

De acuerdo a estos datos, se puede observar que en promedio el factor de lluvia produce el 73% de los casos y el 8% corresponde a los terremotos.

Esto puede ser debido a la relativa frecuencia de las altas precipitaciones, casi anualmente, comparada con la de los terremotos con intensidad significativa (arriba de VI en la escala de Mercalli Modificada). Sin embargo, es de hacer notar que durante el evento de un terremoto, la atención de la prensa y el público se dirige a las pérdidas de vidas e infraestructura y así que los datos reportados sobre deslizamientos no sean tan representativos de la realidad. De hecho, de acuerdo a un estudio previamente mencionado, se estimó que durante el terremoto de 1976, se pueden haber producido unos 10,000 deslizamientos a lo largo de todo el país. Considerando la ubicación vulnerable a deslizamientos del área de estudio y su proporción (6,400 km²) comparada a todo el país (108,889 km²) se podría esperar que sucedieran al menos unos 500 a 1000 deslizamientos dentro del área de estudio. Además, aunque en el inventario en proceso de elaboración en el INSIVUMEH en base a reportes periodísticos hay 15 deslizamientos identificados para el área de estudio durante Febrero de 1976 o meses subsiguientes (probablemente producidos por réplicas), en el Mapa de Deslizamientos preparado por Harp y otros (1978) el número es mayor de 200 para el área de estudio.

Por otra parte, según la tabla anterior los deslizamientos producidos por actividad humana representan el 5% del total. Similarmente aquellos eventos cuya causa es desconocida representan el 14%.

3) Deslizamientos Inducidos del Terremoto de 1976

De acuerdo Harp y otros (1981) durante el terremoto de 1976, se habrían producido unos 10,000 deslizamientos por todo el país. La distribución de los deslizamientos fue definida por la intensidad sísmica, litología, pendiente de taludes, amplificación topográfica del movimiento sísmico del terreno, y fracturas regionales. Estos efectos se explican en las siguientes secciones. Las características de los más grandes deslizamientos (más 100,000 m³) estudiados como resultado del terremoto de 1976 se muestran en la Tabla 2.3.4-9. Solamente el primero (Los Chocoyos) está localizado en el área de estudio actual.

Efecto de Intensidad Sísmica: De acuerdo a la escala Modificada de Mercalli los grandes deslizamientos de producen en intensidades de X (que corresponde a una aceleración de 0.5G), sin embargo, de acuerdo al estudio antes mencionado, el umbral de intensidad de sacudida para disparar deslizamientos en la mayoría de las localidades susceptibles, se estableció en VI (que corresponde a una aceleración de 0.025G), con alta intensidad de deslizamientos a la intensidad de VII.

Efecto de la Litología: Cerca del 90% de todos los deslizamientos ocurrieron en

depósitos pómez del Pleistoceno, un 10% en rocas volcánicas del Terciario, y menos del 1% en calizas del Cretáceo y rocas metamórficas del Paleozoico.

Efecto de la Pendiente del Talud: Las caídas de rocas ocurrieron en taludes con pendientes generalmente mayores de 50°. Deslizamiento de escombros ocurrieron en taludes más suaves con pendientes entre 25° a 30°. Sin embargo, los deslizamientos más grandes (rotacional) ocurrieron en taludes con pendientes tan suaves como de 11° to 15°.

Efecto de la Amplificación Topográfica del Movimiento Sísmico del Terreno: Se encontró que los sitios primarios de sacudidas sísmicas en los terrenos de cañones eran en convexidades topográficas pronunciadas. Las caídas de rocas y deslizamiento de escombros fueron particularmente numerosos a lo largo de crestas y promontorios estrechos.

También se conoce que los depósitos profundos de suelos pueden amplificar el movimiento del basamento rocosa subyaciendo y producir niveles intensos de sacudidas a distancias significativas desde el epicentro del terremoto. Así que es necesario comprender con más precisión las condiciones de estos depósitos, tal como la profundidad y densidad, a efecto de conocer su contribución a la amplificación del movimiento sísmico del terreno.

Efecto del Sistema de Fracturas Regionales: El sistema de alineamientos en el área de la Ciudad de Guatemala se encontró que tuvo cierta influencia, aunque indirecta, en la distribución de los deslizamientos inducidos por el terremoto.

Tabla 2.3.4-9 Grandes Deslizamientos Inducidos por el Terremoto de 1976

Sitio	Localidad	Tipo de Roca	Tipo de Falla	Volumen Estimado (10 ⁶ m ³)	Pendiente Promedio	Observaciones
1	Los Chocoyos	Pómez, consistente de tefra H y flujos de ceniza tobácea H de Koch y McLean (1975)	Avalancha de bloques deslizados y caída de rocas	0.75-1.0	27°	Falla repentina y catastrófica; 7 personas muertas
2	San José Poaquil	Toba soldada gris-oscuro con corona delgada irregular de pómez	Deslizamiento complejo de bloques y rotacional generando avalancha de caída de rocas cerca del pie del talud.	3.5	19°	Poco efecto sobre vidas y propiedad. Se rompió lago el 27-6-1976.
3	San Martín Jilotepeque	Pómez, probablemente flujos de ceniza tobácea H de Koch y McLean (1975)	Deslizamiento rotacional complejo en escarpe principal; al norte una sección larga en forma de lengua, un tercio parecía flujo de tierra; al sur, dos tercios era deslizamiento tipo rotacional-traslacional extensamente fracturado.	1.0	11°	14 casas destruidas y 17 personas muertas; se represó el río Quemayá. Rompimiento del lago, que ahogó varias personas, que puede haber sido inducido por liquefacción.
4	Estancia de la Virgen	Rocas volcánicas andesíticas del Terciario	Avalancha por deslizamiento rotacional/caída de rocas	6.0	23°	Se represó río Pixcayá; 13 personas muertas en deslizamiento.
5	Río Polima	Rocas volcánicas andesíticas del Terciario subyaciendo por pómez	Deslizamiento de bloques	<0.2	27°	Se creó un pequeño lago de unos 200 m de largo y unos 2m de profundidad (Junio, 1976)
6	Río Naranjo	Pómez	Deslizamiento rotacional en desintegración	<0.3	---	No había acumulación de agua detrás del deslizamiento, a Junio de 1976
7	Río Blanco	Rocas volcánicas andesíticas del Terciario subyaciendo por pómez	Avalancha compleja coalescente de caída de rocas.	<0.2	26°	Pequeños lagos formados detrás de los escombros de rocas habían drenado para Junio de 1976
8	Río Ruyalché	Rocas volcánicas andesíticas del Terciario subyaciendo por pómez	Deslizamiento rotacional	<0.5	15°	No había lago detrás de deslizamiento a Junio de 1976
9	Río Cotzibal	Rocas volcánicas andesíticas del Terciario	Deslizamiento rotacional	0.3	15°	El río solo se bloqueó parcialmente; deslizamiento incipiente
10	Río Teocinte	Rocas volcánicas andesíticas del Terciario	Deslizamiento rotacional y avalancha de caída de rocas	0.3-0.5	29°	Se formó pequeño lago pero drenó por Junio de 1976
11	Río Los Cubes	Rocas metamórficas del Paleozoico(?)	Deslizamiento de bloques y avalancha	<0.1	28°	Lago de unos 200 m de largo y unos 3-4 m de profundidad, drenando a través del material deslizado (Junio 1976)

Fuente: E.L. Harp and others, Landslides from the February 4th, 1976, Guatemala Earthquake, Geological Survey Professional Paper

4) Observación de Deslizamientos y Terrenos Inestables Relevantes Durante este Estudio

a) Ciudad de Guatemala y Alrededores

◆ Deslizamientos en Barrancos

Gran parte de los deslizamientos en Guatemala y especialmente en la Ciudad Capital son producidos en los barrancos a lo largo de varios ríos y corrientes menores. Estos barrancos están localizados en depósitos piroclásticos del Cuaternario con espesores entre 0 a 250 metros, según un estudio de zonificación elaborado por la Universidad del Valle y la OEA(1988).

De acuerdo a un informe de F. Koose(1978), después del terremoto de 1976, algunas pruebas de resistencia cortante directa ejecutadas a estos materiales de los barrancos dieron valores promedio de cohesión=0.20 ton/pié² (0.2 kg/cm²), ángulo de fricción $\phi=40^\circ$, y peso unitario en condición natural de 80 #/pié³ (1,281 kg/m³). Se puede observar que tales valores de resistencia cortante corresponden a materiales muy compactos, mientras que los de peso unitario son de material livianos.

Además, la textura de los suelos volcánicos derivados de arena pumítica y ceniza volcánica que forman el graben de la Ciudad de Guatemala, es de carácter terrosa y en general carente de cristales. Las partículas son vesiculares y rugosas en su superficie, teniendo en su interior grandes cantidades de pequeños canales microscópicos. Se piensa que la forma de las partículas y la presencia de los canales puede crear enormes fuerzas de tensión superficial que dan a la masa una gran cohesión, la cual permite que los suelos se mantengan relativamente estables, aún en cortes verticales de hasta 150 metros (F.Koose,1978). En general, los suelos en la superficie tienen cierta cantidad de arcilla o limo con alguna plasticidad. Esto explica la gran cohesión de estos suelos y su capacidad para permanecer en cortes altos sin confinamiento lateral.

◆ Deslizamiento en km. 11.5 de la Ruta a El Salvador (Carretera Panamericana)

En un estudio preliminar (Informe de Avance) del INSIVUMEH(1994), se reportó que este deslizamiento apareció en Octubre de 1993. Sin embargo, de acuerdo a foto-interpretación usando fotos aéreas de 1990, existían evidencias de inestabilidad desde ese año. Se conoce que la época de lluvia de 1993 hasta Octubre produjo 1,150 mm de precipitación y una acumulación de 676 mm en los tres meses previos.

De acuerdo a un pozo de 80m perforado en aquél tiempo (Julio 1994) el talud del lado superior de la carretera tiene un estrato de arcilla de unos 20m de espesor y el nivel freático estaba a unos 10m debajo del mismo. Este hecho indica que el flujo de agua subterránea del talud estaba produciendo la inestabilidad y que el drenaje subterráneo a lo largo del pié

del talud en la parte superior de la carretera en una longitud de unos 200 m y canalizada corriente abajo, podría haber sido suficiente para estabilizar el deslizamiento.

Aunque hasta ahora no ha sido posible conocer el Informe Final (si existiera) o detalles acerca de más estudios o contramedidas, en una visita de campo (14-6-2001) se pudo observar ya instalada una estructura estabilizante compuesta por una plataforma de puente, colocada sobre pilares y una capa de mortero para control de erosión. En el caso de que los estribos del puente hayan sido colocados en sitios fijos fuera del área deslizante y que se hayan hincado suficiente número de pilotes hasta fuera de la superficie de deslizamiento, este método debe trabajar efectivamente aún cuando es caro. Se pudo observar también que la estructura de control de erosión no está protegida contra la formación de cárcava debajo de la misma, donde la falta de vegetación amenaza con socavar la base del talud de 62° de inclinación en la parte inferior de la carretera. Negligencia en este aspecto puede producir nuevas dificultades en el futuro, así que se recomiendan enfáticamente acciones para la protección de la base del talud.

◆ Area de Santa Cruz Chinautla (vieja ciudad)

General

La población de Chinautla está localizada justo a medio kilómetro aguas abajo de la unión de los ríos Chinautla y Aguacate. Consecuentemente, en ambos márgenes del río hay depósitos aluviales a lo largo de la ciudad hasta el área nor-este. En el lado sur-oeste hay depósitos bien soldados pómez basal. Todo esto está rodeado de gruesos depósitos riolíticos y riodacíticos de pómez expulsada al aire y depositada en agua, extensamente retrabajados.

En una sección antes de entrar a la ciudad el río Chinautla corre a lo largo de una depresión tectónica, una de muchas fallas que está orientada en la dirección N-E. Así se supone que gran parte de los depósitos aluviales pueden ser originados de deslizamientos antiguos producidos por la actividad tectónica de estas fallas. El material fue fragmentado durante los movimientos previos, produciendo su inestabilidad característica y luego los procesos de remoción de masas. Aparentemente todo este sector localizado al norte de la Ciudad de Guatemala tiene estas características estructurales y a esto puede deberse la concentración de deslizamientos durante el terremoto de 1976 (L. Fauqué, 1995).

La mayoría de los tributarios del río Chinautla son usados para descargar aguas residuales de un gran sector (cerca del 50%) de la ciudad Capital, así como de algunos pueblos circundantes como Mixco, incrementando su descarga cuando corre por el pueblo de Chinautla. Esto produce inundaciones en las casas de las márgenes del río.

Esta área es también propensa a terremotos. La cadena de terremotos de 1917-12-26 que destruyó la ciudad Capital también inclinó la torre de la iglesia y finalmente colapsó

con el terremoto de 1976.

Deslizamiento en Cantón Amatitlancito

Este deslizamiento se supone que fue activado durante el terremoto de 1976. El escarpe principal tiene una altura aproximada de unos 20m. En la parte superior el deslizamiento está avanzando en dos escalones de aproximadamente 3 metros cada uno (Agosto/2001). Ya de que en un informe de 1997(M.A.Mota,1997), se estimó una altura máxima de 2 metros, se puede considerar que el deslizamiento está ocurriendo a una razón promedio de 25cm al año, algunos años más (como en 1998 durante el Huracán Mitch) y otros menos. Además, el río Chinautla tiene una contribución erosiva a la base del deslizamiento, especialmente durante grandes descargas en épocas de lluvia.

De acuerdo a los vecinos, la cadena de terremotos de Noviembre-Diciembre de 1917 (con máximas Magnitudes Richter entre 5.7 a 5.8) y que afectaron el valle de Guatemala, también produjeron la inclinación de la torre de este pueblo. Este hecho puede indicar que la intensidad en la escala MM podría ser de al menos VI en esta área y que el deslizamiento también podría haber iniciado desde entonces, juzgando por el gran escarpe que se ha producido, que en cambio estaría aproximadamente en acuerdo con las estimaciones preliminares sobre la velocidad de deslizamiento. Así que es necesario más investigación al respecto para comprender completamente el proceso de deslizamiento.

