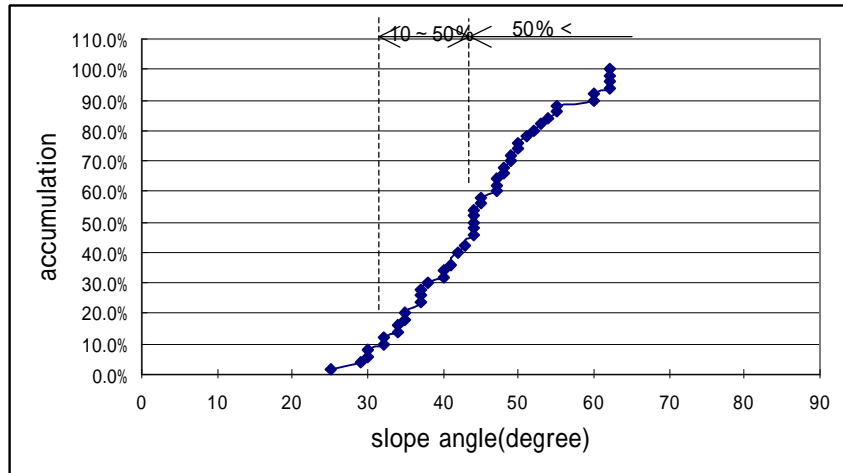


Figura B.6.13 Relación entre el Ángulo de Pendiente y Ratio de Ocurrencia de Derrumbamiento de Talud en Área Tcg

Se hizo el mismo análisis para todas las clasificaciones geológicas. Los valores de límite para cada clasificación geológica analizada aparecen en la *Tabla B.6.5*.

Nota: Un talud peligroso y un talud muy peligroso se refieren simplemente a grados de peligro que se deciden en base a los datos de inclinación de los derrumbamientos de talud ocurridos durante el Mitch y no se determinaron considerando todos los factores de derrumbamientos de talud. Por esta razón, el trabajo de definición en el lugar será necesario para cada talud extrapolado en el futuro.

(4) Área afectada por un Derrumbamiento de Taludes

La *Figura B.6.14* muestra la distribución de las longitudes del área afectada (el valor de D en la *Figura B.6.9*). Hay 47 casos. La *Figura B.6.15* muestra la correlación entre la altura (H) del talud y la longitud del área afectada (D).

De acuerdo con la *Figura B.6.15*, la correlación entre D y H es débil, aunque se observa que todos los casos están encima de la línea $D=2H$. La *Figura B.6.14* muestra que el 80 % de todos los casos tienen los valores de D de menos de 20 metros.

En este estudio, cuando se crea el mapa de amenaza, la longitud del área afectada por todas las áreas peligrosas de derrumbamientos de taludes se consideró como 20 metros. Se recomienda recoger más información para analizar la relación entre la longitud del área afectada y la altura del talud.

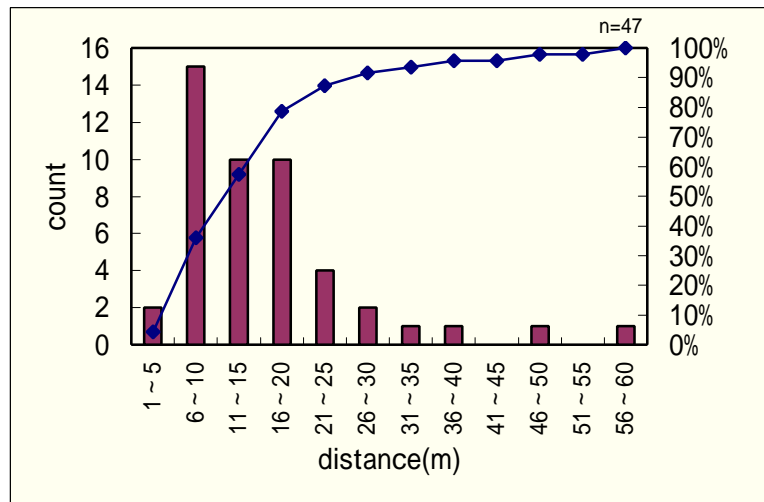


Figura B.6.14 Longitud del Area Afectada

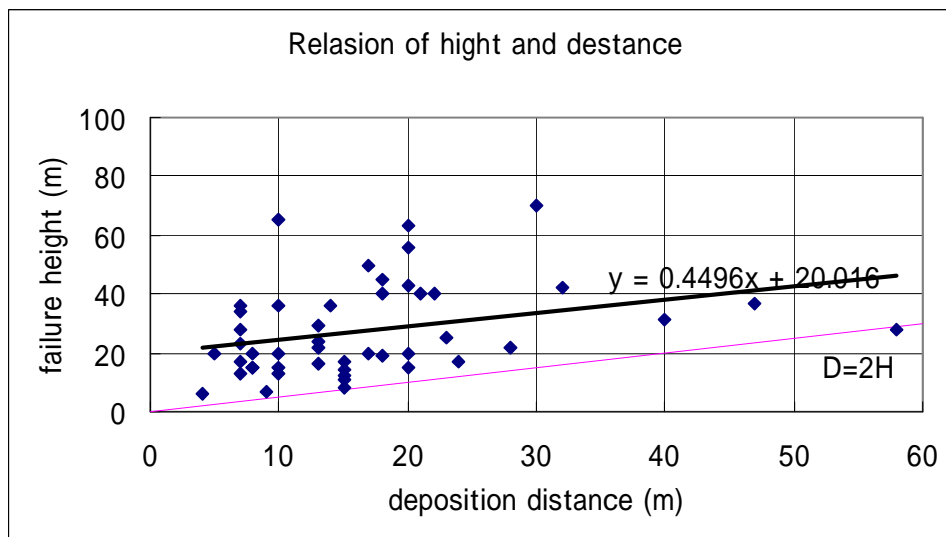


Figura B.6.15 Correlación entre la Altura de la Longitud del Area Afectada

(5) Mapa de Amenaza de Derrumbamientos de Taludes

Basado en el estudio anterior se creó un mapa de análisis de derrumbamientos de taludes para el área objeto tal como en la *Figura B.6.16*.

Las categorías indicadas en el mapa son las siguientes;

Derrumbamientos de taludes reales: USGS seleccionó derrumbamientos de taludes reales del Huracán Mitch, suplementados por este Estudio.

Taludes muy peligrosos: Taludes con gran posibilidad de fallos.

Taludes peligrosos: Taludes con posibilidad de fallos.

Áreas afectadas: Un área peligrosa por fallo de un talud cercano. Está a menos de 20 metros de la punta de un “talud muy peligroso” o “talud peligroso”.

Todas las áreas anteriores están en peligro en el caso de lluvias muy fuertes de la escala del

Huracán Mitch. Las áreas de las cuatro zonas clasificadas arriba aparecen en la *Tabla B.6.6*. De acuerdo con la tabla es el 25 % de toda el área objeto.

Nota: El grado del peligro del área de amenaza mostrado en este mapa se determinó sólo en base a dos factores, la inclinación de taludes y las rocas de base. Los otros factores de peligro de un talud son la concentración de aguas superficiales, el grado de erosión del suelo natural, el espesor de la capa de tierra superficial y la distribución de la zona de fracturas geológicas, etc. Además, como se utiliza un GIS con cuadrícula de 5 m para el análisis de características geográficas, tiene errores. A partir de esto, puede haber otras áreas de peligro además de los taludes peligrosos que se muestran aquí. Por lo tanto, es adecuado que este mapa muestre el alcance del área de peligro mínimo. Especialmente el área a lo largo del valle donde el agua superficial se concentra es peligroso incluso cuando no se selecciona como talud peligroso. El área requiere atención.

Tabla B.6.6 Área Peligrosa de Derrumbamientos de Taludes

	Talud muy peligroso	Talud peligroso	Área afectada	Otros derrumbamientos de taludes reales del Huracán Mitch	Total
Área (m ²)	2,604,200	10,606,400	12,712,825	95,600	26,019,025
Relación con el área objeto	2.5%	10.1%	12.1%	0.1%	24.8%

6.3 CREACIÓN DEL MAPA DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA Y DERRUMBAMIENTOS DE TALUDES

El mapa de amenaza de deslizamientos de tierra y derrumbamientos de taludes combinado aparece en la *Figura B.6.17*.

