

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE JAPÓN (JICA)

DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS  
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

**ESTUDIO SOBRE**

**EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES EN EL  
DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS  
EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

---

**INFORME FINAL  
RESUMEN**

---

Marzo 2005

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL**  
*En asociación con*  
**OYO INTERNATIONAL CORPORATION**

GE

JR

05-028

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE JAPÓN (JICA)

DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS  
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

ESTUDIO SOBRE

EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES EN EL  
DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS  
EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

---

# INFORME FINAL RESUMEN

---

Marzo 2005

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL  
*En asociación con*  
OYO INTERNATIONAL CORPORATION

Costo Base Estimado: de acuerdo a precios de 2005

Tipo de Cambio:

Moneda	Tipo de Cambio / US\$
Bolívar Venezolano (Bs)	1.,919.10
Yen Japonés (¥)	104,35

(1 de enero de 2005)

## **PRÓLOGO**

Como respuesta a la solicitud del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, el Gobierno del Japón decidió llevar a cabo el Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas confiándole el estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA seleccionó al equipo de estudio encabezado por el Sr. Mitsuo MIURA de la empresa Pacific Consultants International (PCI), formado por miembros del personal de PCI y de OYO International Corporation y envió al equipo a Venezuela siete veces entre Diciembre 2002 y Marzo 2005. Asimismo, JICA estableció un comité asesor encabezado por el Sr. Yasuo NAKANO y el Sr. Haruo NISHIMOTO, de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, entre Diciembre 2002 y Marzo 2005, el cual examinó el Estudio desde el punto de vista técnico y de especialistas.

El equipo mantuvo discusiones con los funcionarios involucrados de la República Bolivariana de Venezuela, llevando a cabo estudios de campo en el área de estudio. Después de regresar al Japón, el equipo condujo estudios posteriores y preparó este informe final.

Espero que este informe contribuya a la promoción de este proyecto y a la intensificación de la relación amistosa entre nuestros dos países.

Finalmente, deseo expresar mi sincera apreciación a los funcionarios involucrados de la República Bolivariana de Venezuela por la estrecha cooperación otorgada al equipo.

Marzo, 2005,

Etsuo Kitahara

Vice Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

# ESTUDIO SOBRE EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

Marzo, 2005

Sr. Etsuo Kitahara

Vice Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

## CARTA DE TRANSMISIÓN

Estimado Señor,

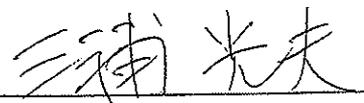
Estamos complacidos de hacer entrega del informe final titulado "Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas, República Bolivariana de Venezuela". Este informe ha sido preparado por el Equipo de Estudio de acuerdo a los contratos firmados el 9 de diciembre del 2002, el 7 de mayo del 2003 y el 30 de abril del 2004 entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón y el Equipo de Estudio Conjunto de Pacific Consultants International y OYO International Corporation.

El informe examina las condiciones existentes relacionadas a los desastres de terremotos y de sedimentos en tres municipios del Distrito Metropolitano de Caracas y presenta un plan maestro para la prevención de desastres en el área. También presenta el resultado del estudio de factibilidad de los proyectos prioritarios seleccionados entre los proyectos maestros.

El informe consiste en el Resumen, Informe Principal, Informe de Soporte, Libro de Datos y Mapas. El Resumen contiene los resultados de todos los estudios. El Informe Principal contiene las condiciones existentes, el plan maestro propuesto, los resultados del estudio de factibilidad, además de las conclusiones y recomendaciones. El Informe de Soporte incluye los detalles técnicos del contenido del Plan Maestro. El Libro de Datos contiene los datos básicos. El tomo de Mapas contiene los mapas más importantes preparados durante el Estudio.

Todos los miembros del Equipo de Estudio desean expresar su agradecimiento a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), al Comité Asesor de JICA, al Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte, al Banco de Cooperación Internacional del Japón, a la Embajada del Japón de la República Bolivariana de Venezuela y a otros donantes, así como a los funcionarios venezolanos e individuos por su asistencia proporcionada al Equipo de Estudio. El Equipo de Estudio desea sinceramente que los resultados del estudio contribuyan a la prevención de desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas, y que la relación amistosa entre los dos países sea promovida por esta ocasión.

Sinceramente,



Mitsuo MIURA

Jefe del Equipo

## SUMARIO EJECUTIVO

### ESTUDIO SOBRE EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

#### EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

#### **Problemas Existentes y Meta del Plan Maestro**

Caracas es la capital de Venezuela con una población de 3,1 millones y una extensión de 777 km<sup>2</sup>. Tiene el mayor número de población del país, y la concentración de edificaciones también es mayor. Es más, desempeña la función de la capital del país, con la administración del Gobierno nacional, el congreso nacional y la corte suprema, además de la sede del banco nacional.

Caracas tiene varias experiencias de terremotos de gran escala desde que su historia comenzara en el siglo XVI. El mayor fue el que azotó la ciudad en 1812, cuando unas 2.000 personas perdieron sus vidas. El más reciente ocurrió en 1967, en que unos 1.800 edificios desmoronaron y murieron 274 personas. Por lo tanto, Caracas tiene posibilidad de sufrir un terremoto de las magnitudes del de 1812 o del de 1967.

Caracas también tiene una historia de desastres frecuente de sedimentos. En Diciembre de 1999, Caracas sufrió una lluvia torrencial causada por el frente frío que llegaba del Mar Caribe y se generaron flujos de escombros en las quebradas de montaña de Catuche y Anauco. Esto mató a unas 100 personas. Otro flujo de escombros parecido ocurrió en Febrero de 1951. Así, Caracas tendrá la posibilidad de un flujo de escombros como el de 1951 o el de 1999 en el futuro.

La administración preventiva de desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas está definida en la Ley de Organización para la Protección Civil y Administración de Protección que se emitió en 2001. La responsabilidad de la Protección Civil en los niveles nacional y regional están claramente definidos allí y a la Protección Civil de la ADMC le corresponde preparar un plan regional de prevención de desastres para el Distrito Metropolitano de Caracas, pero no se está elaborando tal plan. Tampoco se ha preparado el plan nacional de prevención de desastres, que serviría de lineamientos para el plan regional.

Por consiguiente, el Distrito Metropolitano de Caracas, la ciudad más importante del país, está bajo amenazas naturales como desastres por terremotos y sedimentos. Sin embargo, la administración de prevención de desastres se está desarrollando y el plan regional para la prevención de desastres no se ha preparado todavía.

Basado en los antecedentes arriba mencionados, la meta del plan maestro para el área es la siguiente:

1. Que aun con la magnitud del terremoto del 1967 o del 1812, se salven las vidas humanas. Que sean mínimas las casas dañadas. Que se preserve la función importante de la ciudad como vías terrestres principales, líneas vitales y funciones administrativas para la prevención de desastres.
2. Que aun con la magnitud de un flujo de escombros como el que sufrió Caracas en 1999 debido a la lluvia de cien años de retorno, se salven edificios y vidas humanas que viven a lo largo de las quebradas de montaña.
3. Que se salven vidas humanas de derrumbes de precipicio o deslizamiento en el Area.

# Plan Maestro

## 1. Proyectos de Plan Maestro

A fin de alcanzar las metas, se propusieron veinte proyectos, de los que se seleccionaron siete mayores, considerando su “importancia”, “urgencia”, “intención de la contraparte”, etc. Dichos siete proyectos mayores son:

Proyectos para “Volver Caracas más segura” (Institución a cargo)

1. Reforzamiento Sísmico de Edificaciones (Ministerio de la Vivienda, FUNVI, Municipalidades)
2. Reforzamiento Sísmico de Puentes (Ministerio de Infraestructura)
3. Estructuras para el Control de Flujo de Escombros (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales)
4. Reubicación de Personas que Viven en Canales de Río (Ministerio de Planificación y Desarrollo, Secretaría de Planificación Urbana y Ambiente, ADMC, Municipalidades)

Proyectos para “Actuar Efectivamente en Caso de Emergencia”

5. Alerta Temprana y Evacuación (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Protección Civil de ADMC, Protección Civil de Municipalidades)
6. Centro de Comando de Emergencia (Protección Civil de ADMC)

Proyecto para “Fortalecer la Coordinación entre el Gobierno y los Ciudadanos”

7. Fortalecimiento de Actividades Comunitarias (Protección Civil Nacional, ADMC, Municipalidades)

## 2. Costo de Proyecto

Aproximadamente 2.800 Millones de US\$

## 3. Evaluación del Plan Maestro

Económica	Es difícil realizar la evaluación económica sobre el plan maestro de forma integral, y sin embargo, el proyecto de reforzamiento sísmico de edificaciones, que representan mayor porción del plan, hará que su beneficio económico resulte mayor que el costo económico.
Financiera	El costo total de proyecto ronda por un 3 % del PIB nacional y unos 10% del presupuesto nacional. El efecto financiero es grande, al considerar la importancia del área.
Social	Es posible reducir el número de víctimas en forma significativa al aplicar los proyectos de “reforzamiento sísmico de edificaciones”, “Estructuras para el control de flujos de escombros”, “Reubicación de personas de áreas riesgosas”, y “Regulación de uso de tierra y desarrollo”, dando efecto alto al nivel social.
Técnico	Todos los proyectos son posibles con las tecnologías locales.
Ambiental	Las presas Sabo de estructuras para controlar flujos de escombros se planean en el interior del Parque Nacional del Avila. El aspecto ambiental del proyecto fue explicado al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, quien por su parte lo admitió con la condición de que se diseñe y construya de tal manera que se respete la conservación ambiental.

# Estudio de Factibilidad de Proyectos Prioritarios

## 1. Selección de Proyectos Prioritarios

Conforme al criterio de selección como “importancia”, “urgencia”, “consecuencias prontas”, “tecnología”, “economía”, “efecto ambiental”, “necesidades sociales”, “intención de la contraparte”, etc, se seleccionaron dos proyectos para su estudio de factibilidad.

### Reforzamiento Sísmico de Edificaciones:

Medidas Estructurales para la Prevención de Desastres por Terremoto  
(Estudio en Conjuntura con FUNVISIS)

### Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres de Flujos de Escombros:

Medidas No-estructurales para la Prevención de Desastres por Sedimento  
(Estudio en Conjuntura con IMF-UCV)

## 2. Descripción de Proyecto

### a. Reforzamiento Sísmico de Edificaciones

Entre las 310.000 edificaciones del área objetivo, se reforzarán unos 180.000. La metodología de reforzamiento para las casas del área urbana se propone a base del código de construcción de 2001. El método de reforzamiento para las casas del área de barrios fue estudiado por medio de una prueba de campo realizada en el Estudio.

### b. Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres de Flujo de Escombros

Será instalada la red de observación meteorológica e hidrológica, al igual que la de comunicación. El volumen crítico de precipitación se diseñará para los indicadores de alerta temprana. Se establecerá el esquema institucional, compuesto del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Protección Civil de ADMC, Protección Civil de Municipalidades y Comunidades, a base del acuerdo firmado por las partes involucradas.

## 3. Costo de Proyecto y Cronograma de Implementación

3.1	Reforzamiento de Edificaciones	2.600 millones de US\$
	Cribado Rápido Visual	2005-2008
	Evaluación Detallada Sísmica	2005-2018
	Diseño de Reforzamiento	2005-2019
	Obra de Reforzamiento	2007-2020
3.2	Alerta Temprana y Evacuación	1 millón de US\$
	Establecimiento de Acuerdo	2005-2006
	Establecimiento de Sistema de Información	2006-2007
	Centro de Comando de Emergencia	2006-2007
	Implementación de Alerta Temprana y Evacuación	2006-2007

## **4. Efecto del Proyecto**

### **4.1 Reforzamiento Sísmico de Edificaciones**

El proyecto reducirá el número de edificios seriamente dañados de 10.000 a 1.300 y el número de víctimas de 4,900 a 400, en caso de un terremoto con la magnitud del de 1967. Por su parte, en caso de un terremoto como el ocurrido en 1812, estas cifras serán: de 32.000 a 5.300 y de 20.000 a 2.300, respectivamente. La reducción de daños directos e indirectos por el proyecto en caso del terremoto de 1967 se estima en 530 millones de US\$.

### **4.2 Alerta Temprana y Evacuación para Prevención de Desastres por Flujos de Escombros**

La aplicación del proyecto será posible para 19.000 personas que viven en áreas riesgosas de flujos de escombros de diversas escalas.

## **5. Evaluación de Proyecto**

### **5.1 Reforzamiento Sísmico de Edificaciones**

**Económica :** El beneficio económico es equivalente al costo económico. El beneficio del proyecto en el caso de un terremoto como el de 1967 se calcula alrededor de US\$ 530 millones al combinar el beneficio directo e indirecto. Este valor es equivalente al costo del reforzamiento de 10.000 edificaciones, el cual ha sido estimado como el número de edificaciones que serían severamente dañadas en un terremoto de la magnitud como el ocurrido en 1967.

**Financiera:** El costo de proyecto representa un 3 % del PIB nacional y la mayoría del mismo será cubierta por los propietarios de edificios. La gente del área urbana tendrá la posibilidad de pagarlo, pero será necesario dar subsidio para la gente de barrios.

**Técnica:** El proyecto será técnicamente factible incluyendo las casas de barrio.

**Social:** Será el método más efectivo para reducir el número de víctimas.

### **5.2 Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres por Flujos de Escombros**

**Económica :** La evaluación económica es difícil porque no preservará propiedades.

**Financiera :** El costo de proyecto representa un 1 % de ADMC y se justifica la inversión al considerar la importancia del área.

**Técnica :** El proyecto es técnicamente factible, basado en la observación precisa meteorológica e hidrológica, junto con la observación de flujos de escombros por la iniciativa del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

**Social:** Generalmente las organizaciones comunitarias del área son activas y será posible establecer un sistema de alerta temprana y evacuación utilizando las organizaciones existentes de las comunidades.

## Limitaciones del Estudio

Este Estudio contiene ciertas limitaciones. Debido a que el Estudio ha sido llevado a cabo con las siguientes limitaciones, es necesario continuar con investigaciones y discusiones posteriores para poder complementar estas limitaciones.

### (1) Area de Estudio

A pesar de que el nombre del Estudio es “Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas”, el área de Estudio no cubre los cinco Municipios que componen el Distrito Metropolitano, o sea, Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo. El Área de Estudio está limitada a tres Municipios únicamente, es decir Libertador, Chacao and Sucre. Esto se debe a que el Alcance del Trabajo que fue firmado el 21 de Marzo de 2002 lo define así, además de que las Minutas de las Reuniones que fueron firmadas al mismo tiempo mencionan que “En el futuro, las oficinas del Alcalde del Distrito Metropolitano de Caracas aplicarán los conocimientos y metodologías obtenidos a través del curso de este Estudio para formular el plan de prevención de desastres para los Municipios de Baruta y El Hatillo”. Se espera que el lado venezolano formule el plan para el resto del Distrito Metropolitano de Caracas basándose en la idea mencionada en las Minutas de las Reuniones.

### (2) Estatus Legal del Resto del Estudio

De acuerdo a la “Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres”, los planes regionales para la prevención de desastres serán propuestos por las oficinas regionales de Protección Civil al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres en cada región para obtener una autorización final. Por consiguiente, el Plan para la Prevención de Desastres preparado en el Estudio deberá ser revisado por Protección Civil Metropolitana y posteriormente deberá ser propuesto al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres para su autorización final.

### (3) Empleo del Método Determinístico en la Prevención de Desastres por Terremoto

Existen dos métodos para evaluar los efectos de terremoto, el determinístico y el probabilístico. En este estudio, se ha empleado el método determinístico puesto que define varios escenarios de terremotos y estima los movimientos de tierra y sus daños para poder establecer un plan para la prevención de desastres por terremoto.

Por otro lado, el método probabilístico considera todos los posibles terremotos que podrían afectar el área de estudio, estimando el movimiento de la tierra para un período fijo de tiempo y una probabilidad fija de ocurrencia. El movimiento de tierra resultante no es el que ocurriría durante un terremoto pero es útil para el establecimiento de códigos sísmicos o cálculos de primas para los seguros.

En este estudio, se ha empleado el método determinístico y los resultados han sido usados para preparar el plan de respuesta de emergencia, debido a que el objeto del estudio es establecer un plan para la prevención de desastres por terremotos. Con respecto al plan de reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes, todos los edificios necesarios fueron considerados, puesto que el área que necesita el reforzamiento no puede ser especificado, ya que la ubicación de terremotos futuros no se puede predecir.

### (4) Efecto del Escenario de Terremoto

En este estudio, los terremotos típicos en el pasado fueron considerados como escenarios de terremoto, puesto que la predicción de terremotos para eventos futuros es difícil. Los escenarios de terremoto considerados en este estudio no son de ninguna predicciones ni profecías de terremotos en el futuro, pero deberán ser usados para poder entender la magnitud del daño en caso de que un terremoto de igual magnitud ocurriese hoy en día.

Existen numerosos estudios con respecto a los principales terremotos acaecidos en el pasado por lo que se pueden desarrollar varios modelos con respecto a la ubicación de la falla del escenario de

terremoto. En este estudio, se adoptó el modelo que reproduce de la mejor manera el daño observado o el movimiento de tierra. Debe mencionarse que la parte noroeste del Distrito Metropolitano de Caracas sufrió mayores daños en los escenarios de los terremotos de 1967 y 1812 debido a que la falla del terremoto estaba localizada en la parte noroeste de Caracas.

#### (5) Daño a las Funciones de las Edificaciones

En este estudio, el tratamiento estadístico es necesario para evaluar los daños en todas las edificaciones del área de estudio bajo el escenario de terremoto. Por esta razón, las necesidades de todas las edificaciones deben ser clasificadas en diferentes grupos. Los detalles estructurales como las configuraciones, irregularidades, y las disposiciones de pared son factores importantes en las inspecciones individuales de los edificios. Sin embargo, factores básicos tales como el tipo estructural, el año de construcción y el número de pisos se usa para clasificar los edificios en la estimación de daños estadísticos de todas las edificaciones de este estudio.

La función de daños utilizada en este estudio para estimar los daños en las edificaciones fue desarrollada a partir de varias discusiones con los expertos en FUNVISIS usando los datos de daños por terremoto en países europeos y en el terremoto de 1967 de Caracas, basándose en EMS-98 (Escala Macrosísmica Europea 1998). La función definida fue calibrada por medio de la observación a los daños en el terremoto de 1967 de Caracas.

Deberá mencionarse también que en este estudio, la base de datos del área urbana fue desarrollada por medio del muestreo de campo debido a que los datos catastrales no estaban disponibles de manera completa. La base de datos de las edificaciones en los barrios fue desarrollada también por estimaciones usando la relación entre el área y el número de casas en los barrios. Es necesario mejorar la metodología desarrollando una base de datos de mejor calidad, así como un estudio estadístico de daños para un terremoto de gran escala

#### (6) Prueba de Ruptura en las Edificaciones de los Barrios

La prueba de ruptura de las edificaciones fue ejecutada para obtener datos sobre la fuerza de las casas de los barrios, además de llevarse a cabo como material educativo para promover el reforzamiento sísmico. De esta manera, la prueba no tenía la intención de proponer un método específico de reforzamiento. Debido a que es la primera vez que este tipo de pruebas se lleva a cabo en Venezuela, y a pesar de que solamente fueron cuatro los modelos examinados, se recomienda que el lado venezolano continúe con este tipo de experimentos en el futuro.

#### (7) Exclusión de Problemas de Inundación y Drenaje Urbano

Los desastres de sedimentos definidos en el Estudio no incluyen ni los problemas de inundaciones ni los problemas relacionados al drenaje urbano. Los problemas de inundaciones serían por ejemplo, las inundaciones alrededor del Río Gaire debido a la falta de capacidad del curso del río. Los problemas de drenaje urbano son por ejemplo, las inundaciones en el área urbana debido a la falta de capacidad del sistema de drenaje cuando ocurren fuertes precipitaciones en la misma área urbana. Ambos problemas difieren de los desastres de sedimento definidos en el Estudio (flujo de escombros, deslizamientos y derrumbes) y se excluyen del Alcance de Estudio.

ESTUDIO SOBRE  
EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES  
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

RESUMEN

**TABLA DE CONTENIDO**

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1	Información General-----	SUM1-1
1.2	Objetivos del Estudio-----	SUM1-1
1.3	Área de Estudio-----	SUM1-1
1.4	Organización del Equipo de Estudio-----	SUM1-2
1.5	Composición del Informe Final-----	SUM1-2
1.6	Limitaciones del Estudio-----	SUM1-3
1.7	Agradecimientos-----	SUM1-6

CAPÍTULO 2 CONDICIONES EXISTENTES

2.1	Condiciones Naturales-----	SUM2-1
2.1.1	Topografía y Geología-----	SUM2-1
2.1.2	Meteorología e Hidrología del Área de Estudio-----	SUM2-1
2.2	Condiciones Socioeconómicas-----	SUM2-2
2.2.1	División Político Administrativa-----	SUM2-2
2.2.2	Población-----	SUM2-2
2.2.3	Estructura Económica-----	SUM2-3
2.3	Administración y Legislación para la Prevención de Desastres-----	SUM2-3
2.3.1	Marco Legal para la Prevención de Desastres-----	SUM2-3
2.3.2	Plan Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres-----	SUM2-3
2.3.3	Plan Nacional para la Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre-----	SUM2-4
2.3.4	Plan Metropolitano para la Gestión de Desastres-----	SUM2-4

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE DESASTRES POR TERREMOTO

3.1	Análisis de Riesgo Sísmico-----	SUM3-1
3.1.1	General-----	SUM3-1
3.1.2	Definición de un Escenario para Terremoto-----	SUM3-1
3.1.3	Desarrollo del Modelo de Suelo-----	SUM3-2
3.1.4	Método de Cuantificación de Movimiento del Terreno-----	SUM3-3

3.1.5	Resultados Estimados del Movimiento de Terreno -----	SUM3-4
3.2.	Análisis de Riesgo Sísmico en Edificios -----	SUM3-5
3.2.1	Revisión de los Datos Recolectados -----	SUM3-5
3.2.2	Método de Cuantificación de Daños -----	SUM3-7
3.2.3	Resultados de la Cuantificación de Daños -----	SUM3-8
3.3.	Inventario de Instalaciones Importantes-----	SUM3-8
3.3.1	Método de Evaluación Sísmico de Instalaciones Importantes -----	SUM3-8
3.3.2	Resultados de la Evaluación Sísmica de Edificios Importantes ---	SUM3-9
3.3.3	Plan para el Reforzamiento de Edificios-----	SUM3-9
3.4.	Análisis de Riesgo Sísmico de Líneas Vitales e Infraestructura -----	SUM3-10
3.4.1	General -----	SUM3-10
3.4.2	Resultados de la Estimación de Daños -----	SUM3-11
3.5.	Estudio de Prevención de Desastres por Terremotos-----	SUM3-14
3.5.1	Estudio sobre Medidas Estructurales -----	SUM3-14
3.5.2	Estudio sobre Medidas No Estructurales -----	SUM3-17

#### CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE DESASTRES POR SEDIMENTOS

4.1	Análisis de Amenaza de Desastre por Sedimentos -----	SUM4-1
4.1.1	Definición de los Escenarios de Desastre -----	SUM4-1
4.1.2	Elaboración de Mapas de Amenaza por Sedimentos-----	SUM4-9
4.2	Desarrollo del Mapa de Riesgos por Sedimentos -----	SUM4-13
4.2.1	Derrumbes y Deslizamientos -----	SUM4-13
4.2.2	Estudio de Daños de Inundación -----	SUM4-14
4.3	Estudio de Prevención de Desastres por Sedimentos -----	SUM4-15
4.3.1	Medidas Estructurales contra Derrumbes y Deslizamientos -----	SUM4-15
4.3.2	Medidas Estructurales contra el Flujo de Escombros -----	SUM4-16
4.3.3	Medidas No Estructurales -----	SUM4-18
4.3.4	Programa de Implementación -----	SUM4-22

#### CAPÍTULO 5 ESTUDIOS SOCIALES

5.1	Estudio Legal e Institucional -----	SUM5-1
5.1.1	El Sistema Legal Relacionado a la Mitigación y al Estado de Preparación para Desastres -----	SUM5-1
5.1.2	La Estructura de las leyes Relacionadas a la Seguridad Ciudadana y a la Gestión de Desastres -----	SUM5-1
5.1.3	Arreglos Institucionales -----	SUM5-2
5.1.4	Coordinación Interinstitucional -----	SUM5-2
5.2	Operaciones de Rescate / Servicio Médico -----	SUM5-4

5.2.1	Revisión de los Mecanismos de Respuesta y del Sector Salud ----	SUM5-4
5.2.2	Mecanismos de Respuesta y el Programa de Salud para la Preparación contra Desastres-----	SUM5-5
5.2.3	Asumiendo Escenarios con las Condiciones Existentes -----	SUM5-8
5.3	Educación -----	SUM5-9
5.3.1	Políticas Básicas para la Educación -----	SUM5-9
5.3.2	Estrategias Educativas -----	SUM5-10
5.3.3	Diseminación Pública y Medios de Comunicación Masivos -----	SUM5-12
5.3.4	Programa Educativo y Medidas -----	SUM5-12
5.4	Organización de la Gente para la Prevención de Desastres -----	SUM5-13
5.4.1	Elementos de Éxito -----	SUM5-13
5.4.2	Políticas Institucionales para la Organización de la Gente en la Prevención de Desastres -----	SUM5-13
5.4.3	Modelos de Organización de la Gente Patrocinados por Instituciones -----	SUM5-14
5.4.4	Políticas Básicas -----	SUM5-16
5.4.5	Estrategias -----	SUM5-16
5.4.6	Programa de Organización de la Gente -----	SUM5-16
5.5.	Estudios/ Investigaciones Sociales -----	SUM5-17
5.5.1	Investigación Social en el Estudio -----	SUM5-17
5.5.2	Resultados de la Investigación de la Vulnerabilidad Social -----	SUM5-18
5.5.3	Caso de Estudio de Experiencias Exitosas de la Gestión Social del Riesgo -----	SUM5-20
5.5.4	Resultados del Estudio Piloto de la Gestión de Desastres Basada en la Comunidad para el Mejoramiento del Sistema de Alerta Temprana para Evacuación en el 12 de Octubre y Los Chorros --	SUM5-22
5.5.5	Resultados del Estudio Piloto de la Estrategia de Gestión de Desastres Basada en l Comunidad para Desastres por Terremoto -	SUM5-24
5.5.6	Resultados del Estudio Piloto de la Estrategia de Gestión de Desastres Basada en la Comunidad para la Reubicación de la Comunidad de Áreas Riesgosas -----	SUM5-25
5.5.7.	Conclusión de las Investigaciones Sociales -----	SUM5-26

## CAPÍTULO 6 ESCENARIOS DE DESASTRE

6.1	Propuesta de Escenarios de Desastre Base para el Plan de Prevención de Desastres-----	SUM6-1
6.1.1	Concepto Básico para la Selección de Escenario de Desastre -----	SUM6-1
6.1.2	Desastre por Terremoto-----	SUM6-1

6.1.3	Desastre por Sedimentos-----	SUM6-2
6.2	Escenario de Desastre y Capacidad/Vulnerabilidad Social -----	SUM6-3
6.3	Administración/Legislación de la Gestión de Desastres -----	SUM6-3
6.4	Problemas para el Plan de Prevención de Desastres -----	SUM6-4

## CAPÍTULO 7 BASES PARA LA PLANIFICACION

7.1	Base del Plan-----	SUM7-1
7.1.1	Área Objetivo -----	SUM7-1
7.1.2	Año Meta -----	SUM7-1
7.1.3	Objetivos de la Protección-----	SUM7-1
7.1.4	Tipos de Desastres a ser Estudiados -----	SUM7-2
7.1.5	Escala Objetivo de Desastres -----	SUM7-2
7.1.6	Estrategia Básica del Plan -----	SUM7-3

## CAPÍTULO 8 PLAN BÁSICO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES

8.1	General -----	SUM8-1
8.2	Estructura del Plan -----	SUM8-1
8.3	Plan de la Organización -----	SUM8-1
8.4	Principales Objetivos y Proyectos Importantes del Plan -----	SUM8-2
8.5	Proyectos del Master Plan-----	SUM8-3
8.6	Plan para la Prevención de Desastres por Terremoto -----	SUM8-3
8.6.1	Plan de Mitigación para la Prevención de Desastres por Terremoto -----	SUM8-3
8.7	Plan para la Prevención de Desastres por Sedimentos -----	SUM8-5
8.7.1	Plan de Mitigación de Desastres por Sedimentos -----	SUM8-5
8.7.2	Plan de Preparación para la Prevención de Desastres por Sedimentos -----	SUM8-6
8.8	Medidas Comunes de Prevención de Desastres -----	SUM8-7
8.8.1	Plan Común de Mitigación -----	SUM8-7
8.8.2	Plan Común de Preparación-----	SUM8-9
8.8.3	Recomendación para la Respuesta de Emergencia-----	SUM8-12
8.8.4	Recomendaciones para la Rehabilitación-----	SUM8-15
8.9	Costo del Proyecto -----	SUM8-16
8.10	Efecto de los Proyectos del Plan Maestro-----	SUM8-16
8.11	Programa de Implementación -----	SUM8-17
8.12	Selección de los Proyectos de Prioridad -----	SUM8-17
8.12.1	Criterios de Selección-----	SUM8-17
8.12.2	Selección del Proyecto de Prioridad para la Prevención del	

	Desastre por Terremoto-----	SUM8-17
8.12.3	Selección del Proyecto de Prioridad para la Prevención del Desastre por Sedimento-----	SUM8-18
<b>CAPÍTULO 9 EVALUACIÓN DEL PLAN MAESTRO</b>		
9.1	Generalidades-----	SUM9-1
9.1.1	Criterios de Evaluación-----	SUM9-1
9.1.2	Compendio de Proyectos del Plan Maestro-----	SUM9-1
9.1.3	Compendio de la Evaluación de los Proyectos del Plan Maestro --	SUM9-2
9.2	Resultados de Evaluación-----	SUM9-2
9.2.1	Aspectos Económicos-----	SUM9-2
9.2.2	Aspectos Financieros-----	SUM9-2
9.2.3	Aspecto Social-----	SUM9-3
9.2.4	Aspecto Técnico-----	SUM9-4
9.2.5	Aspecto Ambiental-----	SUM9-4
9.3	Evaluación Integral del Plan Maestro-----	SUM9-6
<b>CAPÍTULO 10 ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LOS PROYECTOS PRIORITARIOS</b>		
10.1	General-----	SUM10-1
10.2	Reforzamiento Sísmico de las Edificaciones-----	SUM10-1
10.2.1	Prueba de Campo para el Reforzamiento Sísmico de las Edificaciones-----	SUM10-1
10.2.2	Estudio Técnico sobre el Reforzamiento Sísmico de Edificaciones-----	SUM10-3
10.2.3	Estudio Institucional sobre el Reforzamiento Sísmico de las Edificaciones-----	SUM10-4
10.2.4	Estudio Comunitario para el Reforzamiento Sísmico de Edificaciones-----	SUM10-6
10.2.5	Resumen del Proyecto de Reforzamiento Sísmico de Edificaciones-----	SUM10-7
10.2.6	Efecto del Proyecto-----	SUM10-7
10.3	Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres por Flujo de Escombros-----	SUM10-8
10.3.1	Estudio Técnico sobre el Alerta Temprana y Evacuación-----	SUM10-8
10.3.2	Estudio Institucional sobre el Alerta Temprana y Evacuación-----	SUM10-8
10.3.3	Estudio Comunitario de Alerta Temprana y Evacuación-----	SUM10-9
10.3.4	Resumen del Proyecto de Alerta Temprana y Evacuación-----	SUM10-9
10.3.5	Efecto del Proyecto-----	SUM10-10

10.4	Operación y Mantenimiento -----	SUM10-10
10.4.1	Operación y Mantenimiento del Reforzamiento Sísmico de Edificaciones -----	SUM10-10
10.4.2	Operación y Mantenimiento para el Alerta Temprana y Evacuación -----	SUM10-11
10.5	Estimación del Costo -----	SUM10-12
10.5.1	Estimación del Costo del Reforzamiento Sísmico de Edificaciones -----	SUM10-12
10.6	Evaluación del Reforzamiento Sísmico de Edificaciones-----	SUM10-13
10.6.1	Marco de Evaluación-----	SUM10-13
10.6.2	Viabilidad Económica -----	SUM10-13
10.7	Evaluación del Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres por Flujo de Escombros -----	SUM10-20
10.7.1	Marco de Evaluación -----	SUM10-20

## CAPÍTULO 11 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y SISTEMA DE BASE DE DATOS

11.1	Introducción -----	SUM11-1
11.2	Diseño del SIG -----	SUM11-1
11.3	Diseño del Sistema de Base de Datos -----	SUM11-2
11.4	Desarrollo del SIG -----	SUM11-2
11.4.1	Preparación del Mapa Base -----	SUM11-2
11.4.2	Orto-rectificación de Fotos Aéreas -----	SUM11-3
11.4.3	Procesamiento Digital de Imágenes-----	SUM11-3
11.4.4	Definición de la División Administrativa -----	SUM11-3
11.4.5	Microzona -----	SUM11-3
11.5	Mantenimiento del SIG y la Base de Datos-----	SUM11-4
11.6	Sistema de Información de Gestión de Desastres (IGD)-----	SUM11-5
11.6.1	Propósito, Objetivo y Meta-----	SUM11-5
11.6.2	Resultados y Funciones Esperados-----	SUM11-6
11.6.3	Sistema IGD Propuesto -----	SUM11-6

## CAPÍTULO 12. ESTUDIO SOBRE EL DESASTRE DE SEDIMENTOS OCASIONADO POR LAS FUERTES LLUVIAS EN FEBRERO DE 2005

12.1	Introducción-----	SUM12-1
12.2	Resultados del Reconocimiento de Campo -----	SUM12-1
12.3	Relación con el Estudio de JICA -----	SUM12-1
12.4	Planes Regionales para la Prevención de Desastres en otras Regiones -----	SUM12-3

## CAPÍTULO 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1	Conclusión del Estudio-----	SUM13-1
13.1.1	Características de las Amenaza en el Área -----	SUM13-1
13.1.2	Vulnerabilidad Social y Capacidad Social del Lugar -----	SUM13-1
13.1.3	Plan Básico para la Prevención de Desastres -----	SUM13-2
13.1.4	Estudio de Factibilidad en los Proyectos Prioritarios -----	SUM13-3
13.2	Recomendaciones -----	SUM13-4

CAPÍTULO 1  
INTRODUCCIÓN

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Información General**

En respuesta a la solicitud presentada por la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas, por intermedio del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, (denominado en lo sucesivo “El Gobierno de Venezuela”), el Gobierno del Japón, a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Japan International Cooperation Agency (JICA)), agencia oficial responsable del programa de cooperación técnica, de acuerdo con las leyes y regulaciones pertinentes vigentes en Japón, ha acordado desarrollar el Plan de Prevención de Desastres del Distrito Metropolitano de Caracas.

A tal efecto, JICA envió a Venezuela, en el mes de marzo de 2002, el Equipo de Estudio Preparatorio, encabezado por el Sr. Yasuo Nakano, con el objetivo de realizar tanto la evaluación preliminar como el Alcance del Trabajo. De acuerdo con las discusiones llevadas a cabo entre la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas (ADMC) y la Misión de Estudio Preparatorio de JICA, se estableció el Alcance del Trabajo a través de la suscripción de las Minutas de Reunión correspondientes.

En concordancia con el Alcance del Trabajo, se conformó el Equipo de Estudio de JICA, el cual vino a Venezuela con el propósito de iniciar el Estudio el 7 de mayo de 2003. El Estudio se ha llevado a cabo de acuerdo al programa inicial y el 5 de Marzo de 2004 fueron concluidos todos los Estudios en Venezuela. El presente Informe Final incluye todos los resultados del Estudio.

### **1.2 Objetivos del Estudio**

Los objetivos del Estudio, incluidos en el Alcance del Trabajo, son los siguientes:

1. Formular un plan maestro para prevenir que el Distrito Metropolitano de Caracas sufra daños por desastres naturales causados por sedimentos, movimientos telúricos y terremotos.
2. Conducir un estudio de viabilidad sobre proyectos urgentes y prioritarios.
3. Facilitar la transferencia tecnológica al personal de la Contraparte durante el curso del Estudio.

### **1.3 Área de Estudio**

El área total del estudio comprende dos diferentes aspectos: uno para la prevención de desastres por terremotos, y otro para la prevención de desastres por sedimentos conformados por flujos de escombros, deslizamientos y derrumbes de precipicio.