Aunque técnicamente hay muchas soluciones a este tipo de deslizamientos, considerando el aspecto económico, se podría mejorar el drenaje superficial y subterráneo, así como sellar todas las grietas y escarpes a efecto de recuperar la resistencia cortante y evitar la infiltración de agua. Se podrían implementar también soluciones más caras de pilotaje profundo más allá de la superficie deslizante para retener la masa (muros de retención al pie del deslizamiento serían inefectivos). Sin embargo, tomando en cuenta que son muy pocas las familias afectadas (10-12) y el valor de propiedad mínimo, es más económico desalojar y reasentar a estas personas en otro lugar más seguro, y usar esta área para propósitos de protección forestal. No obstante, parece que las personas dentro de esta área no están muy concientes del peligro, ya que una familia ha construido recientemente una casa muy bonita con bloques de concreto y estructura de techo con hierro, con el propósito de sustituir la vieja casa de adobe ya agrietada. Este asunto debería ser tratado por instituciones responsables como CONRED, a efecto de obtener la conciencia necesaria y evitar falsas expectativas de los pobladores.

◆ Asentamiento en Carretera

En la entrada del pueblo hay un asentamientos acumulado de unos 3m de profundidad en una longitud de unos 300m de la carretera. Esto es debido a un estrato de arcilla que está localizado bajo un estrato delgado de materiales piroclásticos. Según los vecinos este

deslizamiento comenzó por 1976 luego después del terremoto de ese año. Parece que el movimiento ha continuado como un efecto estacional de expansión y contracción del estrato de arcilla bajo esa sección de carretera, además de la probable contribución del agua subterránea que fluye hacia el río Chinautla, en las cercanías.

En forma preliminar se puede establecer que la solución a este movimiento puede estar garantizado con la construcción de subdrenaje al pie del talud donde la carretera fue construida en corte de media ladera. Además, cualquier agua superficial de la carretera debería ser desviada o canalizada a efecto de evitar tanto como posible, el flujo hacia esta sección de la carretera.

b) Quetzaltenango y Alrededores

Totonicapán: Barranco entre los Cantones de Cocshaok y Chotakaq

De acuerdo a los vecinos este barranco puede tener unos 80 años de haber empezado a erosionarse. Sin embargo, en los últimos 20 años ellos han notado que se ha hecho más grande. Ya tiene una profundidad de unos 15 metros. Actualmente varias casas están descargando sus aguas residuales y basura al barranco, produciendo así más erosión. Esto parece ser una costumbre en Guatemala, ya que en otras áreas se han visto rótulos invitando a los vecinos a tirar basura al barranco con el propósito de rellenarlo. Durante la época de lluvia el agua fluye hacia el barranco, convirtiéndose en la corriente receptora de las aguas.

c) Región de Antigua Guatemala

En esta área no se encontró evidencia de grandes deslizamientos. Una de las razones puede ser que esta área está cubierta por depósitos aéreos de pómez provenientes de los volcanes de Fuego, Acatenango, y Agua. Estos depósitos tienen gran capacidad de infiltración así que no permiten la retención de agua durante fuertes lluvias. También, estos materiales debido a su bajo peso no tienen gran susceptibilidad a los terremotos. Sin embargo, en la carretera de Antigua a la Ciudad de Guatemala se encuentran varios sitios donde los taludes son muy inclinados y que se producen caída de rocas.

d) Región Central

Deslizamiento en la Aldea de Patzún (Chimaltenango)

Este es un deslizamiento plano o traslacional donde una masa de material muy alterado desliza sobre un plano de estratificación de la roca intacta. La inestabilidad puede haber comenzado desde la construcción de la carretera en corte a media ladera, en esta sección. De acuerdo a los residentes hace unos años se construyó un muro de retención

entre la carretera y la masa deslizante del talud, sin embargo, fue destruido durante las lluvias de los últimos años, y todos los escombros y el muro fueron arrastrados ladera abajo. Esto fue debido a que cualquier estructura para retener esa masa habrá estado cimentada sobre el mismo material alterado y por lo tanto no podía ser resistente.

A efecto de estabilizar esta sección se debe tomar en cuenta el peso de la masa deslizante. Un simple análisis de estabilidad considerando el perfil topográfico real en varias secciones (3 a 5) a lo largo de la carretera, y considerando las condiciones saturadas, debería dar la cantidad de masa deslizante que se debe remover para evitar más deslizamiento aún en las peores condiciones. Se juzga que este es el método más económico para este caso. Simultáneamente, el agua superficial debería ser canalizada para evitar la infiltración hacia la superficie deslizante.

e) Región Nor-Oeste

◆ Flujo de Escombros en Aldea El Paraíso, Huehuetenango (30 Sept/1987)

De acuerdo a un estudio preliminar elaborado por personal de INSIVUMEH en aquel tiempo, la lluvia comenzó a las 17:30 (30/Sept, 1987), y duró 2.5 horas hasta las 20:00, cuando empezó la inundación. Sin embargo, considerando el tiempo de concentración estimado de la cuenca que fue de una hora con siete minutos (1h:07') se considera que un deslizamiento puede haber producido el represamiento del río reteniendo el flujo hasta que el mismo colapsó. Después de eso, la onda de flujo transportó grandes rocas, escombros y sedimentos, que se depositaron en la cuenca baja del río donde el valle se amplía, especialmente en las áreas de Finca El Injerto donde ocurrieron la mayor parte de los daños a las casas, y el área cerca del puente de la Carretera Panamericana CA-1 en la sección que comunica al pueblo de La Democracia con la frontera a México.

Durante nuestro reconocimiento de campo se pudo observar grandes rocas y materiales depositados de aquel evento, así como también remanentes de depósitos previos más profundos, que indican que esta área es propensa a este tipo de fenómenos, debido a sus cañones estrechos y laderas empinadas.

Según un residente hace unos 50 años hubo un evento de características similares. También se sabe que la cabecera de cuenca de estos ríos son los contactos entre la caliza Chochal (Pérmico) y los carbonatos cretáceos no diferenciados en el río Injerto, con gran concentración de fallamiento. En el río Peña Roja el contacto es entre caliza Chochal y la formación Todos Santos (Jurásico), también con gran fallamiento.

Así que las pérdidas humanas y económicas podrían ser reducidas si se evitara que se

³ S.I. Hernández, F. y F. Alvarez, E., 1987. Río Selegua y Río Cuilco; Situación de la áreas Afectadas por Inundaciones en las Subcuencas de los Ríos El Injerto, Hoja Blanca y Agua Dulce. Informe

instalen casas y haciendas en las áreas de depósito de escombros, y también promoviendo prácticas de conservación de suelos en laderas y conservación de bosques en las márgenes de los ríos.

◆ **Deslizamiento de Cantzelá**

Este deslizamiento está localizado en la aldea de Cantzelá, perteneciente al Municipio de Aguacatán del Departamento de Huehuetenango. El deslizamiento tiene dimensiones aproximadas de 300mx300m. Según información de un anciano del lugar ha habido grandes movimientos tan antiguos como desde 1920, y luego el último en 1998 durante el Huracán Mitch. El sitio está localizado en un contacto de la formación Todos Santos (Jurásico-Cretácico), consistente de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados, con la formación Santa Rosa (Pensilvánico-Pérmico?) consistente de pizarras y lutitas pizarrosas. Esta área también está rodeada de muchas fallas locales producidas por la actividad del sistema Chixoy-Polochic. La superficie de deslizamiento parece ser las lutitas de Todos Santos.

Dentro del área de deslizamiento se encuentra una escuela primaria y unas cinco casas, todas con serios daños, especialmente en la escuela, de tal manera que ya se están trasladando a otro lugar. Aunque es más aconsejable para la gente moverse de este lugar, y ubicar la escuela en un sitio seguro fuera de aquí, las medidas para reducir o parar el movimiento deberían estar asociadas con el mejoramiento del drenaje superficial para evitar la infiltración de agua a la superficie de deslizamiento. Una de las principales actividades debería ser la canalización de las aguas superficiales para desviar la escorrentía desde la parte superior de la ladera. Mediante un estudio más detallado y considerando el factor costo/beneficio, también se podrían implementar subdrenajes.

(7) Antecedentes de Inundaciones

El Programa de Emergencia por Desastres Naturales compilado por MAGA contiene una sección sobre Inundaciones en Guatemala, la cual analiza la relación existente entre la frecuencia de inundaciones por cuenca, área de cuenca, y caudal descargado en todas las inundaciones desde 1931 a 1989.

Generalmente una inundación es influenciada por las características geomorfológicas e hidrológicas.

Así, esta sección resume la relación entre los riesgos de inundación, las características de los cuatro ríos en estudio y los relieves circundantes reconocidos a través de la interpretación de fotos aéreas y el estudio de campo.

1) Río Samalá

a) Relieve de la cuenca y amenaza de inundaciones

El río Samalá se origina cerca de Quetzaltenango y fluye al Pacífico. La cuenca tiene una gran área tributaria en la cuenca alta y una forma estrecha de menos de 10 km de ancho en la cuenca media y baja (Apéndice C). El río corre en un área montañosa desde Quetzaltenango a San Felipe, desde aquí en un área de abanico aluvial y luego en un área de tierras bajas por unos cuantos kilómetros hasta la costa.

Las inundaciones ocurren en el Río Samalá debido a que gran cantidad de eyección volcánica fluye hacia él a consecuencia de las erupciones del Volcán Santiaguito. Ya que las eyecciones volcánicas se han acumulado en la parte baja del río elevando su cauce, las inundaciones ocurren fácilmente durante lluvias fuertes. Por lo tanto, existe un área de alta amenaza de inundaciones aguas abajo de la unión del Río Samalá y los ríos Nimá I y Nimá II que fluyen desde el Volcán Santiaguito.

El Río Nimá I se une al Río Samalá cerca de El Palmar. El Río Nimá I corre a lo largo de un valle de fondo profundo desde la unión a San Felipe. Actualmente no hay problema de inundación debido a que poco sedimento es suministrado desde el Río Nimá I.



Foto 2.3.4-2 Río Samalá cerca de San Felipe.

El Río Samalá se une al Río Nimá II cerca de San Felipe. Desde allí aguas abajo el río corre sobre un área de abanico aluvial. Un abanico aluvial es un cono de aluviones formados al pie de una montaña en tiempos antiguos. La superficie de un abanico aluvial es una terraza debido a que la mayoría de los ríos erosionan el abanico para formar un valle.

Aguas abajo de la unión con el Río Nimá II, el Río Samalá se vuelve más ancho y tiene en su cauce mucha grava suministrada por el Nimá II. Debido a que ambos márgenes forman una terraza de 3 a 5m más alto que el



Foto 2.3.4-3 Laguna formada en el Río Mesa. El margen opuesto es un delta formado por sedimentos desde el Río Samalá.

cauce, no hay riesgo de inundación. Esta terraza continúa hasta Santa Cruz Muluá, unos 7 a 8 km aguas abajo.

Cerca de San Sebastián el Río es más estrecho que en la cuenca alta y los sedimentos suministrados son acumulados de tal manera que elevan significativamente el cauce del río. En particular, desde cerca del puente CA-2, no hay diferencia significativa en altura entre el cauce y la terraza de ambos márgenes. Así que desde este punto continúa un área propensa a inundaciones.

Cerca de Retalhuleu nace el Río Ixpatz y aguas debajo de San Sebastián se une al Río Samalá. El área a lo largo de estos dos ríos, tierras bajas sin ninguna diferencia significativa de altura de los cauces, es propenso a inundaciones. Retalhuleu, localizado sobre un área de abanico aluvial antiguo (terrazza) no tiene riesgo de inundaciones por el Río Samalá.

Entre Retalhuleu y la costa, al Río Samalá se unen muchos tributarios que fluyen a lo largo de un abanico aluvial. En la unión el cauce del Río Samalá está significativamente elevado y los sedimentos se acumulan como en una presa para formar una laguna.

El cauce del río se ha elevado produciendo una pequeña diferencia en altura entre la superficie de terraza circundante y el cauce. Así, los sedimentos que fluyen hacia los tributarios desde la unión y la superficie de terraza aguas arriba, cada vez que ocurre una inundación, comienzan a enterrar la depresión y expandir la planicie de inundación. Aguas abajo de la unión con el Río Ixpatz, se ha formado una planicie de inundación de 6 km de ancho. Una planicie de inundación es altamente susceptible a inundación debido a los cambios de la trayectoria del río cada vez que ocurre una inundación.



Foto 2.3.4-4 Talud socavado del Río Samalá Inundación ocurre en la dirección → durante una inundación.

En una planicie de inundación un río forma muchos meandros, pero durante una inundación tiende a desbordarse sobre un talud socavado. Una inundación desbordando desde allí es probable que fluya hacia el valle o depresión con una terraza baja y expanda la inundación.

Hay una planicie de inundación de 4 km de ancho en las tierras bajas en la parte inferior de la cuenca baja. La terraza vecina es de 2 a 3 m más alto que el cauce del río y es resistente a inundación.

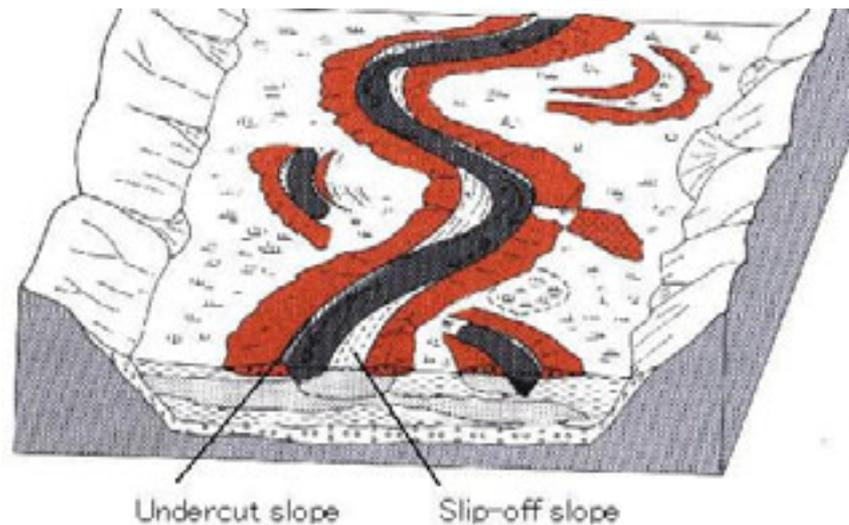


Figura 2.3.4-17 Talud socavado de un río

Nota: Talud socavado se refiere al borde exterior de la trayectoria de un río en meandros. En el talud socavado, el agua corre más veloz y tiende a causar erosión lateral.

b) Características Hidrológicas

En el Río Samalá el nivel del agua es observado en Cantel aguas abajo de Quetzaltenango y en Candelaria cerca de El Palmar.