Es necesario planear algunas contramedidas para los bloques de deslizamientos de tierra de categoría A y las dos categorías de áreas peligrosas de derrumbamientos de taludes. Los bloques de deslizamientos de tierra de categoría B y C están actualmente estables pero es necesario vigilarlos por cualquier posibilidad en el futuro de desestabilización de los bloques.

6.4 DESCRIPCIÓN DE BLOQUES DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA DE CATEGORÍA A

La ubicación de los deslizamientos de tierra de categoría A aparece en la *Figura B.6.18*. El mapa detallado de cada bloque aparece en las *Figuras B.6.19 a B.6.33*. La *Tabla B.6.7* muestra el número de casas ubicadas en cada bloque de categoría A y su área afectada. El área total ocupado por estos 17 bloques de deslizamientos de tierra de categoría A es de 1,100,000 y 1 % de toda el área objeto. El número de casas es de 1,540 de los que Reparto tiene 450 casas y Berinche tiene 360 casas.

En la *Tabla B.6.8*, hay una descripción detallada de cada bloque de deslizamiento de tierra de categoría A junto con el área de evacuación adecuado considerando todo el mapa de amenaza.

7. SELECCIÓN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE DAÑOS

Basadas en el mapa de amenaza creado por el Estudio, se seleccionaron medidas de reducción de daños.

Como el área peligrosa abarca una gran parte de toda el área objeto (el área peligrosa de deslizamiento de tierra de categoría A es 1 % y el área peligrosa de derrumbamiento de taludes es 25 %), es imposible resolver el problema solo con medidas estructurales. El principal enfoque debe estar en las medidas no estructurales.

Especialmente para los problemas de derrumbamiento de taludes las medidas estructurales para eliminarlos son comparativamente caras considerando los esfuerzos a pagar y el área salvada por los esfuerzos. Esto se debe a que los derrumbamientos de taludes se producen en áreas de talud considerablemente fuerte y la energía del deslizamiento es comparativamente mayor.

Los taludes peligrosos seleccionados en este Estudio se extrajeron con el GIS basado en la información de las rocas de base y la inclinación de taludes, debiéndose realizarse un reconocimiento de campo detallado de cada talud peligroso y la verificación del peligro examinando la prioridad de medidas en el futuro.

Por lo tanto para hacer frente a los problemas de derrumbamiento de taludes no es conveniente seleccionar medidas estructurales en esta área. En su lugar, se proponen medidas no estructurales tales como la promoción de reasentamiento y pronóstico/advertencia/evacuación.

En el caso de deslizamientos de tierra, se estudió la selección de medidas estructurales y no estructurales para cada uno de los 17 bloques de categoría A. El enfoque del estudio fue el peligro del talud, influencia del deslizamiento de tierra y el número de casas a mover para la implementación de las medidas estructurales. El resultado del estudio está en la *Tabla B.7.1*.

De acuerdo con la *Tabla B.7.1*, los bloques con alta prioridad son Reparto, Berinche, Bambú, Bosque, San Martín, Zapote Centro y Nueva Esperanza.

De entre estos bloques se seleccionaron Reparto, Berinche y Bambú para tomar medidas estructurales principalmente debido a la facilidad del problema del reasentamiento. En el caso de Berinche es necesario tomar medidas estructurales considerando el efecto del bloque en el cierre del río Choluteca y la inundación del área central de la ciudad.

Aunque se planearon otros bloques para medidas no estructurales, se seleccionaron los dos bloques de Zapote Centro y Nueva Esperanza como bloques para el proyecto piloto de reasentamiento en el plan maestro. Esto se debe a que los dos bloques son de alto riesgo y las casas en los bloques están en condiciones muy peligrosas.

Tabla B.7.1 Medidas de Reducción de Daños por Bloques de Deslizamiento de Tierra

Número	Nombre del bloque	Casas afectadas	Reasentamiento para medidas estructurales	Inestabilidad	Aplicación de medidas estructurales
1	Canaan	113			
2	Reparto	452		X	X
3	Bambú	42		X	X
4	Bosque	196			
5	Buena Vista	7		X	
6	Berlinche	361		X	X
7	Campo Cielo	25		X	
8	San Martín	74		X	
9	Flor 1	21			X
10	Zapote Centro	126		X	
11	Zapote Norte	4		X	
12	Villa Unión	5			X
13	Brasilia	61			
14	Centro América	6			X
15	Nueva Esperanza	16		X	
16	Las Torres Este	19		X	
17	Las Torres Oeste	15		X	

8. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

8.1 GENERAL

Cuando se estudiaron medidas no estructurales, es necesario clasificar el área de amenaza del deslizamiento de tierra en las siguientes dos categorías;

(1) El área de peligro donde vive gente en la actualidad

Es necesario eliminar o reducir los riesgos a los residentes con un reasentamiento permanente del área o evacuación de emergencia en el caso de desastre. Para el reasentamiento permanente deben utilizarse la educación y formación de residentes de distintas formas. Para la evacuación de emergencia, debe hacerse un plan de pronóstico/advertencia/evacuación tal como se describió en la siguiente sección.

(2) El área de peligro donde no vive gente en la actualidad

Se deben hacer todos los esfuerzos necesarios para que no venga gente a vivir ahí. Esta es la política de reglamentación del uso de la tierra descrita en el Apoyo J.

8.2 SISTEMA DE ADVERTENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

Como método para predecir la aparición de deslizamiento y derrumbamiento de talud y para evitar el desastre, se consideran dos tipos de métodos. Uno es el método de prestar atención a las lluvias. El otro es el método de prestar atención a los cambios producidos en la superficie.

En el método de prestar atención a las lluvias, la situación de lluvias alarmante se determina con un parámetro de intensidad y cantidad de lluvias y así se establecen las condiciones de alerta

para la evacuación. Sin embargo, hay pocos casos en los que estos datos están bien relacionados aunque haya una determinada cantidad de datos recogidos con este método. Además, como el patrón de lluvias varía bastante según las condiciones geográficas, es necesario contar con muchas estaciones de observación y establecer el sistema para juzgar las observaciones en tiempo real. En Japón hay muchos casos en que fue determinado un estándar de precipitaciones aproximado para la alerta y está preparado un sistema de alertas.

Por otro lado, existen los siguientes dos casos para el método de prestar atención a los cambios en la superficie del campo. Cuando los residentes locales descubran cambios ocurridos en la superficie de la pendiente local, como grietas y efusión de agua subterránea, se refugiarán por su cuenta. O los residentes locales se ponen en contacto con la agencia adecuada, el ingeniero verifica el campo e les insta a los residentes a que se refugien.

En Honduras, se recomienda combinar los dos métodos anteriores que determinan primero una cantidad de lluvias estándar y en caso de que las lluvias observadas la superen, se verificarán los cambios producidos en la superficie de pendiente peligrosa.

8.2.1 ADVERTENCIA POR CANTIDAD DE LLUVIAS

Junto con las estaciones de observación de lluvias para pronóstico/advertencia de inundación, se proponen nuevas estaciones de observación de lluvias para pronóstico/advertencia de deslizamiento de tierra tal como se muestra en la *Figura B.8.1*.

Las nuevas estaciones son las de Reparto, Nueva Esperanza, Suyapa y Villa Franca. Todos los datos de lluvias se transmiten a CODEM y COPECO para el análisis y determinación de la alerta de deslizamiento de tierra. La advertencia debe darla CODEM a la colonia respectiva.

La *Tabla B.8.1* muestra un ejemplo de criterio de advertencia de acuerdo a la cantidad de lluvias en una tormenta.

Tabla B.8.1 Nivel de Advertencia de Deslizamiento de Tierra Planeado

Nivel de advertencia	Datos a usar para advertencia	Nivel de advertencia
1	Lluvias acumuladas y la intensidad	Preparativos para la evacuación
2	Lluvias acumuladas y la intensidad	Evacuación a los lugares especificados

Los valores límite para la advertencia deben determinarse por acumulación de datos en el futuro.

De acuerdo con ejemplos del Japón, la cantidad de lluvias por hora de 10 a 20 mm o un total de lluvias continuas de unos 50 mm es el valor límite común para ordenar la alarma para evacuación. Estos valores deben utilizarse como referencia porque los patrones de lluvias son diferentes de un lugar a otro.