El área destinada al estudio de terremotos cubre la totalidad del ámbito territorial de los Municipios Libertador, Sucre y Chacao. El área de estudio correspondiente a desastres causados por sedimentos

se especifica en la Fig. 1.3.1, que cubre igualmente los tres municipios antes mencionados, limitados de Norte a Sur por la Serranía del Ávila al Norte y el Río Guaire al Sur, por el Este la Quebrada Caurimare en el Municipio Sucre, y las Quebradas Caroata y Agua Salada al Oeste.

#### **1.4 Organización del Equipo de Estudio**

La organización del Equipo de Estudio se muestra en la Fig. 1.4.1.

A tales fines, se ha conformado un grupo de trabajo, integrado por una Coordinación General, a través de la Dirección de Cooperación Internacional de la Alcaldía Metropolitana, un Comité Asesor, un Comité Técnico y el Equipo de la Contraparte Nacional, como se muestra en la Fig. 1.4.2.

#### **1.5 Composición del Informe Final**

##### (1) Composición del Informe Final

El presente Informe Final está compuesto de los siguientes volúmenes:

Resumen	Inglés
Resumen	Español
Informe Principal	Inglés
Informe Principal	Español
Informe de Soporte	Inglés
Informe de Soporte	Español
Libro de Datos	Inglés
Libro de Datos	Español
Mapas	Inglés
Mapas	Español

##### (2) Composición del Resumen

Este Resumen está compuesto de los siguientes capítulos:

Capítulo 1	Introducción	: propósito del estudio, área de estudio, etc.
Capítulo 2	Condiciones Existentes	: condiciones naturales y sociales
Capítulo 3	Estudio de Desastres por Terremoto	: estudio de la prevención de desastres por terremoto
Capítulo 4	Estudio de Desastres por Sedimento	: estudio de la prevención de desastres por

	sedimento
Capítulo 5 Estudio Social	: estudio de las instituciones / gente organización / encuesta social
Capítulo 6 Escenarios de Desastre	: escenarios de desastre como base del plan
Capítulo 7 Bases para la Planificación	: política básica del plan
Capítulo 8 Plan Básico para la Prevención de Desastres	: plan para la prevención de desastres
Capítulo 9 Evaluación del Plan	: evaluación del plan
Capítulo 10 Estudio de Viabilidad de los Proyectos Prioritarios	: estudio de factibilidad de los proyectos seleccionados
Capítulo 11 Sistema de Información Geográfica (GIS) y Sistema de Base de Datos	: GIS
Capítulo 12 Conclusión y Recomendaciones	: conclusión del estudio y recomendaciones

## 1.6 Limitaciones del Estudio

Este Estudio contiene ciertas limitaciones. Debido a que el Estudio ha sido llevado a cabo con las siguientes limitaciones, es necesario continuar con investigaciones y discusiones posteriores para poder complementar estas limitaciones.

### (1) Area de Estudio

A pesar de que el nombre del Estudio es “Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas”, el área de Estudio no cubre los cinco Municipios que componen el Distrito Metropolitano, o sea, Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo. El Area de Estudio está limitada a tres Municipios únicamente, es decir Libertador, Chacao and Sucre. Esto se debe a que el Alcance del Trabajo que fue firmado el 21 de Marzo de 2002 lo define así, además de que las Minutas de las Reuniones que fueron firmadas al mismo tiempo mencionan que “En el futuro, las oficinas del Alcalde del Distrito Metropolitano de Caracas aplicarán los conocimientos y metodologías obtenidos a través del curso de este Estudio para formular el plan de prevención de desastres para los Municipios de Baruta y El Hatillo”. Se espera que el lado venezolano formule el plan para el resto del Distrito Metropolitano de Caracas basándose en la idea mencionada en las Minutas de las Reuniones.

### (2) Estatus Legal del Resto del Estudio

De acuerdo a la “Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres”, los planes regionales para la prevención de desastres serán propuestos por las oficinas regionales de Protección Civil al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres en cada región para obtener una autorización final. Por consiguiente, el Plan para la Prevención de Desastres preparado en el Estudio deberá ser revisado por Protección Civil Metropolitana y posteriormente deberá ser propuesto al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres para su autorización final.

### (3) Empleo del Método Determinístico en la Prevención de Desastres por Terremoto

Existen dos métodos para evaluar los efectos de terremoto, el determinístico y el probabilístico. En este estudio, se ha empleado el método determinístico puesto que define varios escenarios de terremotos y estima los movimientos de tierra y sus daños para poder establecer un plan para la prevención de desastres por terremoto.

Por otro lado, el método probabilístico considera todos los posibles terremotos que podrían afectar el área de estudio, estimando el movimiento de la tierra para un período fijo de tiempo y una probabilidad fija de ocurrencia. El movimiento de tierra resultante no es el que ocurriría durante un terremoto pero es útil para el establecimiento de códigos sísmicos o cálculos de primas para los seguros.

En este estudio, se ha empleado el método determinístico y los resultados han sido usados para preparar el plan de respuesta de emergencia, debido a que el objeto del estudio es establecer un plan para la prevención de desastres por terremotos. Con respecto al plan de reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes, todos los edificios necesarios fueron considerados, puesto que el área que necesita el reforzamiento no puede ser especificado, ya que la ubicación de terremotos futuros no se puede predecir.

### (4) Efecto del Escenario de Terremoto

En este estudio, los terremotos típicos en el pasado fueron considerados como escenarios de terremoto, puesto que la predicción de terremotos para eventos futuros es difícil. Los escenarios de terremoto considerados en este estudio no son de ninguna predicciones ni profecías de terremotos en el futuro, pero deberán ser usados para poder entender la magnitud del daño en caso de que un terremoto de igual magnitud ocurriese hoy en día.

Existen numerosos estudios con respecto a los principales terremotos acaecidos en el pasado por lo que se pueden desarrollar varios modelos con respecto a la ubicación de la falla del escenario de terremoto. En este estudio, se adoptó el modelo que reproduce de la mejor manera el daño observado

o el movimiento de tierra. Debe mencionarse que la parte noroeste del Distrito Metropolitano de Caracas sufrió mayores daños en los escenarios de los terremotos de 1967 y 1812 debido a que la falla del terremoto estaba localizada en la parte noroeste de Caracas.

#### (5) Daño a las Funciones de las Edificaciones

En este estudio, el tratamiento estadístico es necesario para evaluar los daños en todas las edificaciones del área de estudio bajo el escenario de terremoto. Por esta razón, las necesidades de todas las edificaciones deben ser clasificadas en diferentes grupos. Los detalles estructurales como las configuraciones, irregularidades, y las disposiciones de pared son factores importantes en las inspecciones individuales de los edificios. Sin embargo, factores básicos tales como el tipo estructural, el año de construcción y el número de pisos se usa para clasificar los edificios en la estimación de daños estadísticos de todas las edificaciones de este estudio.

La función de daños utilizada en este estudio para estimar los daños en las edificaciones fue desarrollada a partir de varias discusiones con los expertos en FUNVISIS usando los datos de daños por terremoto en países europeos y en el terremoto de 1967 de Caracas, basándose en EMS-98 (Escala Macrosísmica Europea 1998). La función definida fue calibrada por medio de la observación a los daños en el terremoto de 1967 de Caracas.

Deberá mencionarse también que en este estudio, la base de datos del área urbana fue desarrollada por medio del muestreo de campo debido a que los datos catastrales no estaban disponibles de manera completa. La base de datos de las edificaciones en los barrios fue desarrollada también por estimaciones usando la relación entre el área y el número de casas en los barrios. Es necesario mejorar la metodología desarrollando una base de datos de mejor calidad, así como un estudio estadístico de daños para un terremoto de gran escala

#### (6) Prueba de Ruptura en las Edificaciones de los Barrios

La prueba de ruptura de las edificaciones fue ejecutada para obtener datos sobre la fuerza de las casas de los barrios, además de llevarse a cabo como material educativo para promover el reforzamiento sísmico. De esta manera, la prueba no tenía la intención de proponer un método específico de reforzamiento. Debido a que es la primera vez que este tipo de pruebas se lleva a cabo en Venezuela, y a pesar de que solamente fueron cuatro los modelos examinados, se recomienda que el lado venezolano continúe con este tipo de experimentos en el futuro.

#### (7) Exclusión de Problemas de Inundación y Drenaje Urbano

Los desastres de sedimentos definidos en el Estudio no incluyen ni los problemas de inundaciones ni los problemas relacionados al drenaje urbano. Los problemas de inundaciones serían por ejemplo, las

inundaciones alrededor del Río Gaire debido a la falta de capacidad del curso del río. Los problemas de drenaje urbano son por ejemplo, las inundaciones en el área urbana debido a la falta de capacidad del sistema de drenaje cuando ocurren fuertes precipitaciones en la misma área urbana. Ambos problemas difieren de los desastres de sedimento definidos en el Estudio (flujo de escombros, deslizamientos y derrumbes) y se excluyen del Alcance de Estudio.

## **1.7 Agradecimientos**

Todo el trabajo presentado en este Borrador del Informe Final se ha podido realizar gracias a la colaboración de diversas instituciones tanto públicas como privadas, comunidades y organizaciones no gubernamentales. Debemos agradecer la valiosa colaboración y el apoyo de la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas, en especial a su Dirección de Cooperación Internacional como ente coordinador general del Estudio, al Cuerpo de Bomberos Metropolitanos por facilitarnos sus instalaciones y a la Dirección de Protección Civil del Distrito Metropolitano por su gran apoyo y colaboración. Adicionalmente, deseamos agradecer a aquellos que han aportado su experiencia e información clave y a los que han tenido un papel fundamental para que este estudio de cooperación internacional sea posible. Expresamos, de igual manera, nuestro sincero agradecimiento a todos los que colaboraron con nosotros en cada una de la etapas de este Estudio, y a todas aquellas personas que participaron en la revisión exhaustiva de este documento.

Nuestro agradecimiento a las siguientes instituciones:

ADMC, Dirección de Cooperación Internacional  
ADMC, Dirección de Obras y Servicios  
ADMC, Secretaría de Finanzas  
ADMC, Secretaría de Planificación Urbana y Gestión Ambiental  
Asamblea Nacional  
Bomberos Metropolitanos y todas sus dependencias  
CANTV  
CENAMB, UCV  
CIDIAT  
Comunidad 12 de Octubre (Petare)  
Comunidad de Anauco  
Comunidad de Catuche  
Comunidad de La Floresta  
Comunidad Los Chorros  
Comunidad Los Laños  
Comunidad Margarita (La Vega)

Comunidad San Bernardino  
Comunidades participantes en la Encuesta de Vulnerabilidad Social: quince (15)  
CONAVI  
Corporación Andina de Fomento (CAF)  
Cruz Roja Venezolana  
Dirección de Protección Civil del Distrito Metropolitano de Caracas  
Dirección de Protección Civil Nacional  
Electricidad de Caracas  
Escuela de Estudios Políticos y Administrativos, UCV  
FONACIT  
FONDUR  
Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)  
Grupo de Rescate de Metro de Caracas  
Grupo de Voluntarios, Distrito Metropolitano  
HidroCapital y todas sus dependencias  
Instituto de Desarrollo de Construcción Experimental (IDEC), UCV  
Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (IERU), Universidad Simón Bolívar  
Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), UCV  
Instituto de Mecánicas de Fluidos, UCV  
Instituto de Psicología, UCV  
Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar  
Instituto Nacional de Estadística (INE)  
Instituto Nacional de Geología y Minería INGEOMIN)  
Ministerio de Ciencia y Tecnología  
Ministerio de Educación  
Ministerio de Infraestructura  
Ministerio de Planificación y Desarrollo y todas sus dependencias  
Ministerio de Relaciones Exteriores  
Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales y todas sus dependencias  
Municipio Chacao y todas sus dependencias  
Municipio Libertador y todas sus dependencias  
Municipio Sucre y todas sus dependencias  
Organización Mundial de la Salud  
Organización Panamericana de Salud  
PDVSA Gas  
Policía Metropolitana  
Protección Civil, Estado Carabobo

SOCSAL  
UGAR

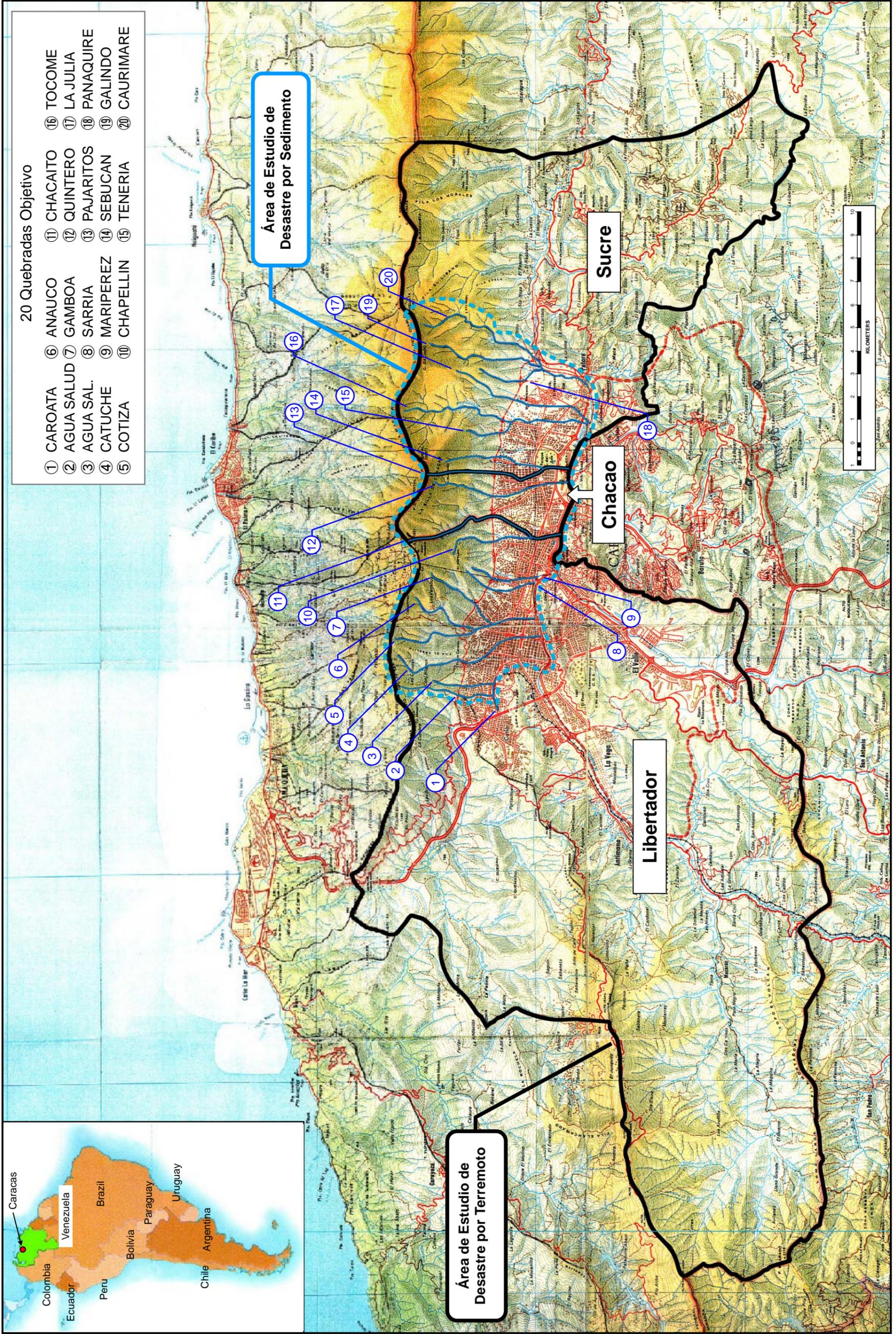
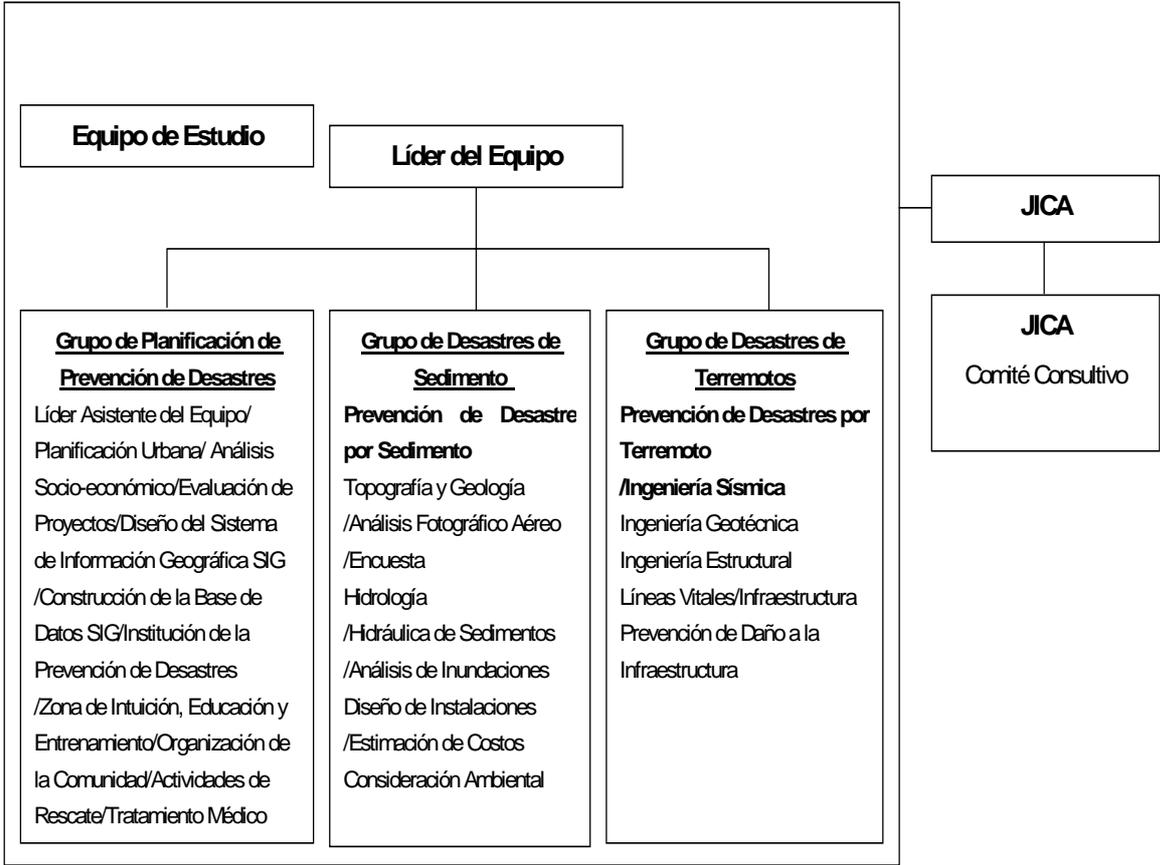
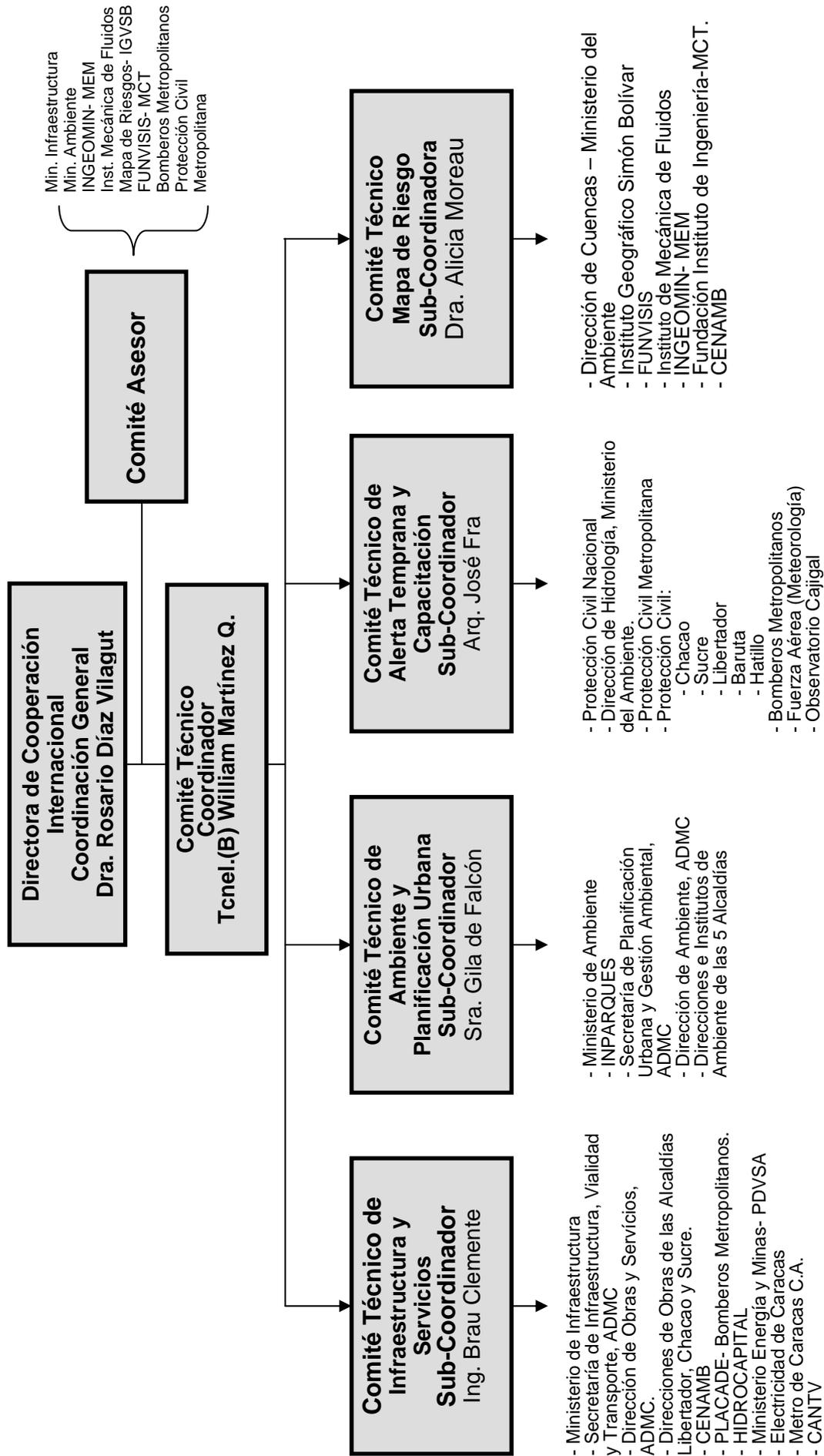


Figura.1.3.1 Área de Estudio



**Figura 1.4.1 Organización del Equipo de Estudio**



**Figura 1.4.2 Organigrama de la Contraparte Nacional**

CAPÍTULO 2  
CONDICIONES EXISTENTES

## **CAPÍTULO 2.           CONDICIONES EXISTENTES**

### **2. 1     Condiciones Naturales**

#### **2. 1. 1.   Topografía y Geología**

El área de Caracas puede ser subdividida en tres unidades topográficas que forman parte de la Cordillera de la Costa.

- *Unidad Topográfica 1*, representada por el Macizo del Ávila, con 2.765 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) como altura máxima (Pico Naiguatá).
- *Unidad Topográfica 2*, integrada por el Valle de Caracas, con alturas que no sobrepasan los 900 metros.
- *Unidad Topográfica 3*, compuesta por colinas en el Este, Oeste y Sur de Caracas, cuyas alturas se encuentran entre 1.200 y 1.500 m.s.n.m.

El área de Caracas está litológicamente formada por rocas que pertenecen a la Asociación Metamórfica del Ávila y la Asociación Meta sedimentaria de Caracas (RODRÍGUEZ, et. al, 2002).

La Asociación Metamórfica del Ávila se extiende desde el estado Carabobo hasta Cabo Codera, estado Miranda (de Oeste a Este, respectivamente) y cubre la parte Sur del Macizo del Ávila, en el área que cubre desde la cima del Ávila hasta el contacto con los sedimentos cuaternarios que llenan el Valle de Caracas, aproximadamente a los 900 – 1000 m.s.n.m. Está compuesta de rocas metamórficas del Complejo de San Julián y Augengneiss de Peña de Mora.

#### **2. 1. 2.   Meteorología e Hidrología del Área de Estudio**

El clima del Valle de Caracas es afectado por los vientos alisios del Norte-Noroeste, del Sur-Suroeste, la posición de Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la topografía de la Montaña El Ávila. El Valle de Caracas está localizado a una altitud de 10 grados y 30 minutos en el hemisferio Norte y dentro de la Zona de Convergencia Intertropical, lo que ocasiona una atmósfera inestable. Cuando esta zona se acerca al ecuador, los vientos del Norte y del Noreste se vuelven dominantes sobre el Valle de Caracas, así como sobre todo el territorio venezolano.

La precipitación anual en las Estaciones de Cajigal y La Mariposa indican 834.8 mm y 891.2 mm, respectivamente. En Cajigal y La Mariposa, las estaciones de lluvia son idénticas de Mayo-Junio hasta Noviembre. La temperatura promedio mensual en Cajigal y La Mariposa es menos de 21°C.

El Río Guaire fluye a través del Área Metropolitana de Caracas para unirse al Río Tuy en el Estado Miranda. El área de captación es de aproximadamente 546 Km<sup>2</sup> en el Puente Baloa en Petare y de 652 Km<sup>2</sup> después de la confluencia de la Quebrada El Hatillo. Los afluentes del Río Guaire son el Río San Pedro, el Río Macarao, el Río El Valle, la cuenca de la Represa Mariposa y el Río Guairita en Baruta y las quebradas de la montaña de la parte Sur de la Montaña El Ávila.

La pendiente del lecho del Río Guaire varía de 9 m/Km. río arriba hasta 2m/Km. en La California Sur en Petare.

## **2. 2 Condiciones Socioeconómicas**

### **2. 2. 1. División Político Administrativa**

El Distrito Metropolitano de Caracas está formado por cinco municipios: Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo. Durante los años 60, esta área estaba integrada por dos distritos, a saber, el Distrito Sucre y el Distrito Federal, según se muestra en la Fig. 2.2.1. En el año 1977, el Distrito Sucre fue dividido en cuatro municipios: Chacao, Sucre, El Hatillo y Baruta. Al mismo tiempo, el Distrito Federal fue dividido en el Municipio Libertador y en Vargas. En el año 2000, la Asamblea Nacional, por mandato de la Constitución (Artículo No. 18), promulgó la "Ley Especial sobre el Régimen del Distrito Metropolitano de Caracas." (Gaceta Oficial No. 36.906 del 08 de Marzo, 2000). Esta ley establece que el Distrito Metropolitano de Caracas está formado por cinco municipios como se indicó anteriormente (Fig. 2.2.1).

La unidad administrativa de menor ámbito, supeditada al municipio, es la Parroquia. Actualmente, el Municipio Libertador está integrado por 22 parroquias; Chacao incluye sólo una (1) parroquia y Sucre tiene cinco (5), como se muestra en la Tabla 2.2.1 y Fig. 2.2.2.

### **2. 2. 2. Población**

De acuerdo con el "Censo 2001", el Distrito Metropolitano de Caracas tiene una población de 3.090.447 habitantes, equivalente al 12,4% del total nacional (24.915.902 personas). El área de estudio comprende 2.740.381 personas, correspondientes al 88,7% del total metropolitano. El municipio Libertador tiene 2.061.094 personas (75,2% del área de estudio), Chacao 71.806 (2,6%) y Sucre 607.481 (22,2%).

La población de Caracas aumenta a una tasa interanual de 1,28% desde 1990, de acuerdo a los últimos tres (3) censos, lo cual representa un ritmo inferior al promedio nacional de 2,95% anual. El área de estudio tiene un crecimiento promedio anual de 1,25%, donde Libertador registra 1,12%, Chacao 0,65%, y Sucre 1,77%. (Tabla 2.2.2)

### **2. 2. 3. Estructura Económica**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el año 2000 el PIB venezolano fue de 82.451 millones de bolívares (en Bolívares de 1984 a precio constante), de los cuales un 27,4 % proviene de la explotación petrolera, y un 43,8% proviene del sector de servicios.

La economía del Distrito Metropolitano se fundamenta básicamente en la prestación de servicios, es decir, en el sector terciario de la economía. La distribución del empleo por sectores de la economía se concentraba en 79%, de un total de 1.444.360 personas empleadas, en dicho sector terciario para el año 1997, cifra que se incrementó de un 74% en 1990 a un 78% en 1995. como se muestra en la Tabla 2.2.3.

De la cifra total nacional de empleo Caracas representa el 17,9%. El empleo en el sector terciario superior representa el 48,9% del total nacional, como se muestra en la Tabla 2.2.4. La otra actividad importante en el área metropolitana es la rama de transporte y comunicación. Tanto el sector servicio como el el sector de manufactura aparecen en tercer lugar en el área de estudio.

Venezuela ha venido sufriendo, en las ultimas dos décadas, un estancamiento económico que ha disminuido el poder adquisitivo de la población, lo que ha generado un empobrecimiento generalizado de la población desde 1983. La tasa de desempleo en Caracas fue de 9,8% en 1997, menor que el promedio nacional.

Otro rasgo de la economía de Caracas es su sector informal, el cual ha crecido rápidamente de 35,5% en 1990 a 48,6% en 1997<sup>1</sup>. En el área metropolitana existen vendedores informales, producto de la alta tasa de desempleo.

## **2. 3 Administración y Legislación para la Prevención de Desastres**

### **2. 3. 1. Marco Legal para la Prevención de Desastres**

La estructura legal y su relación con la mitigación y la preparación de desastres se muestran en la Figura 2.3.1. Los artículos pertinentes a las diversas leyes se han enumerado de acuerdo a su nivel.

### **2. 3. 2. Plan Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres**

Según la "Ley de Organización Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres", es la responsabilidad de la Dirección Nacional de Protección Civil y Gestión de Desastres el elaborar y presentar el Plan Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres para ser aprobados por el

---

<sup>1</sup> Plan estratégico Caracas Metrópolis 2010, "Una Propuesta para la Ciudad."

Comité Nacional Coordinador de Protección Civil y Gestión de Desastres" (Art. 13). Sin embargo, actualmente este plan nacional se encuentra en elaboración y no se conoce la fecha de conclusión.

Debido a que el enfoque principal de la Protección Nacional Civil es "respuesta emergente" en lugar de "mitigación", el plan nacional está orientado hacia esa dirección.

### **2. 3. 3. Plan Nacional para la Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre**

El Ministerio de Planificación y Desarrollo se encuentra en proceso de la elaboración del "Plan Nacional para la Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre" con los siguientes objetivos, sin embargo no se conoce la fecha de conclusión para la preparación del plan.

### **2. 3. 4. Plan Metropolitano para la Gestión de Desastres**

ADMC pasó las Directrices para las Ordenanzas Urbanas, (septiembre 2003) que de nuevo establece la responsabilidad de los esfuerzos para la prevención del desastre. Estas acciones incluyen: educación ciudadana en el tema de desastres (Art. 74), sistemas de alerta temprana y atención a las medidas de mitigación (Art. 75), sistemas de información para los desastres (Art. 76), y prevención de desastres, especialmente en los barrios (Art. 77). El 9 de marzo de 2004, el concilio de DMC emitió un decreto que establece un comité para la coordinación de desastres metropolitanos para la protección civil y gestión de desastres (CCCPAD). Las funciones del CCCPAD son las siguientes: (1) planear, coordinar y desarrollar las actividades con otras agencias gubernamentales y (2) proporcionar y coordinar las medidas para la prevención, educación, y gestión de desastres. Por lo que existen suficientes bases para los departamentos y agencias del Distrito Metropolitano de Caracas para proceder con la mitigación de desastres y las actividades de prevención.

**Tabla 2.2.1 Unidades Administrativas del Área de Estudio – Nombre de las Parroquias de los Municipios Libertador, Chacao y Sucre**

<b>Municipio</b>	<b>Parroquias</b>
Libertador	Altagracia, Antímano, Caricuao, Catedral, Coche, El Junquito, El Paraíso, El Recreo, El Valle, La Candelaria, La Pastora, La Vega, Macarao, San Agustín, San Bernardino, San José, San Juan, San Pedro, Santa Rosalía, Santa Teresa, Sucre, 23 de Enero
Chacao	Chacao
Sucre	Caucagüita, Fila De Mariches, La Dolorita, Leoncio Martínez, Petare

Fuente: INE

**Tabla 2.2.2 Población de Caracas**

Municipio/Parroquia	Población (1990)	Población (2001)	Población (65 años -) (2001)	Crecimiento Pob. p.a. (1990-2001)	Área (Has)	Densidad (2001) (persona/ha)	% (=65 años) (2001)
<b>Distrito Metropolitano</b>	<b>2.685.901</b>	<b>3.090.447</b>	<b>186.470</b>	<b>1,28%</b>	<b>77.713,8</b>	<b>39,8</b>	<b>6,7%</b>
<b>Área de Estudio</b>	<b>2.390.987</b>	<b>2.740.381</b>	<b>158.706</b>	<b>1,25%</b>	<b>56.874,9</b>	<b>48,2</b>	<b>6,5%</b>
<b>Libertador</b>	<b>1.823.222</b>	<b>2.061.094</b>	<b>118,622</b>	<b>1,12%</b>	<b>37.733,0</b>	<b>54,6</b>	<b>6,5%</b>
Altagracia	42.724	44.101	2.953	0,29%	186,4	236,7	7,5%
Antímano	117.179	143.343	4.304	1,85%	2.403,2	59,6	3,4%
Caricuao	141.064	160.560	7.360	1,18%	2.355,5	68,2	5,1%
Catedral	4.821	5.422	332	1,07%	79,0	68,7	6,9%
Coche	49.834	57.276	3.853	1,27%	1.254,3	45,7	7,6%
El Junquito	29.024	42.658	1.930	3,56%	5.567,6	7,7	5,1%
El Paraíso	98.647	111.354	7.902	1,11%	1.038,0	107,3	8,0%
El Recreo	96.574	107.935	11.100	1,02%	1.600,3	67,4	11,5%
El Valle	133.900	150.970	6.411	1,10%	2.116,4	71,3	4,8%
La Candelaria	51.432	60.019	5.421	1,41%	126,5	474,6	10,1%
La Pastora	82.937	90.005	5.704	0,75%	735,9	122,3	7,1%
La Vega	111.574	137.148	6.403	1,89%	1.195,1	114,8	5,2%
Macarao	40.670	48.479	1.740	1,61%	10.862,9	4,5	4,0%
San Agustín	38.527	45.840	2.225	1,59%	155,6	294,6	5,4%
San Bernardino	29.348	26.973	3.008	-0,76%	758,7	35,6	12,5%
San José	40.584	40.709	2.691	0,03%	308,8	131,8	7,4%
San Juan	98.009	104.471	6.158	0,58%	321,7	324,8	6,6%
San Pedro	55.967	63.274	7.249	1,12%	700,9	90,3	12,9%
Santa Rosalía	103.975	117.993	7.031	1,16%	626,7	188,3	6,7%
Santa Teresa	20.891	21.311	1.374	0,18%	68,1	313,0	7,2%
Sucre	354.012	395.139	17.542	1,00%	5.051,3	78,2	5,0%
23 de Enero	81.529	86.114	5.931	0,50%	220,1	391,2	7,7%
<b>Chacao</b>	<b>66.897</b>	<b>71.806</b>	<b>9.178</b>	<b>0,65%</b>	<b>1.886,2</b>	<b>38,1</b>	<b>14,2%</b>
<b>Sucre</b>	<b>500.868</b>	<b>607.481</b>	<b>30.906</b>	<b>1,77%</b>	<b>17.255,8</b>	<b>35,2</b>	<b>5,7%</b>
Caucagüita		55.939	1.217		6.009,0	9,3	2,4%
Fila de Mariches		29.399	647		3.194,2	9,2	2,4%
La Dolorita		66.625	1.729		1.320,8	50,4	2,9%
Leoncio Martínez		61.618	6.721		2.217,5	27,8	12,1%
Petare		393.900	20.592		4.514,5	87,3	5,8%
<b>Baruta</b>	<b>249.115</b>	<b>289.820</b>	<b>23.769</b>	<b>1,39%</b>	<b>8.273,9</b>	<b>35,0</b>	<b>9,1%</b>
El Cafetal		48.104	6.170		849,3	56,6	14,3%
Minas de Baruta		45.503	2.659		450,5	101,0	6,5%
Nuestra Señora del Rosario de Baruta		196.213	14.940		6.974,1	28,1	8,5%
<b>El Hatillo</b>	<b>45.799</b>	<b>60.246</b>	<b>3.995</b>	<b>2,52%</b>	<b>12.565,0</b>	<b>4,8</b>	<b>7,4%</b>

Fuente: INE, Censo 2001

**Tabla 2.2.3 Distribución del Empleo por Sectores de la Economía, Años 1990-1997**

Año	Sector primario	Sector secundario	Sector terciario	Total
1990	17.230	346.110	1.075.312	1.438.652
1995	8.815	305.194	1.095.941	1.409.950
1997	13.814	286.527	1.144.019	1.444.360

Fuente: OCEI, Estudios socioeconómicos, 2do semestre 1998, Estimado de población, y censo 2001

Notes: Sector primario: Petróleo (petróleo crudo) y gas natural, actividades mineras y de agricultura Sector secundario: manufactura, electricidad y agua y actividades de construcción

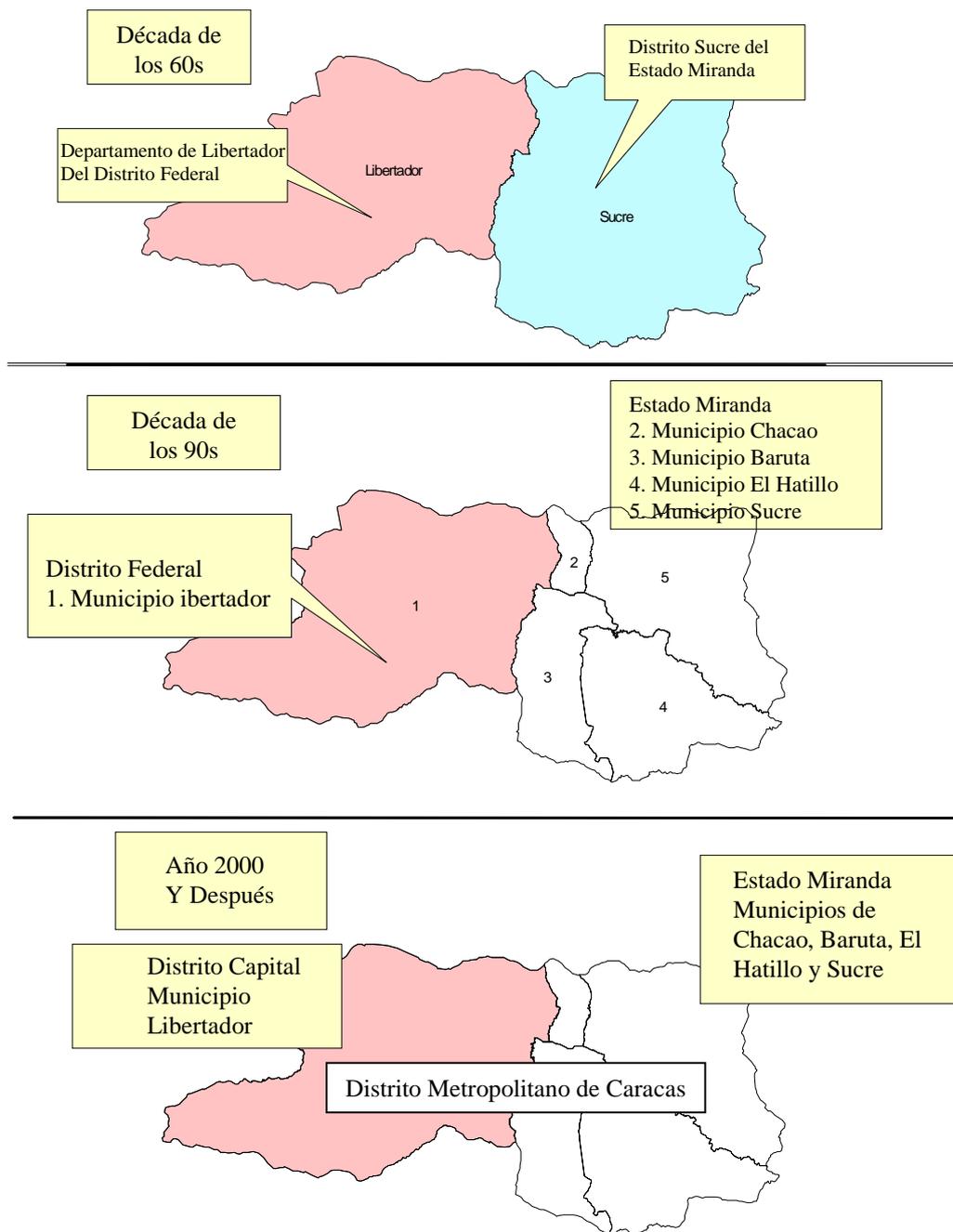
Sector terciario: comercio, transporte y comunicación, finanzas, seguros y servicios a las empresas, como financiamiento, servicios administrativos, investigación de mercadeo, control de calidad, publicidad, etc.