El 25 de Septiembre de 1984, el Río Samalá se desbordó causando daños en San Sebastián en la cuenca baja del río. El 22 de Septiembre de 1988, también se desbordó, originando contratiempos en las carreteras. Esta vez unas 2,000 viviendas fueron aisladas de Champerico en la cuenca vecina.

Las cifras siguientes muestran los registros de niveles de agua y de precipitación en estos dos casos. Candelaria donde existe una estación de observación de nivel de agua, está localizada en un área montañosa aguas arriba de San Felipe. La estación pluviométrica Labor Ovalle está localizada en Quetzaltenango y otras están en los alrededores de Retalhuleu.

Durante la inundación del 25 de Septiembre de 1984, el nivel del agua subió desde el día 18 al 20 y desde el día 24 al 27. En la zona de Labor Ovalle, en la cuenca alta, la precipitación no fue tan grande como para contribuir a una inundación. En el Asintal y Chojaja, sin embargo, hubo fuertes lluvias desde el día 17 al 18 y desde el día 23 al 27, que corresponde al período cuando el nivel de agua subió.

Para la inundación del 22 de Septiembre de 1988, hubo poca lluvia en Labor Ovalle en la cuenca alta, y también hubo poco cambio en el nivel de agua en Candelaria. Sin embargo, en Retalhuleu y La Brillantes, se registraron fuertes lluvias intermitentes desde el 16 al 22 de Septiembre.

De los hechos anteriores se concluye que la inundación en las áreas de la cuenca baja del Río Samalá no fue causada por la lluvia en la cuenca alta cerca de Quetzaltenango, sino por la lluvia en la ladera sur del área montañosa.

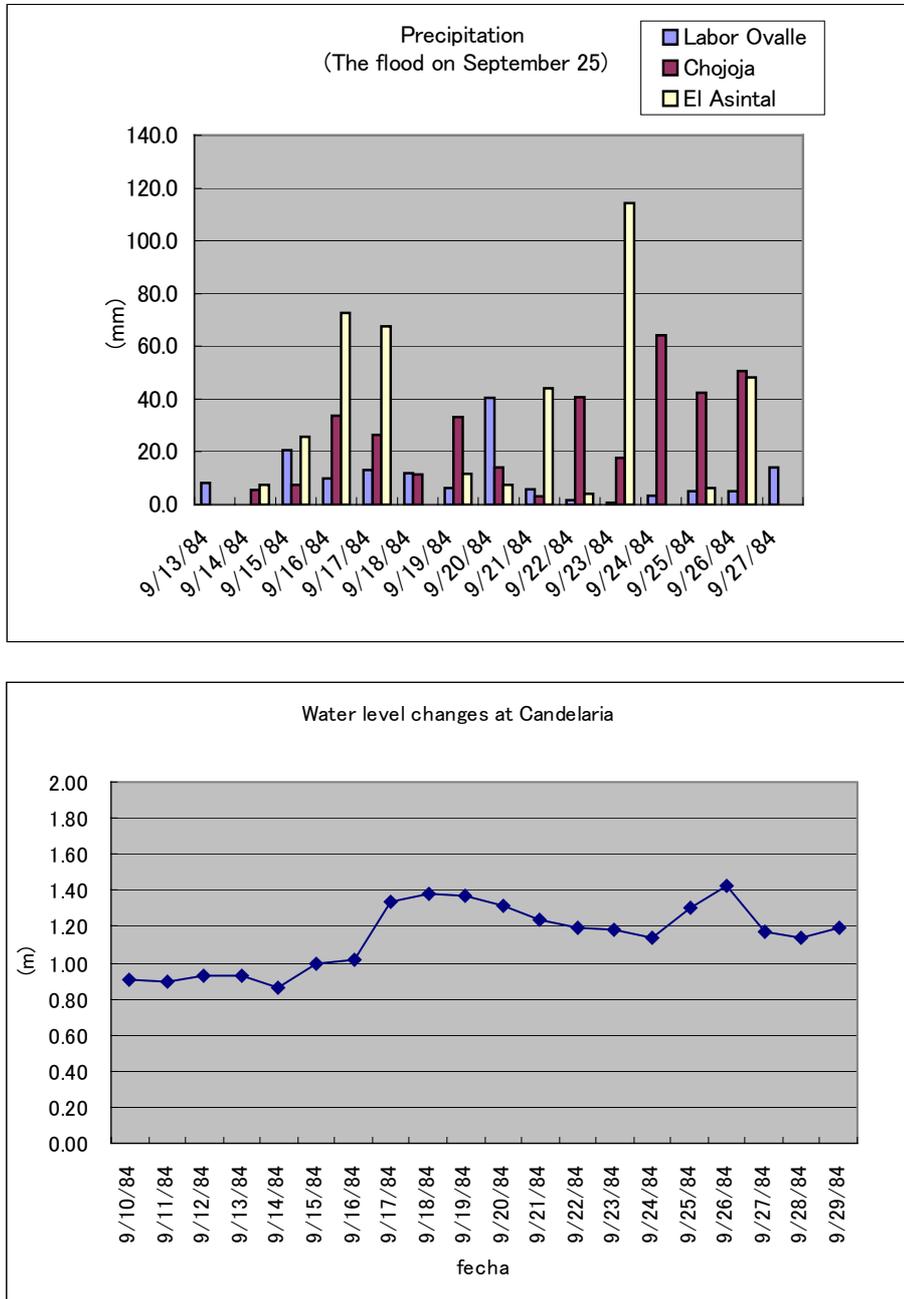


Figura 2.3.4-18 Precipitación y cambios de nivel de agua durante la inundación del 25 de Septiembre de 1984

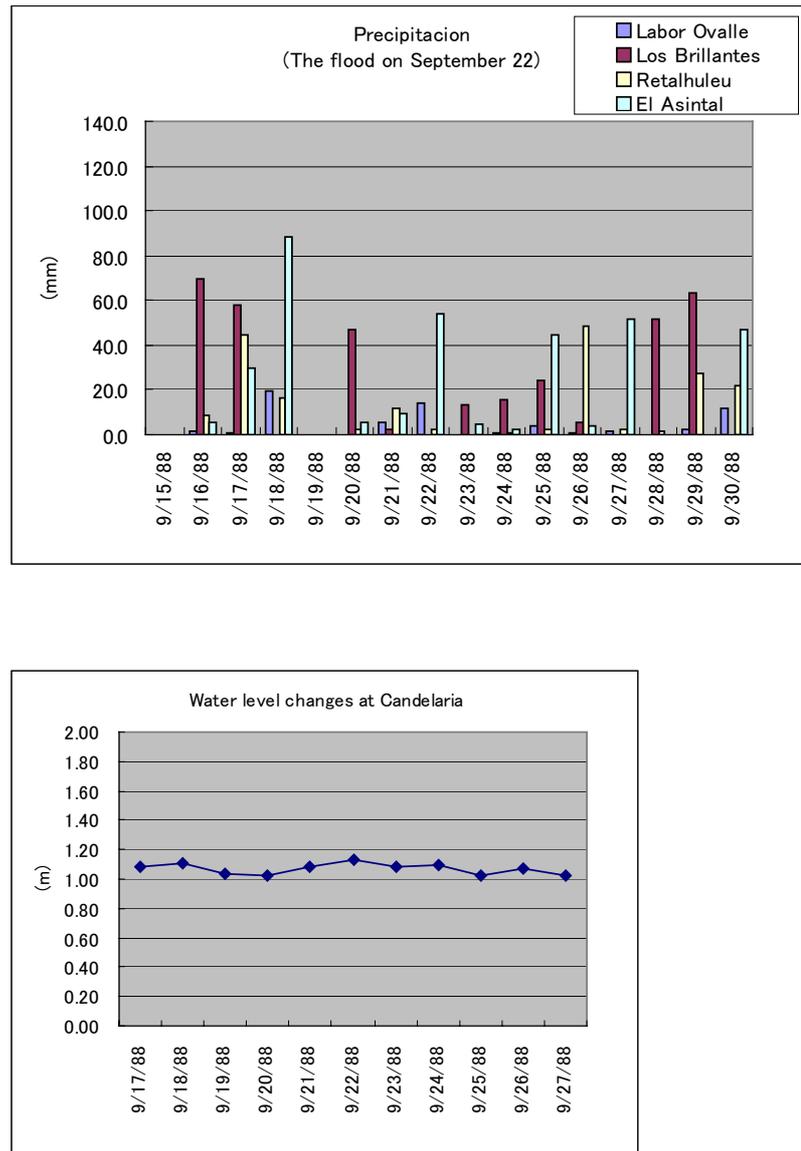


Figura 2.3.4-19 Precipitación y cambios del nivel de agua durante la inundación del 22 de Septiembre de 1988

2) Río Acomé

a) Relieve de cuenca y amenaza de inundaciones

La cuenca del Río Acomé es muy pequeña. En particular, es estrecha en la cuenca alta y no hay una área tributaria suficientemente grande para causar una inundación. El Río Acomé fluye a través de un abanico aluvial desde la cuenca alta hasta La Gomera y desde aquí a una área de tierras bajas hasta el estuario. En la cuenca alta, la superficie de un antiguo abanico aluvial es erosionado para convertirse en un valle poco profundo. El río es solamente una corriente con unos pocos metros de ancho.

Por otro lado, el río Acomé fluye en áreas de tierras bajas en las cuencas media y baja.

En estas áreas, los ríos y canales que se desvían de los ríos Seco, Coyolate, y Achiguate corren en una red interconectada y no hay distinción entre cuencas vecinas. Hay unos 3 m de diferencia de altura desde el cauce a la superficie del terreno, y se forma una terraza cerca de La Gomera. En tal relieve, la inundación puede no ocurrir anualmente, pero una vez que ocurre, el agua se desborda en grandes áreas en un amplio rango debido a que hay poca diferencia en altura en el área de tierras bajas. Adicionalmente, una inundación tiende a ser expandida si otro río también se desborda y se produce una corriente de inundación desde allí.

En las cuencas bajas, existen dunas a lo largo de la costa por cerca de 30km. Las laderas de arena son de 300 a 500 m de ancho y algunas de ellas forman dos filas. Estas laderas son de 3 a 5 m más altas que el área de tierras bajas y no propensas a inundaciones. En las filas de dunas de 30 km de longitud, solamente el Río Acomé tiene un estuario.



Foto 2.3.4-5 Cuenca baja del Río Acomé

Así, las dunas previenen que el flujo de muchos ríos formen tierras húmedas detrás de las dunas. Si se producen fuertes lluvias, las corrientes de inundación se concentran en el Río Acomé, el único dren. En un área de tierras bajas detrás de las dunas, por lo tanto, se espera que una inundación ocurra extensivamente y permanezca por varios días.

En resumen, una inundación en el Río Acomé es causada por los relieves y el sistema hidrológico. El Río Acomé en sí mismo no tiene una gran cuenca tributaria suficiente para causar la inundación. Una inundación ocurre en esta cuenca debido al desborde de corrientes suministradas por muchos ríos y concentradas en el estuario del Río Acomé.

b) Características Hidrológicas

No hay estación hidrométrica sobre el Río Acomé, así que las características hidrológicas no pueden ser analizadas. En consideración de la forma de la cuenca y su relieve, se asume que la relación entre la precipitación en la cuenca y el nivel de agua de los ríos no es clara, pero que el nivel de agua sube lentamente debido a la influencia de los otros ríos, permanece estable por algunos días y luego baja lentamente.

3) Río Achiguate

a) Relieves de la Cuenca y Amenaza de Inundaciones

La cuenca del Río Achiguate es grande. La cabecera del tributario Río Guacalate alcanza Chimaltenango (Apéndice C). El río fluye a través de áreas montañosas y

volcánicas desde Chimaltenango en la cuenca alta hasta Escuintla, un abanico aluvial desde Escuintla hasta cerca de Masagua, y un área de tierras bajas desde Masagua hasta la costa. En particular, un área montañosa que es el área tributaria ocupa dos tercios de la trayectoria del río y muchos tributarios se unen al río donde sale de las áreas montañosas hacia las áreas de tierras bajas. En una cuenca de esta forma, los tiempos de mayor precipitaciones e inundaciones suceden con uno a dos días de separación. Debido a que las corrientes de inundación están concentradas sobre el Río Achiguate desde los tributarios, una inundación tiende a ocurrir en el área de tierras bajas donde el nivel de agua no baja en unos días. Aún cuando la precipitación no sea tanta en las áreas de tierras bajas, puede ocurrir una inundación debido a las precipitaciones en el área de montañas.



Foto 2.3.4-6 Río Guacalate cerca de La Antigua

En la cuenca alta, el Río Guacalate, un tributario del Río Achiguate, fluye por el fondo de una planicie de valle angosto desde Chimaltenango a La Antigua. El río es de unos 3 m de ancho y tiene poco caudal pero fácilmente se desborda en una curva del río, debido a que solamente tiene uno a dos metros de diferencia entre el cauce del río y la superficie de terreno circundante. Sin embargo, una inundación no dura mucho tiempo debido a la inclinación del cauce.

En la cuenca de La Antigua el Río Pensativo es problemático. El curso del río anteriormente corría a través de la cuenca de La Antigua. Después de que la trayectoria del río fue cambiada artificialmente desde donde el mismo viene de la montaña hacia el valle, las inundaciones ocurren frecuentemente en esta ubicación. El río tiene un ancho estrecho comparado con el área de la cuenca, así que fácilmente se desborda. Por otro lado, hay un área de tierras bajas de cerca de 2 m más bajo a lo largo del Río Guacalate, en la cuenca de La Antigua, donde ocurren inundaciones.

El Río Guacalate corre desde Ciudad Vieja hasta Escuintla, a través de un valle encajonado entre los volcanes de Acatenango, Fuego, y Agua. El relieve a lo largo del valle es una terraza, donde no hay riesgo de inundación. Ya que los sedimentos proceden de lava colapsada, están fluyendo desde el Volcán de Fuego, los depósitos de grava se están incrementando en el cauce del río.



Foto 2.3.4-7 Río que se separa del Río Achiguate

Al este de Escuintla, hay un cerro que consiste de depósito de avalancha de escombros antiguo, donde no hay riesgo de inundación. Escuintla también está sobre la superficie de estos depósitos. Las tierras bajas a lo largo del Río Guacalate son una terraza, de 2 m más alto que el cauce del río.