Como referencia se da a continuación el ejemplo del método de determinación de valores límite en Japón.

Referencia; El método para determinar las lluvias estándar

La estabilidad de deslizamiento se ve afectada por las lluvias durante un plazo comparativamente largo pero los derrumbamientos de talud se ven afectados por la intensidad de las lluvias a corto plazo. Por lo tanto, se piensa que los desastres de talud se producen en relación con las lluvias acumuladas y la intensidad de las lluvias a corto plazo. Para determinar un estándar de lluvias para la alerta/evacuación, es necesario entender ambos valores de precipitaciones.

Actualmente están propuestos distintos métodos como técnicas para determinar el estándar de lluvias. Pero no hay un método establecido. Se utilizan principalmente las siguientes tres técnicas en Japón.

- 1) Método de lluvias continuas e intensidad de lluvias por hora
- 2) Método de ejecución de lluvias
- 3) Método de lluvias en el suelo

Entre ellos se ha determinado el estándar de lluvias para los métodos 1) y 2), por la relación entre lluvias acumuladas e intensidad de lluvias. El concepto básico es el siguiente;

1. En primer lugar, se clasifica el área objeto en distintas áreas (bloques), donde las condiciones de desastres por sedimentos, tales como características geográficas y litología geológica se consideran iguales.
2. En cada área, el valor de precipitaciones en el momento en el que ocurren y en el que no ocurren desastres por sedimentos, se determina utilizando dos índices: un índice a corto plazo (lluvias durante 1 hora, etc.) en el eje vertical y el índice de lluvias a largo plazo en el eje horizontal.
3. Se define una línea crítica (CL: Línea base peligrosa donde ocurren desastres por sedimentos) por partición con ocurrencia de lluvias y sin ella, tal como aparece en la *Figura B.8.2*. Si las lluvias superan esta línea, se teme que ocurra un desastre por sedimentos, lo que se puede utilizar como uno de los índices de determinación de alerta/evacuación.

Es deseable recolectar de ahora en adelante los datos de observación en las nuevas estaciones propuestas en este Estudio y determinar el estándar de lluvias para la alerta/evacuación mediante las técnicas descritas antes.

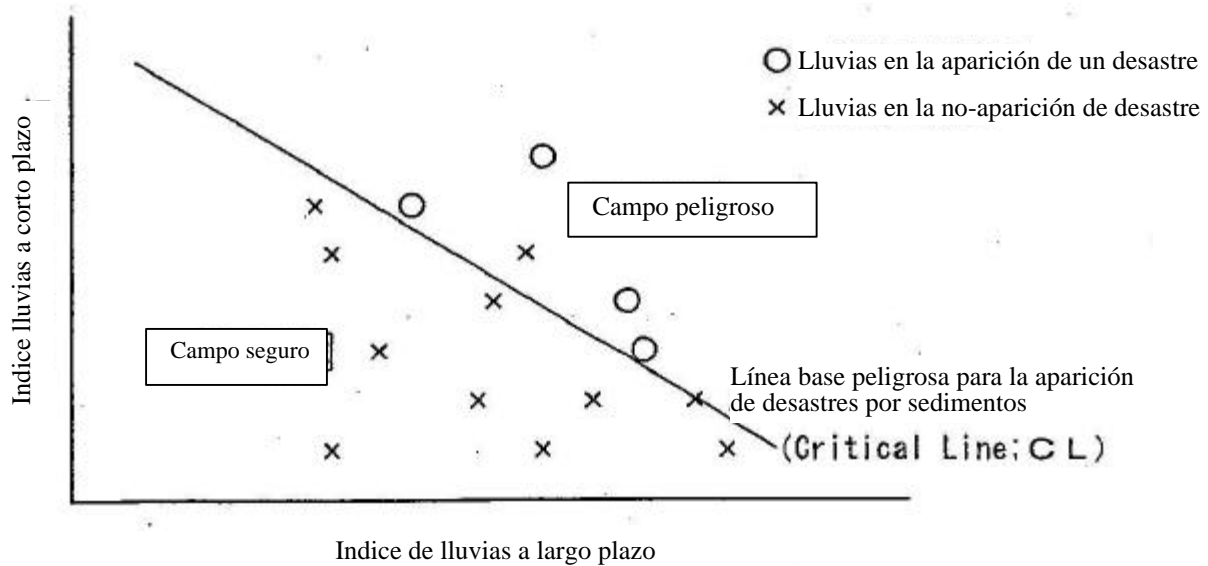


Figura B.8.2 Concepto de Establecimiento de Estándar de Lluvias para la Alerta/Evacuación de Desastres por Sedimentos

8.2.2 ALERTA POR CAMBIOS EN LA SUPERFICIE Y MEDICIONES SIMPLES DE CAMPO

Se requiere un nuevo sistema, en el que cuando se observen las siguientes señales de deslizamiento, la información sea transmitida rápidamente a la agencia adecuada, sean realizadas mediciones detalladas por técnicas tal como aparecen en 8.2.2(2), y sea determinado si buscar refugio o no.

(1) Las Señales de Deslizamiento

1) El Fenómeno Acerca de Cambios en la Superficie

- Aparición de una grieta; Los cambios de superficie en un talud aparecen primero en una grieta de tensión superior. Un derrumbamiento de talud se acelera cuando el agua de lluvias entra en esta grieta. Una grieta aparece primero como una grieta abierta, se produce gradualmente una diferencia de nivel y aparece una grieta de compresión más abajo. Cuando no pueda identificar si es la parte superior o inferior de un deslizamiento el lugar donde se produjo la grieta, si se observa una situación en que la fractura abierta que subió y la base del punto se alargó, puede concluirse que el lugar está en la parte superior de un deslizamiento.
- Forma preñada de un talud; Es mejor pensar que la forma preñada ha subido, cuando se descubra la parte curvada sobre la convexidad desde el lado del talud.
- La forma preñada de una pared de piedra y un derrumbamiento de talud
- Aparición de una grieta abierta en el canal de drenaje y vacío del agua en el canal de drenaje debido a la grieta
- Corte del tubo de agua, suspensión de abastecimiento de agua y turbidez poco usual del agua de grifo por cambios en la base

2) Fenómeno Acerca del Estado del Alcantarillado

- El agua caliente del grifo se corta repentinamente o se vuelve turbia.
- El agua del arroyo se para repentinamente o se vuelve turbia.
- El agua de pozo baja repentinamente o se seca.

- Aparece un nuevo punto de manantial de agua o sube el nivel del agua subterránea. El suelo lodoso se empuja hacia un arroyo de montaña.

3) Fenómenos de Cambios de Superficie del Suelo y Sonido Anormal; Aparecen los Sigüientes Fenómenos justo antes de un Derrumbamiento de Talud

- La base vibra débilmente.
- Se transmite ruido del subsuelo.
- Hay un ruido que parte un árbol en pie.
- Las ramas y hojas de árboles producen un ruido como si se agitaran sin que haya viento.
- El cable eléctrico está vibrando.
- El sonido de crujido de un edificio produce un objeto continuo.

(2) Método de Medición de Pendiente al Confirmarse los Cambios de Superficie

Los sigüientes dos métodos permiten apreciar brevemente la situación del movimiento de deslizamiento.

1) Método con Instalación de un Tablero de Desplazamiento

Tal como se muestra en la *Figura B.8.3*, se colocan pilotes de madera en ambos lados de grietas de superficie y se instala un tablero de desplazamiento cuyo costado pasan los pilotes de madera colocados. Luego, se pone una fisura en este tablero lateral. El desplazamiento de una grieta se investiga simplemente midiendo la expansión, reducción, etc. de esta fisura.