**Tabla 2.2.4 Participación de Caracas en el Empleo Nacional**

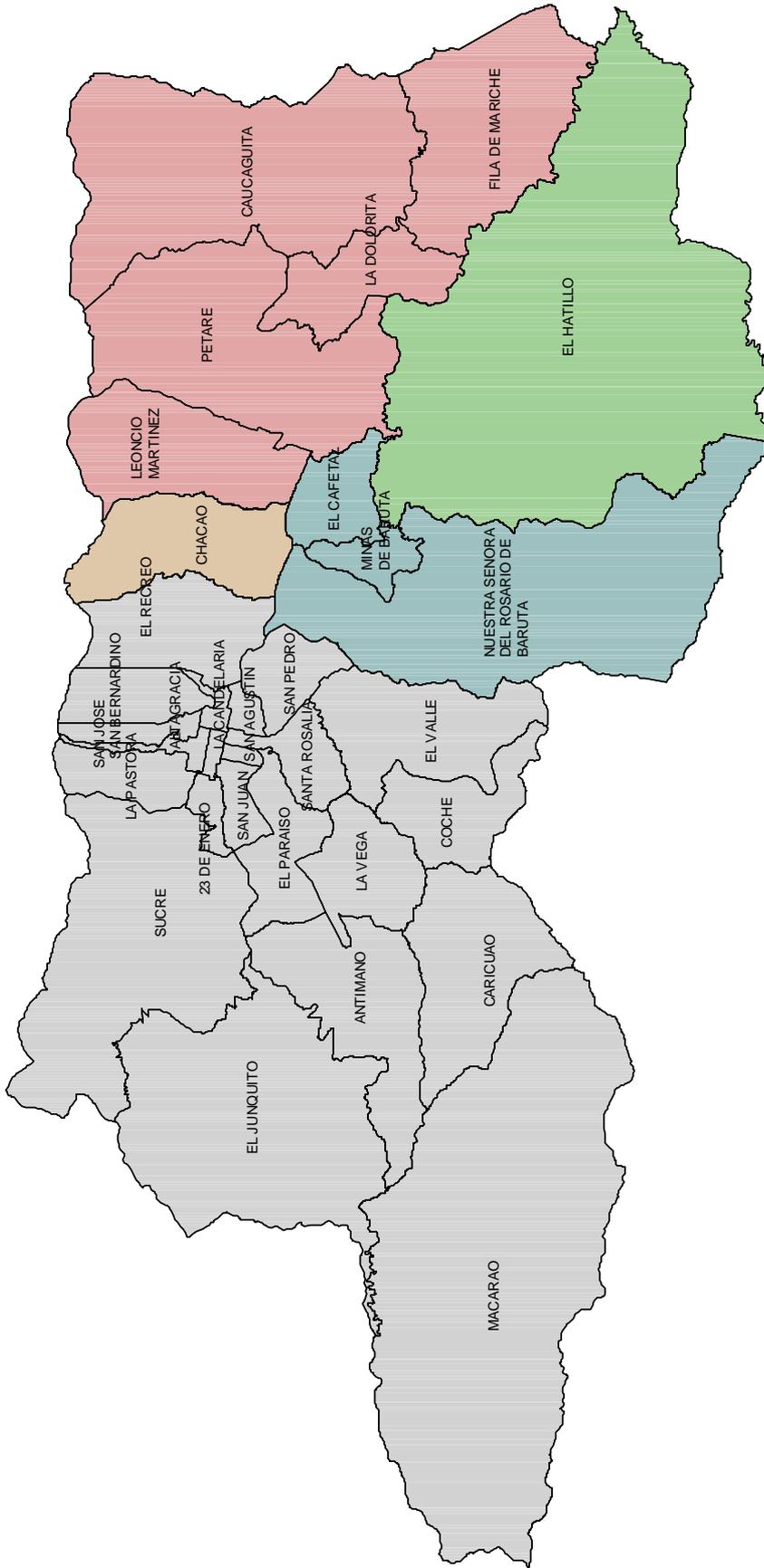
Actividad Económica	Número	% del total nacional	% de nacionales con educación superior
Agricultura	2.690	0,3	7,6
Minería, Petróleo	11.264	12,8	37,5
Manufactura	192.365	18,6	27,9
Electricidad, Gas, Agua	10.727	17,6	48,9
Construcción	83.435	13,0	19,3
Comercio	327.182	17,1	27,5
Transporte	119.278	23,1	38,1
Sector terciario superior*	230.853	48,9	55,5
Servicios	458.609	19,6	27,2
No especificados	8.097	43,0	53,5
Total	1.44.360	17,9	32,0

Fuente: OCEI, 1<sup>er</sup> semestre, Estudio Socioeconómico, 1997

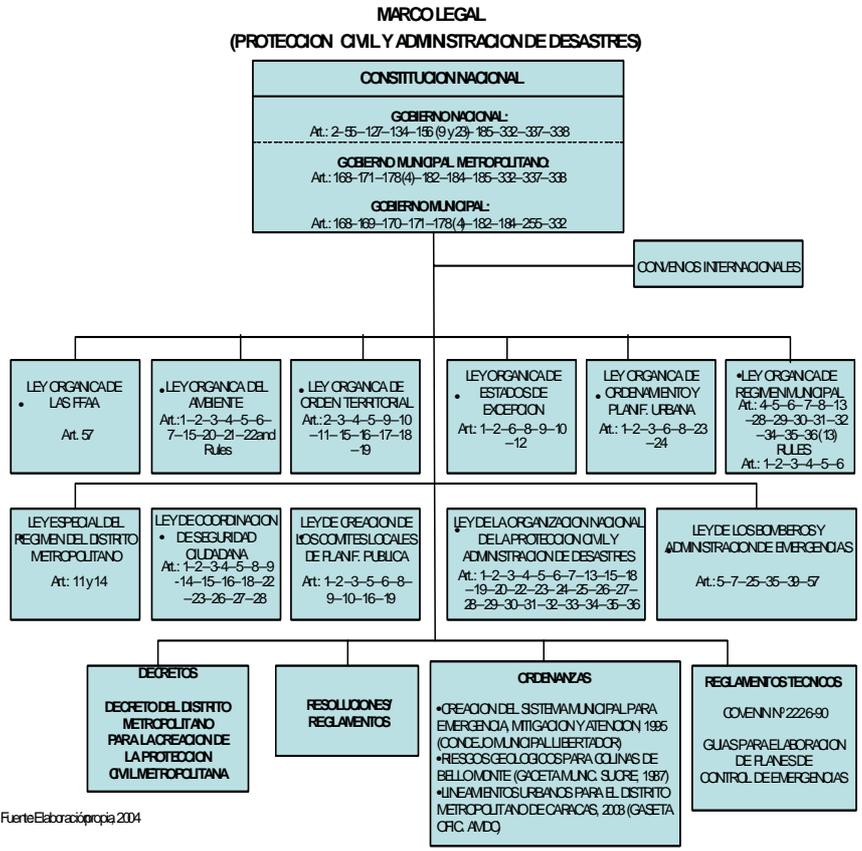
Nota: \* Sector terciario superior incluye: finanzas, seguro, servicios, sector inmobiliario.



**Figura 2.2.1 Modificación de la División Política Administrativa del Distrito Metropolitano de Caracas**



**Figura 2.2.2 División Política Administrativa del Distrito Metropolitano de Caracas**



**Figura 2.3.1 Marco Legal – Nivel de las Leyes**

## CAPÍTULO 3

### ESTUDIO DE DESASTRES POR TERREMOTO

## **CAPITULO 3. ESTUDIO DE DESASTRES POR TERREMOTO**

### **3.1 Análisis de Riesgo Sísmico**

#### **3.1.1. General**

La parte norte de Venezuela está ubicada en la zona de interacción entre la placa del Caribe que se desplaza hacia el este y la placa de Sur América que se desplaza hacia el oeste. Este límite entre placas es una zona de deformación activa de 100 km de anchura, pero movimientos laterales hacia la derecha parecen tener lugar a lo largo del sistema de fallas de orientación diestra, y el resto de la deformación se distribuye a través de fallas asociadas menores dentro y costa afuera de Venezuela.

En Venezuela, los catálogos de terremotos desastrosos pueden fechar retrospectivamente hasta 1530 (Grau (1965), Grases (1900), Grases et. al. (1999)). La Tabla 3.1.1 muestra los epicentros de los mayores terremotos que afectaron a Caracas en la historia.

La observación de movimientos fuertes en Venezuela comenzó en los años 80. El número de registros obtenidos hasta la fecha es mayor a 80, con una aceleración máxima de la superficie del terreno de 178,90 gal.

#### **3.1.2. Definición de un Escenario para Terremoto**

##### **(1) Micro Zonificación**

El diagrama de flujo general del estudio de la micro zonificación sísmica se puede ver en la Figura 3.1.1. El objetivo de la micro zonificación es proporcionar una base para desarrollar un plan de prevención de desastres por terremoto para una región. Este estudio asume un escenario de terremoto específico hipotético.

##### **(2) Definición de un Escenario de Terremoto**

Con la revisión de los datos recolectados, y luego de un intercambio de ideas con FUNVISIS, se definieron cuatro escenarios de terremoto en este estudio. Tres de ellos, se basan en terremotos históricos.

Para la localización del segmento del terremoto de 1967, se usó el método ISC para determinar el epicentro, también usado en Suárez y Nabelek et. al (1990), en un extremo, mientras que en el otro extremo se tomó de Suárez y Nabelek (1990) del Segundo evento, puesto que estos dos eventos son los principales de los cuatro subeventos analizados en este trabajo.

Existen diferentes interpretaciones respecto al terremoto de 1812; estudios anteriores consideran tres eventos, o dos eventos contiguos. En este estudio, se asume como constituido por dos eventos, de acuerdo a Grases y Rodríguez (2001). La magnitud de este terremoto se obtuvo de estos dos autores. La localización del segmento del terremoto de 1812 se encuentra cerca de Caracas, de acuerdo con Grases (1990) y el mapa Iso-sísmico de Altez (2000).

Para el terremoto de 1878, el segmento de la falla se localizó a lo largo de la falla de La Victoria.

Se incluyó un hipotético terremoto en el Ávila, puesto que la falla es conocida por ser activa de acuerdo al estudio de fallas cuaternarias y a las observaciones sismológicas, a pesar de no haber registros históricos de terremotos de la falla del Ávila. La magnitud de un terremoto hipotético de la falla del Ávila se definió de 6,0 para este estudio, aunque la magnitud máxima creíble sea de 6,8. La localización del segmento se tomó del estudio de la falla cuaternaria.

La magnitud se define luego de una revisión comparativa de estudios de terremotos históricos. El tipo de falla se define del estudio de fallas cuaternarias y por observaciones sismológicas. La dimensión de la falla del escenario de terremoto se estimó usando una correlación empírica entre la dimensión de la falla y la magnitud posible. Como resultado, sus parámetros se definen en la Tabla 3.1.2.

### **3. 1. 3. Desarrollo del Modelo de Suelo**

#### **(1) Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de la Amplificación de la Fuerza Sísmica**

La Figura 3.1.2 muestra el diagrama de flujo del desarrollo del modelo de suelo para el análisis de la amplificación de la fuerza sísmica. Se utilizó un programa de análisis de respuesta unidimensional de un terremoto, llamado “Shake” o “Sacudida”, para el análisis de la amplificación de la fuerza sísmica.

La densidad del suelo y de las rocas fue estimada de acuerdo con el resultado del estudio de gravedad<sup>1</sup> realizado en Los Palos Grandes.

Las velocidades de onda-S de las capas de sedimentos fueron estimadas de acuerdo con los datos de perforación y los números de Impacto de la prueba estándar de penetración

---

<sup>1</sup> Taller Internacional “Estudio de métodos y acciones para contrarrestar los efectos producidos por terremotos en Caracas (1999-2001)” – Serie Técnica No.1, 158-165, “Modelaje Gravimétrico del Basamento de la Cuenta de Los Palos Grandes”, Sánchez R. Javier R, Nuris Orihuela, Ronny Meza, Ricardo Ambrosio.

refiriéndose a la relación entre las velocidades de onda-S y los números de Impacto de la prueba estándar de penetración obtenidos en Japón.

El módulo de corte y los factores de descarga fueron estimados de acuerdo con la ecuación obtenida en Japón porque ningún dato era disponible en Venezuela.

## **(2) Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de Licuación**

En el presente Estudio, la distribución de tamaño de partícula de los sedimentos fue usada para estimar la posibilidad de licuación durante el fenómeno de terremoto. Además, la información sobre el nivel del agua subterránea fue recolectada desde MARN y usada.

### **3.1.4. Método de Cuantificación de Movimiento del Terreno**

#### **(1) Selección de Ecuación de Atenuación**

En este estudio, el movimiento del lecho rocoso es calculado usando la ley de atenuación. Varios investigadores habían propuesto las leyes de atenuación. Para poder seleccionar una ecuación adecuada entre ellos, el grupo de estudio y FUNVISIS han discutido y examinado la aplicabilidad de varias ecuaciones de atenuación.

Como resultado, el grupo de estudio y FUNVISIS han acordado emplear la fórmula propuesta por Campbell (1997).

#### **(2) Selección de las Ondas de Entrada**

Durante el terremoto de Caracas en 1967, no se registraron movimientos fuertes. Desde entonces, se han hecho muchos esfuerzos para grabar el movimiento fuerte. Sin embargo, los datos de movimiento fuerte adecuados para ondas de entrada para escenarios de terremoto en Venezuela, todavía no están disponibles. Por lo tanto, las ondas de entrada son seleccionadas de las bases de datos mundiales de movimientos fuertes, las cuales están registradas bajo condiciones similares de cada escenario de terremoto.

#### **(3) Cálculo de Respuesta Sísmica**

Para el cálculo, la amplitud máxima de las ondas de entrada es ajustada de acuerdo a los valores calculados por la ley de atenuación. Y el modelo de terreno desarrollado para cada cuadrícula es usado como se describe en la sección 3.1.3. La aceleración máxima de terreno es, entonces, calculada por cada cuadrícula de 500m.

#### **(4) Cuantificación de la Intensidad Sísmica**

En Venezuela, el MMI ha sido empleado para describir la intensidad de la sacudida durante el terremoto. Para poder correlacionar la aceleración máxima de terreno al movimiento de terreno, los siguientes procedimientos, propuestos por FUNVISIS, son empleados

- Calcular intensidad del espectro (SI, siglas en inglés), de acuerdo a Housner (1952), mediante la integración de la velocidad de respuesta de espectro a 20%, reducir la amplitud sobre el período de rango entre 0,1 segundos y 2,5 segundos.
- Obtener velocidad máxima de terreno mediante  $V = SI/2.4$  (Esteva & Rosenblueth(1964); Rosenblueth(1964)).
- Calcular intensidad sísmica mediante  $MMI = \log(14v)/\log(2)$

#### **(5) Estimado para la Susceptibilidad de Licuación**

La susceptibilidad de licuación para estratos individuales es analizada por el método FL. Toda la susceptibilidad de licuación como los puntos analizados es evaluada por el método PL basado en los resultados del método FL.

En principio, depósitos arenosos saturados, los cuales satisfacen las siguientes tres condiciones simultáneamente, requieren análisis de susceptibilidad de licuación.

- Depósitos arenosos saturados hasta la profundidad de 20m, con nivel de agua subterránea dentro de los 10m, ambos de la presente superficie de terreno.
- Depósitos sedimentarios con contenidos finos (Fc) (siglas en inglés) menores de 35% o con un índice de plasticidad menor de 15% aun con el Fc mayor de 35%.
- Depósitos sedimentarios con un tamaño de grano promedio (D50) menor de 10mm, y con un 10% del tamaño de grano menor a 1mm.

### **3. 1. 5. Resultados Estimados del Movimiento de Terreno**

#### **(1) Estimación de la Aceleración Máxima de Suelo**

Los mapas para la intensidad sísmica estimada para el escenario de terremotos se muestran de la Figura 3.1.3 a la Figura 3.1.6.

## **(2) Estimación de la Aceleración Máxima de Suelo**

La susceptibilidad de licuación fue evaluada utilizando el valor PL. Los mapas de la susceptibilidad de licuación estimada para los escenarios de los terremotos se muestran de la Figura 3.1.7 a la Figura 3.1.10. En general, los depósitos sedimentarios en el valle de Caracas tienen suficiente fuerza para resistir la fuerza sísmica y mantener un estado estable con referencia del fenómeno de licuación. Las áreas con alta susceptibilidad de licuación están limitadas a varias cuadrículas, aún contra el terremoto fuerte de 1812 y el del Ávila.

## **3.2 Análisis de Riesgo Sísmico en Edificios**

### **3.2.1. Revisión de los Datos Recolectados**

#### **(1) Concepto Básico**

Un inventario de edificios fue realizado por el Equipo de Estudio para clarificar la distribución de edificios en el área de estudio. El área de estudio se divide en dos áreas. La primera es el área urbanizada. La otra es el área de barrio y rural.

Con respecto al área urbanizada, el área de unidad es la “manzana”. Los datos del SIG de la “manzana” fueron proporcionados por la Secretaría de Planificación Urbana, Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas (ADMC). En una “manzana” hay varios tipos de edificios. Por ende, el número de edificios por cada categoría en una “manzana” debe ser estimado. Para conocer el número de categorías de edificios, el estudio en campo de una muestra fue conducido. El resultado del estudio se resume para calcular el cociente de la categoría de edificio en una “manzana”.

Con respecto al área de barrios y rural, la unidad es un área que contiene edificios existentes agregados. El área es subdividida por la cuadrícula del modelo geológico. La base de datos SIG de barrios es proporcionada por la Secretaría de Planificación Urbana, ADMC. Las áreas de barrios y rurales se dividen en dos áreas. Una es el área escarpada de la cuesta y la otra es el área de menor pendiente de la cuesta. El valor del umbral es 20 grados. Este valor del umbral fue decidido después de la discusión entre FUNVISIS y el Equipo de Estudio de JICA

Hay muchas fábricas en el área rural. La categoría de la función de daños "ACERO 1- 3F" se aplica para las fábricas en el área rural. Existen muchos edificios residenciales altos en el área rural. La categoría del "RC-MOMENT FRAME 9-F '82-" se aplica para edificios residenciales altos en el área rural. El número de edificios en esta área se obtuvo por SIG basado en el mapa base (Figura 3.2.14) o por las fotografías aéreas.

La categoría del inventario de edificios y la función de daños para barrios y áreas rurales se resume en la Tabla 3.2.1, que fueron discutidos y acordados con FUNVISIS.

## **(2) Área Urbanizada**

La Figura 3.2.1 presenta el diagrama de flujo del inventario de edificios para el área urbanizada. Un estudio de una muestra de campo fue realizado para calcular el cociente de cada categoría en una manzana. Los elementos del estudio fueron decididos de acuerdo con la opinión de varios expertos durante la discusión entre FUNVISIS y el Equipo de Estudio JICA. El número de la muestra se decidió bajo consideración de la exactitud, del término y del coste. El número de la muestra es 1000. Los edificios muestreados se seleccionaron aleatoriamente. El estudio fue realizado a partir de julio hasta mediados de septiembre de 2003.

La Unidad Analizada de la Vulnerabilidad (en adelante UAV) se introduce para clasificar el área urbanizada. Las UAV son sub-zonas del área urbanizada. UAV es propuesta por la Dra. Virginia Jiménez (IVGSB) y el profesor Jesús Delgado (CENAMB, UCV). El área urbanizada se divide en 30 sub-zonas. El resultado del estudio de la muestra de campo es resumido por UAV. El mismo cociente se aplica para todas las manzanas en un UAV. La Tabla 3.2.2 presenta el número de edificios en cada UAV.

## **(3) Barrio y Área Rural**

La Figura 3.2.2 presenta el diagrama de flujo del inventario de edificios para el barrio y el área rural. El barrio y el área rural se dividen en dos áreas. Una ha sido cubierta por el mapa de trabajo de 1/5.000 y la otra no ha sido cubierta por el mapa de trabajo de 1/5.000. El barrio y el área rural también se dividieron en dos áreas. Una donde la cuesta/pendiente tiene más de 20 grados y la otra es el área donde la cuesta es más ligera con menos de 20 grados.

El número de edificios del barrio y del área rural dentro del área del mapa de trabajo de 1/5.000 se resume en la Tabla 3.2.3. El número de edificios del barrio y del área rural fuera del área del mapa de trabajo de 1/5.000 se resume en la Tabla 3.2.4.

## **(4) Información para la Cuantificación de Daños Humanos**

Los datos del Censo 2001 incluyendo el número de personas por casa en el área del estudio fueron proporcionados por INE. Los datos se resumen en la Tabla 3.2.5. La figura se emplea para la cuantificación de daños humanos.

### **3. 2. 2. Método de Cuantificación de Daños**

#### **(1) Daños de Edificios**

De acuerdo con la propuesta de FUNVISIS y del ingeniero Safina, para la cuantificación de los daños de edificios, la Escala Micro-sísmica Europea (EMS) fue empleada y su aplicabilidad fue comprobada con los daños de edificios del terremoto de 1967 de Caracas.

Estas curvas constituyen una base independiente, por lo que cualquier categoría o tipología estructural de edificios se puede expresar como combinación lineal de estas curvas que aplican correctamente factores de peso a cada clase de vulnerabilidad.

#### Categorías de Edificios Usadas en Caracas

Para la clasificación de las diversas tipologías estructurales de edificios dentro de las Clases de Vulnerabilidad, el punto de comienzo son las recomendaciones propuestas la Escalas Macro sísmicas Europeas EMS-98.

La Tabla 3.2.6. resume la definición de las categorías de edificios usadas en Caracas, que fueron determinadas según los resultados del estudio de campo y que convinieron los grupos de trabajo JICA-FUNVISIS. La Tabla 3.2.7 presenta el número estando de edificios para cada categoría.

#### Las Funciones de Daños para las Categorías de Edificios Usadas en Caracas

La Figura 3.2.3 representa las funciones de daños determinadas por el procedimiento descrito, y que serán utilizadas en el estudio del Plan Básico de la Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas.

#### Calibración de las Funciones de Daños Propuestas

Para probar si la función de daños propuesta es representativa, algunos de los resultados registrados en el terremoto de Caracas en julio 29 de 1967 fueron revisados y comparados con el cálculo.

Partiendo del mapa de contornos de IMM determinado para el terremoto de la ciudad de Caracas de 1967 (Fiedler 1968), se puede observar que la intensidad macro sísmica en la escala MCS estimada para el sector de Los Palos Grandes y sus alrededores es VIII, y en el sector del San José la intensidad estimada es VII, mientras que la intensidad base en los afloramientos de roca está entre VI y VII.

Con respecto al número de edificios severamente dañados, la comparación presentó un resultado aceptable entre el registro histórico y el cálculo.

## **(2) Pérdidas Humanas**

La función de daños para el número de muertes y el número de personas heridas seriamente se obtiene de este análisis. El número de muertes y de lesiones severas se evaluó sobre la base de relaciones empíricas y la distribución de daños de edificios.

### **3. 2. 3. Resultados de la Cuantificación de Daños**

El resumen de los daños estimados para los cuatro escenarios se muestra en la Tabla 3.2.8.

## **3. 3. Inventario de Instalaciones Importantes**

### **3. 3. 1. Método de Evaluación Sísmico de Instalaciones Importantes**

No existe ningún método en particular para realizar una evaluación sísmica en Venezuela debido a que esta evaluación no se practica aquí. Por lo tanto, el Estudio de Equipo JICA y FUNVISIS han adoptado los métodos de evaluación sísmicos desarrollados por la Agencia de Gestión de Emergencia Federal (FEMA, *Federal Emergency Management Agency*) del gobierno americano los cuales se aplican actualmente en los EUA.

Existen más de 1,000 edificios importantes en el área de estudio en los tres distritos (Libertador, Chacao y Sucre). En este plan, se seleccionaron 32 edificios de la totalidad de edificios importantes y se llevó a cabo un Sondeo Visual Rápido (SVR o *Rapid Visual Screening* en Inglés) para determinar si se requiere de una evaluación sísmica detallada. Posteriormente, una evaluación sísmica detallada se efectuó en los edificios que así lo requerían al realizar el SVR.

#### **(1) Sondeo Visual Rápido (SVR) para los Edificios Importantes**

SVR se diseñó como un procedimiento que no requiere cálculo estructural. Por otro lado, la decisión si el edificio es seguro o no, se basa en un sistema de puntuaciones. En SVR, la inspección, la recolección de datos y el proceso de la toma de decisiones básicamente se realiza durante la visita al edificio.

El valor umbral de puntuación “S” de este sistema fue determinado modificando el valor utilizado por FEMA, después de la discusión con FUNVISIS.

La edificación se considera segura si  $2,0 < S / \text{Factor de Importancia de la Construcción}$  (Código Sísmico de 2001)

## **(2) Evaluación Sísmica de Edificios Importantes**

De acuerdo a los resultados del SVR, el Estudio de Equipo JICA y FUNVISIS utilizaron el método de evaluación sísmica desarrollado por FEMA para la evaluación sísmica detallada en los edificios típicos. La evaluación sísmica detallada se realizó por medio de modelos apropiados para el armazón estructural y análisis aplicados en el código sísmico venezolano actual y en los siguientes libros de referencia.

### **3.3.2. Resultados de la Evaluación Sísmica de Edificios Importantes**

#### **(1) Resultado del Sondeo Visual Rápido**

La relación entre el año construido y los valores S se muestran en la Figura 3.3.1. De los 32 edificios inspeccionados, 24 edificios tuvieron una puntuación menor que 2,0, por lo que requieren una evaluación sísmica detallada. Estos 24 edificios serán examinados en la fase de evaluación sísmica detallada.

#### **(2) Resultado de la Evaluación Sísmica Detallada**

El Equipo de Estudio JICA intentó recolectar información existente de los 24 edificios. Sin embargo, únicamente pudo conseguir los planos y hojas de cálculo para 4 de los edificios.

Estos 4 edificios importantes fueron: dos (2) hospitales, un (1) edificio gubernamental y una (1) escuela.

De acuerdo a los planos y hojas de cálculo obtenidos, se realizó la evaluación sísmica detallada para los cuatro edificios importantes. Sin embargo, puesto que la información recolectada no era suficiente, el ingeniero de evaluación tuvo que asumir ciertos componentes estructurales que se desconocían debido a la falta de planos.

De los cuatro edificios a los que se les efectuó la evaluación sísmica detallada, la decisión tomada en tres de ellos fue que requerían de reforzamiento, al ser comparados con el Código Sísmico de 2001.

### **3.3.3. Plan para el Reforzamiento de Edificios**

#### **(1) Procedimiento para la Inspección y Planificación**

La información existente de los edificios (tal como los planos arquitectónicos, los planos estructurales, hojas de cálculo y otras especificaciones) es necesaria para llevar a cabo la evaluación sísmica detallada.

Si los edificios han sido objeto de alguna modificación, tal como algún trabajo de expansión, también la información relacionada es requerida. Cualquier otra información se obtendrá por medio del chequeo visual de los componentes estructurales y la prueba de muestras de materiales estructurales tales como del concreto o barras de refuerzo del edificio mismo.

Asimismo, el ingeniero estructural deberá tener una discusión con el dueño y operador de la construcción y/o arquitecto original del plan e ingeniero del equipo de construcción con respecto a la función del edificio y condiciones de uso.

El ingeniero estructural le entregará la estimación del costo del plan de fortaleciendo al dueño y/o operador del edificio.

## **(2) Estimación del Costo para el Plan Maestro del Reforzamiento del Edificio**

Uno de los proyectos del plan maestro que fue seleccionado es el reforzamiento de edificios de todos las edificaciones necesarias. El número de edificios a ser reforzados se estimó basándose en el resultado del estudio de muestreo llevado a cabo durante el primer estudio en Venezuela. El costo total para este proyecto se estimó en base a las siguientes asunciones.

### 1) Área Urbana

- edificios construidos antes de 1967 15% del nuevo costo de construcción
- edificios construidos entre 1968 y 1982 10% del nuevo costo de construcción

### 2) Área de Barrio

- edificios en pendientes con más de 20 grados 25% del nuevo costo de construcción
- edificios en pendientes con menos de 20 grados 15% del nuevo costo de construcción

## **3. 4 Análisis de Riesgo Sísmico de Líneas Vitales e Infraestructura**

### **3. 4. 1. General**

#### **(1) Introducción**

Si ocurriese un terremoto desastroso cerca del área de estudio, estas redes viales y líneas vitales pueden sufrir daños severos y provocar problemas físicos de funcionamiento en las actividades de la ciudad.

Para asegurar y mantener las funciones ciudadanas del Distrito Metropolitano de Caracas, es indispensable fortalecer la infraestructura y las líneas vitales vulnerables a los terremotos.

Se realizaron los estimados de daño sísmico para la infraestructura y líneas vitales en el área de estudio y se recomendaron las medidas necesarias para reforzar las estructuras contra terremotos.

**(2) Información de la Infraestructura y las Líneas Vitales Recopilada**

Se obtuvo información sobre la infraestructura y líneas vitales de los organismos y autoridades competentes. Sin embargo, los datos recopilados son bastante limitados debido a que el listado del inventario es insuficiente. Por lo tanto, los estimados de daño sísmico solamente se pudieron realizar con los datos recopilados y la información disponible de la investigación de campo y mapas comerciales.

**(3) Escenarios de Terremoto**

Se adoptaron los escenarios de terremoto correspondientes a los terremotos de 1967 y 1812 para estimar los daños sísmicos.

**3. 4. 2. Resultados de la Estimación de Daños**

**(1) Datos**

Los datos recopilados son los siguientes.

- 1) Puentes
- 2) Viaductos (Autopistas Elevadas)
- 3) Metro
- 4) Acueductos
- 5) Líneas de Telecomunicaciones
- 6) Instalaciones de alto riesgo. (Estaciones de gasolina)

**(2) Puentes**

Se seleccionaron ciento quince (115) puentes en las autopistas para estimar el daño sísmico considerando su importancia en las actividades de emergencia de rescate y transporte en el caso de que ocurra un terremoto.

La mayoría de los puentes fueron construidos antes de 1967 y no se reportaron daños serios cuando ocurrió el terremoto de 1967, con excepción de daños menores al pilar del distribuidor El Pulpo.

Los resultados del estimado de daños a puentes indican que los puentes existentes son lo suficientemente fuertes para soportar un terremoto como el de 1967, lo que concuerda con los datos históricos.

En el caso del escenario de un terremoto como el de 1812, se estima que quince (15) puentes tienen un nivel alto y dos (2) puentes un nivel medio de riesgo sísmico de caerse en caso de un terremoto de esa magnitud. Los detalles de esos puentes y su localización se muestran en las Figura 3.4.1.

De los quince (15) puentes que se estima tienen alto riesgo sísmico, diez (10) puentes están localizados en el distribuidor La Araña, donde el suelo consiste de depósitos sedimentarios susceptibles a licuación. El distribuidor La Araña es el más grande de Caracas, fue abierto al tráfico en 1966, y la altura del puente es de más de 10 m. en el centro. Este distribuidor juega un papel importante en el transporte en las direcciones Este-Oeste y Norte-Sur. La seguridad de este distribuidor es vital para las actividades sociales y económicas de la ciudad de Caracas.

### **(3) Viaductos (Autopistas Elevadas)**

En el estimado de daños sísmicos para los viaductos se hizo referencia a los datos del desastre de Hanshin/Awaji de 1995 en Japón. De acuerdo a lo estimado, dos localizaciones pueden colapsar y tres pueden sufrir daños en el distribuidor La Araña.

El estimado de daños, la intensidad sísmica y la localización de cada viaducto se muestran en la Figura 3.4.2.

En el distribuidor la Araña, los pasos elevados de la autopista fueron construidos en 1966 y un código sísmico viejo fue aplicado al diseño. Hay tres pasos elevados construidos en el centro del distribuidor La Araña y la altura de la estructura es mayor de 10 m. y ésta puede ser fácilmente afectada por un terremoto.

Se recomienda investigar el código de diseño aplicado a los puentes y las bases del código de diseño. También, se necesita tomar medidas para reforzar las estructuras contra terremotos.