El Río Achiguate se une al Río Guacalate aguas abajo desde Masagua y fluye a través de un área de tierras bajas hasta que llega al mar. Esta área de tierras bajas es una planicie de inundación, donde el agua del río fácilmente cubre el terreno si el Río Achiguate se desborda. Además, ya que muchos ríos se separan del Río Achiguate, las corrientes de inundación fluyen hacia estos ríos, consecuentemente expandiendo la inundación más allá.

Adicionalmente, el Río Achiguate tiene una trayectoria diferente cada vez que ocurre una inundación, y el rango de la misma varía dependiendo de su dirección.

En la cuenca baja hay dunas a lo largo de la costa. Estas son de dos a tres metros más alto que el área de tierras bajas y generalmente no son inundadas, excepto cuando el Huracán Mitch causó una inundación. El área de tierras bajas interior desde las dunas, permanece cubierto con agua por un tiempo de varios días después de una inundación debido a que muchos ríos son bloqueados son bloqueados por las dunas.

Hay ríos secos cerca de Puerto San José, donde una corriente de inundación desde el Río Achiguate fluye causando inundaciones. En este puerto frecuentemente ocurren inundaciones debido a las fuertes precipitaciones.



Foto 2.3.4-8 La cuenca baja del Río

El Río Achiguate es de unos 50 m de ancho cerca del estuario. Una inundación fácilmente se expande en este relieve cada vez que el nivel del río sube, debido a que no hay inclinación del cauce del río o diferencia en altura con las áreas de tierras bajas circundantes.

b) Características Hidrológicas (especialmente basado en el aguacero de 1987)

Hay un registro con ocasión de fuertes lluvias del 11 y 12 de Septiembre de 1987, en que el Río Achiguate y el Canal Chiquimulilla se desbordaron e inundaron 500 casas. Las siguientes cifras muestran el registro de nivel de agua de Alotenango (Río Guacalate) y el registro de precipitación de las cuatro estaciones de observación en la cuenca en ese tiempo. Santa Cruz Jilotepeque está ubicada cerca de Chimaltenango en la cuenca alta. Sabana Grande está ubicada entre Alotenango y Escuintla.

Comenzó a llover el 9 de Septiembre pero había llovido también unos pocos días antes. En la cuenca, llovió más fuerte en el área montañosa cerca de Alotenango y Escuintla. En Alotenango la respuesta del nivel de agua es rápida debido a que el área de lluvia y la estación de observación están cerca una de otra. El nivel del agua comenzó a subir el 9 de Septiembre y llegó a su pico el día 11, cuando llovió más fuerte. Después bajó el nivel del agua. En Escuintla, se registró la máxima precipitación de 106mm/d el 11 de Septiembre. Ya que ocurrió inundación en el Río Achiguate y el Canal de Chiquimulilla en la cuenca baja los días 11 a 12, podemos observar que la precipitación en el área montañosa y el área de inundación están separadas por dos días.

Aunque se registró una precipitación de 400mm/d en el Puerto de San José el 10 de Septiembre, eso fue solo un día y la mayor causa de la inundación se asume que fue la precipitación en el área montañosa.

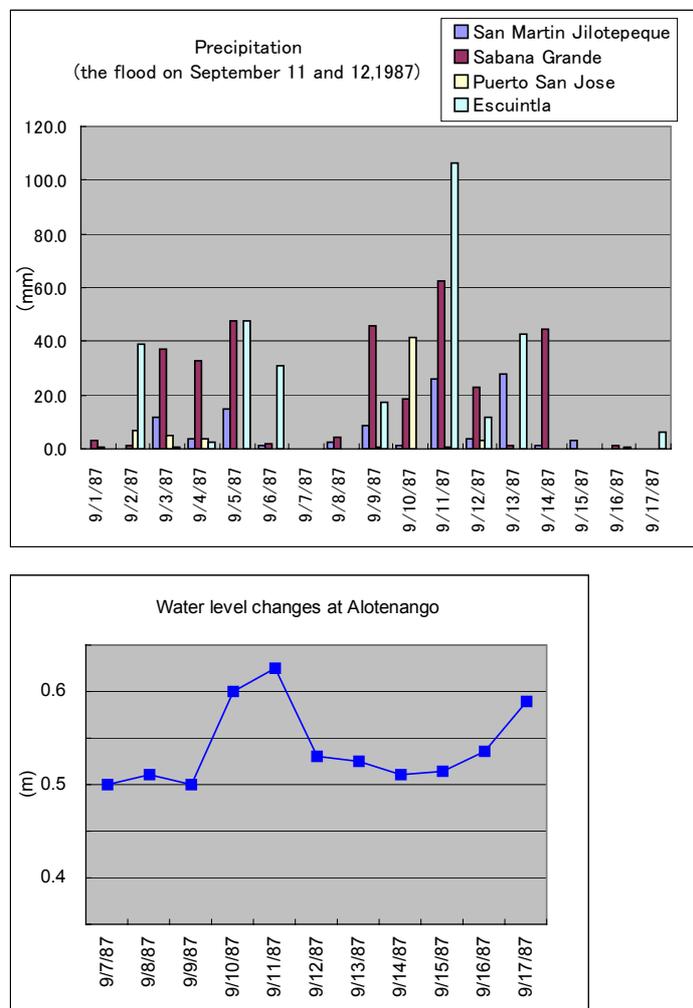


Figura 2.3.4-20 Precipitación y cambios de nivel de agua durante una inundación de 11 a 12 de Septiembre de 1987

4) Río María Linda

a) Relieve de Cuenca y amenaza de inundaciones

El Río María Linda tiene una cuenca grande si se incluye a su tributario el Río Michatoya. La cuenca alta de este río es una área montañosa. El río fluye a través de un área de tierras bajas desde cerca de Brito a la costa. El Río Michatoya incluye la mitad sur de la Ciudad de Guatemala, desde donde los ríos fluyen a unirse al Lago de Amatitlán, y luego se convierte en el Río Michatoya desde allí, y fluye a través de un barranco entre el Volcán Pacaya y el Volcán de Agua. El río se une al Río María Linda cerca de Brito.

Tal como el Río Achiguate, la cuenca tiene una gran área tributaria con montañas en la parte alta, y produce que el pico de la precipitación y la inundación estén uno o dos días separados.

Adicionalmente, las corrientes de inundación desde los tributarios se unen para causar una inundación en un área baja. Aún si hay poca precipitación en tierras bajas, la precipitación en un área montañosa puede causar una inundación. Sin embargo, ya que el Lago Amatitlán tiene una función de embalse que temporalmente retiene y regula una inundación, las fuertes lluvias cerca de la Ciudad de Guatemala no fácilmente causan una inundación del Río Michatoya.

En la Ciudad de Guatemala muchos ríos se unen para formar el Río Villalobos que fluye a través de una planicie de valle. Hay poco riesgo de inundación debido a que el cauce del río es dos a tres metros más bajo que la superficie del terreno. Sin embargo, la erosión lateral fácilmente se produce en las curvas, etc. En el pueblo de Amatitlán, el río seco que fluye desde el área oeste de montaña se desborda frecuentemente. Esto es debido a que a la salida del área montañosa se forma un abanico aluvial, y la trayectoria del río se curva.

El Río Michatoya que fluye fuera del Lago Amatitlán fluye a través de un valle profundo entre los volcanes de Pacaya y de Agua. No hay riesgo de inundación aquí. Donde el Río Michatoya y el Río María Linda salen del área montañosa a las tierras bajas, el relieve es una planicie aluvial pero el cauce del río tiene pocos metros de altura formando una terraza. Hay poco riesgo de inundación excepto para una fuerte lluvia tal como la del Huracán Mitch. Adicionalmente, sobre el lado oeste del Río Michatoya yace un cerro (depósito de avalancha de escombros), donde hay poca amenaza de inundaciones.

No hay más terrazas aguas abajo de Brito, y el río fluye a través de una planicie aluvial muy plana. Diferente al Río Achiguate o al Río Samalá, los ríos no tienen grava sino que mayormente limo como los depósitos de cauce. En la planicie de inundación corren muchas corrientes y canales que se desvían del Río María Linda. Una vez que

ocurren las inundaciones, el agua probablemente se extiende sin fin debido a que no hay frontera geomorfológica.

En la cuenca baja, hay dunas a lo largo de la costa. El río corre a lo largo de estas dunas hasta el Océano Pacífico. Atrás de las dunas yace un área de tierras bajas, tierras húmedas dispersas con canales y lagunas. El agua no es drenada fácilmente en tales tierras. Si el Río María Linda sube para expandir la inundación, esta se espera que permanecerá por varios días.

b) Características Hidrológicas (especialmente basado en el aguacero de Septiembre de 1982)

El Río María Linda inundó frecuentemente el Puerto San José de Iztapa en la cuenca baja. Hay un registro de inundación del 20 de Septiembre de 1982, en que el río se desbordó al Puerto San José, forzando a la gente a evacuar. Las siguientes cifras muestran el nivel de agua en Palín y los datos de precipitación en tres estaciones de observación en la cuenca. Palín está localizado en el Río Michatoya al sur de Amatitlán. El caudal comenzó a incrementar el día 19 y llegó a su pico el día 20.

En la Ciudad de Guatemala, la cuenca alta del Río María Linda, en este tiempo se registró una precipitación diaria de 300mm el día 19. Generalmente la lluvia que cae en la Ciudad de Guatemala fluye hacia el Lago de Amatitlán y así se embalsa temporalmente, haciendo una suave correspondencia entre la precipitación y el caudal. Debido a que la correspondencia fue muy abrupta en este caso, debe de haber ocurrido un aguacero en un amplio rango. El día 20 hubo un aguacero de 150mm/d también en Escuintla y el Puerto San José. Estas precipitaciones se combinaron causando la inundación.

En suma, la inundación del río parece ser influenciada un día después por la lluvia que cae sobre el área montañosa en la cuenca alta, o dentro del mismo día por lluvia que cae en el área de tierras bajas de la cuenca baja.

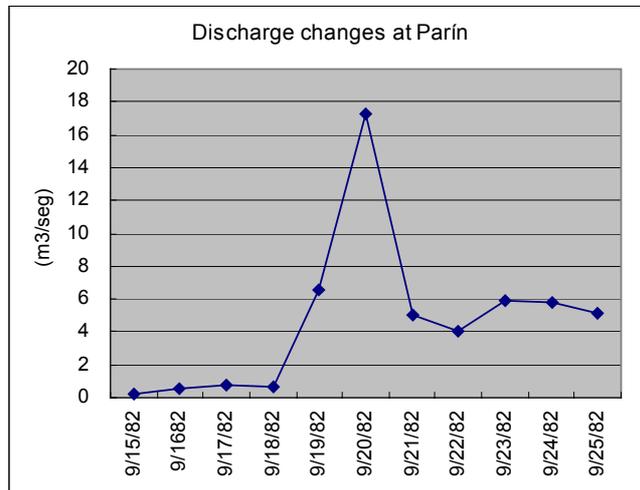
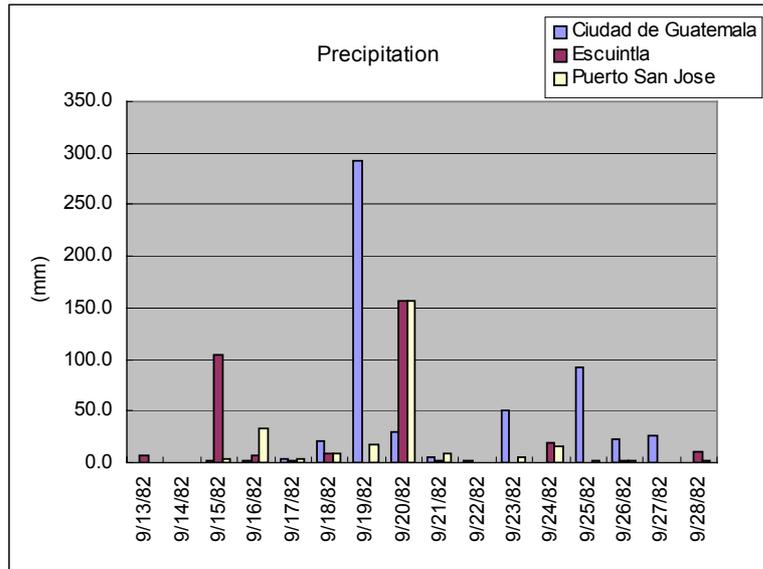


Figura 2.3.4-21 Precipitación y cambios de nivel de agua durante la inundación del 20 de Septiembre de 1982

2.3 Mapeo de Amenaza

2.3.1

2.3.2

2.3.3

2.3.4

2.3.5 Estudio de Ambiente Social

Los desastres ocurren no solamente debido a fenómenos naturales destructivos, los cuales son elementos agresores, sino debido a la fragilidad de los edificios, infraestructura, y usos de la tierra, así como a la capacidad de resistencia al desastre de parte del pueblo y la sociedad. Los desastres no pueden ser paliados solamente sobre la base de condiciones naturales. Aunque la evaluación de las condiciones naturales es enfatizada en este proyecto, es extremadamente importante reconocer las condiciones sociales a efecto de elaborar y utilizar los mapas de amenaza. Esta sección describe las características de ambientes sociales basados en el estudio de campo.

Lo atinente a población, edificios y leyes sobre construcción se explican en Ow2-12.

(1) Recuperación y rehabilitación por el Terremoto de Guatemala de 1976 y el Desastre del Huracán Mitch en 1998

El Terremoto de 1976 en Guatemala es recordado por muchos adultos que vivieron en o cerca de la Ciudad de Guatemala. En particular el norte de la Ciudad de Guatemala y la Ciudad de Chimaltenango sufrieron grandes daños, y la gente recuerda aún en fragmentos, sobre los daños ocasionados a los edificios, y que ellos tuvieron que soportar condiciones difíciles. Actualmente los daños por el Terremoto de Guatemala pueden ser identificados solamente en los deslizamientos. La mayoría de las casas están reconstruidas, y no hay rastros de los daños de ese tiempo. En Enero del 2001, los medios de prensa, ofrecieron reportes de los daños de ese terremoto, por celebrarse el 25 Aniversario, lo que ofreció al público una buena oportunidad de recordar cosas casi olvidadas.