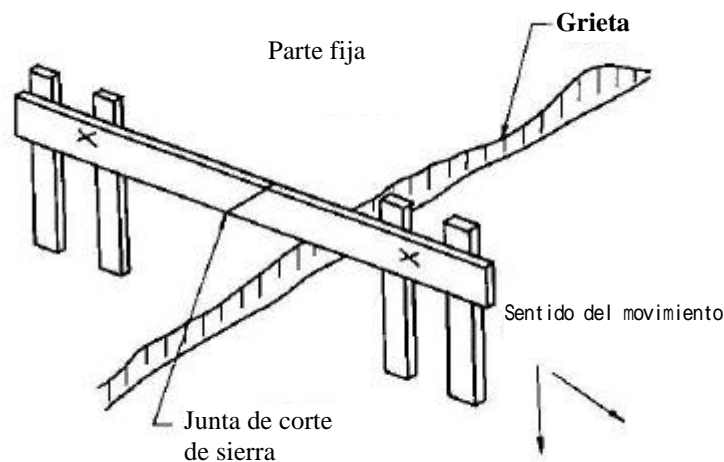


Figura B.8.3 Observación Típica de Tablero de Desplazamiento

2) Método por Estacas de Desplazamiento

Se instalan estacas de desplazamiento sobre una línea de puntería en el interior del suelo del deslizamiento y exterior (suelo natural fijado) a lo largo del deslizamiento tal como aparece en la *Figura B.8.4*. Se mide la cantidad de movimientos de las estacas. Para la medición, es conveniente medir el movimiento en el sentido del deslizamiento, sentido transversal y sentido perpendicular.

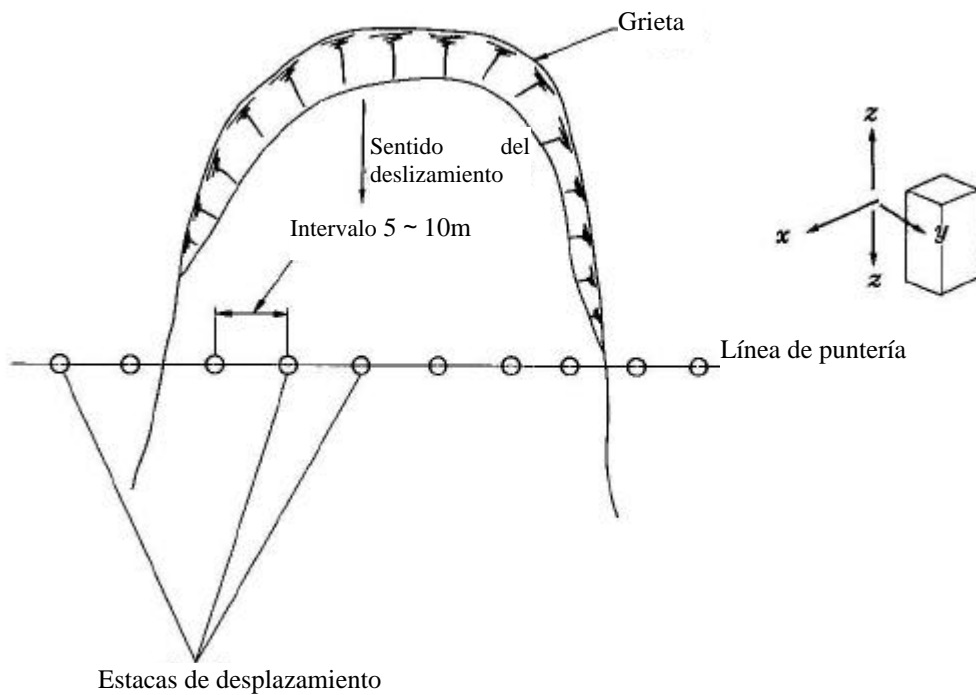


Figura B.8.4 Distribución de las Estacas de Desplazamiento

(4) Estándar de Alerta por Medición de Desplazamiento

Las características del movimiento de deslizamiento dependen de las características del área como rocas geológicas y condiciones de aguas subterráneas. Por lo tanto, no es deseable determinar uniformemente el estándar de alerta basado en la medición del desplazamiento para todas las áreas. Es necesario acumular los datos en el futuro utilizando las posturas de observación propuestas y determinar el estándar de alerta en cada área.

Se da el estándar de alerta aplicado generalmente en Japón como referencia en la *Tabla B.8.2*.

Tabla B.8.2 Estándar de Alerta por Medición de Desplazamiento Simple

Clasificación	Velocidad de desplazamiento	Tiempo continuo de desplazamiento	Solución
Fluctuación A	1mm/día	Más de 3 días	El administrador del deslizamiento aplica el estado de advertencia. Refuerza mediciones Patrulla local una vez al día
Fluctuación B	1mm/hora	Más de 3 horas	El administrador del deslizamiento aplica el estado de alerta. Vigilancia de campo a tiempo completo. Instalación de medidores de medición (tableros de medición, etc.) en puntos de grietas producidas.
Fluctuación C	2mm/hora	Más de 2 horas	Aviso de preparación para evacuar a los residentes
Fluctuación D	4mm/hora		Anuncio oficial de orden de evacuación

Tabla B.5.1 Estratigrafía en el Area Objeto

Edad	Período	Epoca	Símbolo	Características
Cenozoico	Cuaternario	aluvial	dt	Sedimentos de detritos (basado en deslizamiento, derrumbamiento de talud, etc.). Se compone de escombros y tierra y arena.
			Qal	Sedimentos aluviales más recientes. Se compone de arcilla, arena y cantos.
			Qe3	Sedimento de terraza inferior: Abanico de arenas y cantos rodados.
		Pleistoceno	Qe2b	Sedimentos de terrazas de categoría media: Se compone de arena y piedras. Una matriz no es sólida. Un viejo abanico o los sedimentos en el fondo de un río. Se compone principalmente de roca volcánica después del Terciario. El color es de gris oscuro a gris.
			Qe2a	Sedimentos de terrazas de categoría media: Se compone de arena , piedras y limo. Tiene buen apriete aunque una matriz no es sólida. Un viejo abanico o fondo del río y sedimentos de un lago. Se compone principalmente de roca del grupo Valle de Angeles y roca volcánica después del Terciario. El color es de marrón oscuro a marrón negro.
			Qe1	Sedimento de terraza más alto: Se compone principalmente de arena y piedras y se inserta la capa de tobas. Depósitos de terraza más viejos, la matriz se consolida débilmente.
			Qb	Lava de basalto (feldespato inclinado de olivino y escoria)
			Qan2	Está distribuida en la colina de Cerro Grande. Se compone de lava andesita. Aunque la roca en sí es dura precisa, la junta continua y es fácil de disociarse masivamente. En la parte del borde una gama, este estrato sirve como roca de tapa y tiende a ser causas deslizamiento.
	Qan1	Está distribuida sobre una gama baja de Qa2. Se compone de tobas andesíticas y riolítica. Progresa una estructura de banda. Está débil por erosión y se deteriora fácilmente. Es raro que se convierta en causa de deslizamiento		
	Odt	Se distribuye principalmente cerca de un área de Villa Nueva. Se compone de escombros de piedras que hizo del sujeto riolita con un diámetro de 20 cm – 3 m y tiene su origen en el grupo Valle de Angeles. Media matriz es sólida, el apriete es bueno.		
	Terciario	Mioceno (Grupo Padre Miguel)	Tpm3	Secuencia ignimbrítica, miembro superior: toba de riolita de muchos colores. Algunas rocas sedimentarias tienen escombros volcánicos, tobas de andesita de cuarzo y tobas andesítica. Esta roca es maciza y sólida. Cuando un estrato con intensidad débil está distribuida sobre la categoría baja de este estrato, se genera fácilmente un deslizamiento.
			Tep	Se compone de toba riolítica y conglomerado, piedra arenisca y limo. Se deposita en lugares bajo agua, como en un río. La estructura estratificada progresa horizontalmente. Es fácil de disociarse del lado del estrato y puede convertirse en la causa de deslizamiento en la parte donde se inclina el estrato.
			Tcg	Miembro del Cerro Grande: Lava de ignimbrita y riolita equipado con la matriz de cristales de cuarzo vidriado y feldespato de cristal de color violeta. La roca en sí es muy dura y tiene una erosión fuerte y tiende a formar un precipicio escarpado. La lógica continua y es fácil de disociarse. Cuando esta roca está distribuida en una capa de baja intensidad, esta roca sirve como roca de tapa y se generan fácilmente deslizamientos. La acción de deterioro se recibe localmente y en la parte, la intensidad falla en gran medida y se genera fácilmente un derrumbamiento de talud
			Tpm2	Miembro medio de secuencia ignimbrítica: Toba con andesita de cuarzo dividida por clase en estilo riolita. La estructura en banda continua y se convierte en la causa de deslizamiento de la capa.
			Tpm1	Miembro de la secuencia ignimbrítica de baja categoría: Tobas de riolita de muchos colores. Algunas rocas sedimentarias con escombros volcánicos, tobas de andesita de cuarzo y tobas andesíticas.
			Tpml	Lahar (tobas de flujo de escombros) con cláston de rocas volcánicas del terciario y sedimentos cretáceos. Se compone de escombros y piedra arenisca consolidada. Es raro que sea causa de un deslizamiento por macizo y duros.
			Oligógeno (F Matagalpa)	Ti
		Tm		Formación Matagalpa: Se compone de toba, brecha de toba y lava de andesita que tiene color verde en su base. Es fácil de erosionar y cambia en arcilla fácilmente cerca de la superficie de la tierra. Por esta razón, se vuelve fácilmente la causa de deslizamientos.
Krc		Formación del Río Chiquito: Se compone de roca arcillosa, limolita, capa de conglomerados finos y capa de piedra caliza fina. Se forma una estructura estratificada. Sus colores son marrón negro. Es fácil de erosionar y cambia a simplemente tierra y arena. Es el estrato donde se generan fácilmente deslizamientos y derrumbamiento de talud.		
Mesozoico		Cretáceo (Grupo de Valle de Angeles)	Kvn	Formación Villa Nueva: Conglomerado de capas siliciclásticas (con cláston metamórfico y roca volcánica y piedra caliza). Piedra arenisca marrón a rojo claro y algunas tobas volcánicas. La estructura estratificada continúa parcialmente. Sus colores son rojo fino y morado oscuro. Aunque es fuerte comparado con Krc, se generan deslizamientos locales.