### **(4) Metro**

Existen tres (3) líneas de Metro en el Distrito Metropolitano de Caracas y su longitud total es de 44.3 Km. Su localización y la de los túneles de corte abierto y tipo cajón se muestran en la Figura 3.4.3.

Línea 1: Aceleración Máxima del Terreno (PGA) es estimada en 581 gal. entre las estaciones Capitolio y Chacaito (alrededor de 5.8 Km.) en el caso de que ocurriese el escenario de un terremoto como el de 1812. Este PGA es equivalente a una Intensidad Meteorológica de Japón de 6+.

En el caso del desastre de Hanshin/Awaji, las columnas medias se colapsaron debido a la fuerza vertical extra producida por el terremoto. Especialmente el peso del terraplén se considera aplicado a la estructura del túnel verticalmente. Se recomienda revisar el diseño y el tipo de estructura del túnel para reforzar las columnas medias considerando fuerzas verticales adicionales en el túnel.

Línea 2: PGA se estima en 721 gal. en la estación de Altimano. En el túnel tipo cajón de corte abierto entre Artigas y Mamera se recomienda reforzar la columna media considerando un escenario de terremoto como el de 1812.

Línea 3: PGA se estima en 409 gal en el túnel tipo cajón en el escenario de un terremoto como el de 1812. Este PGA es equivalente a JMI 6- y para esta intensidad no se registró daños o colapso de columnas medias en el desastre de Hanshin/Awaji. Pero en el Metro de Caracas puede ser diferente de acuerdo con el espesor del terraplén del túnel tipo cajón. Se recomienda revisar el diseño y reforzar la columna media en caso de que no sea lo suficientemente fuerte para resistir las fuerzas verticales.

No se reportaron daños en el túnel escudo del Metro en el desastre de Hanshin/Awaji y el túnel escudo es una estructura muy fuerte contra terremotos.

## **(5) Acueductos**

La información sobre el material no estaba disponible, por lo tanto la estimación de daños fue realizada bajo la suposición que el material sea hierro fundido dúctil. Recientemente las autoridades encargadas del suministro de agua han estado promocionando como política que se utilicen gradualmente acueductos de hierro fundido dúctil.

El estimado de los daños se muestra en la Fig. 3.4.4 para un escenario de terremoto como el de 1812.

De acuerdo con el estimado de daños, no se espera que ocurran daños a los acueductos en un escenario de terremoto como el de 1967. En caso de un sismo como el de 1812, el máximo número de puntos de daño por cuadrícula (500 m x 500 m ) se estima que sea solo 0,56 puntos.

Las áreas más afectadas son Nevera y San Pedro cuyas localizaciones se muestran en la Figura 3.4.4, pero el estimado de puntos dañados es bastante pequeño.

Sin embargo, estos cálculos se basan en la suposición que todos los acueductos están hechos de hierro fundido dúctil y este material es resistente en caso de terremoto. Por lo tanto, se recomienda continuar promoviendo la política de utilizar hierro forjado dúctil.

#### **(6) Telecomunicaciones**

En el caso de escenario de un terremoto como el de 1967, la mayoría de las intensidades sísmicas son iguales a, ó menores de 5 en Intensidad Meteorológica de Japón (JMI) y el daño posible es de solo 0.07% de la longitud total. En caso de un sismo como el de 1812 se dañaría un 0,25% del total de los cables de telecomunicaciones.

#### **(7) Instalaciones de Alto Riesgo (Estaciones de Gasolina)**

Cincuenta y cuatro (54) estaciones de gasolina están localizadas en el área de estudio y su ubicación se muestra en la Figura 3.4.5.

En el escenario de terremoto de 1967 el PGA de la superficie del terreno estimado es menos de 250 gal y la probabilidad de pequeños derrames de los tanques o las juntas de tubería es de solo 0,14% y no se anticipa ningún daño de acuerdo con el Estudio del Gobierno Metropolitano de Tokio, 1977.

En el escenario de un sismo como el de 1812 el PGA de la superficie del terreno es de 400-450 gal y hay trece (13) estaciones de gasolina en esa área. La probabilidad de pequeños derrames de los tanques y juntas de tubería es de solo 2,00% y los daños son bastante pequeños de acuerdo con el Estudio del Gobierno Metropolitano de Tokio, 1977.

Aun si se considera toda el área, el número de estaciones de gasolina afectadas sería menos de una.

Las estaciones de gasolina en áreas de alta aceleración deben ser mejoradas en sus estructuras para hacerlas sismo resistentes.

### **3.5 Estudio de Prevención de Desastres por Terremotos**

#### **3.5.1. Estudio sobre Medidas Estructurales**

Generalmente, el efecto de las medidas estructurales es permanente, una vez que han sido instaladas, pero son más caras que las medidas no estructurales. Sin embargo, las medidas no estructurales como

entrenamiento o educación necesitan de un buen mantenimiento para ser efectivas. El uso de medidas estructurales y no estructurales debe ser optimizado para maximizar la prevención. Las medidas estructurales se pueden realizar de la manera siguiente:

Las medidas estructurales para incrementar la seguridad de las edificaciones es el factor más importante para reducir las víctimas causadas por terremotos. Además, si tenemos éxito en reducir los daños a edificaciones, ahorraríamos mucho dinero en gastos de respuesta de emergencia y reconstrucción.

- Hacer cumplir el código sísmico vigente sería efectivo para edificaciones nuevas. Sin embargo, toma bastante tiempo para que en un área las edificaciones viejas sean reemplazadas por edificaciones nuevas y adicionalmente el número de edificaciones nuevas es comparativamente limitado.
- Muchas de las edificaciones existentes fueron construidas antes de la existencia de un código, con un código sísmico viejo, o sin ningún diseño de ingeniería. Aunque el código sísmico ha sido mejorado, la resistencia de las edificaciones existentes se ha mantenido igual. Esto puede ser un problema importante en caso de suceder un terremoto, así que estas edificaciones deben ser los objetos principales del reforzamiento sísmico.
- Entre las edificaciones existentes, las instalaciones socialmente importantes tienen prioridad para el reforzamiento sísmico porque estas deben mantener su funcionamiento durante la emergencia.
- Desde el punto de vista de planificación urbana, es importante considerar los espacios abiertos y la vialidad en la planificación de la prevención de desastres. Los espacios abiertos pueden ser utilizados normalmente como parques y luego ser utilizados como espacios de evacuación durante el periodo de emergencia, además pueden prevenir que los incendios se extiendan después que comienzan.
- La disponibilidad de vías de acceso es crítica para las actividades de respuesta de emergencia, las vías más angostas serán bloqueadas por carros abandonados o por edificaciones colapsadas. Por lo tanto, la preservación de las vías principales conjuntamente con la asignación de rutas de emergencia será importante para asegurar un transporte efectivo durante una emergencia.

En este estudio, la factibilidad del reforzamiento sísmico de las edificaciones se investiga cuantitativamente de la siguiente manera:

- Los edificios en el área urbana están contruidos basándose en diseños de ingeniería por lo que datos técnicos como los planos estructurales y las hojas de cálculo se encuentran disponibles. Por

consiguiente, la evaluación del reforzamiento sísmico se puede efectuar utilizando el resultado de la inspección visual rápida y las evaluaciones detalladas que se muestran en el Capítulo 3.3

- Para las edificaciones en los barrios, existe poca información técnica disponible hasta ahora debido a que han sido construidos sin diseños de ingeniería. Sin embargo, considerando el hecho de que son la mayoría de los edificios en el área de estudio y los más vulnerables durante un terremoto, no se deben descuidar al desarrollar el plan de prevención de desastres. En este estudio para entender la fuerza real de las casas en el barrio, así como para ver si es posible reforzar tales edificios, se les realiza la prueba de ruptura de edificio usando casas a escala real.

Los objetivos de la prueba de campo son los siguientes;

- Evaluar la vulnerabilidad de las casas de barrio
- Evaluar el efecto de refuerzo sísmico de casas de barrio, con técnicas disponibles y a costos asequibles

Primero, se construyeron cuatro casas modelo iguales como las edificaciones sin ingeniería de los barrios. Luego se reforzaron tres de las cuatro casas modelo como se muestra en la Foto 3.5.1 y en la Foto 3.5.2 y como se describe en la Tabla 3.5.1. Se realizó el refuerzo sísmico considerando el impacto en costos y el efecto técnico. Se aplicó carga horizontal a cada modelo, se midió la resistencia por el IMME como se muestra en la Foto 3.5.3 y se evaluó el refuerzo sísmico. La resistencia del concreto utilizado a los 28 días fue medida por el IMME. Se tomó un video de la prueba de campo para ser utilizado como material de concientización.

Se observaron los siguientes resultados.

- La resistencia promedio del concreto utilizado para columnas y vigas fue de 58 Kg. /cm<sup>2</sup>, como se muestra en la Figura 3.5.1. Esto representa cerca de 1/3 a 1/4 de la resistencia de concreto de ingeniería.
- La resistencia de los pórticos sin refuerzo es de 9 a 10 ton para 4 columnas como se muestra en la Figura 3.5.2.
- La adición de vigas de riostra es efectiva como reforzamiento sísmico e incrementa la resistencia en aproximadamente 40% como se muestra en la Figura 3.5.2, y se necesita prestar atención al largo de la columna para prevenir falla por corte considerando la resistencia del concreto. Impacto en costos es de 5%~7 %.

- Las paredes de bloques de arcilla no son efectivas como refuerzo sísmico. Impacto en costos es de 10%.
- Las paredes de bloques de concreto son efectivas si la resistencia del bloque de concreto se incrementa con el uso de barras. Taladrado y uso de epoxy es el método para anclar las barras a las columnas y vigas existentes. Impacto en costos es del 15%.
- El informe en video se utiliza para aumentar la concientización de la población
- Se sugiere investigar otros métodos prácticos y económicos en el futuro.
- Es la primera vez que se realiza este tipo de pruebas de campo a escala completa en Caracas. Se recomienda continuar y desarrollar evaluaciones sísmicas y refuerzos a través de pruebas de modelos y análisis de casas de barrio en el futuro.

### **3. 5. 2. Estudio sobre Medidas No Estructurales**

Las medidas no estructurales por lo general son más económicas comparadas con las medidas estructurales. Sin embargo, estas no son permanentemente efectivas si no se practican regularmente, como por ejemplo entrenamiento o educación. Muchos tópicos pueden ser utilizados en común para desastres por terremotos y por sedimentos, así que los sistemas de prevención y las prácticas utilizadas para desastres por sedimentos pueden ser utilizados también para terremotos.

- Institucionalización

Se debe crear un marco legal que soporte la coordinación interinstitucional. Dado que varias organizaciones tratan con los mismos tópicos, la división de los roles entre ellas se puede hacer asignando organizaciones líderes y organizaciones de apoyo. Otro factor que debe ser considerado es la posible fuente de los recursos para prevención de desastres.

- Diseminación de la Información

La diseminación de la información sobre desastres naturales es el primer paso para permitir que la población se entere y se motive a prepararse para los futuros desastres. Posibles contenidos del material son los hechos históricos de desastres o los mapas de amenaza y riesgo, con diferentes presentaciones y contenidos de acuerdo a los diferentes usuarios como por ejemplo a los investigadores, los administradores o al público general.

- Educación y Entrenamiento

La educación y el entrenamiento pueden estar dirigidos a varias audiencias, como administradores, ingenieros, medios de comunicación, estudiantes y público. Los contenidos del entrenamiento son evacuación, extinción de incendios, búsqueda y rescate, triage(selección), reuniones de emergencia y comunicaciones, simulaciones de escritorio de las respuestas de emergencia. El entrenamiento se puede practicar en un día conmemorativo.

- Investigación

Los estudios científicos básicos, así como los estudios científicos y de ingeniería después de los desastres son claves para desarrollar conocimientos básicos y aprender lecciones de los desastres. Estas lecciones y conocimientos pueden ser reflejados en las revisiones del material de entrenamiento y educación.

**Tabla 3.1.1 Lista de Terremotos que Han Afectado a Caracas (Grau (1969), Grases (1990), Grases et. al. (1999))**

Año	Mes	Día	Hora Local	Magnitud	Intensidad Sísmica en Caracas	Descripción
1641	6	11	8:15			El terremoto destruyó la primera ciudad de Cúa. La nueva ciudad fue fundada en 1690 con el nombre de El Rosario de Cúa, 1 km al norte del primer lugar. El terremoto afectó a Caracas, donde una iglesia y otros edificios se derrumbaron.
1766	10	21	4:30	7.9	V	Por la extensión del área afectada y por la duración de las réplicas, este terremoto es probablemente el de mayor magnitud que ha afectado el noreste de Venezuela. Las réplicas fueron sentidas cada hora durante 14 meses. El terremoto causó daños en varias ciudades del este de Venezuela y en Caracas.
1812	3	26	16:07 (Caracas) 17:00 (Mérida)	6.3 (Caracas), 6.2 (Barquisimeto - San Felipe), 7 (Mérida),	IX	El terremoto afectó severamente en lugares distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas. A partir de la base de la distribución de los daños, se postula que son tres eventos diferentes. El número de víctimas fue de alrededor de 5.000 en Mérida, 3.000 en San Felipe, 4.000 a 5.000 en Barquisimeto, y 10.000 en Caracas. En total, el número de víctimas fue de cerca de 40.000 desde Mérida a Caracas. En Caracas, los sectores del Norte de la ciudad fueron casi completamente destruidos, en los sectores del Sur y del Este, el daño fue menor. En el Ávila hubo grandes derrumbes y se formaron grietas de gran dimensión. El movimiento del suelo duró 48 segundos en Caracas, en la dirección Oeste a Este. El estudio reciente revela que cerca de 60% de las edificaciones fueron severamente dañadas en Caracas, y el total de muertes en Caracas pudo ser reducido a 2.000. (Altez, 2004)
1837	9	10	14:00			Fuerte terremoto en Caracas. Destructor en Santa Teresa del Tuy y Santa Lucía. Destrucción de alguna consideración, algunas casas se derrumbaron. Hubo pocas víctimas y la mayoría de ellas resultó lesionada.
1878	4	12	20:40	5.9	VI-VII	Terremoto destructor del sur de Caracas que arruinó la ciudad de Cúa donde murieron de 300 a 400 personas bajo los escombros de un total de 3000 habitantes para la fecha. El trabajo de campo indicó que las casas en la parte baja de la ciudad sobre la planicie aluvial sufrieron relativamente poco daño, mientras que las que estaban en áreas altas de la ciudad, como colinas rocosas, fueron destruidas (Ernst 1878). El número de víctimas se estimó en 600 (The Times, Londres 18 de mayo, 1878). En Caracas, las edificaciones sufrieron grietas. El movimiento del terreno duró de 8 a 10 segundos en Caracas.
1900	10	29	4:42	7.6	VII	El terremoto afectó Macuto, Naiguatá, Guatire, Guarenas, Higuerote, Carenero, y otras ciudades de Barlovento que sufrieron grandes daños y víctimas. Muchas edificaciones se agrietaron y algunas se derrumbaron en Caracas. El segundo piso de la Embajada Británica desapareció (The Times, Londres, Octubre 30 a Noviembre 2, 1900). Hubo 250 réplicas en 3 años. En Caracas, 20 casas se derrumbaron y más de 100 se deterioraron, 21 muertos y más de 50 heridos.
1967	7	29		6.3	VI-VIII	El terremoto causó importantes daños en Caraballeda, algunas zonas de Caracas y la costa central y se sintió en la región centro norte del país. Rial (1977) concluye que fueron múltiples terremotos, tres eventos en dirección de noroeste a sudeste, posiblemente debidos al sistema de fallas de Tacagua. De acuerdo a Grases (1990), el saldo de muertos fue de 274, el número de heridos de 2000, y las pérdidas materiales por 100 millones de dólares. Se derrumbaron cuatro edificios de diez a doce pisos, construidos entre 1962 y 1966, y otros edificios de similar altura en Caracas sufrieron daños parciales. No hubo interrupciones de servicio. Las líneas de telégrafos y teléfonos se conservaron.

**Tabla 3.1.2 Escenario de Terremotos y Sus Parámetros**

Escenario	Mw	Profundidad Sismogénica (km)	Longitud de la Falla	Mecanismo	Sistema de la Falla
1967	6.6	5 km	42 km	Falla Transcurrente	San Sebastián
1812	7.1	5 km	105 km	Falla Transcurrente	San Sebastián
1878	6.3	5 km	30 km	Falla Transcurrente	La Victoria
Ávila	6	5 km	20 km	Falla Transcurrente	Tacagua-El Ávila

**Tabla 3.2.1 Categorías del Inventario de Edificios y la Función de Daños para el Barrio y el Área Rural**

Inventario de Edificios		Función de Daño				
Area	Pendiente	No	Estructura	Pisos	Año de Cosnt.	Pendiente
Barrios	menos de 20 grados	18	Informal (Barrio)	N. A.	N. A.	menos de 20 grados
	más de 20 grados	20	Informal (Barrio)	N. A.	N. A.	más de 20 grados
Edificios Bajos Rurales	menos de 20 grados	17	Informal (Rural)	N. A.	N. A.	menos de 20 grados
	más de 20 grados	19	Informal (Rural)	N. A.	N. A.	más de 20 grados
Fábricas Rurales	N. A.	14	Acero	1-2 F	N. A.	N. A.
Edificios Altos Rurales	N. A.	9	Marco CR-Moment	9F-	'83-	N. A.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 3.2.2 Número de Edificaciones Contabilizadas de las Unidades de Vulnerabilidad Analizadas**

	<b>Física UVA</b>	<b>Social UVA</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Número de Edificios</b>
<b>En el Proyecto Ávila</b>	<b>0</b>	N.A.	----	----
	<b>1</b>	<b>1</b>	Altamira	3.535
	<b>2</b>	<b>2</b>	Caracas Country Club	895
	<b>3</b>	<b>3</b>	Candelaria	10.813
	<b>4</b>	<b>4</b>	California	2.989
	<b>5</b>	<b>5</b>	El Bosque	2.937
	<b>6</b>	<b>6</b>	Bello Campo	7.059
	<b>7</b>	<b>7</b>	La Urbina	2.267
	<b>8</b>	<b>2</b>	San Bernardino y El Rosario	3.598
	<b>9</b>	N.A.	Los Ruices	2.457
	<b>10</b>	<b>12</b>	Catía y Sarria	10.957
	<b>11</b>	<b>8</b>	23 de Enero y Pedro Camejo	2.694
	<b>12</b>	N.A.	A.V. Coromoto	166
<b>Fuera del Proyecto Ávila</b>	<b>101</b>	<b>12</b>	Gramoven	9.620
	<b>102</b>	<b>8</b>	La Silsa	187
	<b>103</b>	<b>10</b>	Artigas	5.903
	<b>104</b>	<b>3</b>	San Juan	1.320
	<b>105</b>	<b>2</b>	Paraiso y Washington	2.457
	<b>106</b>	<b>13</b>	La Vega	2.788
	<b>107</b>	<b>7</b>	Montalbán	1.116
	<b>108</b>	<b>12</b>	Antímano	469
	<b>109</b>	<b>9</b>	SAMBIL	3.081
	<b>110</b>	<b>3</b>	Los Carmenes	7.382
	<b>111</b>	<b>9</b>	Coche y EL Valle	3.656
	<b>112</b>	<b>10 y 5</b>	Las Acacias y Santa Mónica	4.877
	<b>113</b>	<b>4</b>	El Llanito	3.223
	<b>114</b>	<b>7</b>	Palo Verde	769
	<b>115</b>	<b>7</b>	Terrazas del Ávila	177
<b>116</b>	N.A.	Miranda	484	
<b>201</b>	N.A.	Petare	361	
			<b>Total</b>	<b>98.237</b>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 3.2.3 Número de Edificios en los Barrios y en el Área Rural Dentro del Área del Mapa de Trabajo de 1/5.000**

	<b>Barrio</b>	<b>Rural</b>	<b>Fábrica Rural</b>	<b>Edif Alto Rural</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Pend &gt; 20 grados</b>	78101	5179	76	28	83384	47.4
<b>Pend &lt; 20 grados</b>	85024	7384	273	32	92713	52.6
<b>Total</b>	163125	12563	349	60	176097	100
<b>%</b>	92.6	7.1	0.2	0.0	100	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 3.2.4 Número de Edificios en los Barrios y en el Área Rural Fuera del Área del Mapa de Trabajo de 1/5.000**

	<b>Barrio</b>	<b>Rural</b>	<b>Fábrica Rural</b>	<b>Edif Alto Rural</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Pend &gt; 20 grados</b>	261	5887	4	81	6233	36.7
<b>Pend &lt; 20 grados</b>	702	9306	34	722	10764	63.3
<b>Total</b>	963	15193	38	803	16998	100
<b>%</b>	5.7	89.4	0.2	4.7	100	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 3.2.5 Número de Casas y Personas que Moran en Ellas**

	<b>Num de Casas</b>	<b>Num de Personas</b>	<b>Person/ Casa</b>
<b>Libertador</b>	209,610	939,113	4.5
<b>Sucre</b>	68,033	302,620	4.4
<b>Chacao</b>	1,268	6,249	4.9
<b>Total</b>	278,911	1,247,982	4.5

Fuente: Censo 2001, INE

**Tabla 3.2.6 Categorías de Edificios según la Función de Daños Utilizadas en este Estudio**

<b>Tipo</b>	<b>Estructura</b>	<b>No. Pisos</b>	<b>Año</b>	<b>Pendiente</b>
1	CR – MOMENT FRAME	1-3	-67	---
2			68 – 82	
3			83-	
4		4-8	-67	
5			68 – 82	
6			83-	
7		9 -	-67	
8			68 – 82	
9			83-	
10	CR – SHEAR WALL	4-8	---	---
11		9-		
12	PRECOLADO	1-2	---	---
13		9-		
14	ACERO	1-3	---	---
15		4-		
16	MAMPOSTERIA/ LADRILLO	---	---	---
17	INFORMAL (Rural)	---	---	Más de 20°
18	INFORMAL (Barrio)	---	---	
19	INFORMAL (Rural)	---	---	Menos de 20°
20	INFORMAL (Barrio)	---	---	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 3.2.7 Resumen de la Cuantificación del Número de Edificios**

PARROQUIA	Número de Edificios				
	Urban -3F	Urban 4F-	Urban Sum	Barrio & Rural	Sum
23 DE ENERO	486	102	588	5,319	5,907
ALTAGRACIA	1,386	415	1,801	265	2,066
ANTIMANO	617	65	681	21,277	21,958
CARICUAO	805	1,129	1,934	9,240	11,174
CATEDRAL	544	160	704	2	706
CAUCAGUITA	0	440	440	7,093	7,533
CHACAO	4,703	1,547	6,250	274	6,524
COCHE	1,426	597	2,023	4,080	6,103
EL CAFETAL	2	0	2	0	2
EL JUNQUITO	0	105	105	10,279	10,384
EL PARAISO	4,587	576	5,163	4,454	9,617
EL RECREO	5,729	1,703	7,432	2,156	9,588
EL VALLE	693	266	959	16,913	17,872
FILA DE MARICHE	0	90	90	5,036	5,126
LA CANDELARIA	1,492	301	1,793	108	1,901
LA DOLORITA	0	529	529	9,128	9,657
LA PASTORA	3,514	465	3,979	7,352	11,331
LA VEGA	1,482	505	1,986	14,223	16,209
LEONCIO MARTINEZ	5,054	1,115	6,169	597	6,766
MACARAO	306	445	752	8,101	8,853
NUESTRA SENORA DEL ROSARIO DE BARUTA	40	13	53	0	53
PETARE	8,236	2,372	10,608	36,213	46,821
SAN AGUSTIN	1,122	317	1,440	3,197	4,637
SAN BERNARDINO	1,609	345	1,954	632	2,586
SAN JOSE	767	226	993	1,633	2,626
SAN JUAN	1,967	274	2,241	9,369	11,610
SAN PEDRO	3,562	1,183	4,746	429	5,175
SANTA ROSALIA	4,704	540	5,244	11,332	16,576
SANTA TERESA	657	196	853	0	853
SUCRE	10,777	1,215	11,992	42,456	54,448
Suma	66,265	17,234	83,499	231,158	314,657

**Tabla 3.2.8 Resumen del Resultado de la Cuantificación de Daños**

Case 1967

	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	849	8.5	19	3.2	144	3.3
Urbana 4P-	17,234	5.5	170	1.7	170	28.2	1,225	28.4
Urbana Suma	83,499	26.5	1,019	10.2	189	31.4	1,369	31.8
Barrio y Rural	231,158	73.5	9,001	89.8	413	68.6	2,937	68.2
<b>Total</b>	<b>314,657</b>	<b>100.0</b>	<b>10,020</b>	<b>100.0</b>	<b>602</b>	<b>100.0</b>	<b>4,306</b>	<b>100.0</b>

Case 1812

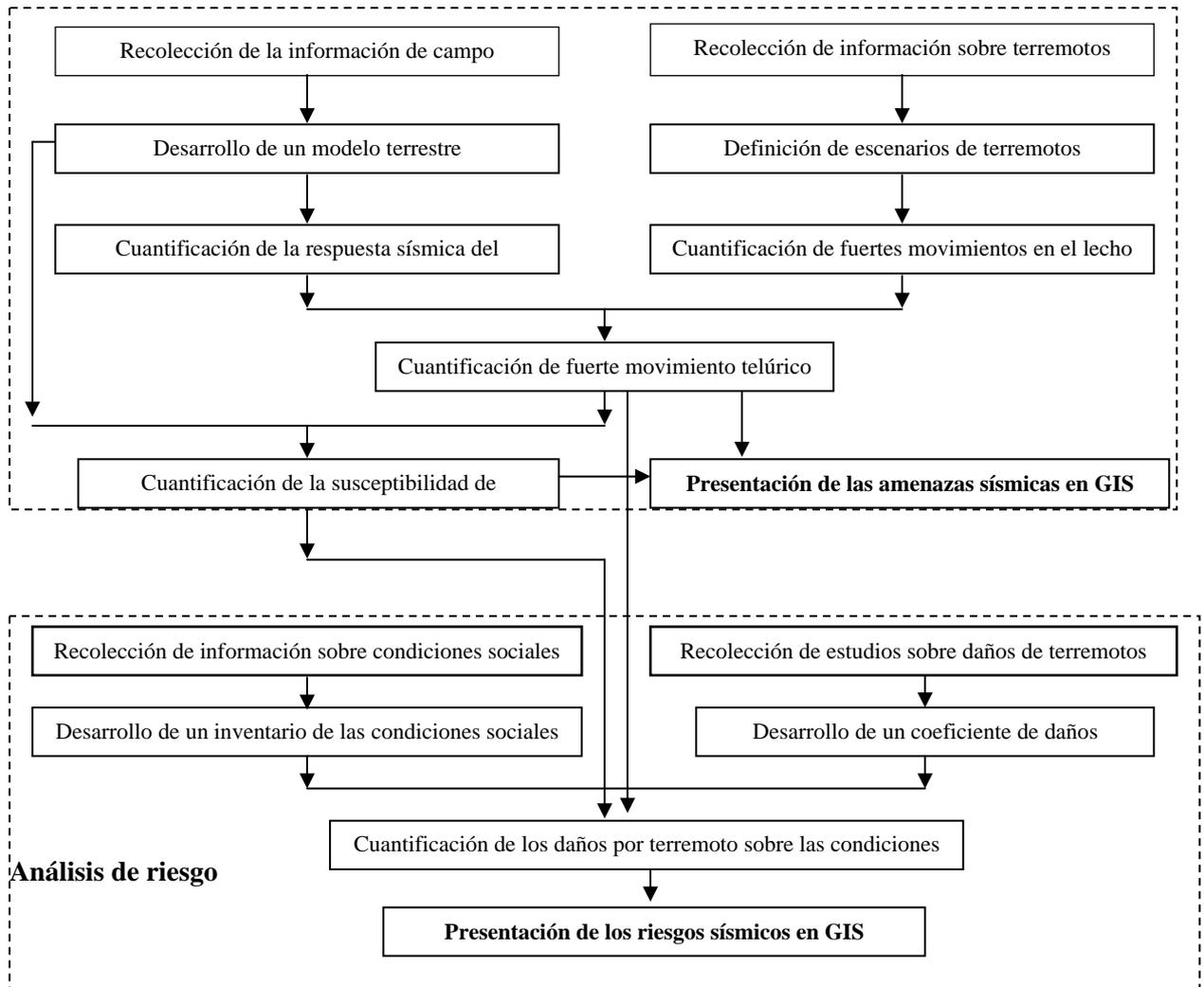
	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	2,656	8.2	85	3.4	619	3.5
Urbana 4P-	17,234	5.5	533	1.6	529	21.0	3,775	21.4
Urbana Suma	83,499	26.5	3,189	9.8	614	24.3	4,394	24.9
Barrio y Rural	231,158	73.5	29,217	90.2	1,910	75.7	13,226	75.1
<b>Total</b>	<b>314,657</b>	<b>100.0</b>	<b>32,406</b>	<b>100.0</b>	<b>2,524</b>	<b>100.0</b>	<b>17,620</b>	<b>100.0</b>

Case 1878

	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	74	4.1	0	0.0	0	0.0
Urbana 4P-	17,234	5.5	15	0.8	15	24.2	90	19.8
Urbana Suma	83,499	26.5	89	4.9	15	24.2	90	19.8
Barrio y Rural	231,158	73.5	1,713	95.1	47	75.8	365	80.2
<b>Total</b>	<b>314,657</b>	<b>100.0</b>	<b>1,802</b>	<b>100.0</b>	<b>62</b>	<b>100.0</b>	<b>456</b>	<b>100.0</b>

Case Avila

	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	2,758	10.2	89	4.1	658	4.3
Urbana 4P-	17,234	5.5	604	2.2	603	28.1	4,310	28.3
Urbana Suma	83,499	26.5	3,361	12.4	692	32.2	4,968	32.7
Barrio y Rural	231,158	73.5	23,696	87.6	1,455	67.8	10,240	67.3
<b>Total</b>	<b>314,657</b>	<b>100.0</b>	<b>27,057</b>	<b>100.0</b>	<b>2,147</b>	<b>100.0</b>	<b>15,208</b>	<b>100.0</b>



**Figura 3.1.1 Diagrama de Flujo del Estudio de Micro Zonificación Sísmica**

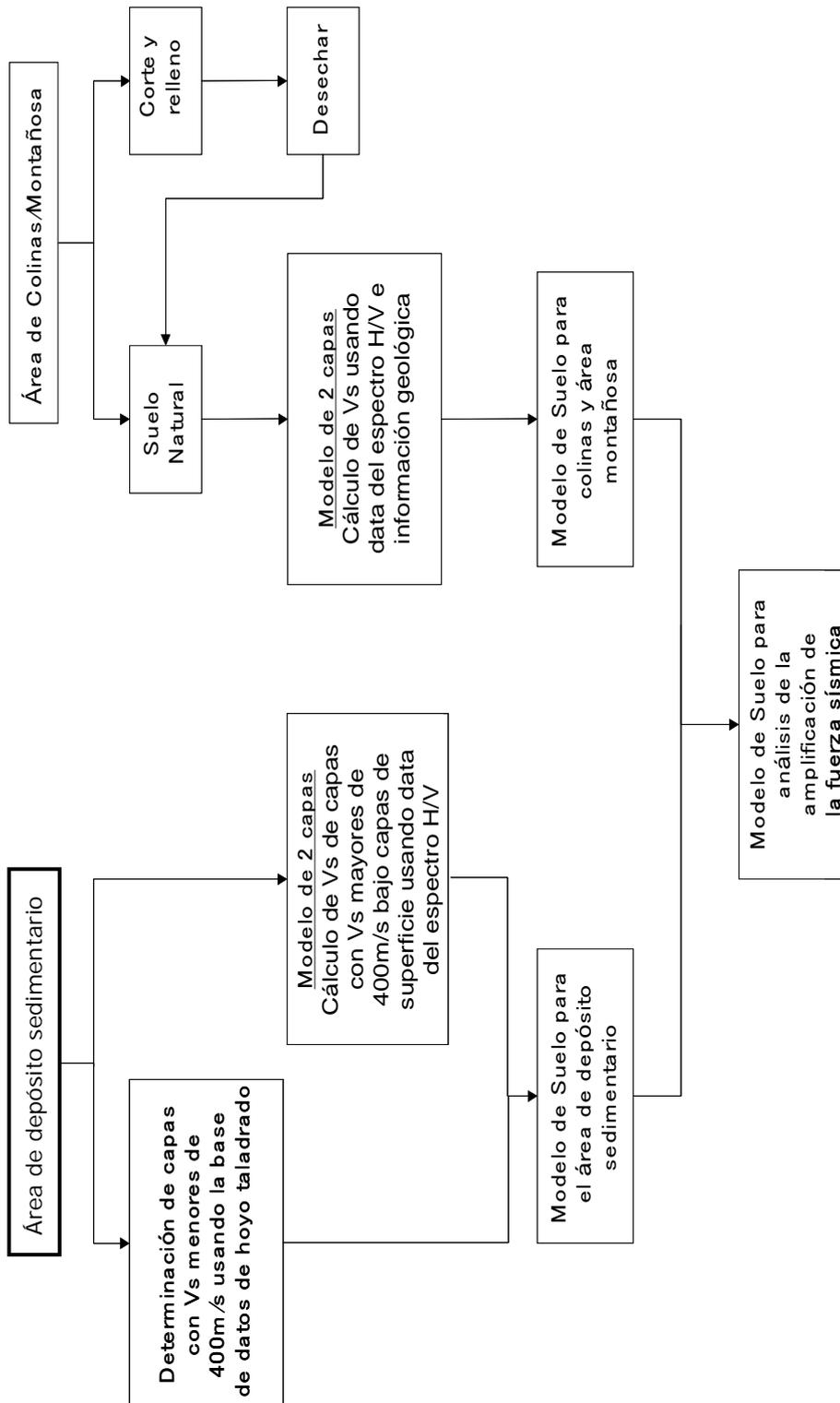


Figura 3.1.2 Esquema de Desarrollo del Modelo de Suelo para la Fuerza Sísmica Amplificada