El Huracán Mitch produjo en Guatemala diversos daños tales como deslizamientos, inundaciones, erosión lateral de los ríos, y arrastre de carreteras y puentes. Debido a que todavía existen las marcas, los residentes recuerdan muy bien acerca de eso. En la medida en que nosotros hemos visto en el campo, las carreteras, puentes, y estructuras de ríos fueron reparados solamente sobre una base de primeros auxilios, dejando algunos de ellos propensos a posteriores daños. En particular, las estructuras de ríos tienen algunas secciones con erosión lateral severa, y permanecen con alta propensión a nuevos daños en casas, carreteras, y tierras agrícolas, debido a eso. En la región agrícola de la costa del Pacífico, las áreas de inundación, incluyendo las aldeas, han sido restauradas, y la gente sigue viviendo como si nada ha pasado. Sin embargo, la fragilidad sigue casi igual que antes del Huracán Mitch.

(2) Población

Los datos disponibles de población corresponden al X Censo Nacional de Población de 1994, y publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en Marzo de 1996.

En base a lo anterior los datos de población por Departamento se muestran en la Tabla 2.3.5-1. Los Departamentos que son incluidos en forma total o parcial en el presente Estudio se marcan con asterico (*).

Tabla 2.3.5-1 Población de Guatemala por Departamento

DEPARTAMENTO	TOTAL			URBANA			RURAL		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
GUATEMALA *	1,813,825	865,663	948,162	1,285,828	606,230	679,598	527,997	259,433	268,564
EL PROGRESO	108,400	53,381	55,019	28,788	13,601	15,187	79,612	39,780	39,832
SACATEPEQUEZ*	180,647	89,379	91,268	127,409	62,767	64,642	53,238	26,612	26,626
CHIMALTENANGO*	314,813	155,357	159,456	130,855	63,761	67,094	183,958	91,596	92,362
ESCUINTLA*	386,534	194,882	191,652	143,414	70,309	73,105	243,120	124,573	118,547
SANTA ROSA	246,698	124,298	122,400	59,377	28,934	30,443	187,321	95,364	91,957
SOLOLA*	222,094	110,618	111,476	73,856	36,418	37,438	148,238	74,200	74,038
TOTONICAPÁN*	272,094	132,670	139,424	29,188	13,920	15,268	242,906	118,750	124,156
QUETZALTENANGO*	503,857	248,162	255,695	200,727	97,294	103,433	303,130	150,868	152,262
SUCHITEPEQUEZ*	307,187	152,876	154,311	92,784	44,571	48,213	214,403	108,305	106,098
RETALHULEU*	188,764	94,487	94,277	52,316	25,223	27,093	136,448	69,264	67,184
SAN MARCOS	645,418	323,323	322,095	83,890	40,304	43,586	561,528	283,019	278,509
HUEHUETENANGO*	634,374	313,259	321,115	92,409	44,127	48,282	541,965	269,132	272,833
QUICHE*	437,669	214,258	223,411	66,459	31,335	35,124	371,210	182,923	188,287
BAJA VERAPAZ	155,480	76,372	79,108	31,807	15,233	16,574	123,673	61,139	62,534
ALTA VERAPAZ	543,777	270,578	273,199	85,875	40,992	44,883	457,902	229,586	228,316
PETEN	224,884	116,464	108,420	60,115	30,085	30,030	164,769	86,379	78,390
IZABAL	253,153	128,182	124,971	50,192	24,153	26,039	202,961	104,029	98,932
ZACAPA	157,008	77,534	79,474	44,892	21,380	23,512	112,116	56,154	55,962
CHIQUIMULA	230,767	113,260	117,507	58,305	27,161	31,144	172,462	86,099	86,363
JALAPA	196,940	96,566	100,374	53,702	25,134	28,568	143,238	71,432	71,806
JUTIAPA	307,491	152,000	155,491	62,499	29,733	32,766	244,992	122,267	122,725
TOTAL:	8,331,874	4,103,569	4,228,305	2,914,687	1,392,665	1,522,022	5,417,187	2,710,904	2,706,283

La población por grupo de edad se muestra en la Tabla 2.3.5-2.

Tabla 2.3.5-2 Población por Grupo de Edad

Grupo de Edad (Años)	TOTAL			URBANA			RURAL		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Menos de 1	258,845	130,867	127,978	73,169	37,063	36,106	185,676	93,804	91,872
1—4	1,053,217	535,722	517,495	306,407	155,605	150,802	746,810	380,117	366,693
5—9	1,229,428	624,183	605,245	363,971	184,845	179,126	865,457	439,338	426,119
10---14	1,124,702	573,143	551,559	359,787	179,775	180,012	764,915	393,368	371,547
15---19	909,903	442,844	467,059	330,301	156,313	173,988	579,602	286,531	293,071
20---24	708,181	331,911	376,270	269,446	124,053	145,393	438,735	207,858	230,877
25---29	552,600	259,481	293,119	217,062	99,300	117,762	335,538	160,181	175,357
30---34	511,315	244,727	266,588	203,105	93,936	109,169	308,210	150,791	157,419
35---39	439,550	207,715	231,835	173,212	78,904	94,308	266,338	128,811	137,527
40---44	369,107	178,540	190,567	146,537	68,217	78,320	222,570	110,323	112,247
45---49	284,007	137,409	146,598	110,272	50,891	59,381	173,735	86,518	87,217
50---54	231,090	112,564	118,526	90,608	41,563	49,045	140,482	71,001	69,481
55---59	175,684	86,280	89,404	68,806	31,644	37,162	106,878	54,636	52,242
60---64	166,735	82,869	83,866	64,934	29,425	35,509	101,801	53,444	48,357
65 y más	317,510	155,314	162,196	137,070	61,131	75,939	180,440	94,183	86,257
TOTAL:	8,331,874	4,103,569	4,228,305	2,914,687	1,392,665	1,522,022	5,417,187	2,710,904	2,706,283

Los datos de alfabetismo en Guatemala distribuidos por sexo y área se muestra en Tabla 2.3.5-3.

Tabla 2.3.5-3 Población de 15 años o mayor, por alfabetismo, sexo y área

AREA	TOTAL			ALFABETISMO			ANALFABETISMO		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
URBANA	1,811,353	835,377	975,976	1,506,973	741,880	765,093	304,380	93,497	210,883
RURAL	2,854,329	1,404,277	1,450,052	1,488,938	864,095	624,843	1,365,391	540,182	825,209
TOTAL	4,665,682	2,239,654	2,426,028	2,995,911	1,605,975	1,389,936	1,669,771	633,679	1,036,092

(3) Viviendas

1) Condición Actual de las Viviendas

Esta sección sintetiza los resultados del estudio estadístico relacionado con el número de viviendas por áreas y las estructuras de los edificios. La siguiente sección describe algunos temas tales como código de construcción, regulaciones, y diagnóstico de resistencia a los terremotos.

Los datos usados de referencia son los resultados de la encuesta sobre población y vivienda

de Marzo de 1996 realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

La Tabla 2.3.5-4 muestra el número de viviendas por Departamento. El número de viviendas por aldeas se muestra en los datos de final del informe.

Tabla 2.3.5-4 Número de viviendas por Departamento

(fuente: INE)

Departamento	urbana (propoción)		rural (propoción)		total
Guatemala	281,612	72%	111,644	28%	393,256
El Progreso	7,405	28%	19,277	72%	26,682
Sacatepéquez	24,778	70%	10,652	30%	35,430
Chimaltenango	27,750	42%	37,711	58%	65,461
Escuintla	32,168	37%	55,415	63%	87,583
Santa Rosa	14,087	25%	43,188	75%	57,275
Sololá	15,885	35%	29,880	65%	45,765
Totonicapán	7,091	12%	50,358	88%	57,449
Quetzaltenango	41,719	39%	64,200	61%	105,919
Suchitepéquez	20,726	31%	45,904	69%	66,630
Retalhuleu	11,641	28%	29,540	72%	41,181
San Marcos	18,038	13%	116,147	87%	134,185
Huehuetenango	21,288	15%	118,283	85%	139,571
Quiché	16,490	17%	79,203	83%	95,693
Baja Verapaz	8,248	23%	28,102	77%	36,350
Alta Verapaz	17,787	17%	89,243	83%	107,030
Petén	13,644	27%	36,384	73%	50,028
Ízabal	12,267	21%	46,418	79%	58,685
Zacapa	10,912	29%	26,220	71%	37,132
Chiquimula	13,840	27%	37,723	73%	51,563
Jalapa	12,179	29%	29,318	71%	41,497
Jutiapa	15,498	22%	55,869	78%	71,367
Total	645,053	36%	1,160,679	64%	1,805,732

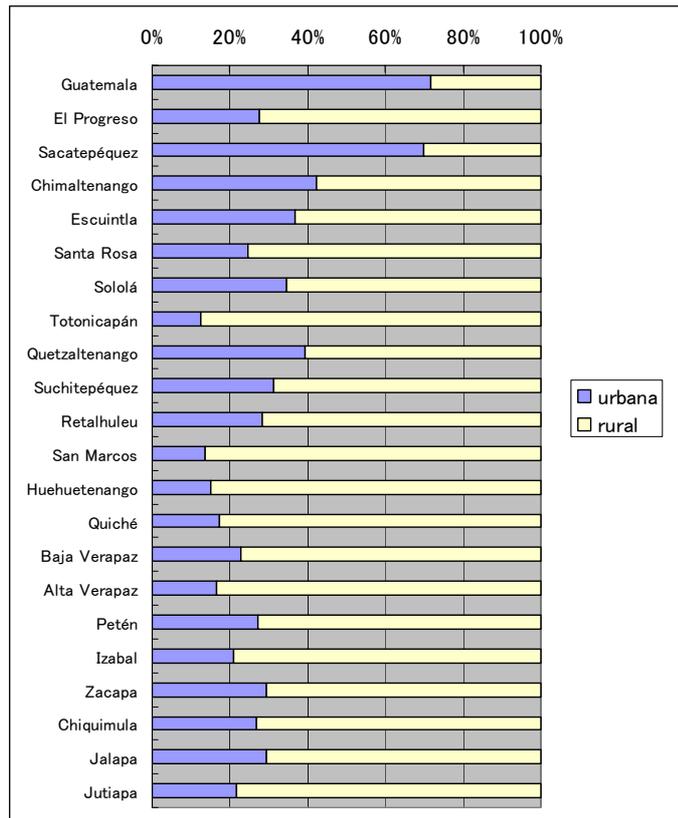


Figura 2.3.5-1 Tasa de viviendas en áreas urbana y rural (fuente: INE)

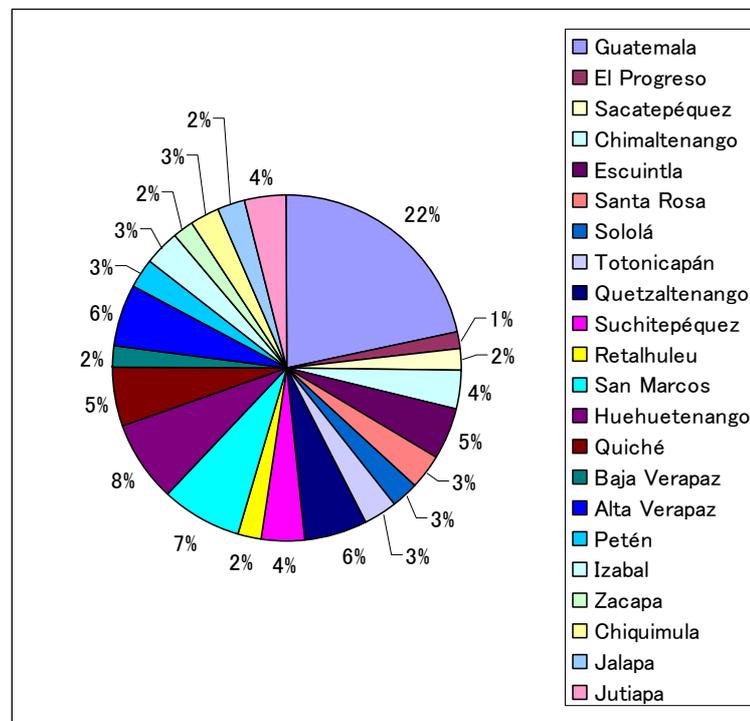


Figura 2.3.5-2 Tasa de viviendas por Departamento (fuente: INE)

La Figura 2.3.5-1 muestra las tasas de viviendas de las áreas urbana y rural por Departamento. Se puede observar que en Guatemala y Sacatepequez, las viviendas están concentradas en el área urbana. En otros Departamentos, hay más viviendas en el área rural. La Figura 2.3.5-2 muestra la tasa de viviendas por Departamento. Se observa que a lo largo de todo el país hay 1.8 millones de viviendas, 20% de las cuales están concentradas en Guatemala.

En este estudio, se ha evaluado el número de viviendas por tipo de material predominante de pared y de techo, sin embargo, no se muestra el número de viviendas por Departamento. Ese dato se muestra en esta sección debido a que se indica una tendencia a nivel nacional.

En el país entero, muchas de las viviendas se hacen de bloque y adobe. En aquellas hechas de adobe, el material de pared en sí mismo tiene baja resistencia a los terremotos. Adicionalmente la mitad de las viviendas tienen techo de tejas, haciéndolas muy pesadas en la parte superior y así menos resistentes a terremotos. En comparación, muchas de las viviendas en el área rural son hechas de adobe o madera. Es de hacer notar también que más de la mitad de las viviendas tienen techos de lámina metálica, haciéndolas propensas a daños por fuertes vientos de huracanes, etc.