Tabla B.6.3 Descripción de la Geología y Topografía de Talud del Derrumbamiento de Taludes

No	bed rock	slope angle (degree)	failure height (m)	Deposition distance (m)
1	Tm	18	20	10
2	Tcq	25	28	58
3	Tcq	44	70	30
4	Tcq	37	40	18
5	Qan 2	34	15	
6	Tcq	47	52	
7	Qan 1	27	15	
8	Tm	35	23	
9	Tcq	35	32	
10	Tcq	51	63	20
11	Tcq	29	75	
12	Tcq	43	95	
13	Tcq	32	65	
14	Tcq	32	65	
15	Tcq	43	35	
16	Tcq	40	48	
17	Tcq	48	56	20
18	Tcq	47	51	
19	Tcq	54	20	
20	Tcq	48	111	
21	Tcq	30	42	
22	Tcq	49	55	
23	Tcq	55	65	10
24	Krc	29	17	
25	Krc	35	8	15
26	Tcq	49	75	
27	Tcq	45	40	
28	Tcq	36	20	
29	Tpm 3	19	35	
30	Krc	45	13	7
31	Krc	38	13	10
32	Krc	44	15	8
33	Krc	23	75	
34	Krc	29	40	
35	Krc	35	12	15
36	Krc	46	22	13
37	Krc	37	6	4
38	Krc	53	17	7
39	Tpm1	32	33	
40	Tcq	41	24	
41	Tcq	44	20	
42	Tcq	50	20	17
43	Tcq	55	22	28
44	Tm	20	32	
45	Tcq	30	28	
46	Tcq	40	20	20
47	Tcq	45	16	13
48	Tcq	34	17	
49	Tcq	62	24	
50	Tcq	62	20	5
51	Tcq	44	23	
52	Tcq	53	20	
53	Tcq	44	48	
54	Tcq	60	50	17
55	Tcq	34	65	
56	Tcq	37	37	47
57	Tcq	62	14	15
58	Tcq	62	27	
59	Tcq	37	17	24
60	Tcq	42	40	22
61	Tcq	44	28	7
62	Tcq	41	40	21
63	Tcq	60	22	
64	Tcq	38	40	
65	Tcq	50	36	10
66	Tcq	52	65	
67	Tpm 1	35	31	40
68	Tpm 1	34	14	
69	Krc	41	15	
70	Krc	56	22	
71	Krc	30	17	
72	Krc	38	32	
73	Tpm 1	42	15	
74	Tpm 1	44	17	
75	Tpm 1	28	12	
76	Tpm 1	33	13	
77	Tpm 1	47	45	
78	Tpm 1	30	15	
79	Tpm 1	44	25	
80	Tpm 1	33	15	8
81	Krc	18	12	
82	Krc	20	11	
83	Krc	20	9	
84	Tpm 1	46	45	
85	Kvn	41	22	
86	Kvn	41	38	
87	Krc	39	11	15
88	Krc	23	20	
89	Krc	28	7	
90	Tpm 1	39	42	32
91	Tpm 1	40	24	13
92	Tpm 1	40	33	
93	Tpm 1	52	36	7
94	Tpm 1	36	37	
95	Tpm 1	32	35	
96	Tpm 1	49	15	10
97	Tpm 1	42	34	7
98	Tpm 1	38	38	
99	Tpm 1	32	27	
100	Tpm 1	33	23	7
101	Tcq	35	48	
102	Tcq	47	44	
103	Tpm 1	28	17	15
104	Tpm 1	55	36	
105	Tpm 1	62	29	13
106	Tpm 1	45	25	23
107	Tep	42	45	18
108	Tep	35	43	20
109	Kvn	34	19	18
110	Kvn	35	20	8
111	Kvn	39	14	
112	Tep	30	15	20
113	Kvn	38	23	
114	Tep	43	50	
115	Tep	37	7	9
116	Tpm 1	37	54	
117	Kvn	34	45	
118	Tpm 1	50	36	14
119	Tep	38	38	
120	Tep	45	19	
121	Qb	50	20	
122	Tpm 1	67	45	
123	Tm	25	18	
124	Tm	30	15	
125	Tm	33	35	
126	Qan 1	28	20	
127	Qan 2	32	20	
128	Is	34	22	
129	Tm	44	18	
130	Tm	27	15	
131	Qan 1	30	15	
132	dt	32	8	
133	dt	31	5	
134	Qan 1	41	15	
135	Tm	27	15	
136	Tm	37	10	
137	dt	30	15	
138	Is	29	18	
139	dt	32	13	
140	dt	25	50	
141	dt	38	10	
142	Is	22	8	
143	Is	33	20	
144	Is	40	18	
145	Qe	36	10	
146	dt	36	33	
147	Is	32	18	
148	dt	36	15	
149	dt	20	23	
150	Is	26	30	
151	dt	34	5	
152	Qe	34	18	
153	Qe	48	12	
154	Qe	30	10	
155	Qe	36	13	
156	Qe	20	15	
157	Qe	24	14	
158	Qe	20	15	
159	Qb	43	23	
160	Qb	28	23	
161	Qb	39	18	
162	Qe	34	13	
163	Qe	59	14	
164	Tep	37	7	
165	Tep	49	6	
166	Is	32	6	
167	Tep	41	15	
168	Is	32	10	
169	Is	20	10	
170	Is	34	22	
171	Kvn	28	13	
172	Kvn	30	18	
173	Kvn	38	7	

Tabla B.6.5 Valores Límite para Peligro de Derrumbamiento de Taludes para cada Geología

Roca de lecho	Talud peligroso		Talud muy peligroso		notas
	Grado de talud (grado)	Área (m ²)	Grado de talud (grado)	Área (m ²)	
Kvn	30	533,500	38	111,800	
Krc	20	2,893,600	35	288,900	
Tm	20	882,300	30	228,000	
Ti	32	200	44	0	Se adopta el valor de "Tcg".
Tpml	32	17,700	44	1,200	Se adopta el valor de "Tcg".
Tpm1	28	866,800	40	325,900	Se unen y examinan Tpm1, Tpm2, y Tpm3
Tpm2	28	100,300	40	40,200	Se unen y examinan Tpm1, Tpm2, y Tpm4.
Tcg	32	1,511,200	44	386,100	
Tep	35	148,200	41	151,600	
Tpm3	28	1,546,100	40	412,500	Se unen y examinan Tpm1, Tpm2, y Tpm4.
Odt	28	10,100	34	4,200	Se unen y examinan Odt, Qan1, Qan2, y Qb.
Qan1	28	195,300	34	70,100	Se unen y examinan Odt, Qan1, Qan3, y Qb.
Qan2	28	176,500	34	95,700	Se unen y examinan Odt, Qan1, Qan4, y Qb.
Qb	28	128,600	34	89,100	Se unen y examinan Odt, Qan1, Qan5, y Qb.
Qe1	20	102,600	34	13,100	Se unen y examinan Qe1, Qe2a, Qe2b, y Qe3.
Qe2a	20	292,500	34	27,700	Se unen y examinan Qe1, Qe2a, Qe2b, y Qe4.
Qe2b	20	64,500	34	14,700	Se unen y examinan Qe1, Qe2a, Qe2b, y Qe5.
Qe3	20	76,900	34	12,200	Se unen y examinan Qe1, Qe2a, Qe2b, y Qe6.
dt	25	0	32	187,900	
ls	22	564,000	32	143,300	
área total(m ²)		10,110,900		2,604,200	-
La velocidad de toda el área		9.6%		2.5%	-