Figura 3.1.3 Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto de 1967

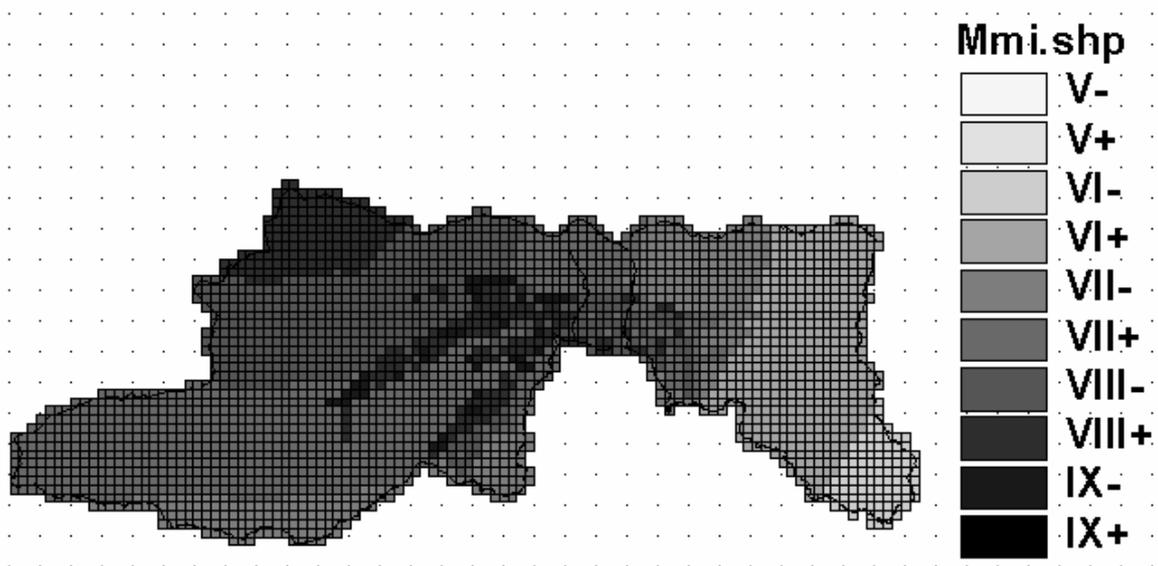


Figura 3.1.4 Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto de 1812

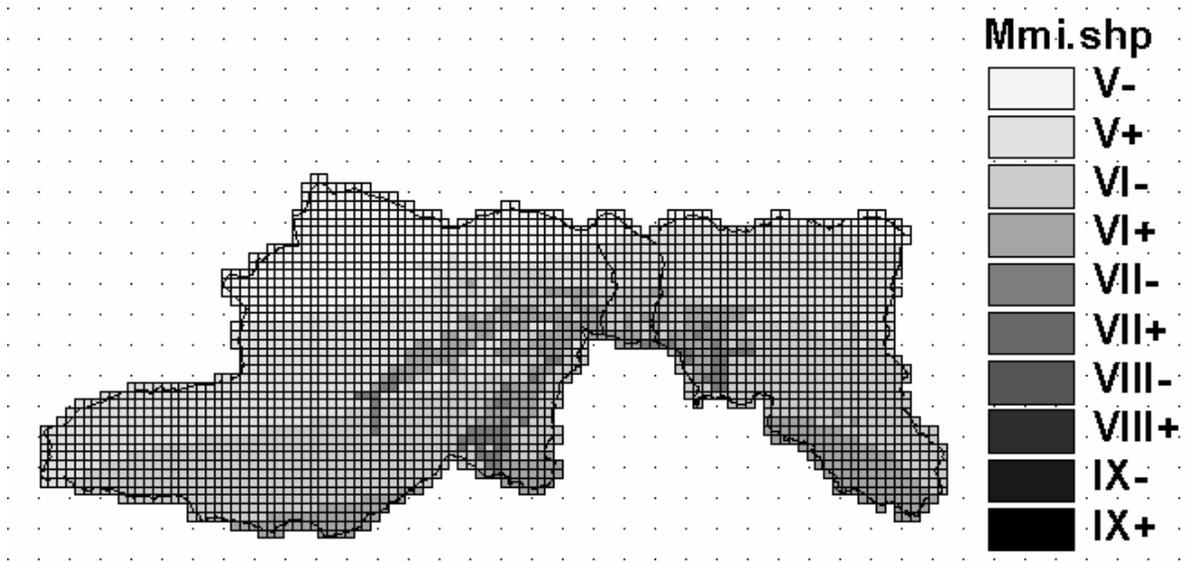


Figure 3.1.5 Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto de 1878

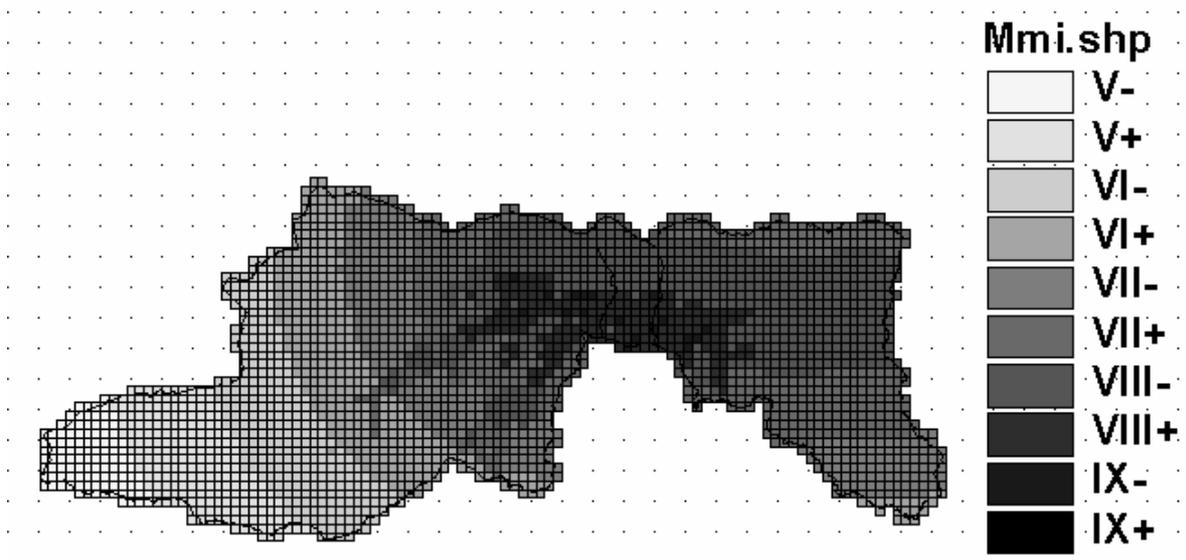
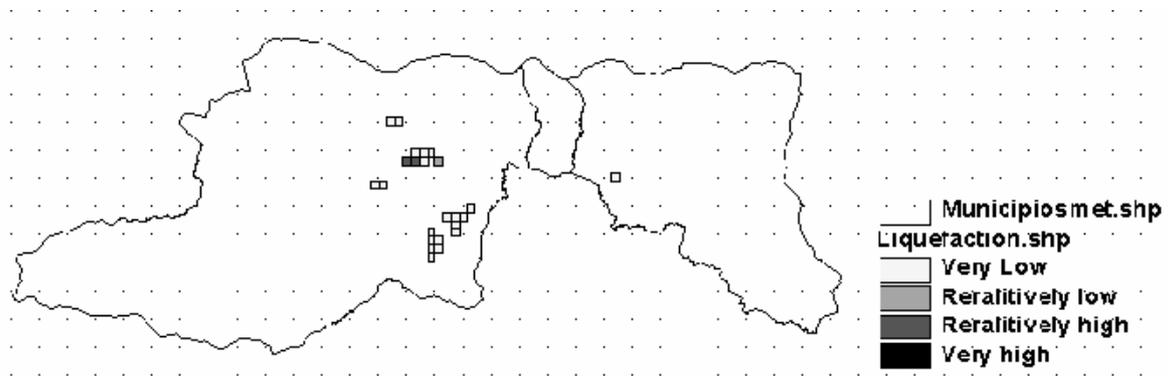
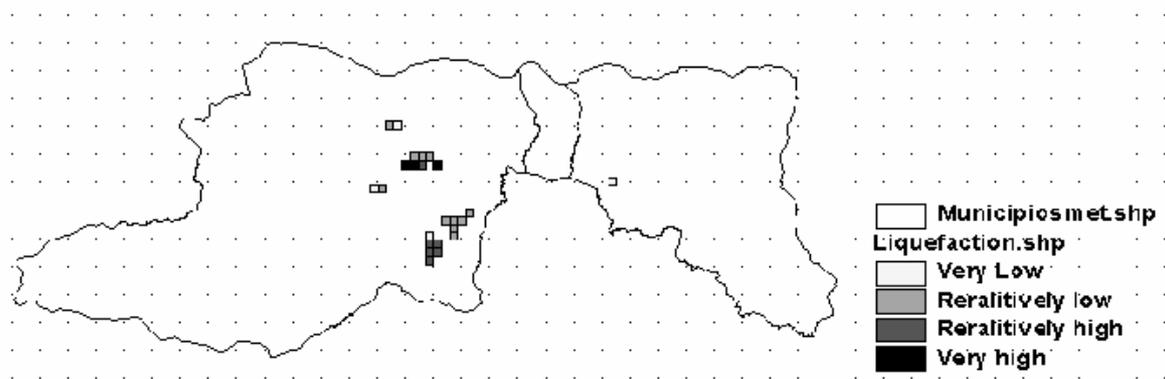


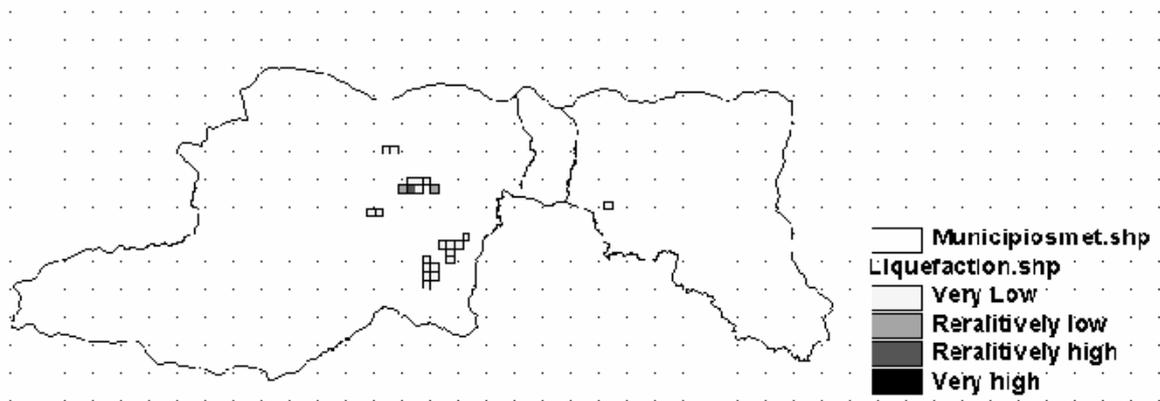
Figura 3.1.6 Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto Hipotético en el  
Ávila



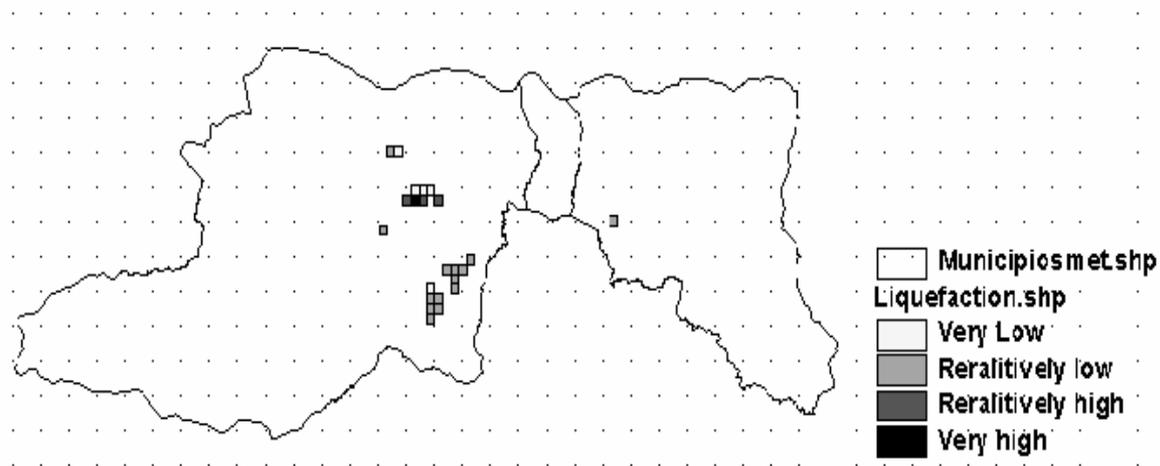
**Figura 3.1.7 Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto de 1967**



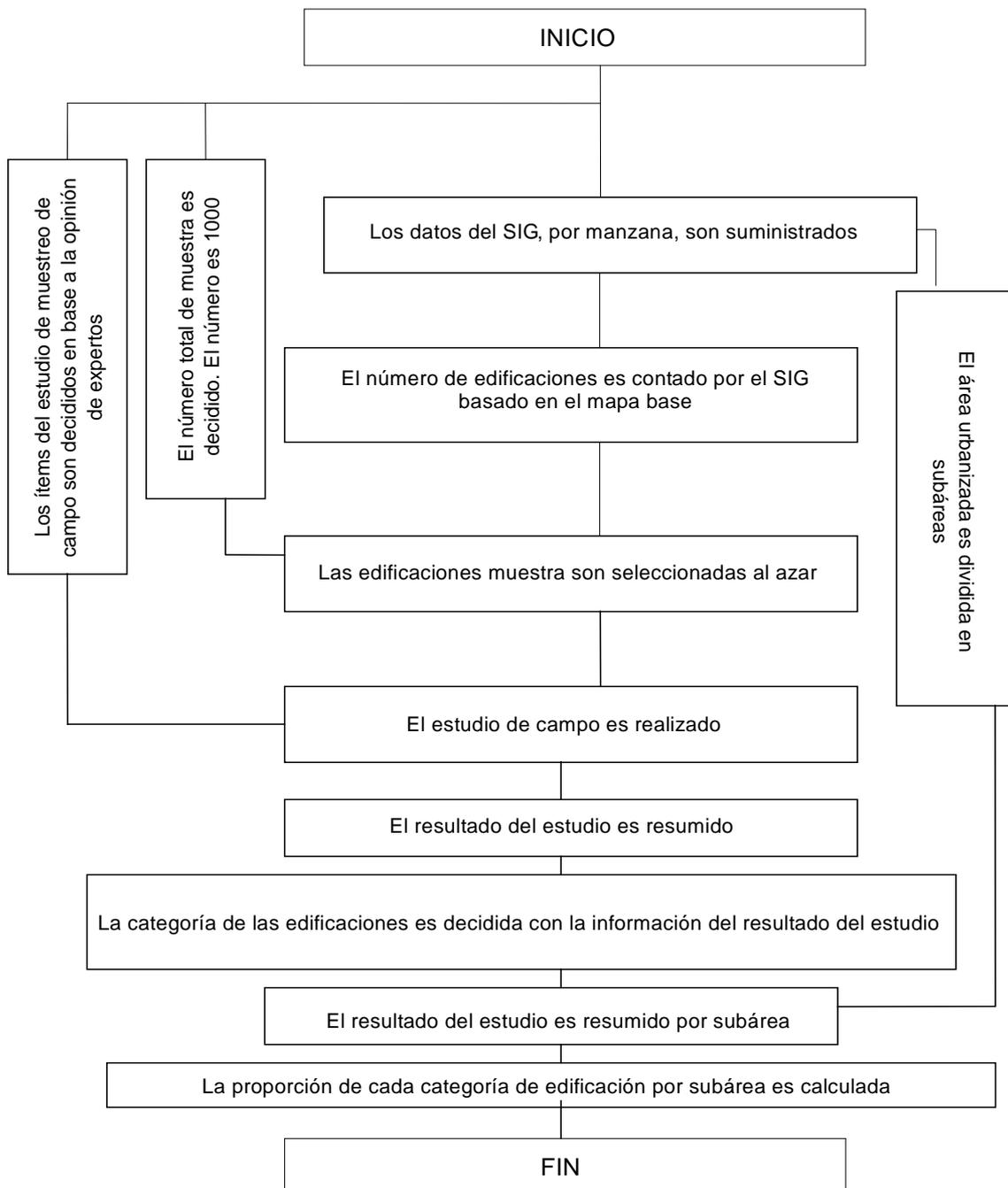
**Figura 3.1.8 Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto de 1812**



**Figura 3.1.9 Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto de 1878**

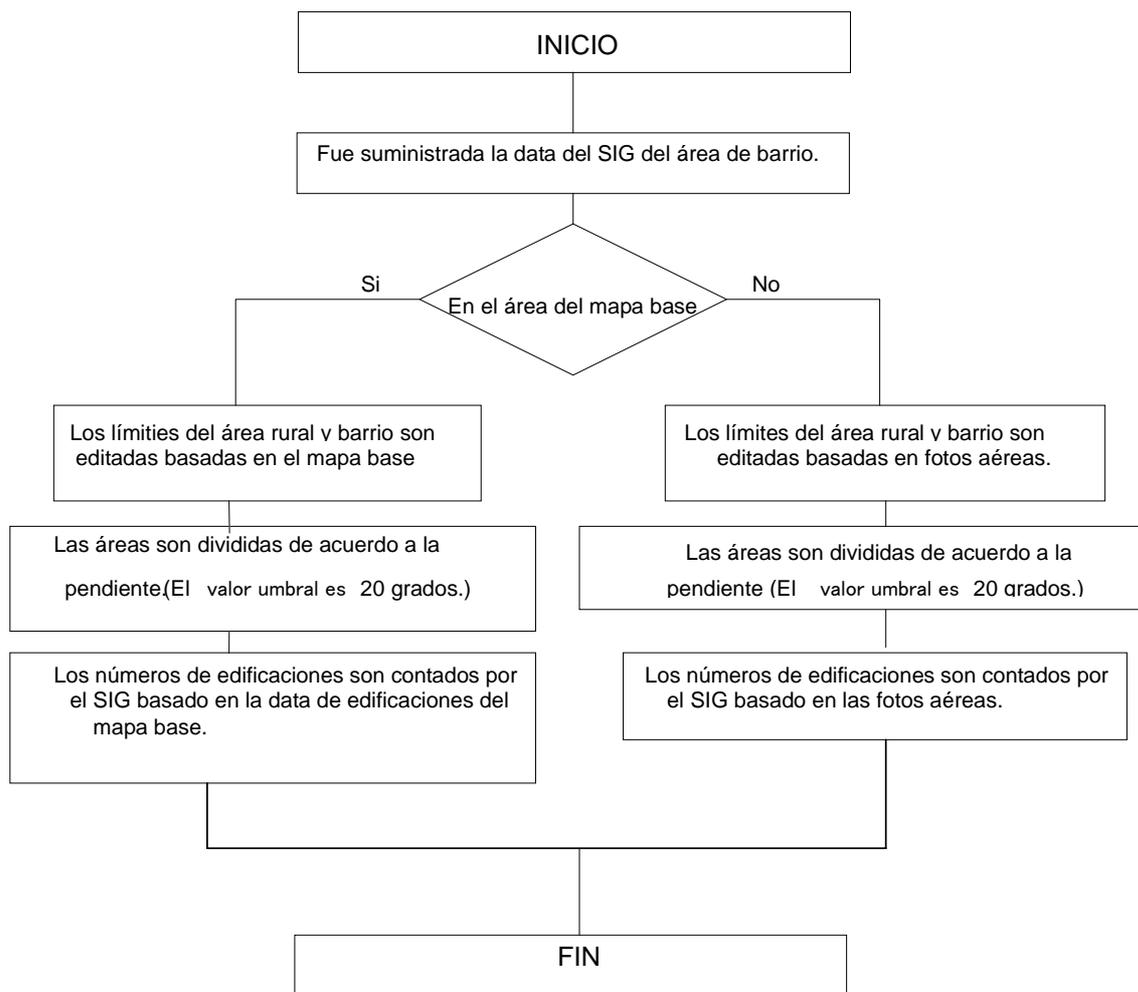


**Figura 3.1.10 Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto Hipotético del Ávila**



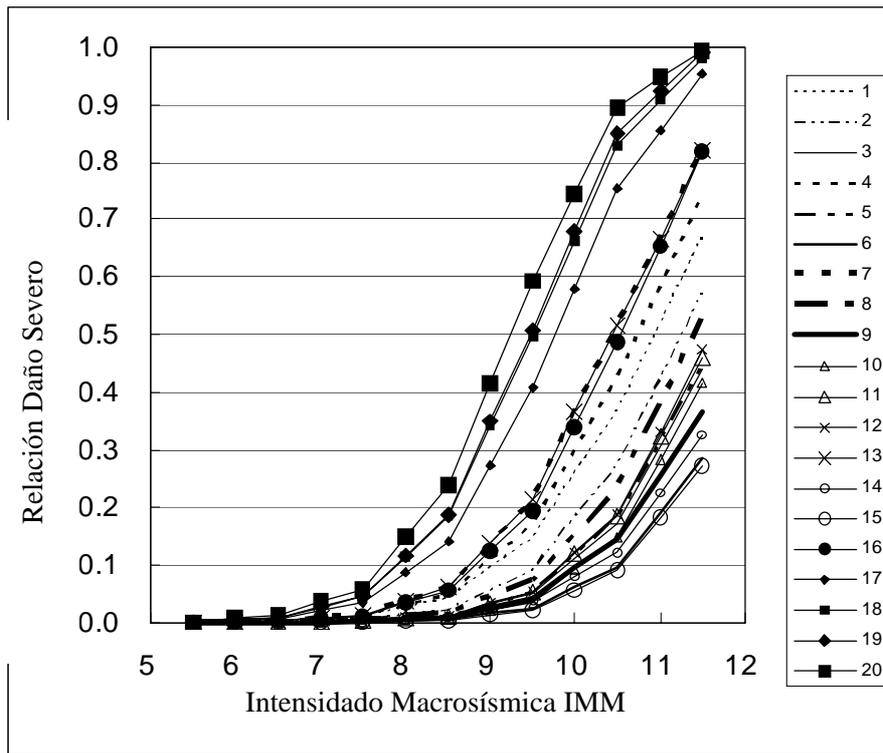
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 3.2.1 Organigrama del Inventario de Edificios para el Area Urbanizada**

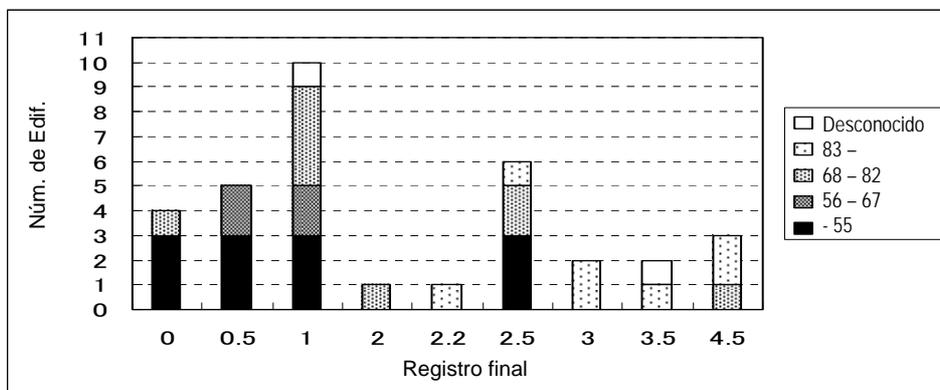


Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 3.2.2 Organigrama del Inventario de Edificios en el Area de Barrio y Rural**



**Figura 3.2.3 Funcion del Daño de las Edificaciones Usada en este Estudio**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura 3.3.1 Resultado del EVR: Relación entre el Año de Construcción y Anotación Final**

Figura 3.4.1 Ubicación de Puentes

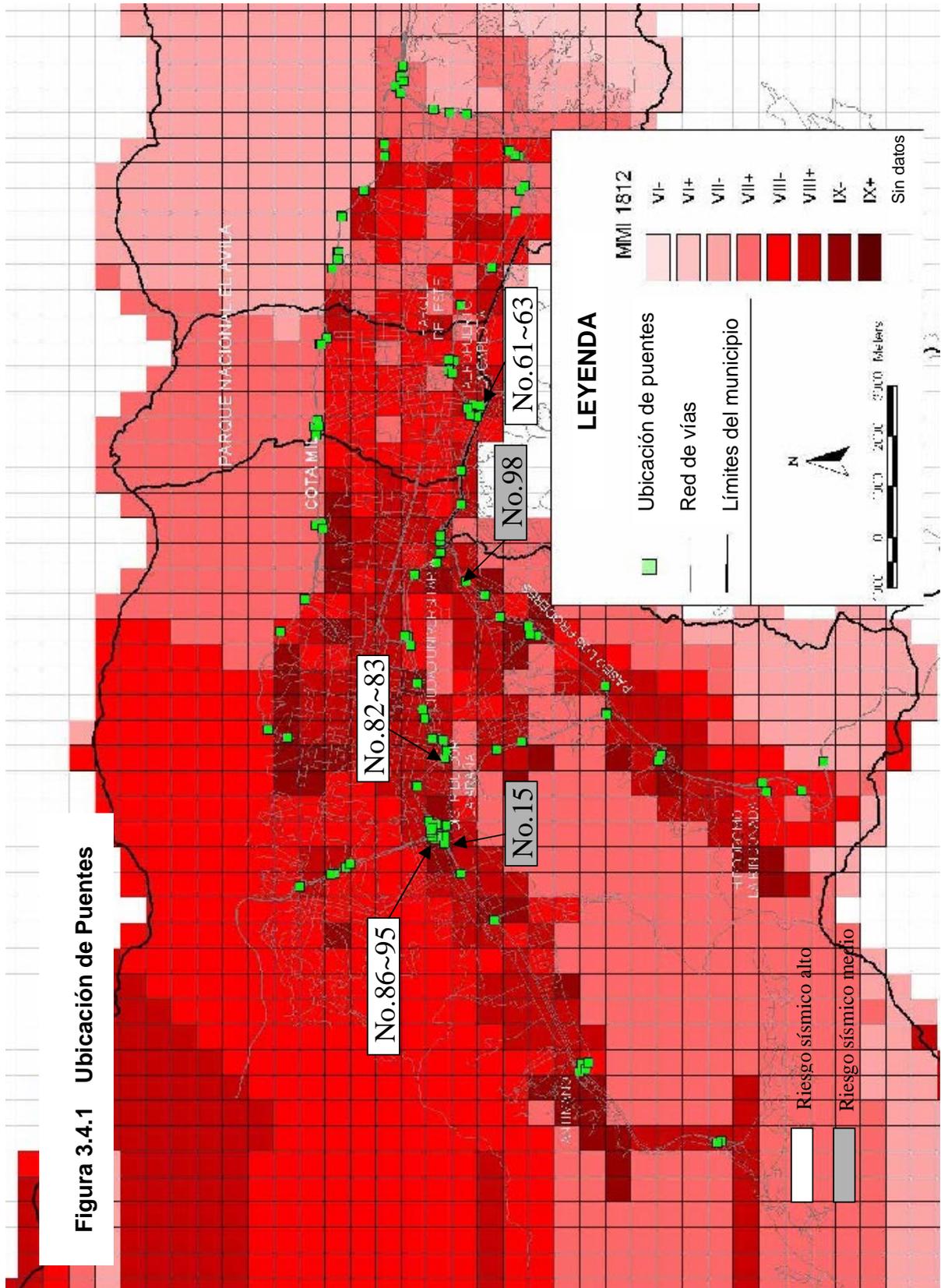


Figura 3.4.2 Ubicación del Viaducto

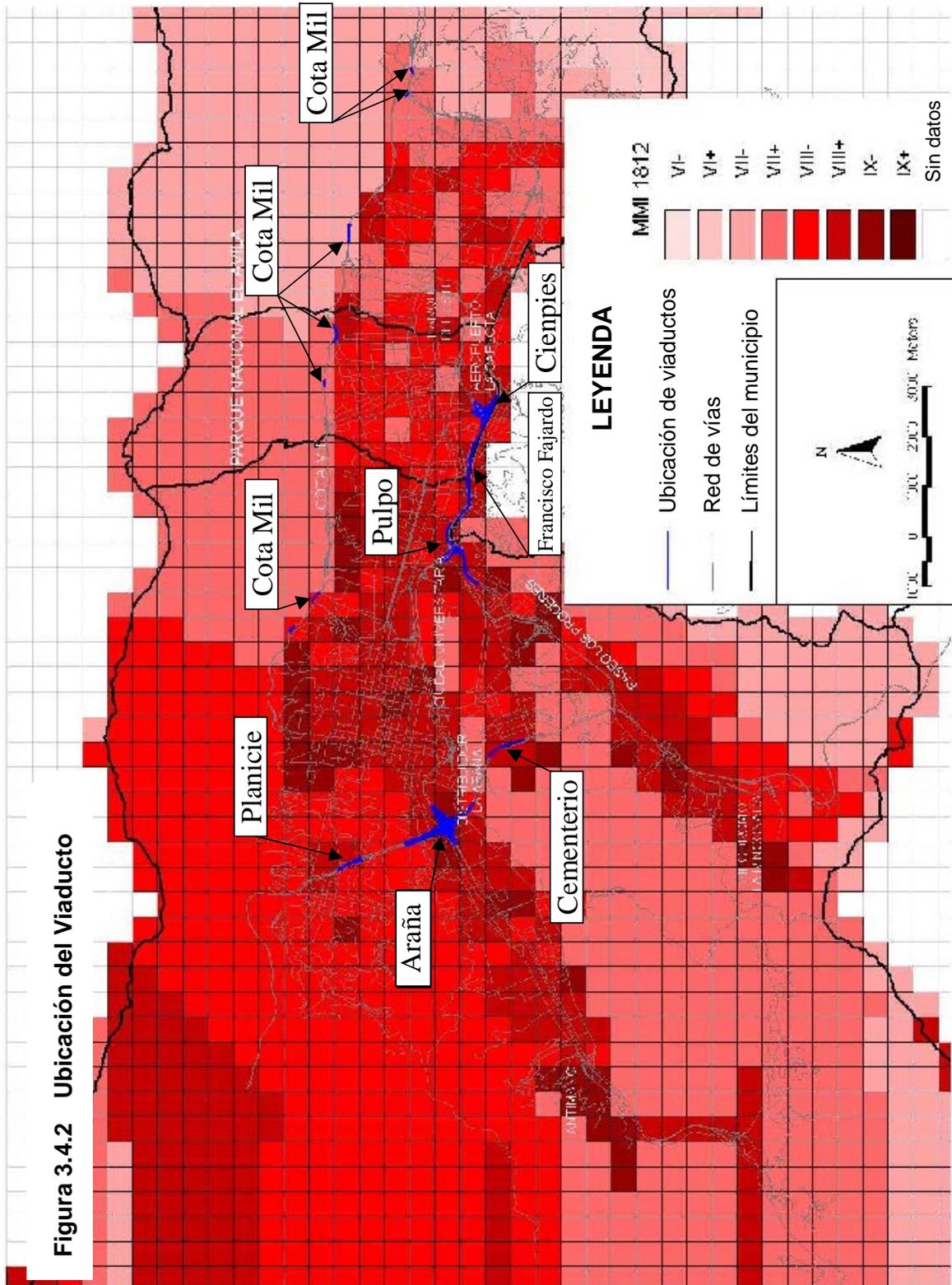
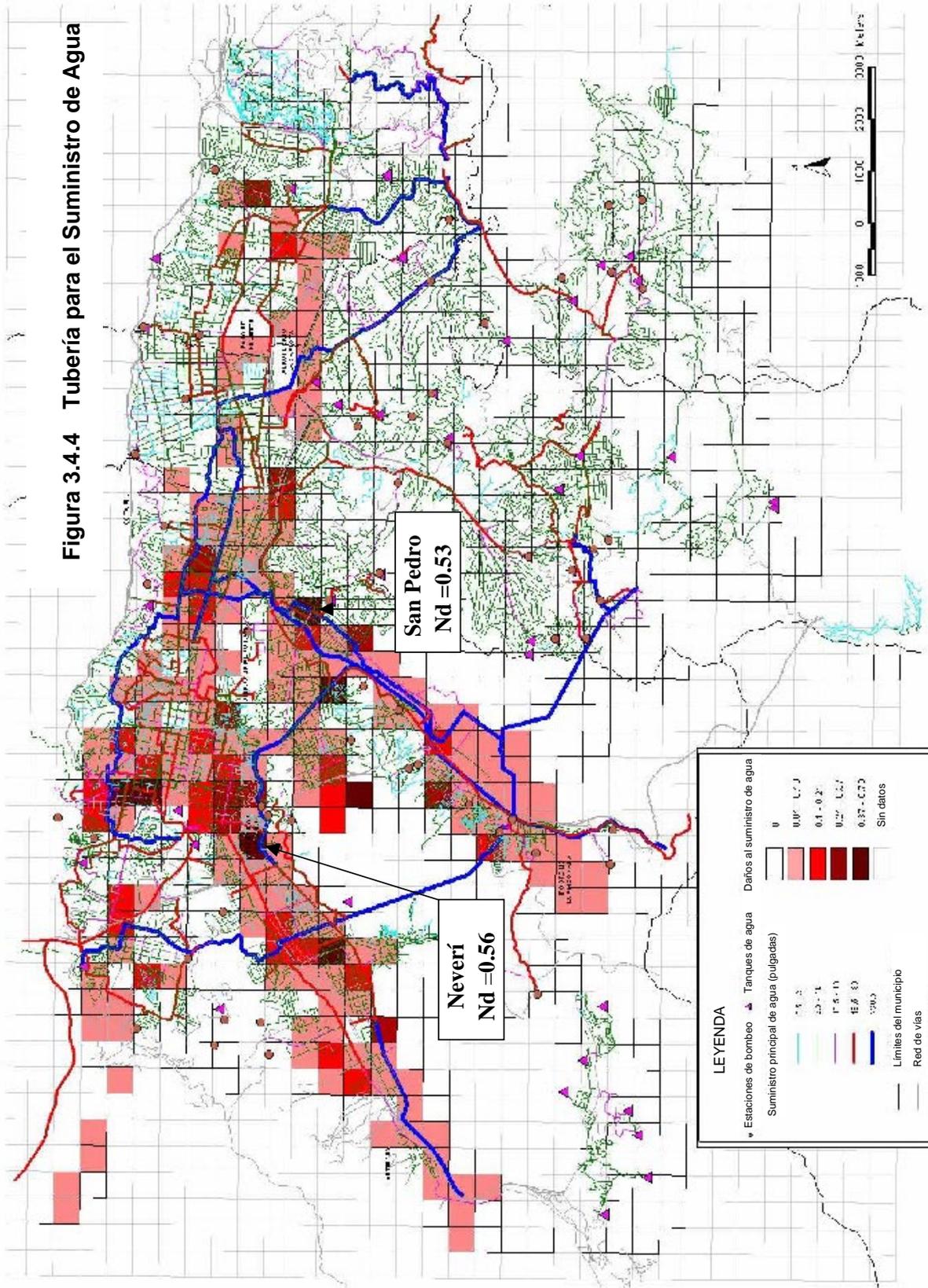
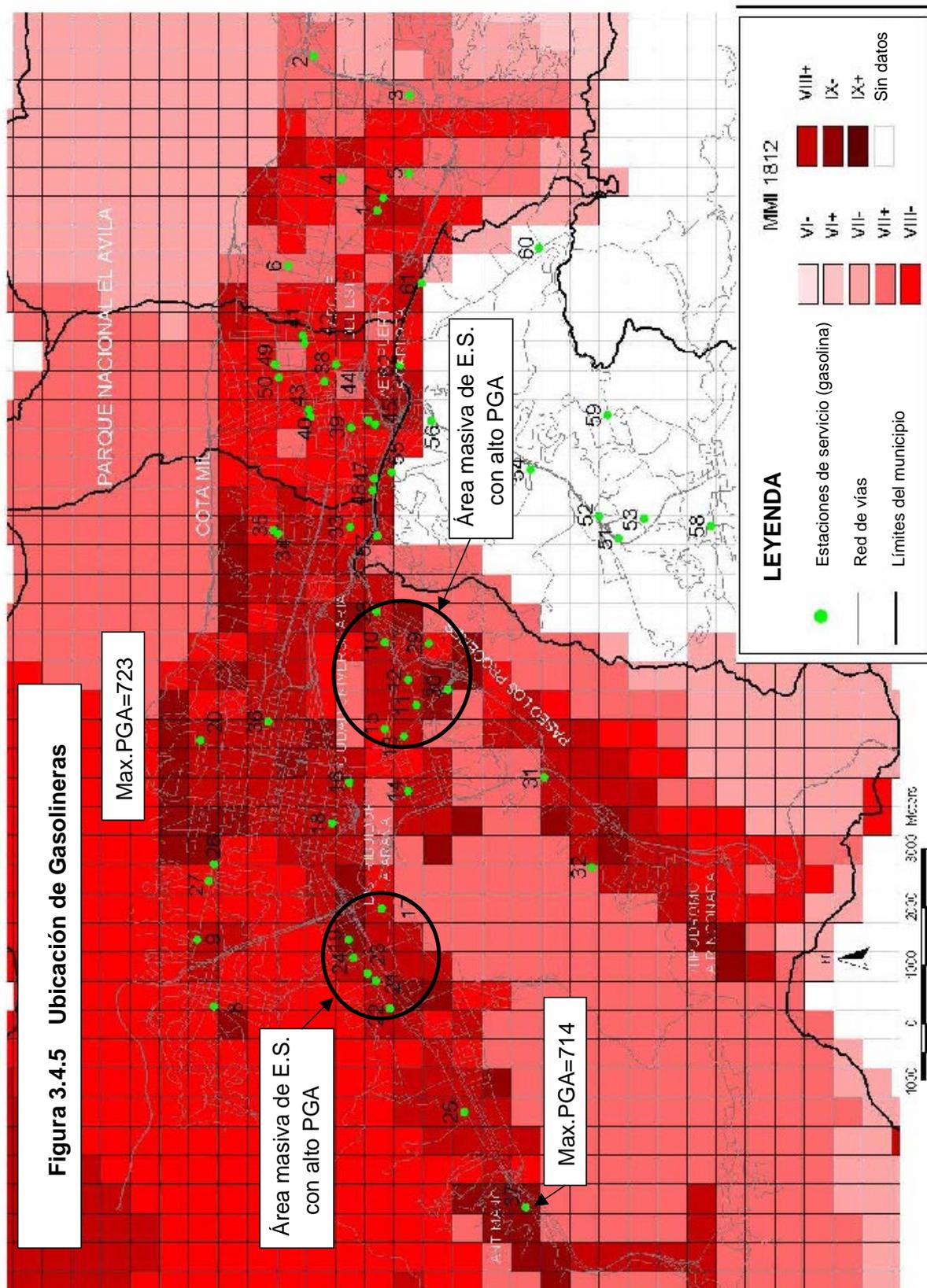




Figura 3.4.4 Tubería para el Suministro de Agua





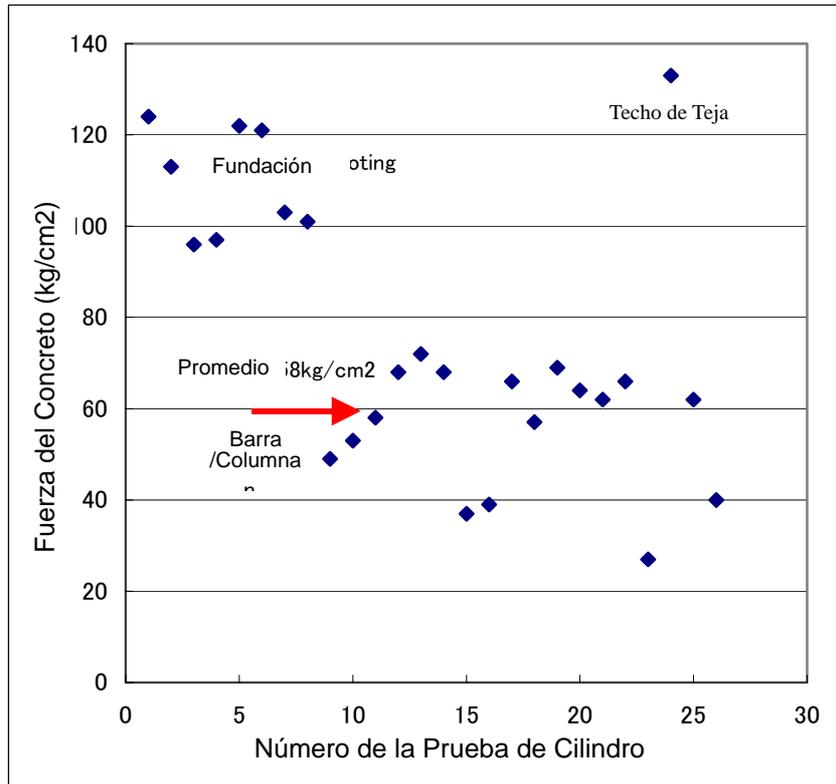


Figura 3.5.1 Distribución de la Fuerza de Concreto (Probado por IMME)

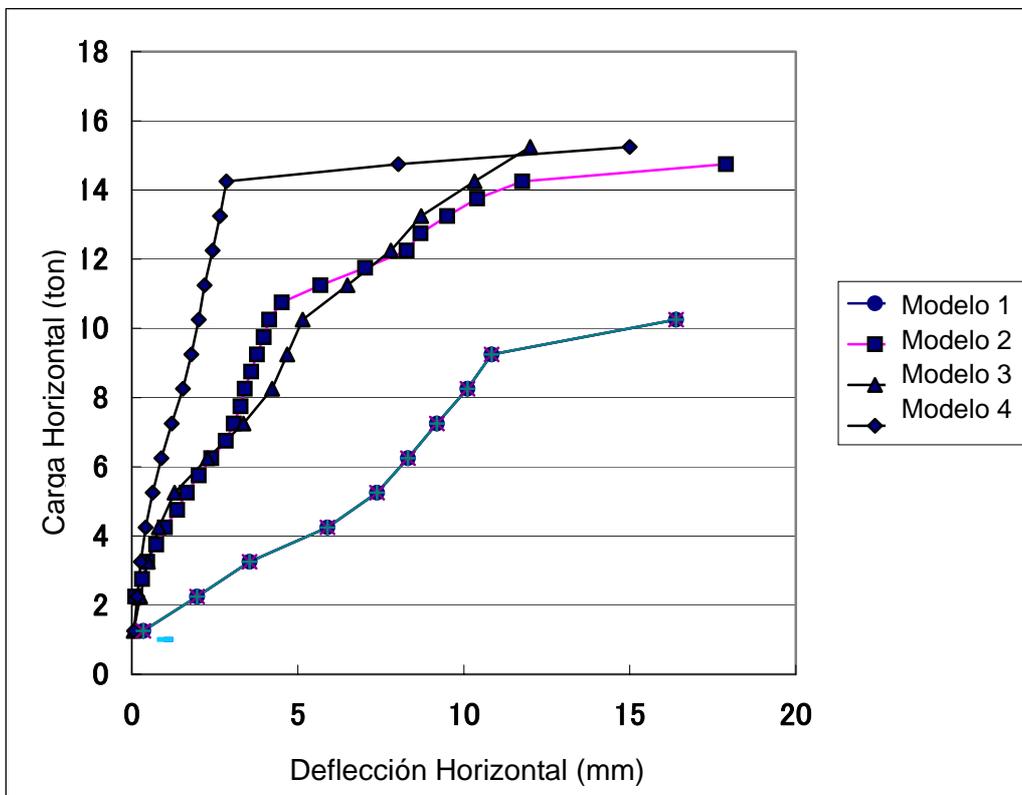


Figura 3.5.2 Carga y Deflección Horizontal (Probada por IMME)



**Photo 3.5.1 Cuatro Modelos para la Prueba**



**Photo 3.5.2 Viga de Carga**



**Photo 3.5.3 Cargado Horizontal por Gato Hidráulico**

## CAPÍTULO 4

### ESTUDIO DE DESASTRES POR SEDIMENTOS

## **CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE DESASTRES POR SEDIMENTOS**

### **4.1 Análisis de Amenaza de Desastre por Sedimentos**

#### **4.1.1. Definición de los Escenarios de Desastre**

##### **(1) Características de las Quebradas de Montaña**

La Tabla 4.1.1 muestra el resumen de las características de las quebradas de la montaña, en términos de topografía, geología y vegetación.