Tabla 2.3.5-5 Número de viviendas por tipo de material de pared y de techo (todo el país)

Techo \ Paredes	Concreto	Lamina Metalica	Asbesto Cemento	Teja	Paja, Palma o Similar	Otro	Total
Ladrillo	44,126	22,249	5,887	6,247	479	795	79,783
Block	93,034	371,874	22,394	12,250	6,950	3,950	510,452
Concreto	16,749	19,021	1,951	1,742	435	276	40,174
Adobe	0	245,087	3,199	259,133	27,930	3,467	538,816
Madera	0	233,878	1,992	17,035	36,705	5,146	294,756
Lamina Metalica	0	27,399	0	0	0	262	27,661
Bajareque	0	38,394	0	16,393	30,604	1,345	86,736
Lepa, Palo o Caña	0	71,114	0	5,820	113,913	3,718	194,565
Otro	0	23,790	326	1,108	4,678	2,887	32,789
Total	153,909	1,052,806	35,749	319,728	221,694	21,846	1,805,732

(fuente:INE)

Tabla 2.3.5-6 Número de viviendas por tipo de material de pared y de techo (área urbana)

Techo \ Paredes	Concreto	Lamina Metalica	Asbesto Cemento	Teja	Paja, Palma o Similar	Otro	Total
Ladrillo	38,881	14,322	4,655	2,964	17	603	61,442
Block	77,550	202,976	14,332	5,748	401	2,109	303,116
Concreto	15,609	8,301	1,213	815	16	129	26,083
Adobe	0	77,126	1,062	47,354	654	1,187	127,383
Madera	0	65,387	781	2,239	1,476	942	70,825
Lamina Metalica	0	12,654	0	0	0	133	12,787
Bajareque	0	6,811	0	1,698	943	610	10,062
Lepa, Palo o Caña	0	15,049	0	327	4,011	1,016	20,403
Otro	0	11,414	173	204	310	851	12,952
Total	132,040	414,040	22,216	61,349	7,828	7,580	645,053

(fuente:INE)

Tabla 2.3.5-7 Número de viviendas por tipo de materiales de pared y techo (área rural)
(fuente:INE)

Techo \ Paredes	Concreto	Lamina Metalica	Asbesto Cemento	Teja	Paja, Palma o Similar	Otro	Total
Ladrillo	5,245	7,927	1,232	3,283	462	192	18,341
Block	15,484	168,898	8,062	6,502	6,549	1,841	207,336
Concreto	1,140	10,720	738	927	419	147	14,091
Adobe	0	167,961	2,137	211,779	27,276	2,280	411,433
Madera	0	168,491	1,211	14,796	35,229	4,204	223,931
Lamina Metalica	0	14,745	0	0	0	129	14,874
Bajareque	0	31,583	0	14,695	29,661	735	76,674
Lepa, Palo o Caña	0	56,065	0	5,493	109,902	2,702	174,162
Otro	0	12,376	153	904	4,368	2,036	19,837
Total	21,869	638,766	13,533	258,379	213,866	14,266	1,160,679

2) Marco Legal para Edificaciones

Guatemala tiene una amplia variedad de edificios y estructura. El adobe es todavía de amplio uso en las construcciones residenciales, especialmente en los pueblos pequeños, aldeas y algunas áreas de las ciudades. Adicionalmente, las construcciones en los asentamientos (o áreas marginales) es primariamente de materiales desechados. Las nuevas construcciones residenciales usan cemento, bloques de hormigón ligero, usualmente con varas de acero de refuerzo. La mayoría de los edificios comerciales y edificios públicos y estructuras son construidos con bloques o marcos de acero.

En las agencias locales de gobierno de cada una de las áreas proclives a amenaza de terremotos existen códigos, regulaciones, recomendaciones, inspecciones y procedimientos. Se encontró evidencia de permisos de construcción en todas las áreas pero la implementación o cumplimiento es algo arbitraria y aplicada primariamente a edificios comerciales y públicos y estructuras. En la Ciudad de Guatemala hay un Código de Construcción, pero no está actualizado y no incluye estrictamente factores sísmicos para construcción. Otro documento, una recomendación creada en 1996, tiene factores sísmicos integrados en código pero solo es una recomendación y no ha sido adoptado oficialmente. Una segunda edición de esta recomendación está siendo preparada y se espera para 2001. Otras comunidades tiene alguna forma de regulaciones de construcción pero no son integrales y su cumplimiento es ya sea arbitrario o no estricto.

Relacionado con las medidas contra amenaza de desastres en Guatemala hay varias regulaciones que tratan con materias concernientes a normas de construcción, prohibición de construcción en ciertas áreas, y algunas otras regulaciones. En las siguientes secciones se describen las principales regulaciones.

a) Reglamento de Construcción

Este reglamento fue establecido en 1970 por la Municipalidad de Guatemala y todavía está en vigencia. Regula las actividades de construcción dentro de la Ciudad de Guatemala

para edificios privados y públicos. Al respecto establece lo siguiente:

“Artículo 25. Es responsabilidad exclusiva de la Municipalidad extender los permisos para construir, ampliar, modificar, reparar o demoler un edificio”.

Sin embargo, este reglamento fue elaborado antes del terremoto de 1976, y no considera las áreas de riesgo, por consiguiente no restringe las construcciones en dichas áreas. No obstante, un nuevo reglamento publicado por la Ciudad de Guatemala en 1999 ya las considera.

b) Reglamento de Control Urbano para las Zonas Bajo Régimen Especial de Protección por Riesgos

Este reglamento está en vigencia desde el 28-6-1999. Los principales aspectos de este reglamento son los siguientes:

“Artículo 2. Definiciones:

- a) Area de Protección de Riesgos: Son aquellos limitados para urbanización, debido a la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales potencialmente destructivos.
- b) Area de Conservación Ecológica: Son aquellas áreas que debido a su cubierta forestal, las especies y otros recursos naturales, son necesarios para la sostenibilidad del desarrollo urbano”.

“Artículo 3. Mientras la limitación de todas las áreas de riesgo no esté definida, este reglamento regula los barrancos y cuencas de los siguientes ríos:

Barrancos y cuencas de los ríos dentro del Municipio de Guatemala:

Río Zapote y todos sus tributarios.

Río El Naranjo, que es el límite entre la Zona 7 y el Municipio de Mixco.

Río La Barranca, que es el límite entre la Zona 7 y Zonas 2 y 3.

Río del Bosque, que es el límite entre las Zona 2 y 3.

Río El Marrullero, en Zona 2 y Río El Aguacate que es el límite entre las Zonas 2 y 6.

Río Las Vacas, que es el límite entre la Zona 6 y 18, y todos sus tributarios.

Río Negro y Río El Sauce, que son los límites entre las Zonas 10 y 15.

Río Contreras, que es el límite entre las Zonas 15 y 16.

Riachuelo de Santa Rosita y Quebrada Agua Bonita en Zona 16.

Río Canalitos y todos los tributarios dentro de la Ciudad de Guatemala.

Río Méndez, Río Monjitas, Río Acatán, Río Aceituno, y Río Agua Tibia, todos ellos en Zona 17.

Quebrada El Toro, en Zona 18

Río Pinula, que es el límite entre Zona 14 y el Municipio de Santa Catarina Pinula.
Río Guadrón y Río Guadroncito, que son los límites entre las Zonas 12 y 13.
Quebrada El Frutal, que es el límite entre Zona 12 y el Municipio de Villanueva.
Río Molino y Quebrada El Arenal, que es el límite entre la Zona 11 y el Municipio de Villa Nueva.”

“Artículo 4. Todas las personas, propietarios de estas zonas (areas de protección de riesgo) deberán establecer un máximo índice de ocupación de 20%, para cualquier uso; y el area remanente deberá ser usada como *area de conservación ecológica*.”

“Artículo 6. Los propietarios de estas *areas de protección de riesgo*, además de cumplir con el Reglamento de Construcción deberán llenar los siguientes requisitos:

- ◆ Basado en las normas recomendadas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, deberán someter lo siguiente:
 - Dictamen Geotécnico Tipo IV, de todo el terreno
 - Notas Técnicas de los calculos de las estructuras anti-sísmicas, para el área a ser usada para la construcción.
- ◆ Para el area a ser usada como de conservación ecológica (80% del terreno) deberá someter un plan de manejo del area y sus recursos naturales, basado en la reforestación, conservación y protección de las especies animales y vegetales, y la cooperación para la recuperación de las cuencas contaminadas.
- ◆ Estudio de Factibilidad de las areas de conservación ecológica (80% del terreno), incluyendo costos de manejo y mantenimiento de las areas, así como obligaciones del propietario.
- ◆ Para el caso de parques ecológicos deberá incluir los diseños urbanos y arquitectónicos.”

c) Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala

Estas Normas han sido elaboradas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) en 1996. Aún cuando hay varios aspectos que todavía no han sido cubiertos dentro de estas norma, es digno de mencionar aquellas relacionadas con nuestro estudio y que aparecen resumidas en las siguientes secciones.

◆ Nivel de Protección Sísmica

El Índice de Sismicidad (I_0) es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación.

◆ Mapa de Macro Zonificación Sísmica de Guatemala

Para el uso de estas normas, se divide el territorio de Guatemala en cuatro macro-zonas caracterizadas por un Índice Sísmico como $I_0=2$ a $I_0=4$. Debido a la alta sismicidad no hay valores entre 0 y 1. La distribución se muestra en la Figura 2-2/1 de las Normas en capítulo 2-2.1.

◆ Elementos Sísmicos para Diseño Estructural

Para el diseño de estructuras se usan tres clases de espectros de diseño, así:

① Básico

Está basado en la siguiente función:

$$S_a(T)=A_0 * D(T)$$

Donde:

$S_a(T)$: representa la respuesta sísmica máxima de un oscilador elástico simple.

A_0 : Es una medida de la aceleración máxima efectiva del terreno correspondiente al sismo básico de diseño.

T : Es el período de vibración del oscilador y representa al período fundamental de vibración de la estructura o al período de alguno de sus modos de vibración, según el método requerido para el análisis.

$D(T)$: Representa la amplificación dinámica de la respuesta máxima del oscilador elástico simple. Es función del parámetro T , y depende del tipo de perfil del suelo en el sitio de construcción.

Los perfiles de suelos son tal como se muestran en la Tabla 2.3.5-8.

Tabla 2.3.5-8 Clasificación de Perfiles de Suelos

Tipo de Suelo	Velocidad de Onda de Corte (m/seg)	Profundidad del Suelo (m) PS	Características
S1	>800	<50	Roca de cualquier clase o suelo rígido cuyo basamento rocoso está a una profundidad menor a PS, y constituido por cenizas volcánicas, arenas, gravas densas o arcillas firmes.
S2	>800	>50	Suelo firme, cuyo basamento rocoso está a una profundidad mayor a PS y cuyos depósitos son cenizas volcánicas, suelos granulares densos, limos densos o arcillas firmes. En general, suelos firmes y estables cuyos perfiles no clasifican como S1 ni como S3.
S3	<200	>10	Depósitos de cenizas, arenas, limos desde suelto hasta densidad media. Depósitos de arcillas blandas o semi-blandas con o sin estratos arenosos intermedios. En caso de duda se tomará el resultado más crítico de suponer perfil S2 y S3.

② Frecuente

Se define como “sismo frecuente” aquel que tiene altas probabilidades de ocurrir una o acaso más veces durante la vida útil de una edificación. Se basa en la siguiente función:

$$S_f(T) = A_f * D(T)$$

Donde:

A_f : Es una medida de la aceleración máxima del suelo producida por el “sismo frecuente”.

$D(T)$: Como definida anteriormente

③ Extremo

Se define como “Sismo Extremo” al que tiene la máxima intensidad que puede ocurrir en el sitio. Se basa en la siguiente función:

$$S_u(T) = 1.3 * A_o * D(T) * k_u(T)$$

Donde:

A_o y $D(T)$ son los definidos anteriormente.

$K_u(T)$: Factor de modificación que recalibra la función $D(T)$ para tomar en cuenta el amortiguamiento post-elástico de la estructura producidas por el evento extremo.

④ Clasificación de Dictámenes Geotécnicos

Tabla 2.3.5-9 Resumen de la Clasificación de Dictámenes Geotécnicos

Tipo	Características
I (simple)	Informe escrito del ingeniero o del ingeniero civil geotecnista si fuera necesario, a juicio del primero.
II	Verificación geológica del area general e investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista.
III	Investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista para el diseño de estructuras especiales que requieran la evaluación de interacción suelo-estructura o para cimentaciones especiales.
IV	Investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista, con el soporte eventual del ingeniero geólogo o geofísico. La investigación hará énfasis particular en las características dinámicas del suelo de cimentación.
V (complejo)	Investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista que requiera la participación activa del ingeniero geólogo y/o geofísico, como en el caso IV pero para obras de mayor complejidad y dimensiones.

(4) Problema de la Pobreza

Hay un tema de pobreza en la raíz de la fragilidad a los desastres. En particular, los indigentes mayormente viviendo en las áreas montañosas (comunidad rural) sufren más de la pobreza. Ellos continúan teniendo un bajo nivel de vida porque no tienen los medios para una producción agrícola estable o producción de campo. La pobreza los inhibe de las oportunidades de educación, resultante en una tasa baja de alfabetismo.

El tema de la pobreza es importante también en la prevención de desastres y protección del medio ambiente. En el área urbana el pobre vive en condiciones ambientales precarias. Muchos de los pobres viven en laderas o tierras bajas a lo largo de los ríos, es decir, áreas con alto riesgo de desastres. En la Ciudad de Guatemala, las barriadas se forman a menudo en o cerca de los barrancos sobre una meseta de flujo piroclástico. Una barriada en tales laderas está expuesta a derrumbes. Adicionalmente, las casas están propensas a perderse debido a la erosión lateral de los ríos. Los esfuerzos del gobierno relativo a la prevención de desastres a través del traslado desde ubicaciones peligrosas, parecen no estar siendo efectivas en las extensas urbanizaciones en medio de la pobreza.

La baja conciencia ambiental del pobre es otro serio problema. Muchos de los ríos urbanos incluyendo aquellos en la Ciudad de Guatemala están seriamente contaminados debido a que todos las aguas residuales y basura de las barriadas son descargados en los ríos. Ríos y laderas son usados como depósitos de drenajes y de basuras. Al respecto, la Autoridad para el Manejo Sostenible del Lago de Amatitlán (AMSA) está elaborando varios panfletos y está orientando a los residentes. Sin embargo, no hay prospecto de lograr la meta de purificar los ríos debido a que la concientización requerida para la protección ambiental de los ríos no ha sido desarrollada.

El Lago de Amatitlán, hacia el cual fluye la mitad de las aguas residuales de la Ciudad de Guatemala, está todavía seriamente contaminado. Se espera que en el lago se pueda desarrollar un lugar turístico, pues dispone de una hermosa caldera al pié del Volcán Pacaya. Sin embargo, solamente hay una pequeña instalación turística a un extremo del lago, debido a la baja calidad del agua.

Las grandes ciudades tal como la Ciudad de Guatemala, están viendo dos círculos viciosos al mismo tiempo: (1) Crecimiento poblacional e inmigración → pobreza → deterioro del medio ambiente → incremento de áreas peligrosas, y (2) Rápida urbanización → deterioro del ambiente urbano → infraestructura urbana frágil → incremento de áreas peligrosas y su número de habitantes.