Tabla B.6.7 Bloques de Deslizamiento de Tierra de Categoría A

Número	Nombre del bloque	Dirección	Área (área de bloque + área afectada) (m ²)	números de casas en el área de influencia
1	Canaan	COL.CANAAN	147,467	113
2	Reparto	BARRIO EL REPARTO	276,929	452
3	Bambú	BARRIO LA CABANA ,BARRIO EL EDEN No.1, BARRIO LA RONDA,COL.ALTO de LA CABANA	46,801	42
4	Bosque	BARRIO ALTOS DEL BOSQUE o 13 de FEBRERO, BARRIO LA ESTRELLA	49,709	196
5	Buena Vista	BARRIO.BUENA VISTA	10,220	7
6	Berinche	COL.SOTO	382,494	361
7	Campo Cielo	COL.CAMPO CIELO	6,460	25
8	San Martín	COL.AYESTAS	25,717	74
9	Flor 1	COL.LA FLOR No.1	16,112	21
10	Zapote Centro	CO.ZAPOTE CENTRO , CO.BRISAS DE OLANCHO	29,902	126
11	Zapote Norte	CO.ZAPOTE NORTE	5,355	4
12	Villa Unión	CO. VILLAUNION	6,067	5
13	Brasilia	CO. BRASILIA CO. SAN JUAN DEL NORTE No.2	43,768	61
14	Centro América	RE. CENTRO AMERICA CO. 1DE DICIEMBRE	6,930	6
15	Nueva Esperanza	CO. NUEVA ESPERANZA	30,907	16
16	Las Torres Este	CO. LAS TORRES	6,881	19
17	Las Torres Oeste	CO. LAS TORRES	5,580	15
Adición			1,097,299	1,543

Tabla B.6.8 Situación del Deslizamiento de Tierra Categoría A (1/5)

Número	Nombre	Características del deslizamiento						Área afectada	Sitio de evacuación propuesto
		Ancho (m)	Longitud (m)	Volumen estimado (m ³)	Pendiente de talud (grados)	Patrón de deslizamiento (Fig.6.1)	Síntoma		
1	Canaan	100~ 200	300	700,000	15~20	③	Se produjo un derrumbamiento de talud en el borde del bloque de deslizamiento durante el Huracán Mitch. Está avanzando la erosión de un arroyo debajo.	El valle 300m por debajo del deslizamiento de tierra. Puede generarse un flujo de escombros.	Las crestas de los lados este y oeste son adecuados. COL. CANAAN
2	Reparto	240	530	1,200,000	10~15	③	Hubo un colapso de 300.000 m ³ de suelo y arena durante el Huracán Mitch y se distribuyen en una situación inestable. El bloque posterior quedó inestable por el derrumbamiento de talud. Se observó un manantial.	Se puede producir un flujo de escombros en el valle por el rápido movimiento de un bloque de suelo de deslizamiento. Se supone que la influencia llega incluso a un punto 900 m río abajo cuando la pendiente se vuelve más suave.	La cresta en el este es adecuada. COL. GULLEN
3	Bambú	180	250	150,000	12	③	Los arroyos se distribuyen en la parte central y la erosión en estos arroyos genera pequeños colapsos. Durante el Huracán Fifi en 1974, se produjo un gran arrastre de escombros en los arroyos y los depósitos coluviales llegaron hasta un cine 400 m abajo.	La tierra y arena pueden llegar 400 m más abajo en el valle.	La cresta oeste es adecuada. Bo. EL EDEN No. 1 Co.ALTOS de LA CABANA

Tabla B.6.8 Situación del Deslizamiento de Tierra Categoría A (2/5)

Número	Nombre	Características del deslizamiento						Área afectada	Sitio de evacuación propuesto
		Ancho (m)	Longitud (m)	Volumen estimado (m ³)	Pendiente de talud (grados)	Patrón de deslizamiento (Fig.B.6.1)	Síntoma		
4	Bosque	100	180	74,000	10	⑤	Forma una configuración de deslizamiento circular clara. Aunque no aparecen síntomas en casas o estructuras, se juzga que el bloque es inestable. Como el derrumbamiento de talud está avanzado en el pie del bloque, la masa de deslizamiento se compone de detritos y topográficamente el agua subterránea tiende a concentrarse ahí. Dos bloques al sudoeste tienen gran peligro de deslizamiento o derrumbamiento de talud.	La tierra y arena pueden alcanzar la longitud del deslizamiento (100m) a lo largo del sentido del deslizamiento (oeste-sudeste).	La planicie al sur es adecuado. Bo. EL BOSQUE
5	Buena Vista	80	110	15,000	40	③	Un derrumbamiento de talud originado en un deslizamiento que se produjo durante el Huracán Mitch. Se están desarrollando nuevas grietas detrás del precipicio de deslizamiento y puede estar expandiéndose el área de deslizamiento.	La influencia puede llegar al lecho del Río Choluteca. En la parte superior de la masa de deslizamiento, el borde puede expandirse en 10 m.	La planicie norte es adecuado. Bo. BUENA VISTA
6	Berrinche	330	800	5,000,000	10~20	②	Se movió una larga distancia durante el Huracán Mitch y bloqueó el Río Choluteca. De acuerdo con las observaciones de SERNA, se observa un desplazamiento en la parte superior central del bloque. En el pie del bloque, se produjo un deslizamiento de 60 m de ancho después del Mitch.	Puede estarse moviendo actualmente a una posición profunda, el lecho del río puede estar bloqueado con la masa de deslizamiento con un espesor de 10-30 m. El área en el lado opuesto del río con altitud de 930 m o menos puede estar cubierto por tierra y arena. El ancho de la influencia es 200 m como máximo.	Tanto en el lado superior como inferior del Río Choluteca es peligroso el banco izquierdo. La colina en el sentido del Centro o Cerro Grande es adecuado Bo. LA CHIVERA

Tabla B.6.8 Situación del Deslizamiento de Tierra Categoría A (3/5)

Número	Nombre	Características del deslizamiento						Área afectada	Sitio de evacuación propuesto
		Ancho (m)	Longitud (m)	Volumen estimado (m ³)	Pendiente de talud (grados)	Patrón de deslizamiento (FigB.6.1)	Síntoma		
7	Campo Ciero	35	100	13,000	27	②	Se movió en gran escala durante el Huracán Mitch y se derrumbaron docenas de casas. La masa deslizante todavía está inestable.	Existe la posibilidad de tierra que fluye con un ancho de 40 m y longitud de 100 m.	Las áreas vecinas son peligrosas y está limitada la evacuación. La cresta norte u oeste es comparativamente estable y puede elegirse como área de evacuación. Co. CAMPO CIELO, Co. SAN MARTIN
8	San Martín	60	200	50,000	12	②	Se movió en gran escala durante el Huracán Mitch y se derrumbaron docenas de casas. La masa de deslizamiento está inestable y el pie del bloque el deslizamiento empujó una pared de retención, desarrollándose muchas fracturas.	La masa de deslizamiento está en el medio del talud. Si se mueve una vez, su influencia cubrirá un ancho de 200 m y una longitud de 80 m.	Las áreas vecinas están en áreas de peligro y es difícil seleccionar un área de evacuación. La planicie en el sur puede elegirse como un lugar seguro. Co. SAN MARTIN
9	Flor 1	70	190	50,000	20	②	Se movió una larga distancia durante el Huracán Mitch. Se observó un precipicio de deslizamiento en la parte superior del talud.	La masa de suelo puede llegar al valle río abajo.	Una pendiente suave encima del talud noreste es adecuada. Co. LA FLOR No. 1
10	Zapote centro	200	120	90,000	28	②	Se observa una topografía con forma de herradura. Es una pendiente fuerte y el flujo de tierra y arena avanza y crece poca vegetación. Es posible que el deslizamiento se haya desestabilizado por la erosión del suelo.	La influencia puede llegar a 70 m desde el pie del talud.	La parte superior noroeste es más segura que la planicie en el pie del talud. Co. FUERZAS ARMADAS