##### 1) Topografía

En el Valle de Caracas, existen espesos depósitos del abanico aluvial sobre las rocas bases y el espesor máximo se estima alrededor de 400 m. Al norte del valle, la Serranía del Ávila se considera la octava en términos de elevación y se encuentra entre 2,000m y 2,600m sobre el nivel del mar, extendiéndose del oeste al este con una longitud alrededor de 10 km. Entre el valle y la cima, hay pendientes de 30 grados con alturas relativas de alrededor de 1,000 m.

##### 2) Geología

El Valle de Caracas está compuesto de piedras metamórficas y rocas ígneas de los períodos Cretáceo y Jurásico en la era Mesozoica. La parte más alta del Ávila presenta gneis del período Jurásico y la más baja presenta gneis del período Cretáceo. Generalmente, los gneis del período Jurásico son resistentes a la meteorización y forman pendientes pronunciadas mientras que los gneis del período Cretáceo contienen gran cantidad de esquistos y son débiles contra la meteorización. De acuerdo al estudio de campo, aparentemente no existe ninguna diferencia geotécnica entre el oeste y la parte oriental del Ávila.

El Valle de Caracas es un depósito de varias capas de sedimentos que aún no han sido consolidadas debido a los ríos, lagos y al flujo de escombros. A lo largo de las quebradas, que son el objetivo de este Estudio, el sedimento del flujo de escombros ha sido depositado desde la época Holoceno (hace alrededor de 10,000 años) y es aparente que toda el área es producto de repetidos depósitos de flujos de escombros.

##### 3) Vegetación

La vegetación en la pendiente meridional del Ávila ha sido clasificada por varios

investigadores en diferentes categorías de acuerdo a sus elevaciones. En la zona media de la pendiente entre EL 1,600m y EL 2,200m hay árboles de gran altura, debiéndose a la gran cantidad de humedad por la actividad de las nubes. En la zona superior a EL 2,200 m, la vegetación que prevalece es la pertinente a las temperaturas bajas y al clima seco. En la zona inferior a EL 1,600m, la vegetación es pobre, debido a las elevadas temperaturas y al poco volumen de humedad en la tierra. Esta diferencia de densidades en la vegetación fue reconocida en el análisis de imágenes satelitales.

#### 4) Meteorología

Existen cuatro (4) sinopsis importantes de clima, además de la ITCZ que pueden ocasionar fuertes tormentas en Caracas, especialmente las Ondas del Este, las Zonas de Presión Baja en altitudes elevadas, los Frentes Fríos y los Huracanes o Colas de las Depresiones Tropicales. Las primeras tres mantienen climas inestables por varios días aún en épocas secas, trayendo lluvias de gran intensidad en el valle de Caracas. En especial el frente frío es un patrón típico cuando se desarrolla una presión alta en el Océano Atlántico y la atmósfera inestable que trae consigo, causa fuertes lluvias a lo largo de la costa del norte. Como se describe posteriormente, los desastres por los flujos de escombros que han ocurrido anteriormente en Caracas han sido generados por climas inestables de frentes fríos. La escala horizontal de estos fenómenos meteorológicos es en el orden de decenas de kilómetros, mucho mayor que el Valle de Caracas, por lo que no existe gran diferencia entre la cantidad de precipitación en el Valle, en su lado este y oeste.

#### 5) Quebradas

La Tabla 4.1.1 muestra la comparación entre las quebradas localizadas en la pendiente meridional del Ávila desde el punto de vista topográfico, geológico y de su vegetación. No existen diferencias significantes topográficas ni geológicas entre el oeste y el este en la pendiente sur del Ávila. La vegetación en zonas superiores a EL 1,600m es espesa y la zona presenta mucha erosión. La zona alta prevalece en el lado oriental del Ávila puesto que las montañas son más elevadas. Por otro lado, la zona occidental del Ávila es comparativamente baja. En este sentido, la tasa de erosión es mayor en la parte occidental que en la parte oriental. Sin embargo, la cantidad de sedimento a lo largo de las quebradas es mayor en la parte oriental. Se puede concluir que no hay gran diferencia en el potencial para el flujo de escombros entre la parte occidental y la oriental del Ávila.

## (2) Desastres Anteriores por Sedimentos en el Área

### 1) General

Caracas es la ciudad capital de Venezuela y tiene una población de 3.09 millones de habitantes. Está ubicada en un valle en forma elongada que corre del oeste al este, con una longitud de 25 km, un ancho máximo de 4 km y una elevación media de EL 900m.

Durante el Siglo XVI, la población se empezó a concentrar en el área ubicada entre las Quebradas Catuche y Caroata que se encuentran localizadas en la parte occidental del Valle. Posteriormente, el desarrollo de la población fue en los abanicos aluviales de las Quebradas de Anauco, Chacaito y Tocomé. Los flujos de escombros e inundaciones del Ávila que han ocurrido más de veinte veces, han ocasionado daños desde el Siglo XVIII (PREVENE). Las ubicaciones de las quebradas en donde los daños ocurrieron están distribuidas uniformemente del oeste al este. (Tabla 4.1.2)

Los desastres más significativos acaecidos por flujo de escombros del Ávila ocurrieron el 17 de febrero de 1951 y el 15 de diciembre de 1999. Durante el desastre de 1951, el daño reportado fue en Anauco, Chacaito, Sebucan y Tocomé. Durante el desastre de 1999, cuando ocurrió un gran flujo de escombros en el Estado de Vargas, el área urbana de Caracas sufrió por el flujo de escombros a lo largo de las Quebradas de Catuche y Anauco trayendo consigo grandes pérdidas materiales y humanas.

### 2) Desastre de Febrero de 1951

**[Condición del Tiempo Atmosférico].** En febrero de 1951, el frente frío del Océano Atlántico Occidental llegó al Norte de Venezuela, tal y como ocurrió en diciembre de 1999. Pero la ubicación del frente frío en febrero de 1951 estaba hacia el Sur comparada con la posición del frente frío de diciembre de 1999. Aunque la situación fue muy similar al evento de diciembre de 1999, el frente frío de febrero de 1951 causó más precipitaciones sobre el área de Caracas.

**[Precipitación]** Al observar la distribución de la precipitación obtenida por MARN, no existe diferencia notable entre las áreas del Oeste y del Este en el área de estudio. A pesar de que los registros de precipitación en El Ávila son escasos, debido a que son los que desencadenaron el flujo de escombros, estos registros de precipitación se toman como valores de referencia en el área de la costa y en el Valle de Caracas. La precipitación máxima diaria fue de 193,0 mm en Maiquetía en el área costera, 72,9 mm en Cajigal y 36,2 mm en la UCV en el Valle de Caracas.

**[Área Afectada]** De acuerdo a la Tabla 4.1.2 tomada del informe PREVENE, los daños ocasionados por las quebradas afectadas por la inundación de febrero de 1951 estuvieron distribuidos extensamente desde la Quebrada Anauco hasta la Quebrada Tocome. Las quebradas afectadas fueron Anauco, Chacaíto, Sebucán y Tocome.

3) Desastre de Diciembre de 1999

**[Condición del Tiempo Atmosférico].** Un frente frío, cuya longitud era de varios miles de kilómetros, estaba situado en el Océano Atlántico Occidental, habiendo permanecido en la línea costera de Venezuela por aproximadamente 20 días.

**[Precipitación]** La observación de la precipitación en el evento de diciembre de 1999 en Caracas fue obtenida solamente sobre mediciones diarias. La Figura 4.1.1 muestra la localización de las estaciones pluviométricas que funcionaban en Caracas. En la estación de la UCV, la precipitación diaria de 63,7 mm fue registrada el 15 de diciembre de 1999. Las estaciones Cajigal y La Carlota registraron una cantidad menor que en la UCV. Las tres (3) estaciones en Caracas están situadas en la parte baja del Valle de Caracas, de modo que la precipitación en el Cerro El Ávila no se reflejó en estos datos. Ciertamente, los períodos de retorno para estos datos de las tres (3) estaciones de la parte baja del Valle de Caracas fueron bastante bajos.

El Servicio de Inspección Geológica de Estados Unidos (USGS) reveló la interpretación de la imagen satelital de la precipitación total alrededor del Ávila durante los días 14-16 de diciembre de 1999 en su sitio web. La cantidad de precipitación sobre la pendiente del sur del Ávila tiene un rango entre 350 a 100 mm.

**[Entrevista]** Una encuesta mediante entrevista fue realizada entre la 1ra y 2da semana de junio de 2003 con el fin de obtener información sobre la condición del flujo de sedimentos en Caracas durante el evento de 1999.

**[Daño]** Las quebradas del oeste en donde se generaron los daños fueron Caroata, Catuche, Anauco, Chacaito y Tocome. Entre estas, las áreas que sufrieron daños a lo largo de Caroata, Catuche y Anauco están ocupadas por barrios. Las áreas dañadas a lo largo de otras quebradas se encuentran dentro del área urbana. La cantidad total de edificaciones dañadas fue alrededor de 2,100 y de éstos, cerca de 2,000 edificaciones se encuentran en las Quebradas Catuche y Anauco. Debido a que el área de edificios es pequeña, el número de edificios dañados fue grande. Las tasas de los edificios que fueron totalmente destruidos a lo largo de las Quebradas Catuche y Anauco son 22% y 32%,

respectivamente. La pérdida total de edificios incluyendo las áreas urbanas y los barrios fue alrededor de US\$ 1.500 millones.

### (3) Estudio sobre Desastre por Sedimentos

#### 1) Área de Estudio y Puntos Básicos

El área de estudio abarca la falda Sur del Cerro El Ávila y sus abanicos aluviales en la parte Norte-Sur y entre las áreas de captura de las quebradas Caurimare y Caroata en dirección Este-Oeste. El área total de la vertiente sur de la Serranía El Ávila es 60 km<sup>2</sup> como se muestra en la Figura 4.1.2.

En los casos considerados en este estudio, la mayoría de los ápices de abanicos de las cuarenta y siete (47) quebradas de montaña están situados en la Avenida Boyacá (conocida como Cota Mil).

#### 2) Análisis de la Orden de la Corriente

La Figura 4.1.3 muestra el límite de subcaptura para la unidad de captura de la quebrada de 2º orden en las quebradas de montaña. La delineación fue realizada con base en el Mapa Topográfico de escala 1:5.000 de 1984 y de 1954.

El número total de unidades de captura es de 195. Entre las 47 quebradas de montaña, la Quebrada Tócome tiene el máximo de unidades de captura con 26 unidades.

El orden máximo de quebrada que se tiene es de cinco (5) para la Quebrada Tócome. Las cuencas que tienen un 4º orden corresponden a las quebradas Catuche, Cotiza, Chapellín, La Julia, Galindo y Caurimare así como Tócome.

#### 3) Análisis de Precipitación y Descarga

**[Estaciones Pluviométricas Representativas]** De acuerdo al estudio, la precipitación en el área de captura de las quebradas de montaña puede ser representada por cinco (5) estaciones pluviométricas. La Tabla 4.1.3 muestra la precipitación probable (Intensidad-Duración y Frecuencia) de las cinco (5) estaciones representativas.

El método del U.S. Soil Conservation Service (llamado aquí “método SCS”) se usa para estimar la precipitación efectiva.

Los números de curva del SCS en esta área de estudio van de 55 a 80

**[Análisis de Escorrentía]** El método de onda cinemática se aplica para producir los hidrogramas de escorrentía. El método de onda cinemática supone que el peso o la fuerza de gravedad del agua que fluye es simplemente balanceada con la fuerza de resistencia de la fricción del lecho.

**[Descarga Probable]** El equipo de estudio efectuó una comparación entre el pico de descarga para un periodo de retorno de 100 años y la descarga de la fórmula racional para verificar la descarga en el Proyecto Ávila. De acuerdo a esta comparación, existe una buena correlación entre la descarga en el Proyecto Ávila y el método racional. La descarga probable en el Proyecto Ávila fue utilizada en este estudio como la descarga de agua.

4) Levantamiento Geomorfológico

El Equipo de Estudio realizó una serie de inspecciones geomorfológicas y geológicas en el flanco sur de la Serranía del Ávila durante junio y julio de 2003, con la cooperación de FUNVISIS, INGEOMIN y MARN-INPARQUES.

Los ítems del estudio son “anomalías geomórficas”, “rastros de derrubes en las cuencas”, “litología y estructura geológica” y “sedimento y meteorización”.

5) Evaluación Hidrológica de la Inundación de Diciembre de 1999 en Caracas

Se ha informado que durante este evento, las quebradas Catuche, Anauco, Chacaíto y Tócome resultaron ser las más afectadas por las precipitaciones. Las quebradas Catuche y Anauco sufrieron inundación con flujo de sedimentos en el área urbana por debajo de la avenida Cota Mil.

De acuerdo con las mediciones tomadas por estas 4 estaciones, las cantidades diarias de precipitaciones tuvieron tendencia a aumentar de Este a Oeste. Esta tendencia corresponde con el hecho de que las quebradas Catuche y Anauco fueron seriamente afectadas por la precipitación.

Los datos de precipitación por hora estuvieron disponibles solamente en La Carlota durante el evento. Se registraron 12,2 mm durante las horas 15:00 a las 16:00 el 15 de diciembre.

Para el Valle de Caracas, la precipitación diaria máxima registrada en Cajigal, en diciembre de 1999, fue de 61,5 mm. El período de retorno para esta cantidad de precipitación puede ser evaluado como menos de cinco (5) años basándose en la Tabla

3.15 del “ESTUDIO DE CRECIDAS EN LAS CUENCAS DE LA VERTIENTE SUR DEL PARQUE NACIONAL EL ÁVILA”. Los períodos de retorno para la precipitación diaria registrada en la UCV y La Carlota son también menores a 5 años. Estas estaciones están localizadas en la parte baja del Valle y no son representativas de las condiciones hidrológicas que ocurrieron en El Ávila durante el evento de diciembre de 1999. Considerando el desastre por flujo de sedimentos en el Valle de Caracas, el período de retorno de las precipitaciones en El Ávila debe ser mucho mayor a cinco (5) años. Por otro lado, los registros de precipitación diaria en Maiquetia (revelados justo después del desastre) que está localizado cerca de 10 km de la quebrada Chacaito, es 410 mm y su período de retorno está en el orden de 1.000 años.

6) Condición de La Cota Mil para los Desastres por Sedimentos

Para la sección de la quebrada debajo de La Cota Mil, hay cuatro (4) tipos de intersecciones:

- Puente
- Alcantarilla rectangular grande
- Alcantarilla rectangular pequeña o ducto
- Ruta fuera de La Cota Mil

La información de las dimensiones de las alcantarillas y puentes se obtuvo por reconocimiento de campo realizado por el Equipo de Estudio, por el informe del IMF y por el plano del diseño de La Cota Mil. Sin embargo, numerosos sitios por debajo de La Cota Mil son de difícil acceso porque las rutas se ubican dentro de terrenos privados.

De las 39 quebradas de montaña que cruzan La Cota Mil, sólo tres (3) quebradas cruzan por el canal abierto debajo de la avenida, las quebradas Gamboa, Chacaíto y Tócome. Las quebradas de montaña que pasan por alcantarillas comparativamente grandes (anchura mayor a 2 m) son doce (12).

7) Estudio del Potencial del Flujo de Escombros

**Balance de Sedimentos**

a) Balance de Sedimentos en Diciembre de 1999

En el evento de diciembre de 1999 se supone que las pendientes pronunciadas de derrumbes activos y nuevos se colapsaron y llegaron a las quebradas colectoras. Parte del sedimento derrumbado y del sedimento inestable en el lecho de la quebrada fueron

arrastrados corriente abajo hacia el área urbanizada. El volumen de sedimento por acarreo en 1999 fue de 50.000 m<sup>3</sup> en Catuche (según el Estudio), 39.000 m<sup>3</sup> en Cotiza según PREVENE y 31.000 m<sup>3</sup> en Anauco según PREVENE.

Después del evento de diciembre de 1999, no ha habido hasta la fecha mayor acarreo de sedimentos.

La relación entre el acarreo de sedimentos en 1999 y el sedimento inestable antes de 1999 puede ser calculada como sigue:

$$R = \frac{A}{B}$$

A es el volumen de sedimento por acarreo en 1999. B es la suma del sedimento derrumbado en 1999 y el depósito de sedimento en el lecho de la quebrada antes de 1999. El sedimento derrumbado en 1999 significa aquí los derrumbes activos y los nuevos derrumbes cubiertos con hierba. El volumen A de las quebradas Cotiza y Anauco incluye la deposición justo corriente arriba de La Cota Mil.

La relación resultante (=R) es 0,20, 0,25 y 0,27 para las quebradas Catuche, Cotiza y Anauco, respectivamente.

Con base en este resultado y tomando un valor de seguridad, una relación de 0,30 puede ser aplicada para la evaluación del acarreo de sedimentos en el próximo evento de precipitación similar al de diciembre de 1999.

b) Balance del sedimento para el acontecimiento futuro

En el caso de un evento de precipitación similar al de diciembre de 1999 para las 47 quebradas de montaña, el volumen de sedimento por acarreo fue estimado como sigue.

“Cálculo de la Cantidad de Sedimento Movable”

El cociente del área de derrumbes activos y toda el área de captación fue calculado como 3.7 % para la parte occidental del Ávila, en la cual ocurrieron los derrumbes importantes en 1999. Este cálculo fue hecho basado en el mapa geomorfológico realizado durante el estudio.

El área de derrumbes asumida para el escenario fue calculada como el producto de 3.7 % multiplicado por el área de cada cuenca.

El volumen de sedimento generado del área de derrumbes asumido fue calculado como el producto del área derrumbada anterior, del espesor y del cociente del volumen remanente de sedimento. El espesor fue estimado en 2.3m de acuerdo al resultado del estudio de campo.

Finalmente para estimar el volumen de acarreo de sedimentos debajo del punto básico de cada cuenca, el cociente de acarreo de sedimentos para el acontecimiento futuro al sedimento inestable actual se asume como  $R = 0.3$  para la cuenca principal cuya área es mayor a  $1.0 \text{ km}^2$ , mientras que  $R=1.0$  fue aplicado a las cuencas pequeñas restantes.

“Cálculo de la Cantidad de Sedimento Transportable”

El volumen de acarreo de sedimentos debajo del punto básico es una clase de valor potencial basado en las condiciones de la parte superior del Ávila. El volumen de acarreo de sedimentos debajo del punto básico es afectado realmente por las condiciones topográficas alrededor del punto básico y las condiciones hidrológicas. Como se hace extensamente en Japón, el volumen de sedimentos siguiente fue calculado como el valor posible a través del punto básico.

$$Vec = \frac{10^3 \cdot R_t \cdot A \left( \frac{Cd}{1 - Cd} \right) \cdot Fr}{1 - \lambda}$$

Donde A: Área de la cuenca en  $\text{km}^2$ ,  $R_t$ : 24 horas de precipitación en mm para el período de retorno seleccionado,  $\lambda$ : cociente de vacío, Fr: cociente de acarreo, Cd: concentración del sedimento en función de la pendiente del lecho de la quebrada.

“Cálculo de la Cantidad de Escorrentía de Sedimento”

Si el Vec calculado es menor que el volumen asumido de acarreo de sedimentos, el Vec es seleccionado como el volumen de sedimentos de diseño.

La Figura 4.1.4 muestra el acarreo de sedimentos estimado para cada área mayor de captura. El área de captura No.14 corresponde a la Quebrada Tócome, que tiene el mayor volumen de sedimento por acarreo de todas las quebradas. El segundo mayor volumen se espera para la Quebrada Caurimare (No. 4). Las quebradas Catuche (No.44) y Cotiza (No.42) tienen menores volúmenes estimados de sedimento comparados con los de la parte Este del Ávila porque el sedimento inestable en esas dos quebradas ya fue arrastrado del área de captura en 1999.

### **Potencial del Flujo de Escombros**

En cuanto a la pendiente del lecho de la quebrada que no excede los 10 grados, no existen diferencias importantes entre las 47 quebradas de montaña. De esta forma, la cantidad de volumen de sedimento inestable, incluyendo las áreas de derrumbes nuevas y viejas, es un factor importante para indicar el potencial del flujo de escombros.

Por tener el mayor número de unidades de captura, las quebradas Tócome, Caurimare, Galindo, Chacaíto y Cotiza tienen a este respecto mucho sedimento que generar en una futura inundación como se muestra en la Tabla 4.1.4.

El escenario de desastre por flujo de escombros puede ser explicado como una fuerza externa de precipitación y el potencial del flujo de escombros. La precipitación externa fue explicada anteriormente y el potencial del flujo de escombros de las 47 quebradas en la parte sur de la pendiente del Ávila se resume a continuación:

- A pesar de que se registran rocas relativamente suaves como mármol o serpentinita en el lado occidental, no existe gran diferencia en la geología/litología entre el lado occidental y el lado oriental. La densidad de las fallas y lineamientos tampoco difiere tanto entre el Este y el Oeste.
- Nuevos derrumbes se observan en el Oeste debido a que muchos derrumbes ocurrieron en diciembre de 1999, también se observan algunos antiguos derrumbes en toda el área. Aunque hubo varios derrumbes en febrero de 1951, la vegetación se ha recuperado y en la actualidad se consideran como derrumbes viejos.
- La zona meteorizada es más espesa en el Oeste que en el Este. Esto pudiera estar causado por el terreno. El material en la zona meteorizada es rico en gravilla y casi no contiene arcilla/cieno.
- Las quebradas del Este parecen tener más escombros. Esto pudiera estar causado porque las quebradas en el Este tienen escalones en su perfil y patrones de desagüe angulares/espaldas. En la parte occidental, el patrón de pluma prevalece y está menos escalonado comparativamente.
- La vegetación está clasificada de menor a mayor altitud en la Serranía El Ávila. La vegetación en altitudes sobre 1.700m es más espesa que en menor altitud. Por consiguiente, las cuencas de Catuche y Cotiza que se encuentran principalmente debajo de los 1.700m tienen poca vegetación.

La distribución de la precipitación en la parte sur del Ávila durante el evento de diciembre de 1999 no muestra diferencia significativa entre el este y el oeste de acuerdo al análisis de las

imágenes satelitales. Sin embargo, la cantidad del flujo de escombros y de daños se concentra en la parte occidental en donde se encuentran las Quebradas Catuche y Anauco. Esto parece deberse a que el flujo de escombros generado en la pendiente de la parte oriental fue depositado en los lechos de las quebradas sin llegar al área urbana.

#### **4.1.2. Elaboración de Mapas de Amenaza por Sedimentos**

##### **(1) Deslizamientos y Derrumbes**

En este estudio, los objetivos de desastres identificados son los deslizamientos y los derrumbes, posteriormente, el objetivo de conservación identificado son las viviendas, importantes instalaciones y caminos de más de cuatro carriles. Se llevó a cabo una investigación utilizando las fotografías aéreas tomadas en Febrero de 2002 (escala: 1/25.000), los mapas topográficos publicados en 1984 (escala: 1/5.000) y las imágenes satelitales tomadas en abril del 2003 por “ASTER, *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*”. Las pendientes que fueron identificadas por la investigación se consideran que tienen la posibilidad de convertirse en deslizamientos y derrumbes, expandiendo así el desastre.

El número de pendientes pronunciadas inestables y deslizamientos interpretados es 230 y 8, respectivamente. Entre las 230 pendientes pronunciada, hay 52 pendientes empinadas sobre vías. La Figura 4.1.5 muestra el número por Municipios. La mayoría de las pendientes empinadas ocupadas por casas están situadas en Libertador y Sucre.

##### **(2) Flujo de Escombros**

###### **1) Metodología**

Con respecto a la simulación de inundación para el Valle de Caracas, en este Estudio se utilizaron tanto el modelo FLO-2D como el método de la Ley Japonesa para la Prevención de Desastres por Sedimentos. El FLO-2D es un programa de *software* desarrollado por la Universidad Central de Venezuela conjuntamente con una universidad de los EUA y ha sido aplicado en muchos casos incluyendo en el desastre del estado de Vargas en 1999. El modelo FLO-2D fue utilizado para juzgar el efecto de las presas sabo en este Estudio.

###### **2) Modelo 1: Método de la Ley Japonesa para la Prevención de Desastres por Sedimento**

La Ley de la Prevención de Desastres por Sedimento fue emitida en el año 2000 en Japón, y las normas relacionadas indican la metodología para delinear el área potencial para el flujo de escombros.

a. Definición de “Zona Roja”

El área que es seriamente afectada por el flujo de escombros es llamada “Zona Roja” y puede definirse como la sección en la cual la fuerza hidráulica del flujo de escombros es mayor que la fuerza resistente de las casas/construcciones. Significa que las casas en la Zona Roja pueden ser destruidas por el impacto del flujo de escombros.

La fuerza hidráulica en  $\text{kN/m}^2$  se expresa como:

$$F_d = \frac{\rho_d}{g} \cdot U^2$$

Y la fuerza resistente de la casa/construcción es:

$$P_2 = \frac{35.3}{H(5.6 - H)}$$

Donde  $P_2$ : fuerza resistente de una casa/construcción ordinaria en  $\text{kN/m}^2$ ,  $H$ ,: altura del flujo de escombros cuando la fuerza actúa en la casa/construcción por el flujo de escombros y  $g$ : aceleración de la gravedad en  $\text{m/s}^2$ .

La ecuación anterior de  $P_2$  ha sido autorizada en Japón por la Ley de Prevención de Desastres por Sedimento, sin embargo, está basada en las estructuras ordinarias de las casas de madera del Japón.

b. Definición de “Zona Amarilla”

El área normalmente afectada por el flujo de escombros llamada “Zona Amarilla” puede definirse como la zona en donde el flujo de escombros puede potencialmente llegar, desde el punto de vista topográfico. En principio, la zona amarilla es el punto básico río abajo y la pendiente dos (2) grados río arriba.

c. Mapa de Amenaza por el Método - 1

La Figura 4.1.6 muestra el mapa de amenaza del flujo de escombros obtenido por el método-1. El número de casas afectadas y el área total de las casas en las Zonas Amarillas y Rojas se muestran en la Tablas 4.1.5 y Tabla 4.1.6. De un total de 2.700 casas ubicadas en la zona roja, 1.300 son casas ubicadas en los barrios, de las cuales 1.000 están construidas en quebradas, por lo que se recomienda que estas sean reubicadas.

3) Modelo 2: Método utilizando el Modelo FLO-2D

a) Casos

Los casos simulados son de 10 años, 100 años en lo que se refiere al período de retorno de la precipitación diseño bajo las condiciones existentes. Las condiciones del sedimento que se consideraron fueron: sin ocurrencia del flujo de escombros ( $C_v = 0.2$  constante) para 10 años, con un volumen de escorrentía de sedimento para 100 años.

Como referencia, se ejecutó la simulación de un (1) caso para un período de retorno de 100 años, asumiendo que todas las represas Sabo se construyen en el Ávila.

b) Resultados

La Figura 4.1.7 y Figura 4.1.8 muestran la profundidad y velocidad para un período de retorno de 100 años bajo las condiciones existentes. Los valores de profundidad y velocidad son el valor promedio para cada célula de la cuadrícula.

La Figura 4.1.9 muestra la profundidad para un periodo de retorno de 100 años asumiendo que todas las represas Sabo serán construidas en el futuro. La descarga máxima fue reducida debido a una menor concentración del sedimento, como resultado de la reducción del área inundada.

Desde el año 2000, la Universidad Central de Venezuela ha estado trabajando en mapas de amenaza por flujo de escombros utilizando el método FLO-2D. Esperamos que las cantidades del flujo de escombros, los cuales fueron calculados en este Estudio, sean utilizados en el estudio modelo de la Universidad Central de Venezuela

## **4. 2 Desarrollo del Mapa de Riesgos por Sedimentos**

El mapa de riesgos será preparado basándose en la amenaza física en relación con la información socioeconómica del área urbana.

### **4. 2. 1. Derrumbes y Deslizamientos**

El área amenazada debajo de la pendiente es la que se encuentra dentro de dos (2) veces la altura de la pendiente, mientras que el área arriba de la pendiente cubre una (1) altura de la pendiente. Este concepto se basa en las ordenanzas de Japón sobre prevención de desastres por sedimentos.

En el caso de deslizamientos, el área afectada por un deslizamiento tiene un alcance del 50% de la longitud de la pendiente, basándose en otra referencia japonesa. Sin embargo, deberá notarse que la

magnitud del área afectada varía de acuerdo a las características geológicas, topográficas y a su vegetación.

Basándose en el concepto anterior, el área afectada fue delineada para cada derrumbe de precipicio y deslizamiento potencial. El mapa de amenaza de deslizamientos y derrumbes se muestra en la Figura 4.2.1.

El mapa de riesgo se muestra en la Figura 4.2.2. Este mapa está clasificado por colores de acuerdo a la densidad de las casas en el área de amenaza en el mapa de amenaza.

#### **4. 2. 2. Estudio de Daños de Inundación**

Para crear los mapas de riesgo por flujo de escombros, se llevaron a cabo los siguientes estudios de daños y propiedades:

##### 1) Viviendas / Propiedades Afectadas

En el desastre de diciembre de 1999, el número de viviendas y propiedades afectadas fue de 977 en Catuche, 993 en Anauco (el total de Anauco, Cotiza y Gamboa), 10 en Chacaíto, 92 en Tocomé y 37 en Caroata. En cuanto al número de afectados, la mayoría del daño se concentró en las cuencas de Catuche y Anauco en el desastre de diciembre de 1999, puesto que esas áreas están compuestas de casas informales de pequeño tamaño.

En Catuche, el número de casas totalmente destruidas es de 218, el 22 % del total. En Anauco el número de casas totalmente destruidas es de 321, el 32 % del total.

##### 2) Precio de Daño Unitario

El monto de pérdidas para una casa totalmente destruida en los desarrollos no controlados asentados en las cuencas de Catuche y Anauco varía entre 5 millones de Bs. y 15,5 millones de Bs. a precios del año 1999. En el caso de las cuencas de Chacaíto, Tocomé y Caroata, el monto de pérdidas para una casa totalmente destruida es de 9,5 millones Bs. Estos precios incluyen el mobiliario.

En el área urbana, el daño para una casa totalmente destruida fue estimado con base en la revista "Reporte Inmobiliario AKROS, Nov. 1999". La revista muestra el valor real para tipos específicos de casa como el área por piso y el precio por m<sup>2</sup>. Para el área comercial, el precio fue establecido en un 140 % del residencial. Este porcentaje fue obtenido como resultado de una inspección de muestra en Caracas.

##### 3) Monto Total de Pérdidas

El monto total de pérdidas para las cinco quebradas es el que se especifica a continuación:

Unidad: millón de Bs. en 1999(1US\$=558Bs.)

<b>Quebrada Afectada en 1999</b>	<b>Desarrollo No Controlado</b>	<b>Desarrollo Controlado</b>	<b>Total</b>
Catucho	2.953(5,3)	664(1,2)	3.617(6,5)
Anauco (Cotiza, Gamboa)	2.700(4,8)	1.618((2,9)	4.318(7,7)
Chacaíto	38(0,07)		38(0,07)
Tócome	199(0,36)		199(0,36)
Caroata	208(0,37)		208(0,37)

El mapa de riesgo se muestra en la Figura 4.2.3. Este mapa está clasificado por colores de acuerdo a la densidad de las casas en el área de amenaza en base al mapa de amenaza.