(5) Uso de la Tierra y Amenaza

El uso de la tierra y el riesgo de desastres tiene una relación cercana en términos de desastres volcánicos, inundaciones, y deslizamientos.

En una región alrededor de un volcán, las ubicaciones más próximas al volcán son más fácilmente influenciadas por las eyecciones, mientras que un área a lo largo de un valle es más propenso a daños por flujos piroclásticos y lahares. La aldeas, a menudo formadas a lo largo de valles alrededor de un volcán activo, son propensas a amenazas de flujos. Aquí y allí, los usos de tierras con una brizna de margen de desastres volcánicos se ven tal como en una parte de la Ciudad de Quetzaltenango, sobre el pié norte del Cerro Quemado, asentado en los antiguos depósitos de avalancha de escombros, o la expansión de aldeas y tierras agrícolas sobre un abanico aluvial del Río Samalá aguas debajo de Santiaguito, donde la producción de sedimentos está incrementando rápidamente.

Cuando ocurre una inundación, las tierras bajas a lo largo de un río o los taludes socavados de un río están propensos a inundación o erosión lateral. Adicionalmente, la cuenca baja de un río que fluye hacia el Pacífico, sin tener bordos de contención, tiene un excesivamente gran rango de inundación y tiende a inundar muchas granjas y aldeas.

Referente a los deslizamientos, una ubicación más distante del talud, es por supuesto menos propenso a desastres. Sin embargo, mucha gente no tiene elección sino vivir cerca de una ladera o sobre la misma, debido a las restricciones de tierra y razones económicas. El límite para habitar sobre una ladera es de unos 35 grados, y ninguna colonia de ilegales (invasiones) está formada en laderas más empinadas. En la Ciudad de Guatemala, muchas invasiones están formadas en taludes con inclinaciones de unos 25 grados. En la región nor-este (Departamentos de Quiché y Huehuetenango), la población no está tan concentrada como para vivir en laderas. Sin embargo, las casas están dispersas y las aldeas están formadas en abanicos aluviales o conos

al pié de montañas, justo bajo una ladera, o sobre un deslizamiento de piedemonte.

En lo relativo a desastres por terremoto, nadie puede evitar influencias hasta cierto grado, debido a que los daños por vibración pueden básicamente ocurrir en cualquier lugar. Aunque hay algunas diferencias dependiendo de la distancia desde el centro sísmico y la ubicación en relación a una falla activa. Respecto al uso de la tierra, se debe prestar atención acerca de los fenómenos fuertemente influenciados por el terreno y las condiciones geomorfológicas tales como derrumbes y licuefacción.

(6) “Determinación de Vulnerabilidades en Nuevos Asentamientos Humanos del Área Metropolitana de Guatemala” por CONRED

Este informe fue elaborado para el proyecto del BID "Reducción del Riesgo Asociado a Desastres Naturales en Asentamientos Humanos del Área Metropolitana de Guatemala" y fue publicado en Febrero de 2002.

Esta investigación se hizo en relación a la vulnerabilidad en cooperación con residentes de un asentamiento con malas condiciones en lo relativa a desastres en la Ciudad de Guatemala. Fue realizada bajo la guía técnica de Dr. Juan Carlos Villagrán de León. Viendo a la comunidad local desde el punto de vista de desastre, su vulnerabilidad se volvió evidente. Debido a razones políticas y económicas, mucha gente migró desde áreas rurales hacia la Ciudad de Guatemala, y como la ciudad creció, ellos empezaron a vivir en áreas con alta amenaza tales como taludes y planicies de valle sin suficiente preparación, para formar una barriada o área marginal. Esta gente de áreas rurales a menudo no tiene destrezas para obtener un trabajo en la ciudad. Habiendo huido de la pobreza de las áreas rurales, ellos todavía sufren y no tienen elección sino que vivir en sitios más peligrosos de los que ellos estaban acostumbrados. Esta investigación no encontró un medio efectivo para remover la vulnerabilidad de esas barriadas pero logró el reconocimiento de la necesidad que la gente debería conocer de la presencia de CONRED y que esta debería proveer a ellos con información. Las agencias relacionadas a desastres son requeridas a suministrar entrenamiento sobre prevención de desastres a las personas más vulnerables y los niños, mediante el uso de palabras fáciles de entender en vez de términos difíciles.

(7) Análisis del Statu Quo de la Sociedad por el Grupo de Estudio de JICA

1) Vulnerabilidad de la Sociedad

En vista de las condiciones sociales, la vulnerabilidad en aspectos sociales tales como pobreza, falta de cultura de desastres, y ausencia de visión sobre las políticas de tierras, está

directamente relacionada con la ocurrencia de desastres.

La pobreza priva a la gente la elección de tierra, forzándolos a vivir en tierras que no son apropiadas para vivir tales como taludes abruptos y tierras bajas a lo largo de ríos. Además, la gente y las comunidades que viven en tales tierras no tienen suficientes instalaciones de prevención de desastres tales como aparatos de comunicación y rutas de evacuación. Ellos a menudo obtienen información sobre desastres a través de la radio o televisión y escaparían en base a su propia decisión. Todavía no hay suficientes centros de evacuación o rutas de escape que permitan a la gente ir arriba de taludes hacia mesetas seguras. Los derrumbes ocurren inmediatamente cuando golpea un terremoto, sin darles tiempo a ellos para evacuar.

Además, la experiencia de desastres no se comunica en una forma adecuada debido a que la migración de la gente es intensa y hay muchos nuevos residentes. La herencia de desastres, es decir la comunicación de los desastres pasados a la nueva generación o recién llegados, es efectiva in disminuir la vulnerabilidad.

Además, el gobierno todavía no ha puesto restricciones sobre residencia o uso de la tierra en áreas peligrosas, con el propósito de desarrollar una comunidad inmune o resistente a desastres. Aunque las agencias del gobierno, después del Huracán Mitch, han estado activas trabajando sobre prevención de desastres, el mayor problema en prevención de desastres para mucha gente que vive en áreas peligrosas todavía no ha sido resuelto.

Tanto como lo que conocemos del estudio de campo, las carreteras y estructuras de ríos solamente son reparadas sobre la base de primeros auxilios o han sido aparentemente dejados mayormente sin atención. En lo relativo a las carreteras de montañas, aún las carreteras principales tienen las caras de taludes sin tratamiento después de los cortes, de donde ocurren frecuentemente caídas de rocas y derrumbes. Algunos de los puentes están propensos a peligro de socavación.

En vista de control de inundaciones y manejo de calidad de agua, el manejo de cuencas es importante. Guatemala es un país con superioridad en agricultura que usa grandes partes de taludes como tierras agrícolas. Un talud con inclinación 15 grados o más tiende a tener un lavado de suelo significativo, causando flujo de escombros e inundaciones. El desarrollo agrícola en la zona montañosa del Volcán de Agua constituye una de las causas del desastre de flujo de escombros que ocurrió en Ciudad Vieja en Junio de 2002. Hay algunas tareas importantes pendientes de ser completadas, tales como la asistencia para plantación de árboles en la cuenca alta, restricciones sobre el uso de la tierra basado en la evaluación del uso de la tierra a lo largo de los ríos, fijación de caudales de inundación planificadas, y planificación de construcción de revestimientos y bordos de contención.

2) Tareas en Varios Niveles de Organización

a) A nivel de País

Un país representa la unidad más básica para las actividades de prevención de desastres. Las agencias nacionales deberían hacer serios esfuerzos para planes de prevención de desastres en varios países en desarrollo. Actualmente las agencias relacionadas están trabajando exitosamente cooperando y compartiendo tareas con CONRED la cual opera como figura central. Sin embargo, cada una de las agencias no tiene suficientes recursos humanos y físicos. La habilidad para la prevención de desastres deberá ser mejorada a través de esfuerzos del Gobierno de Guatemala y la asistencia efectiva de los países donantes y las agencias de cooperación.

INSIVUMEH, que fue organizado para suministrar información oportuna y precisa y para la estimación de fenómenos naturales a agencias relacionadas a la prevención de desastres, debería mejorar activamente los equipos de observación, equipos de análisis y programas, e incrementar el personal de observación y los ingenieros para análisis. Para una estimación apropiada de desastres, deberán mejorarse las cadenas de observación, a efecto de adquirir datos tales como presión del aire, velocidad del viento, precipitación, datos de terremotos, y datos de observación volcánica en intervalos apropiados.

b) A Nivel Departamental

En el nivel departamental, la cuenca debería constituir una unidad de actividades de prevención de desastres. El mapa de amenaza a nivel departamental, a ser creado en el proyecto, debería ser utilizado para desarrollar una región segura y atractiva para hacer un plan de uso de la tierra de área amplia, en vista de la prevención de desastres, por ejemplo, restricción en la plantación y tala de árboles, y establecimiento de sistema de producción como una región, y así reducir el número de personas que no tienen alternativa más que abandonar sus aldeas.

c) A Nivel Municipal

La comunidades deberán mejorar la resitencia a desastres de las comunidades proveyéndoles orientación. Mediante el uso de los mapas de amenaza elaborados en este proyecto una municipalidad sera capaz de proveer a los residents con educación y orientación sobre prevención de desastres. Además, a una municipalidad se le requiere que haga esfuerzos en eliminar la vulnerabilidad, por ejemplo, mediante la restricción sobre el uso de la tierra en áreas de amenaza.

d) A Nivel de Comunidad

La comunidad deberá tener conciencia que preservación y seguridad de la vida son compatibles entre sí, mientras que los residentes deberán tener alta conciencia de la prevención de desastres, de tal manera que no solo la gente de esta generación sino que también sus hijos y nietos puedan vivir en un ambiente seguro. Ellos deberán reconocer que, espacialmente, las ciudades y aldeas, de cuencas altas y bajas, y las áreas arriba y debajo de los acantilados, están ligados entre sí en términos de prevención de desastres. Las organizaciones de nivel superior deberán proveer información en un vocabulario fácil de entender porque sería difícil para los residentes tener tal comprensión de su propio.

(8) Medidas contra Inundaciones

Se condujo un estudio en cuatro ríos en el área de estudio con el fin de determinar las medidas o instalaciones existentes contra las inundaciones.

Para el Río Samalá, la grava del cauce cerca de San Sebastián es excavada usando equipo pesado. Esto se hace con el propósito de prevenir la elevación del cauce y mantener el curso del río. Sin embargo, de la cuenca alta baja un volumen



Foto 2.3.5-1 Estado de excavación en el cauce del río

abrumador de sedimentos, haciendo subir el cauce continuamente. En San Sebastián donde ocurren daños por inundaciones frecuentemente, se ha construido en el margen derecho, una borda de contención hecha de gaviones. Según los habitantes, después de que fue construida esta borda no han ocurrido daños por inundaciones en San Sebastián. Aguas abajo del punto de separación con el Río Ixpatz, se construyó otra borda de contención sobre la curva del río.

Durante el estudio de campo en el Río Acomé no se encontraron instalaciones significativas de prevención de inundaciones.

Sobre el Río Achiguate, se han construido gaviones en una curva en Pastres en la cuenca alta. No se encontraron otras instalaciones significativas de prevención de inundaciones.



Foto 2.3.5-2 Gaviones para prevención de erosión

A lo largo del Río María Linda, hay bordas de contención de dos a tres metros de alto

2.3 Mapeo de Amenaza

hecho de túmulos en cada una de las haciendas o fincas. No se encontraron otras instalaciones significativas de prevención de inundaciones.

2.3 Mapeo de Amenaza

2.3.1

2.3.2

2.3.3

2.3.4

2.3.5

2.3.6 Estudio Geomorfológico

(1) Propósito del Estudio

El propósito de la clasificación de relieve a través de interpretación preliminar es: (1) ejecutar un estudio ordenado de la historia de desastres acompañada de mapas de cambios de relieve tal como deslizamientos recientes y desastres volcánicos así como erosión de cauces de río debido al Huracán Mitch y (2) extraer los relieves fuertemente relacionados a la ocurrencia de desastres que son requeridos para crear un mapa de amenaza y comprender la relación entre relieve e historia de desastres y entre relieve y riesgo futuro de desastres. Especialmente en la foto interpretación preliminar, la prioridad fue colocada en clasificación general de relieve, extracción de causas de desastres en el área de estudio, y confirmación de ubicación de amenazas de desastre y puntos de chequeo para implementación eficiente del estudio de campo.

Los relieves se crean conforme las sustancias se mueven cerca de la superficie de la tierra. Los movimientos de las sustancias indican movimientos de sedimentos y rocas, lo que es una de las causas directas de desastres. También aún los desastres no acompañados de movimiento de sustancias son grandemente influenciados por el relieve debido a que el agua del río corre a lo largo de relieves. Un relieve puede ser representado por la siguiente ecuación:

$$\text{Relieve} = \text{Función (agentes} \cdot \text{materiales} \cdot \text{tiempo)}$$

Los agentes, se refieren aquí a los fenómenos violentos tales como aguaceros, terremotos, y erupciones volcánicas. Por otro lado, hay agentes que trabajan lentamente o en un largo tiempo, tales como cambios de temperatura, luz solar, acción química, y gravedad, que trabajan permanentemente.

Los material, se refieren a las sustancias que componen las laderas y superficies de nivel y determinan cuán fácilmente un talud puede ser erosionado (es decir, cuán fácilmente un deslizamiento puede ocurrir). Así, en un evento de terremoto, las vibraciones sísmicas se propagan a través del material (es decir el terreno), las características de las vibraciones varían dependiendo del material (terreno).

Tiempo, se refiere al progreso de los procesos geomorfológicos. La roca base de una ladera se meteoriza más y más a través del tiempo. Un abanico aluvial se hace más grande y tiene una superficie sedimentaria más alta debido a que cada vez se suministran más depósitos de las cuencas altas según el tiempo pasa.

Sin embargo, los cambios del paisaje no son de ninguna manera constantes. Un río con una tendencia de erosión puede repentinamente llegar a tener una tendencia de sedimentación

debido a un derrumbe o deslizamiento en la cuenca alta. En Guatemala, un país con terremotos y volcanes, no siempre ocurren cambios constantes de relieve, sino que a veces ocurren cambios abruptos debido a diastrofismo o a una erupción volcánica.