Tabla B.6.8 Situación del Deslizamiento de Tierra Categoría A (4/5)

Número	Nombre	Características del deslizamiento						Área afectada	Sitio de evacuación propuesto
		Ancho (m)	Longitud (m)	Volumen estimado (m ³)	Pendiente de talud (grados)	Patrón de deslizamiento (Fig.B.6.1)	Sintoma		
11	Zapote norte	80	60	10,000	38	②	Es una pendiente fuerte y avanza la erosión. Puede producirse un derrumbamiento de talud con espesor de 5 m.	La tierra y arena puede llegar al piso del valle.	Es mejor evitar el refugio a lo largo del arroyo. La parte superior del pic del talud sur es segura. Co. 3 de MAYO
12	Villa Union	60	90	20,000	15~25	①	Se produjo un deslizamiento durante el Huracán Mitch. Según la gente local, la masa sigue moviéndose.	La tierra y arena puede llegar al piso del valle.	Todos los taludes alrededor son áreas de peligro. La parte superior de la cresta a 300 m en el sentido sudeste es adecuada. Co. FLOR No. 1
13	Brasilia	170	180	130,000	15~35	①	Se movió por las lluvias intensas de hace 10 años. Se observó una nueva escarpa con 1-2 m de altura.	Puede llegar a la misma distancia que la longitud de la masa de deslizamiento (180m).	La tierra baja sur con una pendiente suave. Co. EL CARRIZAL
14	Centro America	60	80	16,000	20	④	Se movió durante el Huracán Mitch. El talud cae gradualmente y se está desarrollando una nueva escarpa principal. El gavión que se está construyendo no es suficiente para parar el movimiento	Puede llegar a la misma distancia que la longitud de la masa de tierra (100m).	Hay muchas planticies en el vecindario. Re. CENTRO AMERICA

Tabla B.6.8 Situación del Deslizamiento de Tierra Categoría A (5/5)

Número	Nombre	Características del deslizamiento					Área afectada	Sitio de evacuación propuesto
		Ancho (m)	Longitud (m)	Volumen estimado (m ³)	Pendiente de talud (grados)	Patrón de deslizamiento (FigB.6.1)		
15	Nueva Esperanza	260	100	170,000	37	①	<p>Durante el Huracán Mitch se produjo un derrumbamiento de talud de gran escala (volumen supuesto de 40,000 m³) y se derrumbaron muchas casas. El derrumbamiento de talud se produjo al final del bloque de deslizamiento. Se desarrollaron nuevas grietas y está inestable.</p>	<p>Se acumulan tierra y arena en el lecho del río.</p> <p>La pendiente superior suave es adecuada. Co. NUEVA ESPERANZA, Co. NUEVA ESPERANZA III ETAPA</p>
16	Los Torres este	100	40	14,000	50	①	<p>Se produjo un derrumbamiento de talud durante el Huracán Mitch. Se produjeron derrumbamientos de talud de gran escala durante varias veces después del Mitch. El pie del talud fuerte se está erosionando por la corriente del río y está desestabilizando el precipicio.</p>	<p>La tierra y la arena se acumula en el lecho del río. Existe la posibilidad de expansión de deslizamiento por 10 m en la parte superior del talud.</p> <p>El altiplano a 50 m del talud. Co. INESTROZA</p>
17	Los Torres oeste	70	60	17,000	25	①	<p>Se produjo un derrumbamiento de talud durante el Huracán Mitch. Hay un deslizamiento con un ancho de 100 m en la parte trasera y el bloque de deslizamiento tiene un bloque dividido. Está en estado inestable.</p>	<p>La tierra y arena se acumularán en el lecho del río.</p> <p>El altiplano al sur es adecuado. Co. INESTROZA</p>