### **4.3 Estudio de Prevención de Desastres por Sedimentos**

La Figura 4.3.1 muestra el diagrama del flujo de trabajo para el estudio del plan maestro.

#### **4.3.1. Medidas Estructurales contra Derrumbes y Deslizamientos**

De acuerdo al mapa preliminar de riesgo preparado en la sección 4.2, el número de casas/edificaciones que serán protegidos se muestra en la Tabla 4.2.1.

La mayoría de las propiedades afectadas pertenecen a la zona de barrios de las áreas informales. El número indicado arriba es el número de “casas”, lo que significa que el tamaño de las casas tiene una gran variación, especialmente en las áreas formales.

El costo de los trabajos de protección es mayor cuando el área de la pendiente es mayor. Debido a que hay un límite superior al área afectada, la factibilidad económica para los trabajos de protección de las pendientes en las áreas informales (barrios) se puede considerar como baja.

Sin embargo, en las áreas formales este tipo de trabajos de protección puede ser económicamente posible para usos de suelo de extremadamente alta intensidad, como en las áreas con edificios torre de departamentos múltiples.

La Tabla 4.3.1 muestra la lista de pendientes de riesgo cuando los trabajos de protección de pendientes pudiesen ser factibles, basándose en la comparación entre el costo de los trabajos de protección y los valores de las propiedades protegidas.

### **4.3.2. Medidas Estructurales contra el Flujo de Escombros**

#### **(1) Medidas Estructurales Concebidas**

La Figura 4.3.2 muestra el flujograma de trabajo para la selección de las medidas estructurales para el flujo de escombros del Ávila. En esta figura, se menciona un total de siete (7) tipos de medidas para el control de sedimentos. La pendiente sur del Ávila básicamente sufre de flujos de escombros desde el punto de vista de la gradiente de la pendiente por lo que este tipo de medidas es preferible, es decir ① Medidas para prevenir fallas de pendiente de gran escala como las obras de consolidación de pendiente con un grupo de presas de consolidación ② Presas sabo para controlar el flujo de escombros ③ Represas tipo sabo para captar el flujo de escombros. El área urbana aguas abajo se subdivide en régimen del flujo de escombros y régimen de vaciado. En el área urbana río abajo, las medidas preferibles son ④ Presas de sedimentación ó ⑤ Paredes guías, en caso de que ninguna medida se tome en el sur del Ávila. En caso de que se ejecuten algunas medidas en la pendiente sur del Ávila se deberán considerar ⑥ Obras de canalización como medidas para los abanicos aluviales o ⑦ Canales para descargar agua de manera segura.

Debido a que la pendiente sur del Ávila está designada como parque nacional, no son factibles las medidas ④ o ⑤, puesto que requieren la adquisición de grandes extensiones de tierra. Por consiguiente, en este Estudio, entre las siete medidas alternativas, las siguientes tres opciones son las más apropiadas: ③ Represas tipo sabo para captar el flujo de escombros en la pendiente sur del Ávila, ⑥ Obras de canalización como medidas para los abanicos aluviales y ⑦ Canales para descargar agua de manera segura en el área urbana.

#### **(2) Escala de diseño**

El escenario para el desastre por sedimentos se fija en un nivel comparable al acontecimiento de diciembre de 1999 en Caracas con respecto a sedimentos, al mismo tiempo que se fija a un período de retorno de 100 años para la descarga del agua del Ávila.

Además del caso escenario, se propondrá un período de retorno de 25 años para el sedimento y un período de retorno de 10 años para el canal de agua para el caso a corto plazo (Plan de Acción).

#### **(3) Represas Tipo Sabo en el Ávila**

##### **1) Concepto Básico**

El esquema básico de los principios para las presas Sabo en el Estudio es el siguiente:

- La presa sabo será propuesta en el tramo inferior en donde el flujo de escombros pueda ser depositado fácilmente, y en la topografía en donde el volumen de sedimento atrapado sea mayor.
- En el caso que sean necesarias múltiples presas sabo debido a la limitación de altura que es de 15 metros, serán ubicadas de tal manera que no compartirán el área de depósito de sedimento. La pendiente del lecho designado se estableció en 50% de la pendiente del lecho original.
- Únicamente el volumen de sedimento atrapado fue considerado en la capacidad de sedimento de la presa.

La Figura 4.3.3 muestra la ubicación de cada una de las presas Sabo.

## 2) Estimación del Costo

El costo proyectado para las obras de la presa sabo fue estimado en base al volumen de concreto. La Tabla 4.3.2 es un costo real para una presa construida en Vargas en el año 2000. El costo es expresado en Bs. en base a precios del año 2000. En este caso, el volumen de concreto para la presa principal es 2,095 m<sup>3</sup>. El costo parcial solamente para los trabajos de la presa sabo es de 600 millones de Bs. en 2000, incluyendo los costos indirectos. El costo del proyecto de 1 m<sup>3</sup> de concreto es 286,400 Bs. en 2000. Para el estudio del Plan Maestro, 300,000 Bs/ m<sup>3</sup> de concreto para la Presa Sabo será utilizado como el nivel de precio del año 2000.

## (4) Trabajos de Canalización y Trabajos del Canal de Agua

### 1) Trabajos de Canalización

Los trabajos de canalización se propusieron para estabilizar el curso de la corriente en los abanicos aluviales para la sección aguas abajo del punto básico. Las quebradas, que no cruzan la Cota Mil en el punto básico ni pasan por la abertura de un puente de la Cota Mil, deben tener trabajos de canalización aguas abajo de su punto básico. Entre las 47 quebradas de la montaña, las quebradas de Catuche, de Chacaíto, de Tocomé y de Caurimare necesitan los trabajos de canalización. Las corrientes al oeste de Catuche no necesitan los trabajos de canalización porque su ápice del abanico están claramente formando un valle recto en forma de V.

Se propusieron los trabajos de canalización de agua para que el flujo de inundación fluya con seguridad desde la sección de las obras de canalización hasta el Río Guaire. La

mayoría de los canales existentes río abajo del punto básico no tienen la suficiente capacidad de flujo en caso de la descarga en el escenario de inundación. La UCV ha estado investigando la capacidad del flujo en los canales existentes en Caracas bajo el Proyecto Caracas financiado por el gobierno venezolano<sup>1</sup>. Para la sección en donde la capacidad de flujo es menor que la descarga de diseño, las obras de canalización de agua apropiadas serán propuestas. En este caso, la precipitación en el área urbana no fue considerada.

## 2) Estimación del Costo

El costo del proyecto para los trabajos del canal y los trabajos del canal de agua fueron estimados en base al volumen de concreto. El precio unitario para 1 m<sup>3</sup> de concreto (80 kgf/cm<sup>2</sup>) es de 120.000 Bs. en 2000 según la Tabla 4.3.2. Tomando en consideración los costos intangibles, el precio unitario se fija en 240.000 Bs. para así estimar el costo del proyecto para los trabajos del canal y los trabajos del canal de agua en Caracas.

## (5) Cronograma de implementación

La Tabla 4.3.3 muestra el cronograma de construcción propuesto.

### 4.3.3. Medidas No Estructurales

#### (1) Componentes del Estudio para el Alerta Temprana y Evacuación

En este estudio, los siguientes componentes del estudio se seleccionaron:

##### Arreglo institucional

El estudio en el arreglo institucional cubre desde el gobierno nacional hasta los municipios, que son miembros de la contraparte en este estudio. El estudio incluye la propuesta en el sistema de mediciones hidrológicas.

##### Precipitación Crítica

El estudio sobre la precipitación crítica (umbral) se efectuó considerando la situación de Vargas y Maracay (Río Limón). Para la colección de datos y el estudio de flujos de escombros pasados, el área de estudio se extendió hasta Vargas y Maracay (Río Limón). Maracay debe

---

<sup>1</sup> UCV-IMF, Borrador Informe FONACIT

ser incluido porque el área ha padecido de desastres de flujos de escombros y también tiene un sistema avanzado de alerta temprana de MARN.

### Actividad Comunitaria

El estudio de la comunidad fue llevado a cabo para seleccionar dos (2) comunidades como parte de un estudio social en el estudio de JICA (Informe Principal Capítulo 5 y el Informe de Apoyo S24).

## **(2) Estudio en el Arreglo Institucional para el Alerta Temprana y Evacuación**

Por lo que se refiere al pronóstico de lluvia, se ha implementado el proyecto llamado VENEHMET por MARN para empezar operaciones parciales en 2005. VENEHMET tiene un sistema de radar sobre el Distrito Metropolitano de Caracas que puede ser usado para el pronóstico de lluvias. El proyecto VENEHMET terminará en 2005 y una institución llamada INAMEH será creada para la operación y mantenimiento del equipo instalado por el proyecto.

En la actualidad, generalmente el pronóstico meteorológico es emitido por MARN dos veces al día, en el sitio Web, a escala nacional y regional. El pronóstico incluye avisos hidrometeorológicos y alertas. Este pronóstico diario ha sido preparado por la interpretación de imágenes satelitales proporcionadas por EE.UU. por tres (3) meteorólogos venezolanos que están trabajando en la Oficina de Caracas de MARN. Estos tres (3) meteorólogos están a cargo del pronóstico meteorológico para toda Venezuela.

En el 4o y 5o período de estudio de campo en Venezuela, el Equipo de Estudio efectuó reuniones periódicas con los miembros de contraparte y las organizaciones relacionadas al sistema de alerta temprana. Basándose en los resultados de estas reuniones y en la evaluación del actual sistema, se llegó a las limitaciones y recomendaciones para alerta temprana y evacuación que se resumen en la Tabla 4.3.4.

En base a la evaluación anterior de la situación existente en el sistema de alerta temprana en Caracas, el equipo de estudio propuso un acuerdo borrador para el sistema de alerta temprana y evacuación entre las organizaciones relacionadas.

El concepto básico del acuerdo fue preparado en referencia a la Ley Básica para la Prevención de Desastres en Japón. La Ley Básica cubre el arreglo institucional para el gobierno central y local, así como a la manera en que las personas responden a un desastre natural anticipado.

Las características principales del acuerdo borrador son las siguientes:

- Designar a MARN como la función primaria para supervisar, analizar y distribuir información hidrológica y para crear la Oficina Regional de Caracas (CRO) de MARN-INAMEH. MARN proporcionará consejos ADMC referente al diseño de la precipitación crítica colaborando con UCV. (Figura 4.3.4)
- UCV proporcionará consejos en el diseño de la precipitación crítica (Figura 4.3.5)
- Designar a ADMC (Centro de Control Operativo) como la función primaria para recibir y manipular la información hidrológica de MARN y distribuirla a los municipios. ADMC está a cargo de emitir el alerta local de acuerdo con MARN y emitir las recomendaciones para la evacuación. (Figura 4.3.5)
- Designar a los municipios como el cuerpo local más cercano a las comunidades para la transferencia de la información de ADMC a las comunidades y apoyar las actividades comunitarias.

### **(3) Estudio sobre Precipitación Crítica**

#### 1) Metodología

Es posible pronosticar la ocurrencia de un flujo de escombros con los datos de lluvia, pero su nivel de exactitud difiere bastante dependiendo del nivel de datos obtenido. En Caracas, el registro de la ocurrencia del flujo de escombros es muy raro. Aún para el evento de diciembre de 1999, no existen los datos de la precipitación observada en El Ávila. Para llevar a cabo un pronóstico práctico de la ocurrencia de un desastre relacionado a sedimentos, es un prerrequisito el calibrar la precipitación cada hora.

En áreas en donde se obtienen datos de precipitación por hora y previos registros de desastres relacionados a sedimentos, es factible un pronóstico de desastres relacionado a sedimentos, si esos datos son analizados.

En Japón, hoy en día cuentan con varios métodos para determinar la precipitación crítica para el flujo de escombros. Entre ellos, el Método de Normas, llamado el Método A es el que ha sido aplicado en este estudio tomando en cuenta la disponibilidad de datos y su aplicación en Maracay (Río Limón). Debido a que el Método A se ha usado en el Río Limón en Maracay, se puede comparar cuando el mismo método sea aplicado en Caracas.

Este método se usa para el pronóstico de la ocurrencia de un flujo de escombros utilizando los índices de precipitación, los cuales se obtienen combinando la intensidad

de lluvia y la lluvia total. Este tipo de índice fue derivado porque se conoce por el estado real de los desastres de flujo de escombros que un flujo de escombros tiende a ocurrir aún cuando la lluvia total es pequeña, si la intensidad de lluvia es grande, y que tiende a ocurrir incluso cuando la intensidad de lluvia es pequeña si el total de lluvia es grande. Este método se desarrolló originalmente para los flujos de escombros, pero también es aplicable para derrumbes de precipicio porque el proceso de ocurrencia de un flujo de escombros es similar al de un derrumbe.

La Figura 4.3.6 es una imagen esquemática de la línea crítica. El índice de precipitación se expresa por la combinación de la intensidad de lluvia y la lluvia total (lluvia acumulativa). Como se muestra en la figura, la intensidad de lluvia se muestra en la ordenada (eje Y) y la lluvia total en la abscisa (eje X). La precipitación que causa un flujo de escombros, y la precipitación que no lo causa se trazan en la figura con símbolos diferentes. Posteriormente, estos dos grupos de lluvia se separan con una línea o una curva que desciende hacia el lado derecho. Esta línea de límite se le llama la Línea Crítica (CL) la cual distingue la ocurrencia y no-ocurrencia de un flujo de escombros. El lado izquierdo de esta línea, que es más baja, es la zona segura en donde un flujo de escombros no puede ocurrir. El lado derecho superior de esta línea es la zona insegura en donde un flujo de escombros puede ocurrir. Las definiciones de los valores de lluvia trazados se explican en la Tabla 4.3.5

Los métodos para establecer la precipitación estándar para la emisión de un alerta y la precipitación estándar para la recomendación de una evacuación se explican más adelante. La línea estándar que indica la precipitación estándar para las alertas se le denomina “Línea de Alerta (WL)” y la línea estándar que indica la precipitación estándar para la evacuación se le denomina “Línea de Evacuación” (EL).

Antes de establecer estas dos líneas (WL y EL), es necesario determinar el momento adecuado para la emisión del alerta o la recomendación de evacuación. Esto significa que algunas horas antes del tiempo de la ocurrencia pronosticada, una emisión de alerta o la recomendación de evacuación deberá darse, para que las personas y las organizaciones relacionadas puedan tomar las acciones necesarias para la seguridad. Después de que WL y EL sean fijados en la consideración de la precipitación estimada durante el período margen de seguridad (*leading time*). La Tabla 4.3.6 muestra las condiciones usadas en el "Método A" en Japón. En este estudio se usaron las condiciones en Japón debido a que ha habido pocos eventos de flujos de escombros en Caracas. Sin embargo, el momento adecuado para la emisión de alerta y la recomendación de evacuación deberá ser determinado basado en las condiciones de Caracas.

2) Nivel de Alerta Propuesto y Nivel de Evacuación para Caracas

La Figura 4.3.7 muestra el Nivel de Alerta propuesto y el Nivel de Evacuación para Caracas. Los detalles se describieron en el Informe de Soporte S18.

**(4) Diseminación de Mapas de Amenaza/Riesgo para la Regulación del Uso de Suelo**

Los mapas de amenaza y riesgo para los derrumbes de precipicio, deslizamientos y flujo de escombros en este Estudio han despejado áreas peligrosas en Caracas. Está claro que entre menos gente ocupe esas áreas de riesgo, menos daño por desastre se generará en el futuro. La reubicación se recomienda para las condiciones en donde las personas reconocen su propio riesgo al vivir en las áreas peligrosas.

**4.3.4. Programa de Implementación**

La Figura 4.3.8 muestra el programa de implementación propuesto de los proyectos relacionados con sedimento en este estudio.

**Tabla 4.1.1 Rasgos of Quebradas Principales en el Avila**

		Catuche (44)	Cotiza (42) Anauco (41) Gamboa (37)	Canoas (35) Mariperez (33)	Chacaito (25)	Seca (23) Sebucan (17) Agua de Maiz (16)	Tocome (14)	Caurimare (4) Galindo (5)	
Topografía, Geología y Vegetación	Cima de la Cuenca Hidrográfica (Elevación)	Infiernito (1,945m)	Humboldt (2,153m)		Occidental (2,478m)		Oriental (2,637m)	Naiguata (2,765m)	
	Diferencia de Elevación	872 m	958 - 1,173 m	570 – 767 m	1,290 m	440 - 1,635m	1,400 m	1,712 - 1,843 m	
	Pendiente Promedio	15.1 grados	17.2 - 19.4 grados	22.7 - 23.5 grados	25.1 grados	24.8 - 30.4 grados	25.4 grados	19.5 - 20.7 grados	
	Sistema de Quebradas	El sistema de quebradas es fino y tiene una configuración dendrítica irregular.	El sistema de quebradas tiene muchos tributarios, y tiene una configuración dendrítica irregular (Cotiza). Otras quebradas muestran una configuración burda y de cuadrícula, básicamente en forma de hoja de árbol.	El área de captación es pequeña y la configuración del sistema es de forma trellis-angular.	El curso principal de la quebrada es recto y tiene dos curvas principales en la sección aguas abajo.	El sistema de quebradas tiene una configuración trellis-angular. El curso de la quebrada es suave y curvada, pero principalmente es recto.	Es la mayor área de captación. La configuración del sistema de quebradas es trellis angular. El sistema principal de quebradas tiene muchos tributarios y es curvado.	El sistema de quebradas es trellis-angular. La parte aguas abajo de Caurimare y el tramo medio bajo de Galindo es recto.	
	Perfil Longitudinal	En general el perfil es suave, escarpado río arriba y de pendiente suave río abajo. El perfil es convexo en la parte baja, y no está escalonado..	El perfil es suave en general. Tiene varios escalones.	En general, las quebradas son cortas y escarpadas. Suaves río abajo y el perfil es convexo en la parte baja.	Es escarpado aguas arriba y suave en los tramos río abajo. El perfil es convexo en la parte baja y no es escalonado.	Muy escarpado. Tiene varios escalones pequeños.	La pendiente no es ni escarpada ni suave. Hay ciertos sitios con cambios de pendiente.	Muy escarpado. Hay ciertos sitios con cambios de pendiente.	
	Geología	Litológicamente está compuesto de rocas que pertenecen a la Asociación Metamórfica del Ávila de esquistos y gneiss. Hay mármol y serpentinita distribuida localmente.				Litológicamente está compuesto de rocas que pertenecen a la Asociación Metamórfica del Ávila de esquistos y gneiss.			
	Lineamiento de la Falla	En el área se distinguen más los lineamientos del noreste al suroeste, seguidos por los del noroeste al sudeste. La falla corre principalmente de noroeste a sudeste.				La falla de Chacaito está distribuida a lo largo de la quebrada Chacaito y está conectada con Vargas del otro lado de la cuesta.	Tiene pocas fallas. Los lineamientos del noreste al suroeste se distinguen más en las secciones medias y río abajo.	Hay pocas fallas y lineamientos. Los lineamientos y fallas que se distinguen más son los que van de noreste al suroeste en la parte noreste de la cuenca.	Los lineamientos que van del noreste al suroeste son los que se distinguen más; después son los que van de noroeste a sudeste. Las fallas y los lineamientos tienen las mismas posiciones.
	Espesor de Meteorización	En general: 5-10m	Tramo río arriba: 1-3m Tramo medio: 3-5m Tramo río abajo: 5-10m En Cotiza: 5-10m en general.	Tramo medio alto: 3-5m Tramo río abajo: 5-10m	Tramo río arriba: 0-1m Tramo medio bajo: 1-3m		Tramo río arriba: 0-1m Tramo medio: 1-3m Tramo río abajo: 3-5m		
	Quebradas en las montañas	Es muy poca la diferencia en la elevación con las cuevas circundantes, por lo que la gradiente en la pendiente es suave. El valle es ancho.	En Cotiza es muy poca la diferencia en la elevación con las cuevas circundantes, por lo que la gradiente en la pendiente es suave. El valle es ancho. En otras quebradas el valle es más profundo.	El valle no es profundo.	En las quebradas rectas, el valle es bastante profundo, en forma de V. La pendiente occidental es muy profunda y la pendiente oriental es suave.	En la parte más superior del tramo río arriba, aún no se ha desarrollado la disección. En la parte media baja el valle es muy profundo.	En la parte más superior del tramo río arriba, aún no se ha desarrollado la disección. En la parte media baja el valle no es más profundo que Chacaito.	En el tramo río arriba de Galindo, la disección aún no se ha desarrollado. En el tramo medio bajo, la disección se ha desarrollado en línea recta. En la parte media de Caurimare la disección se ha desarrollado ampliamente y el lecho de la quebrada es ancho.	
	Depósitos en el Lecho	Pocos	Pocos depósitos. En Cotiza hay más depósitos que en Anauco y Gamboa.	Pocos depósitos en los tramos río abajo y quedan algunos depósitos en los tramos río arriba.	Pocos depósitos en las quebradas del lado derecho. Hay muchos depósitos en las quebradas del lado izquierdo y en la quebrada principal.	Muchos depósitos en los tramos río abajo y pocos en los tramos río arriba.	Muchos depósitos en los puntos de confluencia río arriba.	Muchos depósitos en los puntos de confluencia río arriba.	
	Vegetación (Observación de Imágen Satelital)	Muy densa vegetación en áreas de más de 1,700m de altura, con excepción del precipicio circundante a la cima occidental. Debido a que la elevación de las cuevas es mayor en el lado este que en el lado oeste, el área de mayor altura en toda el área de captación está en el lado este.							
	Derrumbes	Existen muchos derrumbes activos.	Existen muchos derrumbes activos en Cotiza. En Anauco los hay en el lado noroeste de la pendiente y hay pocos derrumbes nuevos y viejos en el tramo río arriba.	Solamente hay derrumbes viejos.	Hay pocos derrumbes activos y no muchos derrumbes nuevos. Los derrumbes viejos están distribuidos uniformemente.				Existen muchos derrumbes viejos en los tramos río abajo y pocos en los tramos medios y río arriba.
	Área Plana	Existe una terraza entre el área de la montaña y la planicie. La quebrada fluye disectando esta terraza.			Los abanicos aluviales están empujando hacia afuera las quebradas del este. Aquí podrían ocurrir escorrentías de sedimentos.		La erosión está más desarrollada al compararla con la de Chacaito.	Hay trazos de depósito y erosión entre las quebradas de Petare y Caurimare.	
	Otros	Relación con la Cota Mil	No lo cruza	Cruza con una gran alcantarilla	Cruza con una pequeña alcantarilla	Cruza con un puente.	Cruza con una pequeña alcantarilla	Cruza con un puente.	No la cruzan.

**Tabla 4.1.2 Eventos Históricos de Daños por Flujo de Escombros/Sedimentos en Caracas**

Año-Fecha	Caroata	Catuche	Anauco	Maripérez	Chacao/Chacaito	Sebuacán	Tócome	Caurimare
1781		2 puentes destruidos						
1812			inundación					
1830		derrumbe						
1833							Vía férrea destruida	
1842								Camino interrumpido
1847	1 puente destruido							
1866		Represa destruida						
1878/10/04	1 puente destruido							
1932/3/9	1 puente destruido							
1951/2/17			100 casas inundadas y 10 personas muertas		1 persona muerta	1 casa destruida y un viejo dique derrumbado que arrasó 15 ranchos	24 casas destruidas	
1974/10/1			Edificaciones dañadas					
1975/10/30						edificios dañados		
1976/10/9 y 10, 11			60 familias afectadas	40 casas informales destruidas	15 casas destruidas			Daño en Hospital
1976/11/9								Daño en Hospital
1977/11/21			80 casas dañadas					
1978/4/9								Daño en Hospital
1978/10/8			algunas casas informales destruidas		8 casas informales destruidas			
1978/11/11						3 edificios inundados		
1979/8/23						25 carros enterrados en escombros		
1979/9/3			Puente derrumbado					
1979/9/28			Estación Eléctrica dañada					
1980-Sep.								California Sur cerca del Rjo Guaire afectada
1993-Ago. (Depresión Tropical)					Inundación			
1999-Dec.	Inundación de Sedimentos	Inundación de Sedimentos	Inundación de Sedimentos		Inundación Local		Inundación Local	

Fuente: UNDP-MARN, Proyecto PREVENE, Informe Final, pp. 128

Nota: Información sobre 1999, 1980 y 1993 fue agregado por Equipo de Estudio JICA.

**Tabla 4.1.3 Precipitación Probable en 5 Estaciones Representativas**

Estación : Caurama

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2.33	9.9	17.7	24.5	32.6	39.5	46.2	52.5	58.3	62.3	65.3	74.3
5	12.0	20.6	29.1	41.2	48.6	56.5	64.2	71.1	73.2	80.7	90.1
10	15.0	23.0	33.4	48.7	56.1	64.8	73.7	87.5	91.2	92.8	102.5
25	18.0	25.9	38.4	57.0	65.0	75.4	85.7	104.0	107.6	108.4	119.2
50	20.0	28.2	42.2	63.5	71.6	83.2	94.6	116.2	119.7	119.9	137.2
100	22.0	30.4	45.9	70.0	78.5	91.0	103.5	128.4	131.8	131.4	143.1
200	30.0	32.6	49.5	76.5	85.2	98.7	112.3	140.5	143.8	142.3	155.0
500	32.0	35.4	54.4	85.0	94.7	108.9	125.9	156.5	159.7	157.9	170.7
1000	30.0	37.6	58.1	91.4	103.6	116.7	132.7	166.5	171.7	169.3	182.6

Estación : Los Chorreros

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2.33	10.0	10.0	24.0	30.0	47.2	54.8	62.0	60.0	70.1	72.0	80.0
5	13.0	22.0	29.6	43.2	59.7	69.6	79.5	89.3	94.3	98.8	112.2
10	15.0	25.0	33.0	49.0	69.9	81.0	90.2	100.9	110.2	120.5	133.4
25	18.0	30.0	39.0	55.3	82.7	96.6	110.5	127.0	140.7	147.8	171.5
50	20.0	32.0	42.8	61.2	92.2	107.8	123.4	142.6	150.7	168.1	195.0
100	22.0	36.0	46.6	66.4	101.7	119.9	136.2	156.1	178.5	188.2	220.4
200	24.0	40.0	50.5	71.3	111.1	130.0	148.9	173.6	197.2	208.3	244.7
500	28.0	42.0	55.5	82.0	120.0	142.8	165.7	194.0	222.0	234.8	275.7
1000	30.0	50.0	65.0	95.0	133.0	155.7	178.7	206.4	240.7	261.8	300.9

Estación : Teleferico

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2.33	10.5	19.0	26.9	36.3	49.4	55.8	62.1	65.0	65.3	65.9	71.7
5	13.0	23.0	32.8	46.5	67.5	79.0	90.4	95.1	95.5	95.6	98.5
10	16.0	29.0	37.5	54.3	82.3	97.5	113.5	116.6	120.1	119.8	120.3
25	18.0	32.0	43.6	64.3	100.9	121.7	142.6	150.6	151.2	150.4	147.8
50	20.0	34.0	48.1	72.3	114.7	139.5	164.2	175.5	174.3	173.1	169.3
100	22.0	38.0	52.5	81.0	128.4	157.1	185.7	196.3	197.1	195.6	185.5
200	24.0	42.0	58.9	91.7	142.1	174.6	207.1	215.1	219.9	218.1	208.8
500	26.0	47.0	62.0	100.0	160.1	197.7	235.0	245.0	250.0	247.7	235.4
1000	30.0	54.0	67.2	104.6	173.7	215.2	256.6	271.7	272.8	270.1	255.6

Estación : San Jose de Avila

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2.33	9.1	15.1	19.5	26.5	38.7	43.8	48.4	51.9	54.5	55.1	58.7
5	10.1	18.3	22.4	36.0	47.0	53.1	59.2	64.1	66.3	66.3	73.2
10	11.0	20.9	24.8	40.4	53.4	60.7	68.0	74.1	76.5	76.9	85.0
25	12.1	24.3	27.9	46.0	61.5	70.3	79.1	86.6	85.4	85.5	100.0
50	13.0	26.7	30.1	50.1	67.5	77.4	87.3	95.9	106.4	106.3	111.7
100	14.0	29.1	35.0	54.2	73.4	84.0	95.5	105.2	117.0	117.1	122.7
200	16.0	30.0	37.0	58.3	79.4	91.5	103.6	114.4	128.1	127.8	133.7
500	18.0	32.0	42.0	63.7	87.2	103.8	114.3	126.6	142.6	141.0	147.6
1000	16.4	37.2	39.7	67.3	93.7	107.8	122.5	135.7	153.3	152.6	153.5

Estación : Maiquetía 0502

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2.33	9.0	14.0	18.0	27.0	39.0	46.2	54.0	62.0	69.0	70.0	82.0
5	11.0	17.0	22.0	34.0	48.0	59.6	71.0	83.0	96.0	95.0	132.0
10	13.0	19.0	26.0	39.0	56.0	70.5	86.0	101.0	117.0	120.0	173.0
25	15.0	23.0	30.0	45.0	65.0	83.0	105.0	124.0	144.0	146.0	225.0
50	17.0	26.0	33.0	50.0	73.0	95.4	118.0	145.0	175.0	200.0	263.0
100	19.0	28.0	36.0	55.0	80.0	105.7	132.0	157.0	195.0	209.0	301.0
200	21.0	30.0	39.0	60.0	87.0	115.0	145.0	174.0	205.0	210.0	339.0
500	23.0	34.0	43.0	66.0	96.0	129.0	163.0	190.0	231.0	237.0	369.0
1000	25.0	37.0	46.5	71.3	103.1	139.9	176.6	211.9	250.9	257.8	427.3

FUENTE: NARRIN-LAND, ESTUDIO DE CREDITOS EN LAS CUENCAS DE LA VERTIENTE SUR DEL PARQUE NACIONAL AVILA, 2001

**Tabla 4.1.4 Volúmen de Acarreo de Sedimentos**

Cuadrada Principal	Área de Captación	Sedimento transportable	Potencial			Período de Retorno de 100 años			Período de Retorno de 50 años			OCTAMI Capacidad de Bolsa o Bote
			Demanda de Sedimento (M3)	Escorrentía de Sedimento (M3)	Escorrentía Efectiva (M3)	Reducción Transportable (M3)	El más pequeño entre los dos (M3)	Volumen de Sedimento Disponible (M3)	Reducción Transportable (M3)	El más pequeño entre los dos (M3)	Volumen de Sedimento Disponible (M3)	
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
1	0.15	0	3521	8501	50270	2290	9290	57753	7251	7251	43144	
2	0.09	11397	53739	21117	21599	21348	21117	21348	21103	21103	21388	
3	0.08	0	4459	4498	50270	3390	3890	50270	3103	3103	4257	
Occidente 1	6.86	725322	373639	331500	32173	101320	101320	16093	87813	87548	13306	
Occidente 2	0.06	404210	220047	213920	25293	50260	20260	15024	40147	40147	12402	
3	0.00	1310	5120	6726	70115	10271	6796	70115	10143	6796	70115	
7	0.90	20213	21445	47438	13542	1034	16914	45916	13067	13067	89160	
8	1.14	45310	69029	24136	20295	35448	34169	29835	28203	28200	24768	13400
9	0.12	0	3870	6970	50270	10308	6970	50270	12003	6970	59570	
10	0.05	0	1075	9275	50270	2798	9275	50270	7000	9275	50570	
11	0.95	17100	14714	11010	12020	10204	15104	67070	14207	14207	47260	
12	2.10	406343	123007	128692	75093	62347	92947	29073	40070	40070	23367	
13	0.00	60200	19479	29717	12460	5052	39717	12460	39277	39277	12040	
Loco no 11	8.76	1712390	262017	630000	7200	10176	102136	16107	110627	110327	12066	
15	1.40	67151	03577	45210	30200	45210	45210	30200	30465	30465	35270	
16	0.00	0.464	20677	29100	14475	50200	20100	04475	40607	05100	04475	
17	1.57	154002	90523	74432	47420	45069	40069	30933	30000	30000	10260	10700
10	0.17	0.343	3940	10294	126544	3107	10294	109544	2442	10294	109544	
19	1.37	121424	01019	30031	16211	11270	11270	32543	10333	30233	25170	
20	0.11	1.005	3672	7757	30250	20300	7757	60250	10443	7757	60250	2400
21	0.27	15243	13024	31827	110225	24381	2180	02127	10273	10176	72176	1300
22	1.07	100300	117552	50137	35381	50150	30150	28472	43145	43148	22275	
23	0.78	43703	43127	24034	120335	30302	30302	39744	24105	24105	31104	
24	0.21	2759	12321	15090	70200	36540	15090	70200	68493	15090	70200	
Chicaco 25	6.38	725391	377137	291170	35181	112801	112801	17450	87163	87390	13300	
26	0.15	547	2412	10050	50250	30205	10050	60250	30425	10050	60250	
27	0.25	4247	15021	18418	70203	42465	18418	70203	30203	18418	70203	
28	1.19	95341	71007	48934	41242	61388	48934	41242	53205	40242	41242	1000
29	0.07	0	1110	1110	50270	14360	1110	60270	11272	1110	60270	
30	0.80	21211	30621	21124	25242	10224	21124	25242	25205	25205	22110	3000
31	0.24	0	1000	1000	50270	34074	10000	50270	30001	10000	50270	
32	0.00	0	3835	8835	30270	10380	8835	50270	8241	8835	50270	
Merapera 33	0.00	16383	41481	58328	35005	26564	26564	38127	30272	20273	23247	
34	0.08	0	5100	5100	50270	10200	5100	50270	10200	5100	59570	
35	0.27	1.204	15043	17070	34207	30700	17070	64207	24604	17070	64207	
Cerritos 37	3.07	61303	182053	22920	20200	84392	32902	26800	79050	79050	23781	
38	0.19	0	11427	11407	50270	24390	11407	50270	19000	11407	59570	
39	0.00	0.000	20123	16292	11200	10306	16292	16601	12483	16188	29271	
40	0.10	0	11070	11070	50270	24007	11070	50270	10400	11070	50270	
Arroyo 41	0.60	105514	210017	126000	30270	20270	126000	20070	17010	100500	21070	50500
Cultra 42	3.80	391373	220247	107290	44049	144344	144344	38020	110271	110271	23166	30000
43	0.27	0.215	15024	19540	70200	10226	10226	40206	9054	9054	30257	
Catuzo 44	1.60	201060	260009	111022	11112	80388	30069	20307	10777	10177	13002	
45	0.00	0	5421	5421	50270	10790	5421	50270	11000	5421	50270	
46	0.00	0	4075	4075	50270	10304	4005	50270	0000	4005	50270	
47	0.40	10774	23474	47240	30243	21700	21700	45414	17252	17252	39202	
Total	60.14	5095344	2324053	3252250			1709716			1454730		197700

**Tabla 4.1.5 Propiedades en Zonas Amarilla y Rojas(Base de Quebrada Principal)**

Cuenca Principal		Zona Amarilla						Zona Roja					
		Cuento de Edificaciones			Area de Edificaciones			Cuento de Edificaciones			Cuento de Area		
No.	Nombre	Barrio nos.	Formal nos.	Total nos.	Barrio m2	Formal m2	Total m2	Barrio nos.	Formal nos.	Total nos.	Barrio m2	Formal m2	Total m2
02 1		46	0	46	2.272	0	2.272		0				0
02 2		231	168	399	11.312	55.591	66.903		0				0
02 3		195	96	291	10.348	48.343	58.691	9	27	36	339	10.272	10.610
4	Caurimare	316	271	587	20.981	121.969	142.950	109	103	212	6.107	79.994	86.101
5	Galindo	0	18	18	0	5.702	5.702		0	16			4.733
6		0	198	198	0	46.569	46.569		0				0
7		0	90	90	0	21.377	21.377		0	41		5.741	5.741
8	Pasaquire	0	233	233	0	54.548	54.548		0	60		7.355	7.355
9		0	171	171	0	51.812	51.812		0				0
10		0	336	336	0	141.091	141.091		0				0
11	Gamburi	0	246	246	0	66.192	66.192		0	12		1.937	1.937
12	La Julia	10	696	706	888	187.272	188.159	8	397	405	838	97.416	98.255
13		0	92	92	0	29.800	29.800		0	9		3.803	3.803
14	Tocome	0	638	638	0	160.183	160.183		42	42		11.909	11.909
15	Tenerias	0	92	92	0	24.275	24.275		0				0
16	Agua de maíz	115	247	362	5.487	64.580	70.068		0	2		610	610
17	Sebucan	0	742	742	0	255.255	255.255		0				0
18		0	507	507	0	152.338	152.338		0				0
19	Pajarito	0	517	517	0	210.755	210.755		1	1		503	503
20		0	805	805	0	352.716	352.716		0	1		460	460
21		0	900	900	0	389.840	389.840		0				0
22	Quintero	9	1.157	1.166	62	454.710	454.772		0	184		37.703	37.703
23	Seca	24	529	553	683	186.530	187.213		57	57		7.639	7.639
24		69	397	466	6.355	140.453	146.808		0	1		548	548
25	Chacaito	63	454	517	5.487	162.209	167.696	39	209	248	2.635	55.814	58.450
27		303	484	787	23.016	127.160	150.176		4	4		781	781
28	Chapellin	255	139	394	18.325	30.036	48.361		0	2		152	152
29		278	143	421	19.247	26.440	45.687		0				0
30	Cuno	248	106	354	17.581	21.626	39.207		0	10		1.700	1.700
31		259	105	364	17.843	21.796	39.639		0				0
33	Mariperez	0	106	106	0	23.550	23.550		3	32		6.545	6.545
34		920	154	1.074	61.584	45.133	106.717		0	1		1	1
35	Canoas(Sarria)	551	341	892	34.297	69.282	103.578	5	5	163	4.471	7.132	11.602
36		463	755	1.218	20.953	174.237	195.190		0				0
37	Gamboa	83	315	398	11.277	68.997	80.274		2	17		2.179	2.179
38		191	433	624	22.346	99.098	121.444		0				0
39	Beatas	184	169	353	15.849	28.282	44.131		0				0
40		319	255	574	28.308	40.941	69.249		8	8		815	815
41	Anauco	339	340	679	32.774	58.615	91.389	290	188	478	26.218	23.045	49.263
42	Cotiza	64	69	133	3.636	12.680	16.316		0				0
44	Catuche	659	696	1.355	59.691	194.692	254.383	660	399	1.059	59.967	111.363	171.330
45	St. Isabel	224	0	224	13.050	0	13.050		0				0
46		299	275	574	20.588	26.812	47.400	23	10	33	828	443	1.271
47	Agua Salud	158	224	382	11.774	23.590	35.364	134	0	299	8.665	13.071	21.736