La clasificación de relieve es un método efectivo de estimar varios cambios de relieve y condiciones geológicas fuertemente relacionadas a la ocurrencia de desastres. Cuando se compara con la ciencia médica, la geomorfología es la medicina interna. Tanto como un médico lleva a cabo el diagnóstico a través de entrevistas y exploración, un geomorfólogo estudia en detalle la apariencia o vista de ojo de pájaro de un relieve para estimar su proceso de creación o cambio futuro de relieve.

Un mapa geomorfológico puede ser creado más fácilmente que un mapa topográfico, debido a que ellos son creados solamente por interpretación de fotografías aéreas y ejecutando estudio de campo suplementario. Adicionalmente, un mapa geomorfológico muestra la relación con un desastre más claramente que un mapa topográfico, así que es efectivo para evaluación de riesgo de desastre. En la República de Guatemala, con poca información sobre rasgos geológicos, la clasificación de relieve es extremadamente efectiva en la creación de mapas de amenaza.

En Guatemala, sin embargo, la clasificación de relieve no es ampliamente conocida y todavía no se ha publicado ningún mapa geomorfológico excepto un mapa de MAGA de 1:250.000. Hay varias posibles razones de esta situación. Hay pocas clases de geomorfología en las universidades y unos pocos investigadores. Cursos de geografía o geomorfología son disponibles en la Universidad de San Carlos y la Univ. del Valle, pero hay muy pocos geomorfólogos. Razones adicionales para no desarrollar clasificación de relieve en detalle son que los mapas topográficos están siendo creados en forma atrasada y con insuficiente precisión, y que fotografías aéreas nuevas no están disponibles.

(2) Foto Interpretación Preliminar

Se ejecutó la clasificación de relieve a través de interpretación preliminar usando fotos aéreas, con el propósito de captar las características generales del relieve. Previo al estudio de campo, el Grupo de Estudio, cooperó con los ingenieros de contraparte para interpretar las fotografías aéreas para localización de desastres, condiciones naturales (relieves y rasgos geológicos e hidrológicos), y condiciones sociales (uso de la tierra e instalaciones anti-desastre) en fotografías aéreas (Tabla 2.3.6-1). Dentro de los elementos mostrados en la Tabla 2.3.6-1, aquellos concernientes a las condiciones sociales solamente han sido verificada su existencia.

Tabla 2.3.6-1 Leyenda y Perspectiva General de Interpretación Preliminar de Fotos Aéreas

Propósito	Clasificación	Significado de Interpretación
Historia de desastre	Ubicación de desastres por Huracán Mitch	Reconocimiento de áreas de amenaza de inundación y deslizamientos
	Ubicación de deslizamientos de terremoto de Guatemala	Reconocimiento de ubicación de zonas de deslizamiento durante terremotos
Condiciones naturales	Distribución de áreas de deslizamiento	Reconocimiento de áreas de deslizamientos y de amenaza de deslizamientos a lo largo de principales carreteras
	Distribución de fallas activas y fallas de relieve	Estimación de donde ocurren los terremotos
	Distribución de terreno suave	Estimación de ubicación de amenazas de liquefacción y colapso de terrenos
	Distribución de relieves volcánicos y eyecciones	Estimación del rango que pueden alcanzar las eyecciones volcánicas
	Marcas de inundaciones antiguas	Estimación de la trayectoria de inundaciones
Condiciones sociales	Distribución de casas y edificios	Estimación de la distribución y fragilidad de posibles víctimas de desastres
	Distribución de instalaciones anti-desastre	Evaluación de la resistencia general al desastre
	Grandes infraestructuras	Estimación de la distribución y fragilidad de posibles víctimas de desastres

1) Interpretación de Historia de Desastres

La situación de desastre del Huracán Mitch no pudo ser claramente reconocida durante la interpretación de fotografías aéreas.

En la ciudad de Guatemala, ocurrieron muchos derrumbes en los barrancos. Sin embargo, los derrumbes debidos al Huracán Mitch no pudieron ser fácilmente identificados debido a que ocurrieron muchos de ellos en varios lugares antes y después de ese fenómeno. Solamente unos pocos derrumbes se confirmó que eran resultado del huracán en base a fotografías de campo provistas por organizaciones o a través de entrevistas de las personas a cargo.

Los puentes, que fueron reparados inmediatamente después de los desastres, no pudieron ser identificados desde las fotografías aéreas. Adicionalmente, las superficies de taludes han sido dejadas desnudas después de construcciones, así que localizaciones de pequeños colapsos no pudieron ser identificados desde las fotografías aéreas.

Las fotografías aéreas tomadas cerca de tres años después del desastre no fueron suficientes para identificar las áreas en detalle pero fueron útiles en estimar el rango de inundación. Por otra parte, la ubicación de la erosión lateral de ríos pudo ser suficientemente identificada a través de entrevistas en el campo y desde áreas residencial y agrícolas que fueron inundadas, y observando el avance de obras de protección de márgenes.

2) Interpretación de Condiciones Naturales

Las fotografías aéreas son sumamente efectivas para distinguir relieves y geología superficial dentro de las condiciones naturales relacionadas a los desastres. En particular un desastre acompañado por movimiento de sustancias cerca de la superficie de la tierra n puede ser investigado sin el uso de fotografías aéreas. El grupo de estudio extrajo relieves específicos fuertemente relacionados a la ocurrencia de desastres en toda el área de estudio.

a) Distribución de Laderas Pendientes Pronunciadas (en el área de estudio de deslizamientos)

En la Ciudad de Guatemala, las pendientes pronunciadas se encuentran en muchos lugares. La mayoría son valles, mesetas diseccionadas de sedimentos de flujos piroclásticos de gran escala, la mayoría de las cuales consiste de rocas pumíticas. Tales valles y laderas son comúnmente llamadas barrancos. El plano horizontal de una meseta y el barranco divergen en un claro punto de abombamiento. El área cerca de este punto tiende a convertirse en cabeza o escarpe de un deslizamiento y puede ser llamado un frente de erosión.

Se ha creado un mapa de clasificación de pendientes en escala 1:50,000 para la región central (Departamentos de Zacatepequez, Chimaltenango, y Sololá) y la región nor-oeste (Departamentos de El Quiché, Huehuetenango, San Marcos). Estas regiones tienen un alto potencial de deslizamiento debido a la geología frágil representada por depósitos de flujos piroclásticos a gran escala, zonas plegadas debidas a movimientos de dislocación, y pendientes pronunciadas. De estas regiones se han extraído las áreas de deslizamientos existentes y localizaciones peligrosas a lo largo de las carreteras principales.

b) Distribución de Fallas Activas y Relieves de Fallas (en el área de estudio de terremotos)

Se encuentran comúnmente fallas activas que son la causa de terremotos y relieves de fallas que pueden ser fallas activas. Mientras las fallas de Motagua y la de Chixoy-Polochic cruzan el país de este a oeste, hay otras fallas que corren paralelas a ellas o las interceptan. Aún cuando estas fallas principales no existen en el área de estudio de terremotos, de la interpretación de las fotografías aéreas se extrajeron algunas fallas activas, relieves de fallas, y grietas generadas durante el terremoto de Guatemala de 1976.

c) Distribución de Terrenos Suaves (en el área de estudio de terremotos)

Los terrenos suaves que amplifican las vibraciones sísmicas pueden ser identificados desde las fotografías aéreas. En el área de estudio de terremotos, los terrenos suaves están

distribuidos solamente en la región de Puerto Barrios. A través de la foto-interpretación, se descubrió una distribución de terreno suave, aunque escaso, cerca de los estuarios de ríos a lo largo de la costa.

d) Distribución de Relieves Volcánicos y Productos Volcánicos (en el área de estudio volcánico)

Cada uno de los cuatro volcanes a ser estudiados tiene característicos relieves volcánicos.

El volcán de Tacaná se caracteriza por domos de lava cerca del pico y a menudo se encuentran relieves de flujo de lava sobre el talud norte. Para el volcán de Santiaguito, un volcán nuevo que emergió después del colapso del talud sur del volcán Santa María, se identificaron principalmente, domos de lava, flujos de lava sobre el talud sur, y muchos relieves de depósitos de lahar en el sur al pie de la montaña. Para el volcán Cerro Quemado, se identificó unidades de flujo de lava altamente viscosa, marcas de sectores de colapso, y relieves de expansión resultante de depósitos de avalancha de escombros. El volcán Pacaya, consiste de varios volcanes, de los cuales el principal es el Pacaya sobre el sur-oeste, que está actualmente activo. Se identificaron principalmente las estructuras volcánicas y nuevos flujos de lava extendiéndose desde el talud sur al oeste. Para este volcán se utilizó como referencia el mapa geomorfológico creado por Shigeru Kitamura (2001).

Durante la foto-interpretación preliminar se hicieron intentos de identificar las características de los relieves volcánicos y la distribución de las eyecciones, tal como se describió hasta aquí.

e) Marcas de Inundaciones Antiguas (en el área de estudio de inundaciones)

En los cuatro ríos que fluyen hacia el Océano Pacífico, las inundaciones son frecuentes además de las ocurridas por el Huracán Mitch. Ya que los ríos no tienen bordos de contención, las trayectorias de los ríos cambian significativamente y por eso se encuentran las marcas de inundaciones anteriores en toda el área de tierras bajas. Debido a que la próxima inundación puede no ocurrir en la posición actual de la trayectoria del río, la identificación de las marcas de inundaciones en el área de tierras bajas será útil en estimar las áreas de amenazas y asumir la trayectoria de inundación. Para el Río Samalá, al cual llega un gran volumen de grava desde la cuenca alta debido a la actividad del volcán Santiaguito, que cambia significativamente el relieve, se realizó la clasificación de relieve basado en la dirección y distribución de los depósitos de grava. Para los otros tres ríos, se identificaron las marcas de la trayectoria de los ríos desde la cuenca media a la baja y las

depresiones y valles poco profundos proclives a inundaciones.

3) Interpretación de Condiciones Sociales

Las fotografías aéreas son efectivas para reconocer los usos de la tierra y la distribución de varias instalaciones dentro de las condiciones sociales relacionadas a los desastres. Información muy valiosa puede ser obtenida de fotografías aéreas debido a la relación entre las áreas de amenaza de desastre tal como los barrancos y las áreas bajas a lo largo de los ríos; y los usos de la tierra pueden ser vistos en forma simultánea. Aunque en este estudio se enfatiza principalmente sobre la interpretación geomorfológica, en forma general se desarrolló el siguiente trabajo fuertemente relacionado a los desastres y para lo cual la foto-interpretación es efectiva.

a) Distribución de Casas y Edificios

A través de la foto-interpretación se pudo identificar la distribución de casas y edificios y su escala.

El área central de la Ciudad de Guatemala tiene condiciones de tierra con bajo riesgo de desastre por inundaciones y deslizamientos. Por otro lado, las barriadas localizadas sobre las laderas tienen una gran amenaza de riesgo, con estructuras de casas frágiles, y usos de la tierra propensos a amenazas debido a insuficientes rutas de evacuación durante desastres.

En las áreas de tierras bajas del Pacífico, las casas de trabajadores están dispersas a lo largo de grandes haciendas. Las casas son de construcción barata y propensas a inundaciones.

En el área alrededor de los volcanes, no existen grandes poblados pero sí casas dispersas de los trabajadores de las comunidades y plantaciones de café. La mayoría de los residentes no son concientes de que sus aldeas están construidas sobre erupciones volcánicas recientes. Muy pocos residentes parecen conocer que la Zona 1 de la Ciudad de Quetzaltenango está localizada sobre el sector de depósitos del colapso de Cerro Quemado que ocurrió hace unos 1150 años. En la región nor-este, los pueblos se forman a lo largo de un valle en un área montañosa. En particular, los pueblos y aldeas a lo largo de tales ríos como el Río Blanco y el Río Cuilco que fluyen a lo largo de la falla Chixoy-Polochic, están localizados sobre conos o abanicos aluviales, y no están equipados con instalaciones de prevención de deslizamientos de ningún tipo, y por tanto están altamente propensos a avalanchas de escombros. En esta región, el área del terreno es pequeña pero no hay muchos residentes, resultando en solamente unas pocas personas en un barranco. Aún en las laderas de alturas en los Departamentos de Huehuetenango y El Quiché, las casas están

diseminadas, y algunas de ellas fueron destruidas por deslizamientos en el pasado.

b) Distribución de Instalaciones Anti-desastre

Solamente una limitada parte de las instalaciones anti-desastre se puede identificar en las fotografías aéreas. Se pueden identificar grandes muros de concreto para retención de deslizamientos, presas de prevención de deslizamientos, presas de embalses, y edificios de organizaciones de prevención de desastres. Sin embargo, en el área de estudio no hay tales instalaciones y los ríos y laderas mayormente son dejados en su estado natural.

El único bordo de contención para un río dentro del área de estudio es el de la cuenca media del Río Samalá. Aquí, los gaviones se apilan para prevenir las inundaciones de escombros masivos suministrados por la cuenca alta del Río Samalá. Sin embargo el efecto de ninguna manea es permanente debido a la cantidad de sedimentos suministrados y a la consiguiente elevación del cauce del río. No hay bordos en las cuencas medias y bajas de los ríos Acome, Achiguate, y María Linda.

Las medidas de prevención de deslizamientos son instaladas solo en áreas limitadas. La mayoría de las laderas y taludes de carreteras se dejan desnudos, exponiendo rocas meteorizadas y estratos pumíticos. Lo que puede ser identificado como construcciones de gran escala incluyen gunita y paredes de retención hechas después del desastre en Residencial Vista al Valle sobre los comúnmente se denomina Carretera a El Salvador y en Villa de Mixco, ambas en la sección CA-1. Se encuentran aquí algunas presas para generación de electricidad y suministro de agua, pero no son para control de inundaciones.

A pesar de la limitación en extraer las instalaciones de prevención de desastres a través de las fotos aéreas, las medidas de prevención de desastres en términos de estas instalaciones no son por ningún medio suficientes en la República de Guatemala.

c) Infraestructura

La infraestructura correspondiente a instalaciones de tráfico, electricidad, y comunicaciones puede ser identificada sobre fotografías aéreas. Dentro de las instalaciones de tráfico, las autopistas son las más importantes. Dentro de las carreteras que corren a través de áreas montañosas, se extrajeron por foto-interpretación las secciones propensas a desastres en las laderas y a lo largo de corrientes en las montañas. Dentro de las instalaciones de electricidad, se pudieron identificar las centrales y sub-estaciones transformadoras. Dentro de las instalaciones de comunicación las torres de retransmisión son apenas identificables.