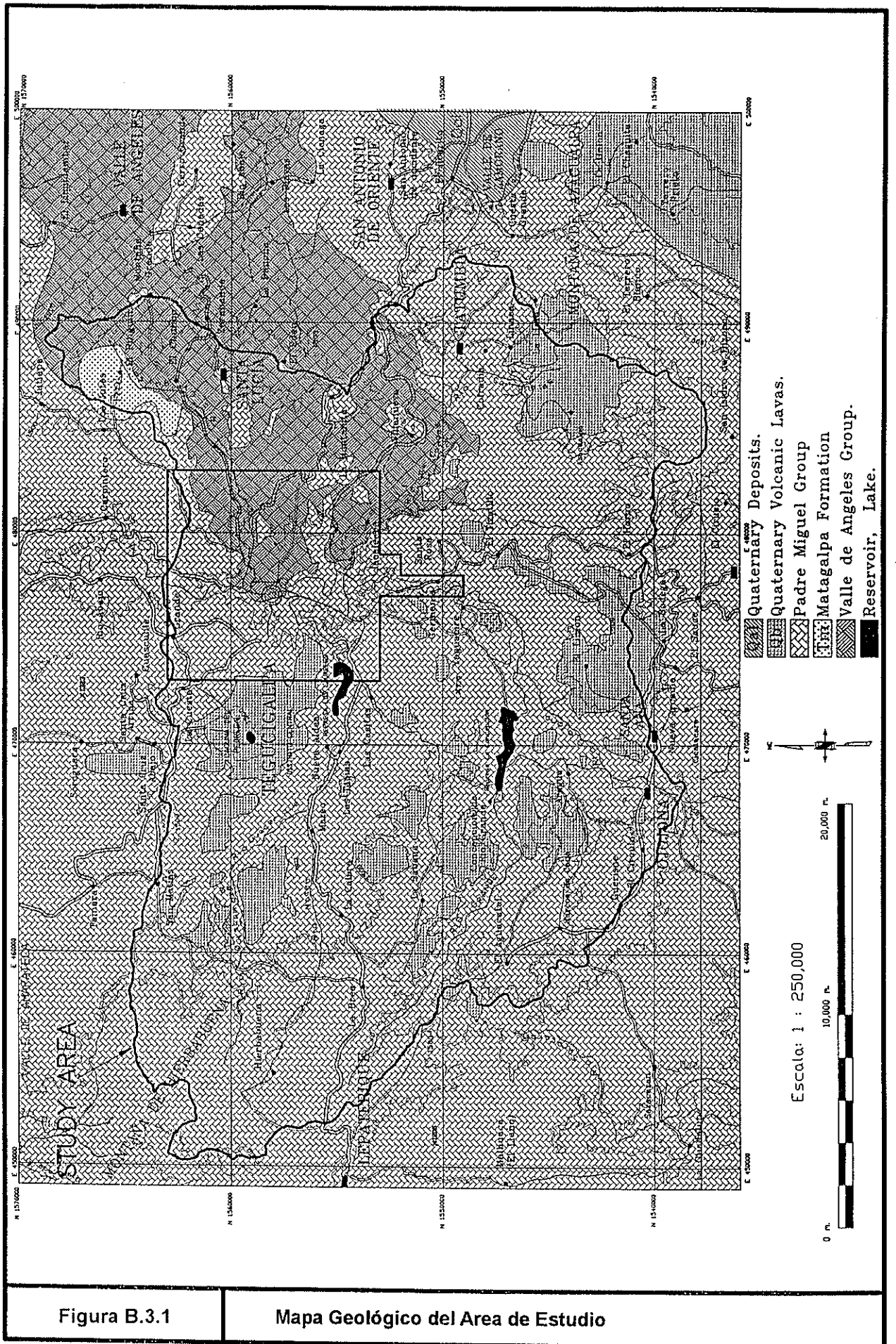


Figura B.3.1

Mapa Geológico del Area de Estudio

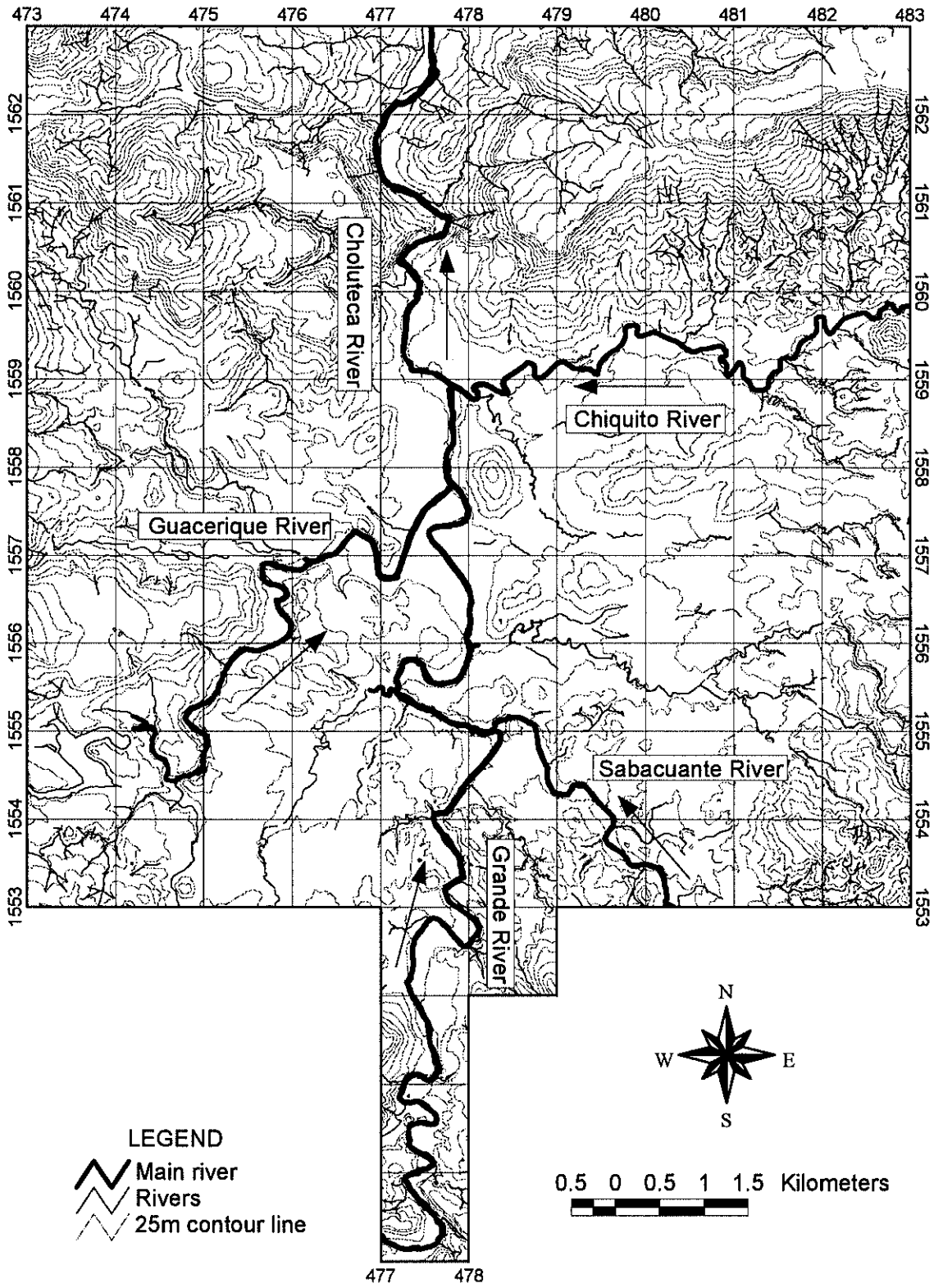
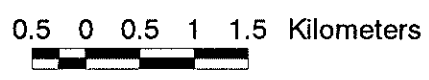
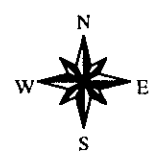
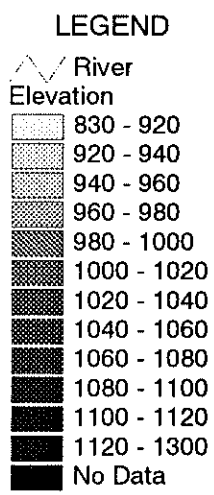
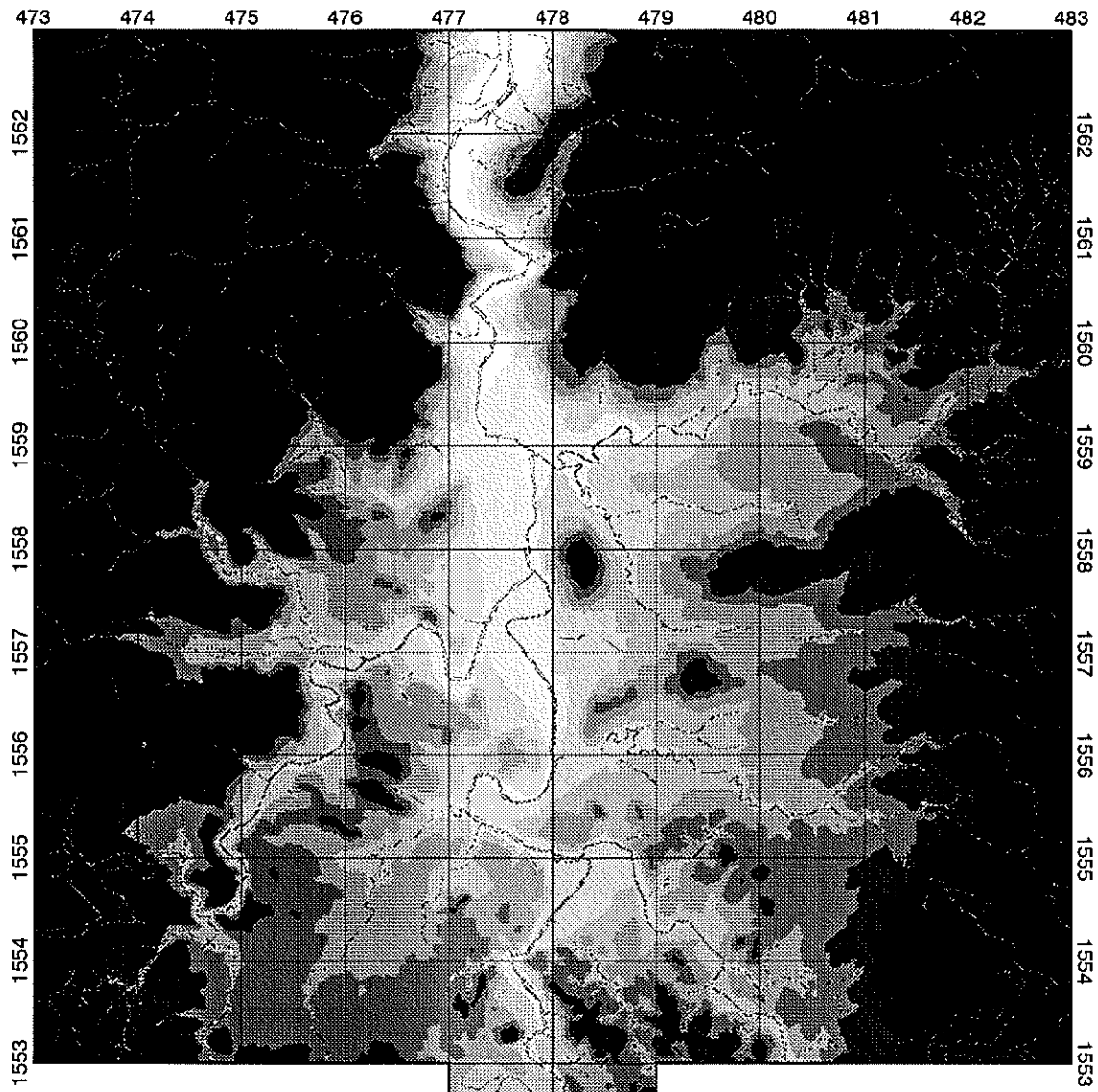


Figura B.4.1

Topografía del Area objeto para la Prevención de Desastres



477 478

Figura B.4.2

Mapa de Elevación del Area Objeto para la Prevención de Desastres