**Tabla 4.1.6 Propiedades in Zonas Amarilla y Roja (Base de Abanico Aluvial )**

Sistema de Cuenca No.	Zona Amarilla						Zona Roja					
	Cuento de Edificaciones			Area de Edificaciones			Cuento de Edificaciones			Area de Edificaciones		
	Barrio nos.	Urbana nos.	Total nos.	Barrio m2	Urbana m2	Total m2	Barrio nos.	Urbana nos.	Total nos.	Barrio m2	Urbana m2	Total m2
Caurimare	458	965	1423	27,800	370,200	398,000	118	130	248	6,400	50,000	56,400
Tocome	10	1,303	1313	900	331,300	332,200	8	440	448	800	100,000	100,800
Agua de Maiz	115	415	530	5,500	111,700	117,100		0	0	0	0	0
Sebucan	0	1,525	1525	0	524,000	524,000		0	0	0	0	0
Seca	30	879	909	700	337,100	337,900		50	50		38,500	38,500
Chacaito	483	1,063	1546	37,000	312,200	349,200	39	215	254	2,600	55,000	57,600
Mariperez	0	106	106	0	23,600	23,600		3	3		600	600
Canoas	1,270	592	1862	83,300	127,200	210,600	5	5	10	4,500	700	5,200
Anauro	688	1,006	1694	56,200	226,100	282,300	290	190	480	26,200	22,000	48,200
Catuche	659	502	1161	59,700	164,500	224,200	660	394	1,054	60,000	111,100	171,100
Caroata	596	433	1029	39,100	40,800	79,900	157	10	167	9,500	1,000	10,500
51	0	4	4	0	300	300		0	0		0	0
55	0	38	38	0	17,200	17,200		0	0		0	0
57	0	284	284	0	86,500	86,500		0	1		0	0
64	207	517	724	9,000	104,400	113,400		0	0		0	0
68	0	201	201	0	27,800	27,800		0	0		0	0
Total	4,516	9,833	14,349	319,300	2,804,800	3,124,100	1,277	1,438	2,715	110,100	378,900	489,000
												2,228,400

**Tabla 4.2.1 Affected Número de Casas Afectadas por Derrumbes y Deslizamiento**

	Número de casas ubicadas en la pendiente interpetada		Número de casas afectadas por la falla		Total	
	Area Formal	Area Informal	Area Formal	Area Informal	Area Formal	Area Informal
Falla de Derrumbe	49	6,797	304	5,197	353	11,994
Deslizamiento	2	383	16	139	18	522

**Tabla 4.3.1 Lista de Pendientes Peligrosas en Area Urbana**

Código de Pendiente	Municipio	Area de Pendiente (m <sup>2</sup> )	Area de Casas en Pendiente (m <sup>2</sup> )	Número de Casas en la Pendiente	Area de Casas en Area Afectada (m <sup>2</sup> )	Número de Casas en Area Afectada
40 091	Libertador	5,655	1235	1	12,404	5
40 148	Libertador	932	664	1	3,742	4
40 149	Libertador	563	773	2	2,016	5
40 161	Sucre	4,130	58	4	3,663	10
40 162	Sucre	2,953	107	4	6,052	6
40 225	Sucre	1,412	131	4	1,774	9
40 226	Sucre	1,361	507	3	3,457	7
40 228	Sucre	1,365	271	1	1,485	5
40 230	Sucre	2,123	18	2	4,129	10
40 232	Sucre	2,537	65	3	3,505	8
40 233	Sucre	1,890	391	1	10,616	7
40 272	Libertador	3,330	143	3	5,510	32
43 172	Sucre	868	79	2	886	11

**Tabla 4.3.2 Costo Actual para Presa-Sabo construidas en Vargas en 2000**

Trabajo Principal	Descripción	Unid	Cant.	Precio Unit (Bs. en 2000)	Total	Total Trabajos Solamente de la Presa
Excavación	Remoción de Vegetación	m3	1,200	1,775	2,130,492	2,130,492
	Excavación de Obras Comunes 1	m3	66	5,034	332,227	332,227
	Excavación de Obras Comunes 2	m3	2,317	5,034	11,663,176	11,663,176
	Excavación Obras Presa	m3	10	19,291	192,912	192,912
	Excavación Obras Canal 1	m3	50,000	3,185	159,270,000	-
	Excavación Obras Canal 2	m3	100,000	4,666	466,604,000	-
	Obras Temporales	m3	15,000	2,590	38,844,750	38,844,750
	<b>Sub TOTAL</b>				<b>679,037,557</b>	<b>53,163,557</b>
Obras Concreto	Concreto (80kg/cm2) para Presa Cerrada	m3	1,100	120,697	132,766,216	132,766,216
	Concreto (80kg/cm2) para Presa Abierta	m3	995	120,697	120,093,077	120,093,077
	CR Concreto (250kg/cm2) para Presa Cerrada	m3	80	187,111	14,968,917	14,968,917
	CR Concreto (250kg/cm2) para Presa Abierta	m3	250	190,322	47,580,485	47,580,485
	CR Concreto (250kg/cm2) para Obras de Canal	m3	4,130	176,793	730,153,768	-
	CR Concreto (250kg/cm2) para Canal de Transición	m3	800	192,232	153,785,632	153,785,632
	<b>Sub TOTAL</b>				<b>1,199,348,095</b>	<b>469,194,327</b>
<b>TOTAL</b>					<b>1,878,385,652</b>	<b>522,357,884</b>
Gastos Indirectos (15% Total)					281,757,848	78,353,683
Gran Total					<b>2,160,143,500</b>	<b>600,711,566</b>



**Table 4.3.4 Evaluación del Sistema Actual, Limitación y Recomendación para Alerta y Evacuación Tempranas**

Organización	Evaluación del Sistema Presente	Limitación	Recomendación
MARN	<ul style="list-style-type: none"> <li>● MARN está satisfaciendo su responsabilidad a nivel nacional en los términos de supervisión, proporcionando información hidro-meteorológica al público.</li> <li>● El monitoreo de la lluvia y el sistema de medida del MARN no es apropiado para responder a las necesidades del gobierno local que estará a cargo del sistema de alerta temprana.</li> <li>●</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Puesto que MARN es una organización nacional hay una limitación para ejecutar actividades mas locales y precisas como emitir una advertencia local o una orden de evacuación.</li> <li>● En realidad parece que hay insuficiencia en el número de ingenieros que pueden hacer modelajes hidrológicos e hidráulico para hacer mapas de amenazas y previsión meteorológica.</li> <li>●</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Promoviendo el Proyecto de VENEHMET con sostenibilidad</li> <li>● EsTablamiento y fortalecimiento de una rama regional de MARN con el propósito de una actividad precisa para Caracas y Vargas para unir el sistema de monitoreo presente de la lluvia y poner al día el mapa de riesgo y estudiar rasgos hidrológicos de Caracas como lluvia critica.</li> <li>● Congregar y normalizar todos los protocolos de sistemas de alerta temprana en Venezuela</li> </ul>
ADMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Han habido canales humanos para recibir información meteorológica del MARN y otros, aunque no haya ningún sistema para traducir la información y tomar acción cuando necesario para la alerta temprana y la evacuación.</li> <li>● No hay acceso en tiempo real a datos de lluvia medidos por el MARN y otras organizaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No es práctico hacer la supervisión proporcionando información hidro-meteorológica al público.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● construcción y funcionamiento / mantenimiento de Centro de Comando de Emergencias</li> <li>● El esTablamiento de Centro de Comando de Operaciones para manejar el desastre del punto de vista de Caracas entera.</li> <li>● La expedición de recursos humanos al programa de capacitación de IMANEH en hidrometeorología.</li> <li>●</li> </ul>
Municipios	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tienen alta capacidad para la operación de emergencias después de un desastre por sedimentos sin embargo no tienen experiencia de alerta temprana y evacuación (pre-desastre).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● En realidad, la operación para la alerta temprana y la evacuación para la emergencia podría hacerse al mismo tiempo en Caracas dependiendo de la evolución del desastre. Es difícil para una municipalidad considerar la condición de otra municipalidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Emisión de una recomendación de evacuación a la comunidad basada en la información de ADMC y MARN.</li> <li>● Educación del grupo de la comunidad</li> </ul>

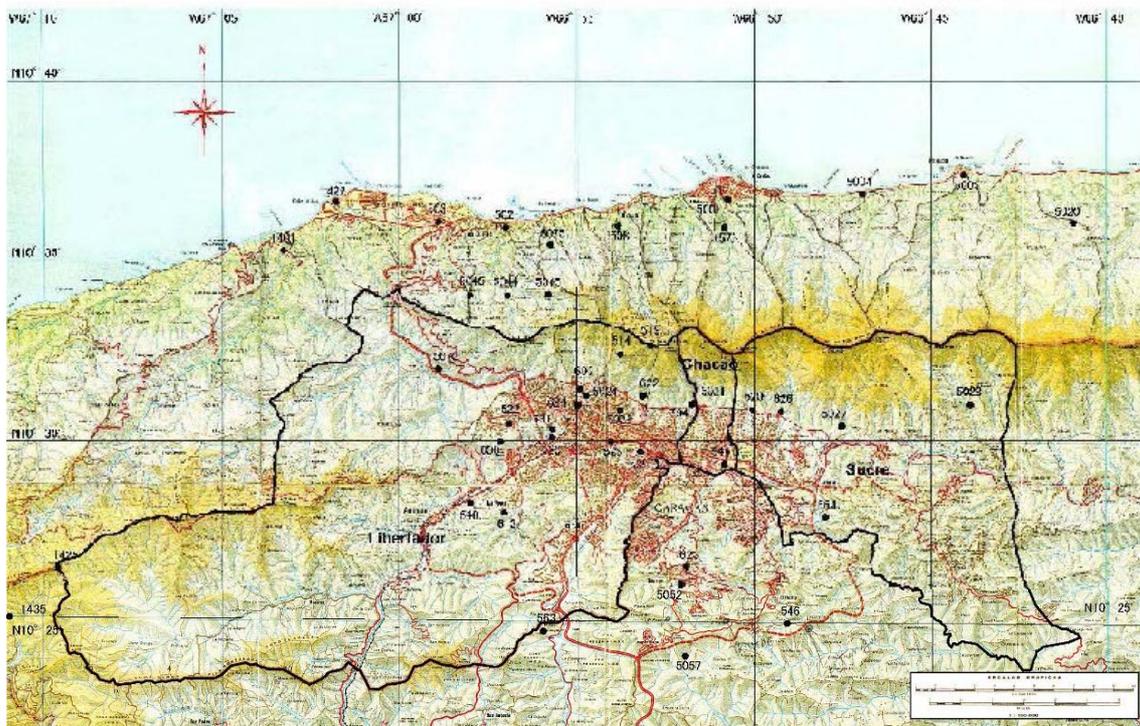
**Tabla 4.3.5 Definiciones de Índices de Precipitación**

	Eje X (abscisa)	Eje Y (ordenada)
Causa Precipitación	Trabajan cuando hay precipitación hasta 1 hora antes de la ocurrencia del flujo de escombros	Precipitación hasta 1 hora antes de la ocurrencia del flujo de escombros
No causa Precipitación	Trabajan cuando hay precipitación hasta antes de que inicie la precipitación máxima horaria	Precipitación maxima horaria en una serie de lluvias.

**Tabla 4.3.6 Definiciones de Momento Adecuado para Alerta y Evacuación**

	Momento adecuado de la Emisión / Recomendación	Precipitación pronosticada durante el tiempo leading
Emisión de Alerta	2 horas antes de alcanzar LC	2 horas de máxima precipitación pasada ( $R_{H2M}$ )
Recomendación de Evacuación	1 hora antes de alcanzar LC	1 hora de máxima precipitación pasada ( $R_{H1M}$ )

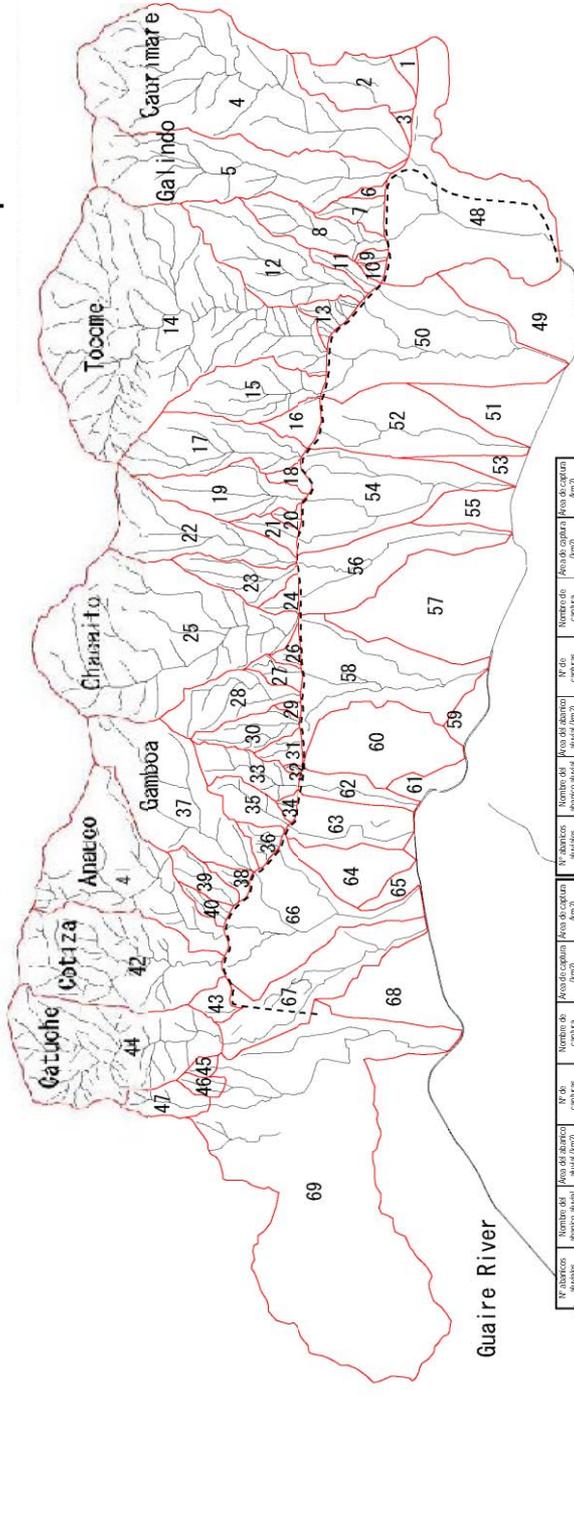
## Ubicación de estaciones pluviométricas



No	Código	Estación	Organización	Altitud (m)	Latitud	Longitud	Periodo Diario (Horario)	No	Código	Estación	Organización	Altitud (m)	Latitud	Longitud	Periodo Diario (Horario)
	422	Caría La Mar						18	612	Ces-Círculo Militar	MARN	920	102800	665700	67-82
1	502	Maiquetía (MARN)	MARN	75	103600	665700	48-83	19	622	Ces-Teleférico	MARN	1160	103110	665310	68-80
2	503	Maiquetía-Aerop.(FAV)	FAV	43	1031	6659	64-090	20	623	Ces-La Trinidad	MARN	962	102634	665158	68-99
3	508	Maeto	MARN/UCV	53	103601	665347	75-96 / 01-01-01	21	624	Ces-Urb Miranda	MARN	1000	103100	665500	68-82
4	514	Ces-Los Venados	MARN	1540	103219	665341	94-01-01	22	626	Los Chorros	MARN	1000	103050	664926	67-83
5	519	Hotel Humboldt	MARN/UCV	2129	103240	665254	38-74 / 09-01-01	23	628	Ces-Zona Uno(San Martín)	MARN	920	103010	665540	86-99
6	520	Ces-La Salle	MARN	1007	103048	665000	69-83	24	794	Ces-Edif. La Paz	MARN	900	103129	665200	62-80
7	522	Ces-Carí	MARN	970	103029	665648	53-83	25	1072	Tacamahaca	MARN	1300	105700	663900	78-91
8	526	Ces-Torre Sur	MARN	1060	103000	665400	65-83	26	1510	Fila de Turgua	MARN	1107	102229	664524	67-99
9	531	Cagigal	Armada	1042	103025	665539	1891-	27	5005	Naiguaza	MARN	49	103725	664408	75-00-1
10	539	UCV	MARN/UCV	884	102941	665312	40-80 / 81-01-01	28	5011	Los Corrales	MARN	15	103722	663722	77-01-01
11	540	Ces-Had. Montalban	MARN	937	102822	665805	75-83	29	5021	Ces-Chacaito	MARN	1205	103127	665149	67-83 / 06-08-1
12	544	La Carlota	FAV	835	1030	6653	64-090	30	5024	Ces-Subida Avila	MARN	1000	103121	665457	67-74
13	546	El Hatillo	MARN	1132	102500	664900	77-83	31	5026	Ces-San Bernardino	MARN	-	103052	665347	75-83
14	555	Ces-Petare-Caurimare	MARN	700	102800	664800	79-83	32	5027	Ces-Caurimare	MARN	965	102519	665329	40-00-1
15	563	Ces-La Mariposa	MARN	980	102444	665536	46-090	33	5028	Macanillal	MARN	1397	103100	664400	77-83
16	606	Ces-Cuartel Urdaneta	MARN	970	103000	665700	66-77	34	5057	Ces-USB	MARN	1225	102507	665248	71-98
17	607	Ces-San José Avila	MARN	999	103121	665458	67-83	35	5070	Ojo De Agua	MARN	608	103156	665853	75-99

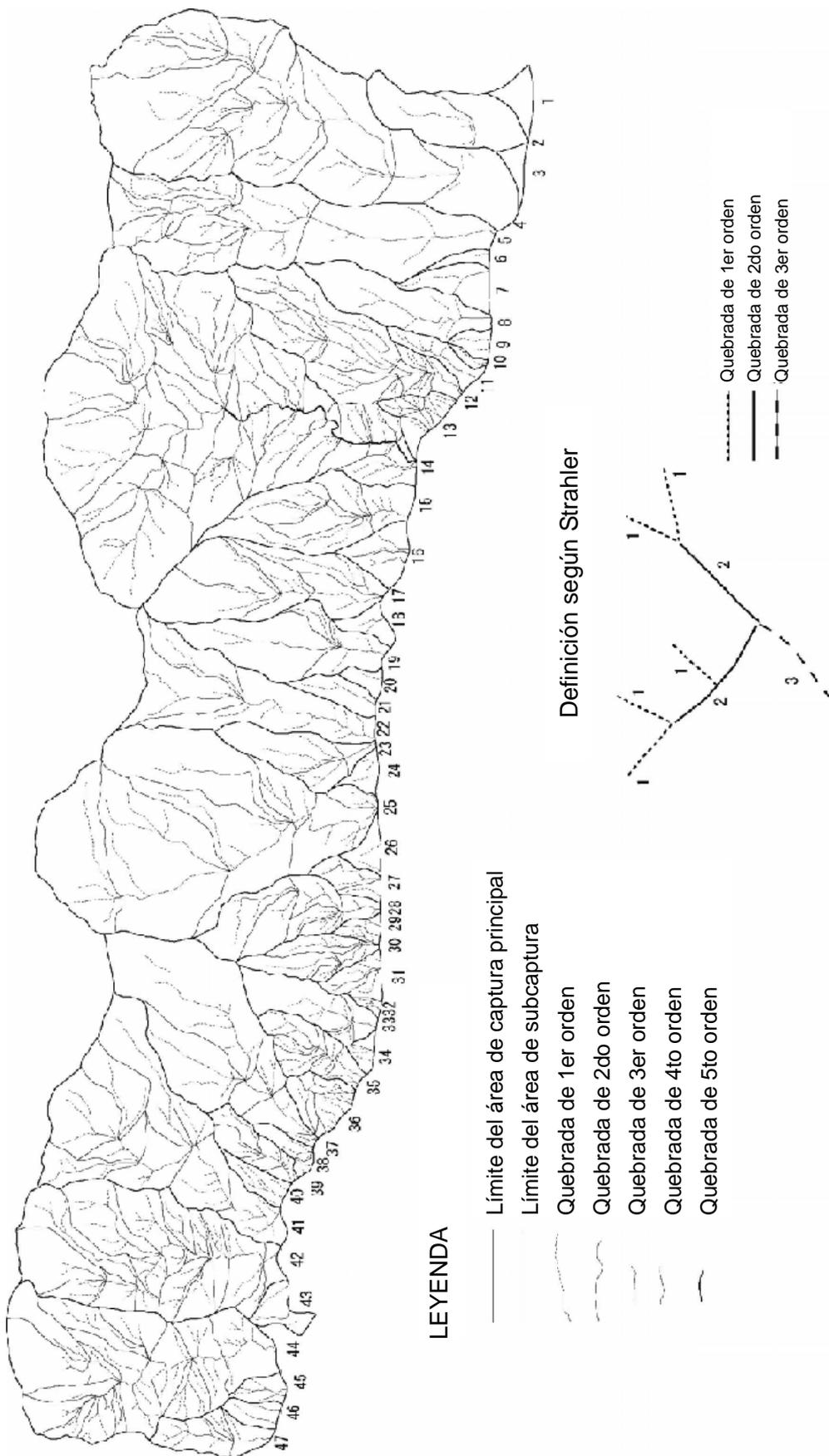
**Figura 4.1.1 Ubicación de Estaciones de Pluviómetro**

Límite de la cuenca en el área de estudio de desastres por sedimentos

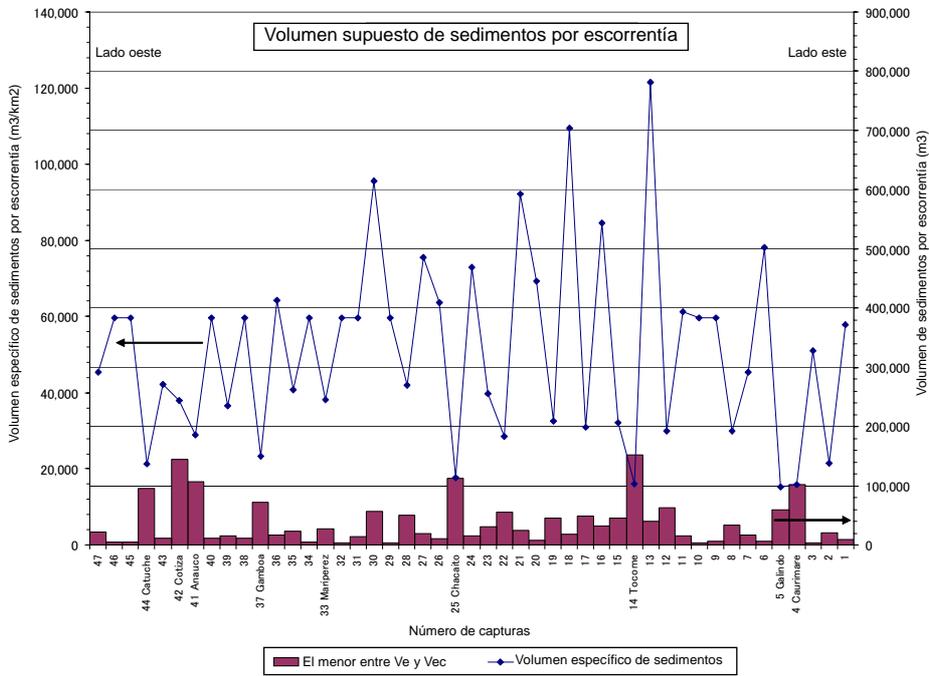


N° de sub-cuenca	Nombre del sub-cuenca	Área de abastecimiento (km²)	N° de capturas	Nombre de capturas	Área de capturas (km²)	N° de abastecimientos	Nombre de abastecimientos	Área de abastecimiento (km²)	N° de capturas	Nombre de capturas	Área de capturas (km²)	
69	Careta	12.45	47	Área Salud	0.43	56	Seca	2.07	23	Seca	0.78	
			46	Área Salud	0.08				22	Duñero	0.97	
			45	St. Jofre	0.50				20	Galindo	0.11	
			44	Cacucho	4.50				19	Pajuto	1.37	
			43	Cacucho	0.27	54	Sabucan	2.82	18	Sabucan	0.17	
			42	Cotiza	3.80				17	Sabucan	1.57	
			41	Anauco	3.89	52	Agua de mata	2.32	16	Agua de mata	0.38	
66	Anauco	3.00	40	Área Salud	0.19				15	Tarantá	0.40	
			39	Betas	0.43				14	La Julia	2.10	
			38	St. Jofre	0.43				13	Doña	0.33	
			37	Gamboa	3.07	50	Tocome	4.14	12	La Julia	2.10	
			36	Gamboa	0.27				11	Gambelí	0.25	
			35	Cerna	0.57				10	Gambelí	0.12	
			34	Mujernez	0.70				9	Phaguare	1.14	
63	Carnois	1.23	33	Mujernez	0.66				8	Phaguare	1.14	
			32	Mujernez	0.96				7	Gaurimare	0.36	
62	Mujernez	0.60	31	Cano	0.24				6	Gaurimare	0.36	
			30	Cano	0.09				5	Galindo	0.86	
			29	Cano	0.09				4	Gaurimare	6.35	
			28	Chicacito	1.19	48	Gaurimare	4.75	3	Gaurimare	0.08	
58	Chicacito	2.86	27	Chicacito	0.25				2	Gaurimare	0.08	
			26	Chicacito	0.10				1	Gaurimare	0.08	
			25	Chicacito	0.93				Total	38.45	1	
												60.84

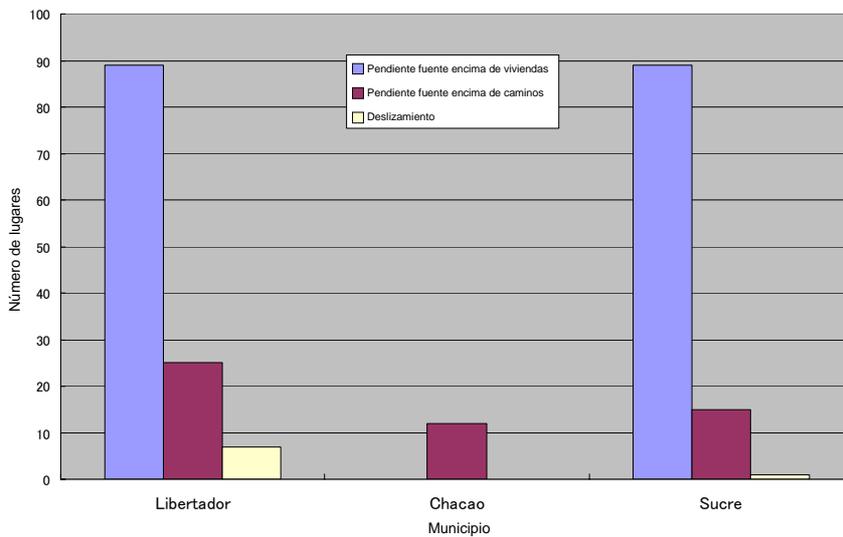
Figura 4.1.2 Área del Estudio de Sedimentos



**Figura 4.1.3 Perfiles de las Quebradas de Montaña**



**Figura 4.1.4 Volúmen Estimado de Acarreio de Sedimentos para Escenario de Inundaciones**



**Figura 4.1.5 Número de Derrumbe y Deslizamiento Inestables**

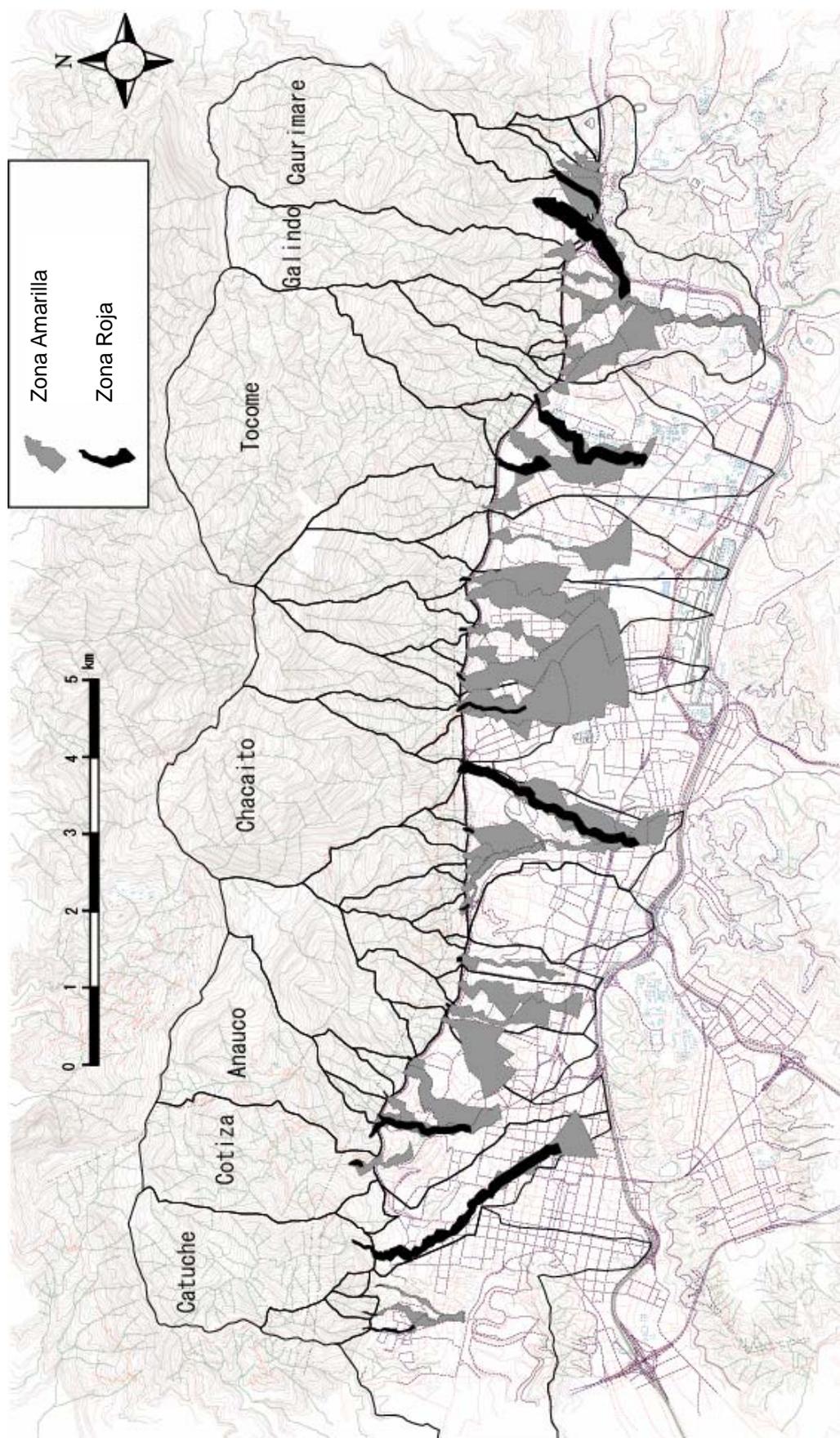


Figura 4.1.6 Mapa de Amenaza por Flujo de Escombros Utilizando el Método-1

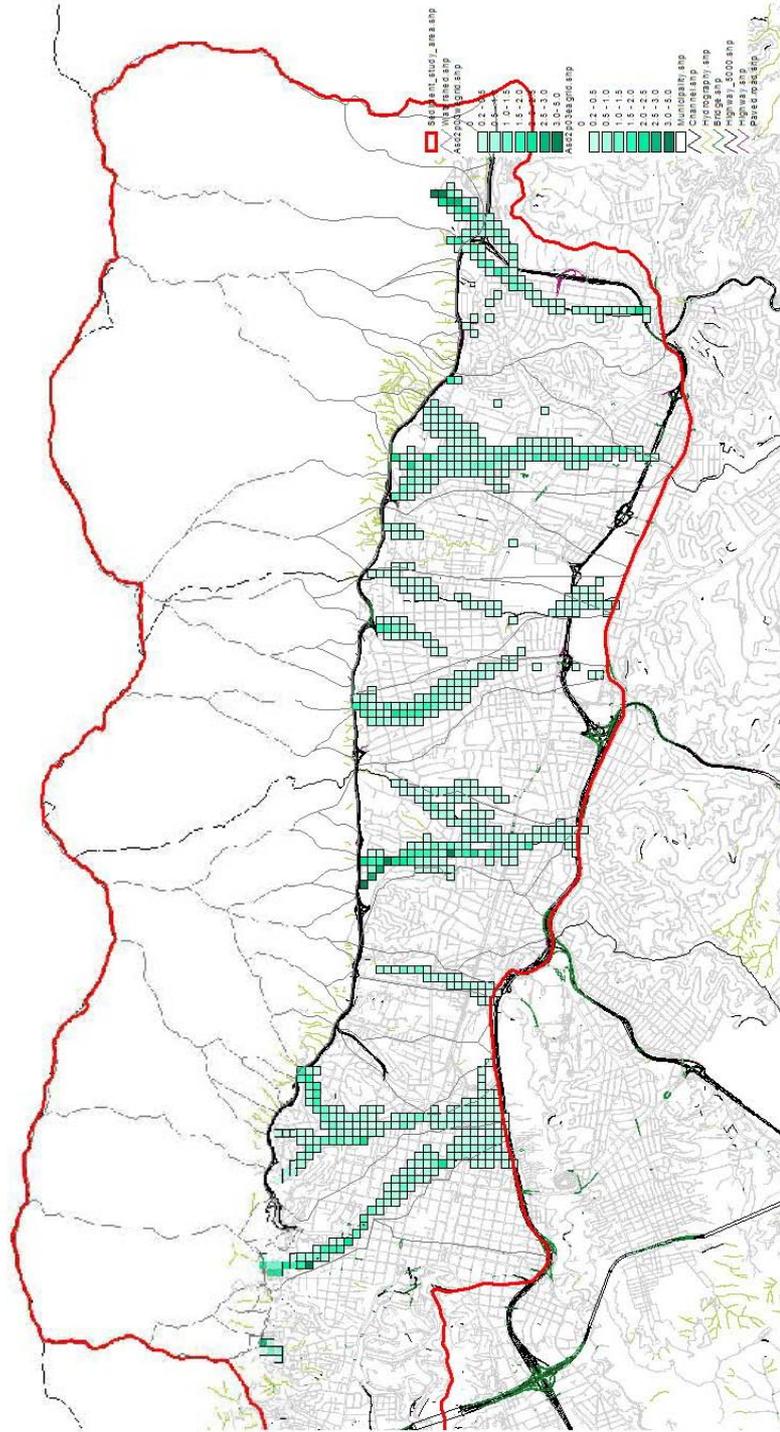


Figura 4.1.7 Profundidad en un Período de Retorno de 100 años bajo Condiciones Reales